

8. ábra. A Magyar Honvédség Leopard 2A4 harckocsija (Fotó: Kelecsényi István)

Kurcz Kristóf – Dr. Vég Róbert** – Dr. Hegedűs Ernő****

A Leopard 2 harckocsicsalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai

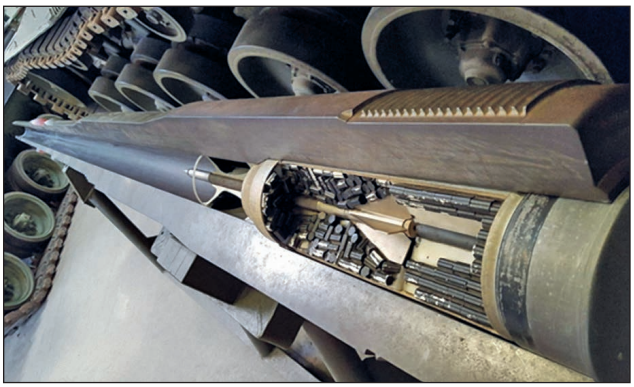
II. rész

A cikksorozat aktualitását a Leopard 2A4 harckocsik magyarországi hadrendbe vétele adja. A tanulmány első része bevezetésként az elődtípuscsaládot, a Leopard 1-est mutatta be, részletesen elemezve a harckocsi erőforrását, futóművét és fő fegyverzetét. A szerzők ezt követően megkezdték a típus korszerűsítésével létrejött, elődjénél nagyobb védettséggel és tűzerővel rendelkező Leopard 2-es általános felépítésének ismertetését. A sorozat 2. része az A4 változatot mutatja be.

A HARCKOCSI FEGYVERZETE

A harckocsi fő fegyverzete a Rheinmetall cég által gyártott L/44 csőhosszúságú, 120 mm űrméretű sima csövű harckocsiágyú. A cső belső felülete – számításba véve a lőporgázok 700 MPa nyomását –, az élettartam növelése érdekében krómozott. Az ágyúból így 500 lövés adható le (szemben a Leopard 1 harckocsi 105 mm űrméretű ágyújával, amelyből – annak cseréje előtt – csak 200-300 lövés volt leadható). Függőlegesen a cső –9° – +20°-os szögtartományban mozgatható.

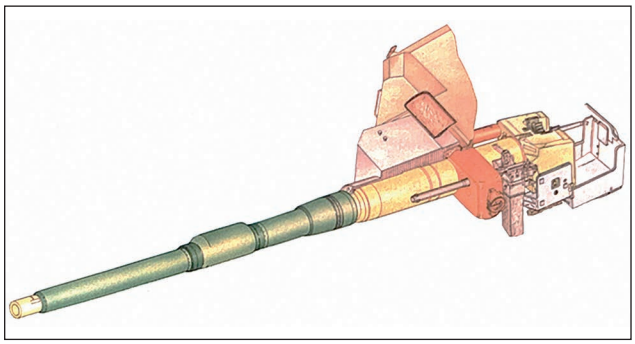
A löveget füstgáz-elszívó berendezéssel is ellátták. Lőszer-javadalmazása 42 db részlegesen elégő hüvelyű, (fém hüvelyfenék és nitrocellulóz hüvelyfal) egyesített lőszerből áll, amelyhez űrméret alatti volfrám, keménymagvas, leváló köpenyes, nyíllövedék típusú páncéltörő (APFSDS–T – Armor Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot-Tracer) és HEAT MP–T – High Explosive Anti-Tank-Multi Purpose – Tracer), többcélú gránátok tartoznak. A repeszgránát és az üreges (kumulatív) töltet kombinációja élőerő és páncélozott célok ellen egyaránt alkalmazható. Kezdősebességük 1650 m/s, illetve 1140 m/s.



9. ábra. A Leopard 2-es fő fegyverének, a Rheinmetall 120 mm-es sima csövű ágyúnak metszete. Benne egy betöltött, űrméret alatti páncéltörő lőszer, amelyben jól látható a nyíllövedék

* NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000–0002–5017–4784
** Alezredes PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, egyetemi docens, okleveles gépészmérnök. ORCID: 0000–0002–9786–6702
*** Mérnök alezredes PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtiszképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000–0001–8457–5044

DOI: 10.23713/HT.54.6.04



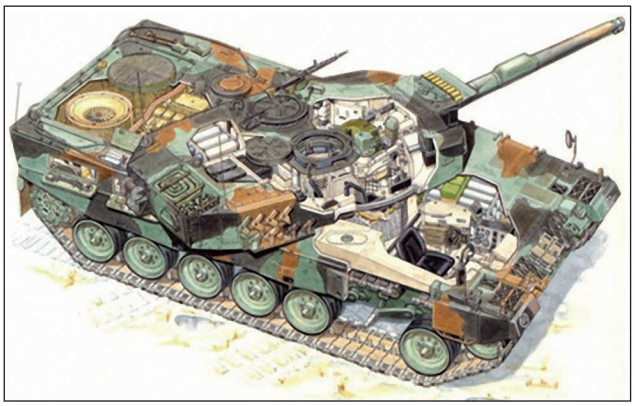
10. ábra. Rheinmetall 120 mm-es L/44 harckocsiágyú [10]

Felhasználható lőszertípusok

- DM–23A1 űrméret alatti volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDS–T) 485 mm-es páncélátütéssel;
- DM–33A1 űrméret alatti volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDS–T) 560 mm-es páncélátütéssel;
- DM–43A1 űrméret alatti volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDS–T) 574 mm-es páncélátütéssel;
- DM–53 továbbfejlesztett űrméret alatti, volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDAS–T) 646 mm-es páncélátütéssel;
- DM–53A1 továbbfejlesztett űrméret alatti, volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDAS–T). Hőfüggetlen hajtóanyagú, 750 mm-es páncélátütéssel L44/L55;
- DM–63 továbbfejlesztett űrméret alatti, volfrám keménymagvas, leváló köpenyes nyíllövedék (APFSDAS–T). Hőfüggetlen hajtóanyagú, 750 mm-es páncélátütéssel, L/55;
- DM–12 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HEAT–MP–T);
- DM–12A1 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HEAT–MP–T);
- DM–18A2 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HEAT–MP–T);
- DM–18A3 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HEAT–MP–T);
- DM–18A4 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HEAT–MP–T);

11. ábra. A Leopard 2 korszerű tűzvezető rendszerének vezérlőtere





12. ábra. A Leopard 2A4 harckocsi felépítése

- DM–11 többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HE);
- DM–11SQ többcélú, repeszgránát és kumulatív töltet kombinációja (HE);
- DM–31 programozható töltésű (JMT) repeszgránát (HE/TP);
- LAHAT páncéltörő rakéta (upgrade után) 6000 m-ig hatásos lőtávolsággal.

A páncéltörő lövedék 2200 m távolságról is átüti a NATO-ban alkalmazott harckocsik páncélzatának többségét (átütőereje erősebb a legtöbb szovjet/orosz típusénál). A lőszerek egy részét a vezető mellett a harckocsi elejében, másik részét a torony hátsó részében helyezték el. A toronyban a 15 db készenléti lőszert 3 sorban, a torony bal hátsó részében lévő, lezárható, robbanásbiztos acélkazettában tárolják. A lőszer hüvelye félig elégő típusú, így lövés után csak a hüvelyfenék marad hátra, megkönnyítve ezzel annak további tárolását.

A lőszer töltését hidraulikus szerkezet segíti. A harckocsi kiegészítő fegyverzetéhez 2 db 7,62 mm-es űrméretű géppuska tartozik. Az egyik géppuskát a löveggel párhuzamosan, míg a másikat a parancsnok vagy a töltőkezelő búvónyílása fölé helyezik el. A géppuskák lőszer-javadalmazása 4750 db. A légvédelmi géppuska függőleges irányzási szöge –10° – +75°. A torony oldalpáncélzatán, oldalanként még 8-8 db 76 mm-es ködgránátvető is helyet kapott.

4. táblázat. A Leopard 2 fegyverzete és lőszer-javadalmazása*

120 mm-es sima csövű harckocsiágyú	42 db gránát
7,62 mm-es párhuzamosított géppuska	4750 db lőszer
7,62 mm-es légvédelmi géppuska	
76 mm-es köd- és repeszgránát-vetőcső	16 db gránát

* A szerzők saját készítésű táblázata, forrás: [9]

A harckocsi EMES–15 tűzvezető rendszeréhez:
- kétsíkú elektro-hidraulikus stabilizátor;
- Nd-YAG kristály lézertávmérő;
- tűzvezető számítógép;
- 12-szeres nagyítású stabilizált irányzótávcső;
- 8-szoros nagyítású kiegészítő irányzótávcső tartozik.

A stabilizátor maximális oldalirányzási sebessége 30°/s, magassági irányzási sebessége 10°/s. Az irányzást és a tűzkiváltást az irányzó és a parancsnok egyaránt végezheti.

A lézeres távmérő mérési tartománya – 10 m-es mérési pontossággal – 200–9900 m közötti. A tűzvezető számítógép összegyűjti a céladatokat (céltávolság, mozgási se-



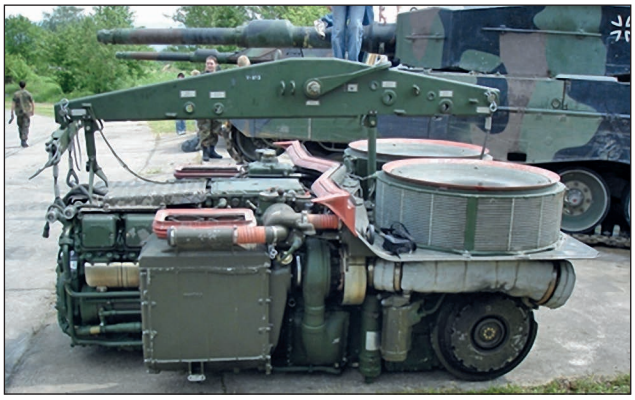
13. ábra. A METKA cég által gyártott Leopard 2 kazamatás kialakítású harckocsitorony [12]

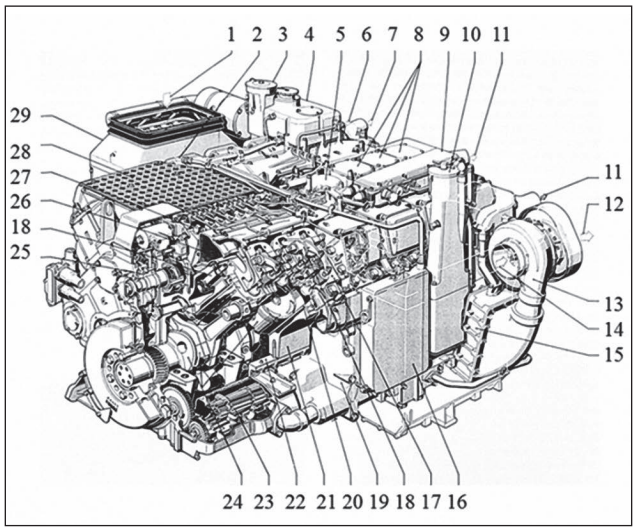
besség stb.), illetve a pontos lövés leadásához szükséges további adatokat (szélsebesség, szélirány, levegő hőmérséklete stb.) az automata mérési helyekről, és értékeli azokat. A számított értékek alapján meghatározza a cél leküzdéséhez legalkalmasabb lőszertípust és a célzott lövés kiváltásához szükséges összes egyéb adatot. Az irányzótávcső látómezejében tájékoztatás jelenik meg arról, hogy a javasolt lőszertípussal, a mért távolságról a cél eredményesen leküzdhető-e vagy sem. A korszerű tűzvezető rendszer és az új, 120 mm űrméretű, sima csövű harckocsiágyú biztosítja, hogy a harckocsi páncélozott célok ellen 2000 m-es távolságon is eredményesen vehesse fel a harcot. A parancsnok 6 db, az irányzó és a töltőkezelő 1 db, a vezető pedig 3 db figyelőprizma, illetve passzív éjjellátó berendezés segítségével tájékozódik nappal és éjszaka egyaránt. A Leopard 2A4 lézersugaras távmérő rendszerének maximális hatótávolsága 10 000 m, 20 m-es mérési pontossággal. A kombinált tűzvezető rendszer lehetővé teszi a Leopard 2A4 számára, hogy mozgó célokat 5000 m-es távolságon belül leküzdhessen, miközben maga a harckocsi is mozgásban van.

A harckocsi meghajtásáról egy ún. Power Pack (erőforrás blokk) gondoskodik, amely a dízelmotor és az automata nyomatékváltó közös egysége. Mérete meghatározó a harckocsi kialakításának szempontjából. A hidrodinamikus nyomatékváltó a harckocsitestbe hosszában beépített, több mint 3 m hosszú, 12 hengeres dízelmotor mögött helyezkedik el. A motor és a nyomatékváltóblokk együttes tömege 6120 kg.

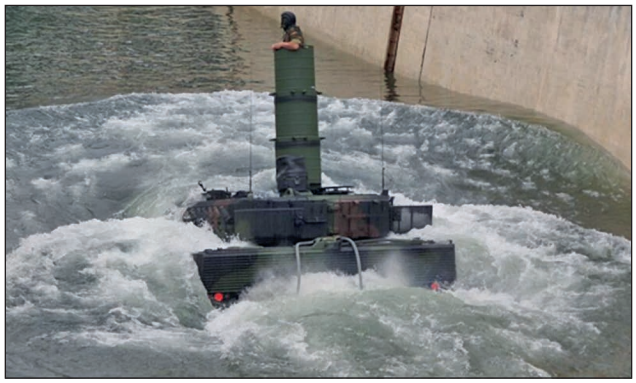
A Leopard 2 harckocsi erőforrása négyütemű, 12 hengeres, 47,6 l lökettérfogatú, V-90°-os hengerelrendezésű, turbófeltöltős, vegyes üzemű, folyadékhűtéses MTU MB873 típusú dízelmotor. A motor 2600 1/min fordulaton 1100 kW (1500 LE)

14. ábra. A Leopard 2-es MTU MB873 KA–501 motorja a nyomatékváltóval együtt kiemelhető, megkönnyítve a harctéren a motorcserét, a javítást és a karbantartást





15. ábra. A Leopard 2-es MTU MB873 KA–501 turbófeltöltéses dízelmotorja
1. A beáramló levegő iránya a kombinált levegőszűrőben; 2. Az üzemanyag áramlásának iránya; 3. Hűtőfolyadék-töltőnyak (fő áramkör); 4. Hűtőfolyadék tágulási tartály (előmelegítő kör); 5. Üzemanyag- (lépcsős) szűrő; 6. Üzemanyag-ellátás a gyűrűs hűtőből az üzemanyag-szűrőbe; 7. A gyűrűs hűtőből kiáramló hűtőfolyadék iránya; 8. Motorolajszűrő; 9. Motorvezérlő rendszer; 10. Motorolaj-töltőnyak; 11. Porkiürítés iránya; 12. Kipufogónyílás; 13. Turbófeltöltő; 14. A beáramló levegő iránya a turbófeltöltőbe; 15. Intercooler (köztes hűtő); 16. Víz-víz hőcserélő; 17. Hengerfej; 18. Motorvezérlő; 19. Motorolaj-tartály; 20. Hengerpersely; 21. Forgattyúház; 22. Olajteknő; 23. Motorolaj-szivattyúk; 24. Forgattyús tengelyhajtókar-dugattyú; 25. Vezérmű; 26. Töltőlevegő-elosztó; 27. Üzemanyag-befecskendező szivattyú; 28. Motor szerkezeti elemeit védő sárvédő; 29. Kombinált levegőszűrő



16. ábra. Egy Leopard 2-es harckocsi víz alatti átkelése. A torony búvónyílására szerelt búvócsövön keresztül jut levegőhöz a kezelőszemélyzet, valamint a motor

teljesítmény leadására képes, ezzel a harckocsi fajlagos teljesítménye, a Leopard 1 típushoz képest, 25%-kal növekedett. A harckocsi motorja és nyomatékváltója, a motor és az erőátvitel közös kenőrendszere gyorscsatlakozó-pontok segítségével bontható és egy egységben kiemelhető, terepen 35 perc, laktanyában 15-20 perc alatt kicserélhető.

A harckocsi üzemanyag-javadalmazása 1200 l, a motor átlagos üzemanyag-fogyasztása 100 km-en, műúton 219 l, így hatótávolsága kb. 600 km.

(A tanulmány forrásjegyzékét a befejező részben közöljük. – Szerk.).

(Folytatjuk)

(Illusztrációk a szerzők gyűjteményéből)

*Berlizova Tetiana**

Modelling and numerical analysis of structures made of single-crystal materials

Introduction

Single-crystal blades are made of heat-resistant materials by directional crystallization. In real conditions it is quite difficult to achieve a complete coincidence of the crystallographic axes of the material with the axes of the blade itself. Therefore, the influence of the deviation of the crystallographic axes from the axes of the blade should be investigated.

The use of directional crystallization makes it possible to form a structure in a crystal during casting that consists of columnar grains, the boundaries of which are mainly parallel to the directions of the main tensile stresses. When casting, the grain boundaries always have horizontal sections arising due to the joining of the branches of second-order dendrites belonging to neighbouring grains. Figure 1.1 shows the growth structure of single crystals with crystallographic orientation <001> and <111> [2].

Single-crystal alloys can work at temperatures above 600 °C. A distinctive feature of single-crystal blades is that the destruction occurs in the direction of grain growth. The blades of gas turbines work not only at high temperatures, but at high flow rates as well. Therefore, the breakaway pieces of the blades with the gas flow can hit the engine elements, which can lead to reduced performance [7].

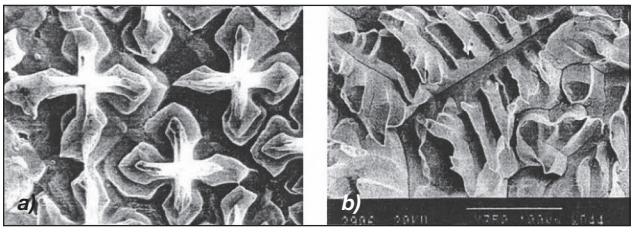


Figure 1. Dendritic structure of a single crystal: *a)* - <001>, *b)* - <111> [7]

The structure of a single-crystal material with <001> orientation consists of first-order dendritic branches that are parallel to the crystallographic direction <001>. The branches of dendrites are oriented along the heat flux and they are constructed in rows along the <010> and <100> planes. They are developed along almost the entire length, in contrast to the second-order branches, which are located transversely from the heat flux. A single-crystal material with <111> orientation does not have dendritic branches and it is mainly developed in one direction, as in a single-crystal structure with the crystallographic direction <001>. This is due to the fact that this sample was grown under conditions of a flat microscopic front. When such a single crystal grows in the same direction <001>, there is a continuous alternation of the axes or a transition of the first order axes in the second order axis and vice versa [7]. As a result, a material with a dendritic structure of this type gets a structure like a three-dimensional grid. That allows one to get the size of the element corresponding to the interdendritic distance.

The stationary heat conduction problem also has to be considered, which can be accomplished by solving the variational equation $\delta J = 0$ for the functional [6]

$$J = \frac{1}{2}\iiint_V \lambda\left[\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)^2\right]dxdydz + \\ + \frac{1}{2}\sum\nolimits_k \iint_{(S_k)} h_k (T - T_k)^2 dS_k \quad , \qquad (1)$$

where V is the volume of the body;
S_k - surface of blade portions and cooling channels;
h_k - heat transfer coefficient in areas of the blades;
k - number of sections of the surface of the blade and its cooling channels.

The heat conduction process is described by a nonlinear partial differential equation. In a general case, the determination of the temperature state of a cooled blade is a boundary-value problem of mathematical physics in three-dimensional space. The heat conduction process is described by a nonlinear partial differential equation [2]

$$\frac{d}{dt}(\rho c T) = \mathrm{div}(\lambda \mathrm{grad} T) + Q, \qquad (2)$$

where T – temperature;
λ - coefficient of thermal conductivity;

ÖSSZEFOGLALÁS: A gázturbinalapátok gyártásában a hőálló egykristályok igen fontos szerepet töltenek be. Az egykristály ötvözetből készült lapátokat széles körben alkalmazzák repülőgépeknél, hajóknál és erőműveknél. Ezeknek a hőálló ötvözeteknek a modern alkalmazásokban szokásos alkalmazási hőmérsékletnél magasabb hőmérsékletet kell elviselniük, amelyet csak egy hatékony hűtési rendszerrel támogatva lehet megvalósítani. A gázturbinalapátok gyártása során széles körben az irányított kristályosítást alkalmazzák.

KULCSSZAVAK: Gázturbina, egykristály lapát, azimuthális és axiális irány, kristálytani tengely

ABSTRACT: In gas turbine construction, heat-resistant single-crystal materials have taken a strong place. Single-crystal alloy blades are used in aircraft, ships, power plants, etc. Today, the temperature of the blades exceeds the temperature of heat-resistant alloys in normal operating conditions, and they can withstand such high temperatures only with the help of an effective cooling system. In the production of single-crystal blades of a gas turbine engine, the directional crystallization method has been widely used.

KEY WORDS: Gas turbine engine, single-crystal blade, azimuthal and axial orientation, crystallographic axis

* PhD, National University of Kharkiv, Ukraine. PhD, Harkovi Nemzeti Egyetem, Ukrajna. ORCID: 0000–0002–6285–3135

DOI: 10.23713/HT.54.6.05

c - specific heat;
Q - characteristic of an internal source or runoff;
ρ - blade material density;
t - time.

This blade has a temperature difference both in the longitudinal direction and in cross sections. Therefore, the task should be solved as three-dimensional. The variational equation $\delta J = 0$ for the functional (1) reflects the heat equation and boundary conditions of the third kind. These conditions are of the form [5]

$$S = K^{-1} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & & & \\ s_{12} & s_{22} & s_{12} & & & \\ s_{13} & s_{12} & s_{33} & & & \\ & & & s_{44} & & \\ & & & & s_{55} & \\ & & & & & s_{66} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

where K - stiffness matrix
S_{ij} - compliance matrix coefficients, which can be represented as technical elastic constants [5]

$$S = K^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & \frac{-\nu_{xy}}{E_x} & \frac{-\nu_{xz}}{E_x} & & & \\ \frac{-\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & \frac{-\nu_{yz}}{E_y} & & & \\ \frac{-\nu_{zx}}{E_z} & \frac{-\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} & & & \\ & & & \frac{1}{G_{xy}} & & \\ & & & & \frac{1}{G_{yz}} & \\ & & & & & \frac{1}{G_{xz}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

with corresponding equations

$$\frac{\nu_{xy}}{E_x} = \frac{\nu_{yx}}{E_y}; \quad \frac{\nu_{zx}}{E_z} = \frac{\nu_{xz}}{E_x}; \quad \frac{\nu_{zy}}{E_z} = \frac{\nu_{yz}}{E_y}, \quad (5)$$

where E_x, E_y, E_z are the modulus of elasticity under tension or compression in the direction of the axis indicated in the index;
G_{xy}, G_{yz}, G_{xz} - shear modulus (double indices correspond to the axes between which during the shift there is a change in the right angle);
ν_{xy}, ν_{yz}, ν_{xz} are the lateral strain coefficients in the direction of the second axes indicated in the index under normal stresses in the direction of the first axis.

The dependence of the coefficients of the compliance matrix (3) on temperature T for a single-crystal blade can be represented as

$$\begin{aligned} s_{11} &= h_{11} + h_{12} + h_{13}T^2 \\ s_{12} &= h_{21} + h_{22} + h_{23}T^2, \\ s_{44} &= h_{31} + h_{32} + h_{33}T^2 \end{aligned} \quad (6)$$

where h_{ij} - coefficients determined for a particular material [5].

The polar graph shows the technical constants of the material (E_1, E_2 and G_{12}), rotated in an angle from 0 - 360 degrees. This graph describes the anisotropy of the material and the influence of the orientation of the crystallographic axes [1, 8].

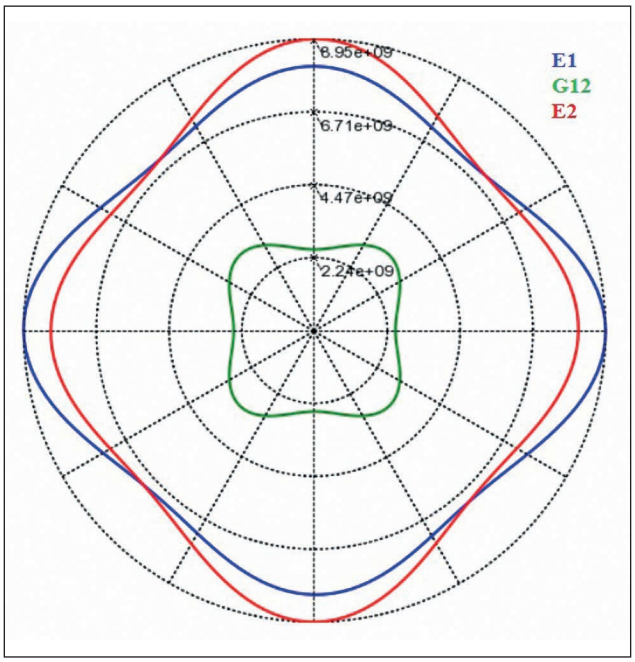


Figure 2. Change in the technical constants of anisotropic material in the polar coordinate system [1, 8]

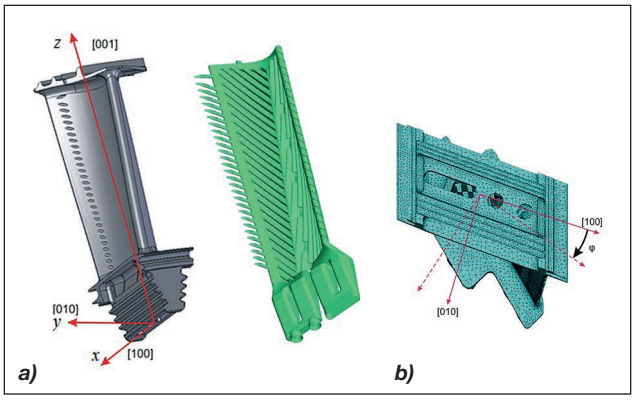
Geometric features of a single-crystal cooled blade

In the present paper, the cooled single-crystal blade with an efficient but complex vortex cooling system is studied *(Figure 3).* There are channels for the exit of cooling air, which are located near the exit edge to provide the external membrane cooling for the rather thin exit edge. The resulting temperature field with high temperature gradient causes the thermal expansion of the blade and high thermoelastic stresses. Therefore, it is necessary to solve the interrelated task of determining the temperature and thermoelastic state of cooled single-crystal blades [4].

Analysis of the stress-strain state of a single-crystal blade of a gas turbine engine

For the steady thermal analysis of a cooled single-crystal blade, it is necessary to adapt the initial input data and the physical model of the object, taking into account that the

Figure 3. Cooling blade; labelled the single-crystal axes (*a*) and its cooling system in the form of a vortex matrix (*b*) [9, 10]



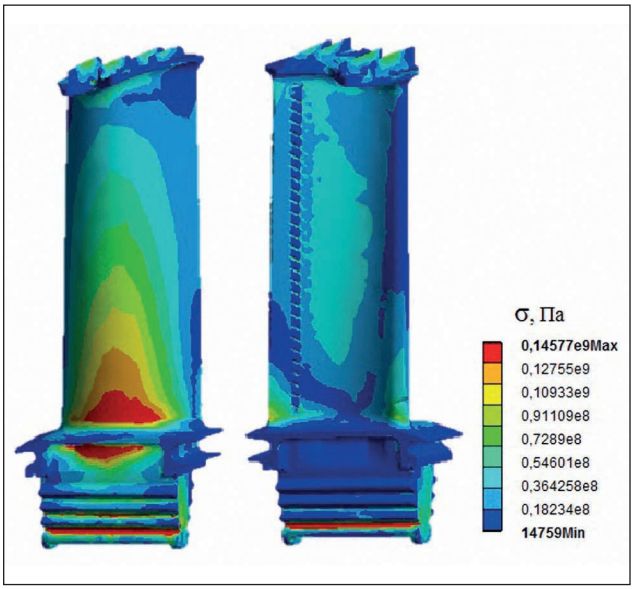


Figure 4. The distribution of stress over the blade

Table 1. The value of elastic constants for different temperature areas

T, °C	The value of elastic constants at different temperatures		
	E, MPa	*ν*	*G*, MPa
20 °C	139607	0,3833	129524
600 °C	115057	0,421	107061
650 °C	112561	0,423	105223
700 °C	110032	0,425	103366
750 °C	107483	0,427	101496
800 °C	104922	0,428	99618

characteristics are set continuously depending on the temperature of each area and have a discrete character. This was confirmed in the analysis of the free vibrations of the blade [8, 9]. In this case, knowledge of only elastic constants and density over regions was required. Given that the elastic constant changes were relatively small *(Table 1),* and density was practically unchanged, such model was quite satisfactory. When solving the problem of thermoelasticity, it is necessary to take into account the fact that the temperature field undergoes discontinuities; therefore, setting the temperature equal in each region is unacceptable. In an area where the temperature is the same, temperature stresses do not occur. At the same time, large bursts of temperature stresses will appear at the boundaries of regions with different temperatures. However, neither of the two cases reflect the actual thermally stressed state of the blade. In this regard, it is necessary to adapt the temperature field so that the temperature change occurs continuously. The structure of a single-crystal alloy is a face centered cubic lattice. A distinctive feature of such a structure is that when it is rotated 90° around any of the axes, the elastic properties of the material are preserved, and when rotated to a different angle which is not a multiple of 90°, they change. With an arbitrary orientation of the single crystal, the compliance matrix is completely filled. However, if the axes of blade x, y, z coincide with the crystallographic axes of material <100>, <010> and <001>, it has a simplified form and contains only three independent elastic constants. In the most general case, a blade made of a single-crystal alloy with an arbitrary orientation of the crystallographic axes is considered an anisotropic body. In this work, the elastic characteristics of the material have been used, taking into account the temperature state of the blade.

For a preliminary analysis of the blade, the stress-strain state was calculated under the action of centrifugal forces (at a temperature of 20 °C) and a rotational speed of 7790 rpm (or 815 rad/s). *Figure 4* shows the results of the calculations.

Also, at the preliminary calculation stage, an analysis of the influence of the temperature field was carried out *(Figure 5)*. During the calculations, convection heat exchange was taken into account. As mentioned earlier, the working gas temperature was 800 Celsius, while the temperature of the cooling air that entered the cooling channel was 600 degrees. The cooling air rising from the root of the scapula gradually heated up. The data on the distribution of the temperature field is presented below.

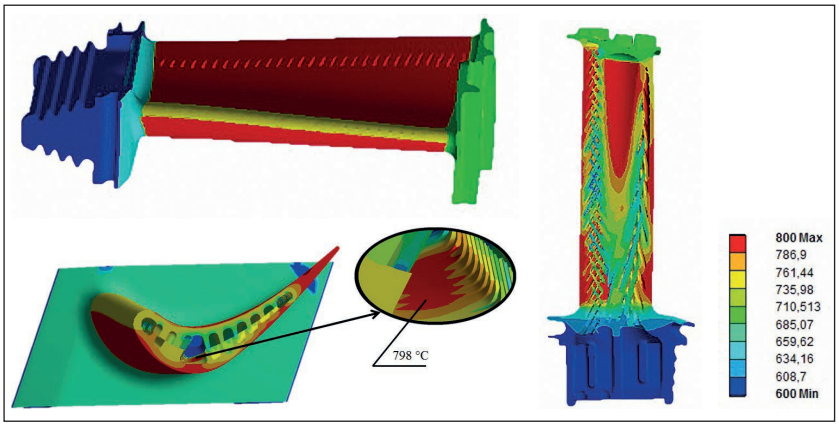
The greatest temperature gradients were observed on the surface of the cooling channels. As a result of this temperature difference, stress concentrations occurred on the surface of the cooling channels.

Next, calculation was carried out taking into account the temperature field. The task of thermoelasticity was solved together with the task of static deformation under the influence of centrifugal forces. The data on the distribution of the intensities of static deformations over the volume of the blade and in different sections under the influence of operational loads is shown below.

Below is a graph *(Figure 7)* comparing the stress-strain state of a single-crystal blade with the effects of work loads and without them. Curve 1 describes the maximum values of equivalent stresses and strains without taking into account the influence of the temperature field (at $t = 20$ °C). Curve 2 shows the dependence of strain and equivalent stresses on operating temperatures (600 - 800 °C).

A comparison of the stress-strain state of a single-crystal cooling blade at a temperature of 20 °C and an

Figure 5. Distribution of the temperature field over the surface of the blade and in the longitudinal and transverse sections



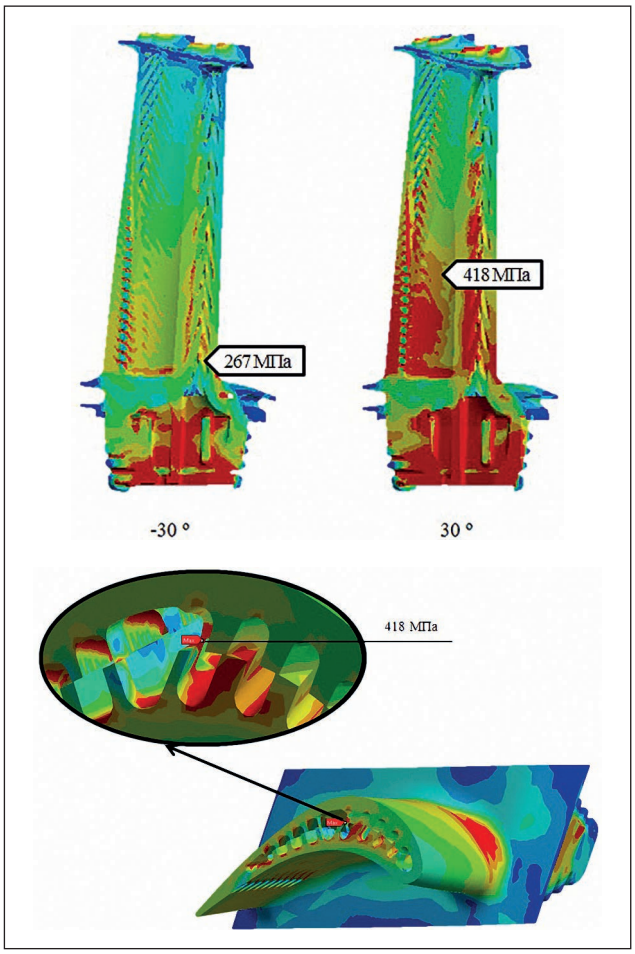


Figure 6. Distribution of equivalent stresses over the volume of the blade in longitudinal and transverse sections

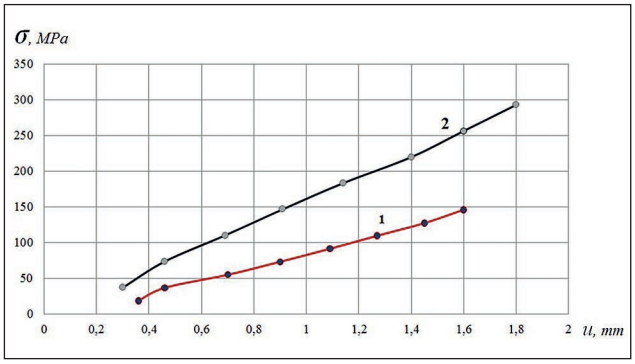
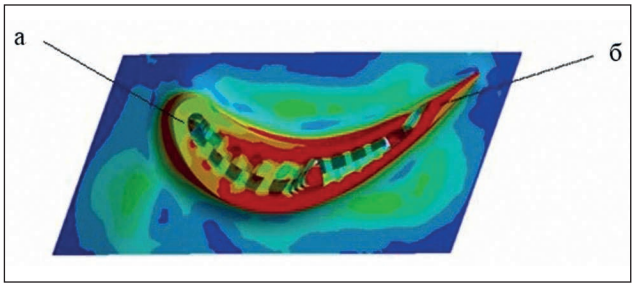


Figure 7. Dependence of strains and equivalent stresses on the temperature field

Figure 8. Location of the inlet and outlet edges



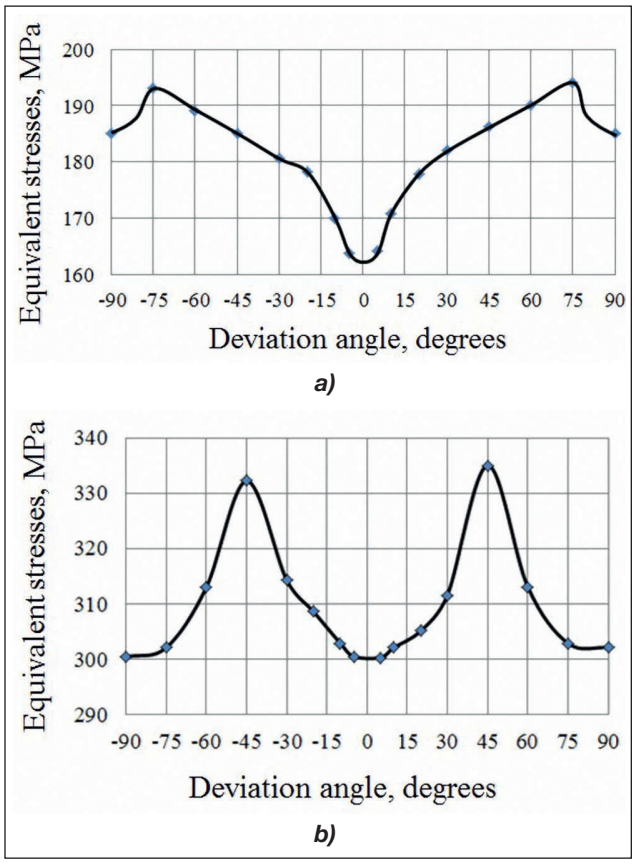


Figure 9. Change in equivalent stresses at the input (*a*) and outlet (*b*) edges of the blade during rotation of the crystallographic axes of the material relative to axis <001>

operating temperature of 600 - 800 °C shows that the temperature field has the main effect on the stress-strain state. The influence of the deviation of the crystallographic axes of a single-crystal material from the blade's axes on the stress-strain state of the blade was also analysed in the work. The location of the inlet and outlet edges is shown in *Figure 8.* The data obtained is presented in graphs *(Figure 9)*.

When the orientation of the crystallographic axes changes, all stresses are redistributed and the whole picture of the stress-strain state of the blade changes. Since the largest equivalent stresses can be present in a new area of the blade, they will also depend on the geometric features of this area and its temperature.

The change in the maximum and minimum stresses over the volume of the blade is shown in the graphs below *(Figure 10)*.

The distribution of maximum stresses at the inlet and outlet edges does not exceed the maximum stresses over the volume of the blade. It can be seen in *Fig. 8* and *Fig. 9* that the distribution of the stresses is cyclical.

The effect of the rotation of the crystallographic axes on the distribution of equivalent stresses on the surface of the blade (in the xy plane around the z axis, which corresponds to the crystallographic axis <001>) is illustrated by *Figure 11.* The orientation of the crystallographic axes significantly affects the distribution of stress fields. The crystallographic axes <100>, <010>, <001> in this case coincide with the axes of the blade *x*, *y*, *z*. *Figure 11* shows the restriction on the rotation of the crystallographic axes by angles $\varphi \leq 15°$ and $\psi \leq 15°$ [3].

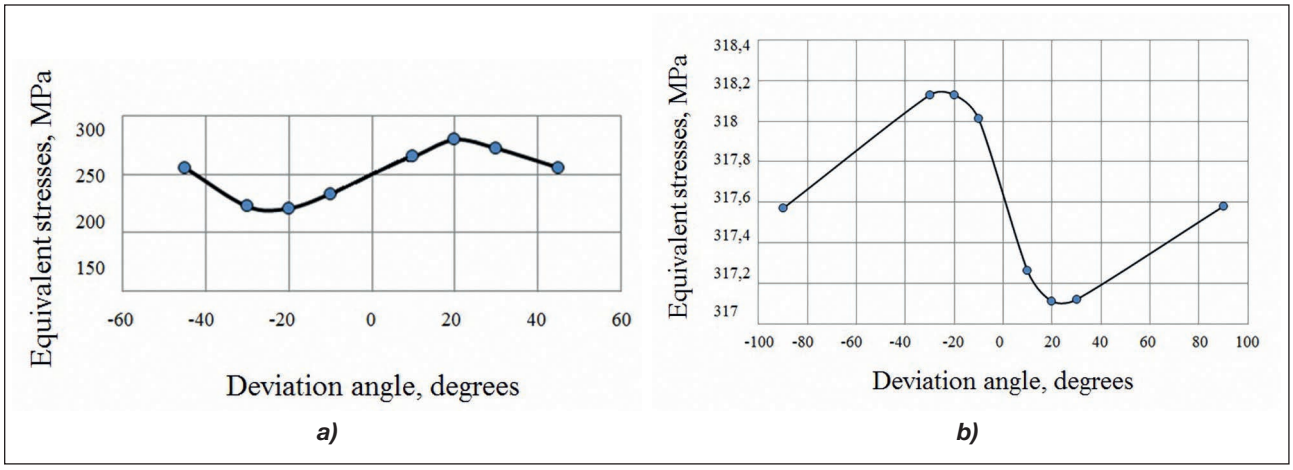


Figure 10. Change in maximum (a) and minimum (b) equivalent stresses

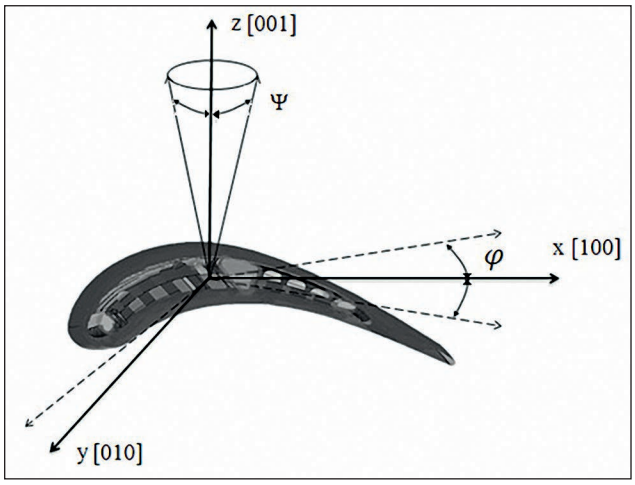


Figure 11. Scheme of limitations on the deflection of the crystallographic axes of the material from the blade axes

Conclusions

The necessity of using three-dimensional mathematical models for analysing the thermoelastic state of a single-crystal blade with the orientation of the crystallographic axes has been confirmed.

It is necessary to take into account the continuous variation of the temperature field, which makes it possible to detect bursts of temperature stresses at the boundaries of regions with different temperatures.

A comparison of the stressed - deformed state of the blade without taking into account the temperature field and under the influence of the operating temperature has been performed.

In an inhomogeneous temperature field temperature stresses arise, which are distributed unevenly over the volume of the blades. In a number of cases, a concentration and localization of stresses on the surface of the channels for the exit of cooling air occurs.

Deviations of the crystallographic axes of the material in the xy-plane should not exceed 12° - 15°.

