

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2022/3

LVI. évfolyam 3. szám

Ára 520 Ft

A ProTAR légvédelmi célrepülő rendszer



**Airbus A319-112
posztermelléklettel!**



A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

MTA B-kategóriás folyóirat

2022/3. szám.
LVI. évfolyam

Tulajdonos:

Bozót Tibor vezérőrnagy

A szerkesztőbizottság elnöke:

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

A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes
(MH TP parancsnokhelyettes)

Főszerkesztő:

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

A szerkesztőbizottság tagjai:

Benkó Imre
(HM CURRUS ZRt. és HM ARMCOM ZRt.)
Dr. Both Előd
(Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc ezredes (MH MI)
Kaposvári László vezérőrnagy (MHP LGCSF)
Prof. dr. Kiss Péter
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok
(MHP HSZ [kibervédelmi])
Dr. Köller József dandártábornok (MH 86. SZHB)
Könczöl Ferenc ezredes (MH 12. ALRE)
Lengyel Csaba ezredes
(MHP HSZ [szárazföld])
Magyar Ferenc (ITM)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Szakácsi István alezredes
(MHP HSZ [logisztika])
Dr. Trembeczki László András (HM EI ZRt.)

Lektorai bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:

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

Szerkesztő:

Rojkó Annamária tanácsos
(MH TP, MÚOSZ, TÚK)

Katonai szerkesztő:

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

Űrtechnika rovatvezető:

Dürr János Béla MSc (MH MI, TÚK)

Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella

Kutatástámogató asszisztens:

Dari Nikolett

Kiadja

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

Székhely: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/B

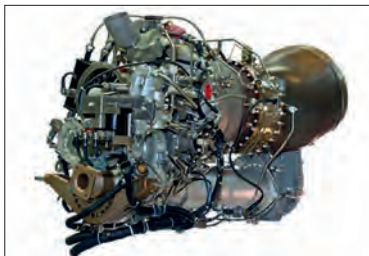
Telephely: 1024 Budapest,
Szlágyi Erzsébet fasor 7-9.

Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85

Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Varga Béla: Az Arriel 2E
turboshaft hajtómű,
a megbízható erőforrás
*A Honvédelmi és
Haderőfejlesztési Program
helikopterbeszerzései* 8



Dr. Kovács Zoltán: Aknatelepítés:
Keleten a helyzet jelentősen
megváltozott I. rész 31



Bimbó István: Moduláris katonai
konténerlőtér 59



Druzsín József: Zsélyi Aladár
repülőgép-konstruktőr,
aviatikus I. rész 73



TANULMÁNYOK

Dr. Németh András – Virágh
Krisztián: Mesterséges
intelligencia és haderő –
A mesterséges intelligencia
területei III. rész 2
Vozsech István: A Föld
forgásának hatása a
lövédékmozgásra I. rész 15
Végyvári Zsolt: A korszerű
harcjárművek áramellátásának
sajátosságai II. rész 21

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Ott István Dániel: India katonai
atomprogramja, a hadászati
triád kiépítésének folyamata
II. rész 26

ŰRTECHNIKA

Dr. Szabó Róbert: Felbocsátották
a James Webb űrteleszkópot 39

HAZAI TÜKÖR

Dr. Farkas Csaba, PhD – Nagy
Attila – Csák Attila: A Protar
légvédelmi célrepülőgép
fejlesztése Magyarországon I.
rész 41
Tóth Csaba Albert: Integrált lézeres
valós szimuláció a Magyar
Honvédség kiképzési
rendszerében I. rész 50
Prof. dr. Kiss Péter – Kiss Botond
Levente – Böröczky András: A
terepi járműmozgást befolyásoló
tényezők IV. rész 55

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Lányi Aladár: A V2 harcokocsi-
motor-család fejlesztésének
története II. rész 68

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

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

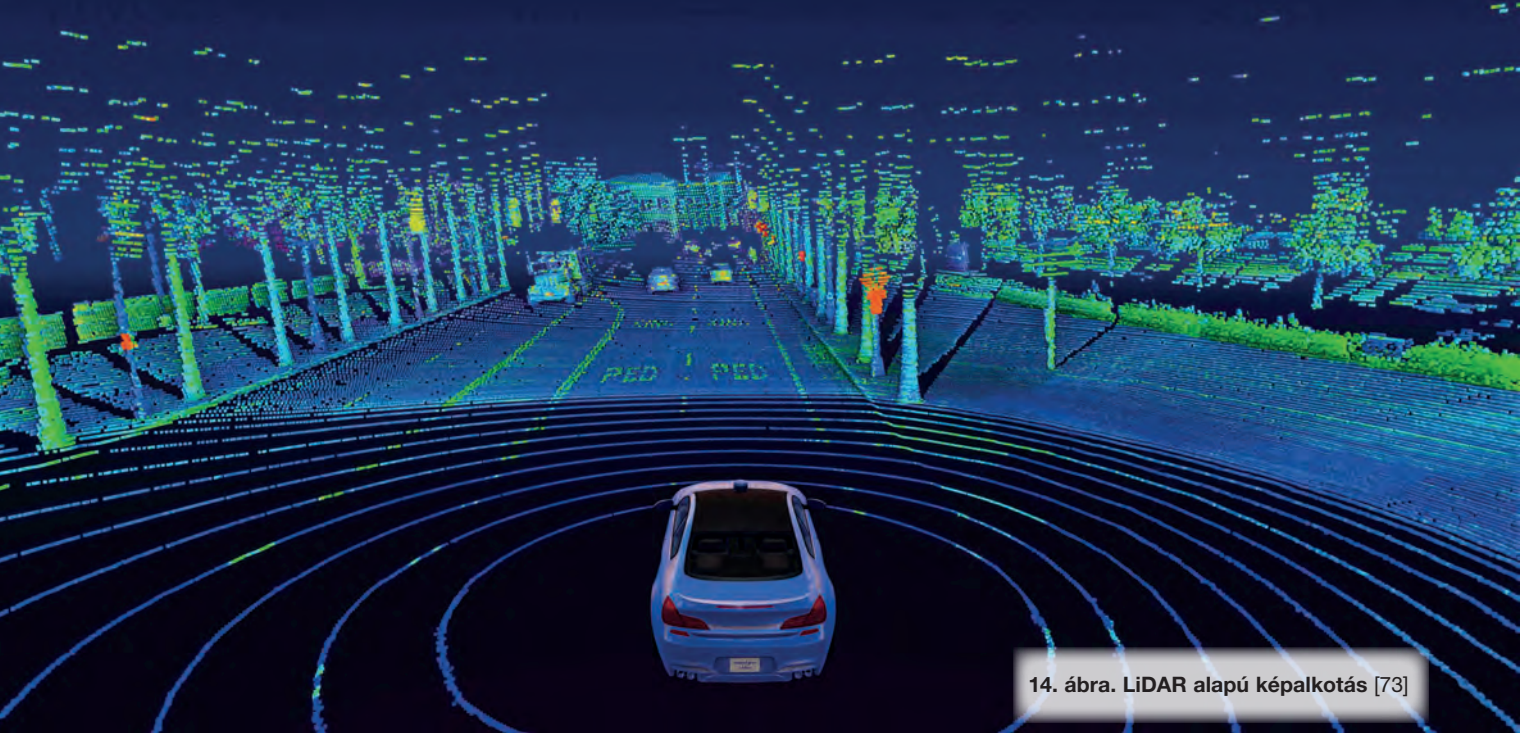
A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség postacíme:

Budapest, 1885 Pf.: 25. ■ Telefon: 224-8306 ■ haditechnika@hm.gov.hu.

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

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



14. ábra. LiDAR alapú képalkotás [73]

Dr. Németh András* – Virágh Krisztián**

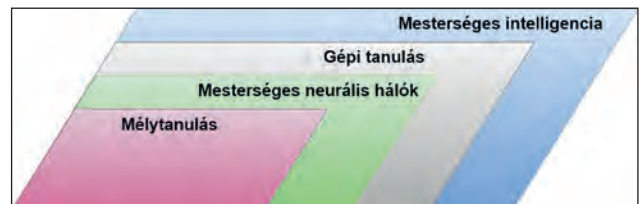
Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia területei

III. rész

A mesterséges intelligencia az elmúlt évek során komolyan meggyengítette az egyik kulcsfontosságú technológiájává vált. Meghatározó, szemléletformáló, életstílusalakító szerepét, valamint fejlődésének dinamikus ütemét jelzi, hogy azon MI-alapú eszközök és rendszerek, amelyek korábban legfeljebb csak a tudományos-fantasztikus irodalomban léteztek futurisztikus képet vetítve elénk, mára valóságosá váltak. Ilyenek például az önvezető járművek, vagy akár az emberi kommunikációra alkalmas humanoid robotok. Tanulmányosorozatunk előző részeiben a mesterséges intelligencia fogalmi rendszerének vizsgálata mellett, a fejlődéstörténet szakaszainak elemzésével törekedtünk a mérföldkövek jelentőségének, és a technológiai környezet korlátozó hatásainak bemutatására. Azt követően, az ezredfordulós időszak vizsgálatán keresztül rávilágítottunk, hogyan vált a mesterséges intelligencia a technológiai fejlődés motorjává. Jelen tanulmányunkban a mesterséges intelligencia különböző területeit mutatjuk be.

A TERMINOLÓGIÁRÓL

A mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeinek tárgyalásakor célszerű az MI-terminológiához kapcsolódó további fogalmak áttekintése, előtte azonban mindenképpen érdemes tisztázni a kifejezések egymáshoz való viszonyát, amelyet az 15. ábra szemléltet. [52] A mesterséges intelligencia egyik legismertebb ága maga a gépi tanulás.



15. ábra. A tárgyalt fogalmak közötti viszony
(A szerzők szerkesztése)

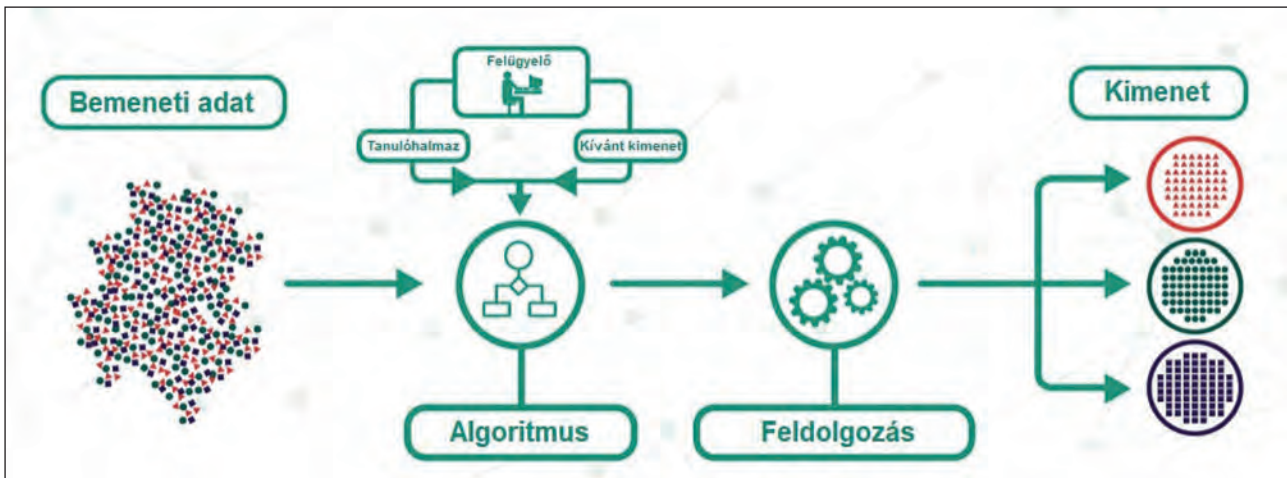
Fontos megjegyezni, hogy a gépi tanulás tehát nem azonos a mesterséges intelligenciával, hanem a mesterséges intelligencia megvalósításának csupán egy lehetséges, ugyanakkor jelenleg leggyakoribb eszköze. A gépi tanulásnak több módja is megvalósítható, amelyek közül célszerű kiemelni a neurális hálózatokat és a mélytanulást, amelyek az agyi működési funkciók modellezésén alapulnak. [53] A továbbiakban ezekről lesz részletesebben szó.

A GÉPI TANULÁS

A gépi tanulás az MI egyik területének tekinthető folyamat, amely számítógépes algoritmusokat, azaz különböző utasítások sorozatát használja fel adatelemzés és döntéshozatal céljából. Algoritmusokat az ember önmaga is képes programozni, azonban a gépi tanulás lényege, hogy a gép

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

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



16. ábra. A felügyelt tanulás folyamata [56]

ezt önmagától, emberi beavatkozás nélkül is képes megtenni. Erre a célra olyan tanuló algoritmusok alkalmazhatók, amelyek egy példahalmaz (tanulóhalmaz) alapján képesek összefüggések, szabályosságok megtanulására, majd felismerésére, tehát valójában önmagukat fejlesztik. Fontos kiemelni, hogy az eredményes működés és a hatékonyság növelése érdekében a példahalmazt nagy mennyiségű, és megfelelő minőségű adatokkal kell feltölteni. A tanuló algoritmusok sajátossága, hogy az általunk szolgáltatott példákon keresztül egy mintázatot hoznak létre, amelyet később adott feladatokban alkalmaznak ismeretlen adatok feldolgozására, és azokon alapuló következtetések levonására. [54] Másként megfogalmazva, a bemenet és kimenet közötti folyamatokat az algoritmus magától tanulja meg, és azokra alapozva hoz – remélhetően helyes – döntéseket. A gépi tanulásnak több fajtáját különböztethetjük meg, ezek a felügyelt tanulás, a nem felügyelt tanulás és a megerősítéses tanulás.

FELÜGYELT TANULÁS

Ez esetben az algoritmus tanulóhalmaza példapárokból áll, azaz a bemeneti és a hozzájuk rendelt kimeneti változókból (címkékből). Az algoritmus ezeknek vizsgálatával alkotja meg azt az adatfeldolgozási módszert (funkciót), amelyet aztán a további folyamatokban alkalmaz. A tanulási folyamat addig tart, amíg a modell a kívánt pontosságot el nem éri. [55] Ez két lépésben ellenőrizhető. Az első lépésben azt vizsgálják, hogy a kifejlesztett funkció az adott bemeneti értékeken alkalmazva tényleg a helyes kimenetet adja-e. A második lépésben egy új tesztalmozatot vezetnek be a példahalmaz helyett, és azon is tesztelik a kifejlesztett funkciót. Ha az ellenőrzés is kedvező eredményekhez vezet, akkor az ellenőrzés sikeres, és az algoritmus a továbbiakban is biztonsággal alkalmazható.

A felügyelt tanulás segítségével jellemzően kétféle problémát lehet megoldani, az osztályozási, valamint a regressziós problémákat. Osztályozáskor diszkrét értékű kimeneteket, regresszióanalízis folyamatos értékű kimeneteket kapunk. Egy osztályozási probléma lehet például az ingatlanok különböző árkategóriába (pl. olcsó, drága) történő sorolása, míg regressziós problémának számít megjósolni az ingatlanok konkrét árát azok alapterülete, elhelyezkedése, felszereltsége, építési időpontja alapján. [57] [58] A felügyelt tanulás területén legelterjedtebben alkalmazott algoritmusok mögött komoly matematikai, statisztikai össze-

függések állnak, amelyek részletes elemzésétől jelen tanulmányunkban eltekintünk, a teljesség érdekében azonban mindenképpen érdemes azokat megemlíteni [59]:

- osztályozásnál: döntési fák, véletlen erdő, naív Bayes-osztályozó, tartó vektor gépek (SVM – Support Vector Machine), K-legközelebbi szomszéd;
- regresszióanalízis: lineáris regresszió, logisztikus regresszió, polinomiális regresszió, Poisson-regresszió.

NEM FELÜGYELT TANULÁS

Egy másik módja a gépi tanulásnak a nem felügyelt tanulás. Ez esetben az algoritmus tanulóhalmaza nem tartalmaz címkéket, csupán bemeneti változókat. Ezekben a bemeneti értékekben keres mintaszerűségeket, szabályosságot, hasonlóságot az algoritmus, és adott szempontok szerint besorolja azokat. [60]

A nem felügyelt tanulást leggyakrabban asszociációra (társítás) és klaszterezésre³ alkalmazzák. A nem felügyelt tanulás területén szintén komoly matematikai, statisztikai apparátust szükséges alkalmazni, amely elemei közül itt csak a legnépszerűbb algoritmusokat említjük meg [60]:

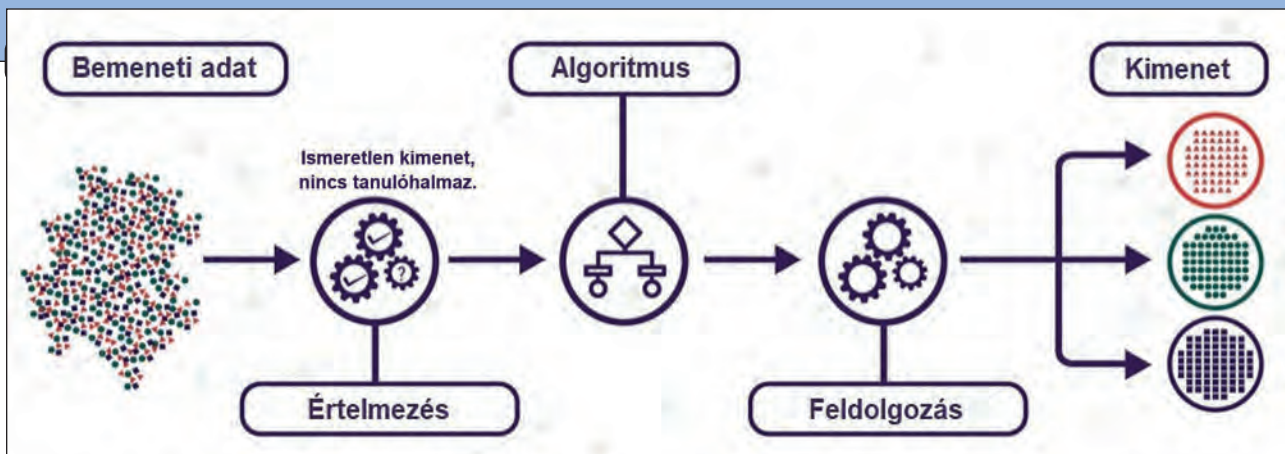
- asszociáció: Apriori algoritmus, Eclat algoritmus, gyakori mintabővítés (FP-Growth – Frequent Pattern Growth) algoritmus;
- klaszterezés: K-középpontú klaszterezés, K-medoid klaszterezés, hierarchikus klaszterezés.

MEGERŐSÍTÉSES TANULÁS

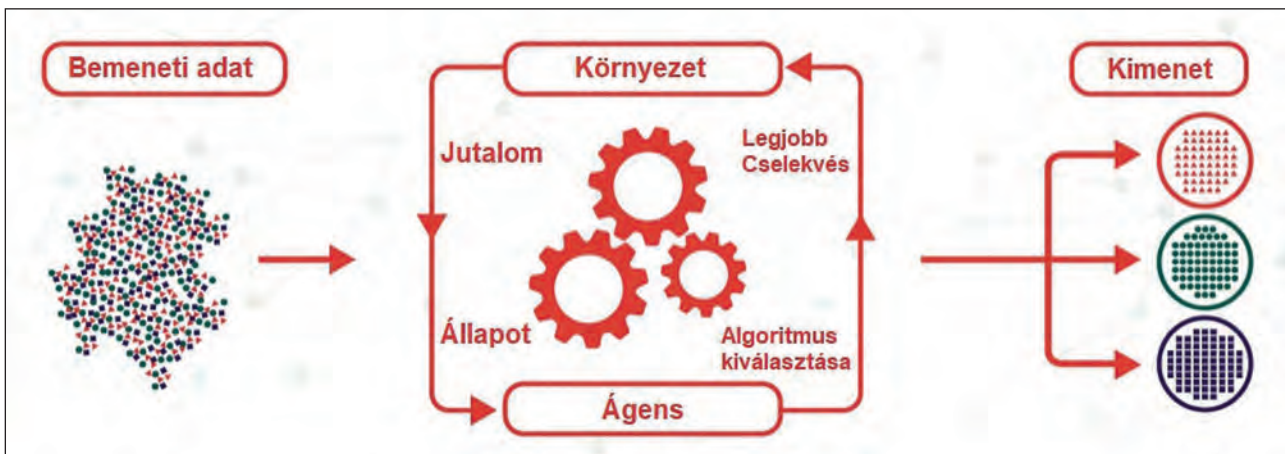
Mielőtt megvizsgáljuk a megerősítéses tanulás fogalmát, indokolt az ágens kifejezés rövid értelmezése. Ágensnek nevezünk⁴ minden olyan szoftver-, vagy akár hardveralapú számítógépes rendszert, amely a környezetét érzékeli, és beavatkozó szerveivel megváltoztatja annak paramétereit. [61] A fentiek alapján tehát egy ilyen rendszernek a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie [62] [63]:

- önálló, azaz képes közvetlen emberi beavatkozás nélkül cselekedni és kontrollálni belső állapotát és reakcióit;
- személyiséggel rendelkezik, azaz jól definiált, hihető személyisége van, amely lehetővé teszi az emberekkel való párbeszédet;
- kommunikációs képességei vannak, képes kommunikálni más ágensekkel, vagy emberekkel az információszerezés érdekében;





17. ábra. A nem felügyelt tanulás folyamata [56]



18. ábra. A megerősítéses tanulás folyamata [56]

- alkalmazkodóképes, automatikusan igazodik a kezelt igényeihez és a környezetében bekövetkezett változásokhoz;
- mobilis, képes magát az egyik gépről a másikra átvinni függetlenül a rendszer-architektúrától és (szoftveres ágens esetén) a platformtól.

A gépi tanulás harmadik módja tehát az úgynevezett megerősítéses tanulás, amelynek lényege, hogy a gép számára meg kell határozni különböző paramétereket, amelyek alapján cselekedni fog a jövőben. Ezek a [64]:

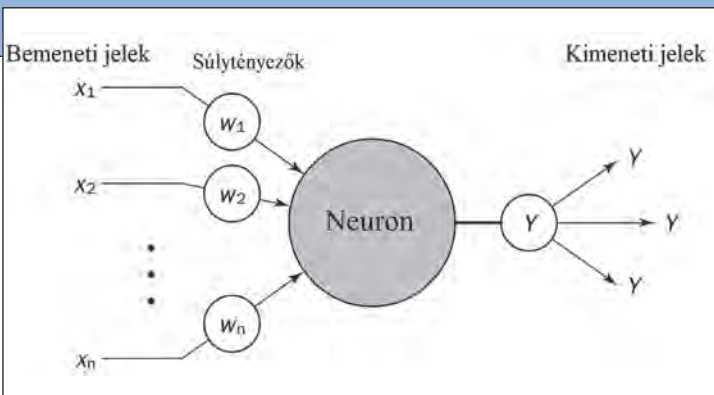
- a környezet: az a fizikai környezet, ahol az ágens működik;
- a cselekvés: az összes lehetséges cselekvés, amit az ágens megtehet;
- az állapot: az a szituációs környezet, amelyben az ágens működik;
- a jutalom: azonnali jutalom, amely a környezetből érkező visszajelzést jelenti az utolsó cselekvés után;

- a stratégia: meghatározza az ágens következő cselekvését az adott helyzetben;
- az érték: a várt hosszú távú jutalom, amelyet az ágens akkor szerez meg, ha az adott helyzetben a helyes cselekvési változatot hajtja végre.

Megerősítéses tanulás során az algoritmus végigpróbálja a lehetséges kimeneteleket, és ezekből úgy választja ki az ideális lehetőséget, hogy a jutalmak (jó döntés) és büntetések (rossz döntések) alapján megerősítést nyer egy-egy döntés eredménye. Itt nem beszélhetünk a korábbi esetekben alkalmazott tanulóhalmazok és példapárok általi tanulásról, ugyanis a mesterséges intelligencia a környezetből érkező ingerek hatására tanul. Például egy sakkjátszmában egy gép számára előnytelen lépések sorozata vereséget okoz, ez büntetésként értelmezendő, így az MI képes tanulni a hibáiból. Néhány megerősítéses tanuláson alapuló algoritmus [55] [65]: Q-tanulás, időbeli különbségen alapuló (TD – Time Difference) tanulás, modell alapú tanulás.

2. táblázat. A gépi tanulási módszerek összehasonlítása (A szerzők szerkesztése)

Gépi tanulás Szempont	Felügyelt tanulás	Nem felügyelt tanulás	Megerősítéses tanulás
Tanulási folyamat	Az MI címkézett adatokból álló tanulóhalmaz alapján tanul	Az MI címkézetlen adatok közötti összefüggéseket és mintázatokat keres, és azokból tanul	Az MI (ágens) kapcsolatba lépve a környezetével sorozatos próbálgatások útján tanul
Emberi felügyelet	Ember által felügyelt a tanulási folyamat	Nincs emberi felügyelet	Nincs emberi felügyelet
A tanulási folyamat megközelítésének eszköze	Regresszió, klasszifikáció	Asszociáció, klaszterezés	Próbálgatás



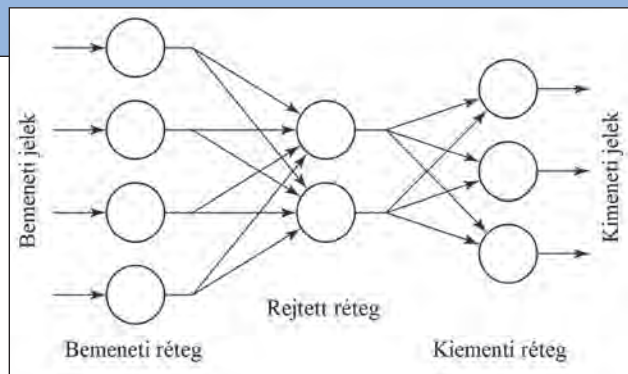
19. ábra. Egy mesterséges neuron elvi felépítése [56]

A 2. táblázatban a különböző gépi tanulási módszerek legfontosabb jellemzőit foglaltuk össze a korábban leírtak alapján.

MESTERSÉGES NEURÁLIS HÁLÓZATOK

A mesterséges neurális hálókat a biológiai neurális hálózat mintáját követve alakították ki, tehát az emberi agy felépítését és működését hivatottak lemodellezni. Hasonlóságuk abban rejlik, hogy az emberi agyban egy neuron az őt érő ingert több neuronnak is továbbadhatja, így az impulzus-információ akár több millió nagyságrendű neuronon keresztül továbbítható, amíg el nem éri az agy információ-feldolgozásáért felelős rétegét. [66] A mesterséges neurális hálózatok elemi részei az úgynevezett mesterséges neuronok, amelyek az agyban található neuronok mintázatát követik. Feladatuk, hogy a beérkező adatokat összegezzék, majd előállítsanak belőlük egy kimenetet, amit továbbítanak. A hasonlóság egyértelmű. Matematikai nyelven a neuront úgy definiálhatjuk, mint egy nemlineáris, paraméterekkel jellemzett összegző függvényt, amelynek a változóit a neuron bemeneteinek hívják, és annak az értékét a neuron kimenetének. [67]

A neuronok meghatározott számú más neuronnal egyirányú kapcsolattal rendelkeznek, amelyek úgynevezett rétegekbe sorolhatók, a bemeneti, a kimeneti, és a köztük lévő rejtett rétegekbe. A bemeneti rétegben azok a neuronok találhatók, amelyek a bemeneti jel továbbítását végzik a hálózat felé, ezek a bemeneti neuronok. A kimeneti rétegben a kimeneti neuronok találhatók, amelyek továbbítják az információt a külvilág felé. A rejtett rétegekben a tulajdonképpeni adatfeldolgozást végző, funkciót végrehajtó rejtett neuronok találhatók. A rejtett neuronok a bemeneti rétegből érkező adatokat különböző súlytényezőkkel ellátva összegzik, majd különböző nemlineáris függvényekkel egészítik ki, például szigmoid függvényvel, Piecewise függvényvel, vagy éppen a küszöbfüggvényvel. Ezt az eljárást egy transzfer függvényvel lehet leírni. Népszerű transzfer függvények például a lépcsőfüggvény, a tangens hiperbolikus függvény, vagy a logisztikus függvény. Ezen eljárások hozzájárulnak a neuronnak egy lokális kimenetét, amelyet aztán továbbít a következő rétegekbe, amelyek neuronjai hasonló módon elvégzik a számukra kijelölt matematikai apparátussal leírható műveleteket. Ez a tendencia folytatódik mindaddig, amíg az adat el nem éri a kimeneti réteget. Sok esetben jellemző, hogy az egyes rétegek teljesen össze vannak kötve – vagyis egy réteg egy neuronjának kimenete a következő réteg összes bementével –, így a köztük lévő kapcsolat gyakran mátrixok segítségével írható le hatékonyan. [68]

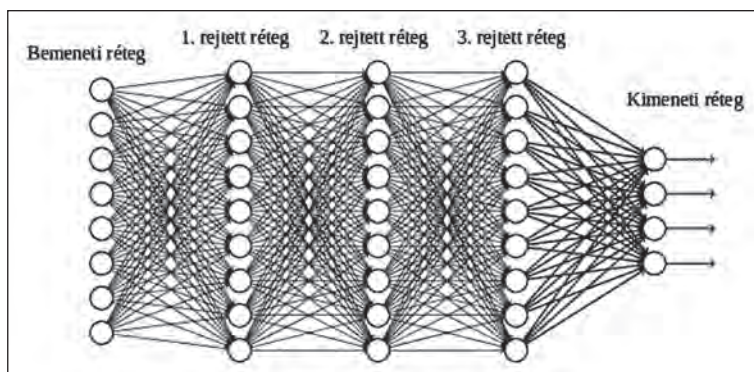


20. ábra. Egyrétegű mesterséges neurális hálózat elvi felépítése [56]

MÉLYTANULÁS

A mesterséges neurális hálózatok egyik fontos ága az úgynevezett mélytanulás, amely fogalommal a mély neurális hálózatok megnevezés alatt is találkozhatunk. A mély neurális hálózatok jellemzője, hogy három vagy több rejtett réteggel rendelkeznek, így az adatfeldolgozás áthatóbban, „mélyebben” kerülhet végrehajtásra. [69] Egy ilyen neurális hálózat szemléltet a 21. ábra.

A mélytanulás segítségével az évek során sikerült megsokszorozni a mesterséges intelligenciák teljesítményét, így máig ez az egyik meghatározó módszer a mesterséges neurális hálózatok területén. [52] A részletes ismertetést



21. ábra. Egy háromrétegű mély neurális hálózat elvi felépítése [69; 17. o.]

mellőzve beszélhetünk például [70]:

- egyrétegű vagy Preceptron neurális hálózatokról;
- előrecsatolt / hurokmentes neurális hálózatokról;
- konvolúciós neurális hálózatokról;
- önszervező / Kohonen hálózatokról;
- visszacsatolt / rekurrens neurális hálózatokról.

TERMÉSZETES NYELVI FELDOLGOZÁS

Annak érdekében, hogy egy mesterséges intelligencia kommunikálni tudjon az emberekkel, természetes nyelvfeldolgozást (NLP – Natural Language Processing) kell végrehajtania. Ez a számítástechnikának egy olyan területe, amelynek célja, hogy egy adott rendszer a bemeneti és/vagy kimeneti oldalán természetes nyelven tudjon kommunikálni a külvilággal. Természetes nyelvnek minősül az emberek által használt olyan nyelv, amely egy közösség (törzs vagy nemzet) életében nemzedékről nemzedékre, spontán vagy tudatos folyamatok (például nyelvújítás) során szabadon fejlődik, változik. Az NLP-n belül kiemelten fontos terület a természetes nyelv megértését (Natural Language Understanding) biztosító algoritmusok csoportja, amelyek minden kommunikációra képes MI-nek szerves részét képezik.



Egy gépi tanuláson vagy mélytanuláson alapuló NLP-algoritmus úgy működik, hogy az algoritmus első lépésben megvizsgálja az adott szavak struktúráját úgy, hogy nyelvtanilag lebontja azokat és értelmezi a szót, a képzőket, a jelzőket, a ragokat stb. Ezt követően az algoritmus megvizsgálja a kontextust, amely alapján el tudja dönteni, hogy egy többjelentésű szó melyik jelentését kell az adott szövegkörnyezetben használni. Ez a lépés magában foglalhatja akár a szándék és az érzelme vizsgálatát és értelmezését is. A természetes nyelven keresztül történő kommunikáció írásban és szóban egyaránt történhet. A természetes nyelvfeldolgozás alábbi típusait különböztetjük meg [71]:

- szöveg-szöveg (TTT – Text-To-Text) feldolgozás: a bemenet és a kimenet írott szöveg;
- szöveg-beszéd (TTS – Text-To-Speech) feldolgozás: a bemenet írott szöveg, a kimenet beszéd;
- beszéd-szöveg (STT – Speech-To-Text) feldolgozás: a bemenet beszéd, a kimenet írott szöveg;
- beszéd-beszéd (STS – Speech-To-Speech) feldolgozás: a bemenet és a kimenet is beszéd.

Azokban az esetekben, amikor a bementi oldalon valamilyen írás, a kimeneti oldalon pedig beszéd van, akkor a mesterséges intelligenciáknak az emberéhez hasonló hangot kell előállítani az írott szöveg alapján. Ezt beszédszintézisnek nevezzük. [71] Mesterséges neurális hálókkal többféleképpen lehet beszédszintézist végrehajtani. Egyik lehetséges módja a következő: egy neurális háló folyamatosan hangmintákat vesz az emberek beszédéből addig a pontig, amíg már magabiztosan képes felismerni azt, hogy egy adott hang ugyanahhoz az emberhez tartozik-e. Ezt követően egy második neurális háló hangadatokat állít elő, amelyeket lefuttat az első neurális hálón. Amennyiben a mintákat az első neurális háló nem ugyanattól a személytől eredőnek találta, úgy a második neurális háló javít a hangadatokon, majd újra lefuttatja azt az első neurális hálón. A folyamatot addig ismétlik, amíg a második neurális hálónak sikerül előállítania a megfelelő hangadatokat.

GÉPI LÁTÁS

Annak érdekében, hogy egy mesterséges intelligencia értelmezni tudja azt a környezetet, amelyben tevékenykedik, képesnek kell lennie gépi látás (CV – Computer Vision) megvalósítására. Ez lehetővé teszi különböző objektumok észlelését és azonosítását, amely a továbbiakban meghatározza a mesterséges intelligencia objektumok felé történő viselkedését. A gépi látás folyamata magában foglalja a képfeldolgozást és a képelemzést. Előbbi a vett mintákból adatokat nyer ki, utóbbi az adatokat kiértékeli. Egy általános CV-rendszer az alábbi komponenseket tartalmazhatja [72]:

- képkalkáló berendezés;
- jelfeldolgozó egység;
- szoftverkomponens;
- megjelenítő- és kezelőszervek.

Egy CV-rendszer legalapvetőbb alkotóeleme valamilyen képkalkáló berendezés. Ezek közül a legelterjedtebbek a látható fény tartományában érzékelő kamerák, de az is előfordulhat, hogy infra vagy ultraibolya tartományban működő kamerákat alkalmaznak. A piacon találkozhatunk radarjelekkel, vagy akár lézerral működő (LiDAR – Light Detection And Ranging) képkalkáló berendezésekkel is, például önvezető járművek esetében. A képkalkáló berendezéseket olyan eszközökkel is kiegészíthetik, amelyek a körülmények javításával segítik elő a képkalkolás folyamatát, ilyen lehet például a reflektorfény. A képkalkáló berendezés által rögzített és továbbított jeleket valamilyen más hard-

verkomponensnek, digitális jelfeldolgozó egységnek (DSP – Digital Signal Processing) kell feldolgoznia. Ez tartalmazza a CV-rendszer magját, tehát azt a szoftverkomponenst, azt az algoritmust, amely lefuttatja az érzékelt képek értelmezéséhez szükséges folyamatokat. Természetesen szükség van egy olyan felületre is, ahol a felhasználó kapcsolatba tud lépni a CV-rendszerrel, ahol meg tudja tekinteni például az eredményeket, a diagnosztikát. Ezt a funkciót valósítják meg a különböző megjelenítő és kezelőszervek, például egy asztali számítógép vagy laptop, de egy egyszerű kijelző is betölthet ilyen funkciót. [72]

ÖSSZEZÉS

A mesterséges intelligencia technológiák gyors fejlődésének köszönhetően egyre több technikai megoldás, és ezzel együtt újabb és újabb részterületek jelennek meg, ami maga után vonja az alkalmazási lehetőségek körének folyamatos bővülését is. Manapság a legnagyobb érdeklődés a gépi tanulás egyes irányai, így például a felügyelt, nem felügyelt vagy a megerősítéses tanulás iránt mutatkozik. A nemzetközi trendek jelenleg a mesterséges neurális hálózatok, és a mélytanuláson alapuló megoldások reneszánszát vetítik előre. A mesterséges intelligencia területei közül még mindig jelentős potenciállal rendelkezik a természetes nyelvfeldolgozás és a gépi látás, amelyek a tanulmányunk következő részében vizsgált MI alkalmazási lehetőségeknek is szerves részét képezik majd.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [52] Ralf T. Kreutzer, Marie Sirrenberg. *Understanding Artificial Intelligence*, Springer, ISBN: 978-3-030-25270-0, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25271-7> (Letöltve: 2021.6. 8.);
- [53] Vinod Sharma. *Demystifying AI, Machine Learning and Deep Learning*, 31. December 2017. <https://vinodsblog.com/2017/12/31/demystifying-ai-machine-learning-and-deep-learning/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [54] *Expert System. What is Machine Learning?* A definition, 07. March 2017. <https://expertsystem.com/machine-learning-definition/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [55] M. Tim Jones. *Models for machine learning*, IBM, 05. December 2017. <https://developer.ibm.com/articles/cc-models-machine-learning/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [56] Virágh Krisztián. *A mesterséges intelligencia fejlődési tendenciái és katonai alkalmazásának perspektívái*, 2020. Nemzeti Közszerzői Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar, Budapest, pp. 14–18.;
- [57] Jason Brownlee. *Difference Between Classification and Regression in Machine Learning*, 22. May 2019. <https://machinelearningmastery.com/classification-versus-regression-in-machine-learning/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [58] *Artificial Intelligence Demystified*, Analytics Vidhya, 23. December 2016. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/12/artificial-intelligence-demystified/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [59] Tantai Márton. *Osztályozás, regresszió*, <http://www.cs.bme.hu/nagyadat/osztalyozas-regresszio.pdf> (Letöltve: 2021.6.8.);

- [60] Vinod Sharma. *Machine Learning – Introduction to Unsupervised Learning*, 01. November 2018. <https://vinodsblog.com/2018/11/01/machine-learning-introduction-to-unsupervised-learning/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [61] Dr. Farkas Attila. *A mesterséges intelligencia alkalmazása az ívhegesztés robotosításában és annak gyakorlati hasznosítása a katonai járműgyártásban, Doktori PhD-értekezés*, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2012. <https://doi.org/10.17625/NKE.2013.003> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [62] Mészáros Tamás. *Agensek*, <http://home.mit.bme.hu/~meszaros/edu/onallo/it/guth.97/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [63] Michael R. Genesereth, Steven Ketchpel. *Software agents*, Stanford, Stanford University, 1994. <https://doi.org/10.1145/176789.176794> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [64] Vinod Sharma. *Machine Learning – Introduction to Reinforcement Learning*, 14. November 2018. <https://vinodsblog.com/2018/11/14/reinforcement-learning-introduction-to-basics/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [65] Hawladar Roman. *Machine Learning [Part 1]*, 20. October 2019. <https://medium.com/@roman.bijt/machine-learning-part-1-c34d6c1640f4> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [66] Nyitrai Ákos, Gere Attila, Sipos László. *Mesterséges neurális hálózatok élelmiszertudományi alkalmazásai és nemzetközi trendjei*, Élelmiszervizsgálati közlemények, LXIV. Évfolyam 3. szám, pp. 2140–2163., ISSN 0422-9576, 2018. <http://real.mtak.hu/100819/1/Wessling%20EVIK%2019%20-%20Nyitrai-tudomany.pdf> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [67] Michael Negnevitsky. *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems (3rd Edition)*, Addison Wesley, ISBN: 1408225743, 2011.;
- [68] Federico Marini, Remo Bucci, Antonio L. Magri. *Multilayer feed-forward artificial neural networks for class modeling*, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, Volume 88. Issue 1., pp. 118–124., 2007. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2006.07.004> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [69] Aleksziew Rita Antónia. *Transzformációtanulás 2 dimenziós képeken mély autoenkóder hálózatokkal*, Szakdolgozat, Budapest, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, 2017. https://web.cs.elte.hu/blobs/diplomamunkak/msc_alkmat/2017/aleksziew_rita_antonia.pdf (Letöltve: 2021.6.8.);
- [70] Andrew Tch. *The mostly complete chart of Neural Networks, explained*, Towards Data Science, 04. August 2017. <https://towardsdatascience.com/the-mostly-complete-chart-of-neural-networks-explained-3fb6f2367464> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [71] Rav Ahuja. *Introduction to Artificial Intelligence (AI)*, IBM, <https://www.coursera.org/learn/introduction-to-ai?specialization=applied-artificial-intelligence-ibm-watson-ai> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [72] Benedek Gergő. *Computer Vision / Machine Vision: mit jelent a Gépi Látás, és mire lehet felhasználni?*, Lexunit, 2020. június 26. <https://lexunit.hu/blog/mit-jelent-a-gepi-latas-es-mire-lehet-felhasznalni/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [73] *Velodyne Lidar, Article Looks at How Velodyne’s Alpha Prime™ Sensor Helps Enable Safe Autonom*, September 22, 2020. <https://velodynelidar.com/media-coverage/alpha-prime-sensor-helps-enable-safe-autonomy/> (Letöltve: 2021.5.3.).

JEGYZETEK

- 3 A klaszteranalízis egy olyan dimenziócsökkentő eljárás, amellyel adattömböket tudunk homogén csoportokba sorolni.
- 4 Az ágens kifejezés eredete a latin ago, agere szó, amelynek elsődleges jelentése mozgásba hoz, elintéz, cselekszik.

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
- Falítérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások

- **PrePress – Nyomdai előkészítés**
 - szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
 - ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítás
 - bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
 - hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
 - nyomóformák előállítása nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával
- **Gyorsokszorozás**
 - színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 350 x 487 mm méretig
- **Press – Nyomtatás**
 - ofsetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 x 126 cm méretig
- **PostPress – Kötészeti feldolgozás**
 - felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
 - hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
 - összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
 - kasírozás, táblakészítés, aranyozás
 - szortiment könyvkötészet
- **Vákuumformázás**
 - vákuumformázó 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 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336-2035

1. ábra. A Magyar Honvédség egyik H145M helikoptere (Forrás: [2]; Airbus)



Varga Béla*

Az Arriel 2E turboshaft hajtómű, a megbízható erőforrás

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program helikopterbeszerzései

Az ezredforduló után a Magyar Honvédségben hosszú ideig kritikusan alacsony volt az üzemképes helikopterek száma, hiszen a Mil Mi-24-esek ipari nagyjavításukra várva hosszú pihenőre kényszerültek, a Mil Mi-8/Mi-17 típusú helikopterek sok esetben az alkatrészek hiánya miatt vesztegeltek. Ezen felül a NATO-csatlakozással megváltozott a magyar légierővel és ezzel együtt a helikoptercsapatokkal szemben támasztott feladat- és követelményrendszer is. Örömteli azonban, hogy a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében a helikopteres képességek szempontjából jelentős előrelépés történt. 2018-ban befejeződött a Mil Mi-24 helikopterek nagyjavítása és reaktiválása, valamint a Mil Mi-17 helikopterek ipari szintű javítása is megtörtént. Ugyanakkor – a program ütemezett

végrehajtásának megfelelően – a Magyar Honvédség 20 darab könnyű, többcélú, Airbus H145M típusú (1. ábra), valamint 16 darab H225M típusú közepes, többcélú helikopter beszerzéséről döntött, amelyek közül az előbbi már rendszeresítésre is került.

Ezek a légi járművek a legmodernebb helikopterek közé tartoznak. Korszerű technikájuk a fejlett avionikai rendszerekben, a kivételes képességű HForce-fegyverrendszerben, a fedélzeten lévő precíziós repülésvezérlő és navigációs berendezésekben, valamint szenzorokban rejlik. Mindezek a modern eszközök digitális interfészekon keresztül, folyadékkristályos kijelzők segítségével segítik a helikopter személyzetét a feladatok végrehajtásában. A helikopter a kor legmodernebb alapanyagaiból épül, amelyek nem nél-

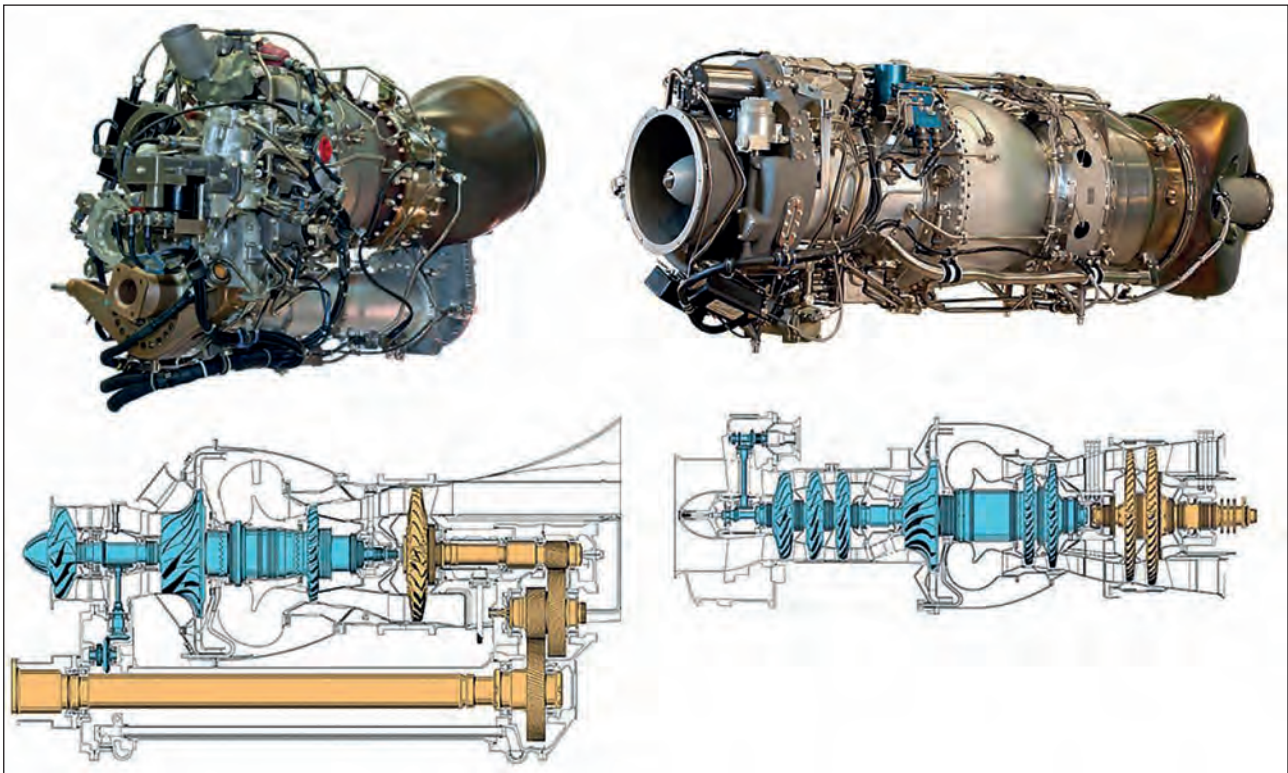
ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Honvédségben befejeződött a H145M helikopterek rendszeresítése. A helikopter új technológiai színvonalat képvisel a korábbi helikopterállományhoz képest. A legkorszerűbb technológia érvényes a beépített Arriel 2E hajtóművekre is, amelynek vizsgálata a jelen tanulmány tárgyát képezi.

KULCSSZAVAK: helikopter, H145M, turboshaft hajtómű, Arriel 2E

ABSTRACT: The introduction of H145M helicopters in the Hungarian Defence Forces has been completed. The helicopter represents a new level of technology compared to the previous helicopter fleet. This is also true for the built-in Arriel 2E turboshaft engines, whose examination is the subject of this paper.

KEY WORDS: helicopter, H145M, turboshaft engine, Arriel 2E

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



2. ábra. A bal oldalon az Arriel 2E, a jobb oldalon a Makila 2A1 hajtóművek külső és metszeti képei láthatók (A szerző szerkesztése a [3] alapján)

külözik többek között a kompozit anyagokat sem. [1] Mindkét kéthajtóműves helikopterbe a Safran Helicopter Engines cég hajtóműveit (Arriel 2E, illetve a Makila 2A1) építették be, amelyek kétszatórnás, teljes körű digitális hajtómű-szabályozással (Full Authority Digital Engine Control – FADEC) rendelkeznek. A 2. ábrán képek és szemantikusan ábrák mutatják a napjainkban alkalmazott korszerű helikopter-hajtóművek jellegzetes kialakításait.

Az Airbus helikopterek beszerzése, illetve rendszerbe állítása hosszú időre megoldhatja a Magyar Honvédség helikopterképességének megtartását.

TURBOSHAFT HAJTÓMŰVEK MEGJELENÉSE A REPÜLÉSBEN

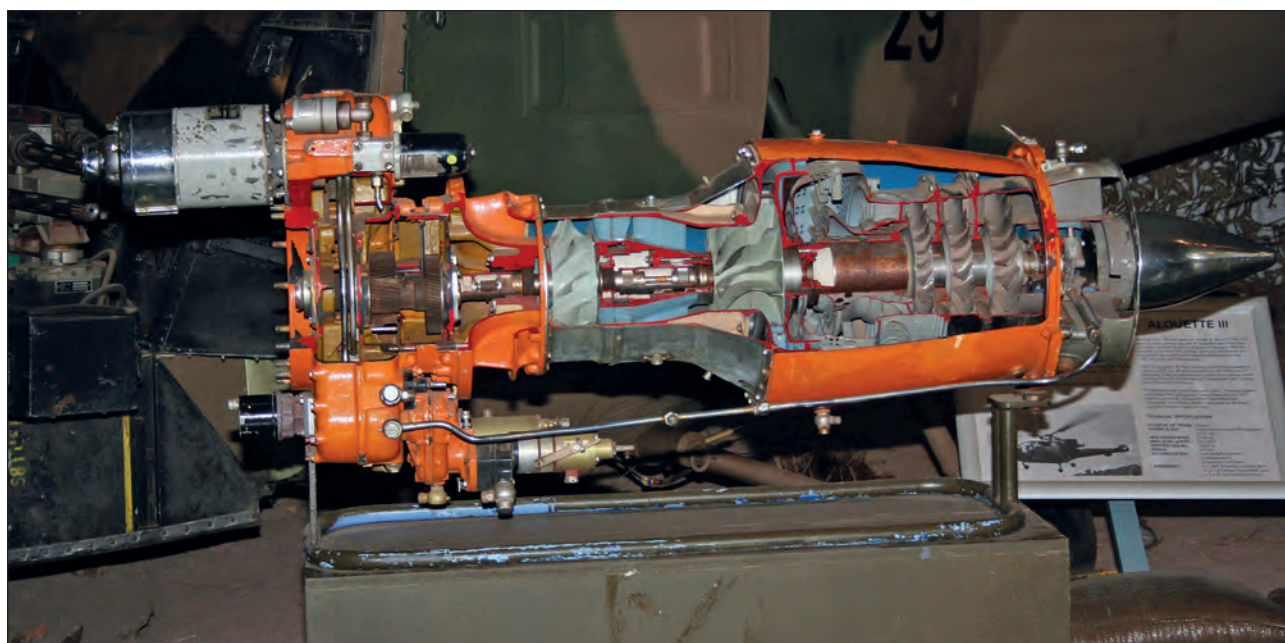
A gázturbinás hajtóművek az 1950-es évektől – a kisgépes repüléstől eltekintve – repülőgép propulziós rendszereként egyeduralmukodókká váltak. Az 1940-es és '50-es évek fordulóján a turboshaft hajtóművek is megjelentek a repülésben, amely kategóriába a csak kifejezetten tengelyteljesítményt adó gázturbinák tartoznak. A magyar műszaki szaknyelvben ennek a hajtómű-kategóriának a megnevezésénél találkozhatunk a legnagyobb bizonytalansággal. A magyar terminológiában erre a berendezésre talán ma nincs is olyan jellemző megnevezés, mint a fentebb már említett angol „turboshaft engine”, vagy az orosz „турбовальный двигатель”. A „(turbó)tengelyes gázturbina” elnevezés lehet vitatható, bár a „turbólégcsavaros hajtómű”, „turboprop engine” és „турбовинтовой двигатель” elnevezések analógiájára elfogadható lehet. Ennek ellenére az angol kifejezés elterjedtebb ismerete miatt továbbiakban a turboshaft, vagy a gázturbinás helikopter-hajtómű kifejezést használom. Megjegyzendő, az előbbi szélesebb kört takar, mivel a turboshaft-ok a repülésben először, mint APU – Auxiliary Power Unit (200–600 kW teljesítményű

segédhajtóművek) jelentek meg, amelyeknek a feladata a repülőgépek fő hajtóműveinek indítása, a fedélzeti elektromos energiarendszer táplálása, és a légkondicionáló rendszer levegővel történő ellátása volt. Ebbe a csoportba tartoznak még a hajók erőforrásaiként alkalmazott, nagy teljesítményű gázturbinák (15–25 MW), vagy az azoknál is nagyobb teljesítményű ipari gázturbinák is.

Megjegyzendő, hogy a turbólégcsavaros (turboprop) és a turboshaft hajtóművek között jelentős a szerkezeti hasonlóság. Több gyártónál egy adott típusnak létezik „turboprop” és „turboshaft” változata is. Két alapvető különbség mégis van a két kategória között. Az egyik, hogy a légcsavaros gázturbinák esetében általában – kivéve a turbólégcsavaros katonai kiképző repülőgépek (pl. CT-156 Harvard, vagy Pilatus PC-9) hajtóműveit – a gáz energiájának egy része a fúvócsőben hasznosul, biztosítva ezzel a toló(vonó)erő 10–15%-át. A fúvócső helyett egy további turbinafokozat beépítésével, vagy a turbina modifikációval elérhető, hogy a munkaközeg energiájának ez a fennmaradó része is tengelyteljesítményként hasznosuljon. A másik különbség, hogy a légcsavaros gázturbina esetében a légcsavar és a közlőmű szerkezetiileg a hajtómű részét képezi, és a légcsavaron keletkező vonóerő a hajtóművön, illetve annak bekötésein keresztül adódik át a sárkányszerkezetre. Gázturbinás helikopter-hajtóművek esetében a közlőmű szerkezetiileg a sárkányhoz kapcsolódik, és a vonóerő ezen keresztül nem a hajtóműre, hanem közvetlenül a sárkányra adódik át.