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből)

References

[1] C. E. Anderson, P. A. Cox et. al. Constitutive Formulation for Anisotropic Materials Suitable for Wave Propagation Computer programme-II, Comp. Mech, 15, (1994), 201 – 223.
[2] K. Bate, E. Vilsan, Numerical analysis methods and the finite method elements, Moscow: Stroyizdat, 1982, 448 p.
[3] T. Yu. Berlizova, Yu. S. Vorobiev, N. Yu. Ovcharova, R. Rzadkowski, The Influence of Azimuth Orientation of Crystallographic Axes on Thermoelastic State of a GTE Blade with a Vortex Cooling System // Strength of Materials. 2016. Vol. 48. P. 349–356.
[4] T. Yu. Berlizova, Thermal stress state of a cooled single-crystal blade of a gas turbine engine, with the azimuthal orientation of the crystallographic axes, Improving turbine installations using methods mathematical and physical modeling: International Scientific and Technical Conference, Kharkov: IPMash NAS of Ukraine, 2015, 1–7.
[5] I. A. Birger, B. F. Shorr, G. B. Iosilevich, Strength calculation machine parts, Moscow, 1979, 702 p.
[6] Yu. S. Vorobev, B. F. Shorr, The theory of twisted rods, 1983, 186 pp.
[7] E. N. Kablov, V. N. Tolorayya, I. M. Demonis, N. G. Orekhov, Directional crystallization of heat resistant nickel alloys, Light alloy technology, 2, (2007), 246 – 264.
[8] M. Palantera, Theoretical Background of ESAComp Analyses, 1998.
[9] R. P. Pridorozhnyy, The influence of crystallographic orientation single-crystal materials for the stress state of the working blades turbines, Dissertation, Zaporozhye, 2008, 223 p.
[10] R. P. Pridorozhnyy A. V. Sheremetyev, Influence crystallographic orientation to volumetric stress-strain state of a single-crystal uncooled turbine blade, Bulletin engine building, 1, (2003), 47–51.

Adatpontosítás

A Haditechnika 2020/5. számában jelent meg Farkas Zoltán: *Új típusú nehézgépszállító szerelvények* című tanulmánya. A cikkben bemutatott kétsebességű Sepdurance H200 típusú csörlőmű fel- és lecsévélési sebessége – a beállítástól függően – az alsó, illetve felső kötélágon az 5 m/min, illetve a 21 m/min sebességet teszik lehetővé – Szerk.

Dr. Hegedűs Ernő – Dr. Kende György***

A hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés szervezeti háttere: a Magyar Honvédség K+F szervezetei (1920–2020) I. rész

Tanulmányunkban áttekintjük a hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés szervezeti hátterét. Az ilyen szervezetek létrejöttének kutatásánál célszerű felidézni dr. Kármán Tódor véleményét. Prof. dr. Kármán Tódor (Theodore von Kármán), az Osztrák–Magyar Monarchia haderejének fejlesztő-hadmérnöke, a 20. századi repülés- és rakétatechnika egyik legjelentősebb mérnök-konstruktőre és elméleti szakembere, az Egyesült Államok hadiipari programjainak koordinátora, a NATO Kutatási és Technológiafejlesztési Szervezetének alapítója. Kármán professzor 1952-ben alapította Repülésügyi Kutatási és Fejlesztési Tanácsadó Csoportot – a NATO RTO/STO (RTO- Research and Technology Organization – kutatás-fejlesztési és technológiai szervezet, majd napjainkban STO – Science&Technology Organization – tudományos és technológiai szervezet) előd-

1. ábra. Prof. dr. Kármán Tódor, az Osztrák–Magyar Monarchia haderejének fejlesztő-hadmérnöke (Forrás: nasa.gov)



jét. Kármán a tudomány, az ipar és a haderő összekötő szerepéről a következőt vallotta: „*A katonák nem képesek hatékonyan hasznosítani a tudomány eredményeit azok megértése nélkül, és a tudósok nem tudnak eredményeket elérni, ha nem értik a katonai tevékenységek lényegét.*”[1] Tehát hiába létezik önálló elemként az ipar és a hadiipar, a polgári egyetemek, továbbá a haderő, nem értik egymás fogalmait, ezért olyan katonai K+F intézet (tudományos kutatóhely) működtetése célszerű, amely összeköti a haderőt, a tudományos szférát és a hadiipart. Kármán definíciójából kibontható, hogy szükség van olyan intézményi hátérre amely:

- képes nyomon követni a műszaki-tudományos fejlődést,
- képes nyomon követni a haditechnikai eszközökben bekövetkező fejlődést és ezek alapján képes bizonyos prognózisok felállítására,
- ismeretekkel bír a katonai szervezetek alkalmazásának harcászati-hadműveleti kérdéseiben is,
- ismeretekkel bír a hazai ipar katonai felhasználhatóságának lehetőségeiről,
- ismeretekkel bír a hazai egyetemek és kutatóintézetek haditechnikai K+F képességeiről, együttműködési lehetőségeiről,
- ismeretekkel bír a stratégiailag fontos országok hadiiparának főbb aspektusairól és fejlesztési irányaikról.

Mindezen képességek alapján a katonai-műszaki (haditechnikai) intézet képes:

- K+F tevékenység során katonai követelmények (pl. harcászati-műszaki követelmények) megfogalmazására, figyelembe véve a haderő követelményeit és a hazai iparpolitika elvárásait,
- K+F tevékenység megindítására és ehhez a megfelelő partnerek kiválasztására,
- K+F tevékenységben történő aktív részvételre (kutató- és fejlesztőmérnökök alkalmazására, laboratóriumok, tesztpályák, kísérleti állomások stb. fenntartására és működtetésére,),

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány a haditechnikai kutatás-fejlesztés hazai szervezeti viszonyait vizsgálja, különös tekintettel a szakterület centenáriumára. Kitér a hazai viszonyok között kidolgozott komplex elméleti modellre, illetve a kezdetektől vizsgálja az aktív nemzetközi együttműködés rendszerét is. A hazai haditechnikai K+F rendszerét érintő legutóbbi jelentős tényező a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program.

KULCSSZAVAK: Haditechnikai kutatás-fejlesztés, magyar hadiipar, Haditechnikai Intézet, MH Modernizációs Intézet, Zrínyi 2026

ABSTRACT: The study scrutinizes the Hungarian organizational relations of military technical research and development, with special regard to the centenary of this domain. It covers the complex theoretical model developed in Hungarian conditions, and also examines the system of active international cooperation from the beginning. The latest significant factor affecting the Hungarian military technical R&D system is the Zrínyi 2026 Defence and Armed Forces Development Program.

KEY WORDS: military technical research and development, Hungarian defence industry, Institute of Military Technology, Modernization Institute of HDF, Zrínyi 2026

* PhD, mérnök alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, adjunktus, Orcid: 0000–0001–8457–5044
** DSc, nyá. mérnök ezredes, NKE egyetemi tanár, Professor Emeritus, Orcid: 0000–0001–6977–5275



2. ábra. A HTI ideiglenes épülete a Daróczi út 1–3. szám alatt[25]

- K+F tevékenység koordinálására más szereplőkkel (ipar, egyetemek, intézetek stb.),
- gyártási folyamatok bizonyos szintű koordinálására (pl. gyártás-technologizálás, katonai minőségbiztosítás és szabványosítás)[2],
- haditechnikai tudásbázist szolgáltatnia katonai és az állami (ipari) vezetés részére.

A klasszikus hadiipar – amely ennek az európai intézeti háttérnek a megjelenését lehetővé tette – a Krupp ágyúgyár és a Thyssen-konszern társszervezeteként jött létre a német egyetemekkel együttműködve, a 19. század derekán. A sikeres porosz modellre épült az európai haditechnikai K+F, mivel az 1870 körül felfutó német acél- és széntermelés, a robbanásszerű iparosodás, a hátultöltő puska, a Krupp-ágyú, a vasút alkalmazása, a flottaépítés stb. mögött egy sikeres intézeti háttér állt – amely később, a II. világháborúban eredményes volt (a rakétatechnika, gázturbina, robotrepülőgép, Enigma-titkosító, krónikus löveg, helikopter stb.) területén.

Intézeti szinten a haditechnikai kutatás-fejlesztés első korszerű szervezeti reprezentánsa a porosz hadiipar árnyékában felnövő porosz, majd német kutatóintézeti háttér, amelyet az osztrák–magyar, illetve az orosz és a szovjet haderő egyaránt átvett. Ebben az intézeti-szervezeti modellben tevékenykedett repülőmérnökként 1914–1918 között Kármán Tódor is, a Monarchia bécsújhelyi repülőkísérleti intézetében (hogy azután a '30-as évektől az USA-ban folytassa munkásságát). Magyarország – haderejének haditechnikai fejlesztési irányait 1867–1918 között meghatározta, hogy az Osztrák–Magyar Monarchia (egy haditengerészettel is rendelkező klasszikus nagyhatalom) része volt – egészen a rendszerváltásig azt a porosz–német modellt alkalmazta, amelyben a védelmi kutatás-szervezés erősen kötődik a védelmi minisztériumhoz, illetve a vezérkarhoz.[3]

A Haditechnikai Intézet és utódszervezetei 1928–2014 között tevékenykedtek.[4]

A haderő modernizációját, ezáltal a haditechnikai kutatás-fejlesztés folyamatait is jelentős mértékben érintő Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program egyszerre tűzte célul a haderő korszerűsítését, illetve a magyar hadiipar élénkítését.[5] A program megvalósítása érdekében a Honvédelmi Minisztérium új haditechnikai kutató-fejlesztő intézetet állított fel. 2019-től az MH Modernizációs Intézet látja el a hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés feladatait.[6] Létrehozták a hadiiparért felelős kormánybiztosi tisztséget (a Nemzeti Védelmi Ipari és Védelmi Célú Fejlesztésekért, valamint a Haderő-modernizáció Koordinálásáért Felelős Kormánybiztos) és új hadiipari cégek megalapítására, illetve megvásárlására is sor került.[7] Az új magyar hadiipari és intézeti szereplők hatékonyan bekapcsolódnak az akadémiai és felsőoktatási intézmények között zajló tudományos tevékenységbe, amelynek következtében a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során új innovációs környezetben kezd működni a haditechnikai kutatás-fejlesztés.

A hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés szervezeti háttere

A Haditechnikai Intézet és utódszervezetei (1928–2014)

Előtörténetként megemlítendő, hogy 1918–1928 között, a trianoni békeszerződést követő „rejtés" időszakában az álcázott katonai kísérleti intézet a budapesti József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem mellett, az egyetem szervezeti elemeként települt Technikai Kísérleti Intézet (TEKI) néven, a Budafoki út 21. szám alatt.

A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézetben 1928-tól lehetővé vált a nyílt katonai intézményként való működés, a II. világháború végéig számos jelentős fejlesztési eredményt értek el az intézet hadmérnökei.[8] Ebben az időszakban a Honvédelmi Minisztérium 3/d osztályának alárendeltségében tevékenykedett az Intézet.[9]

A HTI szervezetileg parancsnokságból, illetve 4 szakosztályból állt, valamint az intézethez tartozott a hajmáskéri kísérleti állomás is.

A szakosztályok felosztása:

- Az 1. szakosztály lőszerekkel, külső és belső ballisztikai kérdésekkel foglalkozott.
- A 2. szakosztály híd, út, vasút kérdésekkel, fényszóró berendezésekkel, szerszámgépekkel, műszaki felszerelésekkel és robbanóanyagokkal foglalkozott.
- A 3. szakosztályhoz a lövészfegyverek, tüzérségi eszközök, valamint a különféle katonai járművekkel kapcsolatos feladatkörök tartoztak.
- A 4. szakosztály végezte az anyagvizsgálatokat, a „hadikémia", a híradóanyagok, a tüzérségi mérőeszközök és optikai berendezések műszaki fejlesztését.

A parancsnoksághoz tartozott a segédtiszti iroda, a szakfolyóirat szerkesztősége és a gazdasági hivatal. A különböző tüzér lövésszaki kísérleteket Hajmáskéren végezték. A HTI létszáma 1943-ban 186 tiszt, tisztviselő és 252 fő legénység, míg a szervezet mellé rendelt Katonai Átvételi Bizottság (a korabeli katonai minőségbiztosítási szervezet) állománya 162 tiszt, tisztviselő, valamint 358 fő legénység volt.[10] A Haditechnikai Intézet létszáma nem tartalmazta a repülőkísérleti haditechnikai kutató-fejlesztő szervezetet (Repülőkísérleti Intézet) és a repülő-minőségbiztosító szervezetet sem (Repülő Átvételi Bizottság – RÁB), amelyek katonai repülőtéren (az 1950-es és a '90-es években is) külön szerveződtek és települtek. A HTI e tekintetben csak a repülőfegyverzet, illetve a repülőfedélzeti-lokátor fejlesztésekben vett részt. Összességében ez a kutatás-fejlesztési szervezeti háttér, 1939–1945 között hatékonyan szolgálta ki a magyar hadiipart, biztosítva a fegyver-, lőszer-, harckocsi- és repülőgépgyártás feltételeit, az erődrendszer-építést, a flottilla-korszerűsítést, a lokátorfejlesztést stb.[11]

A második világháború után a magyar katonai kutatás-fejlesztés 1947-ben a Katonai Műszaki Intézet megalakulásával újra indult, amelyet 1948-tól neveztek ismét Haditechnikai Intézetnek.[12] Az intézet 1949 végén főbb elemeit tekintve tudományos kutatócsoportból, fegyver szakosztályból, lőszer szakosztályból, különleges fegyver szakosztályból, műszaki szakosztályból, folyami önálló alosztályból, vegyiharc alosztályból, erődítési szakosztályból, gép-

jármű szakosztályból, híradó szakosztályból, lokátor szakosztályból, általános kémiai alosztályból, Repülő Kísérleti Állomásból, ballisztikai lőkísérleti állomásból (Örkény), tüzér lőkisérleti állomásból (Kecel), műszaki kísérleti állomásból (Háros) és szabályzatszerkesztő szakosztályból állt.

A Hungária krt. 7-9. telephelyről először a Daróczi útra (1948) költözött az intézet, majd 1950-ben elfoglalta újonnan épített objektumát a Szilágyi Erzsébet fasor 20. szám alatt. Az intézet létszáma 1951-ben meghaladta a 600 főt. Az 1952. évi 926 főről 1955-re 578 főre csökkent a Haditechnikai Intézet összlétszáma.[13] A HTI felelt 1951–1957 között a BME (Budapesti Műszaki Egyetem) hadmérnökképzésének szakmai irányításáért is. Az intézet hatékonyan szolgálta az erőltetett iparosítás – biztonságpolitikai szempontból a háborús készülődés jegyében zajló – korszakának széleskörű hadiipari tevékenységeit. 1954-ben az intézet – a BME hadmérnökképzéssel együtt – a HM Fegyverzeti és Technikai Főfelügyelőség alárendeltségébe, majd 1955-től a Haditechnikai Csoportfőnökség alárendeltségébe került.[14]

Az 1956-os visszaesést követően az Intézet szervezete és állománya 1961-ben jelentősen bővült. Ekkor a fegyvernemek alárendeltségébe tartozó katonai átvevőket – a Katonai Üzemi Megbízottakat (KÜM) – összevonták, és a Haditechnikai Intézet alárendeltségébe helyezték.[15]

A HTI szervezete az alábbiak szerint alakult:

Tudományos osztályok:
- Fegyver és lőszer osztály (lőszer és ballisztikai szakosztály, fegyver szakosztály),
- Elektromos osztály (rádió és lokátor szakosztály, vezetékes és tápláló szakosztály, műszer szakosztály),
- Műszaki és jármű osztály,
- Gépész szakosztály,
- Jármű szakosztály,
- Vegyi és atomvédelmi szakosztály,
- Robbanóanyag vizsgáló szakosztály.

Mindezt támogató elemek egészítették ki: a Technikai szabályzatszerkesztő és dokumentációs osztály, a rajztár, a műszaki propaganda osztály, a műszaki könyvtár, gazdasági osztály, a szakágankénti átvételi osztályok.[16] 1961-ben a HTI a HM Anyagi-technikai Főcsoportfőnökség alárendeltségébe került.[17] 1963-ban jött létre a Vezérkar (MNVK) alárendeltségében a *Haditechnikai Fejlesztési Csoportfőnökség*, amelynek alárendeltségében tevékenykedett a Haditechnikai Intézet is.[18]

Haditechnikai fejlesztés az 1980-as évektől

Az 1980-as évek volt a hidegháború – fegyverkezési verseny szempontjából – technikailag-technológiailag legösszetettebb időszaka. Hazánkban ekkor – a költséges csúcstechnológia (hangsebesség feletti repülőgépek, komplex légvé-

Jegyzetek

1 „… scientific results cannot be used efficiently by soldiers who have no understanding of them, and scientist cannot produce results without an understanding of the operations.” Jan Van der Bliek (ed.). *AGARD The History 1952–1997*. The NATO Research and Technology Organization, 1999: pp. 1-1.
2 Pl.: *A HTI témafelelős ellenőrzi a gyártás-előkészítés folyamatát. Végrehajtási Utasítás a „0” – sorozat gyártására* (2570/15.) Budapest: HTI, 1982.
3 A haditechnikai kutatás-fejlesztést végző szervezetek eltérő szervezeti és alárendeltségi modelljeiről: Csiki Tamás – Tálas Péter: „A védelmi beszerzés és kutatás-fejlesztés kapcsolata a védelmi tervezés rendszerében – nemzetközi tapasztalatok.” *Nemzet és Biztonság* 6, 3-4. szám (2013): 107–142. o.
4 *A Haditechnika Intézet története 1947–1980*. (90/1982 [HK 36] HM parancs alapján) HTI, Budapest, 1985. illetve Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005., továbbá Csák Tamás Károly: „A haditechnikai kutatás-fejlesztés múltja, jelene, helye, szerepe a magyar haderő fejlesztésében, jövőbeli kihívásai a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program tükrében.” *Honvédségi Szemle* 147, 3. sz. (2019).
5 A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program megvalósításáról szóló 1298/2017.(VI.2.) Korm. határozat, ill. 1325/2018. (VII.18.) Korm. határozat; illetve Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (2016). Zrínyi Kiadó (online), Budapest, 2017. https://honvedelem.hu/files/files/108409/zrinyi2026_190_190_7.pdf (2018.03.28.); továbbá Budavári Krisztina: „A Zrínyi 2026 program – Korlátozott lehetőségek a magyar védelmi ipar fejlesztésére” *Hadtudomány* 29, 3. szám (2019): 142. o.
6 „MH Modernizációs Intézet” *Hivatalos Értesítő* 2018. évi 62. szám; 2018. november 15.
7 Kurcz Kristóf – Simó Réka – Sebők István – Dr. Hegedűs Ernő: „Új fegyveripari cégekkel bővült a magyar hadiipar”. Haditechnika 54, 3. sz. (2020): 51. https://doi.org/10.23713/HT.54.3.09.
8 Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005.
9 Uo. 26. o.
10 Hajdú Ferenc: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig*. PhD értekezés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai-Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2009. 119 o.
11 Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005.
12 Sárhidai Gyula – Szabó Tibor: *40 éves a Magyar Néphadsereg Haditechnikai Intézete 1947–1987*; HTI, Budapest, 1987.
13 Hajdú Ferenc: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig*. PhD értekezés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai-Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2009. 119 o.
14 Dr. Gáspár Tibor: „Integrációs kísérletek 1953–1989 között” *Katonai Logisztika,* 26 1–2. sz. (2018): 229–230, ill. 234. o.
15 Uo. 237. o.
16 *A Haditechnika Intézet története 1947–1980*. (90/1982 (HK 36) HM parancs alapján) HTI, Budapest, 1985.
17 Dr. Gáspár Tibor: „Integrációs kísérletek 1953–1989 között.” *Katonai Logisztika* 26, 1-2. sz. (2018): 236. o.
18 Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005. 120. o.
19 Dombrádi Lóránd – Germuska Pál – Kovács Géza Péter – Kovács Vilmos: *A magyar hadiipar története a kezdetektől napjainkig 1880–2015*. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2016. 229. o.
20 Uo. 231. o.
21 Halász László – Pintér István: „A Haditechnikai Intézet Vegyivédelmi Fejlesztő Osztályai és fejlesztései az 1947-es megalakulástól a 2006-os megszüntetésig”. *Hadmérnök* 10, 4. sz. (2015): 99. o.
22 *Végrehajtási utasítás a Tudományos Műszaki Tanács tevékenységére (2570/3.)* Budapest: HTI, 1981.
23 *Végrehajtási Utasítás a Harcászati Műszaki Követelmények (HMK) vagy a Harcászati Műszaki Feladat (HMF) összeállítására*. Budapest: HTI, 1989.
24 Geiger István: „Az MH Haditechnikai Csoportfőnökségről” *Katonai Logisztika* 1, 1. sz. (1993): 121. o., illetve *Az MNVK 5. Haditechnikai Fejlesztési Csoportfőnökség története (1985)*. HL MN Különgyűjtemény II/b-9.
25 Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula. *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005.* Budapest: HM Technológiai Hivatal, 2005. B4 borító.

delem, elektronikai harc, rádiófelderítés és -zavarás, lokátorok, korszerű híradástechnika stb.) beszerzésének, valamint új technológiák (lézertechnika, informatikai rendszerek, vezetés-automatizálás, műhold-kommunikáció, GPS stb.) megjelenésének időszakában – *gazdasági megfontolásokból kezdte felértékelni a politikai vezetés a haditechnikai kutatás-fejlesztést.* Ekkor *„a korszerű technikát csak importból lehetett beszerezni. A növekvő behozatal ellentételezése érdekében is kulcsfontosságú volt a haditechnikai kivitel bővítése …* [ezért kimondták, hogy:] *a kutatás-fejlesztés megerősítésével kell segíteni a korszerű konstrukciók kialakítását, komplex rendszerek létrehozását és a dollárexport növelését.”*[19] Az exporttevékenység fokozásának gazdasági kényszere mellett ekkorra az is nyilvánvalóvá vált, hogy *a haditechnikai kutatás-fejlesztésre és ezáltal a hazai hadiipar versenyképességének növelésére szánt összegek, ide befektetett gazdasági források* – egyfajta, *a polgári iparra gyakorolt szinergikus, technológiaiszint-növelő hatásuk következtében – többszörösen megtérülnek*, versenyképesebbé teszik a polgári ipari termelést is. A honvédelmi miniszter 1982-es állásfoglalása szerint: *„Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a haditechnikai termékeket mindig jól és gazdaságosan lehetett értékesíteni.”*[20]

A haditechnikai kutatás-fejlesztés folyamata 1957–1989 között a Varsói Szerződés keretei között zajlott. „A teljeskörű technikai együttműködés *irányító szerve,* a VSZ Egyesített Fegyveres Erői Tudományos-Technikai Tanácsa (EFE TT) volt. Ez a testület hagyta jóvá az *Egységes Fejlesztési Metodikát*, az *Egységes Harcászati Műszaki Követelményeket* (EHMK) és döntött a VSZ Egységes Fegyverzetébe történő felvételről is. … A teljeskörű együttműködési tevékenységek közé tartozott még a KGST (Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa) Hadiipari Állandó Bizottság *egységesítési, szabványosítási tevékenysége.”*[21] Mindezek nyomán a haditechnikai kutató-fejlesztő szervezet hatásköre volt a katonai szabványok kezelése és a technikai vonatkozású szabályzatírás is. Az intézetben Tudományos Műszaki Tanács (TMT) működött, amelynek tevékenysége mind a kutatás, mind a műszaki fejlesztés, licenctevékenység végrehajtási fázisainak egyik fontos láncszeme volt. A HTI műszaki fejlesztési tervében szereplő témák a kidolgozás egyes fázisaiban kerültek a TMT ülés elé.[22] „A Tudományos Műszaki Tanácsülés megvitatja a *Harcászati Műszaki Követelmény* (HMK) tervezetet … amely a *haditechnikai kutatás, a műszaki fejlesztés* (haditechnikai K+F) *alapokmánya* … a HMK a harci alkalmazás és üzemeltetési (igénybevételi) körülmények meghatározása … A HMK tervezet kidolgozása során (egyebek mellett) figyelembe kell venni … az adott szakterületen elért hazai és honosítható külföldi, a legújabb tudományos-műszaki, technikai és technológiai eredményeket … az adott szakterületen a fejlődési perspektívák elemzéséből levont következtetéseket … a várható ellenség aktív tevékenysége melletti harci alkalmazásának, üzemeltetésének elemzéséből levont következtetéseket.”[23] Összességében a harcászati-műszaki követelmények megalkotása a haditechnikai kutatás-fejlesztés kiemelten fontos feladata, amelynek elvégzéséhez komplex mérnöki-haditechnikai-harcászati ismeretek szükségesek. A HTI 1983-tól az *MN Haditechnikai Fejlesztési Főnökség* alárendeltségében tevékenykedett a rendszerváltásig.[24]

(A tanulmány forrásjegyzékét a befejező részben közöljük – Szerk.)

(Folytatjuk)

(Fotók a szerző gyűjteményéből)

Fehér Gábor

A Mi–24 harci helikopter – Haditechnika fiataloknak



A Haditechnika fiataloknak című könyvsorozat az 1980-as években nagy népszerűségnek örvendett az ifjúság körében. A 2020-ban újraindított azonos című sorozat első kötete a Mi–24 harci helikoptert mutatja be. A kiadvány rövid áttekintést ad a motoros repülés kezdeteiről és azokról a magyar feltalálókról, akik aktív szerepet vállaltak a helikopterek fejlesztésében. Az olvasó megismerheti a helikopter működési elveit, műszaki berendezéseit és technikai fejlődését. A Mi–24-es harci helikoptert a Mihail Leontyevics Mil vezette tervezői gárda tervezte és fejlesztette. A típus 1966-ban készült el, és a Szovjetunióban 3 évvel később került hadrendbe. A harci helikopternek több változata is készült, a Szovjetunió afganisztáni háborújában valamennyi típus részt vett.

A Magyar Néphadsereg az 1970-es évek közepén rendszeresítette a szovjet forgószárnyasokat. A Magyar Honvédség kötelékeiben jelenleg a típus közelmúltban korszerűsített változatai, a Mil Mi–24 Hind helikopterek is szolgálnak.

A kötet szerzője, Fehér Gábor gyerekkori álmát valósította meg azzal, hogy a harcihelikopter-pilóta pályát választotta. A kötet elsősorban azoknak a diákoknak szól, akik a repülés iránt érdeklődnek. A színes fotók és a mellékletként közre adott játékok (dominó, kirakó) még közelebb hozzák a fiatalokat a Mi–24 harci helikopter megismeréséhez.

A Zrínyi Kiadó által 2020-ban megjelentetett A Mi–24 harci helikopter – Haditechnika fiataloknak című, 70 színes fotóval illusztrált kötet, puha kötésű, terjedelme 68 oldal. 2500 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-ra). (W.T.)



104. ábra. Tu–160M szuperszonikus hadászati bombázó és rakétahordozó

*Zentay Péter**

„Vitézek” a Vörös téren – a légierő óriásai X. rész

Cikksorozatunk előző fejezetében az orosz légierő azon forgószárnyas légi járműveit mutattuk be, amelyek az elmúlt években a győzelemnapi díszszemlén szerepeltek. A jelenlegi részben a légi parádé merevszárnyas repülőgépei kerülnek sorra. A sorrendben a 2020-as ünnepség menetét követjük[4].

A merevszárnyas bemutató az orosz légierő legújabb légtérellenőrző, előjelző és légi irányító Beriev A–50U *(Бериев А-50У)* típusú repülőgépével kezdődött *(105. ábra)*. A repülőgépet az Iljusin Il–76MD *(Ильюшин Ил-76МД)* típusú repülőgép alapján fejlesztették (a légi járművet az Iljusin, fedélzeti és légtérellenőrző rendszereit a Berijev tervezőiroda végezte), így a két gép paramétereiben nagyon hasonlít egymáshoz. A Beriev A–50U-n azonban a lokátor elhelyezése és a különböző fedélzeti műszerek miatt át kellett építeni több lényeges szerkezeti elemet is. A hátsó géppuskaállást és a rakodótér háromszegmenses hátsó ajtaját megszüntették, helyükre műszerek kerültek. A navigátor első ablakát és az oldalablakokat aranyozással látták el, amely védelemként szolgál az erős elektromágneses sugárzások ellen. Az 1980-as években fejlesztett A–50M típusú légtérellenőrző repülőgép „U” jelű modernizált változata 2011-ben szállt fel először, és 2016-óta áll hadrendben. A repülőgép új radart és digitális jelfeldolgozó rendszert kapott. A 15 fős személyzet ergonomikus munkakörülményeinek és kényelmének biztosítására nagy hangsúlyt fektettek. A repülőgép gyártása során kizárólag Oroszországban előállított alkatrészeket alkalmaznak [236]. A típus rádiókommunikációval 2000 km távolságig képes kapcsolatot létesíteni és a légi célokról folyamatos információkat közölni a parancsnoksággal (távolabbra műholdas kommunikációt használ). A légi célok információit, földi reléállomásokon keresztül továbbítja. A repülőgép önvédelmi rendszerében infracsapdákat és elektromágneses impulzus (EMP – Electromagnetic Pulse) eszközöket alkalmaz. A repülőgép észlelési képességei az alacsonyan szálló és kis méretű légi célok esetében, az előd gépekhez képest jelentősen javultak. A lopakodó-, UAV-, forgószárnyas légi járműveket 650 km, továbbá földi célokat 300 km, vízfelszíni célokat 400 km távolságból képes észlelni. A gép 300 célpont követésére és egyszerre több vadászgép egyidejű irányítására képes. A harcászati és harcászati-hadműveleti ballisztikus rakéták indításának észlelése érdekében a komplexumot egy infravörös rakétahajtómű-érzékelő rendszerrel látják el, amely akár 1000 km távolságból és 10 000 m tengerszint feletti magasságból is képes érzékelni a rakéta

105. ábra. Beriev A–50U légtérellenőrző és légi irányító feladatot ellátó repülőgép



* ORCID: 0000–0002–3161–8829

DOI: 10.23713/HT.54.6.07



106. ábra. Antonov An–124–100 Ruszlán nagy hatótávolságú nehéz szállító repülőgép

indítását. Az új repülőgép hatótávolsága és bevetési ideje is jelentősen megnőtt az előd géphez képest. A repülőgép legtöbb adata jelenleg nem nyilvános. [237].

A nehéz szállító repülőgépek közül egy Antonov An–124-es és három Iljusin Il–76MD mutatkozott be. A Szovjetunióban nagy hangsúlyt fektettek a légi szállításra, mivel az ország óriási méretei ezt indokolták, ezért már a repülés korai időszakában is nagy hatótávolságú szállítógépeket terveztek. Később a hadászati rakéta és az űrprogram nagy méretű alkatrészeinek gyors szállítása megkövetelte a különleges szállítógépek alkalmazását.

Az Antonov An–124–100 „Ruszlán” *(Ан-124-100 „Руслан”)* távolsági nehéz katonai teherszállító repülőgép az orosz légierő legnagyobb repülőgépe *(106. ábra)*. A gép vállszárnyas, hátranyilazott szárnyelrendezésű, négy hajtóműves, negyedik generációs szállítógép, fly-by-wire vezérléssel, amely 1987-től áll hadrendben. Négy, egyenként 234,8 kN tolóerejű, D–18T típusú, kétáramú gázturbinás sugárhajtómű gondoskodik a géppel elérhető 865 km/h maximális sebességről és a 7500 km-es maximális hatótávolságról. A gép méretei: hosszúsága 69,1 m, szárnyfesztávolsága 73,3 m magassága 21,08 m, maximális felszálló tömege 392 t [238].

Az Iljusin Il–76MD típusú csapat- és teherszállító repülőgépek *(107. ábra)* az orosz légierő „igáslovai”. A VDV (az orosz fegyveres erők légideszant csapatai) nemcsak ejtőernyős katonák, de ejtőernyővel célba juttatható harcjárművek ledobásához is alkalmazza. A repülőgép 60 t szállítmányt képes szállítani, 750-850 km/h sebességgel, 4200 km hatótávolsággal. Jelenleg a típust az uljanovszki Aviastar-SP repülőgépgyárban gyártják. A repülőgép 25°-ban hátranyilazott felsőszárny-elrendezésű és felső vízszintes vezérsíkú, széles törzsű repülőgép. Civil változatban is készült, számos országban polgári szállítógépként is alkalmazzák. Személyzete 5 főből áll. Fontosabb adatai: hosszúsága 46,59 m, szárnyfesztávolsága 50,5 m, magassága 14,76 m, legnagyobb sebessége 900 km/h, legnagyobb felszálló tömege 190 t (az Il–76MD–90A repülőgép maximális felszálló tömege 210 t), hatótávolsága 9300 km. Fegyverzete a farokrészben elhelyezett, rádióirányítású, 23 mm-es 9A-503 GS–23 gépágyú, illetve egyes változatoknál légibomba felfüggesztési pontok találhatók a szárnyakon [239].

A légi parádé az orosz hadászati légierő repülőgépeinek bemutatójával folytatódott. A szovjet hadászati bombázók fejlesztése már a II. világháború alatt elkezdődött. A háború után kiemelten fontossá váltak a fejlesztések, mivel a Szovjetunió abban az időben még nem rendelkezett ilyen képességekkel, és emiatt lényeges hátrányba került a nyugati országokkal szemben. Akkoriban a Tupoljev és a Mjasicsev tervezőirodák végezték a hadászati bombázók fejlesztését. A háború után az egyik meghatározó típussá a Tupoljev Tu–4-es vált, amelyet a Boeing B–29 távolsági bombázó tervei alapján fejlesztettek. Kezdetben a dugaty-

107. ábra. Iljusin Il–76 MD nagy hatótávolságú nehéz szállító repülőgép





108. ábra. Tu–160M és Tu–22M3 szuperszonikus hadászati bombázók alkotta látványos kötelék

tyús-légcsavaros meghajtású típusok domináltak, de az 1950-es évek elejére a Mjasicsev iroda az M–4-es, majd később a 3M típusú, gázturbinás sugárhajtóművel ellátott repülőgépei értek el sikereket a szubszonikus sebességtartományban. A hatótávolságuk még nem volt megfelelő, ezért a tervezők visszatértek a légcsavaros gázturbinás hajtóművek fejlesztéséhez [245]. A szuperszonikus bombázókat csak később, az 1950-es évek közepétől kezdték fejleszteni. A leghíresebb az évtized végére elkészült Mjasicsev M–50 típusú gép volt, amely már a hangsebesség feletti repülésre is képes volt. A fejlesztések ígéretes kezdetét azonban a hadászati rakétaprogram előtérbe helyezése lelassította. A '60-as években megjelent amerikai szuperszonikus hadászati bombázók (mint az XB–70 Valkyrie, majd később a Rockwell B–1) jelentette fenyegetés újra fókuszba állította a szuperszonikus repülőgépek korszerűsítését. A szovjet hangsebesség fölötti bombázók technikailag az 1970-es évek közepére értek meg. Az egyik leghíresebb a Szuhoj tervezőiroda T–4 típusú mélységi felderítő és rakétahordozó gépe volt, amely a 3 Mach közeli repülési képessége miatt nagyrészt titánötvözetből készült. A nagy hatótávolságú bombázók fejlesztésével végül a Tupoljev tervezőirodát bízták meg. Ezeken a terveken alapulnak az orosz légierő által jelenleg is használt hadászati bombázó repülőgépek is [245].

A bemutatón elsőként a Tupoljev Tu–160M *(Туполев Ту-160М)* és négy Tupoljev Tu–22M3 *(Туполев Ту-22М3)* szuperszonikus bombázó alkotott igen látványos köteléket *(108. ábra)*. A Tu–160M *(104. ábra)* hadászati bombázót és rakétahordozót messze az ellenség vonalai mögötti, hadászati csapásmérésre tervezték. A Tu–160 típusú gép a világ legnagyobb méretű, változtatható szárnynyilazású szuperszonikus repülőgépe, és egyben a legnehezebb bombázója. A 4 db, egyenként 245 kN tolóerejű, NK–32 kétáramú, három forgórészű, utánégetős, gázturbinás sugárhajtómű az integrált szárnyak alatt, két gondolában kapott helyet. A szárny előtti és mögötti bombatárolókban helyezkedik el a két MKU–6–5U, 6-os forgó rakétaindító dobtár. A H–55–SzM nukleáris harci résszel ellátott robotrepülőgép mellett a Tu–160M változat már hagyományos fegyverek alkalmazására (H[5]–555, H–101 precíziós robotrepülőgépek, és légibombák) is képes, és aktív védelmi rendszerrel is felszerelték. A repülőgépgép hosszúsága 54,1 m, szárnyának fesztávolsága 20°-os hátranyilazásnál 55,7 m, magassága 13,1 m, maximális felszálló tömege 275 t, maximális sebessége utazó magasságon 2200 km/h, talaj közelben 1030 km/h. Hatótávolsága 13 950 km, bevetési távolsága 7300 km [240, 241].

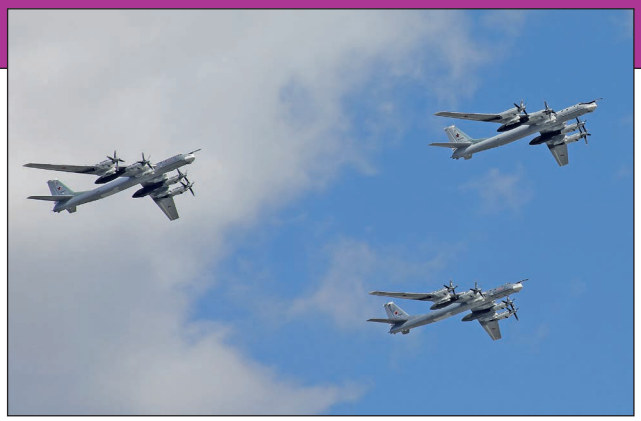
A Tu–22M3 *(109. ábra)* hagyományos elrendezésű, alsó változtatható szárnyállású, szuperszonikus távolsági bombázó és rakétahordozó repülőgép, amely a Tu–22M típus legmodernebb változata. 1989 óta áll hadrendben, exportra soha nem került. Alapvető feladata nukleáris csapásmérés, valamint a NATO haditengerészeti erőivel történő harcfelvétel. Személyzete 4 fő. Teljes hossza 41,6 m, maximális szárnyfesztávolsága 34,3 m, magassága 11,05 m maximális felszállótömege 126 t, maximális sebessége 2300 km/h, földközelben 1050 km/h. Legnagyobb hatótávolsága 6800 km, bevetési távolsága 2410 km. A bombázót négy, egyenként 226,5 kN tolóerejű, NK–25 típusú, 2 forgó részű, utánégetős, kétáramú gázturbinás sugárhajtómű hajtja.

Önvédelmi fegyverzete a 9A502 távirányított blokkban elhelyezett 23 mm-es 9A–472–01 GS–23L gépágyú. A fegyverzet elhelyezése a belső, forgó indítóegységéből 6, a szárny és a törzs alatt további 4 indítóponton lehetséges (hagyományos és nukleáris rakéták, légibombák és levegő-föld osztályú rakéták) [242].

A légi bemutató következő alakzata 3 db Tuplojev Tu–95MSzM *(Туполев Ту-95МСМ)* hadászati bombázó és rakétahordozó repülőgépből állt *(110. ábra)*. A Tu–95 család több mint 60 éve képezi a szovjet majd az orosz hadásza-

109. ábra. Tu–22M3 szuperszonikus, nagy hatótávolságú bombázó és rakétahordozó





110. ábra. A legújabb Tupoljev Tu–95MSzM légcsavaros hadászati bombázó és rakétahordozó kötelék



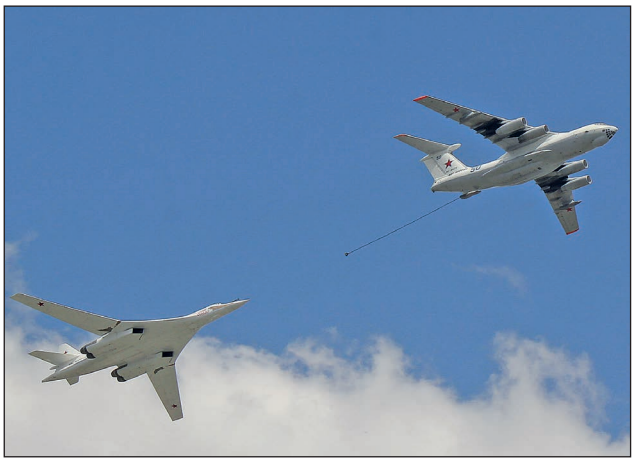
111. ábra. Egy korai Tu–95MSz típusú légcsavaros hadászati bombázó és rakétahordozó

(Fotók: Zentay Péter és Hajnal Ágnes)

ti légierő gerincét. A régi konstrukció ellenére *(111. ábra)* az üzemeltetésük gazdaságos, és a nagy hatótávolságuk miatt máig szívesen alkalmazzák a típuscsalád tagjait (pl. a szíriai hadműveletekben is). A számos típusváltozat között megtaláljuk a haditengerészeti változatokat, a nukleáris laboratóriumot hordozó repülőgépet és a világ legnagyobb bombáját (az 58 Mt-s AN602-t) hordozó nehézbombázó változatot is[6]. A Tu–95-ös a szárnytörzsébe épített 4 db, egyenként 11 200 kW tengelyteljesítményű, ellentétesen forgó ikerlégcsavaros (turbólégcsavaros) gázturbina NK–12MP típusú hajtóműveinek köszönhetően a világ leggyorsabb légcsavaros bombázója. Egyes típusai elérik a 890 km/h sebességet is. Az MSzM változat a legkorszerűbb Tu–95 rakétahordozó, amely forgó rakétavetőkben 6 db, szárny alá függesztve további 14 db H–101 légi indítású, manőverező robotrepülőgépet képes hordozni és indítani. A fegyverek hagyományos és nukleáris fejet is hordozhatnak (H–102 változat), amelyek hatótávolsága 5500 km. A repülőgép önvédelmét 3 db 23 mm-es 9A036 AM–23 (néhány típuson 23 mm-es 9A–472 GS–23 ikercsövű) gépágyú látja el. A gép 49,9 m hosszú, a felső elrendezésű, 35°-ban hátranyilazott szárnyának fesztávolsága 50,4 m, hatótávolsága 10 500 km, maximális repülési magassága 10 500 m, legnagyobb felszálló tömege 187 t és maximális sebessége 830 km/h. Személyzete 7 fő [243, 244, 245].

A következő kötelék egy légi utántöltést imitáló Iljusin IL–78M és egy Tupoljev Tu–160M típusú repülőgépből állt.

Az Il–78M *(112. ábra)* az Il–76MD szállítógép alapján épített, szovjet légi utántöltő és üzemanyag-szállító repülőgép. 3 db hajlékony csöves töltőponttal rendelkezik (2 db a szárnyakon, 1 db a törzs végében). A repülőgép fő méretei megegyeznek az Il–76MD-vel. Személyzete 6 fő, teljes felszálló tömege 210 t, amelyből 126 t az üzemanyag. A repülőgépet 4 db, egyenként 120,6 kN tolóerejű, D–30KP–2 kétáramú gázturbinás sugárhajtómű hajtja. Hatótávolsága 4000 km, repülési sebessége töltéskor 430-590 km/h, töltési repülési magassága 2000–9000 m. A legújabb változata, az IL–76MD–90A repülőgép alapján Uljanovszkban épített, IL–78M–90A, amely megnövelt hatótávolsággal és üzemanyag-kapacitással rendelkezik, továbbá egyszerűen módosítható szállító repülőgéppé is [246].