A helikopterekben alkalmazott gázturbinák első típusa 1950-ben a Turbomeca Artouste hajtómű volt, amely szintén eredetileg segédhajtóműnek készült. (3. ábra)

A hajtómű 210 kW tengelyteljesítményre volt képes, és számos helikopter típusba beépítésre került, például az Aérospatiale Alouette II, az Aérospatiale Alouette III, az Aérospatiale Lama, az Aerotécnica AC-14, az Atlas XH-1



3. ábra. Turbomeca Artouste, az első, helikopterben alkalmazott gázturbina metszete [4]

Alpha, az IAR 317 típusokba, valamint segédhajtóműként beépítették különböző típusú repülőgépekbe is, többek között a Handley Page Victor, a Hawker Siddeley Trident és a Vickers VC10 típusokba. [4]

Láthatóan a francia tervezők élen jártak az innovációban az új helikopter-erőforrások fejlesztésében, de az 1950-es évek második felében a helikopterek „nagykorúvá” válásával, amikor esetükben is szorítóvá vált a viszonylag kis teljesítményű és nehéz, dugattyús motorok leváltása, a helikopterek és a turboshaft hajtóművek végleg egymásra találtak. Ez alól csak a könnyű helikopterek egyes típusai (pl. Robinson) kivételek, ahol megmaradtak a dugattyús hajtásnál.

Természetesen ezt a területet rövidesen a legtöbb hajtóműgyártó megcélozta, és manapság 10-12 gyártó uralja a piacnak ezt a szegmensét, amelyből a Safran Helicopter Engines, a Safran cégcsoport tagja – korábban Turbomeca – jelentős szezletet képvisel. A cég kis és közepes kategóriában 8 féle helikopter-hajtómű típust, illetve azok számtalan változatát gyártja az Arrius 2R-től (376 kW) az Aneto-1K-ig (1864 kW), beleértve a 2. árán látható Arriel 2E és Makila 2A1 hajtóműveket is. A vállalat emellett szárazföldi, ipari és tengeri alkalmazásokhoz is gyárt gázturbinás repülőgéphajtóműveket és rakétahajtóműveket, valamint turbinákat. Az 1938-as megalapítása óta a Turbomeca, illetve 2001 óta a Safran Helicopter Engines több mint 72 000 gázturbinát gyártott. [3]

Az ARRIEL 2E RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ADATAI

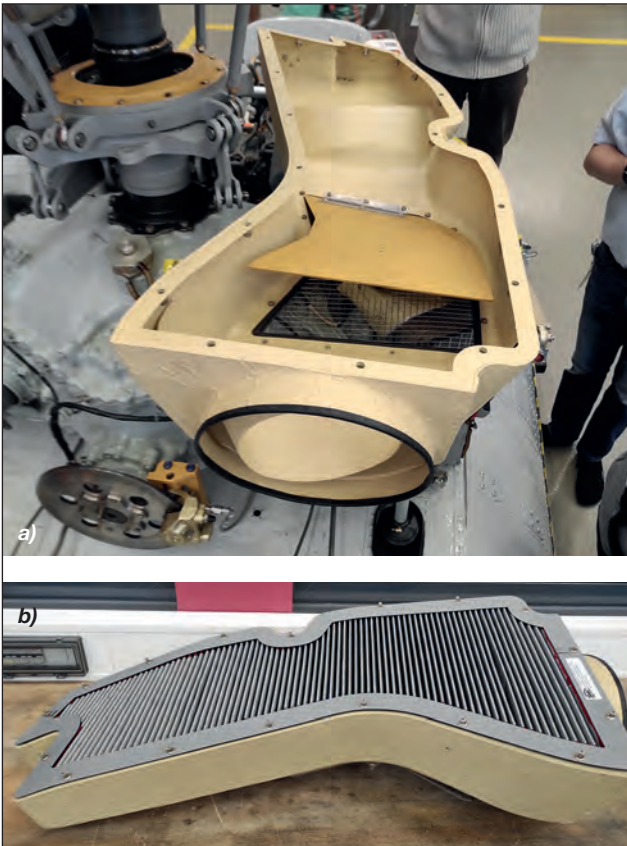
A jellemző hajtóműadatok megjelenítésénél az 1. táblázat jobb oldali oszlopában a helikopter hajtóművekre kategóriáktól független, általános jellemző adatok olvashatók, amelyek segítségével az Arriel 2E hajtóművet könnyebb elhelyezni a gyártó termépalettáján.

Az Arriel 2E hajtómű tengelyteljesítménye a gyártó adatai alapján 666 kW, amely alapján még a kis hajtómű kategóriába (200–800 kW) tartozik. A H145M típusú helikopterbe beépítve, kéthajtóműves elrendezésben ezt a teljesítményt a gyártó tovább korlátozta 445 kW-ra. Ez a korlátozás valószínűleg megjelenik a hajtómű élettartam-növekedésé-

1. táblázat. Az Arriel 2E hajtómű adatai

(A szerző szerkesztése az [5], [6], [7], [8] alapján)

Hajtóműjellemzők	Turboshaft hajtóművek	Arriel 2E
Tengelyteljesítmény [kW]	200–3700	666
Kompresszor-nyomásviszony [–]	7–16	8,5
Levegőfogyasztás [kg/s]	2–15	2,71
Turbina előtti gázhőmérséklet [K]	1100–1500	1398
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás [kg/kWh]	0,25–0,43	0,329
Termikus hatásfok [%]	20–32	25,3
Fajlagos hasznos munka [kJ/kg]	160–310	246
Hajtómű tömege [kg]	80–400	139,2
Fajlagos teljesítmény [kW/kg]	3–8	4,78
A H145M helikopter hajtóműadatai		
Maximális felszállóteljesítmény [kW]		445
Egy hajtómű üzemképtelensége esetén folyamatos teljesítmény [kW]		490
Egy hajtómű üzemképtelensége esetén 2 percig tartó teljesítmény [kW]		630
Egy hajtómű üzemképtelensége esetén 30 másodpercig tartó teljesítmény [kW]		753
A gázgenerátor egység fordulatszáma (100%) [f/perc]		52 110
A szabadturbina fordulatszáma [f/perc]		39 159
A főreduktor-meghajtótengely fordulatszáma [f/perc]		6000



4. ábra. IBF szűrőház a) és szűrőbetét b) (Fotó: Varga Béla)

ben is a turbina előtti gázhőmérséklet csökkenése miatt, amely azonban – minden bizonnyal – a termikus hatásfoknak a táblázatban megjelölt értékhez képesti 2–3%-os csökkenésével, illetve a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás növekedésével jár. Sajnos a gázturbinák egyik jellegzetesége, hogy részüzemmodon (a csökkenő turbina előtti gázhőmérséklet miatt) a termikus hatásfokuk csökken. A kompresszor-nyomásviszony¹ meglehetősen alacsony. Még ebben a kategóriában is ennek az értéke általában 10 feletti. Erre a témára a hajtómű általános értékelésekor még visszatérünk, de valószínű, hogy a gyártó nem kívánt változtatni a jól bevált elrendezésen, így ezzel a konfigurációval magasabb nyomásviszony nem érhető el. [9] A 2,71 kg/s levegőszállítás 246 kJ/kg fajlagos hasznos munkát eredményez. A turbina előtti gázhőmérséklet meglehetősen magas, különös tekintettel a nyomásviszony re-

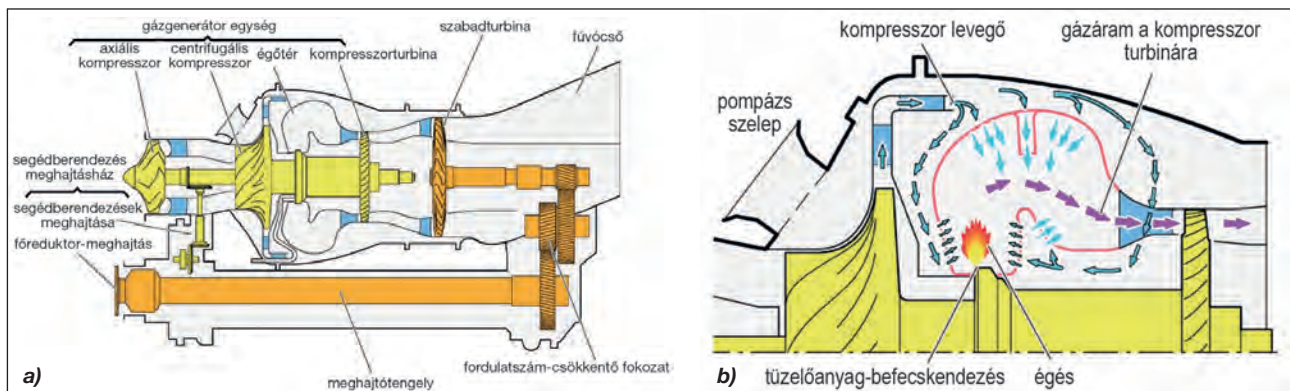
latíve alacsony értékére. A két értéknek ugyanis bizonyos tekintetben együtt kell mozognia, ennek megfelelően ez a gázhőmérséklet magasabb nyomásviszonyt indokolna, ahogy az a 10. ábrán látható. A fentiek alapján érthető, hogy az Arriel 2E az egyhajtóműves repüléshez szükséges 490 kW-os teljesítményt minden nehézség nélkül képes folyamatosan tartani. A 30 másodperces egyhajtóműves repülés 753 kW igénybevétele nagyon korlátozott a turbina extra hőterhelése miatt. A teljesítmény beállításához szükséges szabályozási feladatokat a FADEC-rendszer rendkívül gyorsan képes kezelni. Valószínűleg ebben az utóbbi esetben a 30 másodperces időtartamra – mintegy 50–60 K-nel – még a maximális 1398 K fölé is engedi növekedni a turbina előtti gázhőmérsékletet.

A HAJTÓMŰ ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE

A hajtómű szívócsatornájába egy nagy méretű IBF – Inlet Barrier Filter (levegőszűrő) (4. ábra) kerül beépítésre. A berendezés, a beáramló levegő aktuális szennyezettségének függvényében 1-2%-os teljesítményvesztést okoz. Valamilyen típusú porkiválasztó rendszer alkalmazását manapság minden gyártó felvállalja, mert annak elmulasztása – különösen poros környezetben – súlyosan csökkenti a hajtóművek élettartamát, a károsodás előtt pedig a hatásfokát. A szűrő szennyezettségi állapotáról a személyzet a pilótafülkében visszajelzést kap. Hirtelen állapotromlás (eltömődés) esetén a 4. a) ábrán látható, nagy méretű megkerülő szelep nyit, biztosítva a hajtómű levegőellátását.

A szívócsatorna után a levegő beáramlik az egyfokozatú axiális kompresszorba, majd a centrifugális kompresszorba. A tüzelőanyag a gyűrűs égőtérben centrifugális befecskendező keréken keresztül jut az égőtérbe. Ez a megoldás meglehetősen egyedi, de úgy tűnik a francia tervezőknél ez egy bevált technikai mód. Az 5. ábrát összehasonlítva a 3. ábrával, az Arriel 2E általános szerkezeti felépítése nagy hasonlóságot mutat a Turbomeca Artouste hajtóművel (1950). Az égőtér után a magas hőmérsékletű égéstermék tovább áramlik a kompresszorturbinára, majd a szabadturbinán át közel környezeti nyomásra expandálva, a gázvezető rendszeren keresztül elhagyja a hajtóművet. A szabadturbinára a kompresszorturbinával csak gázdinamikai kapcsolatban van (a közös munkaközeg miatt). A hajtóművel egybeépített első fordulatszámcsökkentő fokozat a 39 159 f/perc fordulatszámot 6000 f/perc értékre csökkenti. Innen egy csőburkolattal védve megy előre a hajtás a segédberendezés meghajtásházon keresztül, amely egyben a hajtómű mellső támaszát is képezi. Ugyanitt helyezték el a nyomaték-mérő referenciatengelyét is.

5. ábra. A hajtómű fő szerkezeti egységei a) és kapcsolódásuk b) (A szerző szerkesztése a [10] alapján)





6. ábra. Arriel 2E elhelyezése a hajtóműtérben (Fotó: Varga Béla)

A segédberendezések – az olaj- és tüzelőanyag-szivattyúk, a 28,5 V-os váltóáramú generátor, az olajrendszer centrifugális levegőkiválasztója, a fordulatszámadó fogaskereke – a gázgenerátor egységtől kapják a meghajtást, illetve azon keresztül kapcsolódik a hajtóműhöz az indítómotor-generátor is. Bár a két hajtás itt egy házon belül található, semmilyen mechanikai kapcsolat nincs köztük. [10]

HAJTÓMŰVEZÉRLŐ RENDSZER (FADEC)

A hajtóműveket kétcsatornás FADEC-rendszerrel szerelik fel. A számítástechnika fejlődésével lehetőség nyílt a digitális jelek gyors és sokoldalú feldolgozására, amely egyben a szabályozás lehetőségeinek határait is kiterjesztette. Az 1980-as, '90-es évektől ezek a rendszerek felváltották a hidromechanikus és analóg elektronikus vezérlőrendszereket. A FADEC-rendszer általában szerves részét képezi a repülőgépek digitális adatrendszerének is, elektromos (digitális és analóg) jelek formájában kommunikálva a repülőgép (helikopter) más rendszereivel. Az ilyen módon kialakított szabályozás magasfokú érzékenységgel, pontossággal és nagy teljesítőképességgel rendelkezik, és ezek segítségével a hajtómű teljesítményének, illetve hatásfokának rendkívül kedvező értékei érhetők el.

A FADEC-rendszer ebben az esetben is a tüzelőanyag-mennyiségének változtatásával a repülési állapot követelményeihez igazítja a hajtómű teljesítményét. Ezzel egyidejűleg az összes korlátozást felügyeli, a túllépéseket jelzi és tárolja. A rendszer legfontosabb része az EECU – Engine

Electronic Control Unit (a hajtómű elektronikus vezérlőegysége), amely hajtóművenként egy-egy kétcsatornás, a helikoptertörzsben elhelyezett vezérlő-számítógépet jelent.

Az EECU-nak biztosítani kell a következő fő követelményeket:

- Indítás, indítás-megszakítás, újraindítás, hideg átforgatás vezérlése;
- Pompázs², tranzien kontroll, stabilitás biztosítása;
- A forgószárny fordulatszámának/szabadturbina fordulatszámának (N2) fenntartása minden üzemi körülmény között a helikopter forgószárnyának fordulatszám-szabályozási programja szerint;
- A nyomaték korlátozása (a hajtáslánc mechanikai védelme érdekében);
- A gázgenerátor fordulatszámának (N1) korlátozása, az N1 fordulatszám szabályozása egyhajtóműves üzemben, a minimum N1 fordulatszám határolása a hajtóműleállás és a kritikus fordulatszám elkerülése érdekében;
- A TOT – Turbine Outlet Temperature – (turbina kilépő gáz hőmérséklet) korlátozása (a hajtómű forróterét, főként a turbina védelme érdekében);
- A terhelés megosztása, mindkét hajtómű egyenlő terhelésének biztosítása.

A EECU elektromos táplálása létfontosságú, mert ellenében a hidromechanikus rendszerekkel, elektromos táplálás nélkül a hajtómű teljesen működésképtelen. Ennek megfelelően redundáns elektromos táplálással rendelkezik. Az EECU elektromos táplálása a gázgenerátor (N1) fordulatszámától függ. A hajtómű indításakor 61%-os (N1)

alatt, vagy a generátor meghibásodása esetén, repülés közben az EECU a helikopter elektromos rendszeréből kapja a táplálást. 61% (N1) felett, normál üzemben az áramellátást az adott hajtómű generátora biztosítja [10].

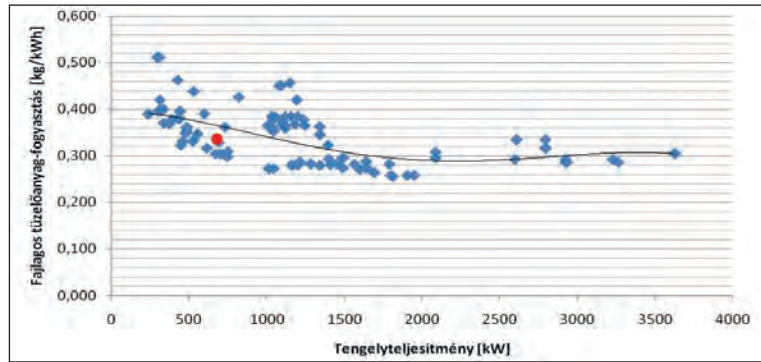
Az ARRIEL 2E HAJTÓMŰ ÉRTÉKELÉSE

A hajtóművek értékelésénél sok tényezőt kell figyelembe vennünk. Ezek közé tartozik a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (teljesítményegységre eső tüzelőanyag-fogyasztás), a fajlagos hasznos munka (tengelyteljesítmény és a hajtómű tömegáramának viszonyozása), a fajlagos teljesítmény (a tengelyteljesítmény és a hajtómű tömegének viszonyozása), a megbízhatóság, üzemeltethetőség, amelyek természetesen kihatással vannak a helikopterek harcászati-technikai jellemzőire is.

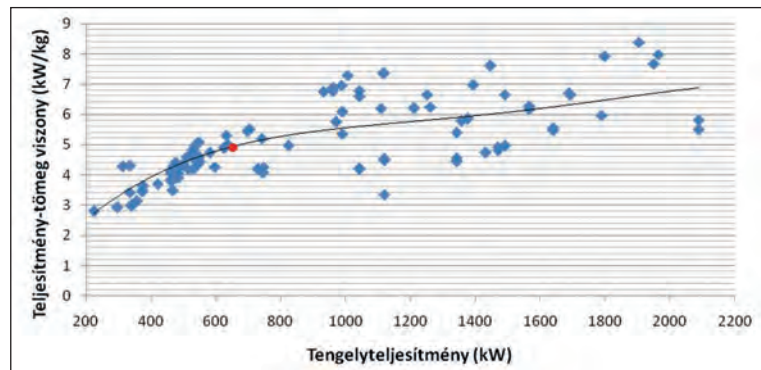
Ha értékelni szeretnénk az Arriel 2E hajtóművet, érdemes összehasonlítani a legfontosabb jósági mutatókat más, hasonló kategóriájú hajtóművekkel. Egy korábbi tanulmányomban korántsem teljes, de nagyszámú (145 db) helikopter-hajtómű statisztikai értékelését végeztem el a [11] szakirodalom alapján. A 8–10. ábrákon ezek a statisztikai feldolgozásából kapott diagramok láthatók, ahol MS Excel-függvénykezelővel a teljesítmény függvényében ábrázoltam a különböző jellemzőket a hajtóművek adataiból képzett trendgörbével. [5] Ebbe illesztettem az Arriel 2E-hez tartozó értékeket piros ponttal jelölve.

Az Arriel 2E hajtómű fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása (7. ábra) ez alapján kismértékben jobb, mint az átlag, de ebben a teljesítmény-kategóriában a legjobbak már 0,3 kg/kWh fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (27–28%-os termikus hatásfok) körül teljesítenek. Megjegyzendő, hogy a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás csak a termikus hatásfoktól függ, tehát mind a kettő egyértelműen kifejezi a hajtómű tüzelőanyag-hatékonyságát. Sajnos a helikopter-hajtóművek termikus hatásfokai jelentősen alatta maradnak az egyéb gázturbináknál megszokott értékeknél, ami napjainkban akár 40% feletti is lehet. Ugyanakkor a helikopter-hajtóművek esetében a 30% körüli hatásfok már jónak számít. Ennek oka a hajtóművek relatíve kis mérete, amely kis hajtómű tömegáramot, rövid lapátokat, jelentős lapátvégi veszteségeket eredményez, valamint az erőforrások kompakt elrendezése, amely sokszoros irányváltást okoz az áramlásban. A méret hatása még kategórián belül is jól látszik a 7. ábrán, ahol a kisebb tengelyteljesítményű, vagyis méretükben is kisebb hajtóművek fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása (ezzel termikus hatásfoka) jelentősen rosszabb. Ha megvizsgáljuk a 8. és 9. ábrákat, látható, hogy ez igaz a többi fajlagos mutatóra is. Ez azt jelenti, hogy a (kis) méret „bünteti” ezeket a hajtóműveket, vagyis minél kisebb mérettel rendelkeznek, annál nehezebb jó hatásfokot (fajlagos tüzelőanyag-fogyasztást), fajlagos hasznos munkát stb. elérni. [12]

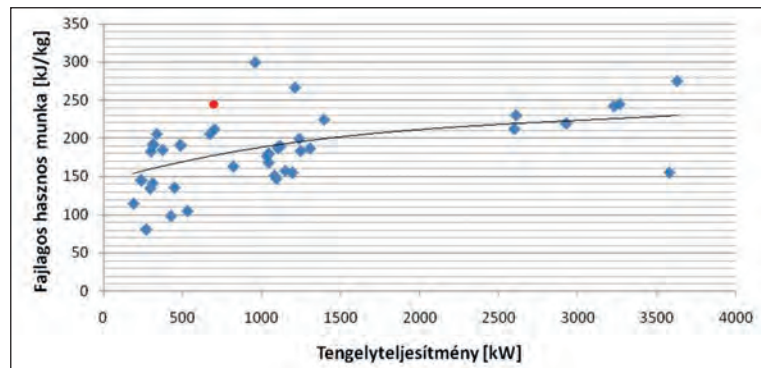
A hajtómű, a fajlagos teljesítmény (8. ábra) szempontjából pontosan hozza a trendgörbe szerinti átlagot.



7. ábra. A hajtómű fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása a teljesítmény függvényében (A szerző szerkesztése az [5] alapján)



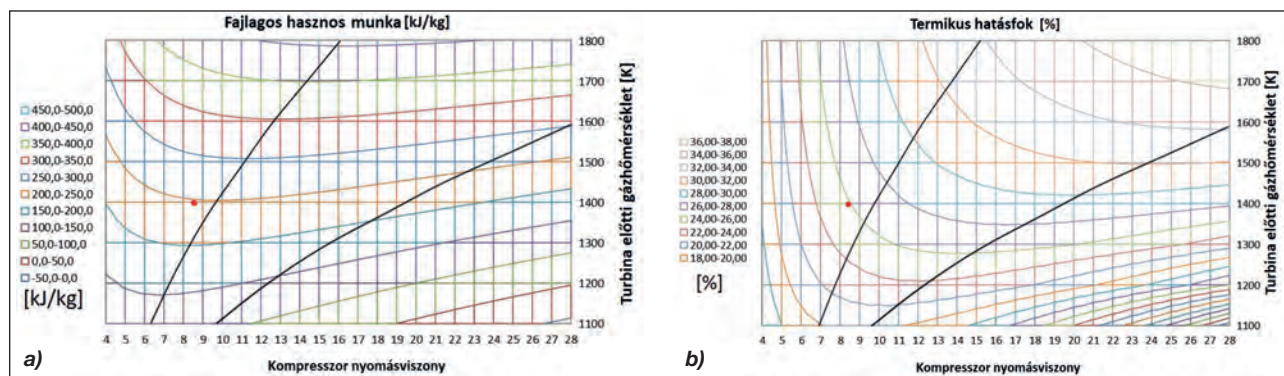
8. ábra. A hajtómű tömegegységre jutó teljesítménye a teljesítmény függvényében (A szerző szerkesztése)



9. ábra. A hajtómű fajlagos hasznos munkája a teljesítmény függvényében (A szerző szerkesztése)

Az 9. ábra a fajlagos hasznosmunka-értékeket ábrázolja a tengelyteljesítmény függvényében. Az Arriel 2E jelentősen jobb mutatóval rendelkezik, mint az átlag adatok.

Ez jól szemléltethető és magyarázható a 10. ábrán látható diagramok görbeseregeivel, amelyek egy korábbi turboshaft szimulációs programból származnak. [13] A bal oldali görbesereg a fajlagos hasznosmunka-görbéket, a jobb oldali pedig a termikus hatásfokgörbéket tartalmazza. Ezek helyzete függ az adott hajtómű aktuális üzemmódjától, de jelen esetben körülbelül megfeleltethető az Arriel 2E hajtómű eddig is tárgyalt felszálló üzemmódjával. A hajtómű munkapontját ebben az esetben is piros ponttal beillesztettük mindkét diagramba. A diagramonkénti két plusz görbe magyarázata: a bal oldali diagramból a bal görbe megadja azokat a pontokat, ahol az adott turbina előtti hőmérséklet-hez a maximális fajlagos hasznos munka társul, kijelölve



10. ábra. A fajlagos hasznos munka a) és a termikus hatások b) a nyomásviszony és a turbina előtti gázhőmérséklet függvényében (A szerző szerkesztése a [13] alapján)

ezzel a hozzá tartozó nyomásviszonyt is. Ugyanakkor a jobb oldali diagramból a jobb görbe megadja azokat a pontokat, ahol az adott turbina előtti hőmérséklethez a maximális termikus hatások társul. Mindkét diagramban megjelenik a másik görbe is, szemléltetve a nyomásviszony-határokat.

Láthatóan a két nyomásviszony – különösen magasabb turbina előtti hőmérsékletek esetében – jelentősen eltér egymástól, lásd 10. ábra két-két ferde görbéjét. Láthatóan balról jobbra mozogva egy állandó hőmérsékleti egyenesen, pl. ~1400 K, először mindkét jellemző javul, majd az első görbénél elérjük a fajlagos hasznos munka maximumát. Innen a fajlagos hasznos munka romlik, de a termikus hatások emelkedik a jobb oldali határig. Innen azonban mindkettő romlik. Általában a hajtóművek munkapontjait a két nyomásviszony közé illesztik valamilyen kompromisszumos elvek alapján attól függően, hogy mit preferálnak a tervezők. Itt a 8,5-ös kompresszor-nyomásviszony az 1398 K-es turbina előtti gázhőmérséklet mellett még csak a maximális fajlagos hasznos munka görbéhez közelít. Ebből az következik, hogy a nyomásviszony optimális esetben lehetne jóval magasabb (a piros pont az ~1400 K-es vonalon jobbra tolnódna). 9,75-os nyomásviszonynál elérné a maximális fajlagos hasznos munkát, és kb. 11-es nyomásviszonynál lenne nagyjából ugyanannyi a fajlagos hasznos munka, mint a kiindulási helyzetben, ugyanakkor a hatások közel 2%-kal lenne magasabb.

Mi az oka ennek? Valószínűleg az, hogy a jól bevált, több Arriel 1 és 2-es változatban alkalmazott kompresszoron nem akartak változtatni, amelyből – ahogy már korábban is említettük –, nem lehetett nagyobb nyomásviszonyt előállítani. Bár a fajlagos hasznos munka szempontjából ez minimális csökkenést okoz, de így erősen közelít a lehetséges maximális értékhez. Ugyanakkor tüzelőanyag-fogyasztásban lehetett volna nyerni, de valószínűleg ebben kompromisszumot kötöttek. Ez okozza, hogy a hajtómű a fajlagos hasznos munkában jóval kedvezőbb adatokat mutat a trendgörbéhez képest, mint a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás vonatkozásában.

Fajlagos mutatók szempontjából ezzel együtt is tény, hogy a hajtómű a kor követelményeinek megfelelő, vagy annál egy kicsit jobb paraméterekkel rendelkezik.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Réz Levente, „A helikopterképesség fejlesztésének aktuális kérdései”, *RepTudKöz*, köt. 31, sz. 3, pp. 77–88, jún. 2020;
- [2] H145M. Elérhető: <https://htka.hu/wp-content/uploads/2018/06/H145M-HForce-Bakony.jpg>, (Letöltve: 2021.12.10.);

- [3] <https://www.safran-group.com/companies/safran-helicopter-engines>, (Letöltve: 2021.11.10.);
- [4] Turbomeca Artouste. Elérhető: http://en.wikipedia.org/wiki/Turbomeca_Artouste, (Letöltve: 2020.03.31.);
- [5] Varga Béla, „Helikopter gázturbinás hajtóművek technikai elemzése”, *RepTudKöz*, köt. 30, sz. 1, pp. 7–28., 2018;
- [6] Training Notes, 1st Line Maintenance Course, Safran Helicopter Engines Academy, 2017.;
- [7] B. Varga, G. Barta, „Az Arriel 2E turboshaft hajtómű termikus elemzése”, *RepTudKöz*, köt. 32, sz. 3, pp. 69–82, 2021;
- [8] <https://www.safran-group.com/products-services/arriel-2e-airbus-h145-engine>; (Letöltve: 2022.3.4.);
- [9] Pásztor, E., Varga, B. (2015) “Energy- and Aerodynamic Examination of Slightly Backward Leaning Impeller Blading of Small Centrifugal Compressors”, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(4), pp. 199–205. <https://doi.org/10.3311/PPtr.8093>;
- [10] Training Notes, 1st Line Maintenance Course, Safran Helicopter Engines Academy, 2017;
- [11] Engine Manufacturers, Helicopter Annual, 2009, p. 57–63;
- [12] B. Varga; L. Békési: „Tényleg nem a méret számít?”, avagy hogyan bünteti a kis méret a helikopter „turboshaft” hajtóműveket *RepTudKöz*, (1997-től) XXVI: 2014, 2 pp. 81–93.;
- [13] Varga Béla, „Gázturbinás hajtóművek teljesítmény és hatások növelésének műszaki technológiai háttere, és ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére” (PhD értekezés, Budapest, 2013) http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2013/varga_bela.pdf, pp. 47–81. (Letöltve: 2022.3.4.).

JEGYZETEK

- 1 A kompresszor kilépő és belépő keresztmetszetében mért fékezett nyomások hányadosa.
- 2 Kompresszorompázs: a kompresszorban az áramlás részleges vagy teljes összeomlása. Számos kiváltó oka lehet, de a végeredmény minden esetben a kompresszor tömegáram-csökkenése, ezzel az áramlás axiális sebességének csökkenésén keresztül a kompresszorlapátok sebességi háromszögeinek torzulása, és az áramlás leválása. Eredményes védekezés a kompresszor megcsapolásával (pompázs szelep, mint jelen esetben is), az előperditő (ha van) és az álló lapátok elfordításával, illetve a gázgenerátor forgórészeinek szétválasztásával (kétforgórészes hajtóművek) történhet.

Vozsech István*

A Föld forgásának hatása a lövedékmozgásra

BEVEZETÉS

Lőfegyverekből leadott lövések tanulmányozása során – különösen, ha a kilőtt lövedék több mint egy másodpercet tölt a röppályáján – szabályszerű eltéréseket figyelhetünk meg annak függvényében, hogy mely égtáj irányába és melyik szélességi körön tartózkodva adjuk le lövéseinket. Nyilvánvalóan a lövedék röppályáját számos tényező befolyásolhatja, de ezek majd mindegyike csak valószínűségelméleti módszerekkel számítható, hatásai az egyedi röppályákat befolyásolják. A lövedék pályáját befolyásoló hatások közül szabatosan csak a lövedék állásszögéből származó Magnus-hatás és a szintén az állásszög miatti emelő reakcióerő, valamint a Föld forgásából adódó hatások számíthatók, de míg az első kettő effektus csak légkörben repülő – és a Magnus-hatás esetében forgó – lövedékeknél lép fel, úgy a Coriolis-erő és a szállítóerő minden mozgó testre hatással van, függetlenül annak forgásától, vagy a légkör jelenlététől. (A Coriolis és a szállítóerő – két speciális eset kivételével – valóban minden, a Földhöz kötött koordináta-rendszerben lévő testre hat. A két eset az északi és a déli sarkpontokon (forgási tengelypontokban) leadott függőleges lövések elméleti lehetősége, de ez nyilvánvalóan nem életszerű.) Vizsgálódásunkat a Föld forgásából származó hatásokra összpontosítva, tekintsük át, hogy milyen változások következnek be a lövedék röppályájában, mi ennek az oka és hogyan tudjuk mindezt kiszámítani.

A tanulmányban szereplő mennyiségek – ahol ez külön nincs jelölve – mértékegységét SI alapegységekben, vagy azokból származtatott mértékegységekben kell értelmezni. Számításainkat úgy az északi, mint a déli féltekére elvégezzük, de az egyenlítőn Dél felé haladva koordináta-rendszerünk eredeti északi irányitottságát nem változtatjuk meg, a grafikonok képei így folytonosságot mutatnak.

A tanulmányban úgy az északi, mint a déli pólust a Föld szögsebességvektora tűzi ki, a mágneses pólusoknak itt nincs szerepe.

Célunk olyan viszonylagosan egyszerű, koncentrált paraméterű modellt alkotni, amely a kellő pontosságú röppályagörbék meghatározása érdekében gázdinamikai, dinamikai, hőtani differenciálegyenlet-rendszerek felhasználásával közelíti a valós folyamatokat.

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány a Föld forgásának lövedékekre gyakorolt hatásaival foglalkozik. A Föld-erőterre összpontosítva a szerző vizsgálja, hogy milyen változások következnek be a lövedék röppályájában, mi ennek az oka, és hogyan lehet mindezt kiszámítani. A hatás bemutatásához a PzH 2000 típusú önjáró löveggel leadott nagy távolságú, erősen ívelt röppályákat eredményező lövések, valamint lövészfegyverek lapos röppályáinak eltéréseit mutatja be, a földrajzi szélesség és a tájolás függvényében.

KULCSSZAVAK: Ballisztika, külső ballisztika, Coriolis-effektus, Eötvös-effektus, Föld forgása, röppályagörbe, lövedék röppályája

A Föld forgásának lövedékekre gyakorolt hatását valamennyi külső ballisztikával foglalkozó szakkönyv megemlíti, de részletes tárgyalásával már kevesebb tudományos munka foglalkozik. Kiemeljük Günter Hauck alapművét [1], valamint Carlucci könyvét [2]. Mindkettő az erőhatás definíciójából kiindulva vezeti le a külső ballisztika egyenlet-rendszerébe beírandó additív egyenleteket. A vonatkoztatási rendszerek transzformációinak mélyebb, elméleti megismerésére pedig különösen alkalmas Györgyi Géza [3] elektronikus összeállítása, valamint Béda Gyula főként gépészeti vonatkozású jegyzete [4].

Átvéve [1] és [4] gondolatmenetét, a továbbiakban a Coriolis és a pályaponti gyorsulás definíciójából kiindulva állítjuk elő az additív tagokkal kiegészített külső ballisztikai egyenlet-rendszert. A matematikai egyenletek megoldásához a MAPLE szimbolikus matematikai editort használtuk fel.

PROBLÉMAFELVETÉS

A külső ballisztikai számítások elvégzése során – amennyiben a lövedék levegőben tartózkodása 1 másodperctől nem több – általában a földi erőteret konzervatív erőtérré tekintjük. Ekkor érvényes Newton II. axiómája, azaz

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \quad (1.)$$

Ez definíciószerűen: Valamely erőter akkor konzervatív, ha

$$\nabla \times \mathbf{v} = \mathbf{rot}(\mathbf{v}) = \mathbf{0} \quad (2.)$$

vagyis az erőter örvénymentes, ahol ∇ a derivált vektoroperátor, \mathbf{v} a vektormező, $\mathbf{rot}(\mathbf{v})$ pedig a vektortér rotációja.

Ez az összefüggés teljes mértékben igaz a centrális erőterekre, azaz érvényes a földi gravitációs erőterre is, de csakis arra! A Föld amellett, hogy gravitációs erőteret hoz létre maga körül, forgása következtében a földi megfigyelő szempontjából egy centrifugális erőteret is generál.

Az erőter-örvényességet az 1. ábra szemlélteti. A légkör sebességeloszlása a magasság függvényében a Föld forgása okán lineáris, az egyes rétegek a magasságukkal meghatározott kerületi sebességgel forognak, azaz a Földhöz rögzített rendszerben a légkör nyugalomban van, nem mozog.

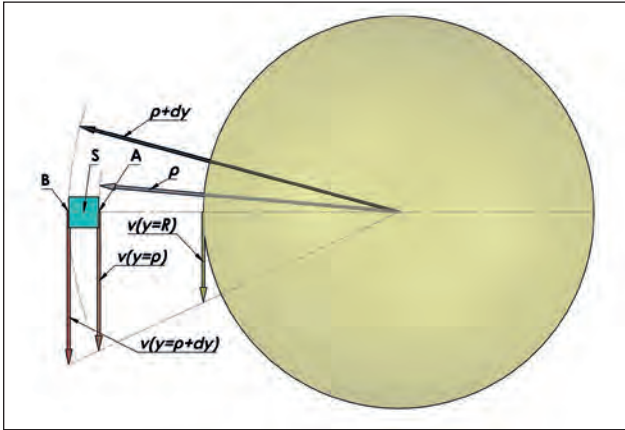
Jelöljük ki a légkörből egy elemi dy élméretű kockát – az egyszerűség kedvéért az Egyenlítő mentén – és vizsgáljuk

ABSTRACT: The study deals with the effects of the Earth's rotation on projectiles. Focusing on the Earth's force field, the author investigates what changes occur in the projectile trajectory, what causes them and how they can be calculated. To illustrate the effect, the variations in the flat trajectories of long-range shots fired from a PzH 2000 self-propelled gun, which produce highly curved trajectories, are shown as a function of latitude and orientation.

KEY WORDS: Ballistics, external ballistics, Coriolis effect, Eötvös effect, Earth's rotation, trajectory, projectile trajectory

* Mérnök. ORCID: 0000-0001-9818-7755





1. ábra. A Troposzféra egyenlítői szeletében egy elemi térfogat kerületi sebességei, az északi pólus felől szemlélve (Az ábra a szerző saját szerkesztése)

meg most csak magassági irányban a sebességeket. Az elemi kocka A pontja $v_A(y) = |\omega_{Föld} \cdot \rho|$, B pontja pedig $v_B(y) = |\omega_{Föld} \cdot (\rho + dy)|$ kerületi sebességgel mozog, azaz az elemi kocka S tömegközéppontja körül el fog fordulni. Ezzel beláttuk, hogy a sebességtér örvényes, azaz a földi erőter nem konzervatív, a forgó Földhöz rögzített koordináta-rendszerben.

Amennyiben azonban a mozgásokat álló koordináta-rendszerben írjuk le, úgy a konzervativizmusra tett (1.) kikötésünk igaz. Felvetődhet, miért nem abban a rendszerben dolgozunk? A választ egyszerűen megadhatjuk, a mozgásokat a forgó rendszerből látjuk, érzékeljük, azokat a szemléletesség érdekében ott célszerű leírni, vizsgálni.

Legelőször írjuk fel az azonos origóval rendelkező, forgó koordináta-rendszerek vonatkozásában a hely, a sebesség a gyorsulás és a szöggyorsulás átszámításához szükséges összefüggéseket. Kikötésünk, hogy az 1-es rendszer áll, tehát inerciarendszer, a 2-es rendszer pedig nem. (Az 1-es rendszert ⁽¹⁾, a 2-es rendszert ⁽²⁾ indexeléssel látjuk el.) A két koordináta-rendszer közös origóját rögzítsük a Föld középpontjában, és a másodikat kössük össze a forgó Földdel, vagyis legyen azzal együtt forgó.

A forgó rendszerben a mozgást leíró viszonylagos (relatív) erő, az inerciarendszerben felírt aktív erők összegének járulékos erővel történő kiegészítésével állítható elő [4]

$$\mathbf{F}^{(2)}_{rel} = \mathbf{F}^{(1)}_{akt} + \mathbf{F}^{(2)}_{száll} + \mathbf{F}^{(2)}_{Cor} \quad (3.)$$

A (1.) összefüggés értelmében áttérünk a gyorsulásokra, ezért

$$\mathbf{a}^{(2)}_{rel} = \mathbf{a}^{(1)}_{akt} + \mathbf{a}^{(2)}_{száll} + \mathbf{a}^{(2)}_{Cor} \quad (4.)$$

ahol:

$\mathbf{a}^{(2)}_{rel}$ a 2-es rendszerben észlelt látszólagos – relatív – eredő gyorsulás, amely a test látszólagos pályagörbéjét és látszólagos sebességét adja úgy, mintha a mozgás inerciarendszerben történt volna.

$\mathbf{a}^{(1)}_{akt}$ az inerciarendszerben észlelt és ébredő aktív erők keltette gyorsulás.

$\mathbf{a}^{(2)}_{száll}$ a 2-es rendszer első járulékos fiktív gyorsulása, a pályapont szállító gyorsulása

$\mathbf{a}^{(2)}_{Cor}$ a 2-es rendszer második járulékos fiktív gyorsulása, a Coriolis-gyorsulás. (Ezt a járulékos komponenszt Gaspard-Gustave de Coriolis¹ francia matematikus tiszteletére nevezzük Coriolis-gyorsulásnak.)

Elsődleges célunk tehát a mozgás leírása a kettes rendszerben, azaz $\mathbf{a}^{(2)}_{rel}$ meghatározása. Ehhez a (4.) valamennyi összetevőjét meg kell tudnunk határozni.

Megvizsgálva a röppályán mozgó lövedékre ható aktív erőket, pontosan kettő erőt észlelünk. (A hidrosztatikus és

az állásszögből adódó felhajtóerőtől, valamint a Magnus-hatásból adódó erőktől most, és az elkövetkezőkben is eltekintünk.) Az első a Föld gravitációs erőteréből adódó nehézségi erő, a második a légellenállásból származó lég-erő, és az azokból adódó gyorsulások.

A pályapont 2-es rendszerbeli szállító gyorsulása három komponensből áll össze, a pályapont translációs gyorsulásából, a szöggyorsulásból származó Euler-gyorsulásból és a centrifugális gyorsulásból. Mivel a két rendszer origója mindig azonos, így a translációs gyorsulás értelemszerűen zérus. A Föld szöggyorsulása, bár értéke nem nulla – a Föld keringési ideje évente 15-25 $\left[\frac{\mu\text{S}}{\text{ÉV}}\right]$ értékkel csökken [3] –, de elhanyagolhatóan kicsiny, ezért zérusnak tekintjük. A 2-es rendszer centrifugális gyorsulása pedig csak a pályapont origótól értelmezett helyzetének, és a 2-es rendszer szögsebességvektorának függvénye.

$$\mathbf{a}^{(2)}_{száll} = \mathbf{a}^{(2-1)}_{tran} + \mathbf{a}^{(2)}_{Eul} + \mathbf{a}^{(1)}_{cf} \quad (5.)$$

$$\mathbf{a}^{(2)}_{száll} = \mathbf{a}^{(2-1)}_{tran} + \beta \times \mathbf{r}^{(2)} + \omega \times (\omega \times \mathbf{r}^{(2)}) \quad (6.)$$

A Föld vonatkozásában a szállítógyorsulásra írhatjuk, hogy

$$\mathbf{a}^{(2)}_{F_száll} = -\omega \times (\omega \times \mathbf{r}^{(2)}) = \omega^2 \cdot \mathbf{r}^{(2)}_{\perp} \quad (7.)$$

ahol:

$\mathbf{a}^{(2-1)}_{tran}$ a 2-es rendszer translációs gyorsulása az 1-eshez képest

β a 2-es rendszer szöggyorsulás vektora

$\mathbf{r}^{(2)}_{\perp}$ a 2-es rendszer helyvektorának ω vektorra értelmezett merőleges vetülete

A (7) definíciós egyenletet szemügyre véve kijelenthető, hogy a centrifugális-gyorsulásnak nincs köze a mozgó testhez. Vektora mindig merőleges a szögsebességvektorra, valamint nagysága csak a szögsebesség értékétől, és a pályapont forgástengelytől mért távolságától függ.

Az első járulékos fiktív gyorsulás után térjünk ki a második járulékos gyorsulás komponensre, a Coriolis-erőre és gyorsulásra

$$\mathbf{F}^{(2)}_{Cor} = 2m \cdot \mathbf{v}^{(2)} \times \omega \quad (8.)$$

$$\mathbf{a}^{(2)}_{Cor} = 2 \cdot \mathbf{v}^{(2)} \times \omega \quad (9.)$$

A (9) definíciós egyenletből látszik, hogy a Coriolis-gyorsulásnak sem a légkörhöz, sem a mozgó test saját tengelye körüli forgásához (perdület vektorához), sem a mozgó test tömegéhez, tehetetlenségéig nyomatékához nincs köze, az csakis és kizárólag a koordináta-rendszer szögsebességvektorának és a mozgó test sebességvektorának a függvénye.

A komponensek ismeretében kirészletezhető a látszólagos mozgást előidéző relatív gyorsulás (4.) egyenlete

$$\mathbf{a}^{(2)}_{rel} = \mathbf{g} + \mathbf{E} - \omega \times (\omega \times \mathbf{r}^{(2)}) + 2 \cdot \mathbf{v}^{(2)} \times \omega \quad (10.)$$

A (10.) egyenletet megvizsgálva láthatjuk, hogy abban két aktív gyorsulás, valamint két járulékos fiktív gyorsulás található. Utóbbiak csak két különleges esetben nem hatnak az észlelt mozgásra. Földi szemlélőként csak az északi és a déli pólusponton függőlegesen mozgó tárgyak mozgását fogjuk pontosan úgy látni, mint a külső objektív szemlélő, azaz a testek valós mozgását, ha úgy tetszik a valóságot szinte mindig torzítvá látjuk. (2. ábra)

A járulékos hatások definícióiból egyben az is következik, hogy nem végezhetnek a testen munkát, hiszen csak arra szolgálnak, hogy a nem inerciarendszerben a mozgások leírhatóak legyenek az inerciarendszerekben igaz összefüggésekkel.

A röppályák leírásához tehát meg kell határozni az aktív gyorsulásokat az inerciarendszerben, valamint a járulékos gyorsulásokat a forgó rendszerben.

A feladat megoldásához az alábbi hat lépést kell elvégeznünk:



2. ábra. A Sarkcsillagról és környezetéről készült hosszú zárídejű fényképfelvétel, a csillagok látszólagosan körívek mentén mozognak [9]

1. Meg kell határozni az alkalmazott Föld-modelleket úgy a nehézségi gyorsulás, mint a ballisztikai koordináta-rendszer meghatározása szempontjából. A két modell nem szükségszerűen azonos, mert azok – bár csak megkötésekkel –, de egymástól függetleníthetők. (A két modell akkor térhet el egymástól, ha nem kívánunk nagy pontosságú számításokat végezni, vagy lőtávolságunkon a Föld görbületéből adódó hatásokkal nem számolunk.) Az alkalmazott modellek szerint meg kell határozni a nehézséggyorsulás-függvényt, valamint a ballisztikai modell érvényességi tartományát.
2. Fel kell bontani a Föld szögsebességvektorát a választott koordinátarendszerrel meghatározott irányokban.
3. Meg kell határozni a légkörre alkalmazott egyensúlyi függvényt, azaz a légkörmodellt.
4. A kilőtt lövedék alakjának figyelembevételével meg kell határozni a légellenállásra vonatkozó függvényt.
5. Fel kell írni a (gáz)dinamikai és energetikai egyenleteket az inercia rendszerben kiszámított aktív erővel a forgó rendszerben.
6. Fel kell írni a járulékos egyenleteket a forgó rendszerben.

Amennyiben a modellek egyenletei rendelkezésre állnak, úgy a modellparaméterek helyes megválasztása után meg kell oldani azokat, valamely jól algoritmizálható numerikus módszer felhasználásával.

A FÖLDMODELLEK MEGHATÁROZÁSA

A földfelszíni gravitációs erőter meghatározásánál figyelembe vesszük a Föld lapultságát. A Föld geometriáját a Kraszovszkij² ellipszoiddal közelítjük, amelyből a nehézségi gyorsulásra a

$$g(\lambda) = 9,78049 \cdot (1 + 0,0052884 \cdot \sin(\lambda)^2 - 0,0000059 \cdot \sin(2\lambda)^2) \quad (11.)$$

közelítő skaláregyenlet adódik, ahol λ a szélességi szögérték az Egyenlítőtől mérve, amelynek értéke Észak felé haladva növekszik. A képletből látható, hogy a gravitációs gyorsulás értéke az Egyenlítő mentén a legkisebb, a sarkoknál pedig maximális, hiszen a sarkpontoknál vagyunk a legközelebb a Föld középpontjához.

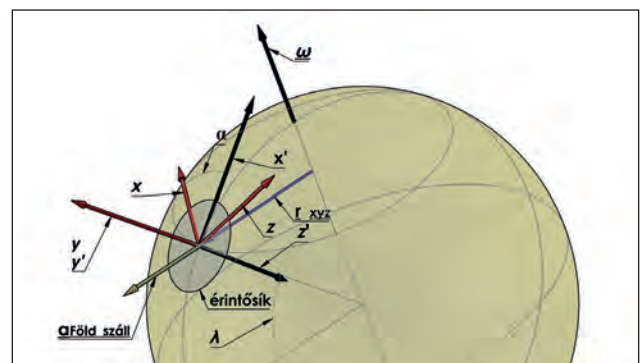
Ballisztikai számításainkhoz nem feltétlenül szükséges a Kraszovszkij-ellipszoiddal közelítenünk a Föld alakját, de ehhez tisztázni kell, hogy milyen lőtávolságú röppályákat szeretnénk modellezni. Számításaink során a 155 mm űrméretű PzH 2000 önjáró löveg DM 92 lövedékét vesszük irányadónak, amelynek maximális lőtávolsága mintegy 30 km, valamint a tűzérési eszköz legnagyobb lövegemelkedési szöge 65° . A hozzávetőlegesen 30 km-es lőtávolság esetén megengedhető az a közelítés, miszerint a gravitációs számításainknál használt Kraszovszkij-ellipszoidot a tüzelőállás 30 km-es környezetében linearizáljuk, azaz a tüzelőállásban felfekvő érintősíkkal közelítjük.

Ezzel két egyszerűsítést is végrehajtunk, egyrészt a centrális erőteret párhozamos erőterrel közelítjük, – ezt megtehetjük, ugyanis a paralel erőter szintén konzervatív –, ahol a nehézségi gyorsulásvektor már a tér minden pontjában paralel, valamint a nehézségi gyorsulásvektor skalár értékét az adott földrajzi szélességnél számítjuk ki, de ezt az értéket a röppályánk mentén a paralel térben konstansnak tekintjük.

Az érintő síkon az origótól 30 kilométerre elhelyezkedő pontok y irányú eltérése így hozzávetőlegesen 71 méter, a görbült felületen elhelyezkedő pontokhoz képest, ami 2,4%-os relatív hibát jelent. Ezzel a közelítéssel a ballisztikai számításainknál Descartes-féle koordináta-rendszerben dolgozhatunk, így egyenleteink áttekinthetőbbek lesznek. (Ez a közelítés nagyobb lőtávolságú eszközök, pl. könnyűgázos ágyúk, elektromágneses lövegek, valamint nagy pontosságú számítások esetében nyilván nem megengedhető, de célunk itt csak a jelenség bemutatása, ahhoz pedig az átláthatóság a legfontosabb szempont.)

Mivel itt kifejezetten csak a Föld forgását kívánjuk részletesen megvizsgálni – a Magnus és az emelőhatások okozta jelenségekkel nem foglalkozunk –, az alkalmazott ballisztikai modellünkben a lövedék forgásától eltekintünk, valamint a légerők meghatározásának kivételével a lövedék

3. ábra. A koordináta-rendszerek és a szállító gyorsulás értelmezése (Az ábra a szerző saját szerkesztése)



Látható, hogy ha a tűzérési eszközök vonatkozásában is legfeljebb 30 kilométeres repülési magasságtól eltekintünk, akkor a szállító gyorsulás adott tüzelőállás esetén konstans vektornak tekinthető. (30 kilométeres repülési magasság esetén a relatív hiba mindössze 4,7‰, de kézfegyverek esetében ez legfeljebb 0,4‰.)

A MÁSODIK JÁRULÉKOS GYORSULÁS MEGHATÁROZÁSA

A Coriolis-gyorsulás vektor az xyz rendszerben tehát:

$$\mathbf{a}_{\text{cor,xyz}}(\mathbf{v}(t)) = \begin{bmatrix} a_{\text{cor,x}}(\mathbf{v}(t)) \cdot \mathbf{i} \\ a_{\text{cor,y}}(\mathbf{v}(t)) \cdot \mathbf{j} \\ a_{\text{cor,z}}(\mathbf{v}(t)) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \quad (31.)$$

Felhasználva a (19.) felbontást és a (9.) definíciós egyenletet a Coriolis-gyorsulásra, adódik, hogy

$$\mathbf{a}_{\text{cor,xyz}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot \begin{bmatrix} v_x(t) \cdot \mathbf{i} \\ v_y(t) \cdot \mathbf{j} \\ v_z(t) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(\lambda) \cdot \cos(\alpha) \cdot \mathbf{i} \\ \sin(\lambda) \cdot \mathbf{j} \\ \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \quad (32.)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_{\text{cor,xyz}}(\mathbf{v}(t)) = & \\ = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot & \begin{bmatrix} (v_y(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha) - v_z(t) \cdot \sin(\lambda)) \cdot \mathbf{i} \\ (v_z(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos(\alpha) - v_x(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha)) \cdot \mathbf{j} \\ (v_x(t) \cdot \sin(\lambda) - v_y(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos(\alpha)) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (33.)$$

Skaláregyenletei kifejtés nélkül:

$$a_{\text{cor,x}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot (v_y(t) \cdot \omega_z - v_z(t) \cdot \omega_y) \quad (34.)$$

$$a_{\text{cor,y}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot (v_z(t) \cdot \omega_x - v_x(t) \cdot \omega_z) \quad (35.)$$

$$a_{\text{cor,z}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot (v_x(t) \cdot \omega_y - v_y(t) \cdot \omega_x) \quad (36.)$$

Kifejtve:

$$a_{\text{cor,x}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot (v_y(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha) - v_z(t) \cdot \sin(\lambda)) \quad (37.)$$

$$a_{\text{cor,y}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot (v_z(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos(\alpha) - v_x(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha)) \quad (38.)$$

$$a_{\text{cor,z}}(\mathbf{v}(t)) = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot (v_x(t) \cdot \sin(\lambda) - v_y(t) \cdot \cos(\lambda) \cdot \cos(\alpha)) \quad (39.)$$

A (35.) egyenletet szemügyre véve látható, hogy ez a gyorsuláskomponens a gravitáció ellen, vagy mellett hat. Ez a komponens okozza az Eötvös-hatást, amely szerint a Föld egy adott szélességi körén mozgó test súlyereje a haladási sebességével arányosan változik, Keletre történő haladásnál a súlyerő csökken, Nyugatra pedig növekszik.

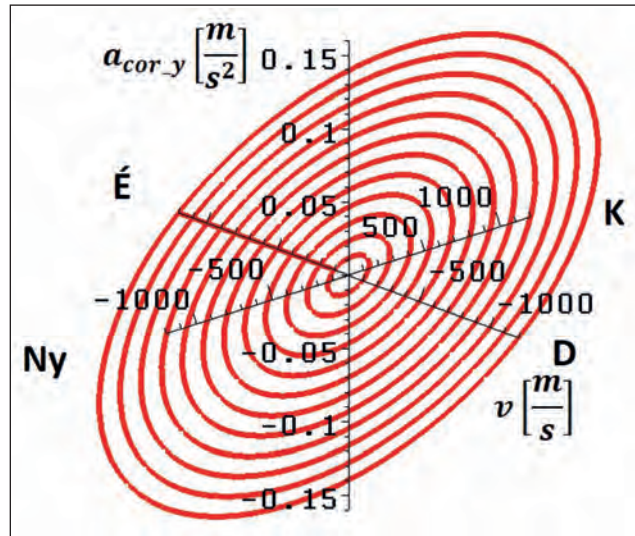
Kelet-Nyugat irányban vízszintesen mozgó testek esetében a (38.) egyenlet első tagja zérus értékű, mivel $v_z(t) = 0$, és ezekben az irányokban az azimutszög szinuszának abszolút értéke egységnyi. Az Eötvös-gyorsulás tehát Kelet-Nyugat irányban vízszintesen mozgó testekre, a koordináta-rendszerünkben előjelhelyesen:

$$a_{\text{Eötvös}}(v, \lambda) = 2 \cdot |\omega_{\text{Föld}}| \cdot v \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(\alpha) \quad (40.)$$

(Az azimutérték $-\alpha$ – az északi tengelytől, $-x'$ – indul, és az óramutató járásával ellentétesen növekszik, É: 0° , Ny: 90° , D: 180° , K: 270° .)

Eötvös Loránd (1848–1919) ezt a jelenséget hajókon elvégzett gravitációs mérések adataiból következtette ki [5] [6], majd megismételt mérések adataiból igazolta is. [7]

Eötvös a hatás kimutatására 1915-ben egy különleges mérleget készített, amely felépítését, működését, mozgásegyenleteit a [8] forrás ismerteti.



5. ábra. Eötvös-gyorsulás a teljes azimut mentén, a 47. szélességi körön, 100, 200,...1200 m/s vízszintes mozgás esetén (Az ábra a szerző saját szerkesztése)

Az 5. ábrán az y irányú Eötvös-gyorsulás látható a teljes azimutra kiterjesztve.

A LÉGKÖRMODELL, A LÉGELLENÁLLÁSMODELL ÉS AZ EGYENLETEK

A légkörünk modellezésénél figyelembe kell vennünk, hogy a lövedékünk 65° -os löszög mellett elhagyja a troposzférát, tehát olyan modellt kell választanunk, amely a sztratoszférában is használható. Ehhez használhatjuk a GOSZT 4401-64-es, vagy az ISO 2533-as szabvány-specifikációt. (Ezek a szabványok a légsűrűséget adják meg számunkra a magasság függvényében.) A légellenállásra nézve számításainkhoz a szovjet 1943. évi légellenállási törvényt használtuk fel, ahol a lövedék légellenállás tényezőjét a repülési sebesség függvényében adják meg.

A külső ballisztika segédegyenletei az xyz rendszerben így a következők:

$$v(t) = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2 + v_z(t)^2} \quad (41.)$$

$$k_x(t) = \frac{v_x(t)}{v(t)}, \quad k_y(t) = \frac{v_y(t)}{v(t)}, \quad k_z(t) = \frac{v_z(t)}{v(t)} \quad (42.)$$

$$E(v(t)) = \rho(y(t)) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{löv}}^2}{8 \cdot m_{\text{löv}}} \cdot i_{43} \cdot ce(v(t)) \cdot v(t)^2 \quad (43.)$$

Főegyenletei pedig:

$$\frac{d}{dt} v_x(t) = E(v(t)) \cdot k_x(t) + a_{\text{F,sz,x}}(t) + a_{\text{cor,x}}(v(t)) \quad (44.)$$

$$\frac{d}{dt} v_y(t) = E(v(t)) \cdot k_y(t) + g(\lambda) + a_{\text{F,sz,y}}(t) + a_{\text{cor,y}}(v(t)) \quad (45.)$$

$$\frac{d}{dt} v_z(t) = E(v(t)) \cdot k_z(t) + a_{\text{F,sz,z}}(x) + a_{\text{cor,z}}(v(t)) \quad (46.)$$

$$\frac{d}{dt} x(t) = v_x(t), \quad \frac{d}{dt} y(t) = v_y(t), \quad \frac{d}{dt} z(t) = v_z(t) \quad (47.)$$

ahol:

$x(t), y(t), z(t)$ az x, y és z irányú skalár útfüggvények,
 $v_x(t), v_y(t), v_z(t)$ az x, y és z irányú skalár sebességfüggvények,
 $v(t)$ a lövedék skalár sebességfüggvénye,



$k_x(t), k_y(t), k_z(t)$ az x, y és z irányú ellenálláserő multiplikátor-függvények,
 $E(v(t))$ a légellenállási erő skalárfüggvénye,
 $\rho(y(t))$ a légkör sűrűségfüggvénye,
 $ce(v(t))$ az 1943. évi szabvány által meghatározott fajlagos légellenállás-függvény,
 $g(\lambda)$ a nehézségi gyorsulás előjeles skalárfüggvénye,
 i_{43} a lövedék légellenállási multiplikátora az 1943. évi törvény szabvány lövedékére vonatkozóan,
 $d_{löv}, m_{löv}$ a lövedék átmérője és tömege.

KEZDETI ÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA, MEGOLDÁSI MÓDSZEREK

A külbálsztika főegyenleteinek megoldásához szükséges megadnunk a paraméterek értékeit, valamint a függvények értékeit zérus időpillanatban. Az $x(t=0), y(t=0), z(t=0), v_x(t=0), v_y(t=0), v_z(t=0)$ függvényértékek számításaink során egységesen nulla értékűek, a $\rho(y(t=0))$ függvényérték kiszámításához szükséges tüzelőállási léghőmérsékletet 20°C -ra, a légnyomást pedig $101,3\text{ kPa}$ -ra állítottuk be. A nehézségi gyorsulás értékét az (11.) képletből számítjuk, előjele az xyz rendszerben negatív.

A löszöveget φ -vel jelölve, a sebességkomponensekre (20.) alapján

$$v_x(t=0) = v_0 \cdot \cos(\varphi) \quad (48.)$$

$$v_y(t=0) = v_0 \cdot \sin(\varphi) \quad (49.)$$

A paraméterek és a kezdeti értékek megadásával egyenleteink megoldhatóvá válnak, a megoldáshoz negyedrendű Runge–Kutta numerikus módszert³ választottunk.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Hauck, Günter, *Äußere Ballistik*, Militärverlag der DDR, Berlin, 1972
- [2] Carlucci, Donald E. and Sidney S Jacobson, *Ballistics: theory and design and ammunition* (CRC Press, 2018) pp. 275–281., <https://doi.org/10.1201/b22201> pp. 275–281.;
- [3] Györgyi Géza, *Elméleti Mechanika „A”*, jegyzet és vetített tematika az ELTE fizika BSc. másodéves hallgatói számára
- [4] Dr. Béda Gyula, Bezák Antal, *Mechanika I (kinematika, dinamika)*, Tankönyvkiadó, Budapest 1989, J 4-901

- [5] Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean, sowie in Rio de Janeiro, Lissabon, und Madrid. Von O. Hecker. Veröffentlichung des königlich preussischen geodätischen Institutes. Neue Folge Nr. 11, Folio. pp. 1–137, mit neun Tafeln, Berlin, 1903.;
- [6] Bestimmung der Schwerkraft auf dem Indischen und Grossen Ozean and an deren Küsten, sowie erdmagnetische Messungen. Von Prof. O. Hecker. Zentralbureau der internationalen Erdmessung. Neue folge der Veröffentlichungen. Nr. 16. Folio. pp. 1–233, mit zwölf Tafeln. Berlin, 1908.;
- [7] Bestimmung der Schwerkraft auf dem Schwarzen Meere und an dessen Küste, sowie neue Ausgleichung der Schwerkraft auf dem Atlantischen, Indischen und Grossen Ozean. Von Prof. O. Hecker. Zentralbureau der internationalen Erdmessung. Neue folge der Veröffentlichungen. Nr. 20. Folio. pp. 1–160, mit vier Tafeln. Berlin, 1910.;
- [8] Groma István, „Az Eötvös-mérleg” *Fizikai Szemle* 2019/12.;
- [9] Forrás: <https://unsplash.com/s/photos/north-star> (Letöltés: 2022.03.2.).

JEGYZETEK

- 1 Gaspard-Gustave, de Coriolis (Párizs, 1792. május 21. – Párizs, 1843. szeptember 19.) francia matematikus, mérnök, a mechanikai professzora, a Francia Tudományos Akadémia tagja. (A szerk.)
- 2 Feodosz Nyikolajevics, Kraszovszkij (oroszul: Феодосий Николаевич Красовский) (1878. szeptember 26. – 1948. október 1.) orosz, csillagász és geodéta, a Szovjetunió Tudományos Akadémia levelező tagja. 1940-ben meghatározta egy később róla elnevezett ellipszoid méreteit, amelyet az 1990-es évekig a geodéziában referencia-ellipszoidként használtak a Szovjetunióban és számos más országban. (A szerk.)
- 3 A Runge–Kutta-módszerek családja a differenciálegyenletek és egyenletrendszerek numerikus megoldásának széles körben ismert és alkalmazott közelítő eljárása, amelyet Carl Runge (1856–1927) és Martin Kutta (1867–1944) német matematikusok dolgoztak ki 1900 körül. (A szerk.)
- 4 A sziderikus, vagy csillagászati periódusidő eltér az általunk érzékelt 24 órás periódusidőtől, ugyanis a Föld Nap körüli mozgása befolyásolja az általunk észlelt egy nap hosszát. Mivel a két szögsebességvektor ellenirányú, ezért a Földnek teljes körülfordulása után még $\frac{1}{365} \cdot 24$ óra ideig kell forognia ahhoz, hogy „behozza lemaradását” a Nap állásához viszonyítva. Ekkor fog egy kijelölt pontja 24 óra elteltével a Naphoz viszonyítottan ismét a kezdeti állapotban állni. Tehát csak a látszólagos periódusidő hossza 24 óra, a csillagászati ennél $\frac{1}{365} \cdot 24$ órával kevesebb.

HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat korábbi számai megvásárolhatók:

Líra Könyvruház, Récsei Center 1146 Bp., Istvánmezei út 6., (telefon: 411-1543);
 Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, (telefon/fax: 359-1964, 359-6461);

HM Zrínyi Nonprofit Kft. Ügyfélszolgálat (Budapest II., Fillér u. 14.)

Nyitvatartás: H.–P. 9–15 óra ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu.



6. ábra. A Gidrán segédaggregátora (Fotó: Zrínyi Nonprofit Kft./honvedelem.hu / RácZ Tünde)

Végvári Zsolt*

A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai **II. rész**

Kiegészítő áramellátás a Magyar Honvédség újonnan beszerzett harcjárműveiben

A szárazföldi csapatok megújuló eszközállománya új járművek és új képességek megjelenését jelentik, ám ezek révén eddig nem tapasztalt műszaki problémák is felmerülnek. A korszerű harcjárművek számos olyan fedélzeti eszközzel rendelkeznek, amelyekkel a korábbi típusok nem voltak felszerelve. Az új berendezések energiaellátása komoly műszaki kihívást jelent valamennyi gyártó számára. A tanulmány első részében a szerző azt vizsgálta, hogy erre a problémára világszerte milyen megoldások születtek. Bemutatta a harcjárművek fejlesztésének klaszterikus és új irányait, az elektromos eszközök alkalmazásának elterjedését a harcjárműveken, valamint a korszerű eszközök esetében a segédaggregátorok áramforrásként történő használatát.

LEOPARD 2

Különösen fontos számunka a Leopard 2 harckocsi, amelyet a világ csaknem 20 országának hadereje rendszeresített, hiszen a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) keretében Magyarország is vásárolt ebből a típus-

ból. Egyelőre csak a kiképzési célból beszerzett 12 db Leopard 2A4HU állt szolgálatba, de hamarosan rendszerbe kerül 44 db Leopard 2A7HU is, valamint a szintén Leopard 2 alvázára épített 3 db Leguan 2HU hídvető és 5 db Wisent 2HU műszaki-mentő harcjármű is.

Érdekes, hogy ennek az egyébként igen fejlett harceszköznek még az A6 verziójában sem volt segédaggregátor, első alkalommal csak a 2013-ban, a Bundeswehr számára szállított A7DEU változat kapott ilyen berendezést. A kor igényeinek megfelelően azonban, a Magyar Honvédség számára rendelt harckocsiknak már valamennyi példány megkapta az APU-t, amely a páncéltest jobb hátsó részében kapott helyet.

A Leopard 2A7HU harckocsikba beépített osztrák gyártmányú Steyr M12 dízelmotor egy kereskedelmi forgalomban is elérhető polgári gyártmány, de természetesen validálták a katonai felhasználás igényeinek megfelelően is. A motor egy 24 V-os névleges feszültségű (valójában a generátor 25–28,5 V-ot állít elő, amelyet elektronika szabályoz le a névleges szintre) 20 kW-os, szénkefe nélküli generátort forgat, amely paraméterek lényegében megegyeznek a harckocsi főhajtóműve által működtetett generátoré-

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



7. ábra. A Leopard 2A7HU beépített segédaggregátora a kinyitott szervízajtó mögött. A gondos tervezés következményeként a leggyakoribb karbantartási műveletek elvégezhetőek további bontás nélkül (Fotó: Végvári Zsolt, 2021. Várpalota)

val. Az APU dízelmotorja soros elrendezésű, kéthengeres, négyütemű, vízhűtéses típus. Lökettérfogata 1066 cm^3 , maximális teljesítménye $26,4 \text{ kW}$ 3600 -as percnkénti fordulattal mellett, de az APU-ban üzemeltetve a motor a 2000 – 3200 -as fordulatszám-tartományban dolgozik. A teljes APU méretei: $898 \times 489 \times 417 \text{ mm}$, tömege kenőanyagokkal feltöltve 210 kg . Ötvenszázalékos terhelés mellett óránként 2 – 4 litert, teljes terhelésen maximum 7 liter hajtóanyagot fogyaszt. [18]

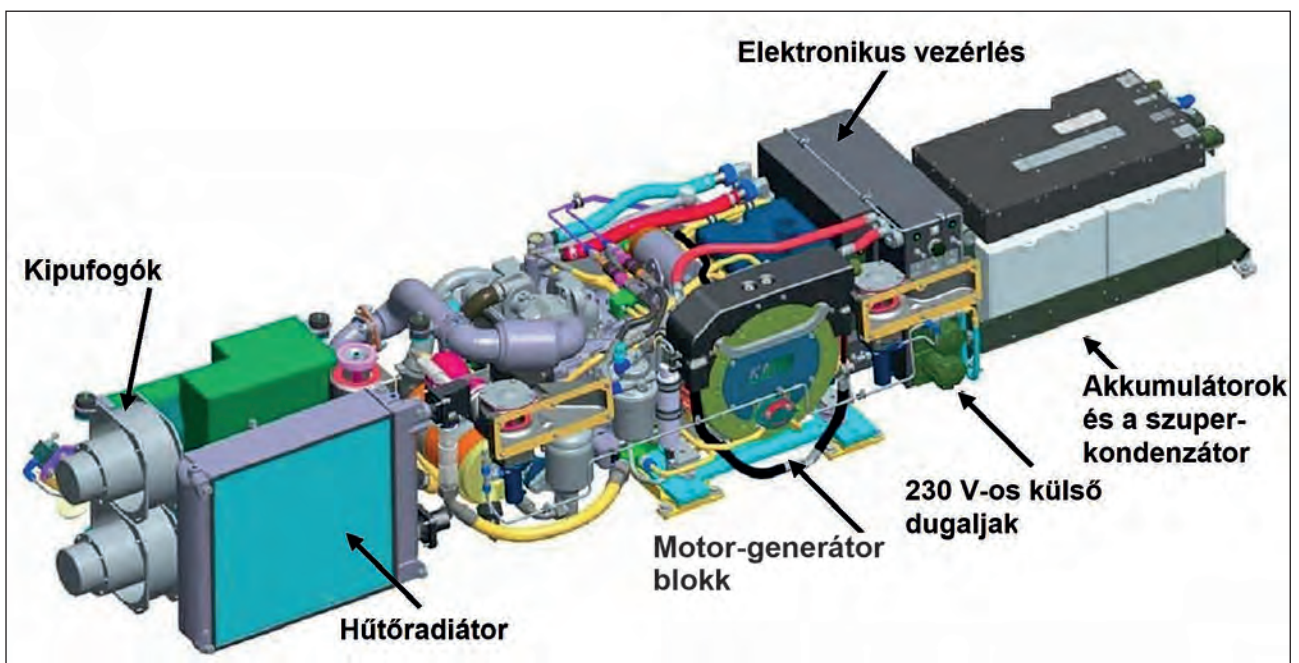
Az aggregátor a főhajtómű üzemanyag-tartályából veszi a hajtóanyagot. Álló helyzetben a szervízajtó kinyitását követően kívülről is indítható, de a fő vezérlőszervek a küzdőtérben találhatóak. Harci körülmények között, leállított főhajtómű mellett, a segédaggregátor automatikusan elindul, ha az akkumulátorok töltöttsége egy előre meghatá-

rozott szint alá esik. Az APU hűtőköre és kenési rendszere független a főhajtóműtől, így a főhajtóművet nem tudja melegíteni, de a hidegindításban részt vehet, ha pl. a hideg következtében nagyon lemerül³ a 6 db 12 V -os indítóakkumulátor. A harckocsiban egyébként összesen 8 db akkumulátor található, de ebből 2 működik ún. „finom körön”, amely nem vesz részt az indításban, és további 6 db-ot az indítókörcben, az ún. „durva körben” helyeznek el. A Leopard 2A4-nél még csak 2 finom és 4 durva köri akkumulátort alkalmaztak. Ezekhez még egy szuperkondenzátort is beiktattak az elektromos indítás rendszerébe. A szuperkondenzátor néhány másodpercig gyűjti az akkumulátorok vagy az APU által létrehozott villamos energiát, amit azután egy pillanat alatt rászabadít azt az indítómotorra, így jóval nagyobb indítóáramot produkálva, mint amire az akkumulátorok önmagukban képesek lennének.

A Leopard 2A7 felszereltsége – a nagy teljesítményű légkondicionáló berendezés, az APS beépítési lehetősége, és a számtalan fedélzeti infokommunikációs eszköz – egyértelműen indokolja az APU beépítését. A torony mozgatását, és a lövegcső emelését is villanymotor végzi, míg a korábbi változatokban ez még egy hidraulikus rendszer feladata volt, így leállított főhajtómű mellett a löveg nem is volt mozdítható. Itt érdemes megemlíteni, hogy a Leopard 2A7-es változataihoz hasonlóan minden esetben, így például az M1A2 SEPv3 esetében is az APU beépítését követően nyomban megváltak a hidraulikus toronymozgatótól, és áttértek a lényegesen praktikusabb és pontosabban szabályozható villamos mozgatásra.

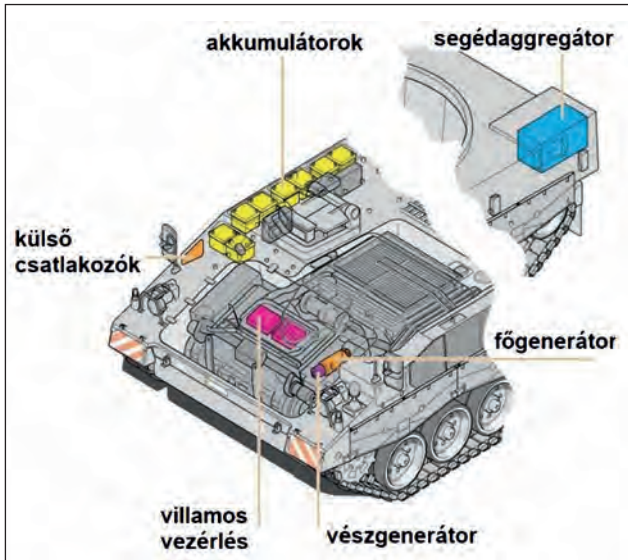
A segédaggregátor automatikusan leáll, ha a főhajtómű üzemel, ha a motortérben jelez a tűzjelző, ha túlmelegszik a hengerfej, ha alacsony az olajnyomás, vagy ha lezárnak azok a csappantyúk, amelyek mély gázoló leküzdése esetén elzárják a főhajtómű fő légbefúvóit. További érdekesség, hogy a Leopard 2 műszaki-mentő változatában, a Wisent 2-ben ugyanez a Steyr motor működteti a hidraulika-szivattyút is, így a harcjármű, az APU üzemeltetésével saját főhajtóművének cseréjét is képes biztosítani. [18]

8. ábra. Az APU szerkezeti vázlata. A 230 V -os külső csatlakozások a katari változat tartozékai, a magyar változatról érintésvédelmi okokból hiányoznak. Az APU végénél csak 4 db akkumulátor látható, a további 4 db a bal oldalon került elhelyezésre [18]



PANZERHAUBITZE 2000 (PzH 2000)

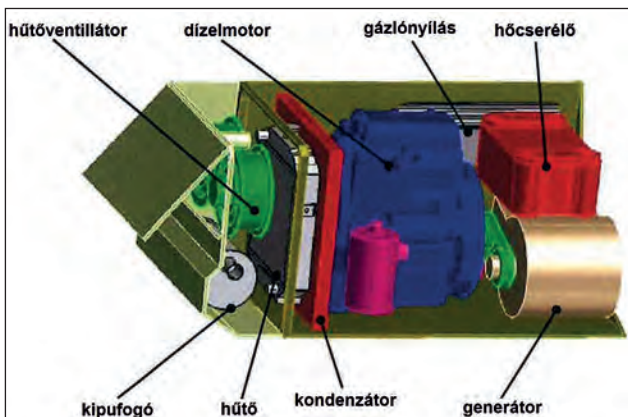
A Magyar Honvédségnél a szovjet gyártmányú, önjáró tűzérési eszközök kivonását követően (2Sz3 „Akacija” – 1993 és 2Sz1 „Gvozdika” – 2004) közel 20 évig csak a vontatott, szovjet gyártmányú D-20-as tarackok teljesítettek szolgálatot. A vontatott tűzérési eszközök azonban már nem felelnek meg a korszerű hadviselési követelményeknek, és a D-20 tarack képességei különben is a II. világháborút idézik, így időszerű volt az új tűzérszerek beszerzése. A 2018-ban aláírt szerződésnek megfelelően – e tanulmány kéziratának leadása előtt néhány nappal – érkezett meg a Németországtól rendelt 24 db PzH 2000HU típusú önjáró löveg első, referenciapéldánya.



9. ábra. A PzH 2000 főbb villamos részségei (A KMW kiképzési dokumentumai alapján a szerző szerkesztése)

Természetesen ezt a típust is felszerelték egy segédaggregátorral, bár itt annak kialakítása a harckocsikétól kissé eltérő alapelvek mentén történt. A páncéltest bal hátsó oldalán kapott helyet az APU, ahogy az a korábbi változatoknál is történt. Az alapváltozat 1,9 kW-os teljesítménye azonban lényegesen kevesebb, mint a főhajtómű által forgatott 22,4 kW-os generátoré, amely nyilvánvalóan kizárja, hogy a segédaggregátor álló helyzetben árammal lásson el

10. ábra. A PzH 2000HU önjáró lövegben elhelyezett kombinált klíma/segédaggregátor blokkvázlata (A KMW kiképzési dokumentumai alapján a szerző szerkesztése)

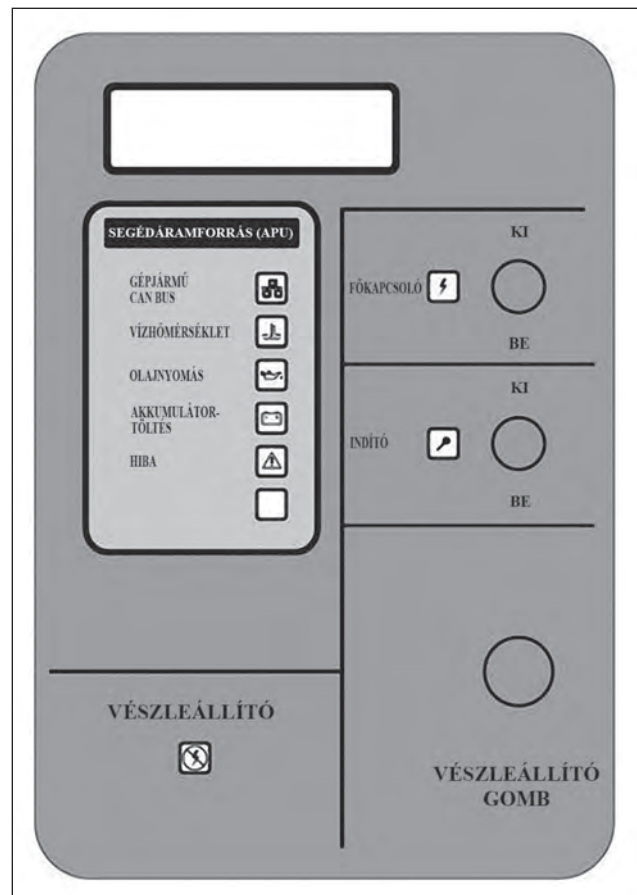


minden fedélzeti rendszert. A magyar változat egy lényegesen korszerűbb, kombinált berendezést kapott, amely egyszerre látja el az APU szerepét, illetve a főhajtóműtől függetlenül biztosítja a küzdőtér klimatizálását. A 210 kg tömegű dízelmotor névleges teljesítménye 15 kW, a klíma teljesítménye 8 kW, az ezen felül leadott villamos teljesítmény 6 kW. Ez még mindig alig negyede a főgenerátor teljesítményének, de a klíma terhelése nélkül már elégséges. Főleg, ha figyelembe vesszük, hogy korszerű önjáró tűzérési eszköz lévén kevés rendszernek kell álló helyzetben is üzemelni, mert a lövést/lövéseket követően a legtöbb esetben azonnal tüzelőállást váltanak az ellencsapás elkerülése érdekében. A PzH 2000 jobb mellő oldalán kapott helyet egy villamos kapcsolótábla, ez azonban nem külső eszközök tápellátására szolgál, hanem a jármű akkumulátorainak külső energiával történő fűtésére, illetve a motor indítására („bebikázására”). [19]

GIDRÁN

Az állóhelyzeti villamosellátás szempontjából nem lóg ki a HHP keretében újonnan beszerzett eszközök sorából a Gidrán sem. A török NuroI Makina által fejlesztett és gyártott Ejder Yalçin 4x4-es kerékképletű, növelt páncélvédelemmel ellátott harcjármű legkorszerűbb változatát a Magyar Honvédség Gidrán néven rendszeresítette. Miután az eredeti jármű csak egy platformnak tekinthető, a megrendelő igényei szerint számos változatot ki tudnak belőle alakítani, így a Gidránt is az MH elvárásai szerint szerelték

11. ábra. A Gidránon elhelyezett APU kezelőpaneljének elrendezése (Forrás: NuroI Makina kiképzési dokumentáció)



fel különféle rendszerekkel, így egyebek mellett egy segéd-aggregátorral is (6. ábra).

A jármű fedélzeti villamos rendszere 24 V-os, a főhajtómű által forgatott generátor teljesítménye 5,5 kW. A küzdőtér belső terének megtartása érdekében az APU elhelyezésére az egyetlen észszerű megoldás annak a farpáncél bal külső oldalára történő felszerelése mutatkozott. Az alig 53 kilogrammos szerkezet érdemben nem befolyásolja a több mint 14 tonnás harcjármű stabilitását, és a hátsó túlnyúlás sem zavaró, hiszen a jobb oldalon már ott van egy teljes értékű pótkerék. Sőt, az aggregátor kínálta szabad oldalfalra fel lehetett szerelni néhány sánicszerszámot is. Az aggregátor lelke egy 479 cm³-es Kubota Z482-E3B kéthengeres, álló elrendezésű szívódízelmotor. Ez egy kereskedelmi forgalomban elérhető, biztonságosan működő, általános felhasználású motor, amely számos civil eszközben már bizonyította megbízhatóságát, alacsony gondozási igényét. Névleges teljesítménye 3600-as fordulatszám mellett 10,9 kW, de itt csupán egy 3,3 kW-os generátort forgat 1800-as fordulatszámon, amely jó hatással van mind az üzemanyag-fogyasztásra, mind a motor várható élettartamára. [20]

Az aggregátor saját kenési és vízűtőkörrel rendelkezik, nem vesz részt a főmotor hidegindításában, arra külön előmelegítő rendszer szolgál. Saját, 2 literes üzemanyag-tartaléka azonban a fő üzemanyagrendszerből tölthető fel. Külső fogyasztókat nem lát el, illetve kívülről nem is indítható, csupán a kabinban a bal oldalsó „B” oszlopon elhelyezett panelről. Érdemes megjegyezni, hogy a jármű méretéhez képest az akkumulátorok kapacitása jelentős: 120 Ah a gépjármű fő rendszerei számára, és 70 Ah a fegyverrendszerek számára (a szintén 24 V-os fedélzeti rendszerrel ellátott, de jóval súlyosabb Leopard 2, és a PzH 2000 esetében ez az érték 400 Ah). Ezek segítségével a jármű hosszú percekig képes némán várakozni, mielőtt még indítani kellene az APU-t.

LYNX

Minden szempontból külön kategóriát képez a LYNX. Ez a gyalogsági harcjármű a legújabb fejlesztés, technológiai szempontból sokkal korszerűbb az előzőekben bemutatott három eszköznél, így számos kihívást – amelyeket azoknál új berendezések utólagos installálásával oldottak meg – itt már a tervezés első lépéseinél kezelni tudtak. A jármű specifikációi egyrészt még nem is véglegesek, másrészt sok esetben titkosak is, így a segédaggregátorról is keveset tudni. A jármű állóhelyzeti villamos ellátását természetesen

itt is meg kellett oldani, de az eddig napvilágot látott információk alapján a mérnökök teljesen újszerű módon közelítették meg a kérdést: ugyanis nem került külön APU a harcjárműbe beépítésre.

A 12 literes Liebherr D976 duplaturbós dízelmotor „Normal” módban maximum 800 kW teljesítményt szolgáltat, de az úgynevezett „Boost” módban rövid időre akár 850 kW-ot is. Létezik egy „Economy” mód is, amely mellett a motor csak 600–650 kW közötti teljesítményt ad le, ugyanakkor képes megfelelni a US Tier II károsanyag-kibocsátási normáknak. E tanulmány szempontjából azonban a legérdekesebb az „APU” mód. Ilyenkor, még nem részletezett megoldások alkalmazásával – vélhetően szoftvervezérelt módon –, a motor csak akkora teljesítményt állít elő, amely éppen elég a 25,2 kW-os generátor és egy hidraulika szivattyú meghajtásához, zaj- és hőkibocsátása azonban alacsony, illetve az üzemanyag-fogyasztása is igen szerény marad.

A megoldás kétségtelen előnye, hogy nem kell egy plusz motort beépíteni, amely jótékonyan csökkenti a rendszer komplexitását, nem rontja a küzdőtér kihasználhatóságát, és legalább 200 kilogrammal csökkenti a harcjármű tömegét is. Az APU-módban működő motor pedig nyilvánvalóan megfelelő hőmérsékleten tartja a hűtővizet és az olajat is, így a normál vagy takarékos módokba történő átmenet is zökkenőmentes. Nem ismert, hogy milyen technikát alkalmaznak az APU-mód megvalósítása során, de ha pl. a hengerek egy részének lekapcsolásával operálnak, az mindenképpen lényegesen nagyobb fogyasztást eredményez, mint a különálló APU, hiszen akkor egy igen jelentős passzív tömeg ellenállását is le kell győznie a motornak. Ennek lehet realitása, mert a teljesen feltöltve több, mint 2 tonnás motornak valószínűleg a főtengelye is nehezebb, mint maga a villamos generátor.

ÖSSZEZÉS

Aligha kétséges, hogy a belátható jövőben a harcjárművek egyik legfőbb fejlesztési trendje azok teljes elektronizálása, digitalizációja marad, amely a fedélzeti villamos rendszerek teljesítményének folyamatos növekedését indukálja majd. Ezt a villamos energiát egyszer talán a jelenleginél nagyságrendileg nagyobb kapacitású akkumulátorok, esetleg hidrogén és napenergia biztosítják majd, sőt nem elképzelhetetlen az atomenergia harcjárművekben történő alkalmazása sem [19], de még jó ideig a hőerőgépekkel forgatott generátorok jelentik a minden szempontból optimális megoldást. Egyelőre nem látszik, hogy a gépjárműiparban meg-

3. táblázat. A Magyar Honvédségben rendszeresített és rendszeresítésre kerülő harcjárművek főbb villamos paraméterei (A szerző szerkesztése)

Harcjárműtípus	T-72	Leopard 2A7	BTR-80	Gidrán	PzH 2000
Harcjármű tömege (t)	44,5	66,5	13,6	14	55,8
Villamos rendszer névleges feszültsége (V)	24				
Akkumulátorok kapacitása (Ah)	280	400	190	120 + 70	400
Főgenerátor teljesítménye (kW)	10	20	2 × 3	5,5	22,4
APU teljesítménye (kW)	–	20	–	3,3	6 + 8
Fajlagos villamos teljesítmény (W/t)	0,225	0,301	0,441	0,393	0,401
Fajlagos APU-teljesítmény (W/t)	–	0,301	–	0,236	0,251

lévő trendek, azaz a hibrid, illetve teljesen villamos hajtás-láncok mikorra terjedhetnek el a haditechnikában, ugyanis ezen eszközök esetében a környezetvédelem oltárán biztosan nem fogják feláldozni a teljesítményt.

A mellékelt táblázat tartalmazza a tárgyalt harcjárművek, illetve az összehasonlítás kedvéért a Magyar Honvédségben még rendszerben álló két szovjet/ orosz gyártmányú harcjármű főbb villamos paramétereit. De a táblázatos adatok kissé csalókák, ugyanis a szovjet/ orosz haditechnika adatai nem a valós igényeket tükrözik. A T-72-es harcocsiban lévő generátor egyben az indítómotor is, míg a BTR-80-as esetében csak azért duplikált a generátor, mert ez a konstrukció a logisztikai ellátási rendszerben már más eszközökön is szerepelt (pl. a korábban már említett 2Sz1 „Gvozdjika” önjáró tarackon) változatlan formában. Tehát a szovjet/ orosz eszközöknél a biztosított villamos teljesítmény mindkét esetben erősen túlméretezett, míg az újonnan beszerzett eszközök esetében a fedélzeti villamos rendszer minden elemét a valós várható igények ismeretében határozták meg.

Látható, hogy az ezredforduló előttről származó harcjárművek jellemzően nincsenek felszerelve segédaggregátorral, addig a jövőben várható harctevékenységek dinamikája azt támasztja alá, hogy az álló helyzetben történő folyamatos energiaellátás már minden típusú (feladatú) harcjármű esetében megoldandó feladat, amelyre jelenleg – még elég hosszú időn keresztül – az APU-k alkalmazása (esetleg az üzemmód főhajtóműben történő implementálása) lesz a kézenfekvő megoldás. Szerencsére ez a szempont a HHP keretében beszerzett eszközök mindegyikénél figyelembe-

vételre került, így azok hosszú ideig történő alkalmazásánál ezen képesség hiánya nem lesz akadályozó tényező.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző ezúton kíván köszönetet mondani a Krauss-Maffei Wegmann, a Nurol Makina, és a Rheinmetall Hungary Kft. magyarországi munkatársainak, valamint Ocskay István ezredes úrnak az MH Modernizációs Intézet K+F igazgatójának, a tanulmányhoz szükséges adatok rendelkezésére bocsátásáért.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [18] „Leopard 2 és Wisent 2 platform technical documentation”. KMW, 2016.;
- [19] „Pzh 2000 technical documentation.” KMW, 2018.;
- [20] „Gidrán felhasználói útmutató.” Nurol Makina, 2021.;
- [21] Zsolt, Végvári. „Kilopower – villamos erőmű a Marson”, *Haditechnika* 53, sz.2–3 (2019): 43–46., 39–42., <http://doi.org/10.23713/HT.53.2.08>; <http://doi.org/10.23713/HT.53.3.08>.

JEGYZETEK

- 3 Az akkumulátorok 5 °C alatt egy fűtőpárnán keresztül képesek önmagukat melegen tartani, ami ugyan meríti őket, de kevésbé, mint amennyi energiát a nagy hideg következtében veszítenének.

Pintér Zoltán Árpád

Fabriczy Kováts Mihály – Michael Fabriczy Kováts

„Ki volt valójában ez a legalább öt nemzet haderejében szolgáló, legalább három nyelvet beszélő, az udvari Haditanács által megfigyeltetett, a történészek négy generációját lassan egy évszázada megmozgató rejtélyes személyiség? Talán kalandor, esetleg kém?” – teszi fel a kérdést a szerző a kétnyelvű (magyar–angol) kötet előszavában. Fabriczy Kováts Mihály, hosszú pályája során Mária Terézia, XV. Lajos, II. (Nagy) Frigyes és George Washington tábornok könnyűlovass katonájaként harcolt, és kiképzőként részt vett többek között a lengyel állam fennmaradásáért megalakult bari konföderáció létrehozásában. Katonai pályáját közhuszárként kezdte, majd Európa haderőiben főstrázsamesteri rangig jutott, utóbb a kontinentális hadseregben ezredes parancsnokká lépett elő. A kétségkívül tehetséges, minden valószínűség szerint kiemelkedően művelt, ugyanakkor kalandvágyó Kováts a neki jutott 55 életéből kisebb megszakításokkal 39 éven keresztül szolgált huszárként, ebből mintegy 30 évet töltött idegen katonai szolgálatban. Az amerikai függetlenségi háborúban, a charlestowni csatamezőn halt hősi halált 1779-ben.

Pintér Zoltán Árpád történész három nagy fejezetben idézi fel Fabriczy Kováts Mihály életpályát, a XVIII. század nagyhatalmi konfliktusait és a korra jellemző fegyveremeket. A szerző kiemelt figyelmet szentel a könnyűlovass katonák karcagi kötődésének és családi hátterének, majd sorra veszi azokat a történelmi és magánéleti mozzanatokot, amelyek a magyar huszárt mind tovább vitték a különböző hadszíntereken. Az egyes fejezetek végén bőséges jegyzetanyag, a hadtudományi kötet záró részében irodalom- és forrásjegyzék segíti a téma iránt érdeklődő olvasókat.

A Zrínyi Kiadónál megjelent, színes térképekkel és reprodukciókkal illusztrált keménytablás kétnyelvű kötet terjedelme 241 oldal. 8500 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól is, 25%-os helyszíni kedvezménnyel. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon. (R.A.)



10. ábra. Az indiai haditengerészet Scorpène-osztályú dízel-elektromos tengeralattjárója, az INS Kalvari (S21) [40]



Ott István Dániel*

India katonai atomprogramja, a hadászati triád kiépítésének folyamata **II. rész**

Az indiai haditengerészet első atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárójának kifejlesztése

A tanulmány első része bemutatta India – a Föld második legnépesebb állama – katonai célú atomprogramját, amelynek – több kísérleti robbantás után – az indiai haderő nukleáris fegyverekkel történő felszerelése lett az eredménye. A nukleáris töltetek elkészítése után, az ország vezetése minél potensebb hordozóeszközök – bombákkal felszerelt repülőgépekből, szárazföldi telepítésű rakétákból, és ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókból álló „hadászati triád” – létrehozását tűzte ki új célként. A tanulmány második része az indiai haditengerészetnél rendszeresített első atom-tengeralattjárókat mutatja be.

ATOM-TENGERALATTJÁRÓK AZ INDIAI FLOTTÁBAN

India, miután 1947-ben elnyerte függetlenségét Nagy-Britanniától, a volt anyaország katonai erőinek mintájára hamar erős hadsereget épített ki. [27] A fegyvernemekből nem maradhatott ki a haditengerészet sem, amelynek szükségességét nem kevésbé indokolta az ország sajátos földrajzi fekvése. A Hinduszáni-félszigeten – amely a Föld második legnagyobb ilyen jellegű felszíni képződménye – elhelyezkedő Indiának mintegy 7517 km hosszúságú tengeri partszakaszát [28] és az ahhoz tartozó felségvizek védelmét kellett biztosítania. Az indiai haditengerészet

erejét jól reprezentálta, hogy flottájában több, a britektől vásárolt repülőgép-hordozó is szolgált. Jelenleg pedig a szovjet gyártású, Oroszországtól vásárolt, Kijev osztályú Baku helikopterhordozó hajóból átépített INS Vikramaditya repülőgép-hordozó (11. ábra) biztosítja a flotta szárnyait,

11. ábra. Az indiai haditengerészet Kijev osztályú repülőgép-hordozója, az INS Vikramaditya tengeri próbaútra fut ki a Szevmas hajógyárból 2012 nyarán [41]



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

és tervezik további ugyanilyen kategóriájú hajók építését is. [29] A nagyszámú potens felszíni egységgel párhuzamosan elkezdődött a tengeralattjárók rendszeresítése is, de érdekes módon nem a brit nemzetközösségből származott az eszköz. A Szovjetunióval egyre szorosabbá váló diplomáciai viszony nyilvánvaló eredménye volt, hogy India haderejében nagy számban jelentek meg az ott gyártott fegyverek. Így az indiai haditengerészet első tengeralattjárói is az 1967-től rendszeresített szovjet Projekt 641 gyártmányú (NATO-kód Foxtrott) dízel-elektromos meghajtású egységek lettek. (12. ábra) [30] Bár a Foxtrott osztályt már kivonták a rendszerből, az indiai haditengerészet a mai napig alkalmaz újabb német, francia és orosz gyártású dízel-elektromos tengeralattjárókat. [31]

Mindemellett, a flotta vezetését már az 1960-as években foglalkoztatta az atom-tengeralattjárók alkalmazásának kérdése. A '70-es években több indiai tengerésztisztet Angliába küldtek, hogy a Plymouth-i Royal Naval Engineering Collageban (Királyi Haditengerészet Mérnöki Főiskola) végezzék tanulmányaikat. Az ott szerzett ismereteket is felhasználva több elképzelést vázoltak a jövő „indiai atom-tengeralattjáróival” kapcsolatban. Végül azonban minden „előtanulmány” arra a következtetésre jutott, hogy az indiai ipar akkori technológiai felkészültségét figyelembe véve, túl hosszú időt igényelne, és anyagilag is túl nagy befektetés lenne India számára egy önálló konstrukció kifejlesztése. Azt gondolhatnánk, hogy nem meglepő a túl ambiciózus indiai tervek kudarca, de meg kell jegyezni, hogy az 1970-es, '80-as években, a nagyhatalmakon kívül más országokban, például Argentínában és Kanadában is felmerült az atom-tengeralattjárók rendszeresítésének ötlete. [32] Mára ezek a tervek nemcsak gazdasági szempontból, hanem a technikai fejlődés miatt is túlhaladottá váltak. A dízel-elektromos tengeralattjárók újabb generációi a légköri oxigéntől független meghajtással⁸, tovább tudnak a víz alatt haladni, így a kisebb költségvetésű haditengerészeteknek kevésbé költséges alternatívát nyújtanak az atom-tengeralattjárókkal szemben. (10. és 13. ábra) Más kérdés azonban, ha nem támadó⁹ tengeralattjáróról, hanem ballisztikus rakétahordozó egységről van szó. Itt ugyanis csak a nukleáris hajtás jöhet szóba, mert a tengeralattjáró tartós víz alatti haladásához, és a fő csapásmérő erőt jelentő ballisztikus rakéták merülésből történő indításához is az atomreaktor által termelt nagynyomású gőzre van szükség.

India vezetése 1979-ben a gyártás helyett a vásárlás mellett döntött, és hosszas diplomáciai előkészítést követően a Szovjetuniótól szerzett be egy atom-tengeralattjárót [33]. Korábban ekkora harci potenciállal bíró fegyvert egyetlen nagyhatalom sem exportált. India számára mégsem volt reménytelen, hogy igényével a Szovjetunióhoz fordult, mert Moszkva sosem volt „szűkmarkú” a nyugati hatalmakkal szemben alkalmazható, komoly pusztító erőt képviselő fegyverek átadásában. Így kerülhettek exportként a Közel-keleti térségbe a szovjet gyártmányú közepes bombázó Tupoljev Tu-16-osok, és a Tu-22-esek is. Nem beszélve a fejlődő országokban „szétszóró” harcászati-hadműveleti ballisztikus rakétákról, közismert nevükön a Scudokról.

Ismeretes, hogy India nem csatlakozott az atomsorompó egyezményhez, amelyben ráadásul az atommeghajtású tengeralattjáró státusza nehezen értelmezhető. A szerződés ugyanis tiltja az atomfegyverek, és azokkal kapcsolatos technológiák átadását, a békés célú, például atomerőmű építéséhez nyújtott segítséget azonban nem. Felmerül, hogy vajon az önmagában nem atomfegyvernek minősülő, de atommeghajtású fegyverrendszerekre – például a nukleáris reaktorral felszerelt tengeralattjárókra vonatkoznak-e



12. ábra. Az 1967-től rendszeresített, szovjet gyártmányú, Foxtrott-osztályú dízel-elektromos egységek utolsó működőképes tagja, az INS Vagli 2010-ben, nem sokkal a selejtezése előtt [42]

a szerződés korlátozásai? [34] A kérdés még a szovjet politikai vezetést is megosztotta, többen attól féltek, hogy az atom-tengeralattjáró transzferrel még inkább a Szovjetunió ellen hangolják a világot. Felidézve az 1970-es évek végének, majd az 1980-as évek első felének világpolitikai eseményeit (például az 1979-es afganisztáni szovjet intervenciót, vagy a szovjet honi légvédelem által, 1983-ban a nemzetközi vizek felett lelőtt Korean Air Lines (Dél-koreai Légitársaság) utasszállító repülőgép történetét, az ettől való félelem talán nem is volt alaptalan. További kétségeket keltett Moszkvában, hogy egy indiai lobogójú atom-tengeralattjáró fegyverkezési versenyt indukálhat a térségben – az Indiával ellenséges Kína és Pakisztán részvételével, amennyiben és az USA is hasonló kategóriájú fegyvereket ad át az említett országoknak. De egyes vezetők és katonák annak véleménynek is hangot adtak, hogy ha egy

13. ábra. A francia Scorpène tengeralattjáró tervei szerint épülő indiai INS Kalvari osztály dízel-elektromos és üzemanyagcellákkal levegőfüggetlen meghajtású egységei alacsonyabb költség-alternatívát jelentenek a drága atommeghajtású támadó tengeralattjárókkal szemben [43]



ilyen kategóriájú eszköz kikerül a szovjet ellenőrzés alól, akkor fennáll a veszély, hogy az atom-tengeralattjárót és annak fegyverrendszerait illetéktelen személyek – az USA és más nyugati hatalmak hírszerző szervei – is megismerhetik. Ez sem volt alaptalan félelem, amikor Nasszer¹⁰ halála után az új egyiptomi vezetés, Anvar Szadattal¹¹ az élen szakított a Szovjetunióval az 1970-es években. Szadattal készséggel mutatott be és adott át több példányt vizsgálatra a legújabb szovjet MiG–21, MiG–23 és Szuhoj Szu–20-as¹² vadászpilótákból és más fegyverekből a nyugati hatalmaknak és Kínának. [35] [36]

Mindezek ellenére a szovjet vezetés 1981-ben végül fogadta az indiai kérést, és ajánlatot tett egy ötéves kölcsönbérleti szerződésben átadandó atom-tengeralattjáróra. A megállapodás tartalmazta az indiai tengerészek kétféle kiképzését, és a teljes műszaki asszisztenciát. Egy indiai delegáció még 1981-ben Murmanszkba utazott, ahol kívül-belül megvizsgálhattak egy Projekt 671 típusú (NATO-kód Victor I) nukleáris meghajtású támadó tengeralattjárót, amelyet a szovjetek felajánlottak az indiai tengerészet számára. A küldöttek azonban nem voltak elégedettek, hiszen egy korszerűbb, csendesebb, a NATO erőivel összemérhető eszközt szerettek volna kapni. [33]

A módosított szovjet ajánlat szerint egy Projekt 670 típusú (NATO-kód Charlie I) atom-tengeralattjárót adtak hároméves bérletbe, kiképzési céllal. Alapjában véve ez az egység sem volt korszerűbb, mint a már bemutatott Victor I, de elméletileg sokkal nagyobb tűzerővel rendelkezett. Fegyverzetében a hagyományos torpedók mellett 8 darab P–70 Ametiszt típusú, (NATO-kód SS–N–7) hajó elleni rakéta is megtalálható volt¹³. (14. ábra) A Projekt 670 típusú tengeralattjárót a szovjet mérnökök kifejezetten az amerikai repülőgépek-hordozó kötelékek támadására tervezték.

India elfogadta az ajánlatot, majd 1983-ban megkezdődött az indiai tengerészet állományából kiválasztott személyek (8 tiszt és a 60 tengerész) kiképzése. Egy intenzív orosz nyelvtanfolyam után a jelöltek családtagjaikkal a szovjet csendes-óceáni flotta központjába, Vlagyivosztkba költöztek az elkövetkező közel hároméves kiképzés idejére. A 18 hónapos elméleti oktatást követő egyéves gyakorlati tréning már a Charlie I osztályú tengeralattjárókon zajlott. A képzés alatt kilőttek 42 darab gyakorlótorpedót és elindítottak 3 darab P 70 Ametiszt rakétát. A kikép-



14. ábra. Egy Projekt 670 típusú (NATO-kód Charlie I osztályú) atom-tengeralattjáró grafikus ábrája, a képen két darab P–70 Ametiszt rakéta is látható, amelyek az orrban elhelyezett 8 vetőcsőből indíthatók (A [32] alapján a szerző szerkesztése)

zés 1986-ban ért véget, de az átadás késett, többek között ki kellett építeni az indiai Visakhapatnam kikötőben az atom-tengeralattjáró üzemeltetéséhez szükséges infrastruktúrát. (Napjainkban is ez a kikötőváros az indiai atom-tengeralattjárók központja.) Továbbá az átadásra szánt hajót is fel kellett készíteni egy nagyjavítás során az „idegen” lobogó alatt történő szolgálatra. De hátráltatták az átadást az 1987-ben, az USA és a Szovjetunió között zajló Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty (közepes és rövid hatótávolságú rakéták és robotrepülőgépek csökkentéséről szóló tárgyalások), röviden INF is. [37] Végül 1987 végén, az indiai legénység egyhónapos „felújító” tanfolyama után, a hajó 1988 januárjában kifutott Vlagyivosztkból. (15. ábra)

Első útjára a Charlie I osztályú tengeralattjárót 8 darab P 70-es Ametiszt rakétával töltötték fel. Nemzetközi vizeken – a szerződés szerint – a tengeralattjáró indiai ellenőrzés alá került, felhúzták az indiai lobogót és megkapta az INS Chakra (S 71) elnevezést. Bár a fedélzeten állandó jelleggel tartózkodtak szovjet tengerészek is, számuk a közel hároméves indiai szolgálat alatt 7–8 főre csökkent. Feladatuk a bérleti szerződésben foglaltak betartatása volt, illetve felügyelték, hogy illetéktelenek ne férhessenek hozzá a reaktor hasadóanyagához, valamint, hogy a másolás „visszatervezés” módszerével ne szerezhessék meg a tengeralattjáró fegyverrendszereinek technológiai részleteit. A Chakra az út egy részét Indiába már merülésben tette meg, amely annak is köszönhető, hogy folyamatosan amerikai és ausztrál P 3 Orion tengeralattjáró vadász járőr repülőgépek próbálták detektálni helyzetét. A közvélemény előtt India mindig is hangsúlyozta, hogy a Chakra csak kiképzési cé-

2. táblázat. Kínai nukleáris meghajtású támadó atom-tengeralattjáró összehasonlítása az indiai haditengerészetnél alkalmazott szovjet-orosz eredetű atom-tengeralattjárókkal

Tengeralattjáró-osztály	Type 091 HAN	Projekt 670 (Charlie I)	Projekt 971 (Akula I)
Szolgálatba állítás éve	1974-től; az utolsó egységek napjainkban is szolgálatban	1988–1991, Indiában	2012–2021, Indiában
Vízszorítás felszínen/merülésben	4500/5500 t	4300/5100 t	8140/12 770 t
Hajótörzs hosszúsága	98 m	100 m	110 m
Hajótörzs szélessége	10 m	10 m	13,6 m
Hajtómű	nyomottvízes atomreaktor, 1 hajócsavar	89 MW nyomottvízes atomreaktor, 1 hajócsavar	190 MW nyomottvízes atomreaktor, 1 hétágú hajócsavar
Sebesség felszínen/merülésben	20 km/h/46 km/h	22 km/h/47 km/h	19 km/h/65 km/h
Megengedett merülési mélység	nincs adat	300 m	600 m
Személyzet	75 fő	86 fő	73 fő <



15. ábra. Életkép Vlagyivosztokból. A Projekt 670 típusú atom-tengeralattjáró kezelésére kiképzett személyzetnek hamar meg kellett szoknia az Indiától igencsak eltérő éghajlatot. A kép valószínű nem sokkal a tengeralattjáró 1988 januári átadása előtt készült, a hajón már az indiai haditengerészet lobogója látható [44]

lokat szolgál, de érthető okok miatt az atom-tengeralattjáró megjelenése az Indiai-óceánon igencsak átrendezte a nemzetközi viszonyokat. Katonai szempontból azonban, az indiai vezetés teljes sikernek tartotta a projektet, amelylyel megteremtették a jövőben rendszeresíteni szándékolt indiai atom-tengeralattjárókkal kapcsolatos alapvető ismereteket. A hajót nagy megelégedéssel szolgáltatták vissza 1991-ben, és már tárgyalások folytak újabb Charlie, vagy a korszerűbb Victor III osztályú egységek bérletéről. [38] A valóság azonban más tempót diktált; az indiai gazdaság 1985 óta válságban volt, amelyet a Szovjetunió 1991-es összeomlása még tovább súlyosbított. Vlagyimir Putyin orosz államfő 2000-es indiai látogatásakor került újra napirendre egy immár orosz atom-tengeralattjáró bérlete vagy megvásárlása. Négy évvel később már nyilvánosan is bejelentették, hogy az indiai haditengerészet lajstromjában újra lesz atom-tengeralattjáró. A hajó egy Projekt 971 (NATO-kód Akula I osztályú) tengeralattjáró volt, amit eredetileg az orosz flottának szántak, de pénzügyi okokból az építését 1993-ban félbehagyták. Most részben indiai tőkével befejezték, hogy tízéves időtartamra bérbe adhassák.