112. ábra. Egy Iljusin Il–78M légi utántöltő repülőgép utántöltést imitál egy Tupoljev Tu–160M hadászati bombázóval

(Folytatjuk)

Felhasznált irodalom

[236] *"A-50U" Оружие России*, Elérés 2020. 09. 15. http://www.airwar.ru/enc/spy/a50u.html#LTH;
[237] Yefim Gordon, Dimitriy Kommisarov, *Soviet/Russian AWACS aircraft*. Surrey, Midland Publishing, 2005.;
[238]. Якубович, Николай Васильевич, *Супергиганты Ан-124 «Руслан» и Ан-225 «Мрия»*, Moszkva, 2016.;
[239] "*Ил-76МД-М*" *Оружие России*. Elérés: 2020. 09. 15. http://www.airwar.ru/enc/craft/il76mdm.html;
[240] Туполев, "Ту-160 - Стратегический ракетоносец-бомбардировщик" Elérés: 2020. 09. 15. http://www.tupolev.ru/planes/tu-160/;
[241] Эфим Годром, *Ту-160.* Polygon, 2013.;
[242] Туполев, *Ту-22М3 Дальний ракетоносец-бомбардировщик*. Elérés: 2020. 09. 15. http://www.tupolev.ru/planes/tu-22m3/;
[243] "Ту-95МС, стратегический бомбардировщик", Компания участник: Туполев, ПАО, *Оружие России*. https://www.arms-expo.ru/armament/samples/984/65240/;
[244] Туполев. „Ту-95МС". Elérés 2020. 09. 15. http://www.tupolev.ru/planes/tu-95ms;
[245] В.Б. Шавров, *История конструкций самолетов в СССР 1938-1950гг*, 1988;
[246] *„Ил-78, самолет-заправщик"*. *Оружие России* Elérés 2020. szeptember 15. https://www.arms-expo.ru/armament/samples/994/64972/.

Jegyzetek

4 Az An–124–100-at kivéve, mert a szállító repülőgép csak a korábbi évek légi bemutatóin mutatkozott.
5 A légi indítású rakéták jelölésénél használt „H" betű az orosz „X" (kemény H) melyet az angol nyelvű irodalomban „Kh"-nak jelölnek. Azonban magyarul a „H" hang használata megfelelő.
6 A bombát – kísérleti jelleggel – 1961. október 30-án, a jeges-tengeri Novaja Zemlja Északi-szigete felett 4,2 km-rel robbantották fel.

*Horváth Attila**

Szuperszinkron műholdas konstellációk bemutatása és elemzése

Szűkülő tér

„A világűr hatalmas” szoktuk mondani, de a gyakorlati alkalmazások tervezése során egyre inkább rá kell ébrednünk, hogy ez nem igaz. A világűr sajnos korlátozott kiterjedésű, és – az alkalmazások szempontjából vizsgálva – egyre zsugorodik körülöttünk. Ennek oka egyrészt az égimechanika természeti törvényeiben keresendő, másrészt az emberi tevékenység káros hatásai sajnos már a világűrben is érvényesülnek, egyre nehezítve a hasznosítást. Nem véletlen, hogy a NATO Szövetséges Transzformációs Parancsnokság által felkért jövőkutatók is kiemelt fontossággal kezelték az űrt, illetve annak elérhetetlenné tételét: a *Visions of Warfare: 2036* című kötet első története evvel a témával foglalkozik.

A klasszikus műholdpályák áttekintése

A jelenlegi űrrendszerek pályáit a Föld körüli világűrrészben négy nagy pályacsoportba soroljuk:

- a sűrű légkör felső határa és a belső Van Allen-öv közötti térrész (hozzávetőlegesen 200-1200 km felszín feletti magasság) az alacsony Föld körüli pálya (Low Earth Orbit, LEO);
- a külső Van Allen-öv legsűrűbb része felett, hozzávetőlegesen 20 000 km körül található a közepes Föld körüli pálya (Medium Earth Orbit, MEO);
- a Föld tengely körüli forgásával szinkronban történő keringést tesz lehetővé a hozzávetőlegesen 36 000 km magasságban lévő geoszinkron pálya (GSO, GEO)
- és a különleges távközlési, távérzékelési, csillagászati alkalmazásokhoz megfelelő erősen nyújtott elliptikus pályák (High Elliptic Orbit, HEO, ezeket gyakran az ott keringő műholdcsaládokról Molnyija és Tundra pályának is nevezik).

Mindegyik pályának megvan a maga specifikus előnye, és hátránya is. A LEO térrész jól alkalmazható távérzékelésre és elegendően nagyszámú összekapcsolt műhold alkalmazásával távközlésre is, de telített üzemelő űreszközökkel és űrszeméttel, amit csak fokozni fog, amikor megvalósulnak az oda tervezett, egyenként ezres-tízezres darabszámú műholdat tartalmazó megakonstellációk. Továbbá, több nemzet is demonstrálta már képességét az itt keringő űreszközök fizikai megsemmisítésére.

A MEO pályákon keringenek a jelenleg üzemelő globális műholdas helymeghatározó rendszerek műholdjai. Ez a pályamagasság jó kompromisszum, mert sokkal kevesebb műholddal lehet a teljes Földet fedő konstellációt építeni, mint a LEO térrészben, a rádiójelek futási ideje azonban (ami kereskedelmi adatátviteli szolgáltatásoknál lenne fontos, bár ilyen szolgáltatást MEO pályáról nem üzemeltetnek) alacsonyabb, mint a GEO pályájú műholdak esetében. Ugyanakkor – bár a műholdakat a sugárzási öv legsűrűbb magja felett helyezték el –, még mindig igen erős a rájuk áramló részecskesugárzás.

A GSO térrészben, amennyiben 0 fok inklinációjú (pályaelhajlású) körpályára állítjuk az űreszközt, az teljesen szinkronban mozog a földfelszínnel, vagyis a relatív rálátási szög állandó (meghatározott tűréshatárokon belül). Ez a geostacionárius pálya kereskedelmi célokra igen jól hasznosítható, mert a földi állomások antennáinak nem kell követniük a műholdat (nincs relatív elmozdulás), így az állomások könnyen telepíthetők és működtetésük nem túl költséges. Emiatt a GSO térrészben üzemelnek a műsorszóró műholdak, valamint a legtöbb üzleti célú távközlési műhold is. Nullától eltérő pályahajlásszög esetén a műhold az Egyenlítő egy pontja felett egy analemmán oszcillál észak-déli irányban, vagyis szükségessé válik a követése. Bizonyos alkalmazások esetén ez nem hátrány. Abban az esetben ugyanis, amikor az állomást hordozó platform saját mozgása miatt egyébként is szükséges a követés (mozgó járművekre telepített állomások), nem okoz problémát az ehhez képest aránylag kicsi műhold-elmozdulás követése is. A másik tipikus alkalmazás a nagy kapacitású trönkkapcsolatok átvitele, ami igen nagy átmérőjű parabolaantennákat tartalmazó állomásokon keresztül történik. Ezek az állomások még a névlegesen nulla inklinációjú (de a gyakorlatban természetesen egy igen szűk térrészben ugyan, de mégis elmozduló) műholdakat is aktívan köve-

ÖSSZEFOGLALÁS: A geostacionárius pálya jelenleg a műholdas távközlési rendszerekben legelterjedtebben alkalmazott műholdpálya. Ennek elsősorban műszaki okai vannak. Ezt a pályát azonban sok technikai és jogi kihívás fenyegeti. Erre a múltban több példát láttunk, és a jövőben a helyzet várhatóan romlik. Fel kell tehát készülni más pályatartományok alkalmazására. Ez a tanulmány megoldási lehetőségként a geoszinkron pályamagasság feletti, úgynevezett szuperszinkron pályatartomány alkalmazását mutatja be. A tanulmány az Új Nemzeti Kiválóság Program támogatásával készült.

KULCSSZAVAK: John Draim, szuperszinkron műhold, SaVi

ABSTRACT: The geostationary orbit is the most commonly used orbit in satellite communications systems nowadays. The main reasons behind this are technical. This orbit, however, faces many technological and legal challenges. We have seen examples of this before, and the situation is bound to worsen in the future. We therefore need to start to prepare to utilize other orbits. This article presents a solution by introducing the supersynchronous orbital range and the possible utilization of that. This article was written with the support of the ÚNKP New National Excellence Program.

KEY WORDS: John Draim, supersynchronous satellite, SaVi

* Alezredes, kiemelt főtiszt MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0001-9768-5357

tik, tehát szintén alkalmasak a nagyobb mértékű követő mozgás megvalósítására.

A GEO, GSO pályáknak azonban számos hátrányuk is van – amelyeket korábban felülírt az egyszerű földi állomásokból származó előny –, de napjainkra egyre inkább zavart jeleznek. A kereskedelmi adatátviteli szolgáltatásokban hátrányként jelentkezik a nagy jelfutási idő, amihez a földi hálózatokra tervezett forgalomirányító protokollok ugyan tudnak alkalmazkodni, de sok alkalmazásnál maga a futási idő ténye problémás (például az automatizált tőzsdei kereskedelmi rendszerekben). Ennél sokkal komolyabb, rendkívül jelentős probléma a térrész fizikai telítődése, amit a felhagyott (végleg kikapcsolt, működésképtelen) műholdak még tovább fokoznak. Ezen a magasságon már nem számíthatunk a légkör fékező hatása miatt bekövetkező pályadegradációra – ami ide kerül, az évezredekig itt is marad. A kozmikus sugárzás és a mikrometeorok okozta erózió hatására a felhagyott műholdak szétesnek, a keletkező törmelék pedig tovább fokozza az ütközésveszélyt. A Föld gravitációs inhomogenitása hatására a törmelék kelet-nyugati irányban vándorol, a Hold és a Nap tömegvonzásának együttes hatása (luniszoláris attrakció) pedig észak-déli irányba téríti ki – ezek együttes hatása miatt bízvást számíthatunk arra, hogy aktív emberi beavatkozás hiányában néhány évtizeden belül a GEO térrész az érdemi hasznosításra alkalmatlanná válik. Számos kutató és vállalkozó dolgozik jelenleg is azon, hogy ezt az aktív beavatkozást lehetővé tegye, ezek lehetnének az „on-orbit servicing” (pályán történő kiszolgálás) és „active debris removal” (aktív törmelék-eltávolítás) megoldások. Jogos azonban élnünk a gyanúval és aggodalommal, hogy ezek a rendszerek, amelyek jellegükből adódóan alkalmasak arra, hogy űreszközöket azok együttműködése nélkül elfogjanak és pályájukat befolyásolják, akár (szándékosan, gondatlanságból, tévedésből vagy rosszindulatú befolyásolás hatására) ártó céllal is működhetnek.

A GEO térrésszel kapcsolatban még egy problémát kell megvizsgálni, és ez az igénybevétel jogi szabályozása. A vonatkozó nemzetközi jogforrások (nemzetközi egyezmények) alapján a világűr „az emberiség közös öröksége”, ami mindenki számára hasznosítható, aki képes azt megtenni. A GEO térrész kiemelten fontos gazdasági hasznossága miatt különleges szabályozást igényel, az űreszközök elhelyezését és működését a Nemzetközi Távközlési Egyesület felügyeli. A nemzetközi jog alapvető jellegzetessége azonban, hogy nem kikényszeríthető, hiszen nincs univerzális világbíróság és nincsenek világbírósági végrehajtók sem. De ha lennének is, jelenleg nincs technikai megoldás arra, ha egy űreszköz-üzemeltető nem a neki meghatározott pozícióban, nem a neki meghatározott rádiófrekvenciákon tevékenykedik, akkor kényszer alkalmazásával ezt a zavarást be lehessen szüntetni. Ezzel egyidejűleg azonban már láttunk (akkor sikertelen) példát arra, és nem zárható ki, hogy a jövőben újra felbukkan a GEO térrész nemzeti kisajátításának igénye. A bogotai nyilatkozatban a nyolc egyenlítői ország (Ecuador, Indonézia, Kenya, Kolumbia, Kongó, Uganda, Zaire, valamint Brazília) kifejezte a szándékát annak érdekében, hogy a GEO-pályát nemzeti szuverén területként kezelje, és nemzeti jogában szabályozza annak hasznosítását. Az egyébként logikus, az égi mechanika természeti törvényszerűségeiből levezetett érvelésük akkor elbukott, de mégis azt kell látnunk, hogy a szabályozási környezet szempontjából a GEO térrész különleges a világűrben.

Végezetül, a HEO pályák a nevükben hordozzák előnyeiket és hátrányaikat is. Kis számú műholddal biztosítható a sarkvidéki területek lefedése, a geostacionárius műholdakhoz alkalmazottnál valamelyest bonyolultabb, a döntött pályasíkú geoszinkron rendszerekben működő űreszközököz hasonló antennákkal, ez napjainkban egyre nagyobb jelentőséggel bír. Azonban amiatt, mert a pálya földközelpontja a LEO térrészben, a földtávolpont pedig a MEO térrészben vagy akár a szinkronpálya magasságában van, a műhold újra és újra áthalad a sugárzási öveken, ami jelentősen megdrágítja a kivitelezését és még így is csak korlátozott élettartammal számolhatunk a besugárzási károsodások miatt.

Ezek a hátrányok, kihívások természetesen ismertek az űripari szakemberek előtt, azonban a gyakorlatban az űrrendszereket azok teljes ipari-gazdasági üzemkörnyezetükben kell vizsgálni. Az űripar jelenlegi válasza a LEO megakonstellációk népszerűsítése, ami a kereskedelmi szolgáltatások követelményeire megfelelő választ ad – amennyiben nem kezdődik meg a Donald J. Kessler által már több mint 40 éve megjósolt ütközéskaszkád. Figyelembe véve a megakonstellációkba tervezett műholdak magas számát – ami sokszorosan meghalad minden korábbi tervet és modellt – a Kessler-szindróma beindulásának valószínűsége igen magas.

A védelmi célú távközlési, és bizonyos távérzékelési rendszerekben másféle optimalizációs lehetőségekkel számolhatunk. Ezek alapján éppen a jelenleg alkalmazott pályáknál magasabban fekvő pályákat érdemes megvizsgálni. Ezek a szinkronpályánál is magasabban helyezkednek el a Föld körül, nevük ezért szuperszinkron pálya.

A szuperszinkron műholdpályák bemutatása

A szuperszinkron pályán az űreszköz keringési ideje egy földi napnál hosszabb, így ezeknek a műholdaknak is van relatív elmozdulásuk a földfelszínhez képest, vagyis követést igényelnek. Kiindulási alapunk, hogy a korszerű műveletvezetési rendszerek vezetési pontjai legtöbbször valamilyen járműplatformon helyezkednek el, így a követés a jármű saját mozgása miatt eredendően szükségszerű. A követést végrehajtó nyalábeltérítési megoldás (akár elektromechanikus, illetve tisztán elektronikus) tehát létezik, csak a vezérlését kell úgy módosítani, hogy a saját mozgás kompenzációja (ami elektronikus iránytű, dőlésszögmérő, gyorsulásmérő szenzorok alapján valósul meg) és a műhold (égimechanikai paraméterek alapján számított) relatív elmozdulásának kompenzációja összegzésre kerüljön.

A nagy (és változó) állomás-műhold távolság rádiótechnikai szempontból komoly kihívást jelent. A szabadtéri rádiócsatorna veszteségei még a legkisebb távolság esetén is meghaladják a geoszinkron pályán tapasztalható értéket, a műhold legtávolabbi helyzetében a csillapítás jelentősen magasabb annál. Ezt a veszteséget a link budget tervezésekor kompenzálni kell, számos eszköz áll a rádiós tervező rendelkezésére ehhez.

Fontos megjegyezni, hogy ezeket a rendszereket jelen tanulmány nem az általános üzleti célú távközlési szolgáltatások nyújtásához, hanem specializált célrendszerekben való alkalmazásra javasolja. (Ez a megoldás összefügg más nehézségek kikszöbölésével.) Eleve olyan adatátviteli protokollokat szükséges tervezni, amelyekben az átvinni kívánt információt reprezentáló bitek és a ténylegesen a rádiócsatornába bemodulált bitek aránya a legmagasabb, vagyis a vezérlő, forgalomirányító többletforgalom minimális. Ez az optimalizáció biztosítja a kisugárzott energia hatékony felhasználását. Tovább segít az információátadásban, ha a forgalmat generáló rendszereket úgy alakítjuk ki, hogy csak a ténylegesen szükséges adatok kerüljenek átvitelre.

A nagy távolság, ami a csillapítás oldaláról tekintve hátrány, előnnyé változik a műhold fedélzetén lévő antenna nyílásszöge, ezáltal nyeresége szempontjából. Nagyobb távolságból a Föld kisebb szög alatt látszik, vagyis az antenna nyílásszöge kisebb, nyeresége ezzel nagyobb lehet. A később bemutatandó elliptikus pályák miatt a távolság változik, amit aktív adaptív antennával kompenzálhatunk – a nyílásszöget mindig a távolsághoz szükséges igazítani.

További nehézség a nagy távolságból eredő, a szinkronpályánál tapasztaltat meghaladó mértékű futási idő. Itt a kidolgozott kommunikációs protokollkészlet a megoldás. Mivel egy specializált célrendszerről, nem pedig kereskedelmi tömegtermékről van szó, megnyílik a lehetőség a teljesen új, optimalizált kialakításra. Az elliptikus pálya miatt ebben az esetben is számolni kell a változó távolság okozta változó futási idővel.

A fenti testreszabások összességében nagy árat jelentenek, azonban vegyük figyelembe, hogy egy teljesen új rendszerről beszélünk, amelyet eleve azért tervezünk, mert a meglévők hosszú időtávú igénybevétele egyre inkább kétségessé válik. A szuperszinkron pálya azonban egy teljesen új térrész az űrben, egy még meghódítatlan terület, és emellett további előnyökkel is rendelkezik.

A később bemutatásra kerülő konstellációkból látni fogjuk, a szuperszinkron pályáról a MEO-hoz képest kisebb számú űreszközzel biztosíthatjuk akár a teljes körű globális szolgáltatásokat, akár csak az északi félteke (ugyanígy a déli, de annak társadalmi-gazdasági értéke kisebb) folyamatos lefedését. Ebbe a körbe a sarkvidéki területek is beletartoznak, amelyeket a geostacionárius műholdak nem látnak be, míg a Molnyija vagy Tundra pályákon keringő műholdak – amelyeket a sarkvidéki fedésre optimalizáltak –, az alacsonyabb földrajzi szélességeken nem biztosítanak megfelelő szolgáltatást. A műholdak között közvetlen kapcsolatok is létesíthetők.

A világűr ezen részén a természetes eredetű veszélyforrások (a sugárzás és a mikrometeorok) előfordulása hasonló a GEO térrészhez, az ott szerzett tapasztalatok felhasználhatók az űreszközök tervezésekor. Ez a tér azonban az emberi eredetű szennyezéstől mentes. Nincs űrszemét, és a műholdak relatív elmozdulása csökkenti a rádiófrekvenciás zavarok valószínűségét.

A nagyobb pályamagasság maga után vonja a pályára állítás nagyobb energiaigényét. Azonban a ténylegesen szükséges többlet energia biztosítható. A https://horvath.space/delta-v-calculation/ oldalon bemutatok egy példaszámítást, amely alapján látható, hogy pusztán a megfelelő pályamagasság eléréséhez szükséges energia mindössze 11%-kal haladja meg a geoszinkron pályamagasság eléréséhez szükséges energiát. A pontos pályára állítási röppálya, és annak energiaigény-megtervezése számos változótól függ (pl. az indítási helyszínről elérhető pályahajlásszögek és a célpálya hajlásszögének viszonya), azonban ugyanez igaz a geoszinkron pályákra is. Az objektíven és egyszerűen összehasonlítható energiaigény a magasság eléréséhez kapcsolódik, ezért választottam ezt a vizsgálat tárgyául.

Draimtól származtatott elliptikus műholdkonstellációk

A nem geostacionárius, folyamatos globális vagy félgömbös lefedést biztosító műholdkonstellációk terén John E. Draim maradandót alkotott. Számos szabadalma közül kiemelkedik kettő, amelyek alapját képezték a jelen tanulmányban bemutatott rendszereknek. Draim munkássága azért tekinthető különlegesnek, mert a korában általánosan elfogadott (és ma is elsődlegesen alkalmazott) körpályák helyett ellipszispályák alkalmazásával tervezett. Kepler második törvénye értelmében az ellipszispályán mozgó műhold keringési sebessége változik, így elérhető, hogy a műhold huzamosabb ideig azon égrészen tartózkodjon, ahonnan hasznos szolgáltatást tud nyújtani, és gyorsan haladjon pályájának azon szakaszán, ahonnan nem hasznosítható jól.

Az első megvizsgált munka az 1989-ben, U.S.Patent 4,809,935 számon szabadalmaztatott *Satellites contiuous coverage constellations* – a műholdak folyamatos lefedettségi konstellációi, amely 3 vagy 4 műhold alkalmazásával biztosítja a déli vagy az északi félteke (3 műholddal), vagy a teljes földfelszín (4 műholddal) való fedését. Hátránya a bemutatott konstellációknak (ez Draim más konstrukcióira is igaz), hogy a „teljes fedés" csak akkor igaz, ha a Föld felszínét közel simának tekintjük. A szabadalomban leírt 3 műholdas, északi féltekét fedő konstellációt modellezve láthatjuk, hogy 2,4 foknál magasabban a horizont fölé emelkedő akadályok már kiesést okoznak a lefedésben. Így hát, miközben Draim tényszerűen valós információt állított, és az általa tervezett rendszer elméletileg képes mindössze három műholddal biztosítani az északi félteke (vagy megfelelően paraméterezve a déli félteke) lefedését, gyakorlati alkalmazhatósága kérdéses. *(1. táblázat)*

A bemutatott konstelláció lényege, hogy a 3 műhold gyakorlatilag 3 azonos jellemzőjű pályán mozog, de egyrészt a pályasíkok egymáshoz képest a teljes kör egyharmadával, vagyis 120°-kal el vannak forgatva, másrészt a műholdak keringési fázisa is időben elforgatott a teljes keringési idő egyharmadával. (Ezt a megoldást Draim a szabadalmi leírásban a közép-anomáliával jellemezte, amit szintén 120°-onként léptet.) Megtartva ezt az elvet, de 3 helyett 4 pályasíkot alkalmazva elérhetjük, hogy az egyes műholdak önálló lefedettségi területei között nagyobb legyen az átfedés, vagyis a terepakadályok hatása csökkenthető. Ilyen konstelláció dinamikus szimulációja látható a https://horvath.space/draim-hemispheric/ weboldalon.

Az egyes lefedettségi területdarabok közötti átfedés növelése azért hasznos, mert ezáltal gyakrabban előfordul, hogy egynél több műhold található a (terepakadályok nélkül vizsgált) horizont felett. A földi állomásnak műholdat kell váltania a követő antennarendszere segítségével akkor, ha az éppen használt műhold lenyugszik. Ha ebben az időpontban a következőnek használandó műhold már a horizont felett van, akkor az átváltás végrehajtható, annak időszükségletét a követő antennarendszer újra pozícionálásának sebessége határozza meg. Elektronikus vezérlésű, aktív fázisvezérelt antenna esetében ez gyakorlatilag kiesés nélkül megvalósul. Amennyiben a felkelőben lévő

1. táblázat. John E. Draim: a műholdak folyamatos lefedettségi konstellációi (Forrás: Draim_hemi.ods)

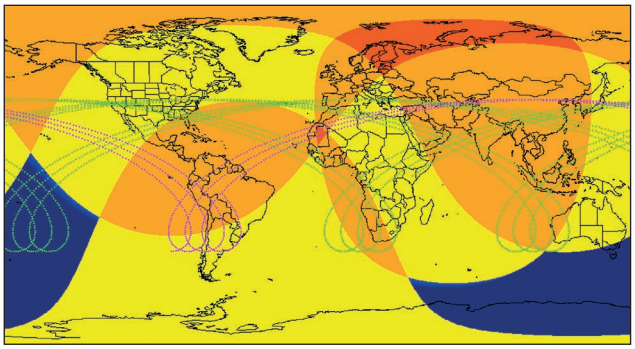
Műhold sorszáma	Fél nagytengelyhossz	Inklináció	Excentricitás	RAAN	Perigeum argumentuma	Közép-anomália
1.	42 164,24 km	30°	0,28	0°	–90°	0°
2.	42 164,24 km	30°	0,28	240°	–90°	240°
3.	42 164,24 km	30°	0,28	120°	–90°	120°

műholdat terepakadály takarja, akkor hiába áll megfelelő irányba az antenna, nem jön létre az összeköttetés. Hasonló a helyzet, ha az éppen használt műhold nem a terepakadály nélkül vizsgált horizont alá nyugszik, hanem egy terepakadály mögé. Ekkor még a váltó műhold nem kelt fel, vagyis nincs hová átállni.

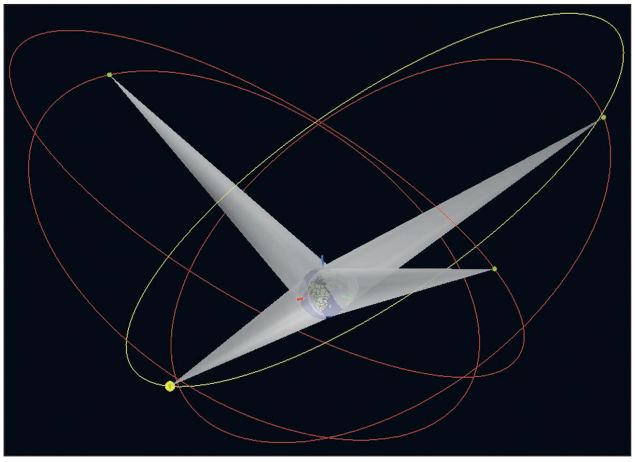
Ha több műhold van a horizont felett, akkor az újra pozícionálás magasabb kilövési szögnél is megkezdődhet, vagyis csökken annak valószínűsége, hogy a használt műhold terepakadály mögé nyugszik le. Hasonlóképpen, a felkelőben lévő műhold magasabbra képes emelkedni, ki a terepakadály mögül, és végrehajtható rá az átállás. Az antenna nyalábvezérlő rendszere a műholdak égimechanikai paramétereinek és az állomás üzemelési helyének ismeretében folyamatosan számítja a láthatóságot, és fázisvezérelt anntennarendszer esetén akár arra is képes, hogy a két sugárnyalábot képezve, az egyikkel az üzemelő műholdat követve kommunikáljon, míg a másikkal (természetesen kisebb kapacitást allokálva) mérje, hogy felbukkant-e már a váltó műhold. Így az átváltás mindig alkalmas időpillanatban hajtható végre.

A 4 műholdas módosított Draim-féle északi féltekés lefedésű műholdkonstelláció ötletét összevonhatjuk a szuperszinkron térrész hasznosításával. Draim a szabadalmi leírásban igen megengedően határozta meg a használható pályamagasságokat, vagyis nincs elméleti akadálya a szuperszinkron pályának. Ő maga még 96 órás keringési időre is tervezett. A geoszinkron, illetve a geostacionárius pályáktól eltérően, a szuperszinkron térrészben számos röppálya lehetséges fizikailag, amelyek szolgáltatásnyújtási szempontból egyenértékűek. Ezek közül első közelítésben a perturbációs hatások szempontjából hosszú időre a legkedvezőbbet célszerű választani a röppályatartás hajtóanyagigényének minimalizálása miatt, de egyidejűleg figyelembe kell venni a pályára állítás során végrehajtandó manőverek – elsősorban az inklinációváltási manőverek – energiaigényét is. A kezdeti és az üzem során folyamatosan szükséges manőverek össz-energiaigényét végül minimalizálni kell. Emiatt az alábbi pályacsokor elméleti, amely megfelel annak a követelménynek, hogy biztosítsa a folyamatos északi féltekés fedést a lehető legnagyobb kilövési szöghatár mellett, de egyáltalán nem ez az egyetlen lehetséges – még csak nem is az optimális – pálya. Az, csak az indítási hely által meghatározott kezdeti röppálya-inklináció ismeretében számítható ki.

A kilövési szög korlátjának emelése-süllyesztése az átfedés mértékének meghatározásán keresztül leglátványosabban a teljes folyamatos fedés déli határvonalának elmozdulásán keresztül válik érzékelhetővé. Minél magasabbra emeljük a korlátot, annál északabbra valósul meg a teljes fedés. Az alábbi táblázatban leírt paraméterezésű konstelláció esetében nulla kilövési szög esetén (terepakadályok nélküli elméleti horizont) a teljes folyamatos fedés megvalósul az Ausztrália és Madagaszkár legészakibb partvidékei által meghatározott szélességtől (hozzávetőlegesen a déli



1. ábra. Módosított, 4 műholdas Draim-féle északi hemiszférikus konstelláció lefedettségi térképe egy időpillanatban



2. ábra. A konstelláció műholdjai, röppályái és a földgolyóra vetített lefedési kúpok

szélesség 12. fokától) északra. Amennyiben a kilövési szögkorlátot 14°-ra emeljük, akkor még mindig nem jelenik meg lefedetlen rész a fő szolgáltatási területben (nincs „lyuk" a teljes folyamatos fedéssel ellátni tervezett területen), de ennek a területnek a déli határa most már Srí Lanka északi partvidéke, vagyis az északi szélesség 10. foka. A röppálya inklinációjának emelésével a teljes folyamatos fedés déli határa még inkább északra csúszik, azonban ezen a területen belül a kilövési szögkorlát is emelhető. 56°-os inklináció esetén 20°-os kilövési szögkorlát mellett is biztosított a teljes folyamatos fedés, de csak Pakisztán déli partvidékétől (északi szélesség 25. foka) északra.

A példaként alkalmazott konstelláció égimechanikai paramétereit a *2. táblázat* tartalmazza. A táblázatban, a Draim-féle szabadalommal azonos formátumú leírás érdekében, a közép-anomália szerepel.

A fenti paraméterekkel kialakított műholdpályák földközelpontja 36 767 km magasan, a földtávolpontja pedig

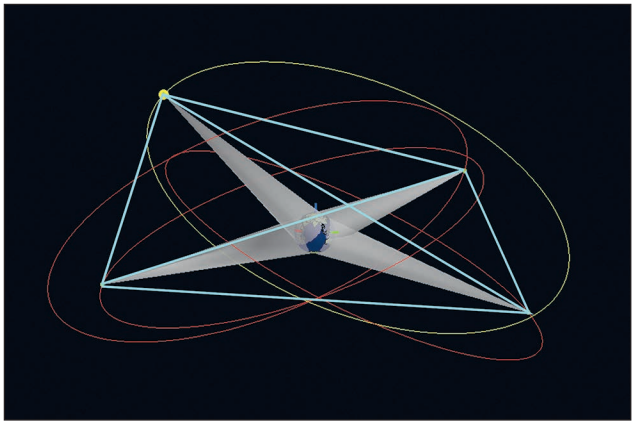
2. táblázat. A példaként alkalmazott konstelláció égimechanikai paraméterei

Műhold sorszáma	Fél nagytengelyhossz	Inklináció	Excentricitás	RAAN	Perigeum argumentuma	Közép-anomália
1.	66 378,14 km	40°	0,35	0°	–90°	0°
2.	66 378,14 km	40°	0,35	90°	–90°	–90°
3.	66 378,14 km	40°	0,35	180°	–90°	–180°
4.	66 378,14 km	40°	0,35	270°	–90°	–270°

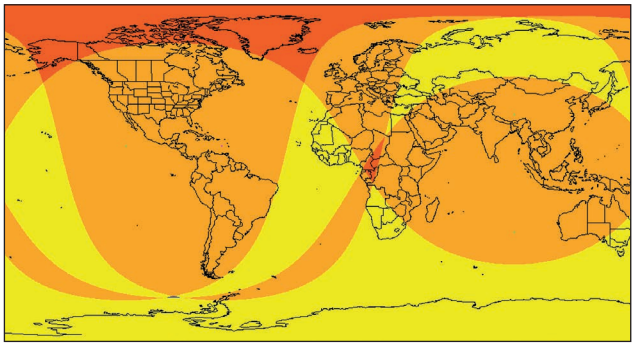
83 232 km magasan található, vagyis meglehetősen szuperszinkron magasságban (még a földközelpontot is a szinkronmagasság felett állítottam be, pontosan azért, hogy még csak ne is érintse azt a térrészt a röppálya). Ez abból is látható, hogy a keringési idő 2836,6 perc, vagyis 47 óra és 27 perc, majdnem két teljes nap.

A bemutatott konstelláció alapvetően az északi félteke kiszolgálását biztosítja. A műholdak természetesen áthaladnak a déli félteke fölött is, és amennyiben egy ott tartózkodó földi állomás látókörébe kerülnek, akár még nyújthatnak is szolgáltatást. Azonban ez a fedés nem folyamatos. Amennyiben a teljes Földre kiterjedő folyamatos lefedésre van szükség, más pálya-elrendezést kell választani.

Draim második vizsgált szabadalma, a U.S.Patent 4,854,527 egy ilyen rendszert ír le. Ez a konstelláció mindössze 4, elliptikus szuperszinkron pályán keringő műholddal képes folyamatos globális fedést biztosítani, de csak akkor, ha a terepakadályok hatásától eltekintünk. Mivel a gyakorlatban ez nem megfelelő, ismét szükségessé vált a módosítás. A vonatkozó dinamikus szimulációk bemutatása a https://horvath.space/modified-draim-tetrahedral/ weboldalon láthatók.

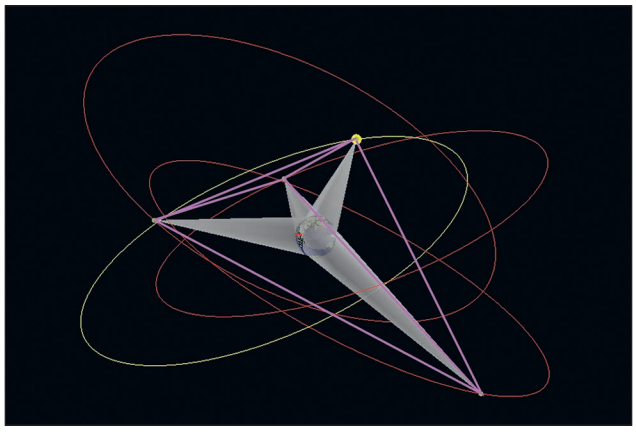


3. ábra. Draim tetrahedrális konstelláció eredeti konfigurációja

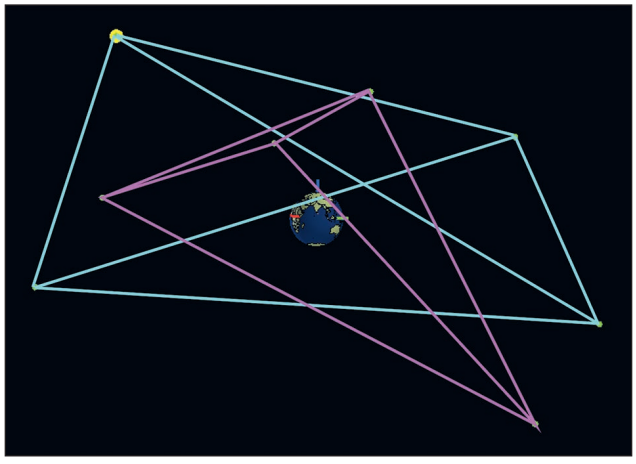


4. ábra. Az eredeti konstelláció lefedettségi térképe

Draim az eredeti, 4 műholdas rendszert tetraéderes (tetrahedrális) konstellációnak nevezte el, mert a 4 műhold egy tetraéder 4 csúcsát alkotja. A szabályos tetraéder lapszöge hozzávetőlegesen 70,53 fok. A szimulációk futtatása során jól látszott, hogy az egyszerű tetraéder megkettőzése és a második tetraéder lapszögnyivel való elforgatása (vagyis gyakorlatilag egy csillagtetraéder létrehozása) biztosította a legnagyobb elérhető kilövési szöget, amennyiben a többi égimechanikai paraméter változatlan maradt.



5. ábra. Az elforgatott konstelláció konfigurációja



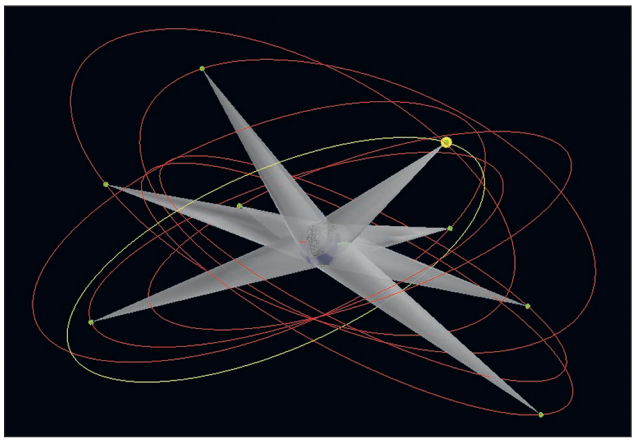
6. ábra. A két tetraéder egyben ábrázolva, a pályák és a sugárkúpok nélkül

Így a globális fedéshez 4 pályasíkon összesen 8 db műhold alkalmazása szükséges, de ennek előnye az, hogy igen nagymértékű átfedések alakulnak ki, vagyis a rendszer jól tartalékolt.

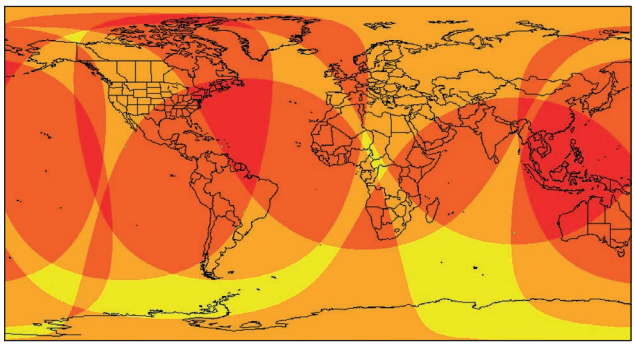
Draim az eredeti szabadalomban igen széles égimechanikai paramétertartományt határoz meg, ami megfelelően testre szabhatóvá teszi a rendszert, a tényleges indítási,

3. táblázat. A SaVi beépített Draim-szimulációjának értékei

Műhold sorszáma	Fél nagytengelyhossz	Inklináció	Excentricitás	RAAN	Perigeum argumentuma	Közép-anomália
0.	66 934,89 km	31,3°	0,263	0°	90°	0°
1.	66 934,89 km	31,3°	0,263	90°	–90°	270°
2.	66 934,89 km	31,3°	0,263	180°	90°	180°
3.	66 934,89 km	31,3°	0,263	270°	–90°	90°



7. ábra. A 8 műholdas, kettős tetrahedrális konstelláció pályái és sugárkúpjai



8. ábra. A kettős tetrahedrális konstelláció lefedettségi térképe

pályára állítási lehetőségek függvényében. A kezdeti értékként felhasznált paraméterek a SaVi beépített Draim-szimulációjának értékeit *a 3. táblázat* tartalmazza.

Ezek az értékek a lehetséges legnagyobb kilövési szöget biztosítják, ami mindössze 2,4°. A tetraéder megkettőzésével és lapszöggel történő elforgatásával a kilövési szög 12°-ra emelhető. Ekkor még mindig az eredeti inklinációt használjuk. Mivel az inklináció megváltoztatható paraméter (csak a felszálló csomó helye, a perigeum argumentuma és a közép-anomália / perigeumátmenet ideje kötött), érdemes kísérletezni vele. 45°-ra emelt inklináció mellett a kilövési szöget egészen 20°-ig lehet emelni. Az excentricitás változtatásával kis mértékű hatást lehet gyakorolni a kilövési szögre (sokkal kisebbet, mint az inklinációval), ezért ott nem az ideális excentricitást érdemes keresni, hanem inkább a pályára állítást végző rakéta technikai lehetőségein belül kell vizsgálni a megvalósuló átfedésekre gyakorolt hatást. Mivel a jelenlegi katonai VSAT összeköttetés-tervezési gyakorlatunkban a 15°-os kilövési szöget tekintjük alsó korlátnak, láthatjuk, hogy ehhez képest a konstelláció képességei megfelelőek.

Az égimechanikai paramétereket a *4. táblázat* tartalmazza.

A HOSSZÚ TÁVÚ ÜZEMELTETÉS KÉRDÉSEI

A pályára állás érdekében kiszámított sebességváltozáshoz hozzá kell még adni két tételt. Az első a röppálya stabilizálásához szükséges hajtóanyag-mennyiség. A Nap sugárnyomása, a Föld gravitációs mezejének szabálytalansága és a Nap–Hold tömegvonzás hatására a pálya eltorzul, amit kompenzálni kell. Ez azonban nem olyan kritikus veszély, mint akár az alacsony Föld körüli pályán (ahol a magaslégkör fékező hatását kell kiküszöbölni), akár a geostacionárius pályán, ahol a luniszoláris vonzás a meghatározó zavaró tényező, és már minimális eltérés a névleges pályától is csökkenti a szolgáltatásminőséget, illetve akár működésképtelenné is teheti a rendszert. A szuperszinkron konstellációk esetében a névleges pályától való eltérés csak az egyes műholdak szolgáltatási területei közötti átfedés mértékét változtatja meg, ezáltal csökkenhet az elevációs maszk. Amíg az egy elfogadható határ felett marad, addig a szolgáltatás az elvárt minőségben rendelkezésre áll.

Sokkal nagyobb jelentőséggel bír azonban a műholdak hasznos élettartama végén, azok biztonságos kezelése. Jelenleg erre háromféle megoldást alkalmaz az űripar. Az első az alacsony pályán, 4-500 km alatt keringő műholdak esete, ahol a magaslégkör fékező hatása néhány év, legfeljebb évtized alatt megoldja a problémát: a lefékeződő műhold visszalép a légkörbe és ott elég. A következő eset a némiképp magasabb pályán keringő műholdakra vonatkozik, ahol a hasznos élettartam végén a pálya földközelpontját aktív fékező manőverrel a fentebb említett alacsony tartományba süllyesztik, és megint a légköri fékezés hatására veszíti el a műhold az energiáját. Ezek a manőverek hatékonyabbá tehetők fékező vitorlák, ballonok nyitásával, amelyek megnövelik a keresztmetszeti felületet, ezáltal lerontják a ballisztikai együtthatót. Nincs jelenleg megoldás azonban a közepes Föld körüli pályán, és főként a geoszinkron pályamagasságban felhagyott műholdak ke-

4. táblázat. Égimechanikai paraméterek

Műhold sorszáma	Fél nagytengelyhossz	Inklináció	Excentricitás	RAAN	Perigeum argumentuma	Közép-anomália
0.	66934,89 km	45°	0,263	0°	90°	0°
1.	66934,89 km	45°	0,263	90°	–90°	270°
2.	66934,89 km	45°	0,263	180°	90°	180°
3.	66934,89 km	45°	0,263	270°	–90°	90°
0a.	66934,89 km	45°	0,263	0°	90°	0°
1a.	66934,89 km	45°	0,263	90°	–90°	270°
2a.	66934,89 km	45°	0,263	180°	90°	180°
3a.	66934,89 km	45°	0,263	270°	–90°	90°

zelésére. Itt csak annyi történik, hogy a gazdaságilag hasznosítható térrészből kis mértékben kimozdítják a műholdat egy magasabb pályára, ahonnan a természetes fékező hatások belátható időn belül nem fogják azt újból visszajuttatni az üzemelő műholdak környezetébe. Ez azonban a problémát nem szünteti meg, csak elodázza (és pontosan ez az egyik oka annak, hogy új, a jelen tanulmányban leírthoz hasonló, eddig még nem használt pályákat kell keresni). Éppen ezért felelős tervezőnek – főként olyan műholdak esetében, ahol nem a gazdasági hasznosság a műhold létének legfőbb értékmérője –, gondoskodnia kell a probléma végleges megoldásáról.