16. ábra. Projekt 971 NATO-kód Akula I osztályú tengeralattjáró INS Nerpa, majd végül INS Chakrának elnevezett atom-tengeralattjáró lényegesen magasabb színvonalat képviselt az indiai haditengerészetnél, mint a korábbi Charlie I osztály [46]



17. ábra. Az indiai haditengerészet kötelékében 2012-ben szolgálatba álló atommeghajtású, Akula-osztályú tengeralattjáró, a „második” INS Chakra (NATO-kód: Akula II) [45]

A lízingszerződésnek része volt a személyzet kiképzése is, amely 2005 és 2007 között zajlott Vlagyivosztokban. Ne feledjük, India előző Charlie I osztályú atom-tengeralattjáróját, 14 évvel azelőtt, még 1991-ben visszaadták, ezért szükség volt az új személyzet kiképzésére, hisz igencsak megkoptak az üzemeltetéssel kapcsolatos tapasztalatok. Közben 2006-ban vízre bocsájtották az indiaiak által INS Nerpának keresztelt tengeralattjárót, amelynek próbaútjai még orosz lobogó alatt zajlottak. Az átadást egy 2008 novemberében bekövetkezett súlyos baleset hátráltatta. A merülésben végzett haladás során, 208¹⁴ emberrel a fedélzeten, véletlenül működésbe lépett a semleges gáz töltetű tűzoltórendszer, amely a tengeralattjáró több, automatikusan lezáródó rekeszéből kiszorította az levegőt – hogy így akadályozza meg a lángok tovább terjedését. Tűz azonban nem volt, és egy felkészült legénységet nem is ért volna baleset ilyen helyzetben, de a fedélzeten tartózkodó 18 civil szakembereknek és három tengerésznek, nem volt ideje és megfelelő gyakorlata az ilyenkor használt légzőkészülék bekapcsolására, emiatt életüket veszítették. A túlélők egy része súlyos légzőszervi sérüléseket szenvedett. Az időközben INS Chakrának¹⁵ átkeresztelt atom-tengeralattjáró 2012-ben állt szolgálatba, az indiai haditengerészet

kötélékében. (17. ábra) Akárcsak elődjét, ezt a hajót is nagy meglepéssel használták, bár nem tisztázott okok – valószínű a korai amortizáció és az egyre magasabb üzemeltetési költségek – miatt, egy évvel a bérleti szerződés lejáratá előtt, 2021 tavaszán visszaszolgáltatták az oroszoknak. [39]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [27] Rajat Ganguly, „India’s Military: Evolution, Modernisation and Transformation,” *India Quarterly: A Journal of International Affairs* pp. 188–191. DOI:10.1177/0974928415584021 (Letöltve: 2022.1.30.);
- [28] Horváth Gergely, Próbáld Ferenc és Szabó Pál, *Ázsia regionális földrajza*. (Budapest, ELTE Eötvös kiadó, 2008.), pp. 217–231.;
- [29] Dr. Bak József, Sárhida Gyula, *Repülőgép-anyahajók és repülőgép-hordozók 1912–2005*. (Budapest, Zrínyi Kiadó, 2006), pp. 79–89.;
- [30] David Miller, *Korszerű tengeralattjárók*. (Budapest, Kossuth Könyvkiadó, 1994), pp. 134–135.;
- [31] Amaczi Viktor, Bombay László és Héjja István, *A világ hadseregei* (Budapest, Zrínyi Katonai Könyv és Lapkiadó, 1992), pp. 128–131.;
- [32] „Jane’s Fighting Ships 1986–87”, (London, Jane’s Publishing Company, 1986), pp. 55–56.;
- [33] Josep P. Chacko, *Foxtrot to Arihant: The story of Indian Navy’s Submarine Arm* (Dombivli West, Frontier India Technology, 2015), p. 93., 98.;
- [34] Scheinring Endre, Átbújni az atomsorompó alatt? Brazília nukleáris tengeralattjáró a programja, <https://www.latinamerica.hu/scheinringbrazil-nukes> (Letöltve: 2022.1.31.);
- [35] Gaillard R. Peck, Jr., *America’s Secret MiG Squadron: The Red Eagles of project CONSTANT PEG*, (London, Bloomsbury Publishing, 2012), pp. 158–160.;
- [36] Bernd Vetter, Frank Vetter, *Wehrtechnische Dienststelle: WTD 61: Test and Evaluation Unit 61*. (Erlangen, AirDOC, 2007), pp. 37–38.;
- [37] Fischer Ferenc, *A megosztott világ: a Kelet-Nyugat, Észak-Dél nemzetközi kapcsolatok fő vonásai 1941–1991*, (Budapest, Ikva Kiadó, 1996), p. 347.;
- [38] David Miller, *Modern tengeralattjárók*, (Debrecen, Hajja & Fiai Kiadó, 1993), p. 33.;
- [39] K-152 „NERPA” nukleáris tengeralattjáró: Baleset 2008. NOVEMBER 8-án, transzfer Indiába, <https://hun.agromassiday.com/atomnaya-podvodnaya-lodka-k-152-nerpa-avariya-8-noyabrya-2008-goperedacha-indii-page-151375> (Letöltve: 2022.1.31.);
- [40] Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8b/INS_Kalvari_%28S21%29_at_sea.jpg/3240px-INS_Kalvari_%28S21%29_at_sea.jpg (Letöltés: 2022.2.1.);
- [41] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INS_Vikramaditya_during_trials.jpg;
- [42] Forrás: <https://www.chindits.org/2010/12/in-decommissions-last-foxtrot-submarine.html> (Letöltve: 2022.01.20.);
- [43] Forrás: <https://www.naval-technology.com/projects/p75-scorpene-class-attack-submarines/> (Letöltve: 2022.01.20.);
- [44] Forrás: <https://defence.pk/pdf/threads/indian-navy-news-discussions.30327/page-350> (Letöltve: 2022.01.20.);

- [45] Forrás: <https://economictimes.indiatimes.com/news/defence/indias-submarine-deal-with-russia-raised-by-some-us-congress-members-with-fs-sources/articleshow/68439738.cms> Letöltés: 2022.2.10.);
- [46] Forrás: <https://www.facebook.com/IndianNavy/photos/pcb.824708451217350/824708231217372> (Letöltve: 2022.01.20.).

JEGYZETEK

- 8 A levegő független erőforrások (Air-independent propulsion – AIP) lényege, hogy a tengeralattjáró számára a víz alatt ugyanúgy akkumulátorok és elektromotor biztosítja a meghajtást, de az akkumulátorok feltöltésére a víz alá merülve is van lehetőség. Elterjedt megoldás az üzemanyagcellák alkalmazása, ahol hidrogén és oxigén elektroízisével nyernék elektromos energiát. Ennek előnye a teljesen csendes működés, használata közben nem keletkezik nagy hő, és az egyre újabb üzemanyagcellák hatásfoka is egyre jobb. Másik megoldásként a zárt rendszerű belsőégésű motorok alkalmazása kínálkozik, ahol az üzemanyagot valamilyen oxidálószerrel (általában folyékony oxigénnel) együtt égetik el. Ilyen kísérletek már a II. világháború idején is folytak, de csak az 1980-as évek táján jutottak el arra a szintre, hogy valóban működőképes és biztonságos megoldást jelenthessen. Ilyen például a Francia MESMA, ahol folyékony oxigén és etanol elégetésével nyert gáz forgat egy turbogenerátort, vagy a svéd zárt rendszerű Striling-motoros megoldása, amelyben folyékony oxigén és dízelolaj elegye ég el. Az indiai haditengerészet francia Scorpène tengeralattjárók tervei szerint épülő Kalvari-osztályú tengeralattjárói is AIP-meghajtásúak.
- 9 A tengeralattjárók esetében meg kell különböztetni az atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókat (SSBN), ide tartozik az INS Arihant (S2) is, valamint a nukleáris meghajtású tengeralattjárókat (SSN). Ezeket szokták vadász-, vagy flotta-tengeralattjáró névvel illetni, noha napjaink atom-tengeralattjáróinak jóval nagyobb a harci potenciálja, mint csupán a felszíni hajókra és tengeralattjárókra „vadászni”. A legtöbb egység ugyanis torpedók mellett hordozhat robotrepülőgépeket, amelyekkel akár szárazföldi célpontokra is csapást mérhet. Ez – tovább bonyolítva a kérdést – felveti a robotrepülőgép-hordozó tengeralattjáró elnevezést (SSG) is.
- 10 Gamal Abd EL-Nasser (1918–1970) az egyik legkarizmatikusabb arab politikus, Egyiptom második köztársasági elnöke. Az arab nacionalizmus egyik prominens képviselője az 1950–60-as években. Saját, iszlámtól független, arab nacionalista ideológiája, a nasszerizmus jelentős hatást gyakorolt a Közel-Kelet és az egész arab világ modernkori történetére. Az el nem kötelezettek mozgalmának egyik fő szervezője. Nevéhez fűződik a mintegy 72 évig tartó brit katonai jelenlét teljes felszámolása Egyiptomban.
- 11 Muhammad Anvar asz-Szadát (Mit Abu I-Kóm, 1918 – 1981) arab politikus, katonatiszt, Egyiptom harmadik elnöke 1970 és 1981 között; merénylet áldozata lett.
- 12 Az amerikai hadsereg 1977-től tucatnyi MiG–21 és MiG–23-as vadászpilótaegységet vásárolt Egyiptomból, amelyeket az USA-ba szállítva, a Red Eagles projekt során tesztelt. 1980-tól több nagyszabású hadgyakorlatot tartott Egyiptomban, ahol részletesen megismerhette az ott rendszeresített szovjet fegyverrendszereket. A nyugatnémet hírszerzés 1984-ben két Szuhoj Szu–20-as vadászbombázót is beszerzett, amelyeket a Luftwaffe WTD 61 teszt és fejlesztő százada vizsgált, hogy felkészülhessen a hasonló típusokat üzemelő keletnémet légielő esetleges agressziójára.
- 13 A tengeralattjáróról indított, és a célt a vízfelszín felett megközelítő eszközöket – tehát nem a torpedókat – a legtöbb forrás robotrepülőgép elnevezéssel említi. A P–70 Ametiszt eszköz rakétaként hivatkozzuk, hiszen azt egy szilárd tüzelőanyagú rakétahajtómű juttatja célba.
- 14 Egy Akula-osztályú atom-tengeralattjáró teljes legénysége 70–80 fő.
- 15 Néhány forrásban INS Chakra II-ként hivatkoznak a tengeralattjáróra, ezzel megkülönböztetve azt a régebben bérlet, és ugyanezt a nevet viselő Charlie I osztályú egységtől. A források alapján nem egyértelmű, de tovább bonyolítja az azonosítást, hogy a korábban lízingelt Charlie I is Indiában az (S71) lajstromszámot viselte.

Dr. Kovács Zoltán*

Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott **I. rész**

INTELLIGENS AKNÁK

Oroszország jelenleg több olyan fegyverrendszert, autonóm fegyvert és tűzvezérlő rendszert fejleszt, amelyek mesterséges intelligenciát is alkalmaznak. Az orosz védelmi miniszter bejelentése szerint már elkészült az Uran-9

kezelő nélküli harcjármű, amellyel egy újonnan megalakuló hadosztályt fognak felszerelni. Mesterséges intelligenciával látják el a vadászrepülőgépeket és fejlesztés alatt áll a T-14-es önműködő közepes harckocsi. Megkezdődött az SZ-500 típusú új légvédelmi rakétarendszer hadrendbe állítása, és elkészült az önjáró Kamaz tehergépjármű. A mű-

1. ábra. Az Oroszországi Föderáció katonai körzetei (A szerző szerkesztése [1] alapján)



ÖSSZEFOGLALÁS: Az aknamezők robbanó műszaki zárként történő alkalmazása csak alig egy évszázados találmány. Ez a haditechnikai eszköz elsősorban a szárazföldi katonai műveletek során kapott kiemelt szerepet. Az utóbbi évtizedekben kissé háttérbe szorult az aknahadviselés, sok ország lemondott például a gyalogsági aknák alkalmazásáról. Oroszország és az Amerikai Egyesült Államok azonban a műszaki zárást érintő fejlesztésekre is kellő figyelmet fordított, arzenáljukban megjelentek a mesterséges intelligenciával felruházott „okosaknák” és aknatelepítő eszközök. Az alábbi tanulmányban röviden bemutatjuk az új orosz aknatelepítési lehetőségeket és eszközöket.

KULCSSZAVAK: műszaki zár, szórt aknamező, aknatelepítés, okosakna

ABSTRACT: Using minefields as an engineer barrier has only just a century-long history. It has been given a priority role primarily during military land operations. Mine warfare has been slightly relegated to the background in recent decades, with many countries abandoning the use of anti-personnel landmines, for example. However, Russia and the United States have also paid attention to developments of counter-mobility, the “smart” mines and mine laying devices endowed with artificial intelligence appeared in their arsenals. On the following pages, we briefly present the Russian possibilities and new equipment of mine laying.

KEY WORDS: engineer barrier, scatterable minefield, mine laying, smart mine

* Alezredes, egyetemi docens, NKE HHK Művelési Támogató Tanszék. ORCID: 0000-0001-9098-1997



szaki csapatok számára pedig elkészült a világon az első olyan gyalogsági repeszakna, amely érintés nélküli közelségi gyújtóval rendelkezik, és már most képes önállóan különbséget tenni a polgári, illetve a katonai célpontok között, a jövőben pedig várhatóan a baráti és ellenséges katonai célpontokat is meg tudja majd különböztetni.

Az új technikai fejlesztések tesztelésére az Oroszországi Föderáció öt nagy katonai körzetében (1. ábra) évenkénti rotációval hajtják végre az adott kiképzési év lezárásaként rendszerbe állító és képességfelmérő összhaderőnemi gyakorlatot, amelyet általában az adott katonai körzetről neveznek el. (Az Északi-Flotta csak 2021. január 1-től minősül hivatalosan önálló ötödik katonai körzetnek, ezért eddig nem hajtott végre saját körzetszintű gyakorlatot.) A legutóbbi hadgyakorlatra 2021. szeptember 10–16. között a Nyugati Katonai Körzetben került sor „Заняв–2021” (Nyugat–2021) néven¹ az orosz és fehérorosz (belarusz) haderő együttműködésében, amelyen 208 000 fős személyi állomány, 80 db repülőgép és helikopter, 760 db fegyverzettechnikai eszköz, köztük 290 harckocsi, 240 ágyú, rakétavető, aknavető, valamint 15 hadihajó vett részt. Ugyanabban az időben egy flottagyakorlat is elkezdődött az Északi-sarkvidéken 50 hadihajó, 120 helikopter és repülőgép, 800 egyéb haditechnikai és különleges eszköz, illetve 8000 katona részvételével.

Mindkét gyakorlat kiváló lehetőséget szolgáltatott a közelmúltban rendszeresített új technikai eszközök, fegyverek és harcanyagok „tesztelésére” az éles helyzetet a lehető leginkább megközelítő körülmények között. Természetesen a műszaki szakcsapatok mozgásakadályozási, műszaki zárási feladataihoz már rendelkezésre álló, vagy a közelmúltban kifejlesztett, de még rendszeresítésre váró régebbi/új technikai eszközök – telepítőgépek és aknák – kipróbálására és használatára is sor került a gyakorlatok mozzanatai során.

AKNAMEZŐK ÉS AKNÁK TELEPÍTÉSI LEHETŐSÉGEI

Az aknamező telepítése történhet kézi erővel vagy gépi eszközzel, az aknákat a talaj felszínén elhelyezve vagy a felszín alá beásva úgy, hogy az aknák valamilyen szisztematikus rendszerben – aknasorokban, a sorokon belül pedig egymástól meghatározott távolságra – helyezkednek el. Az így telepített aknákat később egyszerűbb felszedni, visszatelepíteni, hiszen csak egyet kell megtalálni, amelynek alapján a többi akna helyzetét már könnyen meg lehet határozni. A telepítési módszer egyik hátránya az időigény, mivel az aknákat a telepítés helyére kell szállítani, az aknamező határait és aknasorait ki kell mérni, kijelölni, majd ezután lehet megkezdeni a kézi vagy gépi telepítést, s közben rejtve – és lehetőleg az ellenség tűzhatásán kívül – kell tartózkodni. Az aknamező létrehozásának másik, sokkal gyorsabb módszere a szórással vagy távknásítással történő aknatelepítés, amikor akár több tíz kilométer távolságra, különböző gépi eszközök – szárazföldi jármű, tűzérési eszköz, légi jármű – speciális löszerek és aknázották segítségével a talaj felszínére szórják szét az aknákat, amelyek így mindenféle rendszer nélkül, véletlenszerűen helyezkednek el az aknásított területen, egy részük ráadásul nem is működőképes helyzetben éri el a talaj felszínét. Az így telepített aknamezőben az aknák hatástalanítása az esetek többségében egyszerűbb, mint a rendszerben telepített aknamezőben, hiszen itt valamennyi akna a felszínen található, vizuálisan észrevehető.

Az aknamezőkben azonos, illetve különböző típusú aknák is elhelyezkedhetnek. A harckocsi elleni aknák kü-

lönböző irányból támadhatják a technikai eszközöket, a futóművet (lánctalp, kerekek) vagy a meghajtó erőforrást rombolják, illetve a páncélatot átütve a kezelőszemélyzetet teszik harcképtelenné. A lánctalp elleni aknák a ráhajtó jármű tömegének nyomására lépnek működésbe, és mozgásképtelenné teszik a járműveket. A haspáncél elleni aknák általában kúpszerű kumulatív kiképzésű töltettel rendelkeznek, amelynek a robbanása átüti az akna fölött áthaladó eszköz páncélatát. Az oldal elleni aknák az oldalpáncélatot rombolják. [2] Egy részük a páncéltörő rakétához hasonlóan a kumulatív hatás következtében kialakuló „jet” révén több tíz km/s sebességgel becsapódva a céltárgyba, akár százezer atmoszférás nyomással áthatol a páncélat felületén, míg a másik csoportja egy vastagabb kumulatív bélésből több tíz méter távolságra kialakult, a hagyományos kumulatív tölteténél lényegesen alacsonyabb sebességű (kb. 2000 m/s) ún. robbanással formált lövedékkel pusztítja a célt.

A torony elleni területvédő aknák olyan érzékeny akusztikai, talajrezgés- és infravörös hőérzékelő szenzorokkal vannak ellátva, amelyek a célokat már száz méter távolságról észlelik. A segéd töltet által kilőtt harci részegység magas hatóerejű robbanóanyagot tartalmaz, amely az elé helyezett fémbetétből létrehozza a jármű páncélatát felülről átütő, robbanással formált lövedéket, és az aknától már 20–100 méter távolságra rombolja a célt. [3] A gyalogság elleni aknák alaprendeltetése az ellenség személyi állományának pusztítása vagy harcképtelenné tétele, amely alapvetően kétféleképpen érhető el: az aknában elhelyezett robbanótöltet robbanásával, vagy a szétrepülő anyagrészek által okozott repeszhatással, amely során a keletkező repeszek körkörösön vagy csak meghatározott irányban pusztítanak. A partközeli vízbe vagy a partszegélyre telepített deszant elleni aknák a vízből kihajító harc- és szállító járműveket pusztítják a lánctalp elleni és haspáncél elleni harckocsiaknákhoz hasonló módokon. A helikopter elleni aknák célpontjai a felszínhez közeli magasságban, a terepet követve, kis sebességgel manőverező csapatszállító és a célok után kutató harci helikopterek.

Ezeknek a „hagyományos működésű aknának” sajátos és különleges képességekkel történő felruházása már a múlt század végén elkezdődött. Egyes területvédő aknák a telepítésüket követően például kommunikáltak a harcállásponttal, „jelentették” a státuszukat, működőképességüket, és mint egy előretolt felderítő, az észlelt célok jellemző adatait, majd a rádión kapott parancsra megsemmisítették azokat. Az utóbbi évtizedekben már egyfajta mesterséges intelligenciával, önálló döntésképeséggel is felruházzák az aknákat. Ennek egyik formája, amikor a felderített célokat az aknák jelzik ugyan a vezetési pont felé, azonban egymással kommunikálva képesek önállóan is eldönteni, hogy melyikük található a legkedvezőbb pozícióban a cél leküzdéséhez, így ha a megfigyelőtől/operátortól nem érkezik ezt felülbíró parancs, az a területvédő akna fog elműködni, amelyik a leghatékonyabban tudja megsemmisíteni a célt. Ilyen eszköz például az intelligens aknarendszer (Intelligent Munition System – IMS), amelynek szállítókonténerét kézi erővel kell elhelyezni a terepen, azonban az aknák csak emberi parancsra telepítik önmagukat, ezt követően azonban önállóan is képesek a célok leküzdésére. Az önálló döntésekre képes műszaki zár másik változata például az ún. „önhelyreállító aknamező” (Self-healing minefield – SHM), amelyben a talajfelszínén elhelyezkedő, önálló mozgásra és helyváltoztatásra képes harckocsiaknák néhány másodperces időközönként kommunikálnak a közvetlen szomszédjaikkal, mintegy ellenőrizve, hogy mindegyik a helyén van-e. Amennyiben például ellenséges

átjárónyitás történik az aknamezőn, az aknák azonnal észlelik a szomszédjaik hiányát, és egymással „megbeszélnek”, hogyan rendeződjenek át „ugrásokat” végrehajtva annak érdekében, hogy önállóan lezárják a keletkezett átjárót, és helyreállítsák az aknamezőt az áthaladni kívánó ellenséges csapatok, harcjárművek előtt. [4]

Különleges képességekkel rendelkező aknák tehát már évtizedek óta léteznek, és jelenleg is hadrendben állnak néhány haderőnél. Arra azonban eddig még nem volt példa, hogy egy nagyszabású katonai műveletben/gyakorlaton a teljes robbanó műszakizár-rendszert mesterséges intelligencia tervezze meg, számítógép döntse el, hogy hova, milyen mélységű és kiterjedésű aknamezőt, abban milyen típusú aknákat mekkora sűrűségben kell telepíteni, illetve, hogy konkrétan melyik telepítőeszköznek kell a célterületen aknamezőt létrehoznia. A Nyugat–2021 gyakorlaton azonban – ahol a fő hangsúlyt egyébként is az „egyesített hadszíntér” koncepcióra, valamint a robotizált vagy részben mesterséges intelligenciát használó eszközök alkalmazására helyezték – a műszaki aknatelepítési feladatok tervezése és végrehajtása ezen a módon, teljesen automatizáltan történt. A gyakorlatba bevont valamennyi műszaki aknatelepítő eszközt felszerelték az ESZU TZ (Единая Система Управления Тактического Звена) egységes harcászati kislegység vezetési rendszer munkaadásával, azon keresztül elektronikus úton történt az aknatelepítési parancs vétele, valamint a feladat végrehajtásának vezérlése és a készenlétének jelentése, illetve a vezetési rendszerrel összekapcsolt többi eszközzel az együttműködés megszervezése.

Az AKNATELEPÍTŐ ESZKÖZÖK

Az aknák felszín alá történő telepítése inkább az előző évi gyakorlaton (Kaukázus–2020) kapott nagyobb szerepet,

2. ábra. GMZ–3 aknarakó, az aknatelepítő munkaszervével [5]



ahol az önjáró GMZ–3 (ГМЗ-3 – Гусеничный Минный Заградитель) típusú lánctalpas aknarakókkal hoztak létre gyors ütemben harcokcs elleni aknamezőket. Az aknarakók a „Nyugat–2021” során csak a gyakorlat negyedik napján jutottak szerény szerephez az ellenerőt képező fehérorosz páncélos kötelék manővereinek aknamezőkkel történő akadályozásában.

Az önjáró aknarakónak ezt a változatát (2. és 3. ábra) még 2001-ben mutatták be, az elődjén végrehajtott néhány módosítást követően. Az üzemanyag-égetéssel történő álcázási célú ködképzést felváltotta a 81 mm-es ködgránát, amelyből 6 db került az alvázra – 3-3 db mindkét oldalra –, módosították az atom-, biológiai és vegyvédelmi rendszert, majd kialakították a feltételeket a mágneses közelségi gyújtóval rendelkező TM–89 típusú harcokcsakna telepítéséhez is. Az eszköz új alvázat is kapott, amely nagyon hasonlít a 2Sz3М „Акация” (2С3М „Акация”) önjáró tarack és a 2Sz4 „Тюльпан” (2С4 „Тюльпан”) önjáró aknatelepítő alapgépjéhez, amelyeket szintén az Uraltranszmas (Уральский Завод Транспортного Машиностроения – Уралтрансмаш) vállalat gyárt.

A lánctalpas, páncélvédett eszköz az igen nehéz terepen mozogva is végre tudja hajtani a feladatát (1. táblázat). Egy feltöltéssel 208 darab harcokcsakna felszínre vagy felszín alá – talajban 12 cm, hóban 50 cm mélységre – történő telepítésére képes, a tereptől függően közben 6–16 km/h (felszín alá 6, hóba 10, felszínre telepítésnél 16 km/h) sebességgel haladva, az aknákat legfeljebb 1000 m (lánctalp elleni akna mechanikus gyújtóval) vagy 2000 m (haspáncél elleni akna mágneses közelségi gyújtóval) hosszú aknasorban elhelyezve.

Az aknatelepítés folyamata teljesen automatizált, a jármű 3 fős állományából a telepítő munkaszerv kezelőjének csak az aknák önhatástalanítási idejének elektronikus beállítását, a telepítési folyamat elindítását és megállítását kell felügyelnie. A 8 adagolórekesz egyenként 26 db harcokcs-





3. ábra. A GMZ-3 aknarakó előlnézete [5]



4. ábra. A GMZ-3 egyik aknatároló és -adagoló rekesze nyitott helyzetben [6]



5. ábra. Az aknatároló rekeszek kézi feltöltése [6]

aknát képes befogadni, 13 sorban egymás mellett két akna helyezkedik el (4. ábra). A rekeszekbe málházott aknák választható telepítési távolsága alapesetben 4,0 vagy 5,5 méter, de a kezelő ezeket az értéket módosíthatja.

Az aknákat tároló rekeszek feltöltése csak manuálisan hajtható végre 15–40 perc alatt, amely jelentősen megnöveli az új aknatelepítési feladatra történő készenlét elérésének idejét (5. ábra).

1. táblázat. A GMZ-3 főbb technikai adatai (A szerző szerkesztése)

Tömeg	28,5 t	Motor hajtóanyaga	gázolaj
Kezelőállomány	3 fő	Teljesítmény	382 kW (520 LE)
Hosszúság	9,3 m	Sebesség úton	60 km/h
Szélesség	3,25 m	Hatótávolság	500 km
Magasság	2,7 m	Leküzdhető emelkedő	30°
Nyomtávolság	2,72 m	Árokáthidaló képesség	2,5–3,0 m
Lánclap szélessége	0,45 m	Gázlóképesség	1,0 m
Fajlagos talajnyomás	0,67 kg/cm ²	Páncélzat vastagsága	15 mm

A vezetési rendszeren kapott parancsot követően, a jármű navigációs rendszere határozza meg az aknatelepítés terepszakaszának legcélszerűbb megközelítési útvonalát. Az eszköz a telepítés során az aknamező határait, és valamennyi telepített akna térképi koordinátáit automatikusan rögzíti, a kommunikációs berendezés pedig azonnal továbbítja az adatokat, és így a vezetési pont digitális térképein már az aknásítás alatt is megjeleníthető pl. az aknamező kiterjedésének pillanatnyi mérete, a telepített aknák mennyisége és elhelyezkedése az aknamezőben.



6. ábra. Az ISZDM távknásító jármű, aknatelepítés közben [7]



7. ábra. TPK konténerek átmálházása a szállító-rakodóról az aknásító járműre [8]

8. ábra. A vetőcsövek elhelyezkedése a konténerekben [9]



A „Nyugat–2021” közös orosz–fehérorosz stratégiai gyakorlaton inkább a szórással telepített aknamezők létrehozására helyezték a hangsúlyt, amelyet alapvetően két szárazföldi bázisú eszköztípussal hajtottak végre: a nagy távolságra telepítő ISZDM–Zemlegyelije–I (Инженерной Системы Дистанционного Минирования – Земледелие-I) távknásítóval, és a közeli aknatelepítésre alkalmazható UMZ (Универсальный Минный Заградитель) eszközcsaláddal tartozó univerzális aknászóró háromféle járműtípusával. A gyakorlaton a levegőből történő aknásításra néhány esetben a Mil Mi–8MTV helikopterre szerelt, már régóta rendszerben álló VSZM–1 (Вертолетная Система Минирования) helikopteres aknászórót is alkalmazták.

AZ ÚJ TÁVKNÁSÍTÓ ESZKÖZ

Bár az orosz védelmi minisztérium még 2013 decemberében megbízta a haditechnikai innováció és gyártás terén vezető szerepet betöltő hazai NPO-Szplav (Научно-Производственное Объединение „Сплав”) céget az ISZDM távknásító kifejlesztésével, az eszköz – hivatalosan a vírushelyzet miatt – csak a 2020. június 24-ére elhalasztott győzelem napi felvonuláson mutatkozott be a nagyközönségnek. Tényleges aknásítási feladatra pedig a Nyugat–2021 gyakorlaton vetették be először (6. ábra).

A távknásító eszköz rendeltetése harckocsi elleni és gyalogsági aknák telepítése nagy távolságra, az előrevonást és szétbontakozást végrehajtó ellenséges csapatok oszlopai elé vagy közvetlenül a csapatoszlopokra, körletekre. Az aknamezők telepítése a járműtől legalább 5 és legfeljebb 15 km távolságra lehetséges.

Az ISZDM-rendszer a távknásító gépjárművekből, az utánszállító-rakodó gépjárművekből és a 25 db vetőcsövet tartalmazó TPK konténerekből (Транспортно-Пусковой Контейнер) tevődik össze. Az aknatelepítő és a szállító-rakodó járművek egyaránt KamAZ–6560 „Tornádó”

(КамАЗ-6560 „Торнадо”) típusú 8×8 hajtásképletű terepjáró tehergépkocsi-alvázra épültek, az utóbbit könnyű megkülönböztetni a hátsó részén elhelyezett rakodógépről. (7. ábra) A 8 hengeres, V elrendezésű, 11,7 literes dízelmotor 294 kW (400 LE) teljesítményre képes, közúton 90 km/h sebességgel haladva a hatótávolsága 1200 km.

Egy járművön – a telepítőn és a szállítón egyaránt – két TPK-konténer helyezhető el, amelyekben a speciális rakéta-löszereket tároló vetőcsövek egymás fölött öt sorban, soronként ötösével helyezkednek el, így egy feltöltéssel 50 db löszerben található aknamennyiséget lehet telepíteni (8. ábra). A TPK-konténer tömege feltöltött löszerekkel 3800 kg.

A szilárd hajtóanyagú löszerek kilövése – amely csak álló helyzetben lévő, letalpalt járművel lehetséges – a levegőszűréses és légkondicionált kezelőfülkéből teljes mértékben elektronikusan vezérelhető. A löszerek különböző típusú és mennyiségű harcokcsai elleni vagy gyalogsági aknákat tartalmazhatnak, amelyek mindegyike megfelel a Genfi Egyezmény II. módosított jegyzőkönyv által meghatározott önhatástalanítási követelményeknek. (Mivel Oroszország nem írta alá a gyalogsági aknák tilalmáról rendelkező Ottawai Egyezményt, ezért telepíthet gyalogság elleni aknákat is! [10])

Egy darab rakétalöszér 105×70 méteres, ellipszis alakú területen szórja szét a benne található aknákat a maximális 15 km-es telepítési távolságon, így az egy feltöltéssel 50 db löszerrel (2 teljes konténer) pedig kb. 125 000 m² terület zárható le megbízhatóan.

A távknásító eszköz az ESZU TZ vezetési rendszeren kapott parancsot követően teljesen automatikusan programozza be az aknásítási feladat részleteit, különböző típusú aknákat tartalmazó löszerek esetén kiválasztja a megfelelő aknatípust tartalmazókat, beállítja a löszerekben lévő aknák önhatástalanítási idejét, a telepítés befejezése után pedig az aknásított területről elektronikus aknamező-törzskönyvet készít, és minden adatot azonnal továbbítja a vezetési pontra. Képes akár úgy tervezni és végrehajtani az aknatelepítést, hogy a létesített aknamezőben egy aknamentes sáv is maradjon a saját csapatok számára!

Az új AKNASZÓRÓ ESZKÖZÖK

A közelebbi (harcászati mélység) területek aknásítására szolgáló UMZ aknaszóró eszközcsalád három különböző telepítőjárműből áll: UMZ-G, UMZ-K és UMZ-T a típusjelölésük, az eltérő felépítésük, technikai jellemzőik miatt más-más aknatelepítési feladatra alkalmazhatók a harcászati helyzettől, és egyéb körülményektől függően.

Az UMZ-G (Универсальный Минный Заградитель-Гусеничный) rendeltetése harcokcsai elleni, gyalogság elleni és deszant elleni aknák szórással történő telepítése nehéz terepviszonyok között, közvetlenül a manővereket végrehajtó ellenséges csapatok elé (2. táblázat). Az 2019-



9. ábra. UMZ-G lánctalpas aknaszóró az Army-2019 technikai bemutatón [11]



10. ábra. Az aknakazetták elhelyezkedési rendje a telepítőkonténerben [12]

ben megrendezett haditechnikai kiállításon mutatták be a torony nélküli T-72-es (vagy utóbb már T-90-es) harcokcsialvázra épült lánctalpas aknaszórót (9. ábra), amely a tereptől függően aknatelepítés közben akár 40 km/h sebességgel mozogva, a járműtől az aknákat kb. 40 méter távolságra szórva hozza létre az aknamezőt. Egy feltöltéssel a PFM gyalogság elleni aknákból 3200 méter, a POM gyalogsági aknákból 5000 méter, a PTM harcokcsiaknákból pedig 600 méter széles és kb. 15 méter mély aknamezőt képes létrehozni.

A jármű rakfelületén három sorban, soronként 3 db – összesen 9 db – nyolcszögű, méhsejt alakú telepítőkonténer található, amelyek egyenként 30 db speciális aknakazettával tölthetők fel, ezért egy feltöltéssel összesen 270 aknakazetta kilövésére van lehetőség. A sorokban egymás mellett 4–5–6–6–5–4 darab aknakazetta helyezkedik el (10. ábra).

Az aknakazettákat kézi erővel kell betárazni a konténerbe, a szomszédos kazetták hármásával lerögzíthetők egy-egy körmös leszorító alátét segítségével, amelyhez elegendő egy egyszerű villáskulcs használata (11. ábra).

2. táblázat. Az UMZ-G aknaszóró főbb technikai adatai (A szerző szerkesztése)

Tömeg	43,5 t	Motor hajtóanyaga	gázolaj
Kezelőállomány	2 fő	Teljesítmény	620 kW (840 LE)
Hosszúság	6,9 m	Sebesség úton	60 km/h
Szélesség	3,58 m	Hatótávolság	450 km
Magasság	2,19 m	Lánclap szélessége	0,58 m
Fegyverzet	12,7 mm-es 6P49AA Kord géppuska	Fajlagos	talajnyomás: 0,84 kg/cm ²



11. ábra. A telepítőkonténerbe helyezett aknakazetta rögzítésének módja [12]



12. ábra. A telepítőkonténerek zárófedéllel fedve, szállítási helyzetben [11]

A konténerek szállítási helyzetben fedéllel takarva helyezkednek el a rakfelületen (12. ábra), az alkalmazáshoz történő előkészítésük – a kazetták behelyezése és rögzítése nélkül – két percet vesz igénybe. A konténerek telepítéskor a tengelyük körül minden irányba elforgathatók – hátrafelé fordított konténerekkel az eszköz képes önmaga mögött is aknasítani –, az aknaszórás távolságát meghatározó függőleges dőlésszögük pedig két hidraulikus munkahenger segítségével vezérelhető. A megkívánt aknasűrűség függvényében, előrehaladás közben az aknakonténerek kazettáit lehet egyenként elműködtetni, de lehetséges egy teljes kazettasor vagy az adott konténer valamennyi aknakazettájának egyszerre történő alkalmazása is.

13. ábra. UMZ-K aknaszóró gépjármű 6x6-os alvázon [11]



14. ábra. UMZ-T aknaszóró gépjármű [11]

Az aknatelepítési parancsot az ESZU TZ harcászati vezetési rendszer útján kapja az eszköz, ezt követően önállóan állítja be az akna önhatástalanítási idejét, ezt automatikusan továbbítja az aknakazettáknak, meghatározza a kilóni szükséges aknakazetták típusát, mennyiségét, majd a telepítés után elkészíti az aknamező elektronikus törzskönyvét, az adatokat pedig továbbítja a vezetési pontra.

Az UMZ-K (Универсальный Минный Заградитель-Клещ) és az UMZ-T (Универсальный Минный Заградитель-Тайфун) gumikerekes eszközök rendeltetése harcok elleni, gyalogsági vagy deszant elleni akna szórással történő telepítése a saját csapatok állásai előtt, vagy közelében.

Az UMZ-K a fejlesztési folyamat kezdetén KamAZ-43501 „Patrul” („Патруль”) típusú alvázal rendelkezik, de a 2019. évi haditechnikai bemutatón már 6x6 hajtásképletű Asteys 70202-0000310 járművön helyezték el. (13. ábra)

Az UMZ-T hordozójárműve a KamAZ-K4386 „Tájfун-VDV” (КамАЗ-К4386 «Тайфун-ВДВ») típusú, 4x4 hajtásképletű gépkocsi (14. ábra). Mindkét eszköz defektűrő, központilag nyomásszabályozott gumibroncsokkal, könnyű páncélozott vezetőfülkével rendelkezik (15. ábra), benne korszerű, műholdas navigációs rendszerrel.

A nagyobbik eszköz 6 db aknakonténerrel felszerelve 180 darab, a kisebbik két aknakonténerrel 60 darab aknakazetta kilövésére képes (3. táblázat). Az aknatelepítési feladat részleteinek, az aknakazettákban lévő akna önhatástalanítási idejének programozása a két eszköznél legfeljebb 10 percet, illetve 3 percet vesz igénybe.

3. táblázat. Az UMZ-K és az UMZ-T aknaszórók főbb technikai adatai (A szerző szerkesztése)

UMZ-K	UMZ-T
Tömeg: 18,7 t	Tömeg: 14,5 t
Motor típusa: KamAZ-740.30-260	Motor típusa: KamAZ-650.10-350
Teljesítmény: 190 kW (260 LE)	Teljesítmény: 258 kW (350 LE)
Motor hajtóanyaga: gázolaj	
Sebesség közúton: 100 km/h	
Kezelőállomány: 2 fő	
Aknakonténerek száma: 6	Aknakonténerek száma: 2
Aknaszórás távolsága: > 40 m	
Aknatelepítés sebessége: 40 km/h	





15. ábra. Az UMZ-K aknaszóró páncélozott vezetőfülkéje [11]

Az aknakonténerek ezeken az eszközökön is elfordíthatók oldalra és hátrafelé, így a járművek menet közben a két oldalukon, és akár önmaguk mögött is tudnak aknásfítani. Az UMZ-T eszköz kis méretei és kedvező tömege miatt akár légi úton is szállítható.

ÖSSZEGRÉS

A fenti aknatelepítő eszközök már önmagukban is korszerűnek mondhatók, azonban mesterséges intelligenciával kiegészítve a képességeiket, az aknamezők telepítése még hatékonyabban, pontosabban és gyorsabban hajtható végre. Az aknatelepítés során az ember bevonása nélkül határozzák meg a telepítendő aknák típusát, mennyiségét, programozzák az önhatástalanítási időt, eldöntik az aknásfítási terepszakaszra történő kijutás módját, illetve végrehajtják az aknamező-törzskönyv elkészítését is. A telepítőeszközökkel megvalósítható a rendszerben, illetve a szórással történő aknatelepítés teljes spektruma.

Az aknaszórók egymással kompatibilis aknakazettákat és aknákat használnak, amely tovább fokozza a változatos alkalmazási lehetőségeiket. A következő részben ezeket az aknakazettákat, és az elmúlt években használatba vett új, intelligens harckocsi elleni és gyalogsági aknákat ismerhetjük meg.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Dave Johnson, „ZAPAD 2017 and Euro-Atlantic security,” NATO Review, 14 December 2017. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2017/12/14/zapad-2017-and-euro-atlantic-security/index.html> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [2] Kovács Zoltán, „Oldal elleni aknák” Haditechnika 35. évf. 4. szám, 2001. pp. 36–42.;
- [3] Kovács Zoltán, „Területvédelem – aknával” Műszaki Katonai Közlöny 12. évf. 1–2. szám, 2002. pp. 69–77.;
- [4] Kovács Zoltán, „Az intelligens műszaki zár: Mobil aknamező” Műszaki Katonai Közlöny 16. évf. 1–4. szám, 2006. pp. 161–166.;
- [5] Википедия – свободная энциклопедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%9C%D0%97-3> (Letöltve: 2021.11.8.);
- [6] Forrás: <https://topwar.ru/99923-pregrazhdaya-put-vragu-minnye-raskladchiki-i-zagraditeli-chastvtoraya.html> (Letöltve: 2021.11.08.);
- [7] Forrás: <https://arsenal-otechestva.ru/new/1482-armiya-2021-pokazany-realnye-boevye-vozmozhnosti-novejshikh-sistem-tos-2-i-isdm> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [8] Forrás: <https://i0.wp.com/militaryleak.com/wp-content/uploads/2021/08/isdm-zemledeliye-1.jpg?ssl=1> (Letöltve: 2021.11.8.);
- [9] Forrás: <https://mobile.twitter.com/hashtag/ISDM?src=hash&f=live> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [10] Kovács Zoltán et al., „Gyalogság elleni aknák: 25 év nélkülük” Műszaki Katonai Közlöny 31. évf. 2. szám, 2021. pp. 5–20.;
- [11] Forrás: <https://www.russiadefence.net/t7850-army-2019-military-technical-forum> (Letöltve: 2021.11.08.);
- [12] Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=CmmeF7IKQaQ> (Letöltve: 2021.11.30.).

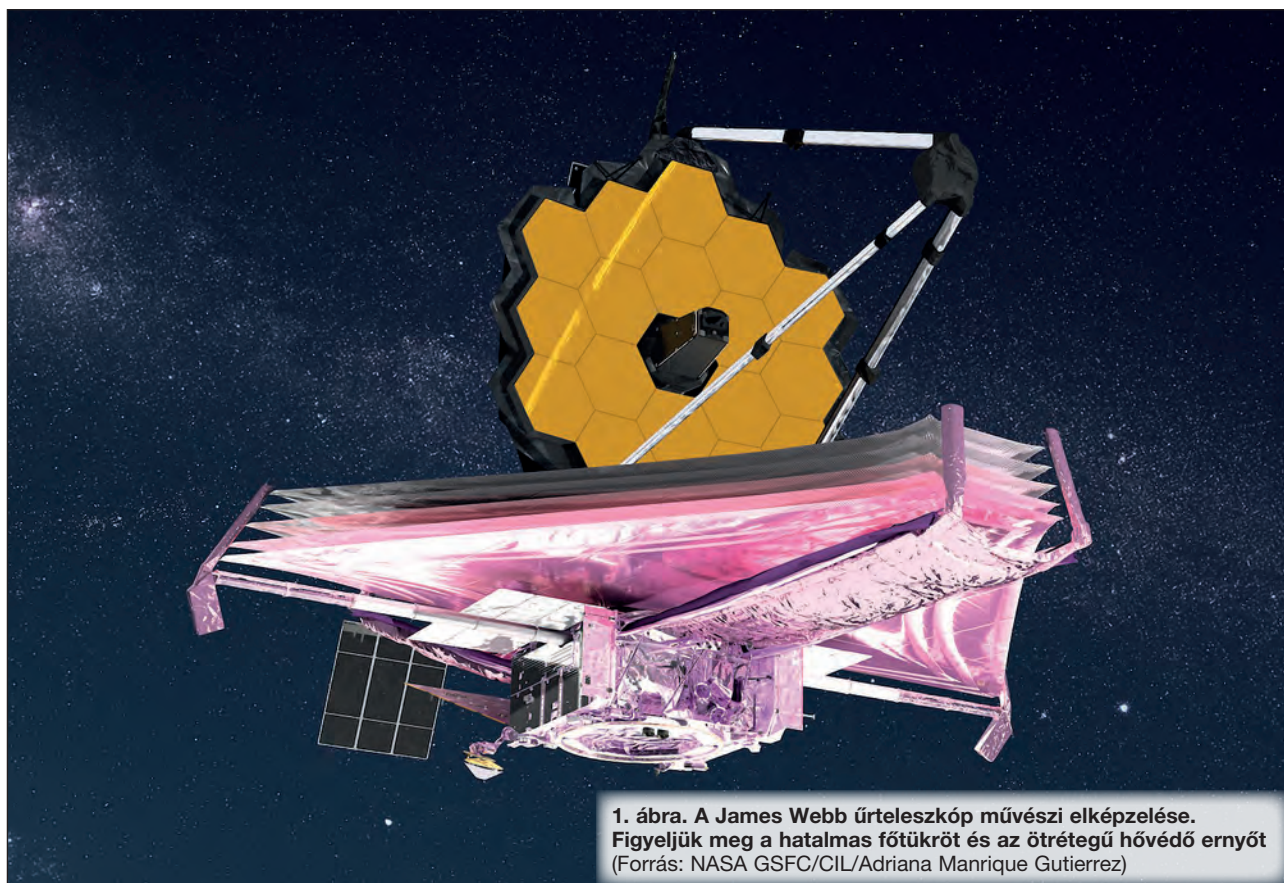
JEGYZETEK

1 A legutóbbi évek gyakorlatai voltak: Déli körzet: Kaukázus–2020, Központi körzet: Központ–2019, Keleti körzet: Kelet–2018, Nyugati körzet: Nyugat–2017.

A poszteren látható Airbus A319-112 típusú stratégiai szállító repülőgép főbb harcászati-műszaki technikai adatai:

Törzshosszúság	33,84 m	Szolgálati csúcsmagasság	39 800 ft (12 100 m)
Szárnyfeszítávolság	34,1 m	Hatótávolság (68 t felszállótömeggel)	6300 km
Szárnyfelület	122,4 m ²	Utazósebesség	0,78 Mach (828 km/h)
Üres tömeg	40 800 kg	Max. sebesség	0,82 Mach (903 km/h)
Üzemanyag-kapacitás (0,8 kg/dm ³ fajsúllyal számítva)	19 368 kg / 24 210 l	Hajtóművek	CFM56-5B6/3
Maximális felszállótömeg/leszállótömeg	70 000 kg / 61 000 kg	Átlagos üzemanyag-fogyasztás	2500 kg/h (magasság függvényében)
Hasznos tömeg (üzemanyag függvényében)	10–20 t	Hajtóművek max. tolóereje	2 × 23 500 lb (10 660 kg)
Felszállópálya min. hosszúsága (max. tömeggel)	1850 m	Leszállópálya min. hosszúsága (max. tömeggel)	1360 m

Forrás: (<https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A319.pdf>)



1. ábra. A James Webb űrteleszkóp művészi elképzelése. Figyeljük meg a hatalmas főtükrozt és az ötrétegű hővédő ernyőt (Forrás: NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez)

Dr. Szabó Róbert*

Felbocsátották a James Webb űrteleszkópot

Míg a legtöbb ember karácsonyi ebédjét fogyasztotta családjá körében, 2021. december 25-én, magyar idő szerint kora délután, több ezer csillagász, és mérnökök egy kisebb csoportja feszült figyelemmel kísérte egy újabb űreszköz felbocsátását Kourou-ból, az Európai Űrügynökség francia guyanai űrközpontjáról. Az űreszköz nem más, mint a James Webb űrteleszkóp (James Webb¹ Space Telescope – JWST), egy infravörös távcső, amely sokak szerint forradalmasítani fogja az elkö-

vetkező évek, évtizedek asztrofizikáját. Mi is hát ez a maga 10 és fél milliárd dolláros árcímkejével a „valaha épített legdrágább űrtávcső”-nek aposztrofált, sokszor elhalasztott, és többször majdnem leállított misszió, amely amerikai és európai, kisebb részben pedig Kanada által finanszírozott tudományos vállalkozás? Rövid írásunkban ezt mutatjuk be.

A Föld körül keringő, és három évtizede működő Hubble² teleszkóp színes és megragadó képeivel szinte mindenki

ÖSSZEFOGLALÁS: Többszöri halasztás után 2021. december 25-én, az Európai Űrügynökség francia guyanai Kourouban lévő indítóállomásáról – egy Ariane-5 rakéta fedélzetén – felbocsátották a James Webb űrteleszkópot. A Hubble űrteleszkóp utódjaként fejlesztett eszköz a NASA legnagyobb hatékonyságú és legösszetettebb űrteleszkópja, amely a következő évtizedekben infravörös fény segítségével kutatja a kozmoszt, a Naprendszeren belüli bolygókat és holdakat, a legősibb és a legtávolabbi galaxisokat.

KULCSSZAVAK: űrteleszkóp, Európai Űrügynökség (ESA), Ariane-5 rakéta

ABSTRACT: After having been postponed many times, on 25 December 2021, the James Webb Space Telescope on an Ariane-5 rocket was launched from the European Space Agency's launch pad in Kourou French Guiana. The equipment developed as the successor of the Hubble Space Telescope is the most powerful and the most complex space telescope of the NASA that will explore the cosmos, the planets and moons in the Solar System, the oldest and farthest galaxies using infrared light over the coming decades.

KEY WORDS: space telescope, European Space Agency (ESA), Ariane-5 rocket

* PhD, DSc, igazgató, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet. ORCID: 0000-0002-3258-1909



találkozott. A földi légkör zavaró hatásaitól megszabadulva, soha nem látott részletességgel tárta fel az univerzum titkait. A legtávolabbi, és éppen ezért leghalványabb galaxisoktól kezdve, a pazar csillagkeletkezési területeken keresztül a Naprendszer több bolygójáig számos lenyűgöző képe került a populáris kultúra fősodrába, elég csak a „Teremtés szlopoi” néven elhíresült felvételre gondolnunk. A Hubble-t, az űrsiklóknak köszönhetően ötször szervizelte űrhajósmisszió, a legtöbb egységét lecserélték, ennek ellenére működésének végéhez közeledik. Már évtizedekkel korábban felmerült, hogy a Hubble utódja egy még nagyobb fénygyűjtő- és felbontóképességű, de infravörösben működő távcső legyen. Így született meg a James Webb űrtávcső koncepciója.

Miért szeretjük az infravörösben működő eszközöket? Egyrészt az infravörös tartományban a viszonylag hideg univerzum tárul fel: hősugárzásuk révén „láthatók” a születőben lévő csillagok és bolygórendszerek. Infravörösben jórészt átlátunk a galaxisunk síkjában gyakori por- és gázfelhőkön is. Nem utolsósorban pedig, ha a távoli kozmikus múltat vizsgáljuk, akkor az univerzum tágulása és a jól ismert Doppler-effektus miatt minden égitest fénye a hosszabb hullámhosszak felé tolódik el. Így, ha a legtávolabbi és egyben legősibb galaxiskezdeményeket szeretnénk tanulmányozni, akkor szintén infravörösben célszerű vizsgálódnunk. Ez azt is eredményezi, hogy az űreszközt védeni kell a közvetlen napsugárzástól. Ezt a funkciót a James Webb távcső esetében egy ötrétegű, különleges anyagból készült fólia (hővédő ernyő) látja el. A JWST nemcsak képalkotó, hanem spektroszkópiai vizsgálatokat lehetővé tévő műszerekkel is rendelkezik. A műszereket aktívan kell hűteni, és hőmérsékletüket nagyon stabilan, mindössze néhány fokkal az abszolút nulla hőmérséklet felett kell tartani. A távcső maga -223, a közeli infravörösben működő műszerek -234, míg a közép-infravörösben működő műszer (Mid Infra-Red Instrument – MIRI) -266 °C-on fog működni.

A James Webb egyik legszembetűnőbb alkotóeleme a 6,5 méter átmérőjű, arannyal bevont berilliumból készült főtükör, amely 18 db hatszögletű szegmensből áll. (1. ábra) A képet egy segéd-tükör irányítja a távcső „lelkét” jelentő műszerekbe. A technikai bravúrnak is tekinthető eszköz a Nap-Föld-rendszer második Lagrange-pontjába³ került, amely másfél millió kilométerre van a Földtől a Nappal ellentétes oldalon, és ez a pozíció biztosítja az eszköz számára a zavartalan megfigyeléseket. Ez egyrészt az állandó hőmérséklet szempontjából fontos, de az is lényeges szempont, hogy sem a Nap, sem a Föld/Hold rendszer nem kerül az érzékeny műszerek látómezejébe, mivel azokat nem fordítják a három közel azonos irányban látszó, leginkább zavaró égitest (Nap, Föld, Hold) felé.

Miben más tehát a James Webb az eddigi, űrben működő távcsövekhez (pl. a Hubble-höz) képest? Pályájából adódóan az új „sztáreszköz” nem szervizelhető, a célpontok beállításához és a pályakorrekciókhoz azonban hajtóanyagra van szüksége, amely várható élettartamát is meghatározza. A legfrissebb becslések szerint, ha nem történik technikai probléma, akkor a JWST akár két évtizeden keresztül is a csillagászati kutatások zászlóshajója lehet. A James Webb inkább célműszer, szemben a Hubble űrtávcsővel, amely a csillagászok „svájci bicskájaként” szinte mindent megfigyelt, a legtávolabbi galaxisoktól a Naprendszeren át, a látványos galaktikus kódóig. A JWST az univerzum hideg helyeire specializálódik. A távoli csillagok körül keringő exobolygókat és azok légköri viszonyait és összetételét is tudja majd vizsgálni, keletkező csillag- és bolygórendszerek is célpontjai lesznek, valamint az ősrö-

banás után létrejött első galaxiskezdeményeket is meg tudja örökíteni, várhatóan számos kozmológiai eredményel gazdagítva a tudományt.

A James Webbnek magyar vonatkozásai is vannak. Egyrészt, az egyik műszer elektronikai fejlesztésért felelős mérnök Detre Örs⁴, aki hazánkia, és jelenleg Németországban dolgozik. Másrészt a teleszkóp használatáért sokszoros a túljelentkezés, szinte már öldöklő verseny van kialakulóban. A „távcsőidő” minden egyes órájáért alaposan alátámasztott, részletes kutatási tervet kell benyújtani (lehetőleg a várható eredményeket és azok jelentőségét is részletesen bemutatva). Az egyik sikeres tudományos pályázat pedig éppen a budapesti Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) Csillagászati Intézetéből érkezett, amely programot Abraham Péter⁵ vezet, és amely egy fiatal csillag körüli korongban található anyag fizikai és kémiai jellemzőinek vizsgálatát célozza. Ezenkívül több Magyarországon és külföldön dolgozó kutató is résztvevője szupernóvák, hideg törpecsillagok vagy éppen galaxisunk négy milliárd naptömegnyi központi fekete lyukának vizsgálatát célzó sikeres JWST műszeridő-pályázatoknak.

Jelen sorok írásakor minden tökéletesen a tervek szerint halad, a fő egységek és a műszerek beállítása zajlik. A folyamat zökkenőmentessége már csak azért is figyelemre méltó, mert a mérnökök több mint 300 olyan lehetőséget azonosítottak, ahol végzetes hiba csúszhatott volna a tervekbe. Ez abból adódik, hogy a teleszkóp mérete és komplexitása miatt számos olyan mérnöki megoldással kellett élni, amelyek nem szokványosak, és kockázatosak voltak miatt eddig nem is alkalmazták őket. Ezek közé tartozik a főtükör összehajtogatott állapotban való szállítása, majd az űrben történő szétnyitása, a napelemek kihajtogatása, a hővédő ernyő kifeszítése és a segéd-tükörtartó állványzat pozícióba mozgatása. A James Webb első tudományos képeinek közzététele ez év nyarán várható. Izgalommal várjuk a jeles eseményt, és olvasóinknak is beszámolunk a fejleményekről.

JEGYZETEK

- 1 James Edwin Webb (Tally Ho, 1906. október 7. – Washington D.C., 1992. március 27.) a NASA második főigazgatója volt 1961 és 1968 között. Az ő vezetése alatt zajlottak a NASA olyan sikeres űrprogramjai, mint az Apollo-program (benne a Holdra szállással), a Mercury-program, vagy a Gemini-program.
- 2 Edwin Powell Hubble (Marshfield, Missouri, 1889. november 20. – San Marino, Kalifornia, 1953. szeptember 28.) amerikai csillagász, aki felfedezte, hogy a galaxisok nem a Tejútrendszer részei, valamint felfedezte a kozmikus vöröseltolódást. Az elsők között érvelt amellett, hogy a távoli galaxisok vöröseltolódását a világegyetem tágulása okozza.
- 3 A Lagrange-pont a csillagászatban a tér azon pontja, amelyben egy kis test két nagyobb test együttes gravitációs vonzásának hatására azokhoz képest közelítőleg nyugalomban maradhat. Joseph-Louis Lagrange (Torino, 1736. január 25. – Párizs, 1813. április 10.) itáliai születésű francia matematikus, a matematikai analízis és az égitestek mechanikája területén elért eredményeiről híres. A róla elnevezett pontok létezését ő vezette le 1772-ben.
- 4 Detre Örs Hunor (1977. január 4. –) elektromérnök, fizikus, csillagász 2008-ban került a világhírű heidelbergi Max Planck Intézetbe, ahol rövid időn belül ő lett a James Webb űrtávcsövet (JWST) fejlesztő csapat, napjaink legnagyobb űrkutatási vállalkozásának az egyik vezető fejlesztője.
- 5 Abraham, Péter (1964. július 20. –) PhD, DSc, az MTA Doktora, tudományos tanácsadó, a Csillagászati Intézet korábbi igazgatója (2010–2015), a CSFK első főigazgatója (2012–2015).



1. ábra. Protar légvédelmi célrepülőgép
(Forrás: Genevation)

Dr. Farkas Csaba, PhD* – Nagy Attila** – Csák Attila***

A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon I. rész

A LÉGVÉDELMI CÉLANYAG FEJLESZTÉSÉNEK SZÜKSÉGE

A repülőipar egyik leggyorsabban fejlődő területe világviszonylatban a pilóta nélküli légi járművek alkalmazhatóságának kiterjesztése a minél szélesebb körű civil és katonai felhasználhatóság érdekében. Annak ellenére, hogy Magyarországon alig tucatnyi hazai tulajdonú vállalat végez ilyen tevékenységet, a jövőben megteremthetjük e szakterület magas szintű műveléséhez szükséges korszerű technológiák, és a megfelelő háttértudás nemzetközi szinten is értékesíthető piacának alapjait. A hazai drónipar egyik legsikeresebb, ugyanakkor kevésbé – lényegében csak a szakmai körök által – ismert területe a katonai felhasználá-

sú pilóta nélküli célrepülőgépek fejlesztése és gyártása. A haderők légvédelmi csapatai számára a speciális célból alkalmazásra kerülő célanyag mindig is fontos szerepet töltött be – bár a jövőben új kihívásoknak kell megfeleljenek –, alkalmazásuk nemcsak célszerű, hanem nélkülözhetetlen is. Magyarországon a METEOR típuscsalád (2. ábra) hosszú időn át segítette a légvédelmi alegységek felkészítését, harckészültségük magas szinten tartását.

A dróniparban zajló rohamos fejlődés, továbbá a Magyar Honvédségnél folyamatban lévő Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során rendszeresítésre kerülő új eszközök együttesen szükségessé teszik egy alapjaiban új, a METEOR típusokhoz képest magasabb képességekkel

ÖSSZEFOGLALÁS: A katonai célú pilóta nélküli repülőeszközök, széleskörű alkalmazási lehetőségeik miatt a jövőben jelentős szerepet fognak betölteni a különböző nemzetek haderőiben. A felhasználói terület robbanásszerű növekedés előtt áll, előrejelzések szerint elérhető az idő, amikor a fedélzeten helyet foglaló pilóta alkalmazására már nem lesz szükség. Magyarországon a Magyar Honvédség Modernizációs Intézete, a Rotors & Cams Zrt. és a Genevation Aircraft Kft. égisze alatt világviszonylatban is különleges pilóta nélküli repülőeszköz fejlesztési program zajlik.

KULCSSZAVAK: katonai, pilóta nélküli, célanyag, repülőeszköz, Protar, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ABSTRACT: Application of military specified unmanned aerial vehicles in the future will be notable in sate operator due to wide range of applications. The operational potential of that kind of vehicles is growing fast, according to the prognosis the pilots in the cockpit will not be justifiable. The based on the Hungarian Defense Forces Modernization Institute, the consortium of Rotors & Cams Plc. and Genevation Aircraft Ltd. launched a significantly development program to create a special unmanned aircraft.

KEY WORDS: military, unmanned, TARGET-UAV aerial vehicle, Protar, Defense and Armed Forces Development Program

* A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Genevation Aircraft Kft. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0001-9564-8026

** A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Rotors&Cams Zrt. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0002-7398-7112

*** Órnagy, Protar projektvezető, MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0003-0982-1721





2. ábra. METEOR 3MA gázturbinás pilóta nélküli repülőgép. A 2019-ben felújított, repülőeszköz 2021-ben került a RepTár Szolnoki Repülőmúzeumba (Fotók: RepTár Szolnoki Repülőmúzeum; [1])

rendelkező légijármű-rendszer alkalmazását. A Magyar Honvédség szakállománya megvizsgálta a bérlés, a beszerzés, valamint a fejlesztés lehetőségeit. A vizsgálat eredményeként a Magyar Honvédség Modernizációs Intézete egy hazai fejlesztési projektet indított a korábban megszerzett tudás, és az üzemeltetési tapasztalatok alapján. Hazai környezetben is adott a képesség arra, hogy a nemzetközi összevetésben is magas színvonalú pilóta nélküli célrepülőgép fejlesztése költséghatékonyan, alacsony kockázattal, magas hozzáadott innovációs értékkel jöjjön létre. A szükséges jóváhagyások megszerzése és az előkészítési munkák után a kutatás-fejlesztési projekt megindult, és napjainkban is tart. A műszaki követelmények meghatározása az új légvédelmi rakétarendszerek képességeit figyelembe véve, valamint a szektorban elérhető versenyképes eszközök paramétereit alapján történt. A célrepülőgép létrehozását és a hozzá kapcsolódó, az üzemeltetéshez szükséges eszközrendszer fejlesztését a Magyar Honvédség Modernizációs Intézet felügyelete alatt a hazai Rotors & Cams Zrt. és a Genevation Aircraft Kft. végzi.

MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓK ÉS ALKALMAZÓI ELVÁRÁSOK

Alapvető követelményként került megfogalmazásra egy olyan merevszárnyú, gázturbinával hajtott, pilóta nélküli repülőgép létrehozása, amelynek indítása földi telepítésű, a mindenkori széliránynak megfelelően pozícionálható, egyenetlen talajú és kedvezőtlen környezeti terepviszonyú munkaterületről katapult alkalmazásával történik. Amennyiben a művelet jellegéből adódóan a céleszköz nem kerül megsemmisítésre, annak földet érése ejtőernyővel történik. Funkciójából eredően az eszköznek biztosítania kell a földlevegő fegyverrendszerek által alkalmazott harc- és tűzvezető elemek, szenzorok és a különböző típusú rakéták számára agresszor szerepkört betöltő légi imitációt. A repülőgép formai kialakítására vonatkozóan nem voltak kötött előírások, csupán a geometriai méretek kerültek behatárolásra, amely alapján a szárnyfesztáv-, a hosszúság- és

a magasságértékek felső határait maximalizálták. Üzemeltetési feltételek alapján a fejlesztett eszköznek meg kell felelnie a repülési sebességek, a csúcsmagasság, a terhelhetőség, a hasznos terhelés, a hatótávolság és az üzemidő vonatkozásában is. További üzemeltetési elvárás volt a teljesen autonóm és/vagy könnyített manuális üzem vészhelyzet esetére, az operátoros irányíthatóság mobil földi állomásról. A kiszolgáló rendszernek biztosítania kell a távfelügyeletet a vezetési pontról, amely alapján a repülési adatok és az útvonal megjeleníthetők, nyomon követhetők. Ennek értelmében a rendszernek képesnek kell lennie a két adathalmazt olyan formában kialakítani és tárolni, hogy megfelelő fogadóállomás esetén az továbbítható legyen. A távoli vezetési pont fejlesztése nem része a projektnek. Természetesen a gép nyomon követése biztonsági, titokvédelmi szempontból nem hajtható végre bárki által, az adattovábbítás nem történhet nyílt hálózaton. A rendszer egyik különlegessége, hogy egyidőben akár három céleszközt is képes irányítani úgy, hogy azok kötelékrepülést hajthatnak végre. A kötelékrepülés során a légi járművek elkülönítési értékei a légvédelmi feladathoz, az adott repülési profilhoz igazítva szabadon paraméterezhetők. A repülésbiztonságot szem előtt tartva lényeges, hogy a pilóta nélküli célrepülőgép a biztonságos üzemet befolyásoló tényezők, hibajelenségek automatikus azonosítására és hibajavításra legyen képes. Vészhelyzetben, amikor a fedélzeti rendszer a repülési feladat folytatását kockázatosnak ítéli, automatikus vészhelyzeti eljárásnak kell lefutnia, amely eredményeként az adott helyzethez igazodó, repülést megszakító eljárás kerül alkalmazásra. Az abnormalis, illetve a veszélyesnek ítélt helyzetek kezelésében a légi jármű operátorainak is szükséges beavatkozási lehetőséget biztosítani. Ennek érdekében, a földi irányító állomáson a repülési paramétereken túl, a vészhelyzetek menedzseléséhez szükséges adatokat szöveges és hangos üzenetek formájában is meg kell jeleníteni. A 2021. év elején életbe lépett szabályozás [2] a fejlesztés alatt álló célrepülőgép kategóriájába eső pilóta nélküli légi járművekre előírja egy, a rendszertől teljesen független, ún. Flight Termination

Modul integrálását, így jelenleg ez a modul is a fejlesztés tárgyát képezi. A rendszer másik különlegessége a katalpult, amely a felhasználói igényeknek megfelelően több légi jármű gyors, egymást követő indítását (kilövését) biztosítja. A szokványos – pneumatikus és gumiköteles – eljárások ezt az igényt egyáltalán nem, vagy csak kompromisszumok árán támogatják, így a fejlesztés ezen fázisa is komoly kihívások elé állította a fejlesztőket.

FORMATERVEZÉS ÉS AERODINAMIKA

A légi járművet fejlesztő munkacsoport a meghatározott és elvárt követelmények vonatkozásában a NATO STANDARD AEP-83 Light Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements Edition A Version 1 [3] a könnyű, pilóta nélküli légi jármű-rendszerek légi alkalmassági követelményeiről szóló AEP-83 NATO-szabvány [3] előírásrendszer figyelembe véve kezdte el a formavilág és az ahhoz szorosan kapcsolódó aerodinamika kialakítását. Aerodinamikai szempontból két sebességadat határozta meg a koncepció kialakítását. Egyfelől a földi indítóberendezés $v_{rel} = 120$ km/h kilövési sebességre gyorsítja a rendszert, másfelől a maximális repülési sebességnek legalább $v_{max} = 360$ km/h-nak kell lennie. Bár a követelmények alapján a légi jármű meghajtása gázturbinával történik, a forma kialakításánál figyelembe kellett venni, hogy egy jövőben jelentkező felhasználói igény esetén, a gépbe robbanómotorral meghajtott légszavaros meghajtású rendszer is beépíthető legyen. Az

előtervezés során a munkacsoport a konvencionális geometriai elrendezéstől kezdve, a delta-kacsán keresztül a teljes deltaszárny kialakításokig, több koncepciót is megvizsgált. A hagyományos szárny- és vízszintes vezérsík elrendezést azért kellett elvetni, mert kedvezőtlen terepen történő földet érés esetén – az irányfelületek elrendezéséből adódóan – a konstrukció olyan mértékű sérülést szenvedhet, amelynek terepi körülmények közötti javítására nincs mód. A már említett delta-kacsa és teljes deltaszárny elrendezések formatervezése és aerodinamikai elemzésük hónapokon keresztül párhuzamosan zajlott, felsorakoztatva pro és kontra érveket. Mindkét esetben a kiinduló prezmupciót (feltevést) a $v_{rel} = 1,3 \cdot v_{min}$ felszálló-, és átesési sebesség közötti kapcsolat jelentette. Abból kellett kiindulni, hogy a kilövés biztosította kötött felszállósebességből származtatva mekkora átesési sebesség adódik, és ahhoz mekkora méretű szárnyfelületre, és milyen alkalmazásra kerülő szárnyprofilra van szükség. Ez a normál repülőgéptervezési gyakorlattal antitetikus (ellentétes), amely így magában hordozhatja egy esetleges szerkezeti túlméretezés lehetőségét is, erre a fejlesztés során tekintettel kellett lenni. Az egyetemes módszer szerint a megépítés céljából tervezett repülőgép átesési sebességét az ahhoz tartozó geometriai adatok szerint határozzák meg:

$$v_s = \sqrt{\frac{2G}{\rho \cdot C_L \cdot A}} \quad (1)$$

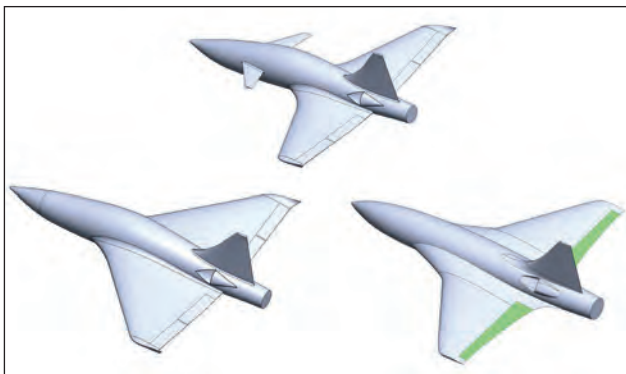
ahol: $G \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]$ – a légi jármű maximális repülési tömege,

$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ – a közeg sűrűsége,

C_L – a szárnyprofilra érvényes felhajtóerő tényező.

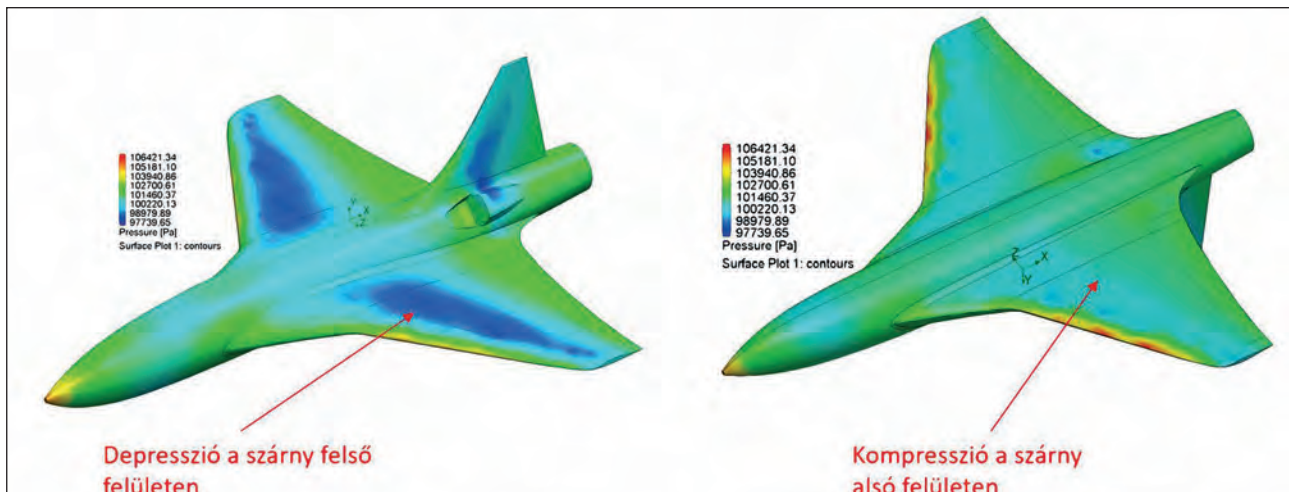
$A \left[\text{m}^2 \right]$ – a szárny felhajtóerőt termelő összes felülete – összefüggés felhasználásával. [4]

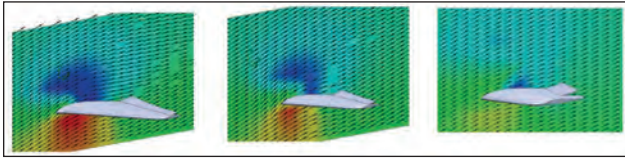
Ez a szélső, alsó feltétel eredményezi a biztonságos felszállósebességet a két érték közötti arány figyelembevételével. A tervezés során a jelentkező ametriát (aránytalan-ságot) CFD- (computational fluid dynamics – számítógéppel végzett áramlástan szimuláció) az eljárás során iterációkkal igyekeztünk kezelni, továbbá elemeztünk többféle szárnyprofil-kialakítást. A három konfiguráció: a delta-kacsa és a teljes deltaszárnyú formaterv jelentősen eltér egymástól, ez utóbbiból két különböző geometriai változat is készült. (3. ábra) A zöld színnel jelölt irányítófelületű változat került megépítésre, ennek deltaszárny-kialakítása ún.



3. ábra. Az elkészült formatervek CAD számítógépes programmal készült modelljei (A szerzők szerkesztése)

4. ábra. A Protar forma CFD aerodinamikai vizsgálata a tervezés fázisában (A szerzők szerkesztése)





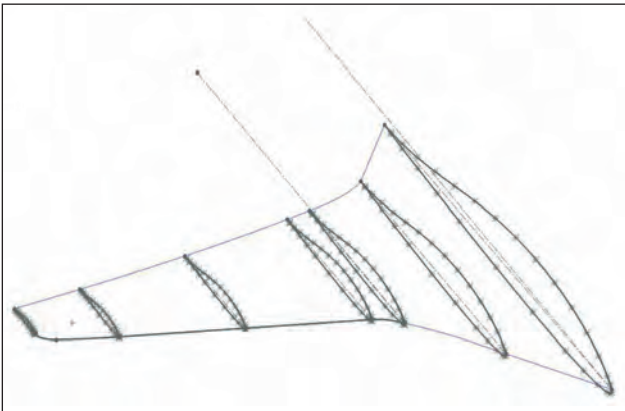
5. ábra. Protar kormányfelület CFD aerodinamikai vizsgálata a tervezés fázisában (A szerzők szerkesztése)

cranked arrow (hajlított nyíl alakú) változat. Jellegzetessége, hogy a belépőél duplán tört, a kilépőél ívelt kialakítású. Ezek a geometriai formák biztosítják a szárny aerodinamikai középpontjának (aerodynamic center – AC) hátrébb tolását, ezáltal az SM (static margin – statikus stabilitás mérőszáma) -érték növelését.

A profil kiválasztásánál különösen lényeges szempont volt a $v < 100$ km/h alatti repülési tartományban kedvező, kis repülési sebességű aerodinamikai karakterisztika biztosítása. A már említett kedvező, kis sebességű repülési tulajdonságok mellett, egy a követelményeknek eleget tevő diszjunkciót (ellentétet) is figyelembe kellett venni. A tervezőktől a profil kialakításakor elvárt igény, hogy igény, hogy nagyobb repülési sebességek esetén $v > 360$ km/h az ellenállási tényező csökkentése, és a szárny nyomatóki tényező minél kisebb értéken történő tartását is biztosítsák. A már említett CFD-eljárások alkalmazásával, (4. és 5. ábra) több profilkialakítás vizsgálata után, került kiválasztásra egy kevert, aszimmetrikus profilrendszer.

Több aerodinamikai iterációt követően jutottunk arra az álláspontra, hogy aerodinamikai, és egyben geometriai szempontok szerint elcsavart profilt célszerű alkalmazni. A szárnyprofil szerkesztésekor (6. ábra) a repülőgép hossz tengelyében alkalmazásra kerülő „elméleti” tőprofil és a szárny törővégén használt profil eltérnek egymástól. A kettő között több helyen a geometria megfelelő „simítása” céljából keverékprofilok alkalmazására volt szükség. Az így kialakuló aerodinamikai effektív geometria társított rendszerű, amelynek elméleti tőprofilja nagyobb beépítési szögben került pozicionálásra a hossz tengelyhez képest. A szárnygeometria és az alkalmazott profil vonatkozásában több kedvező szempont teljesül. A szárny duplán nyílazott, ez kifejezetten fontos csupaszárny, vízszintes vezérsíkkal nem ellátott repülőgép esetén, hiszen a szárny AC-pontja hátrafelé tolódik. A szárny geometriai szempontból csavart (a szárnytőben nagyobb beállítási szög kerül alkalmazásra, mint a szárny végén), így az indukált ellenállás kedvezőbb, növekszik a vízszintes repülési sebesség. Emellett a tőprofil hamarabb esik át, mint a végprofil, így a

6. ábra. Protar szárnyprofil szerkesztése CAD tervezőprogrammal (A szerzők szerkesztése)



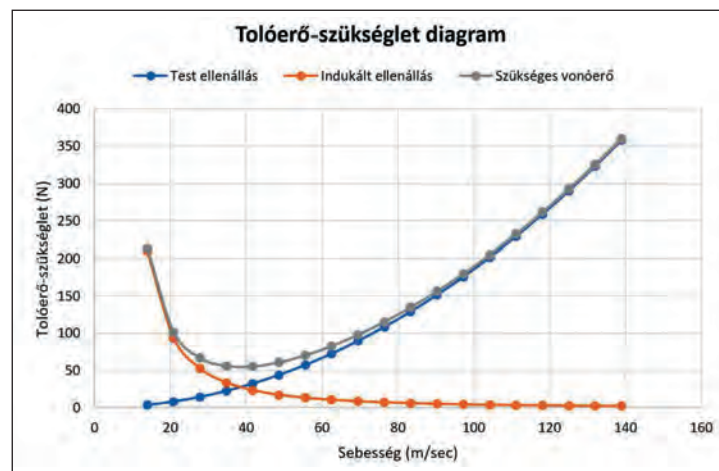
kormányzás kis sebességen is aktív marad. Ez a körülmény kedvező a lebillenés ellen, és iránystabilitás szempontjából is. A szárny aerodinamikai szempontok szerint is elcsavart, a szárnytőben olyan profilt alkalmazunk, amely kis sebességű repülés esetén kedvező, míg a szárnyvégen nagyobb repülési sebességtartományra optimalizált profil dolgozik, a kettő szinergiája biztosítja a széles sebességtartományban történő alkalmazhatóságot.

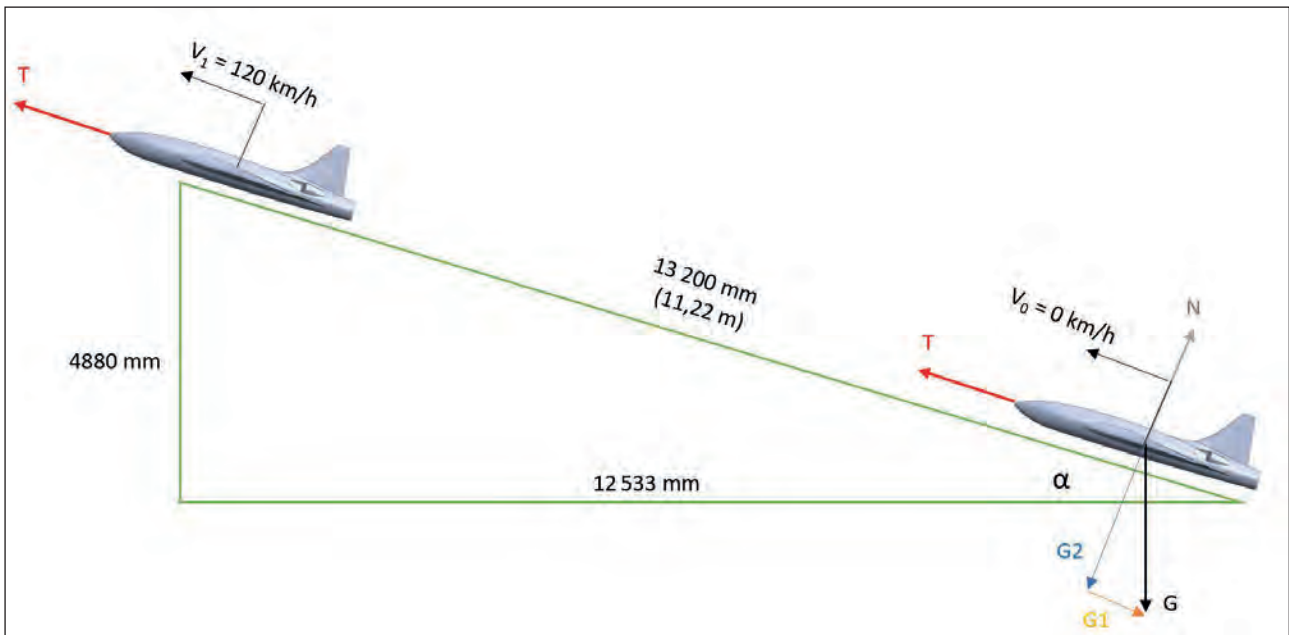
A munkacsoport tagjai a tervezés során végzett kalkulációkból arra a következtetésre jutottak, hogy a stabilitás, a kormányzási hatásosság és az aerodinamikai jellemzők figyelembevételével a delta-kacsa elrendezés alkalmazása a legcélszerűbb, de a mérnökök végül ennek a prototípusnak a megépítését elvetették. Ennek oka, hogy a kacsaszárny, mint kiálló felület a földet éréskor sérülékeny lehet, másfelől a tervezés során, még fejlett számítógépes szimulációs eszközöket felhasználva sem volt lehetőség annak megbecslésére, hogy a visszatérítő ernyő nyitásának pillanatában az ernyő zsinórzata összeakad-e a kacsaszárnyal.

KONSTRUKCIÓ ÉS A RENDSZERTERVEZÉS INTEGRÁCIÓJA

A forma és az aerodinamika kialakítását követően az elméleti súlypont, és ahhoz kapcsolódó tartományok meghatározása következett, amelynek során meg kellett határozni a repülőgéptest vonatkoztatott koordináta-rendszerét és az abban elhelyezkedő rendszer elemek elvi pozícióját a hozzájuk tartozó tömegekkel. A CG (centre of gravity – tömegközéppont) -helyzet, és annak tartománya az AC-pont figyelembevételével került véglegesítésre, ami meghatározza a stabilitást is. A rendszerek kialakítását, és azok elemi pozícionálva az addigi anyagi pont mechanikai vizsgálatát felváltotta a rendszer dinamikai vizsgálata, amely modellel már teljesítménykalkulációkat is lehetett végezni. Meghatároztuk a repülőgép teljesítménypolárisát, úgymint a teljesítményszükséglet (7. ábra), üzemidő, hatótávolság, várható tüzelőanyag-felhasználás, emelkedőképesség, nevezetes sebességértékek, sebesség-terhelés görbe (ún. v-n gráf), továbbá a katapulttal történő indítás (8. ábra) mechanikai erőviszonyai, a gyorsítási hatás eredményezte terhelési érték és a repülőgéptesten fellépő lokális erő komponensei. Többszöri ellenőrzést, validálást és rendszertervezést követően a (9. ábra) szerinti viszonylagos tömegeloszlással definiált integrációeloszlást a munkacsoport elfogadottnak tekintette, és a repülőgép elméleti ter-

7. ábra. Protar tolóerő-szükséglet meghatározása grafikai függvényben ábrázolva (A szerzők szerkesztése)





8. ábra. A Protar katapultindítás elméleti erőviszony és geometria ábrája (A szerzők szerkesztése)

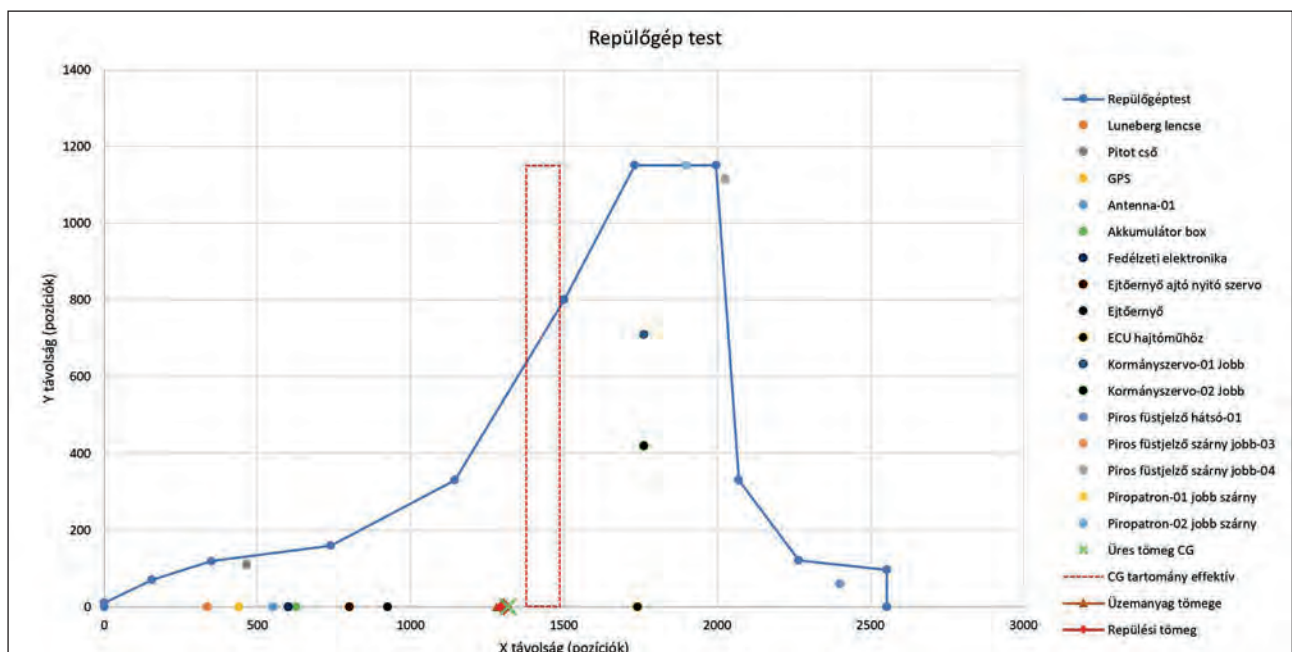
vezését befejezte. Következő lépésként a formafelület belső szerkezetének kialakítása következett.

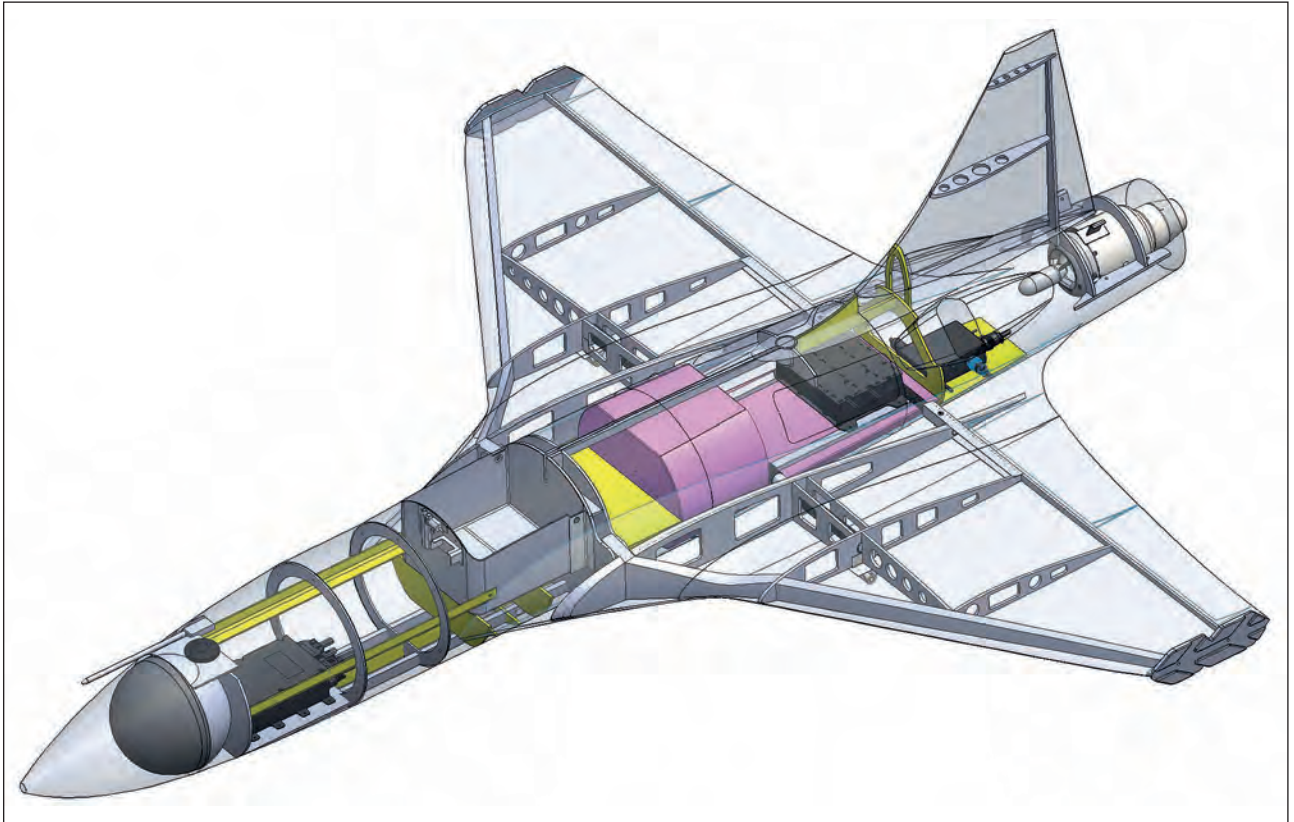
A munkacsoport a rendszerelemek tömeg- és térfogatadatainak ismeretében hozta létre a 10. ábrán látható belső szerkezeti elem-struktúrát, amely a repülőgép szilárdsági megfelelőségét biztosítja, egyfelől ellenáll a gépet érő aerodinamikai és földi terheléseknek, másfelől a centrolán részbe transzformálja a külső erőkből származó belső feszültségeket.

A sárkányszerkezet kialakítását úgy tervezték meg, hogy az kompozit gyártástechnológiai eljárással készüljön, alapvetően karbon-kevlár laminátum rendszerrel. A konstrukción belül, ahol az inerciaviszonyok igénylik a nagyobb vastagságot, cellás szerkezetű maganyag is beépítésre kerül.

A törzs és a szárny felépítése is héjszerkezet kialakítású, amelynek merevségét a külső borítás (maga a héj) adja, több helyen belső elemekkel, főtartókkal és bordákkal megtámasztva. Azok elsődleges célja a héj kihajlásának gátlása és a légerők felvétele, majd átadása a törzsnek. A szárny két félrészből áll, a függőleges vezérsíkkal egy központi egységet képez. A felszárnyak leszerelhetők, így a repülőgép szállítása szétszerelt állapotban könnyen megoldható. A felszárnyak két főtartós kialakításúak, a főtartók bekötései a törzshöz csapokkal, csavaranya rögzítéssel csatlakoznak. A két felszárnyat egy központi (mellső) és egy segéd (hátsó) közösítő (ún. cseszterton) csap-hüvely integráció köti össze egymással, amelyek biztosítják a szárny és törzs statikai határozottságát. A központi hüvely

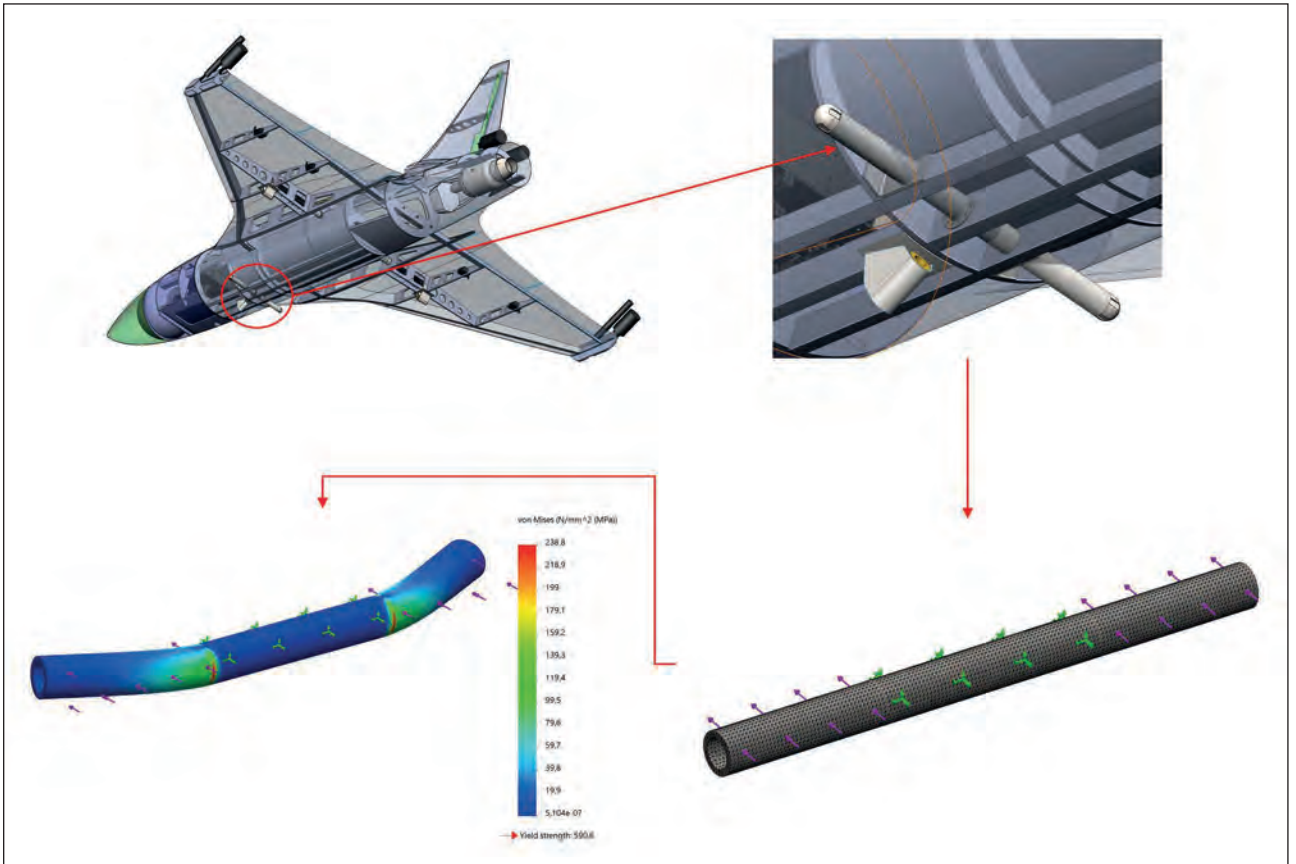
9. ábra. Protar rendszerelemek elhelyezése és CG-kalkuláció (A szerzők szerkesztése)





10. ábra. A Protar szerkezeti kialakítása a főbb rendszerelemekkel (A szerzők szerkesztése)

11. ábra. A Protar katapult támasztó-rögzítő karjának szilárdsági ellenőrzése FEM-módszerrel (A szerzők szerkesztése)



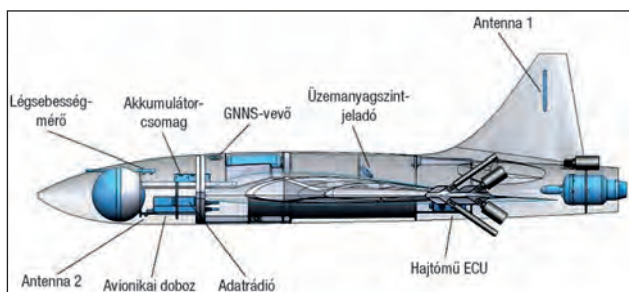
erőhatásvonala a mellső központi főtárhoz fut ki, így garantálva a terheléstranszformációt a legfontosabb szerkezeti elembe. A szárnyon belül három borda található, ezek közül a csavarásnak kitett kritikus többorda C kialakítású, a másik két segédbrda síklap panel. A szárny kilépőlein kerültek elhelyezésre a servo vezérlésű, elevon-rendszerű kormánylapok. A törzsbe az avionikai, elektronikai és hajtásrendszer elemei szerelvényilásokon keresztül építhetők be. A rendelkezésre álló tér biztosítja a berendezések könnyű rögzíthetőségét, csapatkörülmények közötti gyors cseréjét. A tervezés során a kritikus szerkezeti elemek szilárdsági ellenőrzését a munkacsoport FEM (finite element method – számítógép alapú véges elem módszer) alkalmazásával végezte. Az eljárásra példa a 11. ábrán látható, a repülőgép belső kompozitszerkezetébe beágyazott, ötvöztött acélcső véges elemhálója és a terhelőerők hatására fellépő feszültségeloszlási kép a maximális feszültségértékkel. Ez a terhelés a katapult támasztó-rögzítő karján ébred.

FEDÉLZETI ELEMELK, VALAMINT A REPÜLÉSTÁMOGATÓ ÉS -KISZOLGÁLÓ RENDSZER

A Protar vezérléséért egy komplex hálózat felel, amelynek két fő egység szintű komponense a légi fedélzeti rendszer és a földi támogató-irányító munkaállomás. A légi fedélzeti rendszer globálisan magába foglalja a fedélzeti tápellátás, a kommunikáció, a navigáció, a meghajtás és az egyéb szabályzó-irányító-mérő elektronikus összetevőket, tehát a szenzorokat és a szervomechanizmusokat. A légi jármű erőforrása egy darab gázturbina, amelynek vezérlését saját ECU-ja (electronic control unit – elektronos szabályzó egység) végzi. A Protar repülésének folyamatos kontrollálását, az egyes érzékelők és beavatkozó egységek összehangolását a fedélzeti avionikai rendszer végzi. Az avionikai rendszer négy fő komponensből áll: (1) a repülésvezérlő robotpilóta, (2) a kommunikációs, (3) az energiaellátó és a (4) belső-külső hasznos teher (payload) alrendszerek. A fedélzeti avionika-elektronika rendszer elemeinek főbb elemei a 12. ábrán láthatók.

Az alrendszerek érzékelőelemei az egyes szenzorok: barometrikus magasságmérő, fűthető pitot-csöves sebességmérő, háromtengelyű gyorsulásmérő, háromtengelyű giroszkóp, mágneses irányító, GNSS (Global Navigation Satellite System) -vevő, üzemanyagszint-, áram-, feszültség- és hőmérők. A végrehajtó alrendszer elemei a robotpilóta által vezérelt szervomechanizmusok, amelyek feladata a kormányfelületek mozgásával a repülőgép kontrolált irányítása. A repülésbiztonság növelésének érdekében a kormányfelületek két részre osztottak, a megosztott felületek mozgását pedig külön-külön servo végzi. Az összesen négy irányító servo vezérlése négy, egymástól

12. ábra. A Protar avionikai rendszerének főbb elemei (A szerzők szerkesztése)



13. ábra. Protar Supervisor munkaállomás (A szerzők felvétele)

független jelkimeneten történik, a redundancia növelése érdekében a vezérlésen túl ezek elektromos táplálása is szeparáltan történik. A repülőgép irányítása autonóm, amelyért a robotpilóta felel, de a földi operátornak bármikor lehetősége van a beavatkozásra. A repülőgép belső-külső hasznos terhei (payloadok): a Luneberg-lencse², a füstpatronok és a piropatronok, amelyek a célravezetést támogatják. Emellett integrálásra kerül egy AMDI-rendszer (AMDI – Accoustic Miss Distance Indicator – akusztikus találatipontosság-jelző) a feladatvégrehajtás utólagos, precíz kiértékelése érdekében.

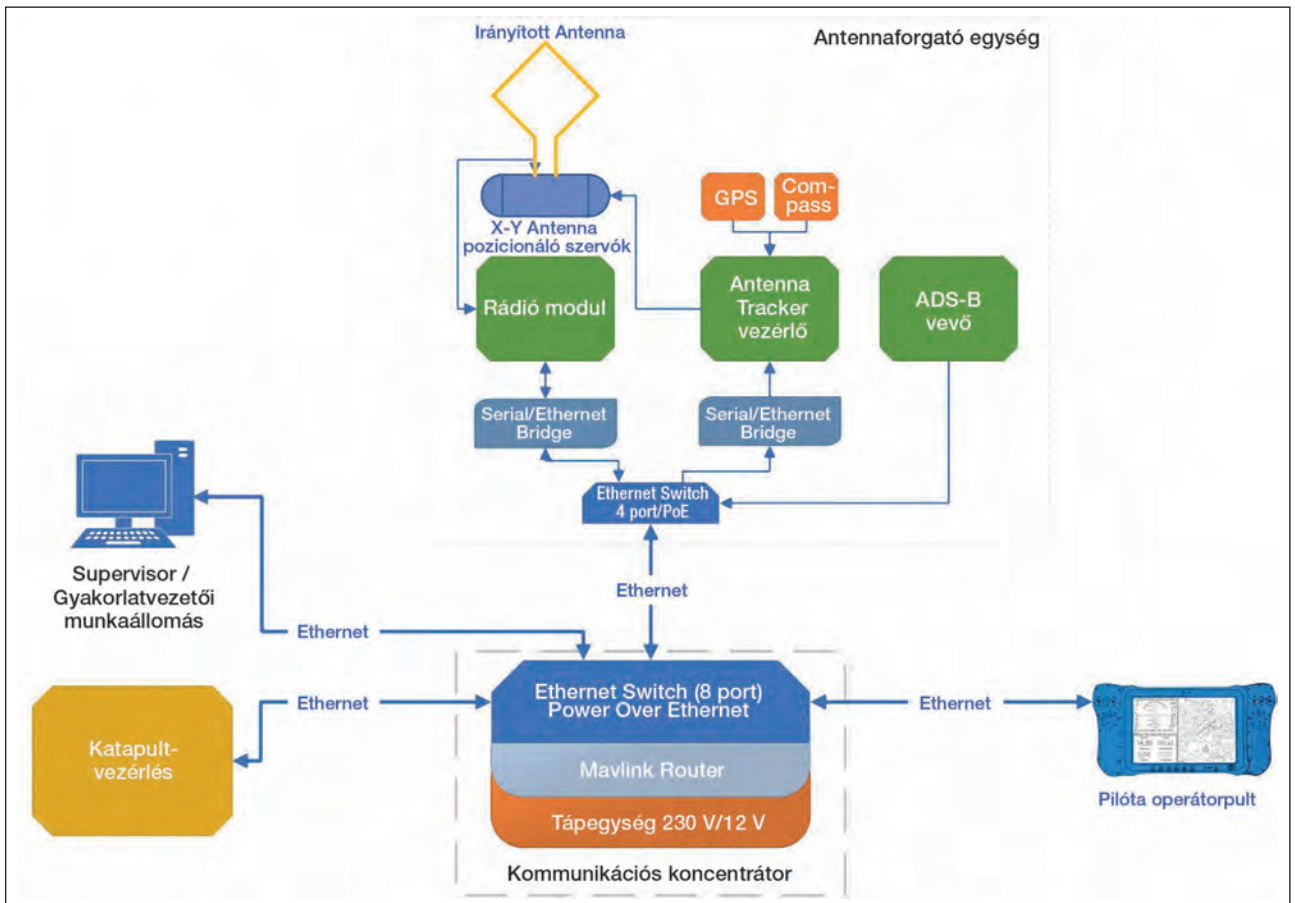
A földi irányító (kiszolgáló) munkaállomás négy fő egységből áll. (1) A *Pilóta operátorpult*, a légi jármű kezelőjének első számú megjelenítő és beavatkozó eszköze, amely biztosítja a repülési tervek le és feltöltését, a telemetria adatok megjelenítését, a payloadok vezérlését, illetve – szükség esetén – a légi jármű közvetett irányítását. (2) A *Supervisor munkaállomás* a bevetés vezető felügyeleti eszköze, ahol a rendszer összes komponensének (légi járművek, katapult, payloadok) státusza ellenőrizhető és módosítható. A légi járművek repülési tervei is ezzel az eszközzel készülnek.

(3) Az *Antennaforgató egység* a repülési feladat során nagy nyereségű irányított antenna mozgásával folyamatos, digitális adatkommunikációt biztosít a légi járművek és a földi komponensek között. A rendszer NATO sztenderd frekvenciatartományban kommunikál, amelyhez az Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság engedélyei is szükségesek. (4) A *Kommunikációs koncentrátor* a földi kiszolgáló rendszer elemeinek és a katapultnak az összekapcsolását biztosítja, az itt működő szerver számítógépet biztosítja az adatcsomagok megfelelő helyre történő eljuttatását, valamint az adatok és a kommunikáció archiválását. A földi kiszolgáló rendszer komponenseit, és azok rendszerteknikai kapcsolódását a 14. ábra szemlélteti.

DUMMY PROTOTÍPUSOK „RARITÁS SZÉLCSATORNA” VIZSGÁLATOK CÉLJÁBÓL

A tényleges repülőképes prototípus legyártását megelőzően 2 db ún. nullszériás dummy (nem működőképes, de funkcióját tekintve azonos mintapéldány) megépítését végezte el a fejlesztő munkacsoport. Az első dummy abból a célból készült, hogy a beépítésre kerülő rendszer elemeket valós, fizikai állapotukban a repülőgépbe lehessen helyezni, és a szükséges vezetékrendszerek, elektromos hálózatok nyomvonalainak elhelyezését meg lehessen határozni.





14. ábra. Protar célrepülőgéphez rendszersített földi kiszolgáló munkaállomás blokkvázlata (A szerzők szerkesztése)



15. ábra. A Protar repülés előtti elemelkedési karakterisztika-tesztje (A szerzők felvétele és szerkesztése)



16. ábra. A Protar repülés előtti magassági kormányhatásossági tesztje (A szerzők felvétele és szerkesztése)

A második dummyt különleges „szélcsatorna” kísérlet végrehajtásához használták fel, amelynek célja a repülésbiztonság magas fokú garantálása volt. A hazánkban rendelkezésre álló szélcsatornát – amely a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen található – időkorlát

miatt nem lehetett használni, így a munkacsoport úgy döntött, hogy az alapvető repülési viselkedések modellezése céljából egy gépjármű tetőcsomagtartójára épít fel egy olyan installációt, amelynek segítségével a tervezés elsődleges validációját a repülések megkezdése előtt igazolni

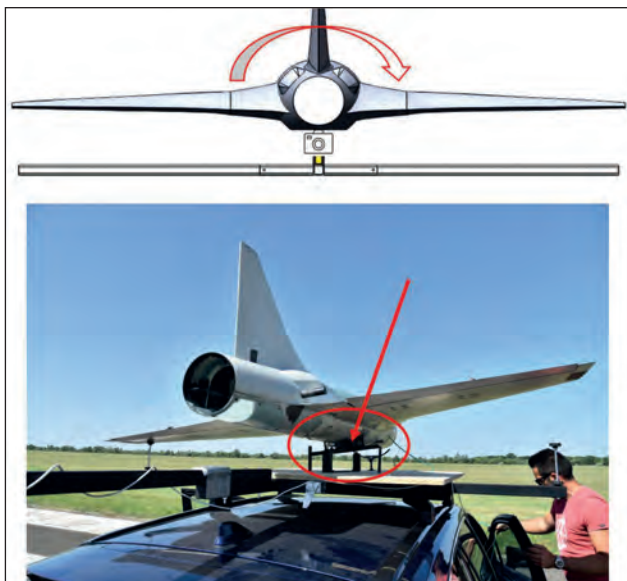
lehet. Az áramlástan mérés elvégzéséhez a gépjármű meghatározott sebességgel és gyorsítással mozgott, biztosítva ezzel a repülőgéptest körüli megfelelő levegőáramlást. A tesztek célja az volt, hogy numerikus kalkulációkat követően, valós körülmények között is megismerhető legyen a repülőgép CG és AC pontok között jelentkező arányszám-változtatásának hatása a kormányozhatóságra. Szükséges ugyanis annak gyakorlati ellenőrzése az alkalmazott CG-helyzet megfelelő korlátos tartományban van-e, és a repülőgép kormányzási tartaléka elegendő-e. Első konfigurációban a szárny mögött, a hajtóműbekötés vonalában került kialakításra forgáspont (15. ábra), amely körül a repülőgép szabadon elfordulhatott. A kísérlet célja a tapasztaltszerzés volt a repülőgép elszívódási-elemelkedési, állásszögugrás-hajlam karakterisztikájáról, illetve arról, hogy a sebesség-növekedés hogyan hat az állásszög változására.

Második esetben a forgáspont a repülőgép számított keresztengely körüli súlyvonalában helyezkedett el (16. ábra). Ennek a vizsgálatnak a célja a magassági kormány hatásosságának megismerése, a reakcióidő és az intenzitás mérése volt.

A harmadik konfigurációban a repülőgép csűrőkormányának hatásossága került elemzésre, ebben az esetben a repülőgép hossz tengelyével párhuzamosan eltolt vonal mentén létrehozva a forgástengelyt (17. ábra).

A munkacsoport tagjai a tesztek során fedélzeti mérőrendszereket alkalmaztak, hogy pontos adatokhoz juthassanak, továbbá külső és belső kamerás videofelvételeket

17. ábra. A Protar repülés előtti csűrőkormány hatásossági tesztje (A szerzők felvétele és szerkesztése)



18. ábra. A Protar repülőképes változat prototípusa (A szerzők felvétele)

készítettek, amelyek segítségével utólag kerültek kiértékelésre a folyamatok.

A dummy prototípusok elkészültével, illetve a gépjárművel támogatott különleges szélcsatorna-vizsgálatok lefolytatásával párhuzamosan, a repülőgép szerkezeti-szilárdsági vizsgálata is lezajlott. Ezt követően minden készen állt arra, hogy a Protar prototípusa (18. ábra) végrehajthassa első „szűz felszállását”, és ezzel egyidejűleg megkezdje a légi tesztelési program szerint előírt feladatok végrehajtását.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Forrás: https://www.innoteka.hu/cikk/felhok_utan_irany_a_vilagur.2107.html;
- [2] 38/2021. (II.2.) Korm. Rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről, illetve Specific Operations Risk Assessment;
- [3] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/391827/20140916-STANAG-4703_AEP-83_A_1_.pdf (Letöltve: 2022.1.25.);
- [4] Jereb Gábor, *Aerodinamika és repüléselmélet I.* (Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1977).

JEGYZETEK

- 1 Az Elevon az elevator (magassági kormány) és az aileron (csűrő) szavakból képzett kifejezés olyan kormány megoldásra, ahol a kormányfelületek e két funkciót egyetlen eszközben egyesítik. Az elevon alkalmazása a deltaszárnyú és csupaszárny kialakítású repülőeszközökre jellemző. (Pl.: B-1; B-2, F-102 Delta Dagger; Concorde, űrsiklók, UAV-k) (A szerk.)
- 2 A Luneberg-lencsét (helyesen Luneburg-lencse, eredetileg Luneburg-lencse) Luneburg, Rudolf Karl (1903–1949) a matematika és az optika professzoráról nevezték el. A gömbszimmetrikus gradiens-index lencse törésmutatója a középponttól a külső felületig sugárirányban csökken. (A szerk.)