Három lehetséges út van erre:

1. a műhold visszahozatala a Föld légkörét metsző pályára;
2. a műhold kigyorsítása a Föld gravitációs teréből egy erősen elliptikus Nap körüli pályára, amelynek eredményeként a Napot megközelítve annak sugárzásának hatására semmisül meg;
3. pályára állás a Hold körül, ahol a Hold gravitációs inhomogenitásának hatására a pályája instabillá válik és becsapódik.

Az alacsony Föld körüli fékezőpályára való visszahozatal energiaigénye összemérhető az onnan való kijuttatás energiaigényével, és a műholdnak kereszteznie kell az összes egyébként használt pályatartományt. Továbbá, amennyiben a légköri fékezés nem sikeres, akkor a műhold egy nehezen előre jelezhető pályára áll, amely idővel természetesen beledegradálódik a légkörbe, de addig is foglalkozni kell a kontrollálhatatlanná vált műholddal. A Napba irányuló pálya energiaigénye pedig hatalmas.

Az előzőekkel ellentétben a Hold elérése nem irreális cél. Számos űrszonda járt be olyan alacsony energiaigényű transzferpályát, amely ugyan sokkal lassabban (hónapok alatt, de készült olyan pályaterv is, ami egy évet igényel), viszont minimális energiabefektetéssel eléri a Holdat, és ott fékező manőver nélkül, pusztán a tömegvonzás hatására kialakul a keringőpálya. A tömegkoncentrációk hatására bekövetkező zuhanás ideje is igen hosszú lehet (a tényleges pályától függően akár évekig eltarthat), de elkerülhetetlen, a Hold körül stabil alacsony röppálya csak nagyon pontos tervezéssel létesíthető, vagyis ezeket a stabil pályákat elkerülni (ami jelen esetben a cél) igen jó eséllyel sikerül.

A Holdra zuhanó műholdak jelenleg és a belátható jövőben nem veszélyeztetik az emberiséget, és ha egyszer ott állandó emberi tevékenység kezdődik, az addig oda juttatott műholdak maradványai még nyersanyagként is szolgálhatnak.

Összegzés

A kellően magas minimális kilövési szög a katonai összeköttetés-tervezési gyakorlatban különös fontossággal bír. A kereskedelmi műholdas rendszerekben a minimális kilövési szöget elsősorban a rádiótechnikai hatások korlátozzák (5° alatt a légköri szcintilláció miatt az összeköttetésbe nagy teljesítménytartalékot kell tervezni). A telepítés tervezőjének és végrehajtójának ebből kiindulva olyan telepítési helyet kell találni, ahol a megfelelő zavartalan kilátás biztosított. Ebben meglehetősen nagy szabadságot élveznek – ha egy adott helyről, ingatlanról a műhold takarásban van, akkor máshol kell helyet bérelni. A katonai tervező részére ez a szabadság nem adott. A vezetési pont, vagy az ahhoz tartozó műholdas távközlési komplexum (amennyiben ezek fizikailag megbonthatók, de például egy mozgó vezetési csoportot támogató rádiós vezetési pont esetében ez a megbontás nem lehetséges) telepítési helyének meghatározásakor számos más, az erők megóvását és a műveleti szabadságot biztosító szempontot is figyelembe kell venni. Éppen ezért létfontosságú, hogy minél kevesebb beépített korlátozó tényezővel kelljen számolni – annál jobban leszünk képesek hozzájárulni az összhaderőnemi művelet sikeréhez.

Draim eredeti konstellációi nem feleltek meg ennek a követelménynek, azonban a tervezési elvek pontosan illeszkednek a műveletvezetésben alkalmazásra tervezett műholdas távközlési rendszerekkel szemben támasztott követelményekhez: folyamatos fedést biztosítanak a műveleti területen, miközben a műholdak relatív elmozdulása elfogadható.

A szimulációk igazolták, hogy az égimechanikai paraméterek eredetileg meghatározott tartományokban tartásával, a konstellációk alakzatának módosításával (a műholdak számának növelésével) a minimális kilövési szög radikálisan emelhető. Az is láthatóvá vált, hogy a megnövelt műholdszám növeli a rendszer tartalékoltságát.

A katonai alkalmazás során még egy szempontot szem előtt kell tartani: a világűr műveleti terület. Számos lehetősége van egy ellenérdekelt félnek az űrrendszerek szolgáltatásminőségének csökkentésére, végső esetben azok kiiktatására. Ezek egy része (például a földi szegmens elleni támadások vagy a kibertámadások) független a röppályától.

A kinetikus támadások vagy a rádiózavarás esetében azonban vagy magát a támadás végrehajtását tudja megnehezíteni a megfelelően megválasztott röppálya (például a nagy pályamagasság miatt a támadás időablakának megnyújtásával), vagy pedig a támadás tényének felfedését könnyíti meg. Amennyiben egy relatív elmozdulással járó pályán keringő műholdon a rádiózavarás hosszabb időn keresztül jelentkezik, az igen valószínűvé teszi, hogy irányított antennával, a műholdat követve történik a zavaró jel kisugárzása. Hasonlóképpen, a geostacionárius pályán egy megközelítéskor, kötelékrepüléskor lehet arra hivatkozni, hogy a természet erőinek játéka sodorta oda a megközelítő műholdat, de a szuperszinkron pályán ugyanez az érvelés hamis. Oda csak célzott manőverrel lehet eljutni. Ezek a jellemzők hatékony passzív védelmet képesek biztosítani az űrszegmensnek.

A bemutatott konstellációk hátránya, hogy míg akár egyetlenegy geoszinkron vagy geostacionárius műholddal is lehetséges piacra lépni és a kormányzati alkalmazások, katonai műveletvezetés részére megfelelő szolgáltatásokat nyújtani, addig ezek a rendszerek 4-8 műhold legyártását és pályára állítását igénylik. További hátrány, hogy a rádiótechnikai és az adatátviteli funkciók még a geoszinkron pályamagasságnál is több kihívást jelentenek a tervezőknek.

Mindezzel szemben áll azonban a védettség a természetes (a sugárzási öveken való áthaladás) és a mesterséges (törmelékképző ütközések) eredetű káros hatások ellen, és a várhatóan hosszú évtizedekig zavartalanul rendelkezésre álló pályatartomány, amelyben sokkal nagyobb szabadsággal tervezhetők a röppályák, mint a geostacionárius pályán. Továbbá, az alacsony Föld körüli pályához képest sokkal alacsonyabb űreszközszámmal elérhető a globális vagy a hemiszférikus fedés.

Napjainkban a világűr gazdasági, politikai, katonai jelentősége korábban soha nem látott mértékben növekszik. Az a mód, ahogyan évtizedeken át hasznosítottuk, nem fenntartható. A további növekedés egyik útja, hasonlóan a nagy földrajzi felfedezések időszakához, az új területek megismerése és meghódítása. Ez a tanulmány erre mutatott egy lehetséges utat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A publikáció elkészítését az Innovációs és Technológiai Minisztérium Új Nemzeti Kiválóság Program támogatta, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal szakmai együttműködésével. ÚNKP azonosító: ÚNKP-19-3-I-NKE-22. http://unkp.gov.hu

A dinamikus szimulációk a SaVi – Geomview szoftverekkel készültek. https://savi.sourceforge.io



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből)

FELHASZNÁLT IRODALOM

Phillips, Trina Marie; Cole, August. *Visions of Warfare. 2036*, Norfolk: Allied Command Transformation, 2016. elérés: 2020. 09. 14. https://www.act.nato.int/images/stories/events/2012/fc_ipr/visions-of-warfare-2036.pdf;

Durrani, Haris A. „The Bogotá Declaration: A Case Study on Sovereignty, Empire, and the Commons in Outer Space". *Columbia Journal of Transnational Law*, 2017. december 5. Elérés: 2020. 09. 05. http://blogs2.law.columbia.edu/jtl/the-bogota-declaration-a-case-study-on-sovereignty-empire-and-the-commons-in-outer-space/;

Declaration of the first meeting of equatorial countries (Adopted on December 3, 1976), Elérés: 2020. 09. 14, https://www.jaxa.jp/library/space_law/chapter_2/2-2-1-2_e.html;

Riebeek, Holli. *Catalog of Earth Satellite Orbits*. Elérés: 2020.05.17. https://earthobservatory.nasa.gov/features/OrbitsCatalog;

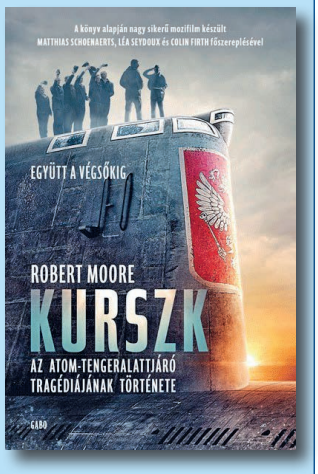
Matignon, Louis de Gouyon. „The Kessler Syndrome". *Space Legal Issues*, 2019. március 27. https://www.spacelegalissues.com/space-law-the-kessler-syndrome/;

Draim, John E. *Satellite continuous coverage constellations,* United States Patent nr. 4,809,935, 1989 március 7. https://patentimages.storage.googleapis.com/47/7a/20/5fdfadfb873511/US4809935.pdf;

Draim, John E. *Tetrahedral multi-satellite continuous-coverage constellation,* United States Patent nr. 4,854,527, 1989 augusztus 8. https://patentimages.storage.googleapis.com/49/1a/3b/603f9197c53b6c/US4854527.pdf.

Robert Moore

Kurszk – Az atom-tengeralattjáró tragédiájának története



Robert Moore újságíró alapos kutatómunka nyomán tárja az olvasók elé az orosz Kurszk atom-tengeralattjáró katasztrófájának történetét. 2000. augusztus 12-én, 11 óra 30 perckor két hatalmas robbanás rázta meg a Barents-tenger vizét. A világ legnagyobb harci tengeralattjárójaként ismert Kurszk süllyedni kezdett a tengerfenék felé. A szakértői vizsgálatok megállapították, hogy kémiai eredetű robbanás történt, ugyanis a magas koncentrátumú hidrogén-peroxid beszivárgott a torpedóvetőcsőbe, ami a sárga- és vörösrézzel reakcióba lépve láncreakciót váltott ki. A tengeralattjáró első két rekeszében tartózkodó 45 tengerész valószínűleg azonnal meghalt. Két perc tizenöt másodperccel később újabb robbanás rázta meg a hajót, ami arra utal, hogy a tengeralattjáró a fenéknek ütközött, és ott újabb torpedók robbantak fel. A második robbanást követően a személyzet lekapcsolta az atomreaktorokat, hogy megelőzzék a nukleáris katasztrófát. A robbanás feltépte a 3. és 4. hajórekesz zárófalát, és a beáramló víz miatt az ott tartózkodók mindannyian meghaltak. A robbanást a 6., 7., 8. és 9. rekeszekben dolgozó 23 tengerész élte túl. A vész-energiaellátás lassan kimerült, a legénység körül teljes lett a sötétség és csökkenni kezdett a hőmérséklet.

A túlélők mentésére küldött orosz mentőkompok akkumulátorai túl gyorsan lemerültek, és feltöltésük rendkívül körülményes volt. Sikertelennek bizonyult az első dokkolási kísérlet is.

2000. augusztus 16-án az orosz kormány elfogadta a brit és a norvég kormány segítségét. A norvég mentőegység augusztus 19-én ért a helyszínre, a brit mélytengeri búvárok pedig másnap megállapították, hogy a 9. rekeszt – ahol a Kurszk katasztrófájának túlélői a robbanás után összegyűltek – víz árasztotta el, túlélőket találni reménytelen. 2001 őszén a tengeralattjáró törzsének legnagyobb részét felszínre hozták, és a roncsot az Orosz Flotta roszljakovói hajójavító műhelyébe vontatták. A 118 fős szerencsétlenül járt legénység 115 tagjának holttestét megtalálták és azonosították.

Robert Moore oknyomozó munkája során személyesen is felkereste azt a bázist, ahol a Kurszkot őrzik. Az amerikai újságíró magas rangú orosz katonákkal készített interjúkat, találkozott az áldozatok családtagjaival, valamint a mentő alakulatok személyzetével.

A GABO Kiadó által 2018-ban megjelentetett cérnafűzött, keménytáblás könyv terjedelme 368 oldal. 3990 Ft-os áron kaptaható a könyvesboltokban, illetve 15%-os kedvezménnyel közvetlenül a GABO Kiadótól (www.gabo.hu) is megrendelhető. (W.T.)



14. ábra. A Magyar Honvédség 93. Petőfi Sándor Vegyivédelmi Zászlóalj által COVID-fertőtlenítésnél alkalmazott belsőtér-mentesítő készülékek (Fotó: honvedelem.hu)

*Zsitnyányi Attila**

Mentesítő rendszerek fejlesztése Magyarországon a NATO-csatlakozást követően II. rész

A cikk első részében a szerző bemutatta a rendszerváltást követően Magyarországon, a fegyveres testületek és hivatásos katasztrófavédelmi szervezetek által alkalmazásba vett különböző mentesítő megoldásokat és azok főbb képességeit. Az érdeklődők a második részben az itthon kifejlesztett rendszerek, valamint azok főbb összetevőinek és kapacitásainak részletesebb ismertetését olvashatják.

Harmadik szakasz – hazai fejlesztések megjelenése az alkalmazóknál, újabb megoldások és eljárások, modulok kialakítása

Utánfutóra málházott vagy integrált mentesítő készletek kialakítása

2010 után az ABV-mentesítés terén további szakmai képességek kifejlesztését célozta meg a Respirátor Zrt., és ehhez egy újabb KMOP[24] pályázati támogatást is elnyert „Utánfutóra telepített képességbővítő rendszerelemek kifejlesztése a személyi mentesítő rendszerek speciális alkalmazási igényeihez” címmel. Az elnyert támogatás segítségével a cég szakemberei kifejlesztették a sebesült mentesítő rendszert (SMR[25]), a személyi mentesítő felszerelést (SZMF[26]), valamint a beavatkozó mentesítő készletet (BMK[27]) [1].

15. ábra. Képességbővítő rendszerelemek személyi mentesítéshez



* NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola. ORCID: 0000–0003–3571–652X

DOI: 10.23713/HT.54.6.09



16. ábra. Személyi mentesítő felszerelés, (SZMF–U) utánfutóba integrált RBA–70 KVi modullal



17. ábra. A KML járművekben alkalmazott beavatkozó mentesítő készlet (BMK)

A személyi mentesítő felszerelés /utánfutón/ (SZMF–U[28]) ugyanolyan képességet képvisel, mint a cég által korábban kifejlesztett személyi mentesítő konténer, azonban

- kisebb kapacitásra tervezett,
- a működtetése egy pneumatikus sátorra alapozott,
- nem rendelkezik saját energiaellátással, és nincs saját, beépített víztartálya (de hajlékonyfalú tartályok tartoznak a készletébe),
- mindössze vízellátó (szivattyú, melegítő és bekeverő) egységek kerülnek beépítésre,
- mindezek eredményeként a képességet meghatározó egységek és felszerelések kisebb terjedelemben – egy 3,5 tonnás, egytengelyes utánfutón – elhelyezhetők (beépíthetők, illetve bemálházhatók).

A beavatkozó mentesítő készlet (BMK) egy hordozható kategóriájú felszerelés, amellyel kis létszámú (főleg első beavatkozó) állomány mentesítését lehet végrehajtani:

- egy mentesítő gyűrűvel a szigetelő védőruházat külső felületét lehet mentesíteni, illetve arról a szennyeződést eltávolítani,
- ennél a műveletnél a keletkező szennyeződött folyadékot a (merevítő pálcákkal ellátott vagy pneumatikus peremmel kialakított) mentesítő ponyvatálcában lehet felfogni, és külön összegyűjteni,



18. ábra. Sebesült mentesítő rendszer (SMR–U) hajlékonyfalú víztartályokkal telepítve

- ezután egy kisebb sátorban végrehajtható a „szokásos” személyi mentesítés,
- mindezekhez egy kis teljesítményű hazai fejlesztésű vízellátó egység biztosítja a vizet (melegítve is).

A sebesült mentesítő rendszer (továbbiakban: SMR) az SZMK által megvalósított személyi mentesítési képességet kiegészítő, ám attól elkülöníthető, önálló egységként is alkalmazható.

19. ábra. Az SMR sátor középső sorának berendezése kétféle (sebesült-/személyi) mentesítési alkalmazásnál



Amíg az SZMK a katonaállomány harcképességének mielőbbi visszaállítását célozza, addig az SMR a harcképességüket elvesztett személyek (sebesült, beteg) túlélési esélyeit javítja. Ezen személyek mentesítésével biztosítható, hogy a szennyeződés lokalizálható maradjon, és oly módon kezdődjék meg a kezelésük, hogy az ne jusson tovább az egészségügyi ellátó rendszer további lépcsői felé. Az SMR működésének alapját két külön műveleti sor képezi:

- *mozgásképtelen (hordágyon szállított) sebesültek:* minden műveletet (vetkőzés, személyi mentesítés, törölközés, öltözés) az SMR kezelőállományának kell végrehajtania,
- *ambuláns (járóképes) sebesültek:* részben önállóan is képes elvégezni a műveleteket, de szükség esetén az SMR kezelőállományának is segítséget kell nyújtania.

A sebesültek mentesítése az ABV-védelem és az egészségügy határterületét érintő feladat, ezért a két szakterületnek közösen kell kidolgoznia és rögzítenie, a műveletek feltételezhető változatait.

Ezen fejlesztések eredményei elsőként a katasztrófavédelem eszközrendszerében jelentek meg. A BMK-nak egy egyedi változata már 2013-ban belekerült a katasztrófavédelmi mobil laboratórium (KML) készletébe, és az SZMF–U és SMR–U első példányait is a BM OKF[29] vásárolta meg 2015-ben.

A Magyar Honvédség rendszerében a BMK első változata 2013-ban jelent meg az MH HAVÁRIA[30] laboratórium mentesítő utánfutójának készletében, a HM CURRUS Zrt. által végzett felújítása során. Az SMR–U változatból pedig 2018-ban vásárolta az MH az első 2 db készletet.

Mentesítő modulok fejlesztése

A komplett rendszereken és komplett berendezéseken túl, a Respirátor Zrt. figyelmet fordított arra is, hogy a mentesítés terén meghatározó jelentőségű önálló rendszerelemei is legyenek. Ezek egyik markáns példája az RBA[31] vízellátó modulcsalád, amely a személyi mentesítés, illetve a tábori körülmények közötti fürdetés vízellátási igényét tudja biztosítani, a volumennek és az egyedi képességi követelményeknek megfelelő változatokban.

Természetesen nem lehet minden igényt hazai megoldásokkal megvalósítani, hiszen előfordulnak egyedi, speciális követelményeknek megfelelő változatokra vonatkozó megkeresések is, ráadásul egészen minimális mennyiségben. A termékeket fejlesztő és gyártó profilgazdáknak a termékismeretükkel segíteni kell a felhasználókat a szakmailag is megfelelő megoldás megtalálásában. Szerencsés esetben ezeket az egyedi szállításokat is a hazai profilgazdák hajtják végre, akik a technikai és logisztikai támogatást itt is biztosítják az általuk szállított rendszerhez. A teljesítésekből származó profit így áttételesen a hazai fejlesztéseket és a képességmegtartást erősíti.

1. táblázat. Az RBA vízellátó modulcsalád meghatározó sajátosságai*

szivattyú	• önfelszívó • szárazon futás elleni védelemmel ellátott
víz felmelegítése	• átfolyós rendszerben, két vízkörön • a kilépő víz hőmérséklete előre beállított hőfoktartományban (állítható) • önszabályozó rendszerű fűtés (vízelvételi volumentől függő) • hármas szintű forrázás elleni védelem
bekeverés (személyi mentesítő anyag és/vagy folyékony mentesítő anyag)	• igény szerint • beépítve vagy külön kiegészítőként

* A közölt táblázatok a szerző saját szerkesztései

2. táblázat. Eddig végrehajtott szállítások a hazai fejlesztésű vízellátó modulok terén

Változat	Felhasználó	Év	Megjegyzés
RBA–70 KVi	BM OKF	2009	Mentesítő sátor kiegészítő egységeként.
RBA–35 KVi	BM OKF	2012	HUNOR[32] mentőszervezet ellátása.
RBA–35 KVi	BM OKF	2013	KML[33] készletében.
RBA–35 KVi	MH	2013	Havária labor mentesítő utánfutójához.
RBA–70 KVi	Lengyel hadsereg	2014	Személyi mentesítő rendszerhez (vízelosztó alrendszerrel).
RBA–70 KVi/UB	BM OKF	2014	SZMF–U-ba és SMR–U-ba beépítve.
RBA–35 KVi/F	Török légierő	2014	Komplett személyi mentesítő alrendszer COLPRO[34] sátorhoz.
RBA–35 KVi/KB	MH	2016	Deco3000 mentesítő konténerbe beépítve.
RBA–70 KVi/UB	MH	2018	SMR–U-ba beépítve.
RBA–35 KVi	BM OKF	2018	KML készletében.
RBA–35 KVi/KB	MH	2018	KMB–MF-be beépítve.
RBA–35	BM OKF	2019	Oktatási célú KML készletében.

Negyedik szakasz – első exportsikerek, tábori ellátó rendszer kiegészítők fejlesztése, hazai képességek továbbfejlesztése (2014 –)



20. ábra. Katonai igényekhez fejlesztett mentesítő rendszerelemek

Mentesítő modulok fejlesztése és szállítása külföldi szakmai igények alapján

Az új termékek kifejlesztését követően több országból érkezett megkeresés, az első export szállítás Lengyelországba történt. A lengyel fővállalkozóval, valamint a német ipari közreműködő partnerrel (M. Schall GmbH)[35] közösen sikerült a kiírásnak megfelelő ajánlatot tenniük. A tender megnyerését követően, a lengyel hadsereg követelményei alapján továbbfejlesztették az RBA–70 KVi modult, a német partner által gyártott sátorban kialakították a személyi mentesítő rendszert, annak keverék- és vízelosztó alrendszerével együtt. A lengyel partner végezte az intergrációt, kialakította az utánfutót és szállította a rendszert. Közel kéttucat berendezést és alrendszer összetevőt szállítottak le, rövid szállítási határidővel.

A tender sikeres teljesítését követően, az RBA–35 KVi modult továbbfejlesztették annak érdekében, hogy a török légierő részére a német partner által szállítandó sátoralapú kollektív védelmi rendszer személyi mentesítő alrendszerét a felhasználói igényeknek megfelelő módon lehessen kialakítani. Ehhez egyrészt – a könnyebb szállíthatóság és a gyorsabb telepíthetőség érdekében – egy összecsukható személyi mentesítő keretet kellett megtervezni és legyártani, másrészt megoldást találni arra, hogy az alrendszer folyamatosan üzemkész állapotban tartható legyen, téli üzemnél – azaz egy hosszabb feladatvégrehajtási szünetet követően – is képes legyen azonnal (felfűtési időigény nélkül) újraindulni. Ennek a markáns kihívásnak a víztartály felé történő, recirkulációs visszakeringetéssel rendelkező változat kialakításával tudtak eleget tenni. Az együttműködési szerződés tartalmazza hogy a sátrakon kívül minden részegységet a magyar cég fejlesztett és gyártott.

Tábori ellátó és mentesítő rendszerek egyéb kiegészítőinek fejlesztése

A mentesítő rendszereket, a mobil egészségügyi ellátó rendszerekhez és tábori kórházakhoz hasonlóan, sok esetben a tábori ellátó rendszerek részeként telepítik vagy alkalmazzák. Így a tervezés egyik első lépése, hogy az eszközök és felszerelések olyan változatait alakítsák ki, amelyek illeszthetők a már meglévő vagy előkészítés alatt lévő többi rendszerelemhez.

A beszerzések során a speciális mentesítő modulok, utánfutók, konténerek mellett, a megrendelők gyakran igénylik a sátor, sátorfűtő, mobil klíma, mobil mosdó és más egyéb, egyszerű kiegészítők szállítását is. Bár a legtöbb esetben ezek a kiegészítők a piacon külföldi forrásból megfelelő minőségben elérhetők, a könnyű helyettesíthetőség miatt ez mégis jó lehetőség új, hazai fejlesztésű és gyártású eszközök megjelenésére. A tábori ellátó rendszerek többségére igaz, hogy hazai gyártás és integráció mellett is el lehet érni a interoperabilitást, mindezt a fejlesztésekkel együtt is alacsonyabb költségszintekkel, mint egy komplett külföldi rendszer megvásárlása. Természetesen szükség van



22. ábra. Mobil hűtő-fűtő berendezés

21. ábra. RBA–70 KVi mentesítő modul alkalmazása a lengyel hadseregben (Fotó: M. Schall GmbH)





23. ábra. KMB–MF konténer, integrált RBA–35 KVi/KB modullal

néhány kereskedelmi tétel beszerzésére, de azok a külföldi integrátorok számára is külső szállítótól érkeznek, így a hazai beszerzések szempontjából nézve még az emiatt rárakódó felárat is meg lehet takarítani. Ilyen tábori ellátó rendszerelemek lehetnek többek között a komplett pihentető, bevetés-irányítási, mobil orvosi segélyhely, tábori kórház konténerek/sátrak.

Hazai képességek továbbfejlesztése belföldi szakmai igények alapján

Az itthon alkalmazott mentesítő eszközrendszerek összetételében mélyreható változásokat indított el az a tény, hogy az egyedi mentesítő készlet (DS–10) rendszeresített mentesítő anyagainak gyártása megszűnt. Ezzel eltűnt az a „felhasználóbarát" jellemző, hogy az eszközhöz való anyagok pontosan akkora kiszerelésben legyenek elérhetők, ami az egyszeri bekeveréshez szükséges.

Új anyagot kellett keresni, végül a szakemberek a por állagú, a DS–10-ben is alkalmazható és megfelelő kiszerelésben elérhető BX[36]24 mentesítő anyagot választották.

Az „anyagazonosság a különböző szinteken megjelenő mentesítő berendezéseknél" szempont motiválta a honvédség szakembereit, amikor azt a döntést hozták, hogy tapasztalatszerzés céljából (is) átalakíttatják a legrégebbi mentesítő konténer főkezelő blokkját, tekintettel arra, hogy az eredeti modulja ugyanazokat az anyagokat alkalmazta, mint korábban a DS–10. A 2015–2017-ben elvégzett munkák során ebbe a konténerbe 2 db új, BX24-et alkalmazó mentesítő modult építettek be.

Az alkalmazási tapasztalatok igazolták a várakozásokat, hogy az anyag megfelel a különböző eszközszintek számára. Ezért amikor a multifunkcionális ABV-szakasz számára beszerzendő konténeres mentesítő berendezés új változatának műszaki követelményei megjelentek, abban már a BX24 alkalmazására képes egységek is szerepeltek. Ezek realizálódtak a legújabb fejlesztésű KMB–MF[37] konténerben, amit a Magyar Honvédség számára 2018. év végén szállított le a Respirátor Zrt.-t 2015-ben magába olvasztó Gamma Zrt.

A BX24 megjelenése változásokat generált a mentesítés eljárásrendjében is. Mivel a por állagú anyagot előbb vízhez kell keverni, és az oldatot fel kell hordani a mentesítendő felületre, ezért változtatni kellett a beavatkozó mentesítő készlet (BMK) összetételén is. Korábban 2 db mentesítő gyűrű tartozott a készletbe: egyik a mentesítő anyag felhordására szolgált, a másik pedig az azt követő lemosásra. Ebben az új helyzetben csak a második gyűrű szerepe maradt meg, a mentesítő anyag felhordását pedig a DS–10 vette át (abban az eszközben egyszerűen elvégezhető a bekeverés, és utána vele a felhordás is).

(Folytatjuk)

Források

[1] „Utánfutóra telepített képességbővítő rendszerelemek kifejlesztése a személyi mentesítő rendszerek speciális alkalmazási igényeihez." GAMMA www.gammatech.hu.

Jegyzetek

24 KMOP-1.1.4-09-2010-0084 (Új Széchenyi Terv).
25 SMR – sebesült mentesítő rendszer.
26 SZMF – személyi mentesítő felszerelés.
27 BMK – beavatkozó mentesítő készlet.
28 SZMF–U – személyi mentesítő felszerelés (utánfutón).
29 BM OKF – Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.
30 A Magyar Honvédség ABV-védelmi mobil laboratórium részlege.
31 RBA – fantázianév, amely akár a termék egyik fejlesztőjének nevére is utalhat (Respirátor – Busai Attila).
32 HUNOR – BM OKF mentőszervezete.
33 KML – katasztrófavédelmi mobil laboratórium.
34 COLPRO – angol mozaikszó (kollektív védelem).
35 M. Schall GmbH – katonai és katasztrófavédelmi célú sátrakat és konténereket gyártó német védelmiipari cég.
36 BX – mentesítő anyag.
37 KMB-MF – konténeres mentesítő berendezés (multifunkciós).

(Fotók: a szerző gyűjteményéből)

*Dr. Gyulai Gábor**

Az RDC III dozimetriai rendszer alkalmazhatóságának vizsgálata, 20 évvel a modernizálása után I. rész

Az eredeti RDC III rendszer

Az eszköz összetétele

A Magyar Honvédségben 1986-tól rendszeresített – NDK gyártmányú – RDC III harcászati személyi dozimetriai rendszer az alábbi 4 elemből állt:

1. *RDC III D* termolumineszcens gamma-neutron dózismérő[1].
2. *RDC III A* kiértékelő készülék, amelynek feladata a dózismérők „kifűtése” és a mérési eredmények megjelenítése.
3. *RDC III N* hálózati tápegység biztosítja a kiértékelő készülék számára a megfelelő tápfeszültséget. A hazai rendszeresítést követően készült egy magyar (MIKI) fejlesztésű tápegység is, amelyet nem a kiolvasó alá, hanem a berendezés hátoldalára lehet felszerelni. Ez az *RDC III NM* megjelölést kapta.
4. Beszabályozó készlet, amely segítségével a kiértékelő készülék egyes elektronikus paraméterei (pl. erősítés) beállítására nyílt lehetőség.

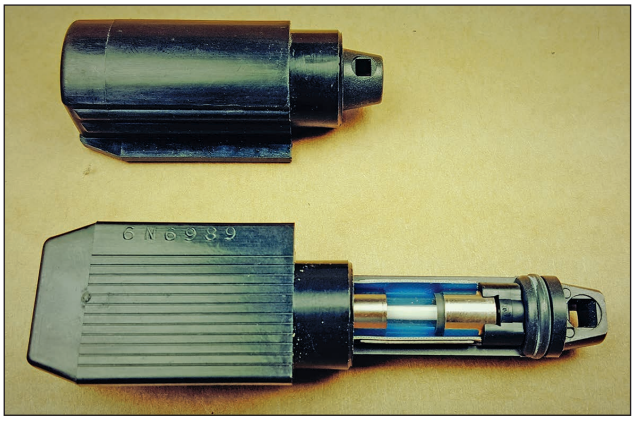
A csernobili atomerőmű katasztrófáját követően a honvédségi dozimetriai rendszereknek is alapvető funkcionális változáson kellett átesniük. Ennek lényege abban állt, hogy amíg azt megelőzően a háborús normatívákra – pontosabban az atomfegyverek lehetséges alkalmazásával vívott küzdelemből fakadó feladatokra – kellett felkészülni, ezt követően a természetes háttérzsugázási szintek, illetve az ettől szignifikánsan eltérő dózis- és dózisteljesítmény értékek mérése is szükségessé vált.

A változások tükrében a kiértékelő készülék a rendszeresítést követő évtizedben teljesen elavulttá vált. Ennek egyik legfőbb oka, hogy a 3R-es (≈30 mGy) alsó méréshatár legalább egy nagyságrenddel nagyobb a kívánatosnál. A másik alapvető problémát az eszköz kalibrációs rendszerének elavultsága jelentette. A beépített ellenőrző fényforrásában lévő trícium olyan mértékben lefeleződött, amelyet a berendezés mechanikus korrekció tárcsájával 1994-től (!) kezdve már nem lehetett tovább szabályozni. Ebből következett, hogy – az egyébként még működőképes elektronikával rendelkező – berendezések helytelen alapértékekkel számoltak a pontatlan kalibráció miatt. Tehát a dózismérők kifűthetők voltak ugyan, azonban a mérési eredményként a kijelzőn megjelenő értékek rendre kívül estek a megengedett hibahatárokon.

További hiányosságként jelentkezett, hogy az eszköz nem támogatta semmilyen adatfeldolgozó rendszer használatát, valamint a mérési eredményeket nem Gray, hanem röntgen mértékegységben jelezte ki.

A probléma megoldására a MH Vegyivédelmi Főnökségének igénybejelentése alapján, 1993-ban a Haditechnikai Intézetben kutatás-fejlesztési tevékenység indult. Az eredeti igénybejelentés egy teljesen új személyi dozimetriai rendszer kialakítását célozta, azonban a többszöri egyeztetések után – figyelembe véve a Tudományos-műszaki Tanács javaslatát –, az illetékesek a régi rendszer felújítása

1. ábra. Az RDC III D dozimétér



ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Honvédségben 1986-ban rendszeresítették a Német Demokratikus Köztársaságban gyártott RDC III harcászati személyi dozimetriai rendszert. A kiértékelő készülékek („kiolvasó”), illetve azok szolgáltatásainak elavulása miatt tíz évvel később modernizálásuk szükségessé vált. Az átalakított eszközrendszert 1998-ban, valamint a tovább modernizált kiolvasót 2001-ben rendszeresítették. A tanulmány beszámol az eszközök megváltozott alkalmazhatóságáról az eltelt idő alatt. A tanulmány szerzője a legfrissebb méréseket a centenáriumát ünneplő Gamma Műszaki Zrt. laboratóriumában végezte el.

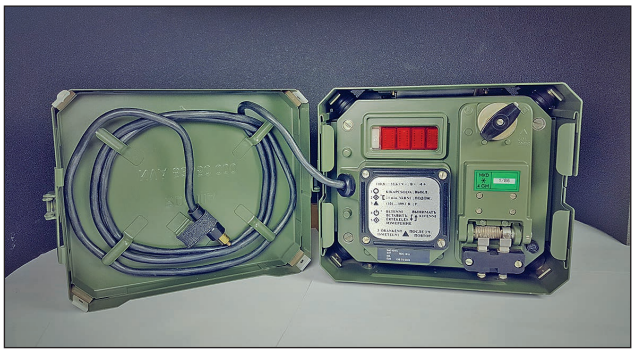
KULCSSZAVAK: személyi dozimetria, termolumineszcens dozimétér (TLD), Gamma Zrt., kutatás-fejlesztés (K+F), modernizáció

ABSTRACT: The RDC III tactical personnel dosimetry system manufactured in the former German Democratic Republic was taken into service in the Hungarian Armed Forces in 1986. The obsolescence of evaluation devices (“readers”) and their services necessitated their modernization ten years later. The modernized system was taken into service in 1998 and the further modernized reader in 2001. This article reports on how the applicability of the tools has changed since then. The author of the study performed the latest measurements at the laboratoy of Gamma Műszaki Zrt., celebrating its centenary.

KEY WORDS: personal dosimetry, thermoluminescent dosimeter (TLD), Gamma Technical Corporation, Research and development (R&D), modernisation

* Nyá. ezredes. Korábban a HTI kutatásért és fejlesztésért felelős intézetvezető-helyettese. ORCID: 0000–0001–9598–1187

DOI: 10.23713/HT.54.6.10



2. ábra. Az RDC III A kiértékelő készülék



3. ábra. Az RDC III AGM készülék, jobb oldalon a külső klaviatúra

mellett döntöttek. Egyértelműen a korszerűsítés mellett szólt, hogy annak költségei nagyságrendekkel kisebbek, mint egy teljesen új rendszer kialakításáé, valamint az, hogy kedvező eredménnyel zárultak az előzetesen végrehajtott felhasználhatósági vizsgálatok. Az egykori Haditechnikai Intézet munkatársaként én irányítottam a Magyar Honvédség személyi dozimetriai rendszerének modernizálását, így annak folyamatáról személyes tapasztalataim alapján tudok beszámolni.

Felhasználhatósági vizsgálatok

A fejlesztési tevékenység első (kísérleti-kutatási) fázisában végrehajtottuk az RDC III készlet teljes körű felhasználhatósági vizsgálatait, amelyek részben a KFKI Atomenergia Kutató Intézetében, részben pedig a Gamma Műszaki Rt.-nél folytak. Ezekre az eredménye alapozva készülhetett el a későbbiekben a kiértékelő berendezés kísérleti mintapéldánya.

A felhasználhatósági vizsgálatok – az előzetes várakozásoknak megfelelően – pozitív eredménnyel zárultak. A vizsgálati jelentések végkövetkeztetései:

- Az *RDC III D* dózismérők eredeti állapotukban is megfeleltek a megváltozott körülményeknek. Rendszerben tartásuk nem igényelt sem változtatást, sem felújítást. A kísérletek egyértelműen igazolták, hogy egy érzékenyebb fényérzékelő elem és egy pontosabb kifűtési algoritmus alkalmazásával a dózismérők lehetőséget biztosítanak az alsó méréshatár minimum egy nagyságrenddel történő csökkentésére. A költségek optimalizálásának szempontjából meghatározó jelentőségű, hogy akkoriban több százezer darab ilyen dózismérő volt a Magyar Honvédségnél. (Információim szerint az akkori határőrségnél, polgári védelemnél szintén rendszeresítve volt az RDC III készlet.)
- Lényeges megjegyezni, hogy – az időközben elvégzett vizsgálatok igazolták, hogy – az *RDC III D* dózismérők neutron-érzékenysége elhanyagolható, így a továbbiakban az RDC rendszert gamma-dózismérőnek kell tekinteni.
- A beszabályozó készlet, a kezelési utasításának átdolgozása után továbbra is alkalmazható, rendszerben tartható.
- Az *RDC III A* kiértékelő egység konstrukciós kialakítása megfelelő, mechanikája megbízhatónak bizonyult. A vizsgált készülékek rendeltetésszerűen működtek, kivéve, hogy a kalibráló fényforrás lebomlása miatt már nem voltak hitelesíthetők. (Az ebből származó hiba átlaga: – 17%.) A konstrukció megfelelő alapot biztosított egy korszerűsített eszköz megépítéséhez.

A felújított eszköz, az *RDC III AG,* az eredeti *RDC III A* készülék mechanikai egységeinek és ellenőrző fényforrásának felhasználásával került kialakításra, teljesen új elektronika és érzékenyebb fényérzékelő elem (fotoelektronsokszorozó) beépítésével. A Gamma Műszaki Részvénytársaság bázisán elkészült három mintapéldány üzemi és haditechnikai ellenőrző vizsgálatai, valamint a csapatpróba alapján megállapíthattuk, hogy az eredeti normatív paraméterek megtartása mellett a kalibrálhatóság kérdése évtizedekre megoldódik. Ezzel együtt a mérési tartomány alsó határa közel két nagyságrenddel csökkenthető, a számítógépes kapcsolat pedig lehetőséget teremt a korszerű adatfeldolgozásra.

Az alkalmazásba vétel szempontjából kedvező volt, hogy a műszer átalakítása az eredeti készletre vonatkozó előírásokat alapvetően nem változtatta meg. Ez alól (szervezési szempontból) jelentős kivételt csak az jelentett, hogy a 3 hónapnál hosszabb ideig tárolt dózismérőket kiosztás előtt ki kellett fűteni. Az eredetileg 6 hónapra deklarált intervallum felére csökkentését az eszköz érzékenyebbé válása indokolta.

Az ellenőrző vizsgálatok folyamán egy újabb szempont is felmerült: az adatfeldolgozás érdekében szükséges a dozimeterek egyedi azonosítójának begépelése a kiolvasóba. A fejlesztés során tapasztaltuk, hogy a dozimeterek között – az előzetesen felmért mennyiséghez képest – sokkal jelentősebb számban voltak olyanok is, amelyeknek azonosítója nemcsak kizárólag számokat, hanem betűket is tartalmazott. Az eredeti tervek szerint a kizárólag számokat tartalmazó azonosítóval rendelkező dozimeterek feleltek volna meg a Magyar Honvédség igényeinek. Az előzetes becslések nem igazolódtak. Emiatt szükségessé vált a kiértékelő előlapjára szerelt, illetve a külső klaviatúra, valamint a fogadó elektronika alkalmassá tétele ezeknek a karaktereknek a kezelésére is.

Ezt a feladatot 2001-re sikerült eredményesen befejezni. Az így kialakított, tovább modernizált eszköz lett az *RDC III AGM.*

Az átalakított, modernizált készülék megváltozott paraméterei, valamint új szolgáltatásai

A rendszer alsó mérési, illetve kijelzési tartománya közel két nagyságrenddel lett alacsonyabb az eredetinél. (Az eredeti készülék törzskönyve szerint 3R (≈30 mGy) volt az alsó méréshatár.) Az új tulajdonságok:

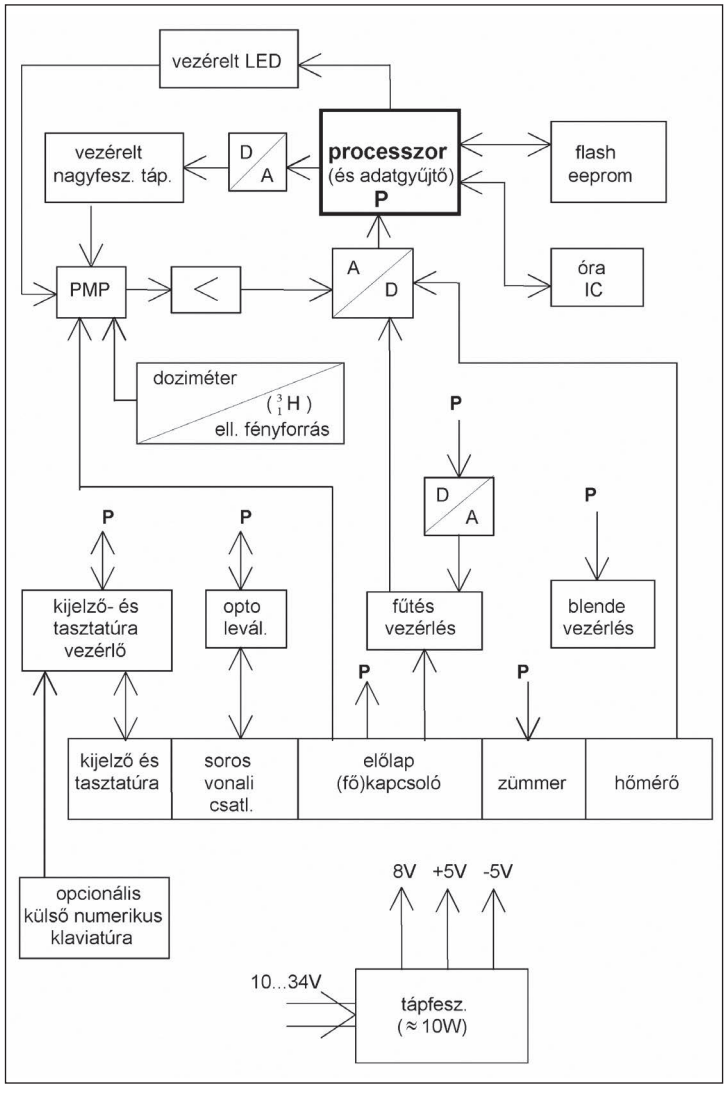
1. Az *RDC III AGM* készülék mérési tartománya 400 μGy–10 Gy, kijelzési tartománya pedig 100 μGy–400 Gy, illetve 10 Gy–100 Gy.
2. Az eszköz „lelke” egy mikroprocesszor, amelynek feladata a lehetséges folyamatok (kalibráció, törlés, mérés, adatgyűjtés és tárolás) vezérlése.

3. A készülék lehetővé teszi az adatok megjelenítését. A beépített memória képes legalább 32 000 db adatcsomag (adatcsomag = mérési eredmény + a dózismérő egyedi azonosítója + a mérés időpontja) átmeneti tárolására (kiolvasásig, illetve törlésig), valamint azok számítógépes mérés-adatgyűjtő rendszerbe történő továbbítására.
4. A kalibráló egység átalakítása során a mechanikus korrekciótárcsa kiszerelésre került, szerepét nagyságrendekkel pontosabb elektronikus mechanizmus vette át. A vizsgálatok során elvégzett méréssorozattal meghatározható volt a „tríciumlámpa" fényintenzitásának csökkenési üteme, így a kapott eredmények felhasználásával egy kellően pontos korrekciós függvényt tudtunk meghatározni. A kalibrációt ennek a függvénynek a segítségével a mikroprocesszor napi korrekcióval automatikusan képes elvégezni. (Az eredeti készüléken évente kellett manuálisan átállítani a „korrekciótárcsát".)
5. A készülékbe egy olyan óra IC került, amely saját tápforrással rendelkezik, így a berendezés kikapcsolt állapotában is legalább tíz évig működik folyamatosan. Az óra adatai az adatképzés, illetve a kalibráció során elengedhetetlenül szükségesek.
6. A dozimétereket által kibocsátott fénymennyiség érzékelését a korábban beépített fotódióda helyett, egy több nagyságrenddel érzékenyebb fotóelektron-sokszorozó (photomultiplier – PMP) végzi.
7. Az előlapra egy 12 gombos klaviatúra került, amelynek funkciója – bekapcsolást követően – a mérés/törlés funkció beállítása, a dozimétereken azonosítójának, illetve szükség esetén a törlőkód beírása, továbbá a kijelző fényerősségének beállítása. A gombok segítségével lehetővé vált a kijelző fényerősségének beállítása is. Szintén az előlapra került a számítógépes kapcsolat, az opcionális alfanumerikus klaviatúra számára létesített csatlakozó, valamint az akusztikus riasztáshoz szükséges zümmer. A készülék új, 2×16 karakteres kijelzője folyadékkristályos, alfanumerikus és üzem közben folyamatos háttérvilágítással rendelkezik. Külsejét tekintve, a berendezés egyebekben nem tér el az eredetitől.
8. Az eszköz rendelkezik önellenőrzési funkcióval, hiba esetén a kiolvasást letiltja, riasztó jelzést ad, és megjeleníti a hiba típusát. A kijelző lehetővé teszi a mérési eredmények, az eszköz állapotának, valamint a hibaüzenetek megjelenítését, valamint a bevitt adatok (dózismérők gyári számai) ellenőrizhetőségét és javíthatóságát.
9. A számítógépes kapcsolat a „beállító program" segítségével lehetővé tette az eszköz órájának és törlő kódjának állíthatóságát. A fejlesztés során „technológiai szoftverek" is készültek, amelyek a készülék belső szoftvereinek módosíthatóságát, valamint a működéshez szükséges egyéb paraméterek megváltoztathatóságát szolgálják.
10. Az eszköz – alapbeállításából adódóan – hangjelzést ad D ≥ 0,5 Gy esetén, belső szoftvere lehetővé teszi, hogy a „beállító program" segítségével a küszöbértéket később tetszőlegesen lehessen változtathatni, illetve több küszöbérték megadását is.
11. A készülék „törlés üzemmód" beállítására is alkalmas. Ezáltal jelentős időmegtakarítás érhető el abban az esetben, ha a dózismérők raktárból kerülnek kiosztásra. Ebben az esetben ugyanis nincs szükség a dózismérők kiértékelésére, csupán a raktározás során összegyűjtött – hasznos információt nem hordozó – dózisok kifűtésére. A kifűtési-törlési folyamat jelentősen (kb. 60%-al) kevesebb időt vesz igénybe, mint a lényegesen bonyolultabb algoritmusú kiértékelés. A hasznos információk védelme érdekében a törlési üzemmódot csak hat számjegyből álló kóddal lehet beállítani, szintén a „beállító program" segítségével.
12. A csapatpróba tapasztalatai nyomán került az eszközkészletébe egy opcionális külső alfanumerikus klaviatúra (a készülék mellett jobb oldalon látható a 3. ábrán), amely a nem tábori körülmények közötti alkalmazás esetén biztosítja a készülék lényegesen könnyebb kezelhetőségét. Ennek funkciói teljesen megegyeznek az előlapon elhelyezett tasztatúráéval.

Az RDC III AGM készülék működési elvének leírása

A működés folyamatának blokkvázlatát a *4. ábra* szemlélteti.

4. ábra. Az RDC III AGM készülék blokkvázlata



A mérési folyamat: Az öt nagyságrend átfogású dózismérés alapja a kifűtés során világító dozimeter fényáramának pontos mérése, és a kifűtési görbe egyformaságának biztosítása.

Az eltérő ellenállású dozimeterek fűtőteljesítményét a kiértékelés alatt a mikroprocesszor vezérlésű, kapcsolóüzemű fűtőáramkör szabályozza a beállított fűtési algoritmusnak megfelelően. A dozimeterre jutó teljesítményt a fűtőfeszültség és a fűtőáram mérésével, a kitöltési tényező változtatásával szabályozza a készülék.

A dozimeter fényét fotóelektron-sokszorozó (PMP) érzékeli és átkapcsolható erősítésű áramkör illeszti az A/D konverterre, illetve a mikroprocesszoros kiértékelő egységre. A fénymérés négy méréstartományban működik, az egyes méréshatárok közötti szorzó kb. 32-szeres. A méréshatár váltása a fotóelektron-sokszorozó nagyfeszültségének, illetve az illesztő áramkör erősítésének változtatásával történik.

A pontos mérést a fényárammérés kalibrálása biztosítja. Bekapcsolás után „Kalibrálás” állásban a beépített tríciumos ellenőrző fényforrásnak a radioaktív bomlással korrigált értéke alapján a műszer beszabályozza a harmadik méréshatárhoz tartozó erősítést. „Mérés” állásba kapcsolva a blende záródik, és a beépített vezérelhető áramú LED segítségével a többi méréshatárt a fotóelektron-sokszorozó nagyfeszültségének változtatásával, a processzoros vezérlő áramkör egymáshoz szabályozza.

A továbbiakban minden mérés előtt – a LED fényét változtatva minden méréshatárban – a rendszer ellenőrzi a fényerősítést. Ha az eltérés 7%-nál nagyobb, ismételt kalibrálást kér.

A készülék egy mérési ciklus alatt az alábbi műveleteket hajtja végre:

1. Méréshatárok ellenőrzése: ~ 2 s
2. Háttér fényáram-mérés: 5 s
3. Blendenyitás: ~ 0,1 s
4. I. fűtés – a fő csúcs kifűtése: ~ 9 s
5. I. hőntartás – a folyamat végén melegháttér-mérés: 5 s
6. II. fűtés – a maradék háttér csökkentésére: 5-10 s (ennek hosszúsága a mért dózistól függően változik)
7. II. hőntartás 5 s

A fenti felsorolásban az egyes fázisok mellett, azok végrehajtásának időtartama szerepel. A fűtési időket és a kiértékelés időtartományának határait a belső hőmérséklet függvényében a készülék automatikusan módosítja. A dózis kiszámítása a kiértékelési tartományban 0,1 másodpercenként mért fényáram összegzésével történik.

A mérési eredmények, állapotjelzések, hibaüzenetek stb. megjelenítésére 2 × 16 karakteres alfanumerikus kijelző szolgál. A beépített zümmer az üzenetek megjelenését hangjelzéssel kíséri. A dozimeterek sorszámának bevitelére tasztatúra szolgál. A beépített elemes óraáramkör segítségével megjeleníthető a pontos dátum és idő.

A mért eredményeket a mérés időpontjával és a dozimeter sorszámával együtt a berendezés eltárolja, törlés nélkül több mint 32 000 mérési eredmény gyűjthető.

A törlési folyamat: A dozimeterek tárolást követő használatba adásakor a tárolás során gyűjtött dózist törölni szükséges, törlés üzemmód használatával. Ebben az üzemmódban a fűtés a következő szakaszra osztható (jelezve az egyes fázisok végrehajtásának időtartamát):

1. fűtés ~ 18,5 s
2. hőntartás 5 s

A fejlesztés során – a műszer belső szoftverén, a „technológiai szoftvereken” és a „beállító programon” kívül – két további szoftver is készült, amelyek az adatkezelést szolgálják. Az egyik az adatkiolvasó, amelynek feladata az eszközben tárolt információk számítógépbe történő átmásolása. A másik szoftver az adatkezelés egy lehetséges módját valósítja meg. Az aktuális adatok (katonai szervezetek megnevezése, illetve azok állományába tartozó személyek tajszámai és dozimeterük gyári száma) előzetes bevitele és a kiértékelő készülékből letöltött adatok összerendelése alapján személyekre, illetve alakulatokra vonatkozó különféle összegzések készíthetők. Ezek a programok könnyen telepíthetők, és – az ezredforduló környékén korszerűnek számító – Microsoft Windows 3.1 vagy Windows for Workgroups 3.11 változatai alatt egyszerűen használhatók.



5. ábra. A tesztelés során az eszköz számítógépes csatlakozójának porvédő sapkája leszakadt, attól kezdve a gyártó cég lánc helyett acélsodronnyal rögzíti a műszerek porvédő sapkáit. Az ábrán az RDC III AG készülék számítógépes csatlakozójának porvédője láncos rögzítéssel a jobb oldalon, illetve acélsodronyos rögzítéssel a bal oldalon

Az eszközhöz rendszeresített beszabályozókészlet a fentiekben leírt önkalibráló mechanizmus miatt, eredeti jelentőségét elvesztette. A korszerűsítés során a készülék kezelési utasítását is átdolgoztuk és egy „korrekciós szoftver” is készült hozzá, amely a készletben lévő „trícium lámpák” töltetének bomláskövetését szolgálja. Ezek segítségével a készletet szükség esetén a berendezés ellenőrzésére lehet alkalmazni.

Összegzés

Összességében megállapítható, hogy a végrehajtott átalakításoknak (elsősorban a fotóelektron-sokszorozó, az új kalibráló rendszer és a mikroprocesszoros vezérlésű kiolvasás) köszönhetően az érzékenységen kívül, a rendszer pontossága is javult.

Az 1995–2001 között elvégzett kutatás-fejlesztési tevékenység, valamint a csapatpróbát követő visszajavítások, módosítások végrehajtásával egy olyan korszerű eszköz állt rendelkezésre, amely műszaki paraméterei, szolgáltatásai alapján hosszú ideig képes feladata ellátására. Az elvégzett felújítási munka egyik nagy előnye volt, hogy általa az eszköz változtatás nélkül illeszkedett a vegyivédelmi csapatok, illetve az egészségügy általános eszközrendszerébe, tág lehetőségeket nyújtva a Magyar Honvédség személyi dozimetriai nyilvántartó-rendszerének további korszerűsítésére.

(Folytatjuk)

Felhasznált irodalom

[1] Nagy Lajos György: *Magkémiai és izotóptechnikai gyakorlatok* (kézirat), Budapest, Tankönyvkiadó, 1973;
[2] Műszaki leírás, kezelési-, karbantartási- és tárolási utasítás.

Jegyzetek

1 A termolumineszcens anyag (esetünkben CaF_2:Mn) az ionizáló sugárzás energiájának egy részét tárolni képes. Kiértékeléskor/kiolvasáskor melegítés hatására (esetünkben ≈350 °C) felszabadul a tárolt energia, amelynek jelentős hányada látható fény formájában jelentkezik. A „kifűtés” során kibocsátott fény mennyiségének mérése alapján a termolumineszcens anyag által elnyelt dózis kiszámítható.

(Fotók: dr. Gyulai Gábor)



1. ábra. Lynx lánctalpas gyalogsági harcjármű (Fotó: Baranyai László)

*Ocskay István**

A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője I. rész

A Magyar Honvédség (továbbiakban MH) a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében – a NATO elvárásoknak megfelelően –, egy könnyű-, egy közepes-, és egy nehézdandár-képesség megteremtését tűzte ki célul 2026-ra. A NATO kötelezettségvállalás keretében előírt nehézdandár-képesség megteremtése érdekében a Honvédelmi Minisztérium a német Krauss–Maffei Wegmann (továbbiakban: KMW) hadiipari vállalattal 2018 decemberében szerződést kötött Leopard harckocsik és PzH 2000 önjáró lövegek beszerzésére. 2020. június 24-én Tatán, az MH 25. Klapka György Lövészdandár objektumában átadták az első 4 db Leopard 2A4HU lízingelt harckocsit, a teljes flotta pedig 12 db teljesen felújított, a magyar igények szerint kialakított harckocsiból áll. (Az oktató harcjárművek után 2023-tól érkeznek a Leopard 2A7HU harckocsik is.)

Alig két hónappal a Leopardok érkezése után, augusztus 17-én bejelentették – majd szeptember 9-én az aláírt szerződés értelmében egyértelművé vált –, hogy a honvédelmi tárca a német Rheinmetall AG Lynx lánctalpas gyalogsági harcjármű beszerzésére, későbbiekben hazai gyártására kötelezte el magát. A döntés nyomán a Magyar Honvédség a világ egyik legkorszerűbb gyalogsági harcjárművét rendszeresíti.

A Lynx harcjárművek fejlesztésének története

A harcjármű fejlesztésének története a Marder lánctalpas harcjárműig vezethető vissza. Nyugat-Németország hadserege az 1960-as években kezdődő haderőkorszerűsítés eredményeként 1971-ben megkezdte a gépesített lövészegységeinek ellátását a Rheinmetall Landsysteme által tervezett, és nagyrészt gyártott Marder lánctalpas gyalogsági harcjárművekkel. A harcjárművekből 1975 végéig, a sorozatgyártás befejezéséig 2136 db készült. A később Marder 1 típusnévre átnevezett eszközön több, sokszor jelentős mértékű felújítást végeztek. A 2010–11-es moder-

ÖSSZEFOGLALÁS: A Lynx a 21. századi elvek alapján épített egyik legkorszerűbb lánctalpas gyalogsági harcjármű. A tanulmány részletes válaszokat közöl a német Rheinmetall által fejlesztett Lynx (Hiúz) főbb technikai paramétereiről, jellemző technikai megoldásairól, újdonságairól; ismerteti, hogy mely országokban vesz/vett részt a harcjármű a különböző tendereken. A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett harcjárművek 2022-től a Magyar Honvédség nehézdandár-képességét erősítik.

KULCSSZAVAK: lánctalpas harcjármű, harcjárműfejlesztés, Magyar Honvédség, Lynx, Marder

ABSTRACT: The Lynx is one of the most advanced tracked infantry combat vehicles built on principles of the 21st century. The study provides detailed information about the main technical parameters, typical technical solutions and novelties of the Lynx developed by the German Rheinmetall; it describes in which countries the combat vehicle participated / participates in the various tenders. The combat vehicles acquired within the framework of the Zrínyi 2026 Defence and Armed Forces Development Program will strengthen the heavy brigade's capability of the Hungarian Defence Forces from 2022.

KEY WORDS: IFV, fighting vehicle development, Hungarian Defence Forces, Lynx, Marder

* Mk. ezredes, MH Modernizációs Intézet, parancsnokhelyettes, K+F igazgató, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola, ORCID: 0000–0003–0279–8215

DOI: 10.23713/HT.54.6.11



2. ábra. Marder 1A5A1 lánctalpas harcjármű országúti menetben

nizációs csomag keretében átalakított Marder 1A5A1 a legvégső konfiguráció *(2. ábra).*

A Bundeswehrnél már az 1980-as évek közepétől felvetődött a Marder 1 harcjárművek modernizálásának gondolata, azonban a Marder 2 lánctalpas harcjárműből csupán egyetlen prototípus készült a KMW és a Rheinmetall cég együttműködésében. A harcjármű kialakítását tekintve megelőzte korát, azonban a kísérleti technológiák megdrágították az árát és csak a hidegháború végére készült el, amikor az európai országok már inkább a haderejük csökkentésében gondolkodtak, és nem új fejlesztésekben.[1]

A kísérleti Marder 2 rendszeresítése helyett a Bundeswehr vezetése a meglévő, és még jelentős üzemidő-, valamint modernizálási tartalékkal rendelkező Marder 1 lánctalpas harcjárművek korszerűsítése mellett döntött. Jelentős részben a Marder 2 harcjármű kudarca vezetett a Bundeswehr jelenlegi lánctalpas harcjármű-flottájának gerincét képző Puma gyalogsági harcjármű kifejlesztéséhez 2002-ben. Több mint tíz év tesztelési és fejlesztési időszak után, 2015-től rendszeresítették. A Bundeswehr által megrendelt 400 db Puma harcjármű legyártására a KMW és a Rheinmetall Landsysteme, Projekt Systems and Management (PSM) GmbH néven, 50-50%-os részesedéssel konzorciumot hozott létre a németországi Kasselben. A Puma gyalogsági harcjárművek gyártása napjainkban is a korábbi megállapodás alapján történik, hasonló megosztásban készülnek a Boxer kerekes harcjárművek is a müncheni és unterlüsi üzemekben.

A Marder 1 harcjárművek folyamatos korszerűsítése a Puma harcjárművek gyártása mellett is folytatódott, de csak a Rheinmetall gyártósorán. A vállalat folyamatosan

3. ábra. A Marder CCV/Evolution prototípusa Lance–RC toronnyal



monitorozta a piacot a meglévő és egyre növekvő inkurrens készlet értékesítésére, amelyből 2007-ben elsőként Chile vett 280 darabot, majd 2013-ban Indonézia, végül 2015-ben Jordánia rendelt további 50 darabot. Azonban ezek az eladások is csupán minimális mértékben csökkentették a raktáron lévő és – a Puma harcjárművek rendszeresítésével arányosan – egyre jobban növekvő készleteket.

A Marder 1 harcjárművek értékesítésére már nem volt elég azok kismértékű modernizálása, a Rheinmetallnál nagyobb, átfogóbb átépítést határoztak el. Még 2012-ben kifejlesztették a Marder CCV[2]-t. Ez a jármű már megmutatta a későbbi Lynx gyalogsági harcjármű egyes jellegzetességeit, részegységeit, alrendszereit, mint például a moduláris páncélzat, a korszerűsített torony, benne egy új, hatásosabb, nagyobb kaliberű fegyverzettel. Ennek a járműnek egyik tesztpéldánya látható a *3. ábrán.*

A Marder CCV-t a kanadai haderő követelményeinek megfelelően alakították ki. Az észak-amerikai ország szakemberei egy harckocsikat támogató, nagy mozgékonyságú, erős páncélvédettséggel rendelkező, 30–45 tonnás össztömegű gyalogsági harcjárműre fogalmazták meg igényeiket. A kanadaiak a harcjármű rendszeresítését tervezték, de annak kialakítása és tesztelése után elálltak az üzletkötéstől. A Rheinmetall vállalat ezt követően ezt a változatot Marder Evolution néven, a Puma harcjármű olcsóbb alternatívájaként kínálta a nemzetközi piacon, különösebb átütő siker nélkül.

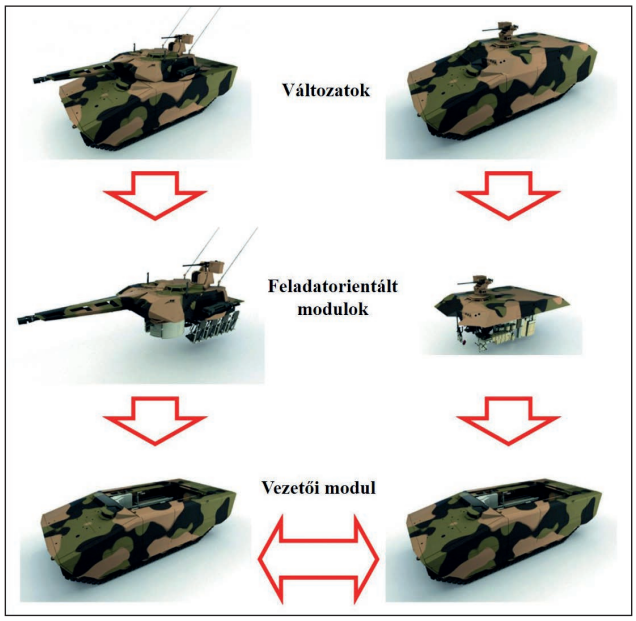
A Marder CCV/Evolution a 21. századi konfliktusok kihívásainak megfelelő moduláris páncélzatot kapott, amely ellenállt a szovjet/orosz 14,5×114 mm-es páncéltörő lőszerek lövedékeinek is. A harcjármű haspáncélzatát is megerősítették, hogy megfelelő védettséget nyújtson az IED[3]-ek, és a maximum 8 kg TNT-t tartalmazó harckocsiaknák hatásai ellen. A vezetőn, parancsnokon és fegyverkezelőn kívül további 7 lövészkatona szállítása volt megoldható a küzdőtérben, de ez utóbbiak már a robbanások hatásainak csökkenését biztosító, a harcjármű tetőpáncéljához rögzített ülésekben foglalhattak helyet.

A harcjárműre építették fel először a Lance torony első távirányított, Lance–RC[4] típusú változatát is, amelyben már 30 mm-es, mindkét síkban stabilizált gépágyút alkalmaztak egy vele párhuzamosított, 7,62 mm-es MG3 típusú géppuskával. Ennél a változatnál azonban még nem a MK30–2 gépágyú beépítése mellett döntöttek (amely a Puma fő fegyverzete is), hanem a WOTAN–30 elektromosan működtetett ún. chain-gun[5]-ra esett a választás.

A Marder CCV/Evolution-ra nem volt jelentős piaci érdeklődés. A gyártó vállalat továbbra is fenntartotta korábbi álláspontját, hogy a nemzetközi piacon helye lenne egy magas védettségi szintű, hatásos fegyverzettel ellátott, mozgékony, de maximum 35-40 tonna össztömeggel rendelkező lánctalpas gyalogsági harcjárműnek. Belátta azonban, hogy a Marder 1 további fejlesztése már technikai zsákutca, új eszköz kifejlesztésére van szükség. A Rheinmetall mérnökei a Lynx KF31 néven, 2015-ben megkezdett harcjármű-fejlesztéshez kiinduló alapnak a Marder 1 harcjármű páncéltestét alkalmazták.

A Lynx KF31 gyalogsági harcjármű általános leírása

A Lynx típusú lánctalpas harcjármű a Bundeswehr és a vevők igényei alapján kifejlesztett, nemzetközi piacra szánt, a Puma lánctalpas harcjárműnél kedvezőbb értékű harceszköz. A Lynx harcjárműcsaládot úgy tervezték, hogy modularitása révén lehetőség szerint minden katonai műveletben alkalmazható legyen, a béketámogató műveletek-



4. ábra. A Lynx KF41 harcjármű modularitásának szemléltetése tornyos (bal) és torony nélküli (jobb) kialakítás esetén

től kezdve a hagyományos, nagy intenzitású kombinált, hibrid műveletekig.

A Lynx gyalogsági harcjármű multifunkcionalitása és moduláris kialakítása lehetővé teszi a gazdaságosabb, mégis a 21. század követelményeinek megfelelő egyplatformos alegységek megvalósításának lehetőségét. A moduláris kialakítást jól szemlélteti a *4. ábra*, ahol a tornyos és a parancsnoki, torony nélküli változatok felépítése látható egy Lynx KF41-es bázisán.

A Lynx KF31 harcjármű hosszúsága 7220 mm, szélessége 3600 mm, magassága 3300 mm, tömege teljes feltöltéssel, lőszerkészlettel és maximális páncélzattal eléri a 42 tonnát. A páncéltest méretei elegendő helyet biztosítanak a parancsnokból, az irányzóból és a harcjármű-vezetőből álló 3 fős személyzet, valamint a 6 fős lövészraj részére.

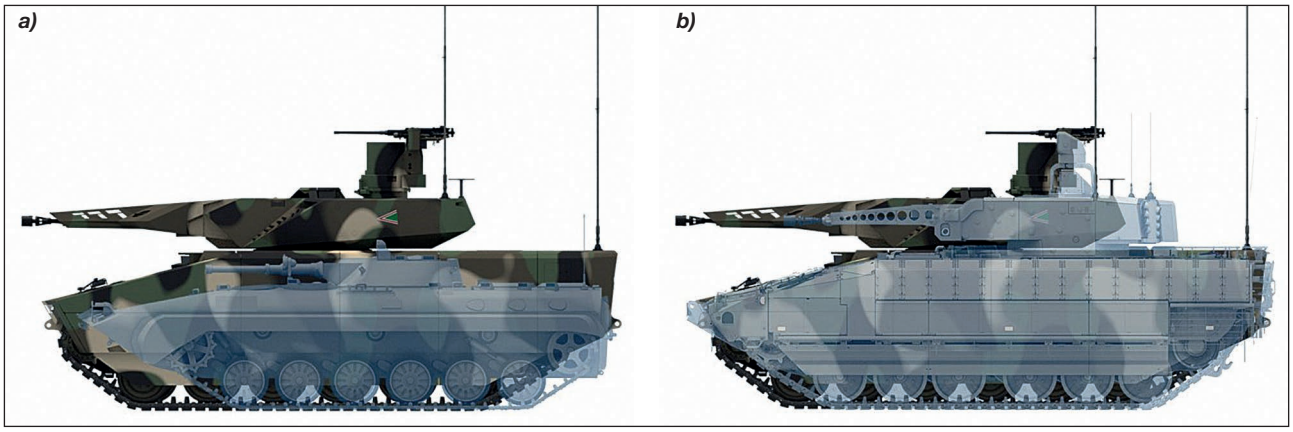
A hosszabb alvázzal rendelkező Lynx KF41 típus 49 tonna tömegű, 7730 mm hosszúságú páncélzattal rendelkezik. A 3 főből álló személyzet mellett további 8 fő gyalogos katona szállítására képes, a férőhely a küzdőtér átalakításával akár 9 főre is növelhető. A két változat méretbeli eltéréseit, illetve a Puma, valamint az MN/MH által 2005-ig üzemeltetett BMP–1 harcjárművekkel való összehasonlítását az *1. számú táblázat* mutatja.

A harcjármű méretét jól szemlélteti az *5. ábra,* amelyen a Puma, a BMP–1 lánctalpas gyalogsági jármű, valamint a Lynx KF41-es hosszúságának és magasságának összehasonlítása látható a harcjárművek oldalnézeti képének összehasonlításával.

A harcjárművek típusnevében a német KF rövidítés jelentése „Kettenfahrzeug”, azaz lánctalpas jármű, a „31” és a „41” számok pedig az adott jármű (tervezett) tömegbesorolását (MLC)[6] jelölték volna. (A besorolásoktól a fejlesztés során jelentős mértékben eltértek.) A KF31-es az MLC42, míg a KF41 az MLC50 tömegbesorolás alá került. A Lynx (Hiúz) elnevezés a német hadiipari vállalatok azon hagyományait követi, amely szerint a harcjárműveket nagymacskafélékről (Leopard, Tiger, Panther stb.) nevezik el. A gyalogsági harcjárművet először a 2016-os párizsi Eurosatory kiállításon mutatták be *(6. ábra).* Néhány héttel korábban a fejlesztésben résztvevő szakemberek – a Rheinmetall vállalat hagyományait és a marketing szempontokat is figyelembe véve –, a Lynx márkanév mellett döntöttek.

1. táblázat. A Lynx KF31 és KF41, valamint a Puma és a BMP–1 gyalogsági harcjárművek fontosabb adatainak összevetése

Eszköz neve	Lynx KF31	Lynx KF41	Puma	BMP–1
Hosszúsága	7,22 m	7,73 m	7,60 m	6,70 m
Szélessége	3,60 m	3,60 m	3,90 m	2,90 m
Magassága	3,30 m	3,43 m	3,60 m	2,10 m
Tömege (harci tömeg)	42 t	49 t	42 t	13 t
Személyzet	3+6 fő	3+8 (9) fő	3+6 fő	3+8 fő
Motor	Liebherr, D9512 750 kW (997 LE)	Liebherr, D9612 1100 kW (1463 LE)	MTU 890, 800 kW (1100 LE)	UTD–20, 224 kW (300 LE)
Fajlagos teljesítmény	18 kW/t	22 kW/t	19 kW/t	17 kW/t
Elsődleges fegyverzet	Lance 1.0 torony 30 mm-es MK30–2/ ABM, WOTAN 30 vagy 35 mm-es WOTAN 35 gépágyú	Lance 2.0 torony 30 mm-es MK30–2/ ABM, WOTAN 30 vagy 35 mm-es WOTAN 35 gépágyú	30 mm-es MK30–2/ABM gépágyú	73 mm-es 2A28 HSN löveg
Másodlagos fegyverzet	7,62 mm-es párhuzamosított géppuska, ködgránátvető, 2 db Spike LR irányított páncéltörő rakéta	7,62 mm-es párhuzamosított géppuska, ködgránátvető, 2/4 db Spike LR2 irányított páncéltörő rakéta	5,56 mm HK MG4 géppuska, 2 db Spyke LR irányított páncéltörő rakéta	7,62 mm PKT párhuzamosított géppuska, 9M14 Maljutka irányított páncéltörő rakéta



5. ábra. A Lynx KF41 és a BMP–1 (a), valamint a Lynx KF41 és a Puma (b) gyalogsági harcjárművek méreteinek összehasonlítása



6. ábra. A Lynx KF31 lánctalpas harcjármű első bemutatkozása a 2016-os Eurosatory kiállításon, Párizsban

A piaci szereplők már a párizsi bemutatón jelezték az igényüket egy nagyobb kapacitású változatra. Az eredeti 3+6 fő helyett a 3+8 fő szállítására alkalmas, 50 cm-el hosszabb gyalogsági harcjármű fejlesztési munkái már 2017-ben megkezdődtek. Az új változat bemutatására a 2018-as Eurosatory rendezvényen, látványos körülmények között került sor. A show időtartalma alatt az eszközt több alkalommal is átépítették torony nélküli parancsnoki kialakításúból, toronnyal ellátott harcjárművé, ily módon szemléltetve *(7. ábra)* a jármű modularitását.

7. ábra. A Lynx KF41 harcjármű moduláris kialakításának demonstrációja a 2018-as Eurosatory kiállításon



A Lynx harcjárműcsalád főbb tulajdonságai, jellegzetességei, meghatározó részegységei

A KF31 és a KF41 típusok kialakításának eltéréseit a részegységek ismertetése során külön is kiemeljük. Az eszközök megtervezésénél figyelembe vették a minél nagyobb mértékű egységesítés iránti igényt. A vállalat, annak nagy múltú gyártási lehetőségeire alapozva jelentős mértékben alkalmazta a már meglévő katonai járműveiben használt és bevált alrendszereket is, amelyek angol rövidítése MOTS[7]. Ilyen alrendszerek: a vezető műszerfala és a fedélzeti elektromos berendezések a Kodiak műszaki járműből, az ABV szűrő-szellőztető és a tűzelfojtó berendezések, amelyeket korábban a Boxer kerekes harcjárműbe építettek be, valamint a kétcsapszeges Diehl gyártmányú gumicsuklós láncok, amelyeket korábban a PzH 2000 önjáró löveghez fejlesztett a német vállalat, vagy az erőátviteli rendszer meghatározó elemét alkotó Renk HSWL 256 típusú nyomatékváltó, amelyet a Puma harcjárműbe is beépítettek.

Páncéltest és védelmi rendszerek

A Lynx KF31 harcjármű hegesztett páncéltestét a német vállalat által a ’80-as években kifejlesztett Marder 1 típusú lánctalpas harcjármű páncélteste alapján alakították ki, annak több ponton történő megváltoztatásával. (A Lynx KF31 legelső példányához mintaként a Marder 1A5 típusú lánctalpas harcjármű szolgált.) A harcjárművek robusztus megjelenése a növelt védelmi képességekhez szükséges ún. „add-on” moduláris páncélzat felszereléséből, valamint a szenzorhálózat elhelyezkedéséből adódik.

A megengedett 42 tonnás össztömeget – a felfüggesztések, a motor és erőátviteli berendezések kímélése, valamint a kitűnő manőverezőképesség megtartása érdekében – a gyártó nem kívánta túllépni. Az eszköz páncélzata megfelel a logisztikai és könnyű páncélozott járművek védelmével foglalkozó NATO STANAG 4569 ajánlás Level 5/4 szintnek, azaz ellenáll a szemből érkező 25 mm-es, oldalról a 14,5 mm-es páncéltörő lőszerek közvetlen találatának, és 10 kg tömegű akna haspáncél alatti robbanásának. Ezenfelül védelmet nyújt a harcjárműtől 25 méternél távolabb becsapódó 155 mm-es tüzérségi lövedékek hatásai (repesz, hőterhelés, légnyomás) ellen. A járműre felszerelhetők különféle típusú és védelmi képességű kiegészítő páncélzatok is, az össztömeg korlátozásait azonban figyelembe kell venni. A páncélzatok cseréjét, átszerelését a javítóalegység akár tábori körülmények között is képes



8. ábra. A KF41 harcjármű két hátsó búvónyílása nyitott állásban



9. ábra. A KF41 harcjármű küzdőtere 9 db Schroth SU–63 típusú üléssel

végrehajtani. A harcjármű tetőpáncélja, beleértve a tornyot is, tüzérségi lőszerek repeszei és résztöltetei elleni védelemmel ellátottak, amelynek kialakítása jól látható a *8. ábrán,* a torony mögötti két nyitott búvónyílás pereménél.

A KF41 gyalogsági harcjármű, a közben továbbfejlesztett páncélzatnak, valamint a nagyobb teherbírásának köszönhetően, már olyan homlokpáncélzattal rendelkezik, amely ellenáll a 30×165 mm-es, – jellemzően orosz eredetű – harcjárművek és harci helikopterek fedélzeti fegyvereiből kilőtt lövedékeknek. A KF41-es harcjármű körkörös irányú ballisztikai védelme és aknavédelme megegyezik a kisebb típus hasonló adataival.

A páncélzat kialakításánál kiemelt szempont volt a küzdőtér és a kezelőszemélyzet védelme, ennek megfelelően még a málházott lőszerkészlet is kettős védelemmel rendelkezik. A harcjármű belső oldalfalait repeszhatást-csökkentő, ún. spall-liner burkolat védi. A küzdőtérben helyet foglaló személyzet biztonsága érdekében csak a tartalék üzemanyagtartály kapott a motortérben helyet; az üzemanyag-mennyiség több mint 90%-a harcjármű páncéltestén kívül helyezkedik el. Minden magasnyomású hidraulikavezeték, a hűtő- és a kipufogórendszer csövei, illetve az elektromos vezetékek nagy része is a lánctalp felett, a küzdőtértől elkülönített páncélozott részben halad. A harcjárműmotor hűtőrendszerének hűtőradiátorai a küzdőtéri rámpa két oldalán helyezkednek el, ezáltal alacsony hőképet biztosítva a szemből történő hőkamerás felderítés számára.

Természetesen a küzdőtér egy korszerű harcjármű felszereléseivel és berendezéseivel is rendelkezik. A harcjárműben megtalálható a teljes hűtő-fűtő légkondicionáló rendszer, amelynek hűtőteljesítménye 14 kW, fűtőteljesítménye 20 kW, a szállított levegő mennyisége 350 m^3/h. A rendszer, szennyezett terepszakasz leküzdésekor az ABV-szűrővel kombinálva, megtisztított levegővel látja el a kezelőszemélyzetet. Ilyenkor a rendszer által szállított levegő mennyisége, a nagyobb szűrőellenállásnak köszönhetően „csak” 220 m^3/h. A harcjármű küzdő- és motorterét tűzelfojtó rendszerrel látták el, amely a mérgező halongáz helyett semleges szén-dioxid gázzal van feltöltve, a kisebb tüzek oltására kézi poroltó készüléket helyeztek el.

A jármű passzív védelmi rendszerei közé sorolhatók a kezelőszemélyzet és lövészek speciális kialakítású ülései is, amelyeket az akna- és IED-robbanások hatásainak kivédése érdekében a harcjármű tetőpáncéljához rögzítettek. A harcjármű vezetője az Autoflug GmbH. által gyártott SDS[8] típusú biztonsági öveken lógó „hevederszékben” függ. A hevederek elektromos csörlők segítségével állíthatók, a vezető pozícióját attól függően változtatva, hogy nyitott vagy zárt búvóréssel kell egy adott feladatot végrehajtani. A szabályozható vezetőülés és a pedálok két pozícióban történő állítása biztosítja, hogy a különféle testalkatú harcjárművezetők nyitott, vagy zárt búvónyílással történő feladatvégrehajtás esetén is kényelmesen és komfortosan kezelhessék a járművet.

A Lance toronyban lévő ülések típusa LFS–360, beállításuk személyre szabott, amely tág lehetőséget biztosít a különböző testmagasságú személyzet számára az irányzóműszerekhez való hozzáféréshez. Az ülések összehajthatók, vészhelyzetben lehetővé téve a parancsnok és irányzó részére a toronynak a toronykoszorún keresztül történő elhagyását a küzdőtér rámpája felé. A küzdőtérben elhelyezett Schroth SU 63 típusú ülések, mint az a *9. ábrán* is látható, szintén függesztett kialakításúak, ülőlapjuk felhajtható. A belmagasság biztosítja, hogy az ülések alatt és felett elhelyezhető a lövészkatonák felszerelése, fegyvere, tartalék lőszere. (A kisebb változatú, KF31-es harcjárműben azonban a teljes menetfelszereléssel, repeszálló mellénnyel felszerelve csak a vékony testalkatú katonák számára kényelmes az ülés. A biztonsági övek állíthatósága megfelelő a testesebb lövészek biztonságos rögzítésére is.) A küzdőtér padlózata sík, gumiszőnyeggel borított, rajta a felszerelések, tárgyak rögzítésére szolgáló hevederek találhatók, a padló alatt az IED- és aknarobbanások elnyelésére szolgáló, többrétegű padlózatot alakították ki.

A harcjárműbe a bejutás öt búvónyíláson (vezető, parancsnok, irányzó és két búvónyílás a küzdőtér felett) és egy hátsó, lenyitható rámpán keresztül lehetséges. A kezelők a vezető kivételével, a rámpán keresztül is elfoglalhatják helyüket, a vezető, csak vészhelyzetben, a hátsó rögzítőhevederek elvágását követően tud a harcjármű küzdőterébe jutni, és a rámpán keresztül elhagyni a járművet. A tesztek alapján a lehajtható rámpa mérete, a jelenlegi digitális katona architektúrával szerelt lövészek esetében nem elégséges, ezért a KF41 harcjárműnél már jelentősen megnövelték méretét, így szinte felegyenesedve is be lehet jutni az eszközbe. A rámpa üreges kialakítású, amelyben bármilyen felszerelés vagy tartalék anyag, alkatrész, szerszámzat bemálházható. A felnyíló rámpa szélessége lehetővé teszi, hogy egy szabványos EUR raklap[9] beférjen rajta, amelyet a sík kialakítású padlózat is támogat. A rámpa zárását egy hidraulikus munkahenger drótkötélen keresztül biztosítja. Vészhelyzetben – hidraulikanyomás hiányában – egy egyszerű mechanikus vágóberendezéssel



10. ábra. A Lynx KF41-es bal oldali nézete, lenyitott rámpával

a drótkötelet elvágva a rámpa a talajra zuhan, lehetővé téve a harcjármű gyors elhagyását.

A páncéltestbe a rámpa mindkét oldalán tárolódobozokat építettek be. A bal oldaliban található az eszköz NATO-szabványnak megfelelő akkumulátorainak külső indító csatlakozója (bikakábel csatlakozó), míg a jobb oldali dobozban különféle szerszámok, felszerelések elhelyezése biztosított.

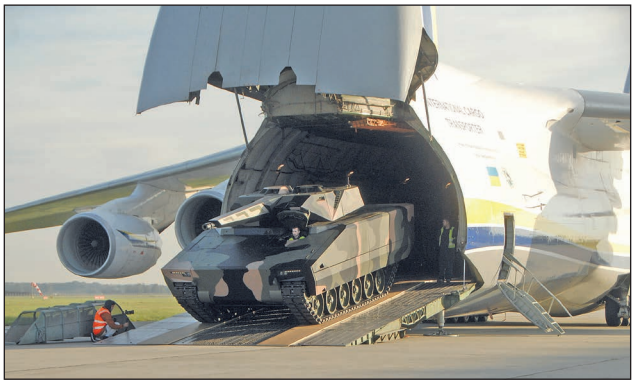
A KF41 páncélteste már jelentősen eltér a KF31-esétől. A páncéltest hosszúságát 50 cm-rel növelték a küzdőtér javára, ezzel akár hárommal több lövészkatona számára biztosítottak helyet. A jobb és bal oldalon elhelyezkedő 4-4 fős lövészraj – szükség esetén – kiegészíthető még egy fővel, akinek ülőhelye a torony forgózsámolya mögé kerülhet. (Az ülés kizárólag a fő fegyverzet tartalék lőszerkészlet-mennyiségének csökkentésével alakítható ki.)

A harcjármű tervezésénél különös figyelmet szenteltek a korszerű LED fényforrások alkalmazására. A lánctalpas harcjárműveket elöl-hátul több, kisebb méretű LED-lámpás menetfénnyel látták el, amely fényálcázó üzemmódra is képes. A harcjármű vezetését a passzív infravörös kamerán felül aktív, vezetői infravörös sugárvető is segíti, amely szintén LED-lámpákkal üzemel.

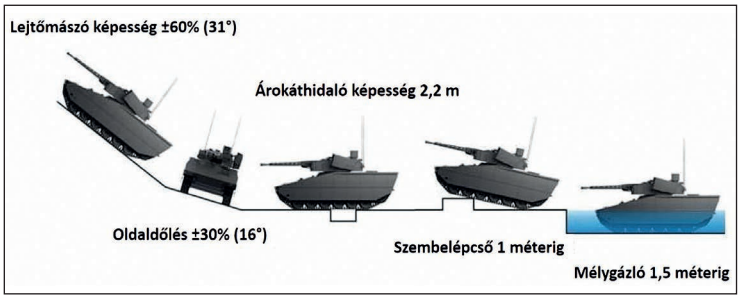
A harcjárművezető billenőtükrös prizmarendszere zárt búvóréssel is lehetővé teszi a vezető részére a környező terület megfigyelését. További segítséget jelent a harcjármű körkörös figyelését lehetővé tevő, és a jármű négy oldalán elhelyezett, nappali és éjszakai fényviszonyok mellett egyaránt működő kamerarendszer is, amely a vezetőn kívül a toronyban, valamint a küzdőtérben elhelyezett képernyőkre továbbítja a képeket. A harcjárművezető a digitális műszerfalon megjelenő adatok alapján tudja figyelemmel kísérni a jármű fontosabb információit.