1. ábra. Az MH BHK Ellenerő század katonái helység-harc-gyakorlaton I-MILES egyéni fegyverrendszerrel felszerelve (Fotó: MH BHK / Pintér László)

Tóth Csaba Albert*

Integrált lézeres valós szimuláció a Magyar Honvédség kiképzési rendszerében I. rész

A MILES-RENDSZER FEJLŐDÉSÉNEK RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

A fejlett hadseregek részéről az 1980-as évek elején fogalmazódott meg az igény, hogy olyan kiképzéstámogató technikai rendszerek szükségesek, amelyek valós környezetben, a rendszeresített eszközökre, fegyverrendszerekre és élőerőre integrálva (felszerelésbe, fedélzeti rendszerekbe bekötve) képesek a tűzkiváltások és találatok szimulálására baráti és ellenséges erők között. A lézeralapú (nagysebességű) kommunikáció fejlesztése a nemzetközi űrprogramok keretében az 1960-as évektől jelentősen fejlődött, ezért a technológia alkalmazása logikus döntésnek bizonyult a hadseregek által támasztott követelmények (gyors, pontos, időjárásfüggetlen) kiszolgálására is.

Az összetett, integrált lézeres harcászati rendszer (Multiple Integrated Laser Engagement System – MILES; I-MILES) első generációs alkalmazása az Amerikai Egyesült Államok hadseregében az 1970-es évek második felétől a '80-as évtized közepéig megvalósult. Az első generációs rendszer fejlesztését a Xerox Electro-Optical Systems nyerte el, akik 11 különböző típusú eszközre (karabély, harcjármű és harckocsifegyverzet, kézi páncéltörő rakéta) integrálták a rendszert. Mivel a MILES a '80-as évek elején az elérhető legmodernebb erő az erő (force on force) elleni kiképzéstámogató rendszer volt, így gyorsan elterjedt és széles körben alkalmazták az Egyesült Államok haderejében. Az első generációs eszköz nem volt képes a gyakorlat eseményeinek rögzítésére, így annak kiértékeléséhez sem

ÖSSZEFOGLALÁS: A valós szimulációs rendszerek alkalmazása az elmúlt 2 évtizedben fontos kiképzéstámogató eszközzé vált a NATO-szövetséges tagországokban. Az integrált lézeralapú szimulációs rendszerek hatékony kiképzéstámogató eszközök, amelyek segítségével a kiképzetté magasabb szintje érhető el. Az alaposabb kiképzetté sok esetben a siker kulcsa lehet a fegyveres konfliktusokban.

KULCSSZAVAK: MILES; I-MILES; szimulációs rendszerek; kiképzés; egyéni fegyverrendszer

ABSTRACT: Apply of live simulation systems have become an important training support method at NATO allied countries in the last 2 decades. The integrated laser based simulation systems are effective training support instruments which help to reach higher level of training. In many cases better training is the key of success during armed conflicts.

KEY WORDS: MILES; I-MILES; training; simulation systems; individual weapon system

* Alezredes, Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ, Szimulációs Kiképző Központ, Központparancsnok. ORCID: 0000-0003-1701-8904

tudott kritikus értékelési információkat biztosítani. Ezen eszközök logisztikai ellátásának magas költségei, valamint azok technikai avultsága miatt 1991-ben a gyártó megkezdte a MILES 2000 rendszer fejlesztését. Ez a rendszer már képes volt egyéni eszköz szinten rádiókapcsolaton keresztül kommunikálni a gyakorlatirányító központtal. Az új kommunikációs képesség részeként, a gyakorlatirányító központ így szimulált légi, tüzérségi, atom- és vegyi csapásokat is képes volt incidensként bejátszani. A csapásokat az átlélhetőség, az érzékelés és a valóságot megközelítő kiképzési környezet érdekében, a technikai csoportok minden esetben a csapások helyszínein erős fény, hang és füst imitációkkal támogatták.

A műszerezett gyakorlótér-kialakítás az Egyesült Államokon kívül 1992-ben az Európában állomásozó amerikai csapatok hohenfelsi (Németország) kiképző központjában is megvalósult. A rendszer kifejlesztését, gyártását és szervízhálózatának kiszolgálását a CUBIC Defense Systems Inc. nyerte el. [1] A következő 20 évben az Amerikai Egyesült Államok szárazföldi hadereje számára a CUBIC Defense Systems Inc. fejlesztette ki a harmadik és negyedik generációs eszközöket (MILES Individual Weapon System IWS és IWS2). Mivel az európai gyártók az évek során egyre jobb minőségű valós harcászati szimulációs eszközöket fejlesztettek és értékesítettek a NATO európai tagországaiban, ezért nem volt meglepő, hogy 2012-től a svéd SAAB Defense and Security Training and Simulation is megbízást kapott a gép-, és harcjárműves rendszerek kifejlesztésére.

A Magyar Honvédség 2005-ben szerezte be az első készleteket a MILES 2000 rendszerből, és 2006 augusztusában tartotta meg az első rendszerbe állító gyakorlatot. A MILES 2000 készleteket még nem vonták ki a kiképzéstámogató rendszerből, de a komponenseik, 15 év használat után hardver és szoftver területen is jelentősen elavultak, ezért szükséges volt a rendszer megújítása. A Magyar Honvédség vezetése a negyedik generációs Instrumentable-Multiple Integrated Laser Engagement System (műszerezett-összetett, integrált lézeres harcászati rendszer – I-MILES) alkalmazásáról döntött. A rendszer üzemeltetése már nem fizetett szolgáltatásként, hanem a Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ, Szimulációs Gyakorló és Kiképző Központ, MILES raktár és üzemeltető csoporton keresztül valósul meg.

AZ I-MILES RENDSZER MŰKÖDÉSÉNEK ÉS ALKALMAZÁSÁNAK ALAPJAI

Az I-MILES rendszer üzemeltetői és felhasználói programokból áll, amelyek a haladó, komplex, valós szimulációs kiképzés módszerét biztosítják.

A rendszer lehetővé teszi szakasz és század harcászati szinttől dandár és magasabb egység harcászati-hadművelési gyakorlatainak támogatását valós térben, a NATO-tagországok harckiképző központjaiban. A felhasználás leghatékonyabb módja az „Erő az erő ellen” (force on force) alkalmazás, amely megvalósulhat a saját erőkből kijelölt szembenálló féllel, valamint szervezetszerű szembenálló felet játszó alegység (Opposing Force) kijelölt erőinek alkalmazásával is.

A harckiképző központok kijelölt, műszerezett területén a komplex rendszer – beleértve az I-MILES gyakorlatvezető központot (I-MILES EXCON) – lehetővé teszi a különböző fegyverrendszerek (tüzérségi, légi, támadó, robbanó és nem robbanó műszaki záruk, akadályok, valamint atom-, biológiai, vegyifegyver-csapások) szimulációs megjelenítését.

A rendszer segítséget nyújthat az alakulatoknál végzett harcászati kiképzés eredményeinek méréséhez, valamint a kiképzés tapasztalatainak feldolgozásához.

Elősegíti a fejlődési folyamatok felmérését, meghatározását, valamint hatásos kiképzéstechnikai támogatást nyújt a magasabb jártassági és képességi szintek eléréséhez.

A rendszer zászlóalj szintű képessége magába foglalja az ellenerő alegységet (Opposing Force – OPFOR) is. Egy harcászati feladat egy századnak megfelelő felszerelt katonát és járművet foglal magában a lehetséges személyi rendszer funkcionális jellemzőinek kiegészítésével.

Az I-MILES rendszerrel felszerelt egységek képesek az integrált lézervetőkkel különböző tüzelési módokban, az irányzóna síkjában lézerimpulzusokkal imitált tüzet kiváltani. Az alkalmazott lézerek ANSI Class 3R kategóriába tartoznak, ezért a kiképzési feladatok végrehajtása során a gyártó által előírt biztonsági előírások kötelező érvényűek. A lézerimpulzusok egyben a digitális adatátvitel eszközei is.

Az eltalált egység az egyéni detektor hám, vagy a jármű felületén elhelyezett érzékelőkön keresztül veszi a találatot. A vezérlőegység (eszközzazonosító és lőszertípus alapján) feldolgozza a digitális találatinformációt, és a beprogramozott találat-hatásmechanizmus alapján kiadja a találatjelet a végrehajtónak, vagy a jármű személyzetének. A találat jelzése egyes harcászati esetekben hangjelzéssel, járművek esetében a vezérlőegységen hangjelzéssel, valamint a találatjelző bóján fényjelzéssel valósul meg. Harcképtelenné válás esetén a rendszer automatikusan kikapcsolja a „ki-lőtt” személy, vagy jármű lézervetőjét, amely nem képes tovább lézerimpulzusokat kilőni.

A katona vagy harceszköz „újraélesztését” kizárólag az univerzális kontrol fegyverrel, vagy az I-MILES gyakorlatvezető központból lehet aktiválni. Minden egységet passzív GPS és rádiótechnikai eszközzel szereltek fel, amely utóbbi a műszerezett gyakorlótér átjátszótornyain keresztül képes adatokat továbbítani és venni az I-MILES gyakorlatvezető központból.

A rendszer a kiképzési feladatot végrehajtó összes műszerezett katona, gép- és harcjármű (barát-ellenség) helyzetét nyomon követhetővé teszi, valamint a velük történt eseményeket jelzi és rögzíti az I-MILES gyakorlatvezető központban.

A rendszer segítségével nyomon követhető, elemezhető és rögzíthető a harcászati feladat kommunikációs (harcászati híradó) hálójá, hiszen a harcászati rádióállomások az I-MILES gyakorlatvezető központ rendszerébe integráltak. Ez a funkció lehetővé teszi a kiadott parancsok és a végrehajtás közötti ok-okozati kapcsolatok elemzését a feladat utáni kiértékelés (After Action Review – AAR) során.

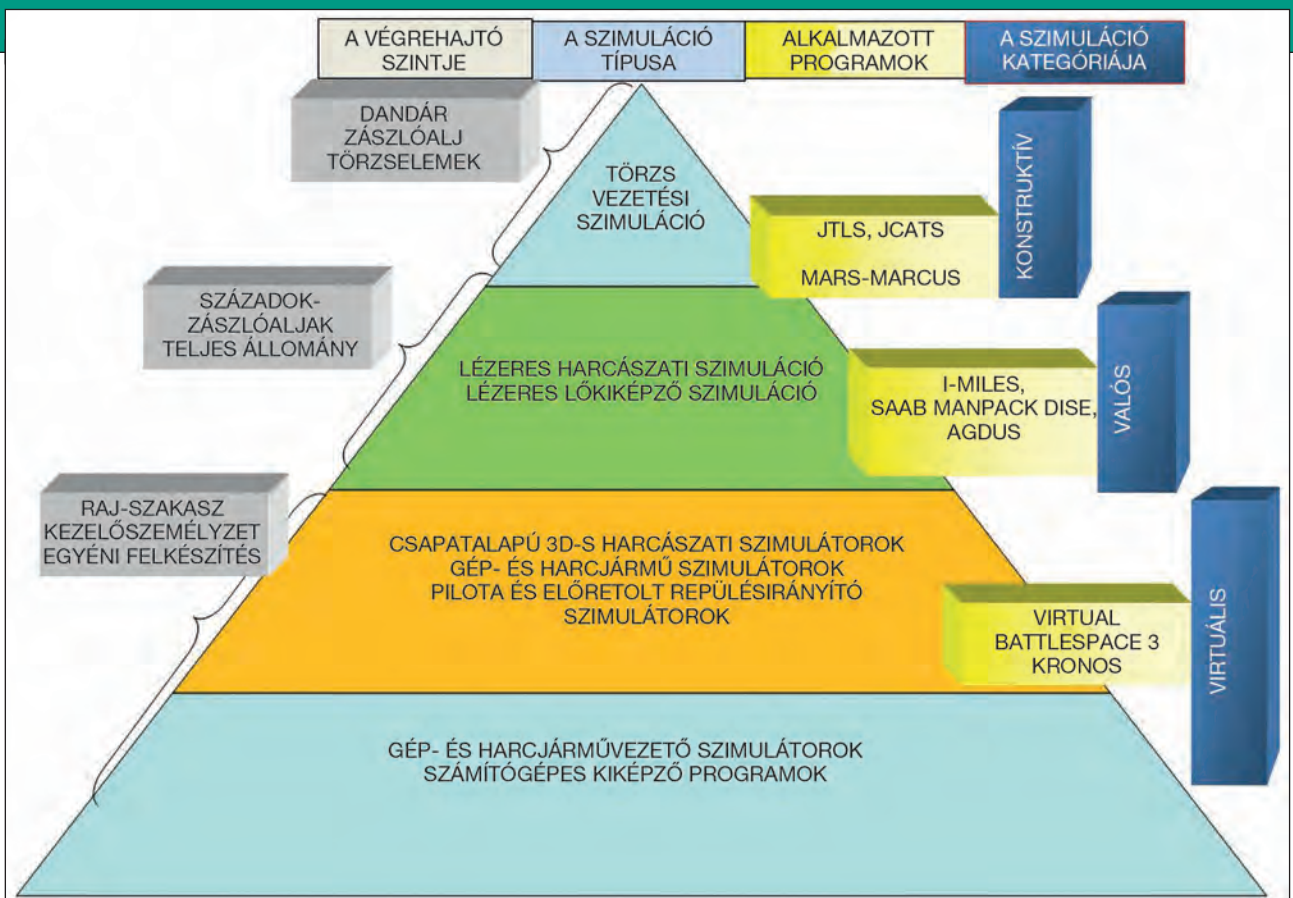
A KATONAI SZIMULÁCIÓ FELÉPÍTÉSÉNEK ÁLTALÁNOS RENDJE

Érdemes egy pár szóban áttekinteni a valós szimulációs rendszer és ezen belül az I-MILES elhelyezkedését a katonai kiképzéseket támogató szimulációs rendszerek között. A 2. ábra a könnyebb azonosítás érdekében egyaránt szemlélteti a Magyar Honvédségben vagy más NATO-tagországok által rendszeresített szimulációs eszközcsaládokat.

Az egyéni kiképzések legegyszerűbb kellékei közé tartoznak a tantermi kialakításban elhelyezett, asztali számítógépes alapokra helyezett kiképzési eszközök (desktop simulators). Idetartoznak a gép- és harcjárművezető virtuális szimulátorok, valamint a különböző fegyverrendszerek egyéni felkészítését támogató alrendszerek (irányzó felkészítés).

A kezelőszemélyzet szintű felkészítések során a fejlettebb koncepciókban a virtuális megjelenítést kiegészítik az





2. ábra. A szimulációs rendszerek osztályozása típus és kategória szerint (A diagram a szerző szerkesztése)

alkalmazott technikai és fegyverzeti eszközök valós (alkalmazható) szimulációjával. A parancsnokok és beosztott katonák a teljes felszerelésükben, az alkalmazott járműben (trenaszőr, trenázs) hajtják végre a feladatot, ahol a virtuális világ vagy a szélvédőn, a periszkópon, illetve a figyelőműszeren, vagy 180°–360°-os, félgömb alakú (virtual dome) vetítőlapon jelennek meg. E módszer előnye a parancsnokok és beosztottak felkészítésében az, hogy minden harceszközt, parancsnoki és/vagy figyelőműszert, fegyverzetet a kapcsolódó berendezéseivel együtt professzionálisan képesek kezelni, de a kiképzési költségek (üzemanyag, lőszer, járműkarbantartás) jelentősen csökkenthetők, mivel a valós eszköz nem kerül alkalmazásra. Az ilyen rendszerek a realitást megközelítően adják vissza a rádiós és a hangkommunikációt, amelyen keresztül az adott szintű parancsnokok vezetik és irányítják a beosztottaikat. További gyakorlási lehetőség a parancsnokok és beosztottak részére, hogy így a valóságot megközelítő helyzetben gyakorolhatják a szóbeli és a digitális úton történő célkijelölést és elosztást, valamint a jelentések rendjét a magasabb törzs vagy parancsnok részére.

A rendszer hátránya, hogy a vezetett egység méretét erősen befolyásolja a virtuális rendszer kapacitása, és a rendelkezésre álló technikai háttér. Jelen pillanatban az egyik legnagyobb kapacitású virtuális trenázsór a német Krauss-Maffei Wegmann (KMW) cég által kialakított Panzerhaubitze 2000 (PzH 2000) és a Leopard 2A4/5/6/7 típusú harckocsi szakasz platform [2], amely képes egyidőben 8 teljes harcjárműszemélyzetet, valamint kapcsolódó elemként az üteg vagy osztály törzselemét is gyakoroltatni, beleértve a feladattervezést és végrehajtást komplex 360°-os, 3D-s vizuális környezetben.

A harceszközökkel, élőerővel, harctámogató és harci kiszolgáló erőkkel, eszközökkel végrehajtott kiképzési feladatok szinte bármely szakaszában alkalmazhatók a lézeres kiképző szimulátorok. Továbbá lőkiképzés komplex

foglalkozásokon, a lögyakorlat alaki végrehajtásánál (lőteri támogatással), harc alaki, harcászati foglalkozásokon, gyakorlásokon és gyakorlatokon, kezelőszemélyzet szinttől egészen dandár szintig. Az alkalmazási lehetőségeknek csak a rendelkezésre álló költségvetési és személyifeltöltöttség-keretek szabnak határt.

A kiképzési feladatok során a leghasznosabb alkalmazási eljárás az, ha a gyakorlásokat támogatjuk a lézeres rendszerekkel. Éleslőszer felhasználása nélkül, a gyakorló állomány képes az adott feladatot többször megismételni egészen addig, amíg el nem éri a kiképzési követelményekben meghatározott szintet. A harckocsikkal és harcjárművekkel végrehajtott kiképzési feladatok során biztonságosan hajthatók végre a menet közben leadott lövések. Radikálisan lecsökkenthető a biztonsági távolság a saját erő és a civil területek között is. A lőszertípusnak megfelelő karakterisztika (páncélatütés, repeszhatás, másodlagos sérülések) beállítható a célokon, gyakorlóeszközökön.

A kiképzőeszközök képesek találatot, közeli becsapódást, és veszteséget is szimulálni. Megfelelő technikai kiegészítővel kollektív veszteség is okozható harcjárműben szállított élőerő ellen. Bármilyen kiképzési környezetben (nyílt, erdős-hegyes, beépített területen) biztonságosan alkalmazhatók akár a lövegek is a légnyomás káros hatása nélkül. Egyes rendszerek képesek autonóm rávezetésű rakétarendszerek szimulálására is. [3] A modulrendszerű kialakítás lehetővé teszi, hogy a kezdő készletek beszerzése után – a költségvetési lehetőségek figyelembevételével – tovább lehessen fejleszteni a rendszereket alegység szintről egészen egység szintig. A moduláris kialakítás opcióként az európai és a tengerentúli gyártók kínálatában is megtalálható.

A NATO-ban alkalmazott konstruktív szimulációs eszközök és programok egészen összhaderőnemi szintig képesek kiképzési lehetőséget nyújtani a parancsnokoknak és törzseknek. Képesek szimulált környezetet biztosítani a



3. ábra. T-72 közepes harckocsi I-MILES taktikai jármű készlettel felszerelve, HK változat (Fotó: MH BHK / Pintér László)

törzsek részére a harcfelelő megtervezésére az erők-eszközök és a rendelkezésre álló harci támogató és harci kiszolgáló források elosztására és tervezésére, akár a békeszervezettől eltérő, hadi állománytáblás szervezettel is. A számítógépes szimuláció, a háborús műveleteken túl megfelelő platformot biztosíthat a nem háborús műveletek gyakoroltatására is (békefenntartás, katasztrófaelhárítás, terrorcselekmények elleni védelem, területbiztosítás, tömegkezelés stb.) önállóan, vagy társ fegyveres- és államigazgatási szervezetekkel közösen.

A számítógéppel támogatott gyakorlatokon és gyakorlásokon a harcoló, a harci támogató és a harci kiszolgálótámogató parancsnokok a parancsok végrehajtását az operátorok segítségével és technikai támogatásával, közvetlenül a rendszerrel képesek gyakorolni. A Magyar Honvédség az Artifex Szimulációs és Kiképzési Rendszerek Kft.¹ által fejlesztett és a HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyongazdálkodási Zrt. Számítógépes Rendszereket Üzemeltető Osztály által kiszolgált MARS/MARCUS² konstruktív szimulációs rendszert alkalmazza.

Az USA hadserege által alkalmazott JCATS rendszer (Joint Conflict and Tactical Simulation) jelenleg a legszélesebb körben alkalmazott taktikai konstruktív szimulációs rendszer. Az amerikai haderőn kívül a NATO, valamint 30, az Egyesült Államokkal szövetséges állam is alkalmazza.

A JCATS rendszer összhaderőnemi együttműködést tesz lehetővé szárazföldi, légi és haditengerészeti haderőnemi funkciókkal és valós C4I2 (command, control, communications, computers, intelligence, and interoperability) kapcsolódási pontokkal. [4]

A JTLS rendszer (Joint Theater Level Simulation) egy interaktív, interneten keresztül használható, számítógép-alapú, konstruktív szimuláció, amely képes megjeleníteni szárazföldi, légi és haditengerészeti civil-katonai műveleteket logisztikai, különleges műveleti és hírszerzési támogatással. A rendszert 1983-tól folyamatosan fejlesztik. Az első verzió alaprendeltetése egy hatékony eszköz biztosítása volt az Egyesült Államok összhaderőnemi és koalíciós

műveleti terveinek fejlesztése és elemzése érdekében. Napjainkban a JTLS-rendszert kiképzéstámogatásra alkalmazzák, amely hadszíntérfüggetlen, és szakszerű használata nem igényel programozói ismereteket. [5]

KIKÉPZÉS AZ INTEGRÁLT LÉZERES HARCÁSZATI RENDSZER(EK) TÁMOGATÁSÁVAL

A Magyar Honvédség 2006 augusztusában tartotta az első olyan gyakorlatát, ahol a résztvevő alegységek alkalmazták a MILES 2000 integrált lézeres harcászati szimulációs rendszert.

Miben is rejlik a modern lézeres harcászati szimulációs rendszerek előnye? Az első és legfontosabb előny, hogy a katona képes a rendszeresített fegyverével, kollektív fegyverével és harcjárművének toronyfegyvereivel vaklőszer felhasználásával (alap kritérium) a valós szimuláció szintjén veszteséget okozni a szembenálló fél személyi állományában és technikai eszközeiben. Leegyszerűsítve, mindez úgy valósul meg, hogy a feladatban résztvevő összes katonára rendelkezik egy műszerezett mellénnyel, egyéni kezelőegységgel, műszerezett sisakhámmal és egy, a fegyverre szerelt lézervetővel. A harcjárművek különböző típusokra integrált taktikai járműszettel rendelkeznek, amely lézervetőből, a páncéltesten elhelyezett detektorpántokból, vezérlőegységből és találatjelző fénybójából áll.

A rendszer az aktiválástól számított első másodperctől kezdve képes találatokat okozni és sérülést érzékelni, éppen ezért a parancsnokoknak ugyanazokat az eljárásokat kell követniük, mint éles végrehajtás során. Az első és legfontosabb ebből a szempontból, hogy akár kontrollált, akár szabad lefolyású tevékenységet hajt végre a szembenálló fél, a parancsnokoknak fel kell készülniük mentálisan, hogy veszteségeket fognak szenvedni. Már a legelső végrehajtások és tesztelek során is megmutatkozott, hogy egy fő elvesztése vagy sérülése egy járőrútvonal közepén milyen kihívásokkal szembesítette az adott szintű



parancsnokokat. Milyen kihívások ezek? Kideríteni, hogy ki és honnan lőtt? Hogyan jussunk el a sérült katonához? Ha még életben van, hogyan meentsük ki anélkül, hogy további veszteségeket szenvednénk? Ezek mind kritikus döntési pontok egy nem egyszerű, de bármikor bekövetkezhető helyzetben, amelyeket harc felkészítés közben gyakoroltatni szükséges az adott szintű parancsnokokkal.

A másik fontos, döntéseket és vezetési képességeket befolyásoló hatása a rendszernek – amelynek megjelenésére először nem is gondolnak a végrehajtó parancsnokok – a pszichés faktor. Ebben a szimulált környezetben jelenik meg először fokozottan a harctéri stresszhelyzet. Harctéri zaj, lövések, veszteségek elszenvedése, bonyolult kommunikáció a harctevékenységet folytató beosztottakkal, nem tervezett szituációk, fokozott döntési kényszer. Pozitív hatásként jelenik meg, hogy a parancsnokoknak a valós rendelkezésre álló lehetőségekkel kell tervezniük a harc feladatát (létszám, fegyverzet, haditechnikai eszközök, híradó-informatikai ellátottság stb.). Az eredményességet jelentősen befolyásoló tényezővé válik a kiképzettség és összekovácsoltság a végrehajtások során. Ugyanaz a képességű parancsnok, ugyanabban a szituációban lehetséges, hogy más döntést fog hozni, ha egy alacsonyabban képzett állományt vezet. A rendszer ezt egyetlen, de a harcot nagymértékben befolyásoló szimulált elemmel is képes elérni, mégpedig a veszteség okozásával.

Mivel a harcoló állomány létszáma alacsony, ezért a kis veszteségek is érzékenyen érinthetik az alegységek, egységek harcértékét, valamint kialakulhatnak, olyan nem tervezett szituációk, amelyek megghiúsíthatják a célkitűzéseket. A fenti példából egyértelműen megállapítható, hogy a Barte-e-féle³ rendszerszemléletű problémamegoldási módzatokat (egyéni-csoportos) [6] is felhasználva a keletkezett tapasztalatokat össze kell gyűjteni, fel kell dolgozni, és ki kell munkálni azok megoldási lehetőségeit.

A feladat utáni megbeszélésen csoportosan kell elemezni a harcászati helyzetet és megoldást kell találni azokra a szituációkra, amelyek veszteséget vagy a feladattól való eltérést okozták. Megítélésem szerint az integrált lézeres harcászati szimulációs rendszerek alkalmazásánál a legnagyobb kihívást a probléma tudatosulása jelenti a harc felkészítésen résztvevő katonáknál, akik számos esetben úgy tekintik a veszteséget, mintha az a rendszer hibás működéséből adódna (a fennálló probléma tagadása).

A katonai vezetők egyik fontos kvalitása, hogy legyenek képesek kimondani: probléma van a kiképzettséggel vagy a harctéri kommunikációval, és vizsgálják felül saját vezetési-irányítási képességeiket az elért eredmények tükrében. Egyik bevált módszer a döntőnkori állomány alkalmazása külső megfigyelőként, akik képesek kizárni a pszichés harcászati tényezőket, amelyek így nem befolyásolják a megfigyeléseiket.

A harcászati alkalmazáson túlmutatóan, a modern harcászati szimulációs rendszereket gyártó cégek (például: Saab Dynamics AB, CUBIC Defense Systems Inc., Rheinmetall Defence AG) által kifejlesztett rendszerek az elmúlt 10 évben jelentős fejlődésen és fejlesztéseken mentek keresztül, és ma már nemcsak a harcászati szituációkat képesek támogatni. A fejlesztések kiváltó okai között elsődlegesen az alkalmazott nagy űrméretű lőszer beszerzési költségeinek jelentős emelkedése figyelhető meg. A Saab Dynamics AB által kifejlesztett kiképzéstámogató eszközök az említett drága lőszer felhasználását csökkentik. Az elmúlt évtized egyik meghatározó igénye volt a NATO-tagállamok részéről, hogy a katonák, kezelőszemélyzetek, irányítók felkészítése rövidebb idő alatt, költségkímélőbb módon történjen. Ezt a célkitűzést követve kellett új esz-

közök fejlesztésbe kezdeni. A lézeres szimulációs eszközök egyik legnagyobb hátránya volt, hogy sem a lövedék ballisztikai pályán megtett repülési idejét, sem a ballisztikai pályagörbét nem voltak képesek szimulálni. A rendszer a lézerimpulzust az egy adott szállemez-osztásra vagy irányzékállásra kalibrálva volt képes 0 métertől 700 méterig ugyanazon irányzékállással „kilőni”, és találatot elérni. Az irányzékállás változtatása a lézervető beszabályozásának ellátását idézte elő, ezáltal a céllelküzdés szintje 0 felé konvergált a gyakorlati tapasztalatok alapján. Az elmúlt néhány évben ezen hátrányok kiküszöbölése szinte minden jelentősebb gyártó termékínálában meg is jelent.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] John Pike, „Multiple Integrated Laser Engagement System (MILES)” 1999, Maintained by Robert Sherman Originally created by John Pike Updated Saturday, August 07, 1999 <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/miles.htm> (Letöltve: 2022.1.15.);
- [2] KMW Training and Simulation, Complete solutions 2022. <https://www.kmweg.com/systems-products/training-simulation/integrated-solutions/> (Letöltve: 2022.1.24.);
- [3] Precision gunnery system CUBIC, 2020. https://www.cubic.com/sites/default/files/11738_054%20Advanced%20PGS%20ds_hr.pdf (Letöltve: 2022.1.24.);
- [4] JOINT CONFLICT AND TACTICAL SIMULATION (JCATS) capabilities brief 2018. https://csl.lnl.gov/sites/csl/files/JCATS_Capabilities_Brief-Update-May2018.pdf (Letöltve: 2022.1.24.);
- [5] JOINT THEATER LEVEL SIMULATION - GLOBAL OPERATIONS (JTLS-GO 6.1.0.0) https://www.rolands.com/jtls/j_vdds/executive_overview.pdf (Letöltve: 2022.1.24.);
- [6] Czuprák Ottó – Kovács Gábor, *Vezetés és szervezés-elmélet* (NKE, 2013.) p. 136. <http://m.ludita.uni-nke.hu/repositorium/handle/11410/10364> (Letöltve: 2022.1.24.).

JEGYZETEK

- 1 Az Artifex Szimulációs és Kiképzési Rendszerek Kft. 1989 óta fejleszt Magyar Honvédség számára különféle, számítógéppel támogatott szimulációs és kiképző rendszereket.
- 2 A két szimulációs alkalmazás között a leglényegesebb különbség, hogy míg a MARS a század/zászlóalj, addig a MARCUS a zászlóalj/dandár szintű harcvezetési szimuláció céljaira dolgozták ki. A MARS (MARCUS/B) szimulációs rendszer kiépítésére az MH debreceni, győri, hódmezővásárhelyi, kaposvári, kecskeméti, táborfalvai, szolnoki és tatabánya alakulatainál, kiképző központjaiban került sor. További egy készlet a katonai felsőoktatás korszerűsítése érdekében a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemhez került. Forrás: http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmánygyujtemeny%20_ujratervezes_CsJ_KZ_1.5.pdf
- 3 Barte-e, Edwin M. modelljével teljesen új alapokra helyezte a problémák, s azok megoldásának szemléletét. Barte-e megalkotta a modelljéhez illeszkedő problémateret, amelynek kiindulópontja a rendszerszemlélet. Az észlelt jelenlegi helyzet, a tényleges jelenlegi helyzet és az elképzelés illusztrálására egy háromdimenziós grafikai modell bizonyult a legmegfelelőbbnek, ahol az egyes irányvektorok 3 különféle dimenzióját jellemzik az adott problémamegoldásnak. (A szerk.)

Prof. dr. Kiss Péter* – Kiss Botond Levente** – Böröczky András***

A terepi járműmozgást befolyásoló tényezők

IV. rész

A jároszerkezet-terep kapcsolatában létrejövő gördülési ellenállás és kerületi erő

A terepen mozgó járművek jellemzően kerekes futóművel, lánctalpas jároszerkezettel vagy ezek kombinációjával rendelkeznek. A terepi járműmozgást számos tényező befolyásolja, amelyeket 3 csoportba foglalhatunk össze. (1) járműparaméterek, (2) terep- és talajparaméterek, valamint a jármű mozgását befolyásoló (3) emberi tényezők. Jelen tanulmány a gördülési sugarakkal, valamint a jároszerkezet-terep kölcsönhatásával foglalkozik.

A TEREPEEN GÖRDÜLŐ GUMIKERÉK STATIKUS ÉS GÖRDÜLÉSI SUGARAI

A deformálódó pálya és deformálódó kerék modell alkalmazásakor a gördülési sugarak meghatározása problematikus, és mérés technikailag igen bonyolult feladat. Márpedig terepjáró járművek vizsgálata esetén gyakran felvetődik a gördülési sugár meghatározásának kérdése, amelyet legtöbbször statikusan mért, vagy csak egyszerűen táblázatból vett értékkel helyettesítenek. A gumikerék-talaj kapcsolatban a következő keréksugarértéket különböztethetjük meg:

- statikus sugár;
- dinamikus gördülési sugár;
- a mozgástani viszonyok (szlip) által meghatározott gördülési sugár (kinematikai gördülési sugár vagy szlipsugár);
- a kerék talppontja és a kerék középpontja közötti távolság;
- az erőtani viszonyok által meghatározott sugár (kinetikai gördülési sugár).

A *statikus sugár* adatait a gumiabroncs gyártók katalógusaiban is megtalálhatjuk. Az abroncsot névleges terheléssel nyomják egy sík laphoz, és megméri a kerékközéppont és a sík felület távolságát. A vontatási vizsgálatok előtt a műhelyben is végezhetnek hasonló méréseket. Ennek a mérésnek az eredménye – az üzemi terhelésviszonyok és abroncsleányomás eltérése miatt – különbözhet a gyártó által megadott értéktől.

Dinamikus gördülési sugár: szintén az a paraméter, amelyet a gumiabroncs gyártók adnak meg katalógusaikban. A gyártók által alkalmazott mérési módszerek kis mértékben eltérhetnek ugyan, de a vizsgálatokat az alábbi elv szerint hajtják végre: szilárd útburkolaton, alacsony sebességgel (általában 10 km/h) szabadon végiggördítik a névle-

ges értékkel terhelt és légnomásra beállított gumiabroncsot. A vizsgálatokat általában 200 m-es szakaszon végzik el, és mérik a kerékfordulatokat. A kerékfordulatokból és a megtett útból kiszámolják a gördülési kerületet, illetve a gördülési sugarat. Az egyik probléma, hogy a gördülési sugár – bár csúszásmentes legördülést feltételeznek – valójában a tolt kerekekre jellemző, kis értékű, negatív szlippel terhelt. A másik probléma ezzel a katalógusbeli értékkel az, hogy üzem közben a terhelési viszonyok változnak, tehát változik a dinamikus gördülési sugár is.

A *mozgástani viszonyok (szlip) által meghatározott gördülési sugár* a kerék gördülése közben maguk a mozgástani viszonyok határozzák meg. Ez egy virtuális sugár, amelynek nagysága – szélső értékeket is beleértve – nullától a végtelenig terjedhet. Ha a kerék gördülése csúszásmentes (elméleti eset, csúcsos ciklois), akkor a gördülési sugár nagysága megegyezik a geometriai sugár nagyságával. Ha a kerék pozitív szlippel gördül (hajtott kerék, hurkolt ciklois), akkor a gördülési sugár nagysága kisebb, mint a geometriai sugár, negatív szlip (tolt kerék, nyújtott ciklois) esetén nagyobb, ahogy az a 15. és 16. ábra alapján látható. A szélső értékeket is figyelembe véve, elkaparó kerék esetén a gördülési sugár értéke zérus, tolt, de teljesen befékezett kerék esetén pedig végtelen nagy. A szélső értékek csak a teljesség kedvéért említettük, mert ezen esetekben már nem beszélhetünk gördülésről. A csúszás által meghatározott gördülési sugár [m] a következő képlettel adható meg:

$$r = \frac{l}{2 \cdot \pi}, \quad (1)$$

ahol l [m] az egy körülfordulással megtett utat jelenti.

A *kerék talppontja és a kerék középpontja közötti távolság* tulajdonképpen nem gördülési sugár, hanem ahhoz nagyságában sok esetben igen közel álló jellemző. Például az autotechnikában, ahol a kerékcúszással nem számolnak, ezt a jellemzőt fogadják el gördülési sugárnak. Ez az egyetlen paraméter az említett sugarak között, amely üzem közben is, változó terhelési viszonyok mellett, közvetlenül mérhető egy, a kerékpalást felületére körkörös felerősített távolságmérő készülékkel. A készülék a palástfelület és az abroncs felfekvési felületének, talppontjának a távolságát méri.

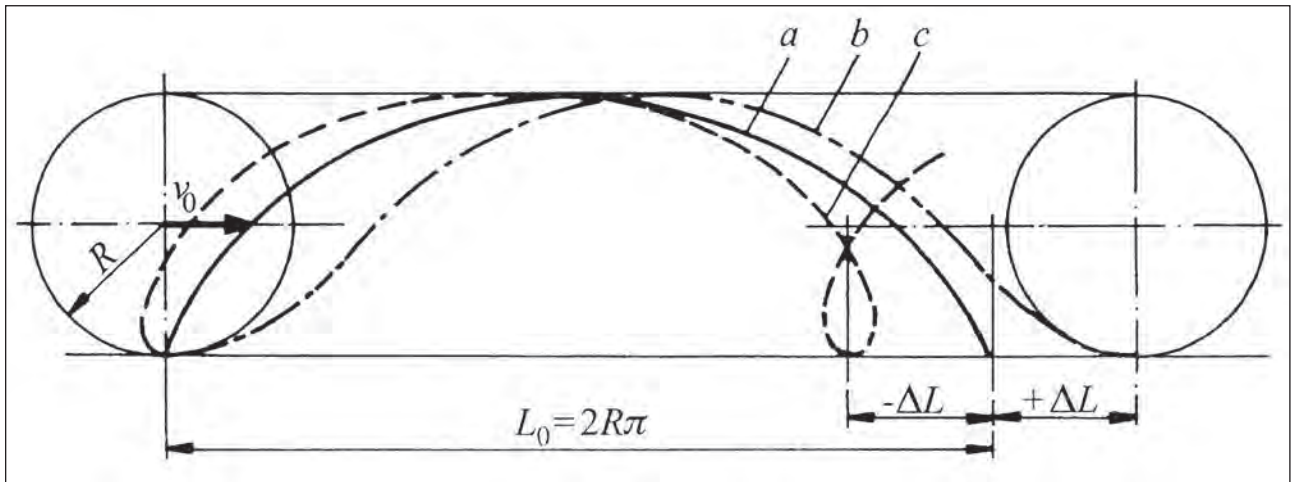
Az *erőtani viszonyok által meghatározott sugár:* deformálódó kerék, deformálódó pálya viszonyában, ahol sok eset-

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

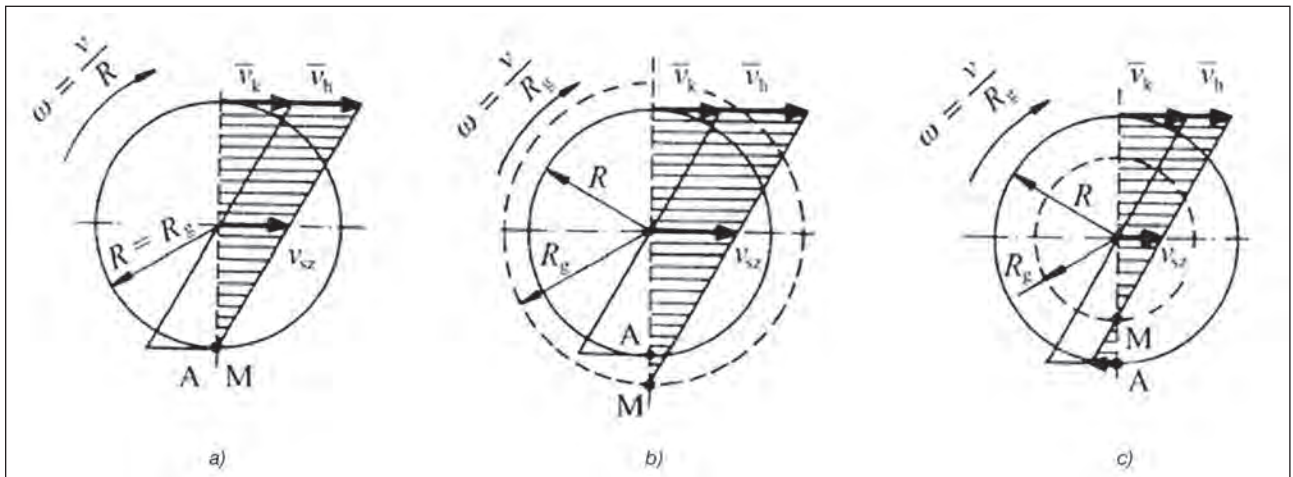
** Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék, MSc hallgató. ORCID: 0000-0002-7003-1289

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





15. ábra. Kerék adott kerületi pontjának mozgási pályái (a: csúszásmentes gördülés, csúcson ciklois, b: tolt kerék, nyújtott ciklois, c: hajtott kerék, hurkolt ciklois) [52]



16. ábra. A mozgástani viszonyok által meghatározott gördülési sugarak. a) csúszásmentes gördülés, b) tolt kerék, negatív szlip, c) hajtott kerék, pozitív szlip [52]

ben jelentős és tartós szlipértékekkel számolhatunk, célszerű megkülönböztetni az értani viszonyok által meghatározott gördülési sugarat. Ez a sugár a kerékközéppont és a gumiabroncs-talaj kapcsolatban a felfekvési felület mentén ébredő elemi tolóerők eredőjének a távolsága. Ennek a sugárnak a nagysága határozza meg, hogy az aktív hajtónyomatékból milyen nagyságú vízszintes tolóerő ébred. Ez a sugár valós, és értéke csak egy szűkebb intervallumban mozoghat, ellentétben a szlip által meghatározott gördülési sugár értékével.

A KERÉK TALPPONTJA ÉS A KERÉK KÖZÉPPONTJA KÖZÖTTI TÁVOLSÁG

A kerék talppontja a gumiabroncs kerületének és a talajfelszínének az a pillanatnyi kapcsolódási pontja, amelyik a kerék geometriai középpontja alatt helyezkedik el. Ennek a pontnak a távolsága a kerék középpontjától egy mérhető és számolható sugárszerű jellemző. Mérése gördülés közben, változó terhelési viszonyok mellett is lehetséges, igaz nem egyszerű mérés-technikai eljárással. Számítása a kerékközéppont függőleges irányú gyorsulásértékéből és ugyanezen kerék alatt, a gyorsulásfüggvénnyel szinkronban lévő deformált keréknyom terepprofilgörcéből, vala-

mint a statikus keréksugár nagyságából lehetséges. Mindhárom jellemző mérése gyakori a szabadföldi vizsgálatoknál. Első lépésben a mozgásjellemzőket kell meghatározni a kerékközéppontban felvett folytonos, függőleges irányú gyorsulásfüggvényből.

A gyorsulás definíciója alapján előállítható a sebesség:

$$\bar{v} = \int_{t_0}^t \bar{a}(t) \cdot dt + \bar{v}_0 = \bar{v}(t). \quad (2)$$

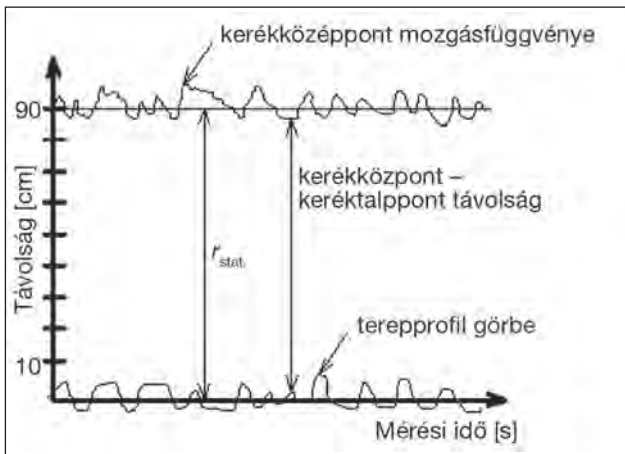
A sebességfüggvényből a mozgásfüggvény további integrálással határozható meg:

$$\bar{r} = \int_{t_0}^t \left(\int_{t_0}^t \bar{a}(t) \cdot dt \right) \cdot dt + \bar{v}_0(t - t_0) + \bar{r}_0, \quad (3)$$

ahol: $\bar{v}_0 = \bar{v}(t_0)$ – a kezdő pillanathoz tartozó sebességérték [m/s]
 $\bar{a}(t)$ – a t időpillanathoz tartozó gyorsulásérték [m/s²].

A kétszeri integrálással kapott mozgásfüggvény a jármű kerékközéppontjának mozgásfüggvényét adja.

Ezt követően egy koordinátarendszerben ábrázolható a keréknyomban felvett terepprofilgörbe, és a vele szinkronban lévő kerékközéppont mozgásfüggvény. A két függvényt függőlegesen el kell tolni úgy, hogy a függvényekre illesztett egyenesek távolsága a statikus keréksugár értéke legyen. Az így eltolat függvények értékei közötti távolság a



17. ábra. A kerékközéppont-keréktalppont távolság közvetett meghatározása [49]

kerékközéppont-keréktalppont (felfekvési felület) távolságot adja (17. ábra). A számítási módszer feltételezi, hogy a keréktalppont utáni talajdeformáció és a talaj-visszarugó-zása közel azonos mértékű.

Az említett sugárértékek tehát különböznek egymástól, és csak speciális esetben egyeznek meg a gumiabroncs-talaj kapcsolatában. A kerékközéppont-keréktalppont távolsága deformálódó, puha talajon nem egyenlő a másik kettő gördülés közben kialakuló sugárral. A fent említett gördülési sugarak közül tehát a gumiabroncs-talaj kapcsolatban lejátszódó fizikai folyamatokat legjobban a mozgástani és az erőtani gördülési sugár írja le. A két sugár – leszámítva a lengés következtében létrejövő pillanatnyi egyenlőséget – csak merev kerék és pálya kapcsolatában, zérus szlip esetén egyezik meg egymással. Mivel gumiabroncs-talaj kapcsolatában a gumi alakváltozási szlipje miatt csúszásmentes legördülésről nem beszélhetünk, tehát a szlip nem lehet zérus, a két sugár külön értéket vesz fel. Mindkettő külön-külön jellemzi a gumiabroncs-talaj kapcsolatot, az egyik mozgástani (szlip) oldalról, a másik pedig a kerék-talaj között fellépő erőátadás oldaláról. Az első a szlip okozta csúszást, és az azzal együtt járó virtuális sugárváltozást jellemzi, a másik az aktív hajtónyomaték és a felfekvési felület mentén ébredő tolóerő közötti geometriai jellemző. A két érték különbözőségére a legszembetűnőbb (szélsőérték) példa, amikor a jármű kereke elkapar. A szlip ebben az esetben 100%, a mozgástani sugár ekkor zérus. Ugyanakkor a jármű kereke ekkor fejt ki a legnagyobb tolóerőt, tehát az erőtani sugárnak zérusnál nagyobb értékűnek kell lennie.

A TALAJBAN LÉTREJÖVŐ FESZÜLTÉGELOSZLÁS, ÉS A DEFORMÁCIÓ VIZSGÁLATA

Számos kutató foglalkozott a gumiabroncs-talaj kapcsolatban a talajban létrejövő feszültségeloszlás, és deformáció vizsgálatával. Kezdetben igen egyszerű és korlátozott méréseket végeztek a talajba fektetett vékony papírlapokkal vagy színezett homokcsíkokkal. Később fényképezési módszerrel rögzítették – egy párhuzamosan húzott árkon keresztül – a talajban elhelyezett jelek elmozdulását a gördülő kerék alatt Söhne [55] és Gliemerth [46] a bordázott abroncs alatti függőleges és vízszintes talajelmozdulásokat vizsgálta. Cegnar és Fausti [44] állandó terhelés és abroncsleányomás mellett vizsgálta a magas bordázatú abroncsok alatti talajelmozdulásokat.

Számos kutató foglalkozott a benyomódást befolyásoló tényezők vizsgálatával is.

Fekete [45], Arvidsson [43] és Schmid [53] különböző talajállapotok és nedvességtartalmak mellett vizsgálta a talajtömörödést és a benyomódás nagyságát, Kogure [50] a benyomódáson kívül a gördülési ellenállás nagyságát is meghatározta.

Többek egyező véleménye alapján a növekvő haladási sebesség csökkenti a maximális benyomódás mértékét.

Feltétlenül meg kell említeni, hogy a talajdeformációk vizsgálatára a reológia módszerét is felhasználták. Tan [57] volt az első, aki a talaj tulajdonságait kutatta a reológia eszköztárával. A talajokra Poynting–Thomson modellt alkalmazott. Hazánkban Huszár [47] és Sitkei [56] alkalmazta a mezőgazdasági anyagokra, többek között a talajokra is a reológiai módszereket. Karafiath [48] a kontinuum mechanika és a talajképlékenység elméletét használta fel a gumiabroncs-talaj modellezésnél, míg a mozgékony és talajtömörödés meghatározására Yong [65] véges elemes módszert alkalmazott. Ting [60] a diszkrét elemek módszerét használta talajmechanikai, egytengelyű terhelési, nyírási és triaxiális vizsgálataihoz. Munkájában kétdimenziós DEM (Digital Elevation Model – digitális magasságmodell) modellt használt. Tanaka [58] homok-, vályog- és agyagtalajok deformációjának és behatolással szembeni ellenállásának vizsgálatánál használta a diszkrét elemek módszerét.

Upadhyaya [61] egy traktor hárompont felfüggesztésére szerelt nyomó- és nyírókészülékkel vizsgálta szabadföldön, többféle talajon, a nyomóerő-benyomódás, nyírási diagram és a nyírási egyenes függvénykapcsolatokat.

A gumiabroncs-talaj kapcsolatban ébredő normális és érintő irányú feszültségek kutatása terén elért eredmények indították el az 1980-as évek közepén a talajtömörödés folyamatának jobb megértését, és az annak csökkentésére irányuló törekvéseket.

A járművek méret- és tömegnövekedése miatt több kutató is foglalkozott a gumiabroncs alatt, a talajban ébredő feszültségek vizsgálatával. Wong [63] a gumi-talaj kapcsolatban ébredő normál feszültséget vizsgálta a talajban, a dinamikus abroncssterhelés függvényében, különböző talajállapotok mellett.

Wanjii *et al.* [62] talajvályús vontatási modellkísérletekkel vizsgálta a kerék alatt létrejövő normál és horizontális feszültségeloszlásokat. Vizsgálatait talajnyíró kísérletekkel egészítette ki.

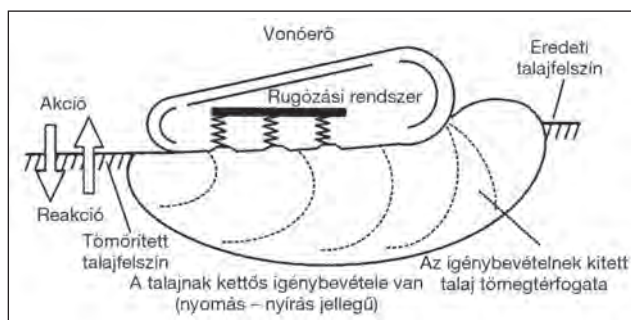
Wood *et al.* [64] összehasonlította a merev kerék és gumiabroncs alatt a tolóerő kialakulásának folyamatát. Meghatározta a tolóerő-dinamikus terhelés, és a mozgási ellenállás-dinamikus terhelés kapcsolatát a kerék alatt keletkező normál, és az érintő irányú feszültségek ismeretében.

A korszerű mérőberendezések és a számítógépes mérés technika lehetővé teszi a talajelmozdulások pontos meghatározását. Seig [54] és Tijink [59] 3 dimenziós számítógépes módszerrel tanulmányozta a gördülő kerék alatti talajelmozdulásokat különböző talajtípusok, nedvességtartalom, és tömörödöttség, azonos gumiabroncs típus, abroncsleányomás, terhelés és sebesség mellett. A mérések eredményeként megállapította, hogy a vízszintes és függőleges elmozdulások aránya növekszik a növekvő nyomóerő hatására.

A TALAJ-JÁRÓSZERKEZET KÖLCSÖNHATÁSA

A járműtest és a talaj közötti kapcsolatot biztosító szerkezeti részt összefoglaló néven járószerkezetnek nevezzük. Leszámítva a speciális járószerkezeteket (pl. lépegető járó-





18. ábra. A talaj-kerék kölcsönhatása [51]

szerkezet), alapvetően a kereket, a lánctalpat és a gumivedert soroljuk ide. A 18. ábra a lánctalpas járószerkezet és a talaj kapcsolatát mutatja. Az itt bemutatott hatás alapvetően a kerekes járószerkezetekre is igaz, ahol a kerekek adják át a talajnak a jármű súlyerejét, és a hajtónyomatékból származó kerületi erőt. A talaj szilárdsága ellenáll ezeknek a hatásoknak, miközben visszahat a kerékre. Tehát a hatás-ellenhatás klasszikus törvényszerűségével állunk szemben.