11. ábra A KF41 (bal oldalon) és a KF31 harcjárművek





12. ábra. A leereszkedő rámpán egy KF41-es harcjármű kigördül az ukrán légierő AN–124 Ruslan teherszállító repülőgépéből (A felvétel helyszíne: Ausztrália)



13. ábra. A KF31 típusú harcjármű akadályleküzdő képessége

Az átépített jármű megnövelt mérete miatt az Airbus A400 katonai szállító repülőgéppel nem légi szállítható, erre csak a C–17 Globemaster III, valamint az annál nagyobb kapacitású szállítógépek, pl. az AN–124 vagy a G–5 Galaxy képesek *(12. ábra).*

A harceszköz, a kívánt védelmi szint biztosítása miatt nem úszóképes, azonban mindenféle előkészítés nélkül, 1,5 m mélységig gázlóképes. Az egyetlen magassági korlátot a farpáncél tetején jobb és bal oldalon elvezetett kipufogócső jelenti. Külön igény alapján a Rheinmetall vállalat képes beépíteni egy olyan pillangószeleppel ellátott kipufogótoldatot, amellyel ez a gázlómélység 2,5 méterre növelhető. A KF31 típusú harcjármű főbb jellemzőit a *13. ábra* szemlélteti. A KF41-esnél ezek az értékek csak az árokáthidaló képességben térnek el, amely – a jármű hosszabb mérete és a futógörgők eltérő osztása miatt – 30 cm-rel nagyobb (2,5 méteres).

(A forrásjegyzéket a cikksorozat befejező részében közöljük – Szerk.).

(Folytatjuk)

Jegyzetek

1 Ocskay István. „A Puma lánctalpas harcjármű rendszeresítésének útja a Bundeswehrben I. rész.” *Haditechnika* 54. évf., 2. szám (2020): 46–48. o. https://doi.org/10.23713/HT.54.2.08.
2 Close Combat Vehicle – harctámogató jármű.
3 Improvised Explosive Device – improvizált robbanóeszközök.
4 Remote Controlled – távirányított.
5 A chain-gun az ORBITAL ATK amerikai fegyvergyártó cég bejegyzett védjegye, jelentése: külső energiával meghajtott fegyver.
6 Military Load Classification – katonai tömegbesorolás.
7 Military of the Shelf.
8 Suspended Dynamic Seat – függesztett dinamikus ülés.
9 Mérete: 1200×800 mm.

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből)

*Ott István Dániel**

A CURRUS ARIES 01 többfunkciós moduláris jármű kifejlesztése és feladatai a magyar haderőben III. rész

Buszok katonai alkalmazása

A tanulmány első része a buszok katonai alkalmazásának történetét vázolta fel, részletesen kitérve a Magyar Honvédségben hadrendbe vett buszok ismertetésére. A szerző korábbi típusok bemutatásával hangsúlyozta, hogy katonai alkalmazásban a moduláris járműveknek személyszállításra, katonai vezetési pontként és sebesültszállításra egyaránt alkalmasnak kell lenniük. A tanulmány második része a CURRUS ARIES 01 többfunkciós moduláris jármű általános műszaki leírását és elektromos rendszerét ismertette. A befejező harmadik rész részletesen foglalkozik a járműfelépítmény moduljaival – három típusváltozatával –, és a német, az amerikai, valamint a francia haderő személyszállító járműveinek bemutatásával nemzetközi kitekintést nyújt a katonai buszok alkalmazására.

A JÁRMŰFELÉPÍTMÉNY MODULJAI

A Magyar Honvédségben szolgáló CURRUS ARIES 01 moduláris járművet jelenleg három típusváltozatban lehet berendezni: alap személyszállítóként, sebesültszállítóként és törzsbuszként.

A jármű padlójába épített sínes, gyorscsatlakozókkal rögzített berendezési tárgyakat az erre kiképzett négy fő néhány óra alatt kicseréli, és adott feladathoz tudja berendezni a járművet.

Személyszállító típusváltozat

Ebben a modulban a honvédségnél alkalmazott busz a vezetőn kívül 40 fő menetre kész, teljes felszerelésű katonát vehet a fedélzetére.

A kettes utasülések Fource Aktív 40 típusúak, jobb oldalon 9, bal oldalon 11 párban elhelyezve. Fokozatmentesen állítható háttámlával, a járóköz irányába oldalt szélesíthető és felhajtható kartámasszal rendelkeznek. Az ülések a járóköz felőli oldalon oldalsó fogantyúval, hárompontos automata biztonsági övvel szereltek.

A vastagabb ruházat, málha és egyéb tartozékok miatt a katonai alkalmazásba került jármű utasülései között nagyobb térközt kell tartani, ezt már az Ikarus E95M tervezésénél felismerték. Civil vagy más szempontú megrendelés esetén akár 45 fő, plusz a vezető is elhelyezhető a buszban.

Az utazást az ülések fölé szerelt klíma-befúvó, LED-lámpa, kapcsolható hangszóró, kísérőhívó és USB-foglalat teszi komfortosabbá *(17. ábra)*.

Sebesültszállító modul

Átszerelés után az autóbusz 12 hordágyon fekvő és 8 ülő beteg szállítására alkalmas. Ehhez először el kell távolítani az utastérből 16 pár (32 ülőhely) utasülést az utolsó két sor

17. ábra. A személyszállító modulban FOURCE Aktív típusú fokozatmentesen állítható ülések, klíma-befúvó, LED-lámpa, kapcsolható hangszóró, kísérőhívó, USB-foglalat teszi kellemesebbé az utazást



* ORCID: 0000–0001–5524–6735

DOI: 10.23713/HT.54.6.12



18. ábra. A jármű 12 hordágyon fekvő sérültet szállíthat. A sérültek közúti szállítására rendkívül szigorú feltételek vonatkoznak, amelyeknek a CURRUS ARIES 01 sebesültszállító változata tökéletesen megfelel

kivételével. Majd a padló gyorszáras rögzítési pontjaihoz kell csatolni a 6 db infúziótartókkal ellátott hordágytartó konzolt, amelyeken a hordágyak egymás fölött helyezkednek el. A Talon II típusú, rögzítőhevederekkel ellátott hordágyak megfelelnek a NATO STANAG-nek, légi szállításra alkalmasak, így a buszból hordágyra rögzítve lehet a sebesülteket repülőre, vagy helikopterbe tenni, illetve az azokról átvett sérülteket a buszban elhelyezni.

A KÖHÉM nagyon szigorú szabályokat ír elő a közúti betegszállításra, ezeket a feltételeket a CURRUS ARIES 01-nek és moduljainak is teljesíteni kellett. A hordágytartót és hordágyakat ezért ötirányú (felfelé, balra, jobbra, előre, hátra) ütközési teszteknek vetették alá, amelyet roncsolódás nélkül kellett a szerkezetnek elviselniük *(18. ábra).*

Törzsbusz

A harmadik elrendezésben a busz mobilvezetési pontként működhet. Ehhez a járműből legalább 8 pár ülést ki kell szerelni, a megmaradtak egy részét egymással szembe fordítva, kisebb tárgyalótér alakítható ki. A felszabaduló helyre a törzs koordinációs munkáját segítő különböző méretű asztal (térképészeti és számítógép-munkaállomások) zárható szekrények, egyéb elektronikus és híradó berendezések kerülnek. Ehhez a feladathoz a CURRUS ARIES 01 minden szükséges vezetékkel, kiállással rendelkezik, de a megnövekedett energiaigény miatt plusz akkumulátorok beszerelése szükséges, annak érdekében, hogy kikapcsolt motorral álló helyzetben, tehát töltés nélkül is huzamosabb ideig működhessenek a rendszerek *(19. ábra).*

19. ábra. Korszerű, elegáns munkakörnyezet – a mobil törzs elrendezés részletei





20. ábra. A Büntetés-végrehajtás Országos Parancsnoksága a jármű alvázán rabszállító változat kialakítását rendelte meg

Civil felhasználók moduljai

A közelmúlt sajtóhírei szerint a CURRUS ARIES 01 buszból a Magyar Honvédség 100 db-os megrendelésén felül a Büntetés-végrehajtás Országos Parancsnoksága 11 db rabszállító *(20. ábra),* a Készenléti Rendőrség pedig 1 db törzsbuszt rendelt. A gyártó pedig a jármű felépítményét kissé módosítva megcélozza a civil távolsági buszok piacát is. A CURRUS ARIES 01 közel jár ahhoz, hogy sikertörténetté váljon, tovább öregbítve a magyar buszgyártás nemzetközi hírét [14].

Kitekintés – katonai buszok a világ hadseregeiben

A közúti személyszállítás minden nemzet haderejében nélkülözhetetlen, sok esetben civil szervezetektől átvett, bérelt járművek képezik az állományt, a kifejezetten katonai szempontok szerint tervezett, áttervezet autóbusz típusból nincs túl sok a piacon. Fontos azonban újra megemlíteni, hogy ezek a járművek csak a békeidős, hátországi feladatokat képesek biztonsággal teljesíteni. Talán éppen emiatt nincsenek annyira az érdeklődés középpontjában, mint a világ konfliktusaiban, hadgyakorlatokon szereplő, nyílt napokon bemutatott felfegyverzett járművek, páncélosok, repülők, harci helikopterek.

A témában járatos olvasóink biztos, hogy fel tudnának sorolni egy-egy nagyobb hadsereg által alkalmazott korszerű haditechnikai eszközt, de az ott alkalmazott autóbuszok típusait aligha. Ezek a járművek ritkán szerepelnek a médiában és a műszaki adataikat tartalmazó szakirodalmat sem könnyű beszerezni.

Mégis – a teljesség igénye nélkül – érdemes megvizsgálni három, a NATO hadseregek körében alkalmazott katonai autóbusz típusválasztékát, összehasonlítva azokat a magyar fejlesztésekkel.

Németország, a második világháborút megelőző időszaktól kezdve jelentős járműiparral, sűrű és kiváló úthálózattal rendelkezik. A két Németország korszakában Nyugat-Németország továbbra is a saját gyártású fegyverekkel és járművekkel szerelte fel a Bundeswehr-t.[1]

Elsősorban a Mercedes és Setra gyár buszait rendszeresítették, személyszállítási feladatok ellátására [15]. Ezek közül vett át az inkurrenciából néhány példányt a Magyar Honvédség 2002-ben.

2005-től a Bundeswehr az olasz Iveco és francia Renault buszgyár divízióinak fúziójával létrejött Irisbus termékeiből rendelt százas nagyságrendben autóbuszokat. Az üzlet



21. ábra. A Bundeswehrben szolgált Irisbus Crossway egy vidéki Volán társaság színeiben



22. ábra. Az amerikai haditengerészet Blue Bird buszába sebesülteket helyeznek át egy C 141B Starlifter teherszállító repülőgépből. A műveletet megkönnyíti, hogy az iskolabuszok mintájára készült jármű hátsó ajtóval is rendelkezik, így a közvetlenül a teherszállítógép rámpájához állhat. A fotó 2003-ban a spanyolországi Rota amerikai légibázison készült

igazi nemzetközi kooperáció, mert a francia, olasz eredetű buszokat a csehországi Vyské Mytoban (a volt Karosa gyárban) szerelték össze [16]. A járműveket személyszállításra használják. Később a Bundeswehr Irisbusainak egy része is Magyarországra került a honvédséghez 2009-ben: 1 db Irisbus Daily Tourys és 3 db Irisbus Evadys H12 [17]. Ennél is több példányt különböző vidéki Volán társaságok között osztottak szét a civil személyszállítást segítve *(21. ábra).* A német hadsereg precíz, magas műszaki színvonalon folytatott üzemeltetésének köszönhetően a buszok megkímélt állapotban érkeztek hazánkba [18].

Az Amerikai Egyesült Államok a motorizáció „őshazája”, ipara a XX. század elejétől tetemes mennyiségű gépkocsit, teherautót, buszt egyéb járművet ontott magából a bel- és külpolitikai viszonyok alakulása szerint polgári megrendelésre és a hadsereg számára is. A gépjárművekkel folytatott közlekedést, (személy-) szállítás terjedését segítette, hogy kezdetektől kiváló minőségű utak, majd autópályák, sztrádák épültek ki összekötve ezzel a kontinensnyi ország legtávolabbi pontjait is. A vonattal, belföldi repülőjáratokkal, saját gépkocsival bonyolított közlekedés mellett nagy hagyománya van az amerikai távolsági buszjáratoknak is. A civil piacra szánt járművek már a második világháború előtt megjelentek az Egyesült Államok Fegyveres Erőiben (United States Armed Forces). A hadba lépés, majd a hidegháború óta, a világ egyik legnagyobb hadereje mögött óriási logisztikai támogatás áll, ebből a személyszállítást végző autóbuszoknak is önálló feladat jut. Az 1930-as, ’40-es évektől főként a GMC (General Motors Company) buszai kerültek hadrendbe, elsősorban a hátországban végezve feladatokat. A második világháború után az USA fegyveres erői, két kontinens tucatnyi országában több száz támaszponton állomásoztak. A különböző országokban található katonai bázisaikon – a helyben használt buszokon kívül – az 1960-as évektől, egészen napjainkig egyre inkább a Blue Bird Company All American típusai terjedtek el az USA fegyveres erőinél. A cég a múlt század ’50-es éveiben alakult, több nagy amerikai autó- és buszgyár együttműködésével. Civil piacra készült termékeik között ott találjuk az amerikai kultusz szimbólummá vált sárga iskolabuszokat is. Ezek „militarizált” változatai kerültek hadrendbe. A legjellemzőbb típus a Blue Bird All American TC/2000, amely 54 db, vagy több üléssel berendezve személyszállító, hordágyakkal szerelve sebesültszállító változatban működtethető, és a megrendelő igényei szerint egyéb speciális berendezéssel is felszerelhető. A hordágyak buszba történő rakodását megkönnyíti, hogy a Blue Bird All American buszok hátsó ajtóval is rendelkeznek – ez egyébként biztonsági előírás is az amerikai iskolabuszoknál [19] –, így például a sebesülteket szállító teherszállító repülőgépek rámpáihoz tolatva, gyorsan lehet ki- és berakodni (*22. ábra*). Az amerikai buszt sok államban rabszállítóként is használják.

A Magyar Honvédség számára tervezett CURRUS ARIES 01 jármű felhasználásával kapcsolatos elképzelések hasonlóak az amerikai hederő Blue Bird All American TC/2000-es buszainak alkalmazásaihoz.

Teljesen más szempontok alapján közelítette meg a katonai busz kérdését a francia hadsereg (Forces armées françaises) az 1970-es évek végén. A tervezők az ACMAT VLRA (Ateliers de Construction Mécanique de L’Atlantique Véhicule de Liaison de Reconnaissanceetd’ Appui) 4×4-es terepjáró tehergépkocsi alvázára építve fejlesztettek ki egy összkerékhajtású autóbuszt [20]. Ez lett az ACMAT VLRA TPK 432 SB. Az ötlet nem egyedi, mert a magyar Ikarus gyár az ADA (Afrika, Dél-Amerika, Ázsia) programban – a 259-es sorozat alkatrészeit felhasználva – ugyancsak készített több terepjáró buszt, a tesztek azonban megrekedtek a prototípusoknál [21].

Az ACMAT VLRA TPK a 432 SB-t 28 db üléssel vagy 6 db hordággyal, és a feladat szerint egyéb speciális felszereléssel lehet ellátni. A sebesültek ki- és behordását itt is hátsó ajtó segíti. Külön érdekesség, hogy régebben a civil felhasználók között, a Párizs–Dakar raliról tudósító újságírók is ACMAT VLRA TPK 432 SB buszokon utazva kísérték a versenyt [22]. A „klasszikus” katonai hadmozdulatokhoz, szárazföldön valóban az összkerékhajtású járművek a legideálisabbak, az ACMAT VLRA TPK 432 SB-vel kapcsolatban azonban meg kell jegyezzük, hogy a mozgékonyság, a speciális kialakítás, behatárolja méreteit. Eleve egy könnyű terepjáró alvázán alakították ki, és ezzel a szállítható személyek számát és más feladatok végrehajtását is limitálták. Ez a jármű inkább egy „öszvér midi busz” a könnyű terepjárók és az autóbuszok között. A terepen megfelelőbbek az eleve erre a célra szerkesztett speciális járművek, míg az európai hátországokban meglévő sűrű, jó minőségű utakon az összkerékhajtás semmilyen előnyt nem jelent a jóval nagyobb méretű és szállító kapacitású katonai alkalmazású közúti autóbuszokkal szemben. Valójában maga a francia haderő sem az európai személyszállítási feladatokra szánta az ACMAT VLRA TPK 432 SB-t, hiszen arra régebben Renault, napjainkban Irisbusokat alkalmaz, hanem kifejezetten a harmadik világbeli

1. táblázat. Az eszköz főbb műszaki jellemzői

Műszaki jellemzők	Műszaki adatok
Típus	CURRUS ARIES 01
Változat	többfunkciós moduláris rendszerű gépjármű
Hosszúság	12 055 [mm]
Szélesség	2 550 [mm]
Magasság	3 550 [mm]
Szabad magasság a futóművek alatt	320 [mm]
Saját tömeg	12 981 [kg]
Megengedett hasznos terhelés	5 800 [kg]
Megengedett csomagterhelés	650 [kg]
Megengedett összes gördülő tömeg	19 000 [kg]
Megengedett mellső tengelyterhelés (’A’)	7 500 [kg]
Megengedett hátsó tengelyterhelés (’B’)	11 500 [kg]
Mellső nyomtávolság (’A’)	2 049 (2 121) [mm]
Hátsó nyomtávolság (’B’)	1 834 (1 915) [mm]
Tengelytávolság A-B tengely között	6 000 [mm]
Mellső terepszög	7,53 [fok]
Hátsó terepszög	7,8 [fok]
Min. fordulási kör sugara	24 [m]
Száll. személyek száma a vezetővel	41 fő
Maximális sebessége	118 km/h (elektronikusan 100 km/h-ra korlátozva)
Motor	Volvo D8K típusú EURO 6, soros 6 hengeres közös nyomócsöves, levegő-levegő visszahűtésű dízelmotor.
Hengerűrtartalom	7 698 cm^3
Legnagyobb motorteljesítmény	240 kW / 326 LE (2100 1/min fordulatszámnál)
Nyomaték	1050–1400 Nm / 950–1700 ford/min
Tengelykapcsoló	Egytárcsás, száraz kivitelű, gyárilag szerelt elektro-pneumatikus vezérléssel.
Sebességváltó + osztómű	12 sebességfokozatú automata Volvo I-shift rendszer, automata nyomatékváltóval.
Mellső futómű (’A’)	Merev felfüggesztésű (névleges terhelés 7500 kg), Volvo gyártmányú, tárcsafékes 2 db hosszanti és 2 db „V” elrendezésű lengőkarral, légrugózással, hidraulikus lengéscsillapítással.
Hátsó futómű (’B’)	Merev felfüggesztésű (névleges terhelés 11 500 kg), Volvo gyártmányú, tárcsafékes 2 db hosszanti és 2 db „V” elrendezésű lengőkarral, légrugózással, hidraulikus lengéscsillapítással.
Fékberendezés	Üzemi fék: kétkörös pneumatikus tárcsafékkel szerelt légfékberendezés. ABS és ASR (Wabco) típusú. *Rögzítőfék*: indirekt működésű, rugóerő-tárolós.
Gumiabroncsok mérete (gumiabroncs szélesség [mm]/ gumimagasságának és szélességének viszonya/keréktárcsa-átmérő [coll/coll])	295/80 R 22,5
Kormányberendezés	Hidraulikus szervokormányú, Volvo TA 565 típusú 20,4:1 áttétel, ZF típusú szivattyú, balkormányos kivitel.
Hatótávolság	~ 1000 km
Üzemanyagtartály	300 l (2 db 150 l-es tüzelőanyag-tartály átfolyó rendszerrel összekötve, jobb és bal oldali betöltéssel).
Elektromos rendszer	24 [V]
Akkumulátorok száma [db]	4
Generátor feszültség/áramerősség	28 [V] /120 [A]

2. táblázat. A különböző hadseregekben, napjainkban és a közelmúltban alkalmazott autóbuszok főbb technikai adatainak összehasonlítása

						
Gyártó nemzet	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Franciaország	Nemzetközi konzorcium, német megrendelésre	Amerikai Egyesült Államok
Típus	Ikarus 256	Ikarus E95 M	CURRUS ARIES 01	ACMAT VLRA TPK 432 SB	Irisbus Crossway 12M	Blue Bird TC/2000
Hosszúság	11 000 [mm]	12 000 [mm]	12 055 [mm]	7155 [mm]	12 000 [mm]	12 192 [mm]
Szélesség	2500 [mm]	2550 [mm]	2550 [mm]	2200 [mm]	2550 [mm]	2440 [mm]
Max. tömeg	16 000 [kg]	19 000 [kg]	19 000 [kg]	7810 [kg]	18 000 [kg]	17 000 [kg]
Motor	Rába D 2156 HM6U közvetlen befecskendezésű, soros, 6 hengeres fekvő dízelmotor	Daimler Chrysler álló elrendezésű, közvetlen befecskendezésű, 6 hengeres soros, turbófeltöltésű, levegő visszahűtésű dízelmotor	Volvo D8K EURO 6, soros, 6 hengeres, közös nyomócsöves, turbófeltöltésű, levegő visszahűtésű dízelmotor	Perkins dízelmotor	Iveco Cursor 8 soros, 6 hengeres, turbófeltöltésű, levegő visszahűtésű dízelmotor	Cummins 5.9 L közös nyomócsöves, turbófeltöltésű, levegő visszahűtésű dízelmotor / a megrendelő szándéka szerint más erőforrás
Henger-űrtartalom	10 350 cm^3	11 970 cm^3	7698 cm^3	5800 cm^3	7790 cm^3	5883 cm^3
Max. teljesítmény/ nyomaték	184 [kW] (250 LE) 883 [Nm]	260 [kW] (354 LE)	240 [kW] (326 LE) 1400 [Nm]	88 [kW] (120 LE)	243 [kW] (331 LE) 1050 [Nm]	242 [kW] (330 LE) 827 [Nm]
Maximális sebesség	100 km/h	100 km/h	100 km/h	100 km/h (műúton)	100 km/h	~100 km/h
Hajtáslánc, erőátvitel	ZF S6–90U, mechanikus, 6+1 fokozatú nyomaték-váltó, hátsótengely-hajtás	Mechanikus, 6+1 fokozatú nyomatékváltó pneumatikus rásegítéssel, hátsótengely-hajtás	Egytárcsás, szárazkivitelű tengely-kapcsoló, automata I-shift nyomatékváltó, hátsótengely-hajtás	Verziótól függően manuális váltó 4+1, vagy 5+1 fokozattal, 4×4 összkerék-hajtás	ZF Ecomat 6 HP 604C, automatikus, 6 fokozatú vagy változattól függően manuális nyomatékváltó, hátsótengely-hajtás	Változattól függően 5+1 fokozatú, manuális nyomatékváltó vagy automata Allison AT–545/ a megrendelő szándéka szerint más típusok
Szállítható személyek	45 fő	43 fő	41 fő	28 fő	35–38 fő, verziótól függően	54–72 fő, verziótól függően
Modularitás	nincs	nincs	Sebesültszállító: 12 hordágy + 8 ülő beteg; törzsbusz: berendezés megrendelés szerint	Átépíthető 13 üléses „delux” kivitelben, sebesültszállító 6 hordágy	nincs	Átépíthető: sebesültszállító, rabszállító, vezetési pont. Berendezés: megrendelés szerint
Gyártás éve	1974–2002	2003–2005	2017-től napjainkig	1979	2005-től	1988–2003



23. ábra. Az ACMAT VLRA TPK 432 SB inkább egy katonai terepjáró koncepcióját testesíti meg. A hátországi alkalmazás viszonyai között alul marad a nagy teherbírású buszokkal szemben. A sebesültszállító elrendezésnél a hordágyak elhelyezését itt is hátsó ajtó segíti

infrastruktúrával rendelkező afrikai és tengerentúli állomáshelyeire, ahol ténylegesen ilyen „terepjáró buszokra” van szükség *(23. ábra).*

Végszó

Napjainkban a Magyar Honvédség teljes megújulásának lehetünk szemtanúi. A magyar járműipar reneszánszát éli, az elmúlt évtizedekben a buszgyártásban szerzett hatalmas szakmai tapasztalat a biztos garancia arra, hogy a honvédség hosszú távra új, korszerű moduláris járműveket rendszeresíthessen. A magyar tervezésű és gyártású CURRUS ARIES 01 busz zöldmezős beruházásban, munkahelyeket és új innovációt adott a hazai járműtervezésnek és kutatás-fejlesztésnek.

A világ nagy haderőiben is alkalmazott autóbuszokkal összevetve, külföldi példák is igazolják, hogy a CURRUS ARIES 01-es jármű és a moduláris rendszerrel kapcsolatos elképzelések életképesek, és nélkülözhetetlenek egy modern haderőben. Az új járművek évtizedekre megoldották a honvédség közúti személyszállítással kapcsolatos feladatait, a fejlődés azonban halad, ezzel párhuzamban a közlekedéssel kapcsolatos újítások sem állnak meg. Mind a civil életben, mind a honvédségnél már kutatják, tanulmányozzák a járműipar új fejlesztéseit, aminek eredményként könnyen lehet, hogy a haderő következő generációs autóbuszai már hibrid, full-elektromos hajtásláncal és akár önvezető rendszerekkel fogják végrehajtani feladataikat.

(A szerző köszönetet mond Kelemen Hunornak [HM CURRUS Zrt. csoportvezető] és Földi Zoltánnak [HM CURRUS Zrt. kereskedelmi osztályvezető] a cikk megírásához nyújtott szakmai segítségükért.)

Jegyzetek

1 Az NDK Volksarmee buszflottája – a Varsói Szerződésnek és a KGST megállapodásnak megfelelően – szinte ugyanolyan típusokkal rendelkezett, mint a Magyar Néphadsereg: magyar gyártású Ikarus különböző típusai és NDK Robur buszok. Az újraegyesítés után ezek a járművek hamar kikoptak a Bundeswehr állományából is. (A szerző.)

(Fotók a szerző gyűjteményéből)

Höflinger József – Juhász Péter – Szollár János

Életünk
A magyar páncélosképzés története
1973–1996



A Zrínyi Kiadó 2019. július 25-én, Tatán, a magyar harckocsizók napján mutatta be *Életünk – A magyar páncélosképzés története 1973–1996* című kötetet, amelyet Lőrincz Kálmán nyugállományú vezérezredes ajánl az olvasók figyelmébe. Az emelt szintű páncélostisztképzés 1973-ban indult. A döntés hátterében elsősorban a tiszti utánpótlás biztosítása, a képzés minőségi színvonalának emelése és a katonai, harcvezetői készségek kialakítása állt. A szerzők – az első évfolyamban (1973–1977) végzett tisztek – átélt élményeiket és közvetlen tapasztalatikat osztják meg a téma iránt érdeklődő olvasókkal, adalékot szolgáltatva a későbbi történészi feldolgozáshoz is. A kiadvány tényekre alapozva mutatja be a Magyar Néphadsereg páncélos fegyvernemének alakulatait, az évfolyam katonai pályafutását meghatározó főiskolai éveket, az emelt szintű páncélostiszt képzés fontosságát. Az akkori Szolgálati Szabályzat kifejezetten tiltotta hang-, kép- és egyéb adatrögzítő eszköz bevitelét a laktanyába (objektumba), digitális technika még nem létezett, ezért analóg, klasszikus fényképezőgépekkel, néhány kivételével fekete-fehérben, nagyrészt titokban készültek a felvételek. A gazdag képi dokumentáció és néhány könnyedebb történet leírása érdekes betekintést nyújt a ’70-es évek katonai életébe. A kötet megírásakor a Magyar Honvédségben már megkezdődtek a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében megvalósuló fejlesztések. Folyamatban van a páncélos fegyvernem újjászervezése, új eszközökkel történő ellátása, a szakemberek kiképzésének egy új, magasabb szintű és korszerű elvek szerinti megvalósítása, amely a páncélos fegyvernem szebb napjait hozhatja el, továbbá hasznos információkkal szolgálhat az új páncélosparancsnoki nemzedék részére. A kötet hadtörténeti és haditechnikai szempontból is kordokumentum, amely a tényadatok mellett a Magyar Néphadsereg hétköznapi életéből is felvillant néhány érdekességet.

A Zrínyi Kiadó által megjelentetett, számos fotóval és dokumentummal illusztrált, puha kötésű kötet terjedelme 280 oldal. 5600 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) Illetve a http://shop.hmzrinyi.hu/eletunk-a-magyar-panceloskepzes-tortenete-1973-1996-604 weboldalon, 2020. 10. 22. – 2020. 12. 17. között, 40%-os kedvezménnyel. (F.K.F.)

Dr. Négyesi Lajos – Dr. Németh András** – Prof. dr. Padányi József*** – Szabó András*****

Zrínyi-Újvár kutatása a hadirégészet eszközeivel I. rész

Módszertani fogalmak

A kutatási területnek mind a nemzetközi, mind a hazai szakirodalomban többféle elnevezése előfordul. Az angol *military archaeology* kifejezés felel meg leginkább a hadirégészetnek. A *battlefield archaeology* tartalmát a csatatérkutatás és a hadszíntérkutatás fedi le, azonban figyelembe véve, hogy a csatatér és a hadszíntér nem azonos fogalmat takarnak, célszerűbb a harctérkutatás kifejezés használata.

A hadirégészeti kutatások cél és alkalmazott módszerek szerinti megkülönböztetése:

– A hadtörténelmi *terepelemzés* a források alapján az események és objektumok helyét, a terep egykori állapotát és a katonai tevékenységre gyakorolt hatását igyekszik rekonstruálni.
– A *hadisírkutatás* a rendelkezésre álló források alapján, az elhunyt katonák sírjainak, maradványainak lokalizálását, a sírok feltárását és az ott tapasztalt jelenségek értelmezését, valamint a csontmaradványok antropológiai vizsgálatát végzi.
– A *roncskutatás* járművek és nehézfegyverek maradványaival foglalkozik (járműroncs és fegyverroncs). A kettő között nem húzható éles határvonal, de rendező elvként elfogadható, hogy a katonai járműveknek személyzete van, tehát embereket szállít, a harcjárművek pedig ezen felül még fegyverzettel is rendelkeznek. A járműroncsoknál megkülönböztetünk vízi, szárazföldi és légi járműveket.
– A *létesítménykutatás*, a hadtörténelem szempontjából értékes információt tartalmazó épített emlékeket vizsgálja. Az egyik csoport az állandó építmények alkotják, amelyek szilárd anyagokból, tartós használatra készülnek (várak, erődök, laktanyák, raktárak, repülőterek, katonai temetők, emlékművek). A másik csoportba a tábori építmények tartoznak, amelyeket egy adott katonai feladat végrehajtása során készítenek (erődítések, sáncok, katonai táborok).
– *A harctérkutatás* során, konkrét események – rendszerint összecsapások – nyomait kutatjuk annak érdekében, hogy a pontos helyszínt meghatározzuk és a tárgyak eloszlása és típusa alapján következtetéseket vonjunk le a történésekre vonatkozóan. Az eseményrekonstrukció szempontjából elsődlegesen azokat a tárgyakat kell figyelembe venni, amelyek nagy valószínűséggel a harc során a legnagyobb tömegben szóródtak el, és a zsákmánygyűjtők számára nem jelentettek értéket. Ezek általában a különböző lövedékek, töltényalkatrészek. A leletanyag eloszlásának grafikus megjelenítése, a tárgyak elemzése során nyert adatokkal kiegészítve alkotja az esemény leletmintázatát, amely alapján rekonstruálható az összecsapás [1].

Hadirégészet a tudományos életben

A modern hadirégészet – ezen belül a harctérkutatás – kezdetének a Little Bighorn-i csatatéren, 1983-ban megkezdett kutatásokat tekinthetjük. A *Richard Alan Fox* és *Douglas D. Scott* által vezetett kutatás kiterjedt az 1876-os csatában elesettek sírjainak régészeti feltárására, valamint a terep műszeres átvizsgálására. Utóbbiba amatőr fémkereső kutatókat is bevontak, akik képesek voltak a nagy kiterjedésű területen megkeresni az összecsapás során elszóródott apró fémtárgyakat. A leletanyag elemzésébe neves törvényszéki antropológusok, fegyverszakértők, történészek is bekapcsolódtak [2].

Hazánkban a hadtörténelmi célú terepkutatások előzményei a 19. század közepéig nyúlnak vissza, amikor a Ma-

ÖSSZEFOGLALÁS: A hadirégészet a hadtörténelem segédtudománya, amely a terepkutatás során elsősorban a történeti régészet szemléletének megfelelően, a levéltári forrásokon alapuló hadtörténeti rekonstrukciók alapján megfogalmazott kérdésekre keres választ. A hadtörténelmi forráskritika egy eszközének is tekinthetjük, azonban a célirányos kutatások során – a természettudomány eszközrendszerét alkalmazva –, képes új információk, tehát új forráscsoport feltárására, azonban ezek értelmezése csak az írott források tükrében adhat tudományos értékű eredményt. A szerzők tanulmányukban Zrínyi-Újvár feltárásának példáján keresztül mutatják be azt az eszközrendszert és módszertant, amelyek használatával hozzájárultak Zrínyi Miklós örökségének megőrzéséhez.

KULCSSZAVAK: hadirégészet, fémkereső műszerek, Zrínyi-Újvár, anyagvizsgálat, jellövő mozsár

ABSTRACT: Military archaeology, as a discipline of military history and in accordance with a historical archaeology approach, aims to answer questions through field survey that are based on historical reconstructions from the relevant archives. It may be considered as a source criticism tool for military historians when, in case of targeted research, and by applying the means of natural science, battlefield archaeology is able to provide new sets of information too. On the other hand, scientific results may only be achieved once these findings are interpreted in the light of written sources. This article aims to present, through the example of Novi Zrin, a set of tools and methodology that contribute to the preservation of the Miklós Zrinyi heritage.

KEY WORDS: military archaeology, metal detectors, Novi Zrin, material testing, signal cannon

* NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000–0002–6632–5575
** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID 0000–0003–2397–189X
*** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID 0000–0001–6665–8444
**** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID 0000–0002–8750–8557

DOI: 10.23713/HT.54.6.13

gyar Orvosok és Természetvizsgálók Egyesülete rendszeres terepbejárásokat tartott a magyar hadtörténelem nevezetes csataterein. A rendezvényeken a kor kiemelkedő hadtörténészei ismertették az ott lezajlott összecsapásokat. 1845. augusztus 9-én például a mohácsi csatatéren *Kiss Károly* katonatiszt, hadtudós, hadtörténész, az MTA tagja tartott előadást a csatáról. [3] Az 1920-as évek második felében *Stein Aurél* Kelet-kutató, az MTA tiszteleti tagja Nagy Sándor ázsiai hadjáratának nyomait kutatta fel, amivel kivívta az európai tudományos körök elismerését is [4].

Az első világháború után, hazánkban jelentős figyelmet kapott a magyar hadtörténelmi múlt emlékeinek kutatása és bemutatása. *Aggházy Kamil* magyar királyi ezredes, katonai szakíró, hadtörténész meghatározó szerepet játszott a hadtörténelmi kutatások tudományos alapvonalainak meghatározásában. Komplex kutatói szemléletét leginkább a Budavár 1849-es ostromáról írt könyve tükrözi [5]. A modern hadirégészet lényege, hogy a hadtörténelmi kutatás alapját jelentő információk elsődleges forrásai a dokumentumok, amelyek az emberi gondolatot őrzik. A másik csoportot a tárgyak jelentik. Ezek tükrében rekonstruálható a múlt, azonban az esemény megjelenítése csak a hiteles helyszínre vetítve lehetséges, ami szükségessé teszi a múltbéli állapotok rekonstruálását. Aggházy szemlélete jelentős hatással volt a Hadtörténeti Múzeum kutatóinak tevékenységére is, akik terepkutatásokat kezdeményeztek, vagy régészeti feltárásban vettek részt. Jelen voltak a budavári földmunkáknál, ahol egy török bronzágyú is előkerült.

A csatatérek kutatásánál elsősorban a terepbejárás, információgyűjtés és az esetleges tömegsírok feltárása kapott hangsúlyt. A magyar hadtörténelem leghíresebb csatatérén, a mohácsi síkon a csata 400. évfordulóján kezdődtek tudományos igényű kutatások. *Gergely Endre*, a Hadtörténeti Múzeum munkatársa terepbejárásokat és ásatásokat végzett az említett területen, de fáradozása nem hozott eredményt [6]. 1959-től *Papp László*, a pécsi Janus Pannonius Múzeum régésze folytatta a terepbejárásokat, amelyek eredményeként azonosította a tömegsírok helyszínét [7].

A hazai hadirégészet aktív területe a várkutatás. Ennek látványos eredménye Bajcsavár feltárása, amely a történeti régészet sikeres példája, ugyanis az ásatás során észlelt jelenségek értelmezése a történészek által felkutatott dokumentumoknak volt köszönhető. [8] Megkezdődött az legújabb kori erődítések vizsgálata is. *Szabó József János* közel egy évtizeden keresztül, rendszeresen vezetett expedíciókat a Keleti-Kárpátokba, hogy az 1941–42-ben épült Árpád-vonal maradványait felmérje és megismerje a védelmi vonal történetét [9].

Az 1980-as évek közepén indult fejlődésnek a magyar roncskutatás. *Tóth Ferenc* és munkatársai a repülőroncsok felkutatásában és kiemelésében értek el szép sikereket. 2007-ben megalakult a Magyar Roncskutatók Egyesülete, amely a hazai harcjármű- és repülőgéproncsok felkutatását és átvizsgálását végzi. A magyar könnyűbúvárok legjelentősebb roncskutató vállalkozása az ezredfordulón a Szent István csatahajó lokalizálása volt az Adriai-tengeren. A merülés során rögzített megfigyeléseik nagyban módosították a csatahajó 1918-ban történt pusztulásával kapcsolatos korábbi nézeteket [10].

2002-ben megalakult a Magyar Hadtudományi Társaság Csata- és Hadszíntérkutató Szakosztálya, amelynek tagjai a magyarországi helyszínek mellett rendszeres kutatásokat folytatnak az első világháborús Isonzó-front szlovén és olasz harcterein. 2003-ban a Hadtörténelmi Közlemények című folyóirat a „Csata- és hadszíntérkutatás” rovattal bővült. 2006-ban *dr. Holló József* altábornagy, a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum (HIM) főigazgatójaként jelentős lépést tett a magyar hadirégészet fejlesztése érdekében, amikor a múzeum szervezetében létrehozta a Hadirégész, Hadszíntérkutató és Hagyományőrző osztályt, amelynek alapfeladata a hadtörténelmi terepkutatások végrehajtása volt. 2011-ben a HM HIM átszervezése miatt az osztályt megszüntették.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, később Nemzeti Közszolgálati Egyetem hadirégész munkacsoportja 2006 óta folytat hadtörténelmi tárgyú terepkutatásokat. Kezdettől fogva szervezi és vezeti a Zrínyi-Újvár védelmi létesítményeit és az 1664-es ostrom nyomait feltáró terepkutatásokat. Részt vállalt a muhi csatatér és a Mohácsi Történelmi Emlékhely területén folyó vizsgálatokban és mérésekben. Komárom térségében az 1848–49-es szabadságharc emlékhelyeit, valamint Esztergom és Budapest területén az Osztrák–Magyar Monarchia korából származó katonai létesítmények lokalizálását, és helyszíni átvizsgálását végezte el.

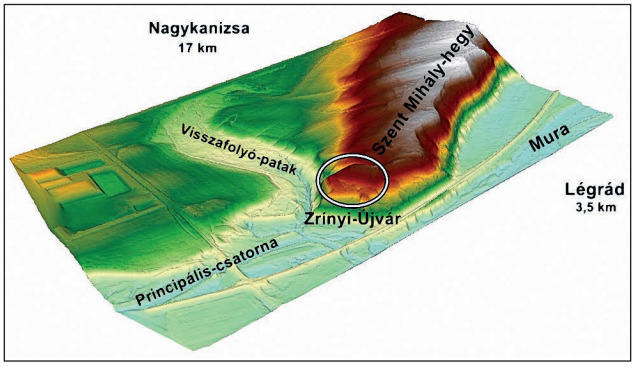
A történelmi múlt kutatása

A természet a civilizációk által hátrahagyott területeken az idő múlásával egyre inkább igyekszik elrejteni az emberi tevékenységek, a történelem nyomait, és az egymást követő társadalmak is rombolták, illetve pusztították a megelőző korszakok örökségét. Nem csoda, hogy a múltunk megismerését végző szakembereknek egyre nehezebb dolga van akkor, amikor különböző írott források alapján próbálják egy történelmi esemény, illetve helyszín minél pontosabb rekonstrukcióját elvégezni. Ez utóbbi probléma fokozottan jelentkezik a hadirégészet, illetve csata- és hadszíntérkutatás során, olyan területeken, amelyeket a természet az elmúlt évszázadok, esetleg évezredek során már teljesen visszahódított.

Ez a jelenség figyelhető meg Zrínyi-Újvár esetében is, ahol a vár 1664-es ostromát és elfoglalását követően, a törökök a cölöpökkel erősített földvár falait és épületeit lerombolták, felgyújtották, kútját betemették. Az eltemetett múlt emlékein az évtizedek során gazdag növényi vegetáció vert gyökeret, míg a törökök felvonulási területének egy jelentős része mezőgazdasági művelés alá került. Az 1950-es években a területen zajló határvédelmi erődítési munkálatok jelentősen megbolygatták a vár környezetét. A kutatások megkezdésének időpontjában már ismét a természet volt az úr, és a várnak semmilyen szemmel látható nyoma nem maradt, így újra meg újra fellángolt a vita a költő, hadvezér és hadtudós Zrínyi Miklós hőstettének helyszínéről.

Ebben a helyzetben a kutatók a korszerű eszközöket és eljárásokat hívhatják segítségül. Az írott történeti források és a különböző korszakokban készült térképek elemzése alapján feltételeztük, hogy a helyszínt közvetlenül a horvát

1. ábra. Zrínyi-Újvár elhelyezkedése (Szerzői szerkesztés)

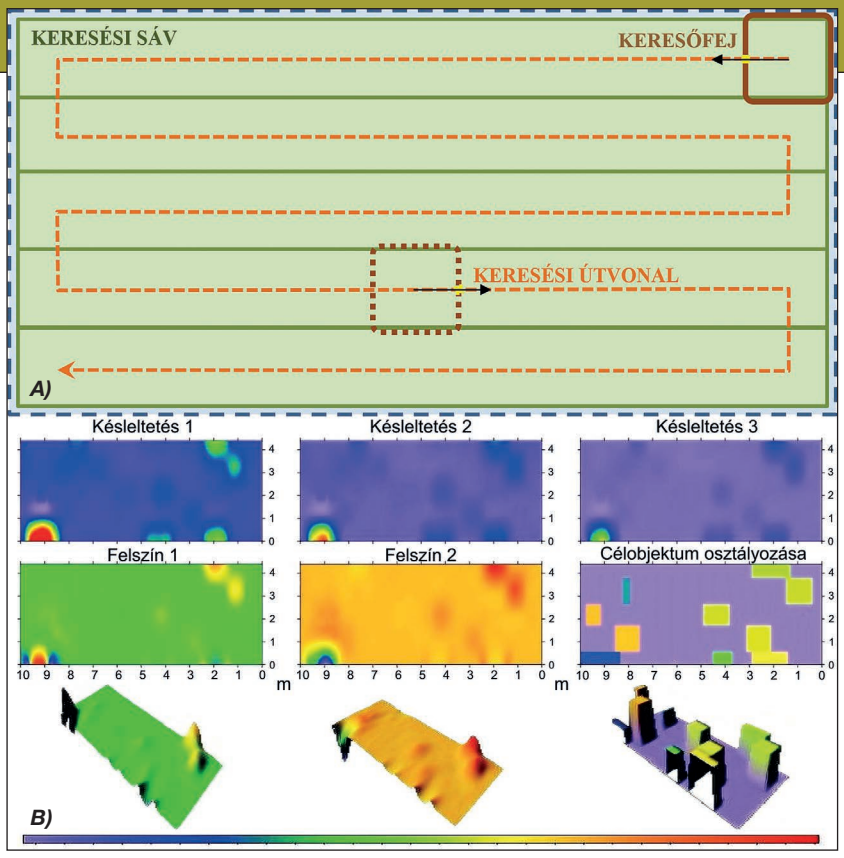


határ mellett, a mai Belezna és Őrtilos községek, azaz Zala és Somogy megye határán elterülő természetvédelmi területen kell keresnünk. Ez utóbbi tény miatt törekednünk kellett arra, hogy olyan technikákat vegyünk igénybe, amelyek egyáltalán nem, vagy minimális mértékben igénylik a környezet, illetve a talaj bolygatását. Végül a Mura bal partján, a Szent Mihály-hegy északi nyúlványában találtuk meg az első nyomokat *(1. ábra).*

Alkalmazott technikák és módszerek

A vizsgálatokat a kutatás kezdeti szakaszában a törökök felvonulási területére és az ostrom helyszínére koncentráltuk, *fémkeresők (2.* ábra*)* segítségével kutatva. Ezek az eszközök – megfelelő felkészültség, optimális beállítások és módszerek esetén – alkalmasak arra, hogy a föld felszíne alatt, különböző mélységekben elhelyezkedő fémtárgyak pontos helyét meghatározzák. A műszer funkcióitól függően arra is képes, hogy megbecsülje a tárgy alapanyagát, nagyságát, az elhelyezkedés mélységét. Ez lehetővé teszi, hogy már a tárgy kiásását megelőzően következtetni tudjunk a várható eredményre. Esetünkben a vizsgált helyszín egy ostromterület volt, így alapvetően muskéta-, illetve ágyúgolyók, repeszek felszínre kerülésére lehetett számítani, amelyek pontos elhelyezkedését, valamint orientációját (pl. becsapódás feltételezett iránya) egy térképi adatbázisban rögzítve, majd később elemezve, értékes információkhoz juthattunk.

A kutatások során a fémkeresőknek több típusát is igénybe vettük. Nagyobb terület előzetes átvizsgálását keretantennával (mélykereső fej) felszerelt, kalibrált Lorenz Deepmax X6 fémdetektorral végeztük, ami számos funkciót és beállítási lehetőséget kínál komolyabb elméleti ismeretekkel rendelkező professzionális felhasználók számára. A műszer által szolgáltatott, GPS-koordináták segítségével meghatározott kisebb keresési területen belül, a tárgyak pontos helyének behatárolását többnyire különböző keresőfejjel felszerelt Garrett GTI 2500-as műszerrel végeztük. A feltárás során a Garrett Pro-Pointer II marokdetektort vettük igénybe a tárgyak megtalálása érdekében [11].



3. ábra. *A)* A terep szisztematikus átvizsgálása keretantennával felszerelt műszerrel, valamint *B)* egy felmérés eredménye (Szerzői szerkesztés)

A szisztematikus átvizsgáláshoz *(3.* ábra*)* keresési sávokat jelöltünk ki úgy, hogy azok határvonalán a keresés során a keret kis mértékben átnyúljon (átlapolás) az információvesztés elkerülése érdekében. A mérés megkezdése előtt a műszeren elvégeztük a kalibrálási folyamatot a fémszennyeződéstől és céltárgytól mentes (előzetesen kézi keresővel átvizsgált) terület fölött. A keresési folyamat elindítását követően a kijelölt sávok fölött, a felszínnel párhuzamosan, azonos magasságban (ezt a terep minősége és az aljnövényzet befolyásolta) és sebességgel mozgattuk a keretet, majd rögzítettük a mérési eredményeket minden sáv végén. A szoftver a feldolgozás során, a csatlakoztatott GPS-vevő által szolgáltatott adatok alapján – a mérés lezárását és az eredmények számítógépre másolását követően – ennek köszönhetően az egyes sávokból gyűjtött adatokat helyesen tudta összeilleszteni. Az így kapott ábrákon (2D, illetve 3D diagramok) az egyszínű háttérből dominánsan kiemelkednek a fémtárgyak által okozott elektromágneses anomáliák, amelyek átvizsgált területen belüli relatív pozíciója így egyértelműen meghatározható. Ilyen eredményre akkor jutunk, ha a műszert úgynevezett feltérképező üzemmódban használjuk, amikor az eszköz egy mérési szekvencia szerint állítja be saját paramétereit (érzékenység, talajkiegyenlítés, késleltetés).

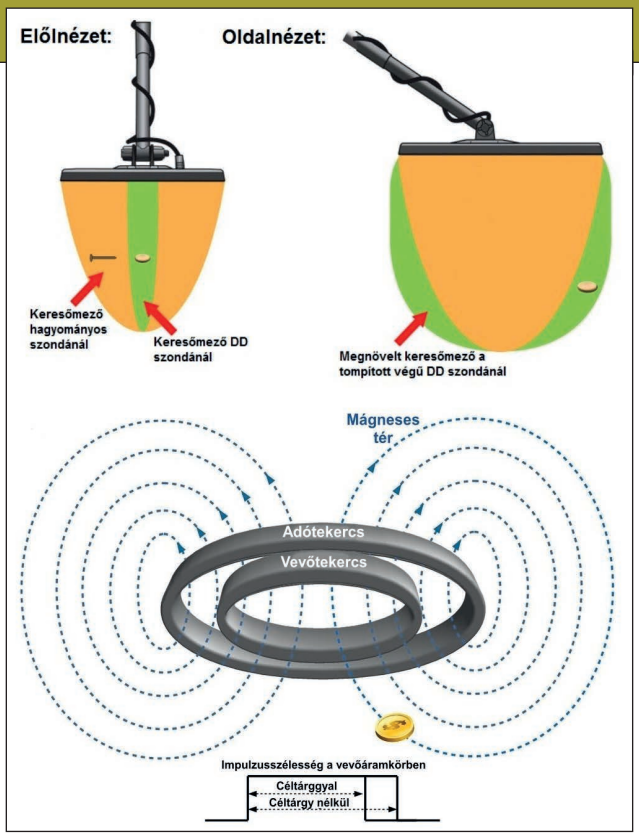
A műszer felderítő üzemmódban különböző mérőfejekkel (pl. kettős D szondával), vagy akár a korábban említett keretantennával is használható a tárgyak pontos helyének (vízszintes pozíciójának) meghatározására, mélységének és anyagának megbecslésére is. Ezekkel a képességekkel már rendelkezik az általunk használt GTI 2500-as eszköz is, amelyet az érzékelt elektromágneses anomáliákon belül a tárgyak pontos helyének meghatározásához használtunk. A marokműszerek (pointerek) az előbb említett eszközöknél lényegesen kisebb érzékenységgel

2. ábra. Fémkeresők használata Zrínyi-Újvárnál



rendelkeznek, így azok alapvetően a feltárás során ásott kutatógödrön belüli tájékozódást, vagy a kiemelt földben a kisebb méretű céltárgyak felderítését teszik lehetővé [11].

A fémkeresők működésének fizikai alapjait a Maxwell-egyenletek foglalják rendszerbe. Általánosságban ezek az eszközök a másodlagos indukció detektálásának elvén működnek, amelynek lényege, hogy valamilyen rádiófrekvenciás jellel (időben váltakozó áram) gerjesztünk egy tekercset (antennát), amelynek hatására a gerjesztő árammal azonos frekvenciájú mágneses tér (primer) alakul ki annak környezetében az Ampére-törvény (Maxwell I.) értelmében. Amennyiben ebbe a váltakozó mágneses térbe jó vezetőképességgel rendelkező (fém) céltárgy kerül, abban – a Faraday törvény értelmében – feszültség indukálódik. A feszültség hatására megindul a töltéshordozók áramlása is, amely azonban egy másodlagos (szekunder) mágneses teret gerjeszt körülötte. Ez Lenz törvénye értelmében lerontani igyekszik az őt létrehozó primer elektromágneses tér hatását. Az utóbbi két jelenséget foglalja össze Maxwell II. törvénye. A szekunder tér nagysága függ a vizsgálójel (primer mező) frekvenciájától és a kisugárzott teljesítménytől, a mérőszonda hullámhosszához képest viszonyított fizikai méretétől, illetve ezzel összefüggésben az iránykarakterisztikájától, a céltárgy alapanyagának vezetőképességétől, valamint a keresőfejtől mért távolságától (mélység) és térbeli orientációjától, továbbá természetesen a talaj összetételétől és pillanatnyi állapotától (pl. nedvességtartalom) *(4. ábra).*



4. ábra. Fémkeresők egyszerűsített működése[4]

A fémkereső működése során fellépő fizikai jelenségekre továbbá még egy tényező hat. Ez a keresőfejnek a földfelszínnel párhuzamos mozgása, amely szintén befolyásolja az abban elhelyezkedő vevőhurok (antenna) kimenetén megjelenő rádiófrekvenciás jel nagyságát. Annak függvényében, hogy a vizsgálójel folytonos, vagy impulzusszerű, illetve hogy a kisugárzott és a vett jel miképp kerül felhasználásra a detekció során, azaz milyen jelfeldolgozási eljárásokat alkalmazunk a céltárgy felderítése érdekében, többféle (pl. VLF[1]-sávú, másodlagos indukció elvén működő; impulzus indukciós – PI[2]; vagy interferenciamérésen alapuló – BFO[3]) működési elvet is megkülönböztethetünk [12].

Fémkeresőink segítségével számos földre hullott és becsapódott muskétagolyót, illetve ágyúgolyót és bombarepeszt találtunk, amelyeknek köszönhetően többek között azonosítani tudtuk az ágyúállásokat. Egy becsapódott ágyúgolyó segítségével megtaláltuk az eredeti várfal erősítésére használt cölöprendszer egy szakaszát is.

A fémkeresők alapvetően fémből készült, vagy fémtartalmú tárgyak felkutatására használhatók, azonban nem alkalmasak a föld alatt lévő egyéb objektumok, képződmények, vagy akár holttestek, emberi maradványok kimutatására. Ezért következő lépésként különböző geofizikai kutatási módszereket alkalmaztunk annak érdekében, hogy az erődről további információkhoz jussunk. Két fontos objektum, amelyek létezését az írott források említik, de felderítésükhöz a korábbi keresési módszerek (talajfúrás és kutatóárok ásása) nem vezettek eredményre, az úgynevezett „sötét kapu”, illetve a vár kútja. Ezek felkutatására a *talajradar* (GPR[5]) alkalmazása jelentett hatékony megoldást *(5. ábra).*

Az ilyen eszközök a fémkeresőkhöz hasonlóan a rádiófrekvenciás spektrumot használják működésük során (jellemzően a 25 MHz-től 2 GHz-ig terjedő tartományban) és ugyanúgy egy adó- és egy vevőegységet, valamint az azokhoz kapcsolódó antennákat tartalmaznak. Az adóantenna által kisugárzott elektromágneses impulzus mélyen hatol a talajba, majd a különböző törésmutatójú rétegek határáról visszaverődik. A terjedés során csillapodott hullámot a vevőantenna alakítja vissza elektromos jellé és továbbítja azt a vevőegységnek. A hullámok talajban történő terjedését, valamint az objektumról történő visszaverődését a közegek fajlagos vezetőképessége, relatív permittivitása (dielektromos állandó) és permeabilitása (mágneses átbocsátó képessége) egyaránt befolyásolja. A kisugárzott és reflektálódott jelek összehasonításával a jelfeldolgozást végző számítógép képes megjeleníteni földfelszín alatti anomáliákat, a környező talajszerkezettől való eltéréseket, amelyet okozhatnak például épületek maradványai, tárgyak, üregek, vagy betöltődések [13]. Az üzemi frekvencia ebben az esetben is alapjaiban határozza meg a detekció különböző határértékeit (mélység, méret).

Régészeti célú igénybevétel során, nagyobb mélységek esetén a különböző talajtípusok csillapítási tulajdonságai miatt a 400 MHz-ig terjedő tartományt alkalmazzák, ami 10–25 méterig lehet hatásos, míg a felszínhez közeli (1-2 m) vizsgálatokhoz megfelelő választás lehet a 400 MHz – 2 GHz közötti sáv, ami lényegesen nagyobb felbontást tesz lehetővé. A vizsgálatokat egy-egy mélységre elvégezve 2D-s, míg a különböző mélységről készített felvételek összeillesztésével 3D-s képet kaphatunk [11].

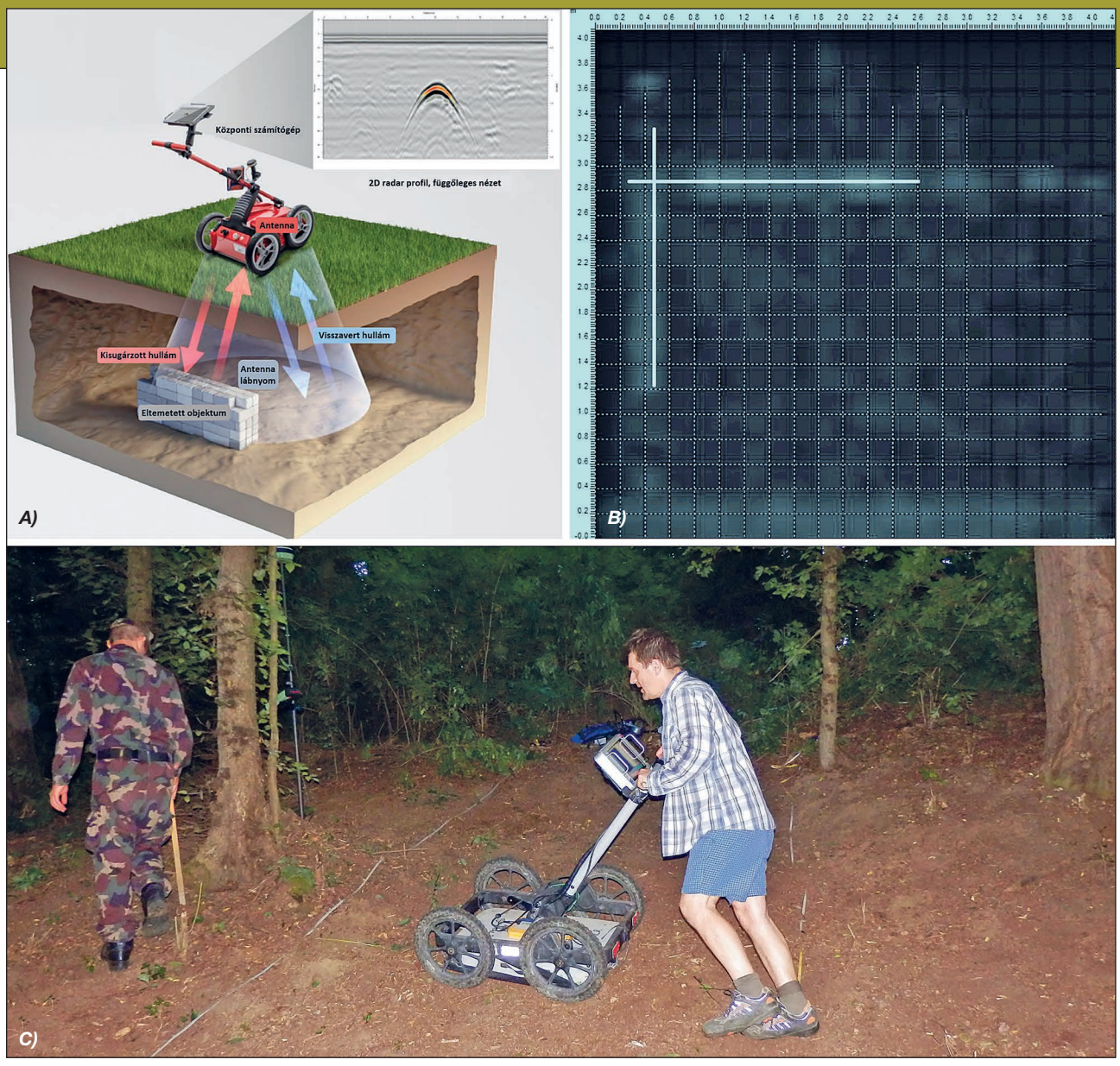
(Folytatjuk)

Felhasznált irodalom

[1] Négyesi Lajos, *Csaták néma tanúi. A csata- és hadszíntérkutatás – hadtörténeti régészet fogalma és módszerei*. Budapest, HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, 2010;

[2] Douglas D. Scott, Richard A. Fox, Melissa A. Connor, Dick Harmon, *Archaeological Perspectives on the Battle of Little Bighorn*. Norman, University of Oklahoma Press, 2000;

[3] Kiss Károly, *A mohácsi ütközet elemzése a csatatéren. A magyar orvosok és természetvizsgálók Pécsen tartott hatodik nagygyűlésének történeti vázlata és munkálatai.* Pécs, 1846, 11–16;



5. ábra. ***A)*** **Talajradaros mérés elve[6];** ***B)*** **a kút mérése során kapott eredmény vízszintes metszete és** ***C)*** **a mérés folyamata**

[4] Stein Aurél, *Nagy Sándor nyomában Indiába*. Budapest, é. n.;
[5] Aggházy Kamill, *Buda ostroma 1849. május 4–21.* A kéziratot szerk. Hermann Róbert,Czaga Viktória. Bp. 2001;
[6] Gergely Endre, Ásatások a mohácsi csatatéren. In: Mohácsi emlékkönyv. 1526. (Szerk. Lukinich Imre.) Budapest, 1926. 349–360;
[7] Papp László, „A mohácsi csatahely kutatása” In: *Janos Pannonius Múzeum Évkönyve 1960*. (Szerk. Dombay János.) Pécs: 1961. 197–252.; Papp László, „Újabb kutatások a mohácsi csatatéren” In: *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 1962*. Pécs: 1963.; Papp László, „A mohácsi csatahely kutatása” In: *Mohács Emlékezete* (Szerk. Katona Tamás.) Budapest, 1987. 251–272;
[8] *Weitschawar. Bajcsa-Vár. Egy stájer erődítmény Magyarországon a 16. század második felében*. (Szerk. Kovács Gyöngyi.) Zalaegerszeg, 2002. http://real.mtak.hu/8202/1/08028.pdf;
[9] Szabó József János, *Az Árpád-vonal. A Magyar Királyi Honvédség védelmi rendszere a Keleti-Kárpátokban 1940–1944* Budapest, 2002;
[10] Balogh Tamás, Csepregi Oszkár, *A Szent István csatahajó és a csatahajók rövid története*. Budapest, 2002;
[11] Németh András, Szabó András, „Zrínyi-Újvár ostromának műszeres kutatása.” In: *Zrínyi-Újvár: Egy 17. századi védelmi rendszer az oszmán hódoltság határán* (Hausner Gábor, Németh András szerk.) Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, (2019): 159–180;
[12] Brandon Neice, *The Metal Detecting Bible Helpful Tips, Expert Tricks and Insider Secrets for Finding Hidden Treasures*, Ulysses Press, 2016;
[13] *Ground Penetrating Radar Theory and Applications*. Elsevier, 2009. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53348-7.X0001-4.

Jegyzetek

1 Very Low Frequency – nagyon alacsony frekvencia (3-30 kHz).
2 Pulse Induction – impulzus indukció.
3 Beat-Frequency Oscillator – keverő oszcillátor.
4 https://www.femdetektor.com/custom/femdetektor/image/data/product/Garrett%20kieg%C3%A9sz%C3%ADt%C5%91k/Keres%C5%91fej/garrett_proformance_dd_22x28cm_keresomezo.jpg (Letöltés ideje: 2020. 7. 7.). https://cdn.instructables.com/F7G/DN32/J5IG0FD7/F7GDN32J5IG0FD7.LARGE.jpg?auto=webp&frame=1&width=1024&fit=bounds (Letöltés ideje: 2020. 7. 7.).
5 Ground Penetrating Radar – földradar, talajradar.
6 http://www.radarteam.se/COBRA_WIRELESS_GPR_web.pdf (Letöltés ideje: 2020. 7. 9.).

(Illusztrációk a szerzők gyűjteményéből)



7. ábra. A 3. honvéd kerékpáros század oszlopban, 1916., Kisrákos (Fotó: HM HIM, 87.77)

*Sőregi Zoltán**

A Magyar Királyi Honvédség első kerékpáros csapatai II. rész

A tanulmány I. része 1897-től, a kerékpárosokra vonatkozó első ismert dokumentált adattól tekintette át a Magyar Királyi Honvédségben alkalmazott kerékpáros csapatok öltözékét, felszerelését és kiképzési szabályzatát, illetve felállításuk és szervezetszerű alkalmazásuk kialakulását, valamint a velük szemben támasztott követelményeket. A 2. rész a hadrendbe állított 1909M Steyr gyártmányú kerékpár műszaki leírását, és a betegszállító típus paramétereit adja közre, majd vázlatosan ismerteti a világháborúban részt vevő honvéd kerékpáros alakulatok szerepét.

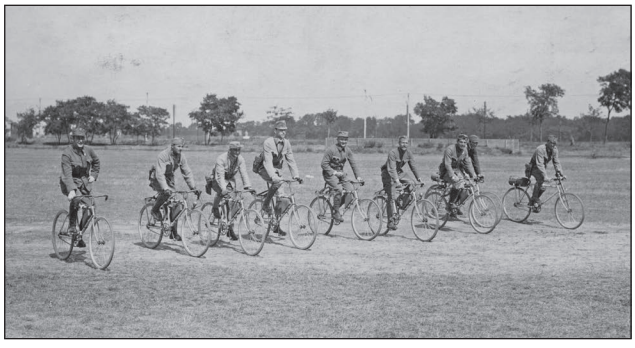
A 1909 M Steyr gyártmányú összecsukható kerékpár főbb adatai

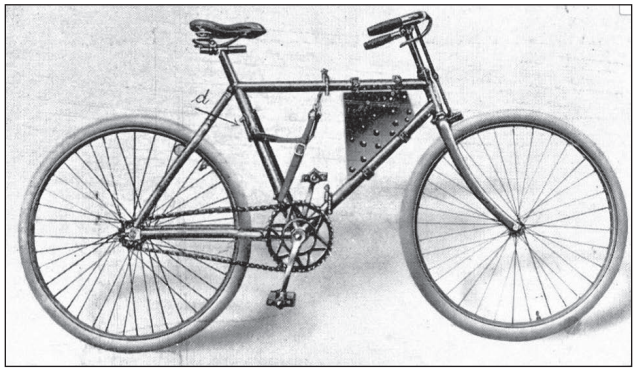
Váz: a hajtótengely középpontjától a nyeregvas felső széléig mérve 500 mm magas, 2 csuklója van az összekapcsoláshoz, csukaszürkére zománcozták.

Kerekek: 28” átmérőjűek, fúvott gumiabronccsal, szürkére zománcozott acélabroncsokkal és küllőkkel.

Agyak: mind az első, mind a hátsó kerék részére tömör acélrúdból gyártva, csereszabatosak, a hátsó kerék tengelye megfelelő nagyságú csavarmenetes, hogy szükség esetén az első kerékben is használható legyen.

8. ábra. Kerékpáros kiképzés, 1916., Kisrákos (Fotó: HM HIM, 107934)





9. ábra. 1909. mintájú katonai kerékpár (Fotó a szerző gyűjteményéből)

Villa: patkó alakú Mannesmann-csőből vont fejjel és erős csövekből vont hüvelyekkel.

Kormány: kissé előre hajló, szarufogantyúkkal rendelkezik, összehajtható. A feszítőcsavar az összehajtókészülék alatt a kormányfejben található.

Fék: közönséges fék, amely az első kereken fékez. A fékemeltyű a fékrúdra hajló kanál alakú fejjel rendelkezik.

Nyereg: B. A. L. nyereg, 9-es számú, erős, nikkelezett rugókkal.

Szerszámtáska: szürke vitorlavászonból készült. A táskában a rendes felszereléshez tartozó szivattyú, az összes csapágy, kónusz, csavar és anyacsavarokhoz való egyetemes kulcs, a javítószerek doboza, valamint esetleges tartalékrészek találhatók.

Zománcozás: a váz, az első kerék, az abroncsok és küllők csukaszürke színre emaillirozottak.[16]

Barnítás: a kerékpár eredetileg fényezett alkatrészei (a kormányrúd, a fék, a hajtókarok, a lánckerekek, az agyak, a csavarok és anyacsavarok) barnított árnyalatot kaptak.

* ORCID: 0000–0003–0222–3470

DOI: 10.23713/HT.54.6.14

Összehajtó-*készülék:* a kerékpár vázának felső és alsó összekötőcsövén egy-egy csukló helyezkedik el, amelynek kinyitása után a váz összehajthatóvá válik. Hasonló szerkezetű a kormányrúd fejénél levő készülék is. A nyeregvascső oldalán egy kampó található, amely a kerékpár összehajtásakor a váz fején levő gyűrűbe kapcsolandó.

Hordkészülék: a váz nyeregvascső jobb oldalára a hordszíj kengyeleket, bal oldalára pedig a kenderből készült, könnyen megfeszíthető hordozóövet szerelték fel. Mindkét hordszíj hajtás közben a váz felső csövén lévő csatba akasztandó. A bal oldali hátsó villacsövön és a támaszcsövön egy-egy karikát rögzítettek, amelybe – felmálházás esetén – a hordszíjak kapcsolandók be.

A kerékpárlámpa: Riemann-féle Germania olajlámpa, amely erős fénnyel világít. A világító anyag 4 rész tiszta repceolaj, és egy rész petróleum keveréke.

A századparancsnok kerékpárján még egy cyclométert (kilométermutató) is felszereltek. Minden tiszti kerékpárt ezenkívül elláttak jelzőkürttel is. Egy-egy szolgálati kerékpár a kincstár számára 198 koronába került.

A betegszállító kerékpár

A kerékpáros századnak két betegszállító kerékpárja volt, amelyeket a gyakorlatok időtartamára a Vöröskereszt[17] bocsátott rendelkezésükre. Ezeken a kerékpárokon menet közben a század sebesültvivői hajtottak. Amikor a század tűzharchoz fejlődött, akkor ezeket a kerékpárokat taligaszerű hordágyakká alakították át. Jó utakon, kemény, sima talajon a sebesültszállításnak másik módját is gyakorolták, ilyen esetekben a hordágy végét egy közönséges szolgálati kerékpár nyeregvasához csatolták, és a sebesültet vontatva szállították.

A motorkerékpárok

A századhoz beosztott 4 db motorkerékpár a graz-i Puch cég gyárában készült. Mindegyik motor kéthengeres, 7 LE-s jármű volt és „mellékkocsi"-t (oldalkocsit) is csatoltak hozzá. Egy-egy jármű a kincstárnak darabonként 2076 koronájába került. A motorok vezetésére a Puch-cég, az 1. honvéd gyalogezred tényleges állományából 4 embert képzett ki. Ezeket a járműveket különféle célokra alkalmazták:

a) mindegyik mellékkocsin egy géppuskairányzó ült, kezében egy géppuskával. (A lőszerkezelő katona rendes szolgálati kerékpáron követte.)
b) mindegyik mellékkocsin egy kerékpárjavító műszerész ült, kezében egy összehajtott tartalékkerékpárral. (Ha egy ember a gépe miatt a századból elmaradt, az egyik műszerész leadott neki egy tartalékkerékpárt, a sérült kerékpárt pedig a helyszínen kijavította és a motorral a század után felzárkózott.)
c) a motorokat küldöncszolgálatra is alkalmazták.

A gépkocsik

A kerékpáros századhoz vonatjárműként négy Csonka 16 LE típusú 2 m^3-es postaközvetítő gépkocsit osztottak be. Ezeket a járműveket a budapesti posta- és távíróigazgatóság bocsátotta az I. kerületi parancsnokság rendelkezésére. Gépkocsivezetőként fegyvergyakorlatra kötelezett postás gépkocsivezetőket alkalmaztak, akiknek a teljesített szolgálatot beszámították fegyveres gyakorlatnak. Polgári fizetésükön kívül szakaszvezetői zsoldban és egyéb legénységi illetményben részesültek.

Minden gépkocsi tetejére felmálházták egy-egy szakasz legénységének a hátbőröndjeit és köpenyeit, majd a csomagokat sátorlapokkal takarták le.

A gépkocsi belsejébe 1 db kötszert tartalmazó bőrönd és 1 db orvosi szereléktáska került, valamint néhány tartalékkerékpár, javító szerszámok, kerékpár-pótalkatrészek, puskához való tartaléklőszerek, tiszti és egyéb poggyász, valamint egy-egy géppuska a hozzátartozó lőszerrel.

A gépkocsivezető lábánál helyeztek el egy főzőládát, amelyben útközben a szakasz számára főztek. A gépkocsik ily módon helyettesítették a lőszer-, konyha-, szerszám- és málhakocsikat.[18]

A kerékpáros-század 1910. augusztus 17-től 31-ig Budapest környékén gyakorlatozott, szeptember 1–10-ig pedig a hadosztálygyakorlatokon és a cs. és kir. 15. hadosztállyal tartott együttes gyakorlaton vett részt.

Általában a következő feladatokat hajtották végre:
– vízválasztó nyereg megszállása és tartása;
– széles erdőövből kibontakozás biztosítása;
– a főcsapat fejlődéséhez támpontul szükséges magaslat gyors elfoglalása;
– az ellenség oldalába való működés;
– közlekedő vonalak, útcsomópontok lezárása;
– a visszavonuló ellenséggel az összeköttetés fenntartása, éjjelező körleteinek felderítése;
– felderítés önállóan, mint felderítő különítmény;
– felderítés a hadosztálylovassággal együttesen;
– erőszakos felderítés;
– tüntetések; az ellenség félrevezetése, előnyomulásának késleltetése;
– rajtaütések;
– mozgó tartalék.

Az 1912-ben lefolytatott gyakorlaton ugyancsak alkalmi kerékpáros alakulatokat állítottak fel.

Az I. honvéd kerület a gyakorlatok idejére egy kerékpáros századot állított ki, amely a 11. honvéd lovashadosztály kötelékében a királygyakorlaton[19] is részt vett. A század – amely 128 főből állt, 124 db összehajtható kerékpárral, és 4 db motorkerékpárral volt felszerelve – három lövészszakaszt állított ki egyenként 26 fővel, és egy géppuskás osztagot 39 fővel. Ezenkívül mind a hét honvédkerület egy-egy kerékpáros félszázadot állított fel, egyenként 80-80 db, a 20. honvéd gyalog tartalék hadosztály 1 kerékpáros századot 120 db összehajtható kerékpárral.[20]

Az 1913 nyarán Tolna vármegyében, a Tamási járás területén lebonyolított nagyszabású lovassági hadgyakorlaton is részt vettek a honvéd kerékpárosok a „10. lovashadosztály kötelékében, amely ez alkalommal a 8. és 10. huszárezredből, az 1. és 7. honvédhuszárezredből, a 4. és 5. lovaglótüzér osztályból, egy honvéd kerékpáros századból és két géppuskaosztagból állt".[21] Az ellenfél is alkalmazott kerékpárosokat: az alkalmi kombinált lovas hadosztály (5. dragonyos, 6. huszár-, 12. ulánusezred, két kerékpáros század és egy géppuskaosztag) a közös (császári és királyi) haderő kötelékébe tartozó 24. és 29. vadászzászlóaljak kerékpáros századait vetette be[22]. A honvéd kerékpárosok részt vettek az I. Ferenc József születésnapja alkalmából augusztus 18-án rendezett tamási díszszemlén is.[23]

Az 1913. őszi gyakorlaton az I. és II. honvéd kerület állított fel egy-egy alkalmi kerékpáros századot, egy-egy kerékpáros géppuskás osztaggal, amelyek a századok IV. szakaszaként működtek. Részletesen a II. honvéd kerület által Bodó János főhadnagy[24] parancsnoksága alatt kiállított, a gyakorlat idejére a 11. honvéd lovas hadosztályparancsnoksághoz beosztott kerékpáros géppuskás osz-

tag felépítését ismerjük: a géppuskás osztag állománya 39 fő volt (1 alantos tiszt, 1 szakaszvezető, 2 tizedes, 2 őrvezető, 30 honvéd, 1 műszerész, 1 fegyvermester és 1 tisztiszolga). Beosztás szerint 1 tiszt szakaszparancsnok, 1 szolgálatvezető, 1 távmérő, 1 küldönc, 2 irányzó, 2 puskavivő, 2 tartalékpuskavivő, 2 állványvivő, 2 tartalék állványvivő, 20 lőszervivő, 2 viztartóvivő, 2 szerelékes ládavivő (a műszerész és a fegyvermester) és 1 tiszti szolga. A tisztek és a teljes legénység 1909. évi mintájú katonai összehajtható kerékpárral voltak ellátva. A 39 kerékpárból 7 rendesen összehajtható volt (a tiszt, a szolgálatvezető, a távmérő, a küldönc, a 2 irányzó és a tisztiszolga kerékpárja), a többit a puska és egyéb anyag fölmálházásához megfelelő hordkészülékkel látták el.[25]

Kerékpárosok a világháborúban

Az első világháború kitörésekor a kerékpárosok honvédségi kötelékben történő alkalmazása két módon történt. A honvéd lovashadosztályok hadrendjébe egy-egy kerékpáros század került. Az 5. honvéd lovashadosztály alárendelt alakulata az 1. (felállítója az I. honvéd kerület a 30. honvéd gyalogezrednél Budapesten), míg a 11. honvéd lovashadosztályé a 2. honvéd kerékpáros század (felállítója a II. honvéd kerület a 3. honvéd gyalogezrednél Debrecenben) volt.[26] A századoknál szolgáló katonákat valószínűleg kerékpározási tudásuk alapján vezényelték a felállító kerület állományából. Nagy hangsúlyt fektettek arra, hogy a tiszti állománynak legalább a fele a tényleges állományból kerüljön ki, míg a legénységnél a tartalékosok aránya megegyezzen a felállító kerület által mozgósított gyalogsági alakulatokéval. A tartalékos legénységet a mozgósításig eredeti alakulatának állományában tartották nyilván, a mozgósítást követően a kerékpáros századot felállító gyalogezred állományába került. A megalakuló honvéd kerékpáros századok az alábbi módon épültek fel:

Tisztek:
- 1 századparancsnok (főhadnagy vagy százados),
- 4 alantos (beosztott) tiszt, szakaszparancsnok,
- 1 orvos vagy segédorvos-helyettes.

Valamennyien kerékpárosok, gyalogtiszti karddal és ismétlőpisztollyal voltak ellátva.

Legénység:
- 126 fő, köztük a szakbeosztásokat (számvivő, fegyvermester, mechanikus stb.) ellátó altisztek is.
- 8 fő motorkerékpáros, akiket nem a tartalékosok közül vezényeltek, hanem a honvédelmi miniszter vezényelte őket.

Fegyverzetük jellemzően szurony és ismétlőkarabély, illetve egyes beosztásoknál kardszurony és ismétlőpisztoly volt.

A századot – amely három kerékpáros szakaszból és egy géppuskás osztagból állt – összesen 124 db tiszti és legénységi kerékpárral, valamint 4 db tartalék kerékpárral szerelték fel. Emellett 2 db teherautó és 2 db motrokerékpár tartozott a század állományába. Egy kerékpáros szakaszba egy szakaszvezetőt, két-két tizedest, illetve őrvezetőt, egy kürtöst és 17 honvédot osztottak be harcos állományként, emellett egy tisztiszolga és egy tizedesi rendfokozatú mechanikus tartozott a szakaszba. A géppuskás osztagnak 2 db géppuskája volt, amelyeket a hozzájuk tartozó szerelékekkel, illetve lőszerrel együtt legénységi kerékpárokon továbbítottak.

Itt emlékezünk meg a magyar honvéd kerékpárosok első ismert tiszti hősi halottjáról: Sáfféry Lajosról. A 30. honvéd gyalogezred állományába tartozó főhadnagy 1915. június 25-én Dobronoutznál (Bukovina) éjjeli támadásra indult az 1. honvéd kerékpáros század élén, amikor gránáttalálattól hősi halált halt. A helyszínen temették el, testét családja később Pécsre szállíttatta, ahol végső nyugalomra helyezték.

De a hadvezetés az önkéntes kerékpárosok intézményét is fenntartotta. Egy 1914. november 28-án közzétett felhívás szerint a budapesti katonai parancsnokság területén népfelkelési kötelezettség alá nem eső állomány részére önként jelentkezőket toboroztak önkéntes kerékpáros szolgálatra. Jelentkezési feltételek: 17. életév betöltése, katonai szolgálat teljesítése és feddhetetlenség. A jelentkezési határidő 1914. december 5-én volt Kislinger Károly századosnál, a Falk Miksa utca 9.-ben (Károly főherceg laktanya).[27]

A felállított önkéntes kerékpáros kötelékeket a harctérre vezényelték, alkalmazásukról csupán töredékes adataink vannak. A dokumentumok szerint 1915 augusztusában a császári és királyi haderő kötelékében működő kerékpáros vadászzászlóaljat[28] egy honvéd kerékpáros századdal is kiegészítették, így a zászlóalj 5 század + 10 géppuska erejű lett. Valószínű, hogy a kerékpárosok alkalmazásának fentebb ismertetett előnyeit már felismerték, de a háborús körülmények megnehezítették a szervezést és alkalmazást. Erre utal, hogy 1915. október 1-jén a Városligetben tartott nagyszabású katonai ünnepélyen részt vettek a budapesti kerékpáros önkéntesek, valamint egy kerékpáros géppuskás osztag is. A program szerint: *„(..) 1. Szabad gyakorlatok. Bemutatja a cs. és kir. 32. és 38. gyalogezred pótzászlóaljaiból 10-10 ember. 2. A m. kir. honvéd kerékpáros-géppuskásosztag gyakorlatai. Bemutatja 20 ember. Az ellenség tűzzel való rajtaütése zártrendü alakzatból. (...) 4. A budapesti Önkéntes kerékpáros-század gyakorlatai. Bemutatja 60 ember. Zártgyakorlatok. Tűzzel való meglepetésszerű támadás. A harc megszakítása. (...)”.*[29]

A korabeli sajtó így írt az eseményről: *„A háttérből egyszerre kerékpáros csapat száguldott a színre. Alig vettük észre érkezésüket. Szempillantás alatt leugrottak gépeikről, földre vetették magukat és riasztó puskatüzet adtak. A budapesti önkéntes kerékpáros század mutatta be, miként támadja a meglepetésszerűen fölbukkanó ellenséget.”*[30]

A különféle alkalmi, szakasz–század erejű önkéntes csoportokat 1915. október 30-tól *„népfelkelő kerékpáros zászlóalj”* (század, szakasz) elnevezéssel alakulattá szervezték. Tagjaik rendfokozatukat rozettákkal jelezték, valamint gallérjukon hatküllős kerék utalt a csapatnemre.[31] A vonatkozó rendelet szövege szerint:

„Tiszti szolgálatot teljesítő egyének arányból csillagrózsácskát és aranyozott fémből sajtolt kereket, a legénység celluloidból készült kereket, az altisztek pedig ezen kívül celluloidból készült csillagrózsácskákát viselnek. Az őrmesteri gallér-paszományka zöld színnel átszőtt sárga selyemből készül. A zászlóaljparancsnokok (VIII. rangosztály) ezenkívül a törzstiszti paszomány mintázatával azonos, zöld színnel átszőtt széles ezüst gallér-paszományt viselnek. A zászlóalj parancsnokok az ezüst paszományon egy-egy arany csillagrózsácskát viselnek. Félzászlóalj- és századparancsnokok 3, félszázadparancsnokok 2, a többi tiszti szolgálatot teljesitő egyének I csillagrózsácskát viselnek. Tiszti szolgálatot teljesítő összes egyének számára ezüst, altisztek számára zöld színnel átszőtt fehér gyapjúból készült kardbojt rendszeresittetik.”[32]

1916-ban a sorgyalogság kötelékében már 5 honvéd kerékpáros század létezéséről rendelkezünk részinformációkkal.

Az 1917. évi március hó 17-én kelt 26. számú Rendeleti Közlönyben (Szabályrendeletek) közölt, 25256/eln. 7. számú Körrendelet – több más csapatnemi jelvénnyel együtt – már tombakból[33] készült kerékpáros csapatjelvény



10. ábra. A cs. és kir. kerékpáros zászlóaljban szolgáló honvédtisztek 1916. elején. 1. Teodorovics János szds., 2. Bonda Géza hdgy., 3. Valentin Ottó hdp., 4. Wuchkler István hdp., 5. Fábián István hdpj. őrm., 6. Szép József zls. (Fotó a szerző gyűjteményéből)



12. ábra. A 3. honvéd kerékpáros századhoz vezényelt 1. honvéd gyalogezredbeli honvédek csoportja a kisrákosi gyakorlótéren, 1916. (Fotó: HM HIM, 91035)



13. ábra. A 3. honvéd kerékpáros század tisztikara, 1916., Kisrákos (Fotó: HM HIM, 87.74)



11. ábra. A katonai zubbony gallérján a kerékpáros csapatnemi jelzés látható (Fotó a szerző gyűjteményéből)

rendszeresítéséről is intézkedett. A rendelet szövege szerint: *„A honvéd kerékpáros századok és kerékpáros osztagok összes személyei által, a galléron és a sapka baloldalán. A csapatoknál szervezetileg beosztott egyéb kerékpárosok e jelvényt csakis a galléron viselik, a sapka baloldalán pedig az őket megillető csapatjelzést viselik.”*[34] A jelvény viselését a december 22-én kiadott Rendeleti Közlönyben szabályozták.