KÖVETKEZTETÉSEK

A jármű terepen történő mozgása során a következő jelenségek figyelhetők meg:

- A jármű kerekei a talajba süllyednek, a talajban deformáció, keréknyom alakul ki.
- A kerekek – különösen a hajtó kerekek –, vízszintes irányú csúsztató hatást fejtenek ki.
- Mindkét igénybevétel (a talajnyomás és a nyírás) nemcsak közvetlenül a kerék-talaj kapcsolat érintkezési felülete mentén hat, hanem a talaj mélyebb rétegeiben is.
- A talaj teherbíró képessége maximálja a kerékterhelés nagyságát. Ha a kerékterhelés nagyobb a teherbíró képességnél, akkor a jármű kerekei a talajba süllyednek, akadályozva ezzel a jármű mozgását.
- A talaj nyírószilárdsága a kerületi erőt maximálja. Nagyobb kerületi erő esetén a jármű kerekei kipörögnek, a szlip jelentősen megemelkedik, szintén akadályozva, vagy lehetetlenné téve a haladást.
- A talaj nedvességtartalma jelentősen befolyásolja a talaj mechanikai tulajdonságait. Egyes talajoknál a nedvességtartalom növekedése pozitívan, másoknál negatívan hat a mozgékonyaságra. Szemcsés talajoknál (pl. homok) a nedvesség egy bizonyos fokig a szemcsék közötti tapadást segíti elő, biztosítva a járművek számára a jobb mozgékonyaságot, míg a finomszemcsés talajoknál (pl. vályog) a nedvességtartalom növekedése a talaj nyírószilárdságát csökkenti, növelve ezzel a jármű csúszását, balesetveszélyét.
- A terep profilja (mikroakadályok) a jármű lengését gerjesztik. A létrejövő lengések megváltoztatják a jármű dinamikáját, amely komoly baleseti tényező lehet.
- A talaj süppedékesége, inhomogenitása hasonlóan baleseti forrás lehet.
- A talajfelszín közvetlenül borító gyeptakaró (különösen, ha nedves) fokozhatja a jármű csúszását.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[43] Arvidsson, J., Ristic, S. „Soil stress and compaction effects for four tractor tyres.” *Journal of Terramechanics* 33, no. 5 (1997): pp. 223–232.;

[44] Cegnar, A., Fausti, F. „Movements under the contact area in radial and conventional tyres.” (1960) *ASAE*, pp. 60–104.;

[45] Fekete, A., Baganz, K., Helbi, W., „Some observation on soil compaction under a tire.” *Journal of Terramechanics* 12, (1975): pp. 217–223.;

[46] Gliemeroth, G. „Untersuchungen über Verfestigungs- und Verlagerungsvorgänge in Ackerboden unter Rad- und Raupen-fahrzeugen.” *Zeitung Acker- und Pflanzenbau* 96, (1953): pp. 219–234.;

[47] Huszár, I., Müller, Z., „Mezőgazdasági termények mechanikai vizsgálata.” *Járművek, Mezőgazdasági Gépek* 24, no. 12 (1977);

[48] Karafiath, L. L., Nowatski, E. A., „Soil Mechanics for Off-Road Engineering.” *Trans Tech Publication Clausthal*, (1978);

[49] Kiss, P., „Terepen mozgó járművek energetikájának egyes kérdései.” (PhD doktori értekezés, Gödöllő: Szent István Egyetem, 2001);

[50] Knight, S. J., Kogure, A. J. „Deflection of a moving tyre on firm to soft surface.” (1962) *ASAE*, pp. 116–120.;

[51] Laib, L., *Terepen mozgó járművek.* (Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 2002);

[52] Laib, L., Vas, A., *Traktorok-autók.* (Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 1998);

[53] Schmid, I. C., „Interaction of vehicle and terrain results from 10 years research at IKK.” *Journal of Terramechanics* 32, no. 1. (1995): pp. 3–26.;

[54] Seig, D. A. *Soil compactibility.* Bedford: Silsoe Collage, 1985.;

[55] Shōne, W. H. „Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tyres.” *Agricultural Engineering* 39, no. 5. (1958): pp. 276–281.;

[56] Sitkei, Gy. *A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái* (Budapest: Akadémiai Kiadó, 1967);

[57] Tan, T. K. „Three-dimensional theory of the consolidation and flow of clay layers.” *Scientica sinica*, (1957);

[58] Tanaka, H. et al., „Simulation of soil deformation and resistance at bar penetration by the Distinct Element Method.” *Journal of Terramechanics* 37 no. 1 (2000): pp. 41–56.;

[59] Tijink, F. G. „Summation of shear deformation in tubes in soil under a moving tyre.” *Soil Tillage Research* 12, (1988): pp. 323–345.;

[60] Ting, J. M. et. al., „Discrete numerical model for soil mechanics.” *Journal of Geotechnical Engineering* 115 no. 3 (1989);

[61] Upadhyaya, S. K. et al. „An instrumented device to obtain traction related parameters.” *Journal of Terramechanics* 30, no. 1, (1993): pp. 1–20.;

[62] Wanji, S. et. al., „Prediction of wheel performance by analysis of normal and tangential stress distributions under the wheel-soil interface.” *Journal of Terramechanics* 34, no. 3 (1998);

[63] Wong, J. Y. „On the study of wheel-soil interaction.” *Journal of Terramechanics* 21, no. 2 (1984): pp. 117–131.;

[64] Wood, R. K. et. al., „Tire thrust as affected by dynamic load.” 10th Int. Conf. ISTVS. Kobe: 1990.;

[65] Yong, R. N., Fattah, E. A. „Prediction off wheel-soil interaction and performance using the finite element method.” *Journal of Terramechanics* 13, no. 4 (1976): pp. 227–240.

1. ábra. A Magyar Honvédség Modernizációs Intézet és a Continest Technologies Zrt. együttműködésében megvalósult mobil konténerlőtér hiánypótló kiképzéstechnikai eszköz. Elsődleges célja a szerződéses és hivatásos katonák lökiképzési tevékenységének támogatása (Fotó: Bimbó István)



Bimbó István*

Moduláris katonai konténerlőtér

A KORSZERŰ LŐTEREK IRÁNTI IGÉNY MEGFOGALMAZÁSA

A katonai K+F tevékenység eredményeként 2021-ben bemutatkozhatott a kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutatón a műszaki megoldásaiban egyedülállóan mondható mobil katonai konténerlőtér, amely az MH Modernizációs Intézet (MH MI) és a Continest Technologies Zrt. közös fejlesztésének eredménye.

A fegyveres szerveknél szolgálókkal szemben az egyik alapvető elvárás a megfelelő egyéni löképesesség birtoklása. Ennek fejlesztéséhez a megfelelő technikai és biztonsági keretet a lőterek adják. A lőtér fogalma ma már nem egyetlen „egy darab földterülettel”, amelynek a végében egy földszánc található, mögötte pedig kiterjedt nagy védőterület helyezkedik el.

A mai lőtereknek számos új kihívásnak kell megfelelniük. Fontossági sorrend nélkül említsünk meg néhány főbb követelményt, igényt, amelyek rendező elvei egy mai, modern lőtérnek.

A mindenkor legfontosabb követelmény a biztonság szavatolása valamennyi, a lőtérben és az alkalmazott fegyverek hatósugarán belül tartózkodó személyek számára. Veszélyes tevékenységként, a lövészet feltételei közül általában a lőtér az a kritikus pont, amely csak szigorú rendszabályok és az azoknak megfelelő technikai követelmények mellett működhet. További szempont, hogy minden lövészetet úgy kell végrehajtani, hogy anyagi kár se keletkezzen. Idekapcsolódnak az üzemeltetési, a munkaegészségügyi és a környezetbiztonsági feltételek is, hiszen a lövészeteknek számos környezetkárosító hatása és egész-

ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Honvédség és más fegyveres testületek személyi állományának lökiképzése mindenkor kiemelt feladat, de a környezetünkben jelen lévő háborús konfliktusok hatására ez a tevékenység most különösen felértékelődik. A katonai K+F tevékenység eredményeként egy hazai cég közreműködésével létrejött az első magyar mobil konténerlőtér. A tanulmány ezen komplex kiképzéstechnikai eszköz bemutatásán keresztül feltárja a fejlesztés műszaki feladatainak bonyolultságát, végigvezetve az olvasót azok főbb lépéseiben. Bemutatja a követelménytámasztás, a tesztelés és az ellenőrző vizsgálatok folyamatát, valamint a megvalósítás összefüggéseit, rendszerét.

KULCSSZAVAK: katonai K+F, kiképzéstechnika, mobil lőtér, konténer, acélmagvas lőszer, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, Continest Technologies Zrt.

ABSTRACT: The training of personnel of the Defense Forces and other armed units is always a priority, but this is especially appreciated due to the war conflicts in our area. As a result of the military R&D activity, the first Hungarian mobile container shooting range was created with the help of a domestic company. The article explores the complexity of the technical task through the presentation of the complex training technical tool, guiding the reader through the main steps of development. It presents the connections and system of the requirements, tests and control examinations, as well as the implementation.

KEY WORDS: military R&D, training technology, mobile shooting range, container, steel core ammunition, Defence and Military Development Program, Continest Technologies Plc.

* Alezredes, fegyverzeti gépészmérnök, robbantástechnikai szakmérnök, MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0002-8744-9251



ségügyi kockázata ismert. [1] A lövészetű tevékenységek a nitrogén gázok kibocsátása és a nehézfémzennyezés mellett jelentős hanghatással is bírnak.

A lőterek létesítése során – függetlenül attól, hogy civil vagy valamely fegyveres szerv használja – a fentiekben túlmenően figyelembe kell venni, hogy a lőtér ne foglaljon el túl nagy területet. Ne vonjon ki további erdőterületet, illetve termőföldet a művelési ág alól, továbbá legyen minden évszakban használható, és rendelkezzen a megfelelő infrastruktúrával. Erre a zárt lőterek alkalmasabbak, mint a szabadtéri kivitelűek. A Magyar Honvédség (MH) személyi állománya lökiképzésének „négy-évszakos” biztosítása céljából különböző helyszíneken lőtérfejlesztések zajlanak, de a központi lőtereken kívül kevés alakulat rendelkezik saját lőtérrel. Annak érdekében, hogy minél több alkalommal jusson lövészetű lehetőséghez a személyi állomány, a kiképzésért felelős alkalmazó egy mobil lőtér fejlesztését kezdeményezte. Ez a megoldási változat elsősorban nem a lövéket juttatja el a lőtérrre, hanem a lövészet helyszínét hozza közelebb a kiképzendő állományhoz, megtakarítva ezzel az utaztatást, így javítva a munkaidő-kihasználást.

Mobil lőterek léteznek már külföldön is, de azoknak az egy lőállásra vetített magas egységáiraira, valamint a honvédség egyedi hadművelési-műszaki követelményeire tekintettel az MH egy saját építésű mobil lőtér fejlesztése mellett döntött.

A FEJLESZTÉS ELŐZMÉNYEI

Az MH MI feladata a Magyar Honvédség stratégiai céljainak megvalósítása érdekében szükséges haditechnikai fejlesztési projektek menedzselése. Ezek nyomán, az MHP Kiképzési Csoportfőnökség által meghatározott hadművelési követelményekből az MH MI elkészítette azt a műszaki követelményrendszert, amelynek alapján a későbbiekben megvalósulhatott a mobil katonai konténerlőtér fejlesztése. (A szerző a fejlesztés témafelelőseként vett részt a konténerlőtér megvalósításában.)

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program egyik kutatás-fejlesztési projektjének eredményeként megvalósított összecsukható mobil konténerlőtér fő rendeltetése a Magyar Honvédség szerződéses és hivatásos katonái lökiképzési tevékenységének támogatása. További feladata, hogy elősegítse a Honvéd Kadét Program, a katonai toborzás és a speciális önkéntes művelési tartalékosok lökiképzési tevékenységének eredményes végrehajtását, mind ezt nagy mobilitással, de alacsony logisztikai igényrel.

A mobil lőtér iránti igény, valamint az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások nemzetközi szinten is komoly kihívás elé állítják a lőtérépítőket. A lengyel Polska Grupa Zbrojeniowa (PGZ) és a Zakłady Mechaniczne Tarnów lengyel védelmiipari vállalatok által gyártott konténerlőtér korábban már bemutatották a magyar fegyveres szervek számára is. A két cég, a nemzetközi trendeknek megfelelően szabványos konténerben gondolkodott, hosszanti elrendezésben kettő lőállással valósította meg a lőtérrel. Bár vonzóvá teszi a lőtérrel a vetített cél megjelenítése és az értékelő modul alkalmazása, a lőtér azonban több szempontból sem felelt meg a hazai elvárásoknak. A PGZ lőtere 40' hosszú modulokból épül fel, míg a magyar fejlesztés egyértelműen a 20'-as méretűt részesítette előnyben, mivel a Magyar Honvédség saját eszközeivel ezt a szabványos méretű konténerrel tudja főként közúton szállítani. A lengyel lőtér adatlapja továbbá nem említi a 7,62 mm-es karabélytöltényekkel működő kézfegyverek lőtéri használhatóságát,



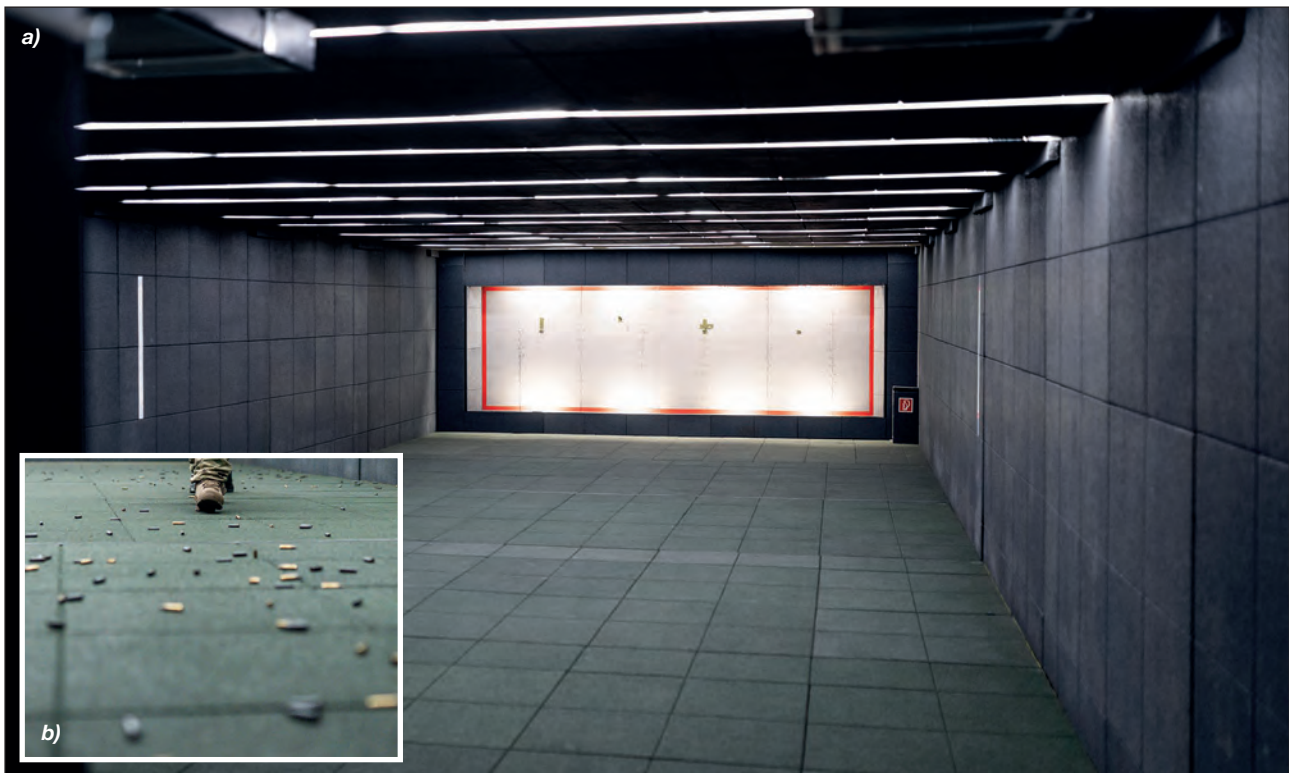
2. ábra. A 2 lőállásos lengyel konténerlőtér [2]

gát, csak az 5,56 mm-es, abból is csak a „soft core” típusú lövedéket.

Konténerlőterek építésénél általában a hosszanti elrendezés a gyártók által preferált konfiguráció. Az általánostól eltérő elrendezés kialakítása, valamint a nyithatóság műszaki feladatai komoly kihívások elé állította a fejlesztő – Contintest Zrt. – csapatának mérnökeit. A projekt kezdetekor nem volt ismert, hogy a világon megvalósítottak volna ennek a követelményrendszernek megfelelő lőtérrel. Az egyedi fejlesztésű, telepíthető mobil katonai lőkonténer 2021 augusztusában a kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutatón debütált, és azóta több nemzetközi kiállításon is bemutatkozott. Az Amerikai Egyesült Államokban a 2022. évi Shot Show-n [3] és Rijádban a World Defence Show 2022. kiállításon szerepelt a lőtér makettje. Emellett a teljes lőtérrel bemutatták Szlovéniában a 8. SOBRA nemzetközi védelmi ipari kiállításon és Ingolstadtban a NATO MILENG COE Industry Day-en (a Hadmérnöki Kiválósági Központ Ipari Napja) is. A mobil lőtér bemutatkozásai során a tárgyalások, valamint a jelentős szakmai érdeklődés azt mutatta, hogy a lőtér – amely jelentős piaci értéket képvisel –, valóban egyedi, előremutató és innovatív tulajdonságokkal rendelkezik.

A Magyar Honvédségnek a lőtérfejlesztéssel szemben támasztott főbb hadművelési követelményei az alábbiak voltak:

- a lőtér legalább 4 lőállással rendelkezzen;
- a lőtávolság minimum 15 m-es legyen, amely modulárisan legyen növelhető;
- legyen teljesen zárt kialakítású;
- a lőterem alkalmazhatók legyenek pisztolyok, géppisztolyok, karabélyok és gépkarabélyok;
- acélmagvas haditöltényekkel is végrehajthatók legyenek a löfeladatok;
- a konténer ballisztikai védelme 360°-os legyen;
- a lőtér felülete teljes mértékben gurulatmentes kialakítású legyen, ahol a lövedékek és repeszek visszapatánása nem megengedett;
- szellőztető berendezés tegye lehetővé a kézi tűzfegyverek alkalmazása során keletkező füstgázok hatásos elszívását;
- működtetése relatívan alacsony logisztikai kiszolgálási igényű legyen;
- az egyes kialakítású modulok legyenek szabványos 20' konténer szelvényűek;
- a mobil lőtér legyen 20' konténerszállító eszközökkel rakodható, szállítható;
- kevesebb, mint 12 óra alatt telepíthető és bontható legyen;
- a lőtér legyen zajszigetelt, a környezeti zajterhelése tegye lehetővé lakott területen történő alkalmazását;
- a lőtér belső hőmérséklete legyen szabályozható;
- az eszköz valamely magyar cég által gyártott termék legyen.



3. ábra. A lőtér teljesen zárt, a fő lőirányban energiaelnyelő és lövedékcsapda rendszer található a). A páncélozott, gurulatmentes kialakítású (gumilap lemezekkel borított) aljzat b) (Fotók: Bimbó István)

KIHÍVÁSOK, JOGI PROBLÉMÁK – ELŐNYÖK, HÁTRÁNYOK, KÖLTSÉGHATÉKONYSÁG

El kell fogadnunk, hogy a lőterek létesítésének tendenciái mindinkább a zárt lőterek felé tartanak, ahol elsődleges szempontként a környezetvédelmet nevezhetjük meg.

A lőterek jogi szabályozása csak esetileg kezeli a létesítést. Korábban az Országos Építészeti Szabályzat (OÉSZ) – 2/1986. (II. 27.) ÉVM rendelet az Országos Építészeti Szabályzat közzétételéről – rendelkezett a fegyveres szervek egyes építményeinek védőterületeiről, ezen belül a lőterekéről. Ennek keretében meghatározta a különböző lő- és gyakorlóterületek védőtávolságát, illetve az ott elhelyezhető építményeket, illetve azok kialakításának tiltását.

A jogalkotó ebben az időszakban a lő- és gyakorlóterek méreteinek, típusainak, kialakításának meghatározását eseti jelleggel az illetékes helyőrség-parancsnokságok, míg generálisan az adott fegyveres testület irányítását és felügyeletét ellátó minisztérium hatáskörébe helyezte.

Az OÉSZ helyébe az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet (OTÉK) lépett, amely lőterekkel kapcsolatos szabályzókat már egyáltalán nem tartalmaz.

A civil lőterekre vonatkozó előírásokat a lőterekről, a lőfegyverek, lőszerkeket hatósági tárolásáról, a fegyvertartáshoz szükséges elméleti és jártassági követelményekről szóló 49/2004. (VIII. 31.) BM rendelet szabályozza.

A konténerlőtér megfelel az alkalmazó által meghatározott, valamint a Magyar Honvédség Parancsnoksága (MHP) kiképzési csoportfőnökség – mint szakmai követelménytámasztó szervezet – által jóváhagyott hadművelési követelményekkel összhangban meghatározott harcászati-műszaki követelményeknek. Ez azt jelenti, hogy a lőtér biztonsági és funkcionális szempontból megfelel a Magyar Honvédség szakmai követelményeinek, szabályzóinak.

A mobil konténerlőtér átvételi vizsgálati során igazságügyi fegyverszakértő is ellenőrizte a lőtérrel. [4] Szakvéleménye alapján a lőtér alkalmas az alkalmazói követelményekben meghatározott kaliberű fegyverek használatára. Az igazságügyi fegyverszakértői vélemény birtokában a mobil lőtér civil felhasználásra is megfelelő, természetesen az üzemeltetés helye szerinti illetékes rendőrkapitányság engedélyével¹.

AZ ÜZEMELTETÉS SAJÁTÓSÁGAI

A mobil konténerlőtér egy teljesen új elem a Magyar Honvédség kiképzéstechnikai eszközrendszerében. Az üzemeltetését jelenleg az MH egyik lövészdandár alakulata végzi, de nagyfokú mobilitása révén 12 órán belül bárhol üzembe helyezhető. A zárt lőterek legfontosabb ismérve, hogy nem kell lőtérőrséggel felügyelni a biztonsági zónát, ezzel a szolgálati személyek száma minimálisra redukálható. Bármely napszakban használható, ezáltal a folyamatos üzemeltetést is lehetővé teszi.

A MOBIL LŐTÉR FŐ RÉSZEI

A konténerlőtér kialakítása külön erre a célra fejlesztett merev és összecukható konténerek összekapcsolásával valósul meg, amelyek a hosszanti oldalukon csatlakoznak egymáshoz. A konténerlőtér, elrendezését tekintve tekintve egy merev kialakítású fejmodullal, és egy merev kialakítású – a célterületet kizárólagosan magában foglaló – végmodullal rendelkezik. A fej- és végmodul közötti részt ballisztikai (kilövésálló) rendszerrel ellátott, egymással felcserélhető, szabványos konténelemek alkotják, amelyek az elemek számának korlátlan változtatásával lehetővé teszik



a lőtér hosszának változtatását. Gyakorlatilag a lőtér hossza addig növelhető, amíg az alkalmazott fegyver röppályájának magassága nem haladja meg a konténer belmagasságát. A lőtér teljesen zárt, ballisztikailag 360°-ban védett még gépkarabélyok acélmagvas lövedékei ellen is. A fő lőirányban energiaelnyelő és lövedékcsapda komponensekből álló rendszer található, amelynek feladata a lövedék sebességének csökkentése, és mozgási energiájának felemésztése. (3. ábra) A teljes belső felület gurulatmentesített, míg a külső felület hangszigetelt. A lőtér szellőztető berendezések biztosítják a keletkező füst, és a káros gázok elszívását, valamint a friss levegő betáplálását.

A lőtérnek ugyan nem részei, de a mobilitásának elengedhetetlen elemei a konténerszállító járművek.

A FŐ RÉSZEK JELLEMZŐI, KIALAKÍTÁSUK

Az első a fejmodul, amely két részből áll, egyrészt a fix légtechnikai konténerből, valamint a lőállások konténeréből. A fejlesztés tervezési fázisában e két funkció berendezései még egy konténerbe kerültek volna integrálásra, azonban a 15 m-es minimális lőtávolságból adódó levegő térfogata, valamint a tervezett igénybevétel intenzitása olyan volumetrikus határfokú légtechnikai megoldást igényelt elszívó rendszerrel, klímaberendezéssel, légkezelővel kombinálva, amelynek megvalósításához plusz egy konténerre volt szükség. A lőállások így szélesebbek, kényelmesebbek lettek. Az igazságügyi fegyverszakértő véleménye alapján ilyen kialakítással a későbbiekben öt lőállás is tervezhető a konténerekbe.

A lőállásokat gurulatmentesített páncéllemezek választják el egymástól. A fegyverek és lőszerkei lövészet közbeni biztonságos elhelyezésére lehajtható asztalok szolgálnak. Ezek egyfajta gátat képeznek a lövészet során a lövő előtt, így meghatározva a személyek tartózkodási helyét, és a tűzvonalat is. Az asztalok anyaga bevonatot rétegeztet lemez. A lövők mögött találhatók a lőtér kezelőszervei. Onnan kapcsolható a világítás, a 3 állású légtechnikai kapcsoló, illetve a vörös-kék fényű reflektor. A légtechnikai rendszer befűtésének és elszívásának mennyisége kívülről a berendezésnél, valamint a célterület végén elhelyezett vezérlővel szabályozható, amely belülről két fokozatban állítható. Az egyes elszívóhelyek is innen kapcsolhatók. [5]

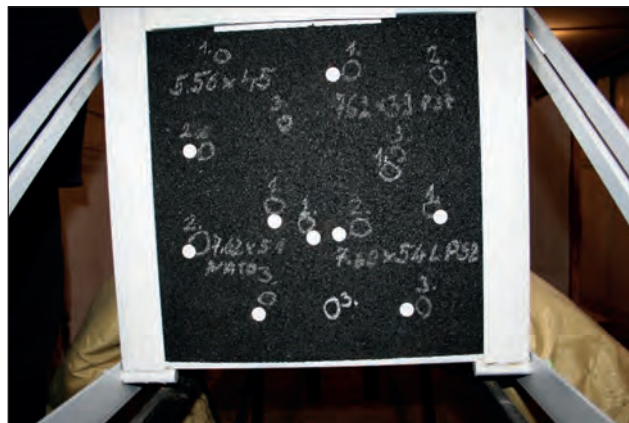
BALLISZTIKAI (KILÖVÉSGÁTLÓ) RENDSZERREL ELLÁTOTT ÖSSZECUKHATÓ LŐSZEKTOR-KONTÉNEREK

A mobil konténerlőtérben az igazi innovációt az összecukhatható elemek hordozzák, valamint azok ballisztikai védelme. Ez az elem állította a legnagyobb kihívás elé a fejlesztőket, ez volt a tervezés szűk keresztmetszete, ahol a követelményekre adott helyes válaszok és megoldások eredményezték a mobil konténerlőtér sikeres megvalósulását.

Az így kialakított ballisztikai védelem a konténer mind a négy felületén biztosítja a követelményekben megadott fegyverek lövedékei elleni védelmet úgy, hogy azok nem hatolnak át, illetve nem pattannak vissza. A falak borítása 5 mm-es Armox 600T páncéllemezből készült. Az elért védelmi szint VPAM² Level 7. A páncéllemez relatíve vékony, ezért a vázszerkezet zártszelvény-bordázatát ehhez kellett igazítani, mivel a behajlások és a hullámosodás nem volt engedélyezett. A belső felületre 40 mm vastagságú gumiörlemény-panelet ragasztottak fel, amelyek meggátolják a gurulatok képződését és a visszapattanásokat.



4. ábra. Szög alatti lövések (Fotó: Bimbó István)



5. ábra. Gurulatmentesítő panel és a visszapattanást gátló gumiörlemény-bevonat lövésszakai vizsgálata az 5 mm-es páncéllemezzel együtt (Fotó: Bimbó István)

Erre vonatkozóan a MH Modernizációs Intézet Kutatás-fejlesztési Igazgatóság Lőkísérleti Vizsgáló Osztálya ballisztikai tesztekkel végzett.

A páncélok feldolgozása komoly szakértelmet igényel, amelyhez az is hozzájárul, hogy a velük folytatott minden tevékenységhez hadiipari engedély szükséges. A fejlesztő Contintest Zrt. cég a Magyar Honvédség által kiállított végfelhasználói nyilatkozat alapján beszerezte a svéd gyártmányú SSAB³ páncéllemezeket. A legtöbb, hazánkban található lőtér lövedékcsapdáját ipari, nagy keménységű és jó kopásállóságú Hardox⁴ acélból készítik, de a lövésekből származó folyamatos ütmunka ellen, amely az acél felületét éri, a ballisztikai célra készült páncélok az optimálisak, mivel ezeknek a felülete nem „kagyólsodik” ki. Az oldalfalagnál megfelelő lehetett volna a Hardox-lemezek alkalmazása is, a szakmai követelmények szerint azonban a kialakított fejlesztői terv alapján már minden olyan felület, amely a rendszerben ballisztikai védelmet lát el, az erre a célra készült, azonos minőségű anyagból került kialakításra. Az oldalfalakat nem kellett folyamatos terhelésre méretezni, mivel ott véten, vagy csak helytelen lövésből származhat találat, akkor is alapvetően szögben, ritkább esetben merőlegesen.

A páncélok darabolása nagynyomású vízszaggal történt, törekedve arra, hogy az alapanyag minél kevesebb hőközlést szenvedjen el. A hegesztés megfelelő minőségének biztosítása érdekében az SSAB egyik németországi részlege konzultáció keretében nyújtott segítséget. Részletesen megadták a technológiát, amellyel biztosítható volt, hogy a hegesztés során nem gyengül el a páncél.

1. táblázat. A lőtér védelmi szintjei a VPAM-szabvány szerint (A szerző szerkesztése)

VPAM védelmi szint	Fegyvertípus	Kaliber	Lövedéktípus	Lövedék tömege [g]	Lövedék sebessége [m/s]	Lőtávolság [m]
2	pisztoly	9 mm parabellum	FMJ/RN/SC**	8,0	360 ±10	5 + 0,5
6	karabély	7,62 × 39 mm	FMJ/PB/FeC*** (PSZ)	8,0	720 ±10	10 + 0,5
7	karabély	5,56 × 45 mm NATO SS109	FMJ/PB/SCP****	4,0	950 ±10	10 + 0,5
	puska	7,62 × 51 mm NATO	FMJ/PB/SC*****	9,55	830 ±10	10 + 0,5
–	puska	7,62 × 54R	LPSZ*****	9,55	860 ±10	10 + 0,5

* A vizsgálat a szabványban előírt 9,55 g helyett a Magyar Honvédségben rendszeresített 11,00 g tömegű FMJ/PB/SC lövedékkel került végrehajtásra.

** FMJ/RN/SC: teljes köpenyes, kerek orrú, ólommagvas;

*** FMJ/PB/FeC: teljes köpenyes, hegyes, könnyű acélmagvas;

**** FMJ/PB/SCP: teljes köpenyes, hegyes, ólommagvas, acél penetrátorral;

***** FMJ/PB/SC: teljes köpenyes, hegyes, ólommagvas;

***** LPSZ: teljes köpenyes, hegyes, könnyű acélmagvas.

A kezdeti alapanyag-választástól a kész rendszer átvételei vizsgálatáig minden fázisban az alábbi tartalommal folytattunk ballisztikai vizsgálatokat:

- alaplemez-válogatás;
- gurulatmentesítő bevonatok tesztjei;
- a kiválasztott páncéllemez homogén felületének vizsgálata merőleges, és szög alatti becsapódásnál;
- a hegesztési varratok és átlapolások lövedékállósági tesztjei;
- a páncél és a gurulatmentesítő bevonat vizsgálata.

A lövésszaki tesztek során különböző vastagságú és keménységű páncéllemezeket vizsgáltunk, amelyek eredménye alapján kiválasztottuk az ARMOX® 600T páncéllemez 5 mm-es vastagságban a löfolyosó valamennyi védendő felületéhez, és a 10 mm vastagságút a lövedékcsapdához. A páncéllemezek műbizonylattal ellátva érkeztek, amely a védelmi szintet is tartalmazta. A páncélok nál rendkívül fontos, hogy a gyártásuk és feldolgozásuk nyomon követhető és visszakereshető legyen, mert életvédelmi céllal kerülnek beépítésre.

A teszteket a német General basis for ballistic material, construction and product testing (Ballisztikus anyagok általános alapjainak szerkezeti és termékvizsgálatai) VPAM Apr 2006 vizsgálati szabvány szerint végeztük el. A vizsgálatokat minden esetben jóváhagyott vizsgálati terv szerint végeztük, amelyek eredményei értékelő jegyzőkönyvbe kerültek.

A találatok geometriája: 120 mm oldalhosszúságú, egyenlő oldalú háromszögek csúcspontjaira leadott lövések.

A különböző vastagságú és keménységű páncéllemezeket 10 m távolságról, a szabvány szerinti elrendezésben vizsgáltuk. A tesztek során a lövések szabványos ballisztikai sebességmérő csőből, standard gyári töltényekkel történtek. A vizsgálat során egyetlen alkalommal sem történt átthatolás, illetve nem tartottuk elfogadhatónak a határon lévő behatolásokat sem. A lőtér mobilitása miatt fontos a tömegcsökkentés, ezért törekednünk kellett a lehető legvékonyabb páncéllemez és rétegtend kialakítására. Itt meg kell jegyeznünk, hogy a páncéllemezek gyártása során a gyártónak a teljes felületen tartania kell az adott vastag-

ságot, amelynek túrását szabvány határozza meg. A konténerlőtér építése során felhasznált páncélok megfelelnek az EN 10029 szabvány idevonatkozó követelményeinek.

A lőtereken ismert jelenség, hogy a fémcélokról és az egyéb fémfelületekről a lövedékből repeszek pattannak vissza. Alapvetően ezek merőleges becsapódásnál veszélyesek, és jellemzően a lövedék köpenyének anyagából leváló repeszek. Ez a veszélyes távolság pisztoly lőszernél akár 10–15 m is lehet, amely ellen védőszemüveg használatával hatékonyan lehet védekezni. Az ilyen repesz bőrfelületen kisebb karcosodásos hámsérülést okoz, vastagabb ruházatról pedig lepattan, vagy abban elnyelődik. A konténerlőtér követelményrendszere többek között tartalmazza az acélmagvas lövedékek használatának lehetőségét is, amely a páncélon deformálódik ugyan, de egyben marad – eltérően az ólomtól – amely szinte szétfröccsen. Ezeknek a visszapattanása is jelentős sérülést okozhat.

A rétegtend kialakításánál alapkövetelmény volt, hogy sem áthatolás, sem visszapattanás nem fordulhat elő. A visszapattanás, valamint a gurulatot kapott lövedék veszélyes irányba történő távozása olyan borítással gátolható meg, amely képes annak mozgási energiáját felemészteni, és a lövedéket magába zárni. A lőszaki vizsgálatok tapasztalatai alapján a konténerben minden fémfelület kellően vastag, és relatíve nagy szakítószilárdságú borítást kapott.

Drága, illetve nehéz technikai megoldásokban nem gondolkodhattak a fejlesztő Continest Zrt. szakemberei, ezért az olyan ballisztikai védőanyagok, mint az Aramid (pl. Kevlar®) vagy PE (pl. Dyneema®) szálak anyagok nem jöhetnek számításba. Nagy felületek egyszerű, hatékony burkolása volt a cél, de erre a feladatra a rétegtend falemezek sem alkalmasak, ahogy a polyurea bevonatok sem hatásosak, hiszen nincs stophatásuk, a visszapattanó repeszek pedig gyorsan átvágnák azokat.

Lőterek belső gurulatmentesítésére elterjedt technológia az újrahásznosított gumiörleményes panel, amely viszonylag olcsó és hatékony burkolati elem lehet. Könnyen színezhető, amely révén kellemes, szép struktúrájú falazatot kaphatunk. A tesztek során 20 és 40 mm vastagságban, különböző keménységben végeztünk vizsgálatokat a pa-





6. ábra. Egy, a vizsgálatok során elvetett gurulatmentesítő burkolat (Fotó: Bimbó István)

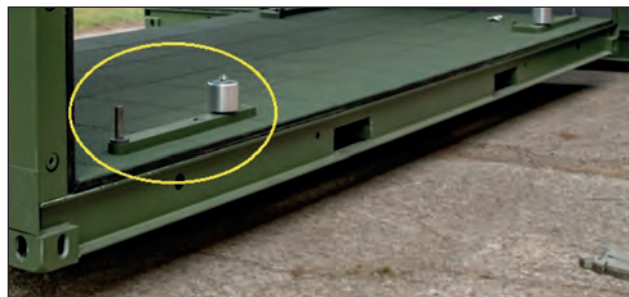
nelekkel. A 40 mm-es vastagság bizonyult elegendőnek, mivel ennél a méretnél már egyáltalán nem volt észlelhető a repesz-visszapattanás. Fontos feltétele a belső gurulatmentesítésnek, hogy a lövedékek mindenképpen belépjenek az anyagba, és ott elnyelődjön az energiájuk. Ezt lapos szögállásnál (24°) is vizsgáltuk az alkalmazni kívánt legkisebb energiájú lőszer, a .22 LR kaliberig. A .22 LR lőszer kerek kialakítású, a hangsebesség közeli lövedékével leadott minden lövés behatolt a gumiőrlemény-panelbe, és onnan nem lépett ki.

A mobil lőtérben a 7,62 × 39 mm kaliberű gépkarabély a felső határ, amellyel még biztonságosan lehet lövészetet végrehajtani.

ÖSSZECUKHATÓ MODUL FEJLESZTÉSE

A fejlesztő cég egyedi, innovatív és összecsukható konténerek fejlesztésével és gyártásával vívott ki elismerést a piacon. Az univerzális termékek – a CN10 és a CN20 típusú konténerek – nyitó-csukó és reteszelő mechanikáját azonban a mobil lőtérhez nem tudták átültetni. A korábbi fejlesztéseikhez visszanyúlva azonban már a megfelelő zsanérrendszert alkották meg. A fejlesztés kezdeti szakaszában az elsődleges problémát a nagy tömegű oldalfalak mozgatása jelentette. A páncélozott fal belső felületét gumiőrleményből készült panelek fedik, amelyet a nyitás-csukás igénybevétele sem károsíthat. Több elvetett kialakítást végül egy sikeres megoldás követett, amelyhez egy görgős segédeszközt alkalmaztak. [6] Négy darab ilyen görgős nyitó mechanika került készletezésre a lőtérhez. Összecsukáskor és szétnyitáskor a tetőpanelt kell emelőgéppel süllyeszteni, illetve emelni, párhuzamosan a padló lemezzel. Ekkor nincs mechanikus kapcsolat a padlóval, a 4 db görgőn keresztül billen a két oldalfal a megfelelő pozícióba.

Telepítéskor, amennyiben az emelés során az oldalfalak eléri a függőleges helyzetüket, akkor az elemeket csavar-



7. ábra. Görgős nyitó mechanika (Fotó: Continecst Technologies Zrt.)



8. ábra. A nyitó mechanika mozgás közben (Fotó: Continecst Technologies Zrt.)

kötéssel kell a mennyezeti és padlóelemhez rögzíteni. A zsanérrendszer és a rögzítőfelületek méretezésekor végelem-analízis került lefuttatásra 20°-os dőlésszöggel, hó- és szélteherrel. Ezek a sarokelemek kritikusak, mert átlós vagy más egyéb merevítés nem jöhet szóba.

A lőszeaktorokonténerek összecsukását követően, 3 darab közteselem szállítható halmozva 1 darab 20'-as konténer kubatúráján belül. 1 darab összecsukható elemekből kialakított lőszeaktor mérete 5,7 × 15 m.

CÉLTERÜLET ÉS LÖVEDÉKCSAPDA

A célterület a célok elhelyezésére, függesztésére és rögzítésére szolgáló függőleges felület, amelyet 5 cm széles narancssárga sáv jelöl, az azon kívüli terület gurulatmentesített, és kilövésálló páncéllal megerősített.



9. ábra. A lövedékcspada beépítés közben
(Fotó: Bimbó István)

A lövedékcspada egy, a lövedékek kinetikai energiájának elnyelésére, elfogására és a lövedékdarabok gyűjtésére szolgáló, lamellás rendszerű páncéllemez rétegekből álló, és az előtte elhelyezett rugalmas, a lövedékek és lövedékdarabok visszapatantását megakadályozó anyagból kialakított rendszer.

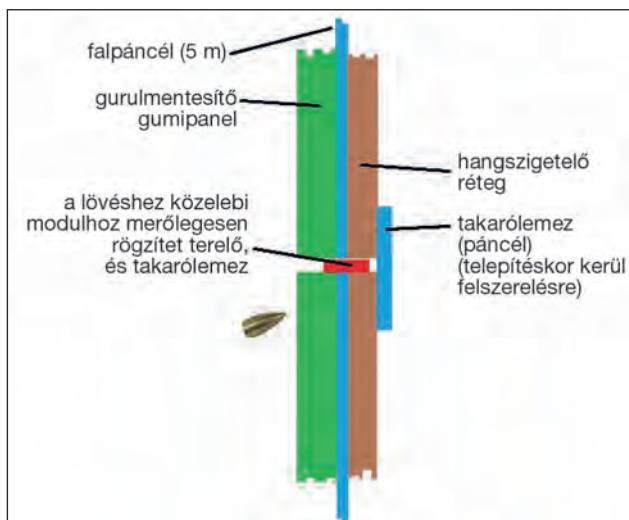
A lövedékcspada és energiaelnyelő rendszer egy másik hazai vállalkozás terméke. A GHI Csendes Kft. lövedékcspadák fejlesztésével, gyártásával foglalkozik, innovatív megoldásai révén több szabadalommal is rendelkezik. A lőtérkonténerben alkalmazott lövedékcspada anyaga – a ballisztikai tesztek eredményei alapján jóváhagyott – 10 mm vastagságú ArmoX® 600T típusú páncél. A lamellás rendszerű lövedékcspada alsó, üríthető gyűjtőtálcával rendelkezik, amelyet 10 000 lövésenként üríteni és tisztítani kell.

Az egyes elemek mérete: 850 × 1205 × 545 mm.

A KONTÉNERLŐTÉR EGYES ELEMEINEK CSATLAKOZTATÁSA

Első lépésként a lőtérlelmeket nagyon pontosan, targoncával össze kell sorolni a konténernek hosszabb oldala mentén. A konténer sarkai alá helyezett talpfákat a terep egyenetlenségének mértékében műszerrel szintezni kell.

10. ábra. Az illesztett egységek közötti rés biztonsági átlapolása metszetben, takarólemezzel (A szerző szerkesztése)



11. ábra. Az illesztési pontok témafelelős általi lövizsgálat a gépkarabéllyal (Fotó: Bimbó István)

Az elemek közé csapadékvíz ellen gumiszalag-szigetelés kerül. Két konténer között minimális illesztési hézag található, ahol a kilövés elleni védelem átlapolásokkal biztosított. [6]

A modulok külső mérete és geometriája megfelel a szabványos konténernek kialakításának, szabványos konténersarkokkal. Az ezekben elhelyezett rögzítőelemek (menetes orsók) segítségével lehet összeillesztett állapotban egymáshoz rögzíteni a lőtérkonténer tagokat.

A NYÍLÁSZÁRÓ

Az egyetlen nyílászáró egy dupla ajtó, amelyből az egyik szárny kifelé nyílik, a másik pedig páncélozott tolóajtó. Ezzel a megoldással nem terhelődik az ajtó zsanérrendszere, mérete pedig akkora, hogy egy sérült személy akár hordágyon is kivihető rajta.

GÉPÉSZETI ADATOK

VILLAMOS HÁLÓZAT

Betáplálás: 400 V 50 × 5 méretű gumikötényes kábel, 125 A;

BEFŰVŐ-ELSZÍVÓ LÉGKEZELŐ

4 db GR351-ZID-DG.CR ventilátor 0-01V DC EC motor vezérléssel – 4×3,30 kW, 3 P.

Elektromos fűtőkálórifer – 19,1 kW, 3 P.

SYSVRF 224 AIR EVO HP R hőszivattyú – 17,2 A, 3 P. [7]

A MEGVILÁGÍTÁS

A lőtér belsejének megvilágítása LED-szalagokkal történik, a célterület pedig LED-reflektorokkal egészül ki, illetve a lőtérben stroboszkópok találhatóak. A lőtérben keresztirányban futó LED-szalagok ballisztikai védelemmel – szándékosan – nem rendelkeznek. Esetleges sérülésük esetén viszonylag alacsony költséggel cserélhetők. A fényforrások védelme plusz páncél alkalmazását igényelné, amely többletköltséggel és -tömeeggel járna. Ebben az esetben a felső síkból ferdén kilépő védőlemezek vastagítanák a szerkezetet, amely az összecsapásnál bonyolítaná a rendszert, továbbá a plusz védelmet gurulatmentesítő réteggel kellene ellátni.



A MOBIL LŐTÉR MÉRETEI KÜLÖNBŐZŐ ÁLLAPOTOKBAN

2. táblázat. Méret- és tömegadatok (A szerző szerkesztése)

A mobil lőtér elemei (tömeg)	Telepített méret Sz x H x M (mm)	Szállítási méret Sz x H x M (mm)
Légkezelő konténer (4,90 t)	6068 x 2440 x 2590	6068 x 2440 x 2590
Lőállás konténer (4,95 t)	6068 x 2440 x 2590	6068 x 2440 x 2590
Összecsukható konténer (5,28 t)	6068 x 2440 x 2679	6068 x 2440 x 650
Célterület konténer (11,2 t)	6068 x 2490 x 2590	6068 x 2490 x 2590



12. ábra. A mobil lőtér összeállított állapotban, a 2021-ben megrendezett kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutatón (Fotó: Bimbó István)

Szállítás

A lőtér minden olyan eszközzel mozgatható, amely a szabványos 20'-as konténerek szállítására alkalmas. [8]

Egy kivitelezett szállítási konfiguráció:

- A szállító jármű típusa: nyerges vontató;
- a szállító járművek száma: 3 db;
- 40' rakfelületű nyerges félpótkocsin: 1 db légkezelő konténer + 3 db összecsukott konténer;

- 40' rakfelületű nyerges félpótkocsin: 1 db lőállás konténer + 3 db összecsukott konténer;
- 20' rakfelületű pótkocsin: 1 db célterület konténer.

A MOBIL LŐTÉR TELEPÍTÉSE

A fix konténerek (emelhetők, daruzhatók) mozgathatók bármely konténermozgató berendezéssel, a konténerek

13. ábra. Rakodás nyerges kamionra

(Fotó: Contineest Technologies Zrt.)



14. ábra. 3 db összecsukható modul rakodása az MH Hammar oldalrakodójával

(Fotó: Contineest Technologies Zrt.)





15. ábra. A lőtérkészlet elszállítása a fejlesztő székesfehérvári telephelyéről (Fotó: Continest Technologies Zrt.)



16. ábra. A konténer nyitásának mozzanata (Fotó: Continest Technologies Zrt.)

oldalirányú dőlését kerülni kell, de 20°-os oldalirányú dőlést elviselnek.

A követelményekben nem volt kitétel, hogy a lőtér csak szilárd burkolatú területen legyen telepíthető, de a nagy tömeg miatt ajánlatos így elhelyezni. Ez a megoldás meggyorsítja a szintezést, és nem áll fenn az elmozdulás veszélye, amellyel a rögzítőorsók befeszülhetnek.

ÖSSZEZÉS

Az MH Modernizációs Intézet és a Continest Technologies Zrt. együttműködésében kevesebb, mint egy év alatt egy hiánypótló kiképzéstechnikai eszköz valósult meg. A cég innovatív konténer technológiáját felhasználva, egy másik magyar cég lövedécsapdáját integrálva, számtalan műszaki problémát megoldva létrehozta az egyedülállóan nevezhető mobil, moduláris katonai konténerlőteret. A négy lőállásos lőtér egy lőállásra vetített fajlagos költségét összevetve a nemzetközi piacon elérhető 2 lőállású társaival, megállapíthatjuk, hogy egy versenyképes megoldás született.

A lőteret szintén egyedivé teszi az acélmagvas gépkarabély-töltények használatának lehetősége. A konstrukció védelmi szintje, a kézi lőfegyverek vonatkozásában gyakorlatilag elérte a maximumot. Puskák 7,62 × 51 mm-es, illetve 7,62 × 54R kaliberű lövedékeivel teszteltük a rendszert, de ilyen jellegű lőtérnél ezek használata nem indokolt. A további fejlesztés iránya gyakorlatilag alacsonyabb védelmi szintű, könnyebb, ezáltal olcsóbb lőterek tervezése, valamint a már elkészült fejlesztés vetíthető cél- és tálatértékelő rendszerrel történő ellátása lehet.

Az eszköz kifejlesztésével rendelkezésre áll egy bárhol telepíthető és alkalmazható, modulárisan bővíthető biztonságos lőtér. A kiképzéstechnikai eszköz teljesíti a vele szemben támasztott követelményeket, amely teljesen új lehetőségeket nyit a lőkiképzésben.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Bimbó István. „Zárt lőterek környezetre gyakorolt hatásai.” *Katonai Logisztika* 24, sz.1. (2016.): 153–162.;
- [2] Forrás: <https://www.zmt.tarnow.pl/wp-content/uploads/2017/01/STRZELNICA-1-1-1024x537.jpg> (Letöltés: 2022.2.28.);
- [3] „n1b.goexposoftware.com,” 18-21 01 2022. [Online]. Available: <https://n1b.goexposoftware.com/events/ss22/goExpo/exhibitor/viewExhibitorProfile.php?id=2779>. (Letöltés: 2022.2.28.);
- [4] Nagy Attila *igazságügyi fegyverszakértő Fegyverszakértői vélemény 47/2/2021*, Szeged: 2021.;
- [5] Csaba, Horváth. *Műszaki bemutatás-lőállás konténer*, Székesfehérvár: Continest Zrt., 2021.;
- [6] Rob, van der Berg. *Műszaki bemutatás – Összecsukható modul*, Székesfehérvár: Continest Zrt., 2021.;
- [7] Bakos-Horváth. *Műszaki bemutatás – Légkezelő konténer*, Székesfehérvár: Continest Zrt., 2021.;
- [8] Reznayk Norbert-Reznayk Tamás. *Málházási (rakodási) és telepítési utasítás*, Székesfehérvár: Continest Zrt., 2021.

JEGYZETEK

- 1 49/2004. (VIII. 31.) BM rendelet 1/B. § (2)
- 2 VPAM–Vereinigung der Prüfstellen für angriffshemmende Materialien und Konstruktionen (VPAM Level7 követelménye, hogy a ballisztikai acél vastagsága minimum 7,5 mm legyen, és álljon ellen .50 kaliberű töltények tűzésnek. Ez a szint megfelel az EN 1522 / EN 1063 szabvány B5, B6 osztálya követelményeinek.)
- 3 Az SSAB egy magasan specializált acélpipari vállalat. A stockholmi székhelyű SSAB nagyszilárdságú acélokat fejleszt, és különféle szolgáltatásokat nyújt. A vállalat a globális piac vezető gyártója 16 000 embert foglalkoztat több mint 50 országban, a korszerű nagyszilárdságú acélok (AHSS) és a nemesített acélok (Q&T), szalag-, lemez- és csőtermékek, valamint építőipari megoldások területén. Forrás: <https://www.ssab.hu/ssab/about-ssab>
- 4 A Hardox egy 8 tagú acéltermékcsalád, amelynek közös jellemzője a normál acélokhöz képest háromszoros keménység, agresszív környezetben történő alkalmazhatóság, nagyfokú kopásállóság, A Hardox-termékek a kopásálló lemezek rendkívüli keménységének és szívósságának egyedülálló kombinációjával rendelkeznek, szilárdak és könnyűek.
- 5 A kevlárt 1965-ben a DuPont cég kémikusa, Stephanie Kwolek találta fel. A szintetikus (para-aramid) szál, más erősítő szálakkal szemben alacsony fajsúlyával tűnik ki (40%-kal könnyebb, mint az üvegszál). Emellett magas a kopásállósága, a hőállósága és a szakítószilárdsága, és nehezen vágható. (A szerk.)
- 6 A hollandiai Heerlenben működő DSM polimergyártó forgalmazza a Dyneema SB61 fantázianevű anyagot, amely 15-ször erősebb az acélnál, és 40%-kal erősebb a golyóálló mellények leggyakoribb anyagánál, a kevlárnál. (A szerk.)

Lányi Aladár*

A V2 harckocsimotor-család fejlesztésének története **II. rész**

A szovjet T-34 típusú „Győztes” harckocsi V2 elnevezésű motorja, kenőrendszere, az olajszivattyúk, illetve a hűtővízszivattyú konstrukciós kialakítása is a Hispano-Suiza H-S motorhoz hasonló. A tanulmány első része bemutatta a fejlesztés kezdetét, és első állomásait. 1939-ben a T-34-es első sorozatpéldányait már teljes mértékben a V2 típusú motor sajátosságai szerint tervezték. A háborút követően egy hengerosor alkalmazásával elkészítették a 12 hengeres V2-es motor 6 hengeres változatát, a V6 típusú motort. A szerző, tanulmánya második részében bemutatja a T-72 típusú harckocsi nagyobb teljesítményű, továbbfejlesztett V46-6 típusú motorját, amelyet szinte minden részében a kor színvonalának megfelelően fejlesztett alkatrészekből alakítottak ki. Az érdeklődők megismerkedhetnek a motor javítási technológiáival is.

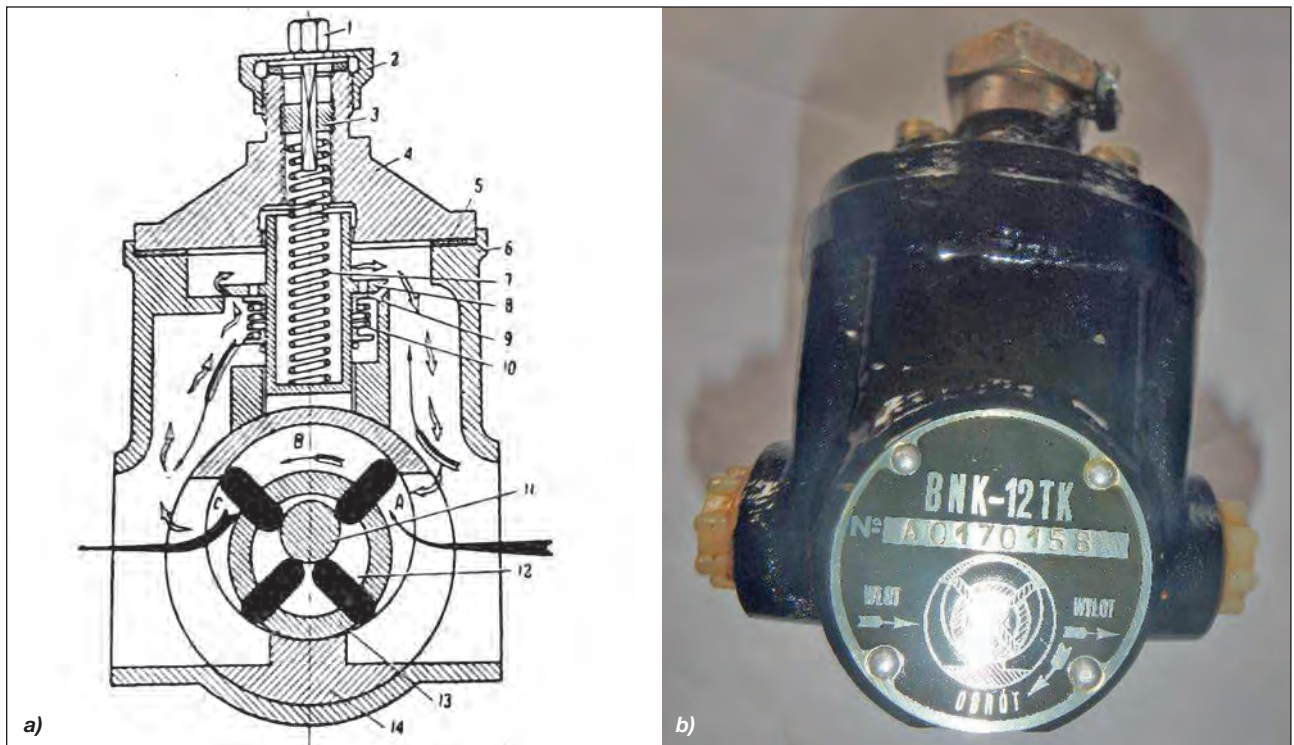
A H-S V12Y benzinmotorját karburátorok látták el a megfelelő benzin-levegő keverékkel. A V2 dízelmotornál természetesen karburátorokat nem alkalmaztak, az üzemanyag-ellátást a hengerosorok között elhelyezett adagolószivattyú

és a gyújtógyertyák helyére beépített befecskendező fúvókák biztosították. A magas nyomáson (210 bar), 5 (7) lyukú tűfúvókán keresztül finoman beporlasztott üzemanyag gyorsan és egyenletesen el tudott keveredni a dugattyú tetején kialakított örvénytérben (Hasselmann-égéstér) [1] gyorsan forgó levegőben, amely alacsony gyulladási késedelmet, és kellően gyors égést biztosított. A Bosch-rendszerű adagolószivattyú kivitele és elhelyezése is a DB-601 típusú repülőmotor benzinbefecskendező szivattyú elhelyezéséhez hasonlóan történt. A V2-es motor üzemanyag-szivattyúját, a BNK-12TK típusú szivattyút (9. ábra) az összes benzines repülőgépmotorhoz (pl. AS-64; AS-82) ugyanolyan típuszámon és kivitelben alkalmazták. A szovjet harckocsimotorok és repülőgépmotorok közös eredetét és fejlesztését orosz nyelvű szakmai történeti tanulmányok is megerősítik. [13]

A harkovi No.183. számú gépgyárban 1936-ra készült el az új V2 dízelmotor-konstrukció. A fejlesztésben résztvevő főkonstruktor, Konsztantyin Fjodorovics Cselpán a motor létrehozásáért Lenin-rendet³ kapott. (Cselpant 1938 márci-

9. ábra. BNK-12TK üzemanyag-tápszivattyú metszeti rajza

a) 1. szabályozó csavarfej, 2. szabályzó csavarfedél, 3. szabályzó csavar, 4. fedél, 5. tömítő alátét, 6. ház, 7. nyomásszabályzó szeleprugó, 8. nyomásszabályzó szelep, 9. áteresztő szelep, 10. áteresztő szeleprugó, 11. önbeálló csap, 12. lapát, 13. forgórész, 14. állórész, A, B, C munkateretek. BNK-12TK üzemanyag-tápszivattyú b) (Fotók: Lányi Aladár)



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

usában koholt vádak alapján kivégezték, így nem érthette meg motorkonstrukciójának szakmai sikerét.) Az újabb V2 típusú dízelmotor 1800/perc fordulatszámra 500 LE (373 kW) névleges teljesítmény leadására volt képes. 1200–1300/perc fordulaton 2400 Nm nyomatékával pedig jól gyorsította a nagy tömegű harckocsikat is. A motor égésterének jó keverőképessége és az üzemanyag-ellátó rendszerének precizitása révén nagyon jó hatásokkal dolgozott. Fajlagos fogyasztása nem haladta meg a 235–240 g/kWh értéket (ez az adat még napjainkban is egészen jó fogyasztásnak számít). [1] A V2-es dízelmotor a korának legkorszerűbb harckocsimotorja volt.

Az új V2 típusú harckocsimotort legelőször 1937-ben, a harkovi No.183. számú gépgyárban gyártott BT–7M típusú közepes harckocsiba építették be (a BT–7 harckocsi alapváltozata, nagyobb darabszámban az M17 típusú benzínmotoros hajtóművel készült). Ezt követően a szintén a harkovi gépgyárban gyártott BT–35 (soktornyos) és a BT–1S típus is megkapta az új motort. [13] A BT–7M harckocsiban össze lehetett hasonlítani a benzin- és a dízelmotor működési sajátosságait, előnyeit és hátrányait. A gyakorlati tapasztalatok bebizonyították, hogy a dízelmotor harckocsiban történő alkalmazása sok előnnyel jár. A dízelmotor jobban terhelhető magasabb teljesítményszinten, mint a benzinmotor. Kisebb fogyasztása révén, azonos menetdinamika mellett is, a harcjármű hatótávolsága 40%-kal nagyobb is lehet. Előny továbbá az is, hogy a gázolaj nehezebben gyullad meg, ezért a harcjármű kigyulladására üzemzavar, vagy harci sérülés miatt ritkábban következik be. A kedvező tapasztalatok alapján, és az észlelt gyártástechnológiai hibák elhárítása után megindult a V2 típusú harckocsimotor nagyüzemi sorozatgyártása.

A T–34-es típusú harckocsit – amelynek első sorozatpéldányai 1939-ben jelentek meg –, már teljes mértékben a V2 típusú motor sajátosságai szerint tervezték. Ugyanabban az időben kapta meg a KV–1 és KV–2 típusú nehéz harckocsi is az új V2-es motort. Az 1941-ben bekövetkezett német támadás miatt a harkovi No. 183. számú gépgyárát a hátrországba, Nyizsnij Tagilba (Ural Vagonzavod – Урал Вагон Завод) telepítették. A gyár azonos néven folytatta a motorok és a T–34 típusú harckocsik gyártását. A második világháborúban gyártott közepes és nehéz harckocsik (BT–1S; BT–7M; T–34/76; T–34/85; T–34/85M; KV–1; KV–2; KV–85; IS–1; IS–2; IS–3) [3], közepes és nehéz alvárra készített rohamlövegek (SzU–85; SzU–100; SzU–152; ISzU–122; ISzU–152) [3] mindegyikét V2-es motorral szerelték fel. Ezen harckocsikból és rohamlövegekből a gyártás kezdetétől a háború befejezéséig több mint 100 000 darabot gyártottak. A háborút követően a V2-es motorok gyártása tovább folytatódott, így a nagy darabszámban készülő motorokat a harceszközök széles körében és a szovjet gazdaság szinte minden területén alkalmazták. A Vörös Hadsereg járműveiben (tüzérségi vontatók, kerekes buldózerek, önjáró tüzérségi ágyúk, rakétatüzérségi hordozójárművek, kerekes vontatók, kételtű járművek) [3], valamint áramforrás-aggregátorok meghajtó motorjaiként alkalmazták. A sikeres gyártmányt a gazdaság polgári ágában hajók, vasúti tolatómozdonyok, kombájnok, hómarógépek, repülőtéri kifutópályát takarító seprőgépek, vasúti sínrakó gépsorok, víz- és zagyszivattyúk, olajfűtőtornyok meghajtó motorjaként is alkalmazták.

A V2-ES MOTOR TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A háborút követően a V2-es motort ismét továbbfejlesztették. Egy hengeres alkalmazásával elkészítették a 12 hengeres V2-es motor 6 hengeres változatát, a V6 típusú mo-

tort. A V6-os logisztikailag jól beleillett a gyártmánycsaládba, csak néhány elemében tért el az eredeti motor alkatrészeitől, a javítását, karbantartását pedig azonos eszközökkel, azonos jártasságú szakemberek el tudták végezni. A V6 típusnevű katonai motorok, illetve 1D6; U1D6 és U2D6 típusú polgári felhasználású motorok nagyon sok kiviteli változatban, szintén a harcjárművek és a polgári eszközök kedvelt erőgépévé váltak. A V6-os motorok teljesítménytartományja 240–280 LE (179–209 kW) közé esett, míg a polgári felhasználású 1D6; U1D6; U2D6 motorok alacsonyabb fordulatszámra üzemelve (1500–1600/perc) 100–250 LE (74–186 kW) közötti teljesítményt adtak le. V6-os motorral szerelt harcjárművek: PT–76 úszó harckocsi; BTR–50PU lánctalpas harcálláspont; GM–575; GM–576; GM–578 lánctalpas légvédelmi tűzészeköz-hordozók; GSzP önjáró pontonpár stb. [3] Az 1D6 és U1D6 motorok katonai aggregátorokban üzemeltek, polgári felhasználásuk igen sokrétű volt (pl. a MOSZKVA vízibusz főgépeként hajónként 2 db-ot alkalmaztak). [13]

A 12 hengeres V2-es motor továbbfejlesztéseként, az 1940-es évek végére mechanikus centrifugál töltővel feltöltött, 600 LE (448 kW) teljesítményű változat is készült. A fejlesztés az új típusú harckocsik nagyobb tömegéhez igazodó, nagyobb teljesítményű motor kialakítását is igényelte. A T–54 típusú harckocsi a T–34-es tömegénél 4 tonnával nehezebb lett. Ennek következtében a menetdinamikai tulajdonságai csökkentek. A harckocsihajtómű csak kisebb végsebességet és kisebb gyorsulást biztosított a beépített, majdnem azonos teljesítményű, 520 LE (388 kW) V–54 típusú motor miatt. [5] A hamarosan áttervezett típus, a T–55-ös harckocsi a T–54-essel azonos tömeghez a növelt teljesítményű V–55 típusú motort kapta. A V–55 motor teljesítménye bruttó 600 LE (448 kW) – névlegesen 580 LE (432kW) [6] – (a szovjet/országi szabvány szerint a motorok fékpadi mérését légszűrő nélkül végzik el, beépített állapotban a légszűrőn eső légvesztés miatt a beépített motor teljesítménye kisebb lesz). A motoron a nagyobb teljesítmény biztosítását próbált konstrukciós finomításokkal érték el. A levegő-előkészítést jobb hatásfokú, és kisebb ellenállású légszűrő alkalmazásával javították, és javult a volumetrikus hatásfok is. A motor kompresszióját 1:14-ről 1:15 értékre növelték, (ezt a dugattyú-csapcszeg furatának 1 mm-el a szoknya felé történő eltolásával érte el). A 9 mm-es adagolóelem-átmérő helyett 10 mm-es átmérő, és a porlasztóban 7 furat alkalmazásával javították a befecskendezett üzemanyag porlasztását. A motor névleges fordulatszámát 2000/min-ig felgyorsították az adagoló átszabályozásával. Ez a néhány kis módosítás 80 LE (60 kW) többlet teljesítményt eredményezett. A T–55-ös harckocsi gyorsulása (az első 1000 m megtételéhez ideje) a T34-es szintjére emelkedett (a végsebessége kicsit alacsonyabb, 45 km/h értéken maradt). [6] [13]

A következő harckocsitípus, a T–62-es is ugyanazt a V–55 típusú motort kapta az eredeti 600 LE (448 kW) teljesítménnyel.

Az 1980-as évek közepén került sor a T–55 típusú harckocsi korszerűsítésére. A T–55AM típusú harckocsi tömege – elsősorban a növelt páncélzat miatt – 5 tonnával megnövekedett. Ezt a tömeget csak egy erősebb motor tudja azonos dinamikával mozgatni. Ezért a beépített V55 típusú motort is korszerűsítették, a teljesítményét megnövelték. Az új motor a V–55U típusszámot kapta. A V–55U motoron a korábbinál nagyobb keresztmetszetűre cserélték a jobb és bal oldali szívócsövet. A bővített szívócső belsejébe az 1–3 és a 4–6 hengereket szétválasztó terelőlemezt hegesztettek. Az új szívócsővel javult a motor volumetrikus hatásfoka, a hengerekbe kerülő többlet leve-





10. ábra. V46-6 típusú 574–618 kW-os (780–840 LE-s) harckocsimotor (WOLA S12U változat) [16]



11. ábra. V-92 típusú orosz motorfejlesztés 736 kW (1000 LE) [17]

gőben pedig nagyobb mennyiségű tüzelőanyagot lehetett elégetni. Az új motor, az átszabályozás után közel 640 LE (470 kW) teljesítményre volt képes. Ez a 10%-os teljesítmény-növelés, a harckocsi nagyobb tömege ellenére biztosította az azonos menetdinamikával történő mozgást. A Gödöllői Gépgyárban mintegy 150 db motort alakítottak át V-55U típusra. Ezek a motorok a harckocsikban az elvárt megbízhatósággal üzemeltek, és legtöbbje képes volt teljesíteni a nagyjavítás után elvárt 3500 km-es futásteljesítményt.

A T-72 típusú harckocsi fegyverzeti szempontból is nagy ugrást jelentett az elődeihez képest, de különösen igaz ez a hajtóművet illetően. A típus egy nagyobb teljesítményű, továbbfejlesztett V46-6 típusú motort kapott. A V46-6 motor is a V2-es család alapvető konstrukciós paramétereivel rendelkezik, de szinte minden részlemében a kor színvonalának megfelelően fejlesztett alkatrészekből alakították ki. A V46-6 motor névleges teljesítménye 780 LE (582 kW) [7], meghajtó nyomatéka pedig a 1200–1300/min fordulaton tartományban eléri a 3500 Nm értéket. [7] Ezt a 200 LE (150 kW) teljesítménynövekedést elsősorban a motorra épített, főtengelyről hajtott, centrifugál feltöltő-kompresszor alkalmazása teszi lehetővé. A centrifugál kompresszor lapátját egy 13,5-szeres gyorsító áttétel hajtja a motor névleges, 2000/min fordulatszámánál 27 000/min fordulattal. Érdekességként említhető, hogy a névleges fordulaton működő kompresszor meghajtása 150 LE (112 kW) teljesítményt igényel. A feltöltőkompresszor a motor szívócsövében 0,6 bar túlnyomást állít elő, ezzel a többlet levegővel növeli az égéshez szükséges oxigén mennyiségét a hengerekben. A nagy teljesítmény elérése érdekében a motoron nagyon sok apró módosítást végeztek. Az adagolószivattyú dugattyúinak átmérőjét 12 mm-es átmérőre növelték. A nagyobb teljesítménynek megfelelően, az adagolót is nagyobb szállítási kapacitásra kellett beállítani. Változott a porlasztók befecskendezési szöge, és 9 sugaras porlasztót alkalmaznak. A dugattyúk teteje kerámiabevonatot kapott, korszerűbb felső dugattyúgyűrűt szereltek a legfelső kompressziógyűrű helyére. A nagyobb légnyelésnek megfelelő, nagyobb teljesítményű légszűrő szűri a beszívott levegőt. Tovább vastagították a hajtókarok „H” profiljának falvastagságát is. Változott a szívószелеpeket vezérlő bütykök vezérlési profilja. Szélesebb fogaskerekek alkalmazásával a kenőolajszivattyúk mindegyikének szállítási kapacitása 25%-kal növekedett. Az alkalmazott fejlesztések eredményeként a 200 LE (150 kW) többleteljesítmény leadására képes V46-6 típusú motor futásteljesítménye (tartóssága) a régi motorok (V2; és V55 típushoz képest) kétszeresére növekedett.

Az 1970-es években a KGST-együttműködés (Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa⁴⁾ keretében a V55, majd azt követően a V46-6 típusú motorok licenc gyártását Csehszlovákia és Lengyelország is végezte. A rendszerváltást követően, a Varsói Szerződés megszűnése után a lengyel motorgyártó, a Bumar-Łabędy gyárban Wola S12U néven (10. ábra) tovább gyártotta, és tovább is fejlesztette a V46-6 típusú motorokat. A főtengelyről hajtott feltöltő helyett kipufogó gázturbinát szereltek a motorokra. Az 1 turbós kivitelű, WOLA S850 típusnevű motor 850 LE (634 kW) teljesítményű. [13] A hengersonkénti 2 turbós motor WOLA S1000 néven 1000 LE (736 kW) teljesítmény leadására képes az eredeti motorok 2000/min fordulatszámánál. [13] A rendszerváltást követően, az orosz gyártó is fejlesztett egy turbófeltöltős motorváltozatot V-92 néven. (11. ábra) Ez a motor szintén 1000 LE (736 kW) teljesítményű [13]. A korszerűsített motoroknál további érdekesség, hogy a motorok beépítési tömege az eredeti V2 típus megjelenése óta alig változott, folyamatosan 1000 kg körüli volt. Ez azt jelenti, hogy a legkorszerűbb motorok fajlagos tömege megközelíti az 1 LE/kg (0,736 kW/kg) értéket, amely nagyon kedvező adat, és a mai dízelmotorok között is kiemelkedően ritka érték. A fejlesztett motorokat a lengyelek által gyártott, export kivitelű harckocsikba építették be, és a használat során megbízhatóan üzemelnek.

tást követően, a Varsói Szerződés megszűnése után a lengyel motorgyártó, a Bumar-Łabędy gyárban Wola S12U néven (10. ábra) tovább gyártotta, és tovább is fejlesztette a V46-6 típusú motorokat. A főtengelyről hajtott feltöltő helyett kipufogó gázturbinát szereltek a motorokra. Az 1 turbós kivitelű, WOLA S850 típusnevű motor 850 LE (634 kW) teljesítményű. [13] A hengersonkénti 2 turbós motor WOLA S1000 néven 1000 LE (736 kW) teljesítmény leadására képes az eredeti motorok 2000/min fordulatszámánál. [13] A rendszerváltást követően, az orosz gyártó is fejlesztett egy turbófeltöltős motorváltozatot V-92 néven. (11. ábra) Ez a motor szintén 1000 LE (736 kW) teljesítményű [13]. A korszerűsített motoroknál további érdekesség, hogy a motorok beépítési tömege az eredeti V2 típus megjelenése óta alig változott, folyamatosan 1000 kg körüli volt. Ez azt jelenti, hogy a legkorszerűbb motorok fajlagos tömege megközelíti az 1 LE/kg (0,736 kW/kg) értéket, amely nagyon kedvező adat, és a mai dízelmotorok között is kiemelkedően ritka érték. A fejlesztett motorokat a lengyelek által gyártott, export kivitelű harckocsikba építették be, és a használat során megbízhatóan üzemelnek.

A V2-ES MOTOR MŰSZAKI KISZOLGÁLÁSA

A V2-es motor konstrukciójának hatalmas előnye, hogy logisztikai biztosítása rendkívül egyszerű. A II. világháborúban történő tömeges alkalmazásuk során a V2-es motorok iparszerű nagyjavításának részletes dokumentációit is kidolgozták. [8] [9]

A javítási dokumentáció tartalmazza:

1. a motor ábrákkal illusztrált alkatrész-katalógusát (amely biztosítja a motor alkatrészeinek, részegységeinek egyértelmű beazonosíthatóságát),
2. a motor szét- és összeszerelési technológiai utasítását,
3. az alkatrészek és részegységek hibafelvételi és javítási technológiáját,
4. a motor alkatrészeinek cserenormajegyzékét,
5. az összeszerelt részegységek, főegységek és a teljes motor működési ellenőrzésének technológiai folyamatait és az ellenőrzés követelményeit,
6. a javítás és az ellenőrzés során használandó hagyományos és speciális szerszámok jegyzékét, (illetve a speciális szerszámok rajzait) [9],
7. a javítás és az ellenőrzés során alkalmazható fő- és segédanyagok jegyzékét, és az ezen anyagokkal kapcsolatos előírásokat, utasításokat.

A javítási technológiák a motor szét- és összeszerelésének technológiai folyamatát és a folyamatok során felhasználandó szerszámok, készülékek listáját tartalmazzák. A motor szét- és összeszerelése a szokásos szerelőeszközökön (villáskulcs, dugókulcs, csavarhúzó, fogó, kalapács)

kívül nagyon kevés (kb. 20 db) speciális eszközt igényel. A speciális szerszámok rajjai adottak, vagy minta alapján a szokásos lakatos szerszámokkal és forgácsolással gyorsan és olcsón legyárthatók, duplikálhatók, meghibásodás vagy elvesztés esetén pótolhatók [10].

A hibafelvételi utasítások alkatrész szintig lebontva tartalmazzák az egyes elemek szemrevételezéssel, illetve mérésekkel ellenőrizhető eltéréseinek határértékeit, a minősítés feltételeit. Az alkatrész szintű minősítés megkülönböztet javítás nélkül visszaépíthető, javítható és selejt alkatrészeket. A javításban a bontott alkatrészek is felhasználhatók.

A javítandó alkatrészek javítási technológiáját az alkatrészjavítási utasítások tartalmazzák. A selejté váló alkatrészeket kialakított cserenormák alapján előre feltöltött raktárkészletekből, vagy jól tervezhetően, a motorok javítása során gyártott új alkatrészekkel lehet pótolni.

A javítási dokumentáció biztosítja a javítás minőségbiztosítását is. A javítási dokumentációban az alkatrészek, a részegységek és a teljes motor átvételi vizsgálatának technológiája, valamint az átvételi követelményrendszer is megtalálható. A teljes javítási folyamatra érvényes előírás, hogy a motor részegységei csak minősített alkatrészekből szerelhetők össze, az összeszerelt részegységeket pedig a valós körülményeket jól megközelítő működési próbával kell ellenőrizni (pl. a kenőolaj-szivattyú vizsgálata, az adagolószivattyú vizsgálata és a besabályozás próbapadon történik). A motort csak a működési próbával megfelelően minősített részegységekből szabad összeszerelni, és az összeszerelt motort is működési próbával kell ellenőrizni. [8]

A V2-ES MOTOR MŰSZAKI ELLENŐRZÉSE, VÉGÁTVÉTELE

A magas szintű minőségbiztosítás része az is, hogy a technológia az ellenőrzéseket kettőzve írja elő. Az elsődleges ellenőrzés a javító (gyártó) szervezet minőségi ellenőrző szakembereinek a feladata. A másodlagos minőségellenőrzést pedig a javító (gyártó) szervezettől független, a felhasználó katonai szervezetet képviselő, katonai átvevő szakemberek végzik. A katonai átvételek szintjeit és követelményrendszerüket is a technológiai utasításban rögzítették. [11] (A motorok végátvételének ellenőrzése kötelezően katonai átvétellel történik, de a katonai átvevőknek a teljes javítási folyamat általános ellenőrzésére is joguk van). [12]

A motor végátvételének folyamata fékpadi vizsgálattal történik. A fékpadi vizsgálat során először a motor üzemképességét ellenőrzik, majd a motort névleges hőmérsékletre bemelegítik. Ha a motor alapműködésében rendelkezés nem tapasztalható, akkor a motoron teljes körű bejáratást végeznek a fékpadon. A bejáratás a névleges teljesítmény szintjéig tart. A bejáratást követően a javító szervezet szakemberei elvégzik a motor végső besabályozását, és a járatást követően az előírt ellenőrzést. Ezután következik a motor katonai átadás-átvétele. Erre azért van szükség, mert a harcokban a beépített motort azonnal a maximális teljesítményen is használni kell, hiszen a harcok tömege alig változik, illetve a harci igénybevétel követelményei nem teszik lehetővé a fokozatos terhelését, hanem a beépített motornak bármikor a névleges csúcsterheléseket is meghibásodás nélkül kell elviselnie. [11] [12]

A motor bejáratást, besabályozást, és az átvételi vizsgálatokat békeidőben motorjárató próbapadokon végzik, ahol a motorok üzemszerű működésének feltételeit kellőképpen biztosítani lehet. A motor tengelyen leadott nyomatékát (teljesítményét) általában örvényfékpaddal fékezik meg. Háborús körülmények között a V2-es motor esetében

a légcsavargyhoz illeszthető főtengely-kihajtás lehetővé tette, hogy a V2-es motorokat a harcoló alakulatok mögött, de a közelben tevékenykedő csapatjavító egységek (harcokcsijavító zászlóalj) tábori javító műhelyei terepen is el tudták végezni a javított V2-es motorok üzemszerű bejáratását, besabályozását és átvételi vizsgálatait is. Ez úgy történt, hogy a beüzemelésre alkalmas motort tetszőleges sík területen felrögzítettek a motor saját tároló bakjára. A motor segédrendszereit (hűtővíz-, kenőolaj-, üzemanyagellátó és indítórendszer) ideiglenesen bekötött csővezetékekkel összekötötték a segédanyag-tartályokkal (a hűtővizet vashordóban, a kenőolajat olajos hordóban, az üzemanyagot üzemanyag hordóban lehetett a motor mellett elhelyezni, a sűrítettlevegős indításhoz 1 db 10 literes, nagynyomású palack elegendő volt). Egy vezérlőpulton elhelyezett fordulatszámérőhöz, olajnyomás-, vízhőmérséklet- és kenőolaj hőmérsékletet mérő műszerhez kötötték be a motor jeladóit, valamint ezen helyezték el a gázkart is. Abban az időben a harcokcsikba beépített műszerek mindegyike még mechanikus kivitelű volt, így a fékezés és a bejáratás folyamatához semmiféle elektromos energia igénybevételére nem volt szükség.

A motor tárolóállványát cövekek segítségével a talajhoz kellett rögzíteni. A tárolóállvány kihajtó oldali végénél egy kb. 1 m mélységű köríves gödröt ásva lehetőség nyílt a V2-es motor főtengelyére egy Jakovlev Jak-3, Jak-9, vagy Petljakov Pe-2 repülőgéppel légcsavargy felszerelésére. (A II. világháború során szinte korlátlan darabszámban rendelkezésre álltak az ilyen típusú légcsavargyok a már repülésre kisebb sérülések miatt alkalmatlan példányai). A Jakovlev Jak-3 repülőgéppel légcsavargyok könnyen tetszőleges állásszögére állíthatók, és így forgás közben a légellenállásuk változtatható.

A V2-es motort javító egységeknek rendelkezésére állt egy táblázatos utasítás, amely a levegő hőmérséklete, és az adott talajmenti légnyomás figyelembevételével megadta, hogy a légcsvargy milyen lapát állásszögére történő beállítás esetén jön létre az a nyomtatás, amit a motor bejáratási, besabályozási vagy átvételi technológiai utasítása egy adott fordulatszámon a motor terheléséhez előír. A motor bejáratását (besabályozását, illetve átvételi vizsgálatait) a gyakorlatban úgy végezték, hogy a fékmesterek a levegő hőfok-, és légnyomásértékeket összevetették a technológiai utasítás táblázatában meghatározott fordulatszám- és nyomtatékértékéhez rendelt légcsvargy lapát állásszögével. Az adott lapátállásszöget a motor beindítása előtt a légcsvargy beállították, majd a beindított motoron – a gázkarállítás segítségével a fordulatszámérőn ellenőrizve az értéket – az előírt fordulatszámra gyorsították a motort, amely így az előírt fordulatszámon a technológiai utasítás szerinti terhelést kapta a légcsvargy. A terhelési szintenként 10–30 perces járatást követően, a motor az adott terhelésen bejáratottnak minősült. Végátvételkor, ha a motor a névleges teljesítményének megfelelő állásszögére állított légcsvargyval, teljes gázkarállással fel tudott pörögni a névleges fordulatszám értékéig, akkor a névleges teljesítményt is leadta, és „beépíthető” minősítést kaphatott. Egy javított motor bejáratása, besabályozása és átvételi vizsgálatai ezzel a módszerrel egy 8 órás műszak alatt elvégezhető volt. Az így bejáratott és átvett motorok a járműbe építve szabadon terhelhetők voltak, és megbízhatóan üzemeltek.

Az 1952-ben átadott Gödöllői Gépgyár a T-34 típusú harcokcsik iparszerű nagyjavítása érdekében épült fel, amelynek részeként a V2-es motorok nagyjavítását is sorozatban végezte. A motorok nagyjavítását a gyártó által kidolgozott technológiai utasítások alapján végezték. A Gö-



döllői Gépgyár (és utódai) 1995-ig rendszeresen javította a V2-es motorok szinte minden változatát (a 100 LE-s D–6 változattól a 840 LE-s V46–6M változatig). A technológiai előírás szerinti valamennyi javítandó alkatrész helyreállítása a gyáron belül elvégezhető volt. A kötelezően cserélendő alkatrészek beszerzését a gyár eszközállományából a felkészült szakembergárdája végezte, ezzel is biztosítva a motorok nagyjavításának jó minőségét. A gépgyárban időszakosan nagy sorozatban készültek a V2-es motorok nagy bonyolultságú és precíz megmunkálást igénylő főtengelei is. A nagyjavításon átesett motorok a gyártó által megadott új állapot szerinti követelményeket is kielégítették. A megfelelően üzemeltetett példányok a hadseregben teljesíteni tudták a javított motorokra előírt üzemóra- (futás-kilométer) követelményeket.

ÖSSZEGRZÉS

A V2-es motorok konstrukciós alapjai – köztük a gyorsjárású dízelmotor hengerenként 4 szeleppel, a hengerfejben elhelyezett dupla vezérműtengeellyel, közvetlen és nagy nyomású üzemanyag-befecskendezéssel, Hasselman-rendszerű dugattyúkamrás égéstérrel – napjainkban is elfogadottan korszerű megoldásnak számítanak. A személygépkocsi-gyártásban a dízelmotorokra ezeket a konstrukciós elveket csak a 2000. évet követően kezdték széles körben alkalmazni. A tehergépjárművek motorjai esetén pedig napjainkig sem általános a hengerenkénti 4 szelep alkalmazása.

A V2 típusú motor egyesítette korának legkorszerűbb konstrukciós elveit, a legkorszerűbb anyagokat és a korszerű gyártástechnológiát, így az korának egyik legmodernebb dízelmotorjának számított. Korszerűségét a gyakorlat is igazolta. A V2-es motor technikai alapjain kb. 50 motortípust fejlesztettek ki és alkalmaztak, de modernizált változatait még ma is gyártják. [13] A V2-es motorcsalád motorjaiból a gyártás közel 80 éve alatt több mint 1 millió példány készült, amely egy motorcsalád esetén biztosan rekordnak számít.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Jurek Aurél, *Belsőégésű motorok* (Budapest, Tankönyvkiadó Vállalat: 1961);
- [2] Bihary Gyula, „A Szovjet Légierő genezise” in: *Utak és alternatívák Előadások és tanulmányok az 1917-es orosz forradalom 90 éves évfordulója alkalmából* [szerk. Lengyel Gábor] PTE-BTK Történettudományi Intézet – Modernkori Oroszország és Szovjetunió Történeti Kutatócsoport, Történészceh Egyesület Pécs, MOSZT-TCE, 2009. Sorozat: (MOSZT Könyvek, 1788-4810; 3.);
- [3] Poór István szerk. *Harckocsik és páncélozott járművek típuskönyve* (Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1980), ISBN: 9633262836;
- [4] Pc/39 A T34 harckocsi igénybevételi és karbantartási utasítása 1963. Pcfe/38 T34–85 közepes harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1965.;
- [5] Pc/2 T54 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1960.;
- [6] Pc/19 T55 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása MN Haditechnikai Intézet 1964.;
- [7] Pc/25 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1981. (90/1978

MN PCGTSZF), Pc/57 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979., Pc/64 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása III. kötet MN Általános és Gépesített lövész. és Harckocsizó Kiképzési Csoportfőnökség 1979.;

- [8] PcFe/24 T-34–85 közepes harckocsi csapatjavítási utasítás 1963., PcFe/33 Közepes harckocsik csapatjavítási utasítása I. rész 1964.;
- [9] PcFe/36 Harckocsik javítási technológiája 1965., PcFe/66 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. könyv I. rész MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979., PcFe/239 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980., PcFe/240 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980.;
- [10] Pc/40 Szakutasítás a közepes harckocsik és lánctalpas járművek javításához használható szerszámok és készülékek alkalmazására MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1984.;
- [11] GJ-6/72 A V2 és V6 típusú motorok bejáratásának, átadásának technikai utasítása, HTI-TU-2535 A T34; T54/M; T55; T55A; PT76; BTR50; T72; ATSz típusú lánctalpas harcjárművek nagyjavítás utáni futópróbájának és a D442; D944 típusú úszó járművek víziprobájának Technológiai Utasítása;
- [12] L-2500/6 (A/21 MNGG jelzet) T34 motor szerelése, bejáratása, átvételi vizsgálata és konzerválása, L-2500/11 (A/24 MNGG jelzet) T34 motor javítási művelettervek;
- [13] Дизельный двигатель В-2 – 11 Января 2014 – АвтоБлог http://www.autoscience.ru/blog/dizelnyj_dvigatel_v_2/2014-01-11-47 (Letöltve: 2021.12.30.);
- [14] Matricardi, Paolo. *A harci repülőgépek nagy könyve*. (Budapest: Gabo Könyvkiadó, 2006);
- [15] Merksiz, Jerzy, „Przemys silnikowy w Polsce” *Engine Manufacturing Industry in Poland, Silniki Spalinowe* 44. nr3 (2005): pp 12–21. <https://doi.org/10.19206/CE-117396>;
- [16] Forrás: <https://airpages.ru/img/mot/bmw6.jpg>; https://military-history.fandom.com/wiki/Mikulin_M-17?file=Mikulin_M-17.jpg (Letöltve: 2022.1.24.);
- [17] Forrás: https://biiom.ru/wp-content/uploads/job-manager-uploads/main_image/2017/12/v46_6ms-1.png (Letöltve: 2022.1.20.);
- [18] Forrás: https://topwar.ru/uploads/posts/2021-04/1618420983_armata-4.jpg (Letöltve: 2022.1.20.).

JEGYZETEK

- 3 A Lenin-rend a Szovjetunió Legfelsőbb Tanácsának Elnöksége által, V. I. Lenin születésének 60. évfordulója alkalmából alapított állami kitüntetés volt, amelyet 1930–1991 között 431 418 példányban adományoztak. Mint a legmagasabb szovjet érdemrendet, polgári és katonai érdemekért szovjet és külföldi állampolgárok egyaránt megkaphatták. Az adományozott kitüntetések nagy számát a Szovjetunió népességéhez (1991-ben 293 millió fő) érdemes viszonyítani. (A szerk.)
- 4 A Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa a közép- és kelet-európai szocialista országok gazdasági együttműködési szervezete volt 1949 és 1991 között. (A szerk.)

1. ábra. A Zsélyi II. repülőgép 1965-ben készült élethű rekonstrukciója a 2017-ben lebontott városligeti Közlekedési Múzeumban (2015) [5]

Druzsín József*

Zsélyi Aladár repülőgép-konstruktőr, aviatikus **I. rész**

A XIX–XX. század fordulóját követő évtized leglátványosabb technikai újdonossága a motoros repülőgép volt. Világszerte számos konstruktőr törekedett az új légi közlekedési eszköz megépítésére s az elkészült járművek kipróbálására. Blériot¹ budapesti, a kistrákosi lovassági gyakorlótéren végrehajtott légi bemutatóját követően csakhamar a magyar repülőgépszerkesztők is látványos sikereket értek el a levegő meghódításáért folytatott küzdelemben. [1] Budapesten, a Rákosmezőn lelkes emberek sokasága fogott hozzá repülési kísérleteihez. Az aviatika magyar úttörői többségükben amatőrök voltak: akadt közöttük gépkocsivezető, gyógyszerész, ügyvéd, lakatosmester. Alig néhány kísérletezőnek volt csak mérnöki diplomája [2], mivel ebben a



2. ábra. Zsélyi Aladár arcképe [6]

korban a mérnökök létszáma is alacsony volt. A kevés kivételhez tartozott Zsélyi Aladár, aki gépészmérnökként vált aviatikussá, és akit elméleti dolgozatai és konstrukciós tervei alapján a világ élvonalához tartozó, legjobb szakemberek közé sorol a tudománytörténet. A rákosmezei hőskor egyik úttörő aviatikusa nem csak sikeres repülőgépszerkesztő, de tehetséges pilóta is volt. Az aviatika hőskorában jellemző volt, hogy a repülőgépek tervezése, építése, berepülése és később vezetése is egy kézben koncentrált. Emellett ő írta meg az első, Magyarországon megjelent repülési tárgyú szakkönyvet *A repülőgéptechnika alapelvei* címmel. Személyében tisztelhetjük a magyar úttörő repülések az egyik legsikeresebb pilótáját is. (2. ábra)

ÖSSZEFOGLALÁS: Blériot 1909 októberi repülőbemutatója Budapesten számos tehetséges mesterembert indított arra, hogy a magyar repülőgépszerkesztők, aviatikusok sorába lépjen. Zsélyi Aladár azon kevés kivételhez tartozott, aki gépészmérnökként vált aviatikussá. Kísérleteit számítások alapján végezte és dokumentálta. Zsélyi korát messze meghaladó konstrukciós tervei alapján csakhamar a világ élvonalába tartozott. Nemcsak sikeres repülőgépszerkesztő, de tehetséges pilóta is volt, aki írásaival megalapozta a magyar repülési tárgyú szakirodalmat. A szerző rövid tanulmányával a magyar aviatika hőskorának kimagasló személyisége előtt tiszteleg.

ABSTRACT: Blériot's flight demonstration in October 1909 in Budapest launched a number of talented craftsmen to join the group of Hungarian aircraft designer and aviators. Aladár Zsélyi was one of the few exceptions who became an aviator as a mechanical engineer. He performed and documented his experiments based on his calculations. Far beyond his age, based on his construction design he became a world leader in the avianautical science soon. He was not only a successful aircraft designer, but also a talented pilot, who founded the Hungarian aviation literature in his writings. In this short study, the author of this article pays tribute to the eminent person of the heroic age of Hungarian aviation.

KULCSSZAVAK: Zsélyi Aladár, Rákosmező, aviatika, explóziós gázturbina, Bussa (Bušince)

KEY WORDS: Zsélyi Aladár, Rákosmező, aviation, explosive gas turbine, Bussa (Bušince) village

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



A KEZDETEK

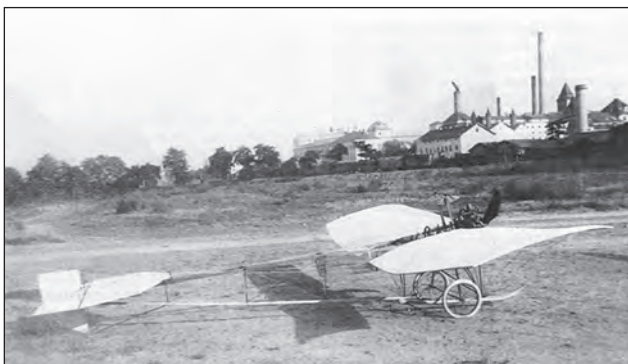
A rákosmezei repülőhősök híres aviatikusa, Zsélyi Aladár (eredeti néven: Koch Aladár) 1883. december 12-én született az akkor Nógrád megyéhez, ma Szlovákiához tartozó Bussa (Bušince) községben Koch László és Rittinger Etelka harmadik gyermekeként. [3] Édesapja jómódú gazdálkodó volt, s bár néhány évvel fia világra jötté után elhunyt, a család megélhetéséhez biztos anyagi háttérrel hagyott maga után. Így nem jelentett gondot Aladár taníttatása sem, aki középiskoláit Losoncon végezte, majd 1901-ben beiratkozott a budapesti Királyi József Műegyetem gépészmérnöki szakára. [1] Még egyetemista volt, amikor az első sikeres repülések híre bejárta a világot. A kiváló műszaki érzékkel megáldott, kalandvágyó fiatalember érdeklődése azonnal a technikai újdonság felé fordult. Harmadéves gépészmérnök hallgató korában nagy hatást gyakorolt rá Louis Blériot 1909-es budapesti légi bemutatója. Zsélyit Rákos mezején érintette meg először a „repülés szele” és ekkor kezdett az aviatika műszaki problémáival foglalkozni. Oklevelének megszerzése után az aerodinamika területére összpontosította figyelmét, saját gépei megépítéséhez is mérnöki alaposággal kezdett hozzá. Nem volt ez jellemző abban a korban, hiszen aviatikával jószerint csak bátor és lelkes amatőrök foglalkoztak.

ZSÉLYI ALADÁR KONSTRUKTÓRI TEVÉKENYSÉGE

Zsélyi Aladár komoly szaktudással felvértezve és az úttörők elszántságával tört előre, pedig akkoriban a repülőgép-építés gyakorlata még nem létezett sem Magyarországon, sem máshol a világon. Ő nemcsak elméleti szakember volt, de konstruktorként is nagyszerűnek bizonyult. Repülőgépei a világ élvonalához tartoztak, részletes műszaki leírásokat minden jelentős külföldi szaklap leköszölte, így jó néhány kortárs gépszerkesztő számára mintaként szolgáltak. Már az első, 1909-ben megszerkesztett gépe felkeltette a külföldi szakemberek figyelmét, de ő a Zsélyi I. prototípussal nem volt elégedett. (3. ábra) A továbbfejlesztett második gépénél azonban már olyan forradalmian új megoldásokat alkalmazott, amelyek a szakértőket is ámulatba ejtették. Mindenekelőtt a motor elhelyezésének módja volt a korábbiakhoz képest merőben újszerű. A repülőgép törzsét teljesen burkolta, a három élű törzsbe pedig erős, 100 LE-s motort épített be, amelyet 180 fokkal elforgatott a hossz tengely mentén.

Ezáltal a soros elrendezésű motor négy hengere nem zavarta a pilóta kilátását, és a légellenállás is számottevően csökkent. Így alacsonyabbra került a súlypont csökkentve az átvágódási hajlamosít, bár hátrányként ez a megoldás

3. ábra. A Zsélyi I. monoplán 1910-ben [7]

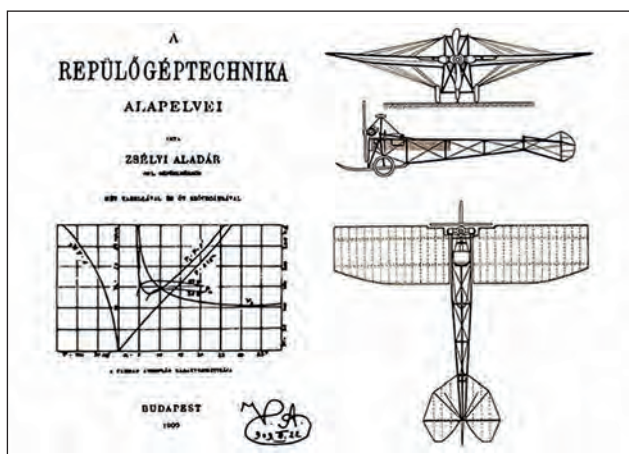


kenési problémákat hozott. A Zsélyi nevéhez fűződő lógó-hengeres repülőgép motor elrendezést később az egész világon alkalmazták, így a Zsélyi II. monoplán előfutára lett a minimális légellenállású repülőgépeknek. Zsélyi, találmányai gazdag tárházából számos olyan megoldást alkalmazott gépein, amelyekkel megelőzte korát, ezért azok a repülőgép-konstruktőrök számára iránymutatók voltak. A modern szerkezeti elemek közül kiemelésre méltó a Zsélyi-féle kormánymű, amely lényegében az Egyesült Államokban híressé vált magyar konstruktőr, Pfizner Sándor (1880–1910) szerkezetének továbbfejlesztett változata volt. Ezzel a három-tengely irányban működtethető berendezéssel biztosítani lehetett a repülőgép valamennyi irányban történő kormányzását. Ugyancsak Zsélyi magas fokú mérnöki tudását dicséri a rugózó futómű-szerkezet, és a landolás biztonságát szolgáló, kerekek közé szerelt biztonsági csúszótalp, amely szerencsétlenebb leszállásoknál megvédte a gépet a durva sérülésektől. [1]

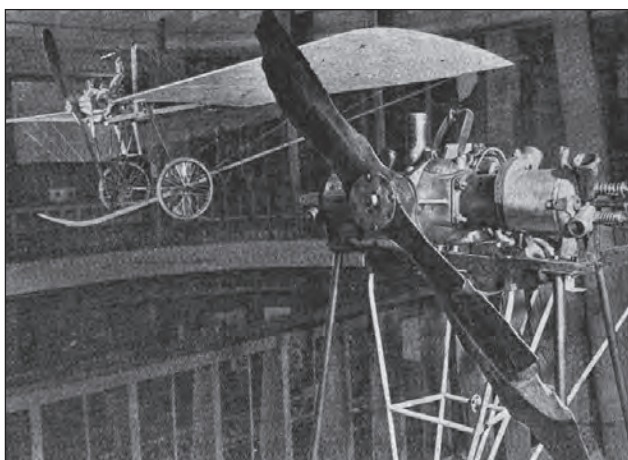
Felismerve az akkoriban általánosan alkalmazott dugattyús repülőgép motorok fogyatékosait, a világon a legelső között kezdett el foglalkozni *gázturbinák* kifejlesztésével. Zsélyi e korszakalkotó műszaki berendezés egy kísérleti példányát már 1911-ben megalkotta, pedig akkor még külföldön is csak néhány szakember érdeklődését keltette fel egy ilyen hőerőgép megvalósítása. A gázturbinák mindkét alaptípusával, az állandó nyomású és az állandó térfogatú (explóziós) turbinával is végzett kísérleteket a budapesti Királyi József Műegyetemen, Bánki Donát² tanszékének laboratóriumában. Az állandó nyomású turbinához kísérleti, szabaddugattyús kompresszort épített, és kidolgozott egy viszonylag egyszerű felépítésű explóziós gázturbinát³ is. Ma már tudjuk, hogy ezek a kezdeti próbálkozások messze megelőzték a korukat, hiszen a gázturbinás repülőgépek kora csak évtizedekkel később köszöntött be. [1] Zsélyi 1913-ban jelentette meg *A gázturbina* című művét, amelyben elméleti számításait és kísérleti eredményeit tette közzé. Könyvét hamarosan német nyelvre is lefordították. Elvi megállapításai és tudományos értékű kísérletei révén örökbecsű tapasztalatokkal gazdagodott a hőerőgépekkel foglalkozó műszaki tudomány. Zsélyi zseniálisan felismerte az új szerkezet szerepét és lehetőségeit, s publikációiban azt a jövő motorjaként határozta meg. Igaz, a repülőgépek dugattyús-motoros hajtóművei meg a második világháborúig lépést tudtak tartani a növekvő sebességi követelményekkel, de a légcsavar a sebességért vívott versenyben szükségszerűen alul maradt. [2] A gázturbina kifejlesztése és elterjedése azonban csak akkor válhatott időszzerűvé, amikor – évtizedek múltán – a nagy termikus szilárdságú szerkezeti anyagok a konstruktőrök rendelkezésére álltak. 1911-ben az akkori kereskedelmi miniszter Zsélyi Aladár és Székely Mihály⁴ gépészmérnököket franciaországi tanulmányútra küldte az aviatika eredményeinek megismerése érdekében. Ennek hatására Zsélyi 1912 októberében Melczer Tiborral⁵ – Bánki Donát műegyetemi professzor adjunktusával [2] – részletes tervet rendelkezésre álltak. 1911-ben az akkori kereskedelmi felszerelt utasszállító repülőgép megépítésére. Tervüket *A nagy aeroplánok kérdése* című tanulmányukban tették közzé abban a korban, amikor még csak a pilóta által vezetett egyszemélyes gépek épültek. [4]

ZSÉLYI ÍRÓI TEVÉKENYSÉGE

Zsélyi Aladár személyében a magyar repüléstudományi szakirodalom megalapítóját is tisztelhetjük. Tudományos munkássága során figyelemmel kísérte a külföldi szakiro-



4. ábra. A Zsélyi által írt és 1909-ben megjelent tankönyv címlapja, valamint egy illusztrációja [8]



5. ábra. Az 1910 júniusában összetört Zsélyi II repülőgép a budapesti Közlekedési Múzeum tulajdonába került, de 1944-ben megsemmisült. Az eredeti motort sikerült a roncsok közül kimenteni, majd a később rekonstruált repülőgéppel együtt kiállítani [9]

dalmat, s azokat saját kutatásaival és tapasztalataival összevetve készítette el cikkeit és könyveit⁶. Éppen ezért nagy megbecsülésnek örvendett külföldön is, ahol szintén kiadták a repülésről készített publikációit. Mindössze 26 évesen ő alkotta meg az első Magyarországon megjelent repülési szakkönyvet, *A repülőgéptechnika alapelvei* címmel. A könyv 1909-ben jelent meg és három kiadást is megért, sőt még Németországban is kiadták. (4. ábra) Zsélyi alkalmazta először a klasszikus áramlástan törvényeit a légellenállás és a surlódás törvényszerűségeinek és hatásainak megismeréséhez. Felismerte, hogy az elméleti számításokhoz elengedhetetlenül szükségesek a kísérleti úton nyert tapasztalatok is, így e kombinált módszerrel először sikerült jó néhány olyan aerodinamikai törvényszerűségré helyes formulákat találnia, amelyek korábban ismeretlenek voltak a szakirodalomban. 1913-ban került ki a nyomdából *A gázturbina – Kísérletek az új hőerőgép megalkotására* című könyve, amelyben nemcsak a gép létrehozásának problémáit ismertette, hanem saját kísérleteinek eredményeiről is beszámolt.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Nagy István György: Zsélyi Aladár szócikk in *Magyar tudóslexikon A-tól Zs-ig*, Főszerk. Nagy Ferenc. (Budapest: MTESZ; OMIKK. 1997), p. 898.;
- [2] Brodszky Dezső, „A gázturbina magyar úttörője”, *Járművek, mezőgazdasági gépek folyóirat* 2. évf., no. 6 (1955);
- [3] Kúti István, Akire büszkék lehetünk: a magyar Ikarosz 100 éve halt meg Zsélyi Aladár, a magyar repülés úttörője *Honismeret* XLII. évf, 2014/4. sz. ISSN 0324-7627 pp. 12–14.;
- [4] Földesi László, Zsélyi Aladár <http://www.aeronews.hu/index.php/aerohistory/repulo-magyarok/172-zselyi-aladar-1883-1914> (Letöltve: 2021.6.30.);
- [5] Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Zselyi_II_aircraft_mockup.jpg (Letöltés: 2022.3.14.).
- [6] Forrás: <https://www.ujsgmuzeum.hu/wp-content/uploads/2022/01/zselyi1.jpg> (Letöltve:2022.3.14.);
- [7] A Zsélyi I. repülőgép 1910-ben https://inno-anno.blog.hu/2013/10/29/magyarok_az egen (Letöltve: 2020.5.12.);
- [8] <https://www.antikvarium.hu/konyv/zselyi-aladar-a-repulogetechnika-alapelvei-708351> (Letöltés: 2020.5.12.);
- [9] „Petrik Ottó. „Modellek a műszaki múzeumokban” pp. 225–240. In *Technikatörténeti Szemle* V. 1–2 sz. 1968–1970. (szerk. Szilágyi István). Budapest, Népművelési Propaganda Iroda. 1971. https://library.hungaricana.hu/hu/view/ORSZ_KOZL_TechTortSze_05/?pg=238&layout=s (Letöltés: 2022.04.20.)..

JEGYZETEK

- 1 Louis, Blériot (Cambrai, 1872. július 1. – Párizs, 1936. augusztus 2.) francia mérnök, konstruktor, pilóta.
- 2 Bánki Donát (Bakonybánk, 1859. június 6. – Budapest, 1922. augusztus 1.) gépészmérnök, feltaláló és műegyetemi tanár. Korának egyik legnagyobb gépészmérnöke, a hidrogépek, kompresszorok és gőzturbinák szerkezettanának professzora.
- 3 Az explóziós (izochor hőközlésű) gázturbinák munkafolyamata nem teszi szükségessé kompresszor alkalmazását, hiszen a tüzelőanyag elégeése nem állandó nyomáson, hanem állandó térfogaton történik, ami az égési folyamattal létrehozza a szükséges nyomásnövekedést is. A keletkező égésgázoknak a turbinába áramlása és expanziója által keletkezett munka ennek megfelelően már teljes mértékben hasznos munka.
- 4 Székely Mihály (Szarvas, 1885. január 11. – Budapest, 1959. április 3.) magyar gépészmérnök, repülőgép-szerkesztő, pilóta.
- 5 Melczér Tibor (Békéscsaba, 1879. május 5. – Budapest, 1936. július 2.) magyar gépészmérnök, repülőgép-szerkesztő, egyetemi tanár.
- 6 Zsélyi Aladár művei, megjelenésük sorrendjében: *A repüléstechnika alapelvei* (Ifj. Nágel Ottó Bizománya Budapest, 1909); *Prinzipien der Flugtechnik* (Rostock, 1910); *Mechanika* (Budapest, 1911); *A nagy aeroplánok kérdése* (Melczér Tiborral; Különlenyomat a „Magyar Automobil és Aviatikai Szemle” 1912. június 30-ai számából. Budapest, 1912); *A gázturbina. Kísérletek az új hőerőgép megalkotására* (Budapest, 1913 Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai R.T., Berlin, 1913).

CONTENTS

STUDIES

The artificial intelligence and the armed forces – The fields of artificial intelligence, Part 3	2
Arriel 2E turboshaft engine, the reliable power equipment <i>Helicopter Procurement for the Defense and Force Development Programme</i>	8
Effect of the Earth's rotation on projectile motion, Part 1	15
Peculiarities of the power supply of modern combat vehicles, Part 2 <i>Additional power supply in the newly acquired combat vehicles of the Hungarian Defence Forces</i>	21

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

India's military nuclear program, the process of building the strategy trinity, Part 2	26
Mine laying: the situation changed significantly in the East, Part 1	31

SPACE ACTIVITIES

The James Webb space telescope launched	39
---	----

DOMESTIC SURVEY

Developing of Protar target air defense aircraft in Hungary, Part 1	41
Integrated laser-based live simulation in the training system of Hungarian Defence Forces, Part 1	50
Influencing factors of vehicle motion on terrain – Mechanical Properties and Testing of Soil, Part 4	55
Modular military shooting range container	59

MILTECH HISTORY

The history of the development of the V2 tank engine family, Part 2 Zsélyi Aladár, an aircraft constructor and aviator, Part 1	68 73
---	----------

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Künstliche Intelligenz und Kriegsmacht, Teil III.	2
Turbowellenmotor "Ariel 2E", eine zuverlässige Ressource <i>Beschaffung von Hubschraubern für das Verteidigungs- und Streitkräfteentwicklungsprogramm</i>	8
<i>Wirkung der Erdrotation auf die Geschossbewegung, Teil I.</i>	15
Besonderheiten der Energieversorgung moderner Kampffahrzeuge, Teil II. <i>Zusätzliche Stromversorgung in den neu erworbenen Kampffahrzeugen der ungarischen Streitkräfte</i>	21

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Indiens militärisches Nuklearprogramm, der Prozess des Aufbaus einer militärischen Triade Teil II. Minenplatzierung: Im Osten hat sich die Lage deutlich verändert, Teil I.	26 31
--	----------

RAUMFAHRTTECHNIK

Das Weltraumteleskop "James Webb" ist gestartet	39
---	----

HEIMATSCHAU

Entwicklung des Flugabwehrzielflugzeugs "Protar" in Ungarn, Teil I. Integrierte Laser-Real-Simulation im Trainingssystem der Ungarischen Streitkräfte	41 50
Einflussfaktoren auf die Bewegung von Geländefahrzeugen – Rollradien, Fahrzeugstruktur-Gelände-Interaktion, Teil IV.	55
Modulare militärische Container-Schiessplatz	59

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Die Geschichte der Entwicklung der Panzermotorfamilie "V2", Teil II. Leben und Betätigung von Aviatiker Aladár Zsélyi, Teil I.	68 73
---	----------

A címképünkön: A Magyar Honvédség Modernizációs Intézete, a Rotors & Cams Zrt. és a Genevation Aircraft Kft. által fejlesztett pilóta nélküli repülőeszköz, a Protar (Fotó: Genevation)

Borító 2: Fent: A gurulatmentesített belső felületű mobil lőtér tesztelése CZ BREN2 karabéllyal. (A legtöbb mobil lőtér csak 5,56 mm-es karabélytöltényekkel működő kézifegyverek használatát teszi lehetővé és csak „soft core” típusú lövedékekkel.) Lent: A lőtérrel egyedivé teszi az acélmagvas gépkarabély-töltények használatának lehetőségét. Egy 7,62 mm-es, modernizált AK-47-es gépkarabély tüzelési helyzetben. (Fotók: Contines Technologies Zrt.)

Borító 3: A Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ (MH BHK) Ellenerő század I-MILES lézeres szimulációs rendszerrel támogatott helysérharc-gyakorlás közben (Fotók: MH BHK / Pintér László)

Poszter: A Magyar Honvédség Airbus A319-112 típusú szállító repülőgépe (Fotó: HM Zrínyi Nonprofit Kft.)
(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 38. oldalon közöljük.)

Szerzőink figyelmébe

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

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

Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu,

faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

telefon/fax: 359-1964, 359-6461,

HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85

telefon/fax: 212-4540

e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

További információ: 06 80/444-444

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

A Haditechnika megvásárolható

Lira Könyvárúhá, Récsei Center

1146 Bp., Istvánmezei út 6.,

telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

telefon/fax: 359-1964, 359-6461

HM Zrínyi Nkft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra

ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu



IRANYASEREG.HU

A MAGYAR HONVÉDSÉG KARRIEROLDALA

TARTOZZ KÖZÉNK ÉS
VÁLASZD A BÁTRAK ÚTJÁT!