A harctéren tartózkodó önkéntes kerékpáros alegységekből 1918 januárjában két önkéntes kerékpáros századot szerveztek, amelyeket beolvasztottak a kerékpáros vadászzászlóaljba, valamint a megalakuló honvéd kerékpáros zászlóaljba. A két zászlóaljból ugyanakkor egy-egy régi századot kiemeltek, és egy harmadik újonnan szervezett önkéntes kerékpáros századdal megerősítve megalakították a 2. kerékpáros vadászzászlóaljat.[35]

A hátországban az első kerékpáros póttest 1917 tavaszán, Vácon alakult meg. A közelebbi időpont nem ismert, de a helyi sajtó április 15-én írt arról, hogy *„egy századnyi nagyságú kerékpárososztag érkezett egy százados és több oktató tiszt vezetése alatt, a kik a további intézkedésig váci lakosok lesznek.”*[36] 1918. február 28-tól a felállított pótosztag hivatalosan is pótszázaddá alakult[37] a budapesti I. honvéd kerületi parancsnokság alárendeltségében, váci székhellyel. A megalakuló pótszázad részére 150 gyakorló kerékpárt utaltak ki, valamint a javításhoz szükséges műhelyfelszerelés kiutalásáról is intézkedtek. Állománya 15 tiszt, 45 altiszt, 420 honvéd, a géppuskás pótszázadé 5 tiszt, 10 altiszt, 50 honvéd.[38] A pótszázad 1918. 04. 21-én Kiskunfélegyházára települt át, ahol – közvetett adatok szerint – a háború végéig állomásoztak.

1918. július 1-én beosztottak a zászlóalj mellé egy géppuskás századot, ugyanakkor minden kerékpáros század IV. szakaszát géppuskássá szervezték 4 szabványos géppuskával[39] (a kerékpáros zászlóaljak kerékpáros századainak egy szakasza még az 1920-as években is géppuskás szakaszként szerepelt[40]). A kerékpáros pótszázad állománya – amelynek elérésére a szabályok szerint minden hónap 1-re törekedni kellett – így a következőképpen módosult: 7 tiszt, 20 altiszt, 180 honvéd, a géppuskás pótszázadé 6 tiszt, 12 altiszt, 60 honvéd.[41]



14. ábra. Kerékpáros honvéd ügyességi jelvénnyel és általános rohamcsapatjelvénnyel 1918-ban (Fotó a szerző gyűjteményéből)



15. ábra. Kerékpáros géppuskás szakasz rajvonalban, 1916., Kisrákos (Fotó: HM HIM, 87.76)

Az 1. honvéd kerékpáros zászlóalj 1918[42]

A zászlóalj Baselga de Piné-ban[43] alakul meg, a tényleges hadrafoghatóságot azonban csak lassan érték el. Mindvégig az olasz harctéren tevékenykedtek.1918. január 25-én Theodorovits János százados[44] vette át a formálódó zászlóalj parancsnokságát. Az alakulat csak lassan épült ki: a megalakuláskor élelmezési létszáma 310 fő volt, 1. és 2. százada 1-1, a 3. és 4. százada 2-2 géppuskás szakaszból állt, és még a február 7-ei állapota szerint is legfeljebb egy géppuskás századként vehették számításba. A személyi és anyagi kiegészítés folyamatosan érkezett, február 25-én 2 db 9 cm-es aknavetőt, 2 db kis gránátvetőt állítottak csatasorba, majd március 1-én 124 fő pótlás érkezett. 16-án bevethetővé vált a zászlóalj vonata is, amely ekkor 10 db 3 tonnás teherautóból, valamint egy további, ismeretlen rendeltetésű járműből állt. Ezt követően a kezdetben 10 tisztből és 396 főnyi legénységből álló alakulatot a délnyugati (olasz) harctéren alkalmazták. A zászlóalj parancsnokságát később Lemberkovics Alajos százados[45] vette át, aki a Monarchia összeomlását követően, 1918. november 24-én Kiskunfélegyházára vezette haza a 280 főből álló, 1 db személy-, 2 db teherautóval, 4 db motorkerékpárral, 2 db mozgókonyhával, valamint 137 db kerékpárral rendelkező alakulatot.

(A szerző a cikk megírásához nyújtott segítségért ezúton mond köszönetet Áts Istvánnak, Bálint Ferencnek, Kajon Árpádnak és Ocskay Zoltánnak.)

Jegyzetek

16 Zománcozási eljárás.
17 Magyar Szent Korona Országai Vörös-Kereszt Egylet.
18 Szilágyi Lajos, Piskárkosi: „Honvéd kerékpáros század” In: *Magyar Katonai Közlöny*, 1911., 27–29. o.
19 A király jelenlétében, illetve vezetése mellett végrehajtott nagyobb szabású őszi hadgyakorlat.
20 *Pesti Hírlap*, 1912. 08. 08., 8. o.
21 *Tolnavármegye és a Közérdek*, 1913. augusztus 18., 2. o.
22 Uo., 1913. július 14., 3. o.
23 Uo., 1913. augusztus 21., 2.o.
24 Bodó János, diósadi (Töröktopolya, 1886–?, 1961.) A nagyváradi hadapródiskola elvégzése után 16 évig, mint tényleges honvédtiszt szolgált a szegedi magyar királyi 5. honvéd gyalogezrednél. A háború alatt harctéri szolgálatot teljesített, mint a III. zászlóalj géppuskás osztagának parancsnoka. Katonai pályája alatt tudományos irodalmi munkásságot fejtett ki. Számos szakfolyóirat állandó munkatársa volt, több könyvet is írt. A háborút követően őrnagyi rendfokozatban nyugállományba vonult, majd politikai pályára lépett.
25 Bodó János: „A géppuskákról. Kerékpáros géppuskás-osztagok.” In.: *Magyar Katonai Közlöny*, 1914., 259–263. o.
26 Szakonyi Lajos – Markó Árpád et al.: *A magyar huszár. A magyar lovaskatona ezer évének története*. Budapest, Reé, 1936., 194. o.
27 *Pesti Hírlap*, 1914. november 28., 6. o.
28 A kerékpáros vadászzászlóalj a 11., 20., 24. és 29. vadászzászlóaljak kerékpáros századaiból alakult meg a mozgósításkor, és a császári és királyi 7. lovashadosztály alárendeltségébe került. Később – a honvéd kerékpárosokhoz hasonlóan – a délnyugati harctéren folytatta a háborút.
29 *Az Est*, 1915. 10. 02., 2. o.
30 *Budapesti Hírlap*, 1915. 10. 02., 8. o.
31 Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára, 1915. 10. 30., 449. o.
32 Uo.
33 Aranysárga színű rézcink-ötvözet, amelynek cinktartalma a 18%-ot nem haladja meg.
34 *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára*, 1917. 12. 22., 685. o.
35 Kemechey Jenő: „A kerékpáros szervezés múltja és jelene”, 33. o. In: *Magyar Katonai Szemle*, IV/2. 1934.
36 Váci Hírlap, 1917. 04. 15., 2. o.
37 HM 736 eln. 1/1918.
38 Uo., 1. melléklet.
39 Uo.
40 Erdeős László*: Egy emberöltő a zászló alatt háborúban és békében*. Attraktor kiadó, 2012., Budapest.
41 HM 15022 eln. 1/1918.
42 Hadtörténelmi Levéltár II. 3969. doboz, Az 1. honvéd kerékpáros zászlóalj iratai.
43 Település Olaszországban, Trento megyében.
44 Theodorovits János (?-?) a Ludovika Akadémián 1907. augusztus 20-án avatták hadnaggyá, a szatmári 12. honvéd gyalogezredbe nyert beosztást. 1915-ben a 24. vadászzászlóaljnál volt beosztva (feltehetően annak kerékpáros századánál). 1918. elején a 12. honvéd gyalogezred állományába tartozott. 1923-ban a hajmáskéri 2. honvéd kerékpáros zászlóalj kötelékében szolgált.
45 Lemberkovics (Lemberkovits) Alajos vezérőnagy (Négyes, 1888. június 14. –?) eredeti alakulata a 15. honvéd gyalogezred volt. A pályafutásáról jelenleg ismert adatok szerint 1914. augusztus 28-tól a magyar királyi 1. honvéd kerékpáros század megbízott parancsnoka volt, majd 1917.08.20-ától az 1. honvéd kerékpáros zászlóalj parancsnoki teendőit látta el. Ezek az adatok több helyen ellent mondanak a jelen tanulmányban szereplő újabb értesüléseknek. Vö. Szakály Sándor: A magyar katonai felső vezetés, 1938–1945. Lexikon és adattár. Ister Kiadó, Budapest, 2001., 202–203. o.

Szemléletváltás a haderő minden területén!

Interjú Bozó Tibor vezérőrnaggyal, a Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság parancsnokával



„Kívánatos a tudomány eszközeivel az érdeklődők elé tárni az új technikai eszközöket, összehasonlításokat tenni és elgondolkoztatni az olvasót” – vallja a Haditechnika folyóirat szerepéről Bozó Tibor vezérőrnagy

A Haditechnika folyóirat laptulajdonosi jogkörét 2020. augusztus 1-től a Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság (MH TP) vette át. Bozó Tibor vezérőrnagyot, a NATO-mintára alapított új katonai szervezet parancsnokát a parancsnokság oktatási, képzési és tudományos feladatairól, valamint a Haditechnika folyóirat kommunikációs szerepéről kérdeztük.

H.T. – Tábornok úr, beszélgetésünk elején kérem ismertesse meg olvasóinkkal a transzformáció katonai jelentését, fogalmát, valamint azokat a területeket, amelyek a Transzformációs Parancsnokság tevékenységi körébe tartoznak.

A transzformáció egyfajta átalakítást, megújítást, képességfejlesztést jelent. Az átfogó transzformáció érinti a haderő minden összetevőjét és képességét. Ezek közé tartoznak például a doktrínák, a műveleti eljárásrend, a logisztika, a felkészítés, a kiképzés, valamint a személyi állomány kiválasztása és az állomány gondolkodásmódja. Mindaz, ami a honvédségben nem anyagi, materiális, hanem szellemi tőke – többek között a tudástár, a szabályzatok és szabályzók, a tudományos munka, valamint a tapasztalatfeldolgozás, a doktrínák, a képzés és kiképzés, a tiszt- és altisztképzés – a Transzformációs Parancsnokság és alárendeltjeinek hatáskörébe tartozik. Természetesen nem létezünk nemzetközi környezet nélkül, amellyel szeretnénk nagyon jó kapcsolatot kialakítani. A régióban elsősorban a V4-es tagországokkal (Csehország, Lengyelország és Szlovákia) szoros az együttműködés, valamint természetesen a NATO ACT-vel (Allied Command Transformation – szerk.), a nagy organizmussal, aminek tagjai vagyunk. Az ACT alárendeltségében működő Kiválósági Központok és Training Centerek a szakmai területeken közvetlen kapcsolattartást biztosítanak.

H.T. – A Magyar Honvédségben milyen történelmi előzmények és döntések nyomán hívták életre a Transzformációs Parancsnokságot?

Szeretném megvilágítani a történelmi hátteret. Magyarország 1999. március 12-én csatlakozott a NATO-hoz, ezzel tagja lett Észak-atlanti Szerződés politikai és a katonai szervezetének. A Magyar Honvédség különböző egységeinél már korábban is léteztek NATO-orientációs gyakorlatok, feladatok és munkacsoportok. Pályafutásom során magam is részt vettem hasonló szakmai teamekben. 2020-ban elérkezett az a történelmi pillanat, amikor a Magyar Honvédség felső vezetése úgy döntött, hogy szervezeti átalakítással a transzformációs feladatokat egyetlen katonai szervezet kezébe adja. A Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság megalakításának elsődleges célja az oktatás, képzés és a kutatási eredmények transzformálása, átalakítása a honvédség számára, valamint mindezen tevékenységek koordinációja. Korábban számos esetben előfordult, hogy ugyanazon a feladaton több szervezet is dolgozott, a TP létrejöttével mindez egyetlen helyre összpontosul. Hadd használjam a lencse hasonlatot: ha a sok napsugarat egy helyre fókuszáljuk, akkor egy erős fénynyaláb keletkezik. Ebben az allegóriában foglalható össze a TP feladata. A legegyszerűbb normagyűjtő feladatoktól a legbonyolultabb eljárásokig, a nyugati technikák tanulmányozásától az átvételükig minden idetartozik. Ez természetesen jelentős kihívás és felelősség számunkra. Az itt szolgálóknak új utakat kell járniuk, hiszen nincsenek olyan bejáratott módszerek, amelyeket átvehetnének a korábbi időszakból.

H.T. – A NATO-ban régóta létezik hasonló elnevezésű és feladatkörű szervezet. Az MH Transzformációs Parancsnokság teljesen azonos tevékenységet végez a NATO hasonló egységével?

Elsősorban nagyságrendi különbségekről beszélhetünk. A NATO képességfejlesztéséért felelős norfolki Transzformációs Parancsnokság egészen más dimenzióban tevékenykedik, és évtizedek óta bejáratott rendszerekkel működik. A mi szervezetünk ez év augusztus 1-jén alakult, napjainkra elérte a műveleti képességét, de az olajozott működéshez több feladat még végrehajtásra vár. A Ma-

DOI: 10.23713/HT.54.6.01

gyar Honvédség parancsnokának feladatszabása szerint a Magyar Honvédséget tanuló szervezetté kell tenni, számunkra az egyik legnagyobb feladat, hogy ezt a szándékot megvalósítsuk. Különböző technikai eszközök állnak a rendelkezésünkre, és a humán erőforrás is kész a folyamat megvalósítására, támogatására. Sok olyan nagyszerű katonával szolgálhatok együtt, akik magas szintű ismereteket szereztek a NATO-feladatok terén, és megfelelő tapasztalatot szereztek a nemzetközi műveletekben.

H. T. – Milyen szervezeti egységek alkotják a Transzformációs Parancsnokságot, és kik a különböző területek vezetői?

A parancsnokságot három jól elkülöníthető szervezeti egység, a Fejlesztési, a Kiképzési, valamint a Törzskari szervek alkotják. A *Fejlesztési Szervek* köré csoportosul mindaz, ami a TP legmarkánsabb feladatkörét és lényegét jelenti. Vezetője Bárány Zoltán ezredes rendkívül jelentős hazai és nemzetközi tapasztalatokkal rendelkezik, többek között a NATO Transzformációs Parancsnokságánál is szolgált. Fontosnak tartom kiemelni, hogy a fejlesztési terület úttörő munkát fog végrehajtani. A NATO-ban ismert Kiválósági Központoknak eddig nem volt magyar megfelelője. A Fejlesztési Szervek keretében működő Honvéd Kiválósági Központ a Magyar Honvédségben előzmények nélküli szervezet. Vezetője, a szervezet munkájának koordinátora Tajti Ákos ezredes fiatal, tehetséges katona, aki a közelmúltban tért vissza New York-i külszolgálatából. Az ezredes úr a NATO-orientációs tevékenység jegyében a doktrínákat, szabványokat és az azokkal kapcsolatos eljárásokat fogja össze. A Honvéd Kiválósági Központ által kidolgozott új munkafolyamatokat a bevezetés előtt tesztelni fogjuk. A várpalotai MH Bakony Harckiképző Központ legendásan híres Mandulás laktanyájában – összhangban az új szimulációs rendszerekkel – modellezzük és kipróbáljuk az új képességeket az újonnan létrehozandó tesztszázad alkalmazásával. A Fejlesztési Szerveken belül, szintén vadonatúj képességként hoztuk létre a Tudástárat. A Magyar Honvédségnél egy olyan könnyen hozzáférhető könyvtári rendszert kell megteremtenünk, amelyhez minden katona hozzáfér. A honvédségben már megvannak ennek a csírái, de a teljes körű működéshez jelentős technikai fejlesztés szükséges.

A *Kiképzési Szervek* munkáját Gacsal János ezredes fogja össze, aki a debreceni MH 5. Bocskai István Lövészdandártól érkezett. Értékei közé tartozik a feladathoz fűződő affinitás és a tenni akarás. Úgy gondolom, hogy a két parancsnok-helyettes megfelelően tudja koordinálni egymás között a szakmai tevékenységeket. A *Törzskari Szervek* funkcióját Nagy Sándor ezredes irányítja, vezeti, aki ezen a téren nagy tapasztalatokkal rendelkezik.

H.T. – Tábornok úr korábban említette, hogy a Magyar Honvédség négy szervezeti egysége is a Transzformációs Parancsnokság ernyője alá került. Melyek ezek a csapategységek?

A TP négy fontos szervezete – katonás szóval „alárendeltje” – négy egységszintű katonai szervezet. Elsőként a Szentendrén működő *Altiszti Akadémiát* említem, amely összetett feladatot lát el, hiszen nemcsak az altisztképzéssel foglalkozik, hanem összefogja a Magyar Honvédség fizikai felkészítésének módszertani kérdéseit is. Az oktatás a TP kiemelt feladatai közé tartozik, hiszen a jövő nemzedékét kell képeznünk. Óriási felelősség, hogy kinek, kiknek adjuk át a zászlót. Az Akadémiára települt sportszázad a toborzás szempontjából is rendkívül fontos szerepet tölt be. Ugyancsak jelentős kapcsolati tőke számunkra a *NATO C-IED Kiválósági Központ* akkreditált képzése a robbanóeszközök elleni védelem tárgykörében.

A második ilyen egységszintű katonai szervezet a Hungária körúti kampuszon működő *Ludovika Zászlóalj,* amely a tisztképzés fellegvára. A zászlóaljra jelentős feladatok hárulnak, hiszen a tisztképzés átalakítása napirenden van. Ennek kapcsán meg kell említenem, hogy a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karával a napi kapcsolattartást még szorosabbra kell fűzni.

„Mindaz, ami a honvédségben nem anyagi, materiális, hanem szellemi tőke, a Transzformációs Parancsnokság hatáskörébe tartozik.”

Harmadik alárendeltünk, a *Bakony Harckiképző Központ* feladata az alegységek, és az egység szintű katonai szervezetek kiszolgálása. Tervezzük az ottani gyakorlóterek 21. századi megújítását. A várpalotai lőtereken a különböző alakulatok végrehajtják lőgyakorlataikat, harcászati gyakorlataikat, a szimulációs térben pedig a hadműveleti és harcászati felkészítés zajlik. Az ottani munka annak a folyamatnak a része, amely az új harceljárások kidolgozásához vezet. A Magyar Honvédség vezetésének komoly szándéka, hogy a régió haderőinek szimulációs központja hazánkban kerüljön kialakításra. Ennek érdekében jelenleg is aktív munkát végzünk, amely jelentős feladatokat ró ránk.

Végül a negyedik alárendeltünk, a szolnoki *Béketámogató Kiképző Központ*, ahol a nemzetközi felkészítések jelentős része zajlik. A missziós szolgálatra induló katonák ezen a bázison kapják meg a megfelelő felkészítést a fogadó ország földrajzi és társadalmi viszonyairól, valamint azokról a körülményekről, amelyekkel várhatóan találkozni fognak.

A Transzformációs Parancsnokság parancsnokával a Haditechnika folyóirat képviseletében dr. Hegedűs Ernő alezredes, felelős szerkesztő és Rojkó Annamária szerkesztő beszélgetett





Bozó Tibor vezérőrnagy, a Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság parancsnoka

(Fotók: Merckle Bálint)

H.T. – Melyek azok a konkrét szakmai területek, amelyekben már a közeljövőben látványos változások várhatók?

A Transzformációs Parancsnokság a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során beszerzett új eszközök alkalmazásba vétele kapcsán kiemelkedő szerepet játszik. A közelmúltban elkezdődtek a Leopard 2A4HU típusú harckocsik használatára felkészítő ún. Train the Trainer kurzusok. A TP-nek oroszlánrész jut a munka végrehajtásában, hiszen az új harckocsik egészen eltérő harceljárásokkal és logisztikai háttérrel működnek, mint elődjeik, az orosz T–72-esek. A Leopardok afféle „páncélozott számítógépek”, tehát más filozófiával kell a kiszolgálásukat és felkészítésüket megoldani.

A tapasztalatfeldolgozás ugyancsak azon területek közé tartozik, amelyet szeretnénk megváltoztatni és új irányba helyezni. A korábbi időszakban, a feladatok végrehajtását követően megtörtént ugyan a visszacsatolás, a „feedback”, de a tapasztalatok összegzése és a tanulságok levonása után csak ritkán történt változás. A tapasztalatfeldolgozás lényege azonban, hogy a műveleti területeken, gyakorló tereken, itthon és külföldön egyaránt a felmerült problémákra konkrét megoldásokat ajánljunk. Ezt a kört szeretnénk nagyon gyorsan bezárni.

A tudományos munkaműhelyünk ugyancsak a Magyar Honvédség megújítása érdekében dolgozik. A különböző projektekben olyan tudományos fokozattal rendelkező katonák és honvédelmi alkalmazottak vesznek részt, akik tevékeny részt vállaltak a Magyar Honvédség 2026–2030-as ütemtervének kidolgozásában. Ezek közé nemcsak a katonaföldrajzi kutatások tartoznak, hanem pl. a különféle harceljárások kidolgozása és a vezetés rendjének korszerűsítése is. Olyan óriási technikai megújulás előtt állunk, amely nyomán minden haderőnem ugrásszerű fejlődése várható. A légierőnél ez máris megjelent, de a szárazföldi haderőnemnél is hamarosan érzékelhető a változás. Sorolhatom a példákat, hiszen Szentendrén, az Altiszti Akadémián a legnagyobb büszkeségünkre létre jött a Kiber Akadémia, és az ún. „acélkockás” katonák már használják a digitális katona felszerelésének bizonyos elemeit. Tatán megjelentek az új Leopard 2A4 harckocsik, büszkék vagyunk az új „különleges műveleti” képességekre és az ezzel kapcsolatos fejlesztési irányokra. A légvédelmi képességek tekintetében is kardinális változások fognak bekövetkezni. Kiskunfélegyházán elkezdődött az új fegyverek gyártása, a szolnoki bázison már ott vannak az új helikopterek és megérkeztek az új szállító repülőgépek is, valamint Szentkirályszabadján felépült az új logisztikai bázis. *Mindez azt jelenti, hogy ha a technika megújul, akkor a gondolkodásnak is meg kell újulnia.* Az a gondolkodás, metodika, amivel a Magyar Honvédségnél még ma is jelen lévő szovjet technikát működtették, ma már nem alkalmazható. A transzformáció óriási megújulási folyamatot fog eredményezni, és nagy büszkeséggel mondhatom, hogy mindennek mi leszünk a motorja. Büszkék vagyunk erre, és ezt szerény alázattal tesszük.

H.T. – Hogyan ítéli meg azt a kedvező helyzetet, hogy a TP és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara közös objektumban működik. Ez a tény a jövőben esetleg a hatékony együttműködésnek záloga is lehet?

Igen, mindenképpen – magam is így látom. Régi mondás, hogy elmélet nélkül nincs gyakorlat. Az egyetem tudományos munkaműhelyként, valamint a jövő generáció oktatásával foglalkozó intézményként kiváló együttműködő partnerünk lehet. A közös munkából nagyon pozitív eredő keletkezhet, hiszen a tisztképzésben szorosan együtt kell működnünk. Mindannyiunk célja, hogy a hallgatók ismerjék meg az új technikát és az új harceljárásokat.

H.T. – Kommunikációs eszközként, tudományos fórumként a Haditechnika folyóirat jól illeszkedik a TP szakmai profiljába. Lapgazdaként milyen szerepet szán folyóiratunknak?

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program nyomán bekövetkező technikai megújulás bőséges témát kínál a tudományos folyóiratnak. Örömmel vettük át a Haditechnika folyóiratot, amelyet szeretnénk kommunikációs eszközként felhasználni arra, hogy a Magyar Honvédségnél minél előbb megtörténjen ez a technikai váltás és erről az olvasók első kézből értesüljenek. Kívánatos a tudomány eszközeivel az érdeklődők elé tárni az új haditechnikai eszközöket, összehasonlításokat tenni és elgondolkoztatni az olvasót. Mindezzel jelentős feladatot bízunk a lapra, és ezúton is tisztelettel kérjük a szerkesztőséget, valamint a szerkesztőbizottságot, hogy ezeken a feladatokon közösen gondolkodjunk.

H.T. – Köszönjük a beszélgetést.

Dr. Óvári Gyula – Fehér Krisztina***

Repülőgépek elektromos meghajtása – szükségszerűség kompromisszumokkal I. rész

A légi járművek energetikai biztosításának általános helyzete

A repülőeszközök működtetéséhez alkalmazott energiahordozók

A légi járművek belső égésű motorjait jelenleg szinte kizárólag szénből és hidrogénből álló, telített, el nem ágazó, kettős kötést nem tartalmazó paraffin vegyületek működtetik. Ezeknek – amennyiben az el nem ágazó szénláncukban a szénatomok száma 5–12 db, akkor *benzin*, ha az 12–15 között van, akkor *petróleum* (kerozin), míg a 15–20 szénatomszám esetén *dízelolaj* az elnevezésük. Már az 1970-es években kirobbant első energiaválság óta ismert tény, hogy a folyamatosan növekvő igények mellett a fosszilis eredetű energiahordozók kitermelési lehetősége néhány évtizedre korlátozódik, kiváltásukról pótlásukról időben gondoskodni szükséges. (E témával a Haditechnika folyóirat korábban is foglalkozott a Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok címmel, a 2014./2–4. számaiban megjelent cikksorozatban – Szerk.)

Az üzemanyagok előállításához használatos nyersanyag, a kőolaj, napjainkban világviszonylatban rendelkezésre álló, ismert és becsült készleteinek területi megoszlását az *1. ábra* szemlélteti Emellett ugyan időnként megjelennek újabb, jelentős szárazföldi vagy tengeri lelőhelyek felfedezéséről szóló közlemények, később azonban kiderül, hogy a vártnál jóval kisebb tartalékot rejtenek. (Kivéve Szaúd-Arábiát, amelynek olajtartalékai a jelenleg ismertnek akár a kétszeresét is elérhetik.)

Földünk átlagos napi kőolajszükséglete 2018-ban 99,3 millió hordó volt, ami 2019-ben 100,8 millió hordóra emelkedett. A várható igények további növekedési üteméről és a kitermelhető mennyiség szükségszerű csökkenéséről, évtizedek óta különböző prognózisok készülnek. 2016-ban készült mértékadó becslések szerint legalább 2030-ig – az OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries – Kőolaj-exportáló Országok Szervezete) szerint 2040-ig – folyamatosan és megbízhatóan rendelkezésre áll a szükséges mennyiségű kőolaj a hagyományos üzemanyagok előállítására. Ezt követően azonban gondoskodni kell a változatlanul növekvő igények – folyamatos működtetést biztosító – pótlásáról, helyettesítéséről. Természetesen az előzőkből megismert, világviszonylatban szükséges energiahordozó-mennyiségből az is következik, hogy amennyiben sikerül megtalálni az azt kiváltani képes alternatívá(ka)t, az új energiahordozó számára ugyanúgy szükséges az egész bolygónkat behálózó feldolgozó, szállító és elosztó logisztikai hálózat kiépítése.

A repülőeszközök üzemanyagainak előállításához szükséges kitermelhető nyersanyag mennyiségének csökkenése, valamint az iránt mutatkozó igény 2030–2040-ig tartó növekedése szükségszerűen áremelkedést eredményez. Azonban a rendelkezésre álló nyersolajkészletek kitermelhetőségének, valamint az iránt mutatkozó igények változási trendjeinek pontos ismerete sem elég a várható árak alakulásának még közel megbízható előrejelzéséhez sem. Az árváltozások gazdasági politikai következményei számos társadalmi nehézséget okozhatnak.

Tapasztalatok szerint az árképzés hosszú távú, egyenletes fogyasztásnövekedés alapján prognosztizált trendjeit, időszakosan számottevően módosíthatják különböző, esetenként egymásnak is ellentmondó hatások:

- az aktuális piaci viszonyok, az OPEC által elrendelt kitermelési korlátok és azok betartása, ennek szerves részeként a spekuláció;
- utóbbival szoros összefüggésben a nemzetközi válságócokban, különösen a közel-keleti olajövezetekben vívott helyi háborúk, és ezek nyomán a katonai üzemanyag-szükségletek jelentős növekedése, esetlegesen egyes olajbányászati övezetek termelésből, szállításból történő időleges kiválása, kiiktatása, kitiltása (pl. Irán) és/vagy visszafogadása;

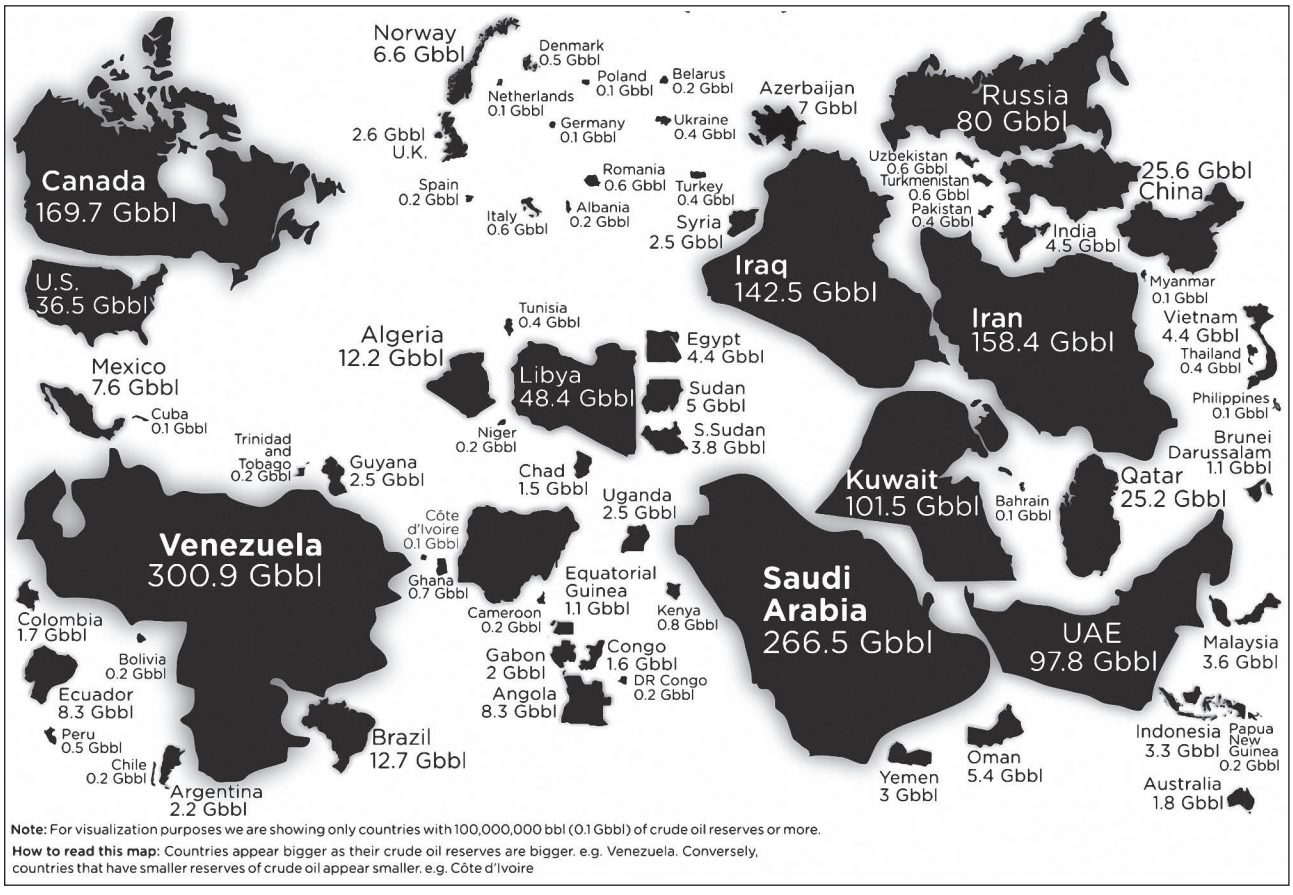
ÖSSZEFOGLALÁS: Napjaink egyik legnagyobb technikai kihívása az egyre csökkenő mennyiségben kitermelhető hagyományos, fosszilis eredetű energiahordozók kiváltása, pótlása. Bár a légi közlekedésben erre megnyugtató, hosszú távú megoldás még nem született, századunk '50-es éveire a túlnépesedett Föld akkori lakóinak kétharmadát befogadó metropoliszokban elkerülhetetlen a harmadik dimenzió bevonása a közlekedésbe, kizárólag karbonmentes módon. Erre jelenleg csak az elektromos meghajtású repülőeszközök jöhetnek számításba, amelyek ezirányú fejlesztése már tart, és a projektet az USAF (United States Air Force – Egyesült Államok Légiereje) is támogatja.

KULCSSZAVAK: üzemanyag-fogyasztás, alternatív energiahordozók, elektromos meghajtás, városi légi közlekedés, eVTOL, környezetszennyezés, szén-dioxid

ABSTRACT: One of the greatest technical challenges of our days is the replacement and supplementation of conventional, fossile energy sources, which are availabale in decreasing quantities. Although, to date in aviation there has not been a long-term, reassuring solution to this, by the 50's of our century it will be inevitable the third dimension to get involved – using exclusively carbon-free methods - in traffic of the metropolises, which will take in two thirds of the population of our overpopulated Earth at the time. At present for that purpose, only aerial vehicles with electric propulsion can be considered, whose development is already under way, which is supported by the USAF as well.

KEY WORDS: fuel consumption, alternative energy sources, electric propulsion, Urban Air Mobilty (UAM), eVTOL, environmental pollution, carbon dioxide

* Egyetemi tanár, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-9876-6760
** Tanársegéd, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-5057-733X

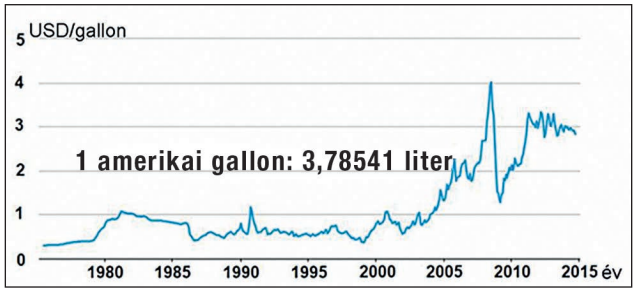


1. ábra. Földünk jelenleg ismert legnagyobb kőolajtartalékai. A kitermelt mennyiség milliárd hordóban (Gbbl) megadva, 1 hordó olaj: 159 l/136 kg. Az ábrán csak azok az országok szerepelnek, amelyek kőolajkészlete meghaladja a 100 000 000 hordó mennyiséget; méretük nagysága a kőolajkészletük arányát tükrözi (Forrás: howmuch.net)

- a kereslet-kínálat piaci szabályzóin túl – esetenként nem kis feszültséget okozva – az előállítási költségek közötti jelentős különbségek. Míg pl. Szaúd-Arábia 3 USD alatt állít elő 1 hordó olajat, ugyanerre Anglia, a tenger alól csak 17 (bruttó 44) USD-ért képes, az amerikai palaolaj kitermelése pedig még ennél is költségesebb;
- a szintetikus üzemanyagok és/vagy adalékok részaránya a feltöltött üzemanyagban;
- az újonnan lendületes ipari, gazdasági fejlődésnek indult ázsiai hatalmak (Kína, India) rohamosan növekvő energiaigényei nyomán kibővült a kereslet árfelhajtó hatása, különösen az ezredfordulót követően.

A hadseregek – ezen belül is az USA – katonai szükségleteinek hatása meghatározóan befolyásolja a repülőgép-üzemanyagok árát. A repülőgép-tüzelőanyagból átlagosan évi 20 milliárd liter beszállítást igénylő, folyamatosan magas harckészültségű USA hadseregének szükségletei világviszonylatban is alapvetően befolyásolják az üzemanyagárakat. Elemzések szerint 1 hordó kőolaj árának 10 USD-os emelkedése a Pentagon éves kiadásait 600 millió dollárral növeli. Egyebek mellett, a folyamatos közel-keleti katonai jelenlét miatt is – változatlan struktúrában – pl. 2008-ra, napi 10 millió literre növekedett a repülőgép-tüzelőanyag felhasználás.

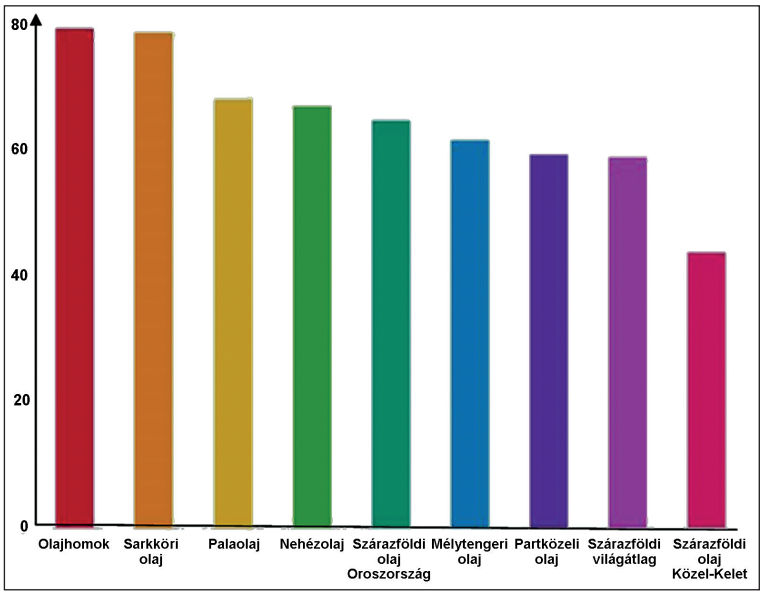
2. ábra. 1 gallon JET-A kerozin árváltozása az USA-ban 1970–2015 között



Mindezek együttesen, 5 év alatt (2003–2008) öt-hatszorosára emelték az olaj, illetve ennek egyenes következményeként a kerozin árát *(2. ábra).*

Az olajár-növekedés járulékosan a nagy tömegű kitermelhetőség időtartamát is növeli, végső terminusát kitolhatja, hiszen a tudomány, technika fejlődésével és a klímaváltozás miatt (a tengeri jég olvadása nyomán új lelőhelyek hozzáférhetővé válásával) olyan felszínre hozatali, feldolgozási eljárások válhatnak elfogadottá, gazdaságosan alkalmazhatóvá *(3. ábra),* amelyek 15-20 évvel ezelőtt még vagy ismeretlenek voltak, vagy a 20-30 USD hordónkénti ár miatt a kitermelést megfontolásra sem érdemesítették.

Az előzőekben felsorolt árnövelő hatásokkal szemben akad, aki tartós árcsökkenést prognosztizál. Pl. a Longview Economics meghatározó brit piackutató és elemző cég 2017-es tanulmánya szerint, 6-8 éven belül a nyersolaj ára a jelenlegi 51–57 USD ár ötödére, hordónként ~10 USD-ra süllyedhet. A tartós csökkenés oka az elektromos autók rohamos, a legtöbb államban pozitív diszkriminációval is támogatott terjedése, párhuzamosan a benzines és dízel meghajtású járművek üzemeltetésének adminisztratív



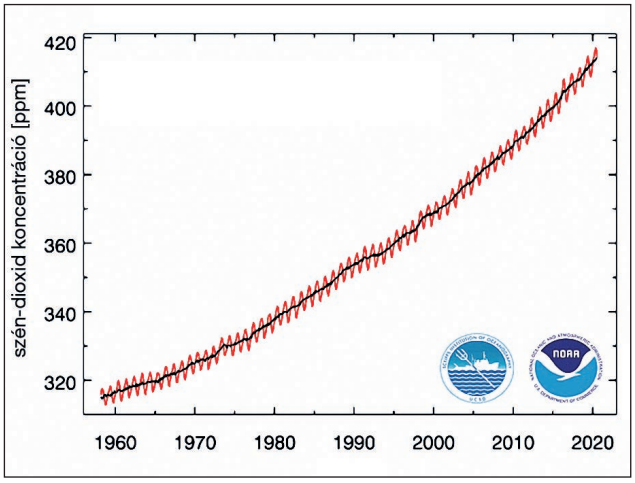
3. ábra. A kitermelés megtérüléséhez szükséges hordónkénti ár amerikai dollárban, 2015-ben (Forrás: NatGeo)

megnehezítésével. Ezenkívül, számos gazdaságilag meghatározó országban kívánják árusításukat 10-25 éven belül teljesen betiltani. Hasonló következtetésre jutó prognózis az orosz nyelvű szakirodalomban is olvasható.

A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSE, MAJD MEGSZÜNTETÉSE, MINT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐ A JÖVŐ ALTERNATÍV ENERGIAFORRÁSAINAK KIVÁLASZTÁSÁBAN

Az egy évszázada egyre fokozódó mennyiségben felhasznált tüzelőanyagok elégetésének (is) létezésünket meghatározó járulékos kedvezőtlen következménye a klímaváltozást okozó, üvegházhatást előidéző gázok (döntően a szén-dioxid) koncentrációjának folyamatos növekedése Földünk légkörében. Ez a mennyiség napjainkra – különböző források szerint – meghaladja a 400 ppm-t (azaz, a levegő minden egymillió molekulájában 400 CO_2 molekula van), ami fokozatosan közelíti a 450 ppm-es – több forrás szerint – visszafordíthatatlansági küszöbértéket *(4. ábra).*

4. ábra. A Föld légkörének CO_2-koncentráció változása a Hawai Mauna Loa mérőállomás adatai alapján (Forrás: NASA/NOAA)

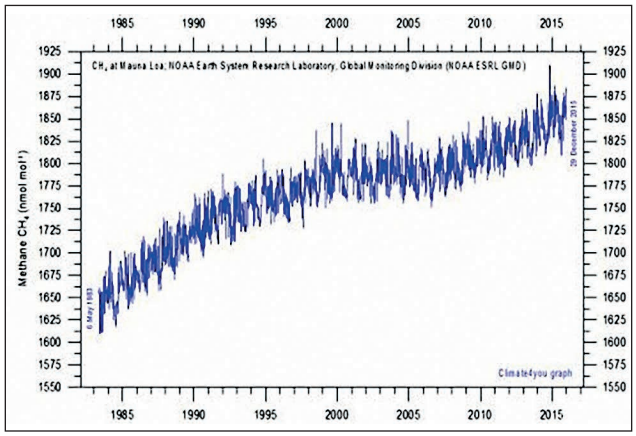


Az elmúlt közel negyven év metán- (CH_4) kibocsátását vizsgálva *(5. ábra)* megállapítható, hogy mennyiségét tekintve ugyan kevesebb a szén-dioxidnál, a légkörre gyakorolt hatása azonban ~85-ször károsabb annál.

Ebben a légi járművek szerepe közvetlenül ugyan kisebb (*10. ábra,* szénhidrogének), közvetve azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy a közlekedési eszközök – ezen belül a repülőeszközök – a szén-dioxid- és vízgőz-kibocsátás által számottevően hozzájárulnak a globális felmelegedéshez. Sajátos kölcsönhatás, hogy a metánkoncentráció 1998 és 2007 között relatíve stagnált. Az azt követő újabb folyamatos növekedés oka – valószínűsíthetően – a permafroszt területek folyamatos klimatikus felmelegedés okozta olvadásával összefüggő metán-hidrát – amely a légkörbe jutva metánná alakul – kiszabadulása.

Az ember klímaváltozásban betöltött szerepéről számos szakmai, nem ritkán politikai megfontolásokkal is átszőtt vita zajlik. Ezek közül több álláspont megkérdőjelezi az emberi tényező jelentőségét, előszeretettel hivatkozva a természetben bekövetkező klímaváltozások periodicitására. Valóban, bolygónk történetében – a NASA (National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal) szerint – csak az elmúlt 650 000 évben hét jégkorszak is volt (amiket felmelegedési időszakok követtek), közülük a legutóbbi ~7000 éve érhetett véget.

Köztudott tény, hogy a légkörben az üvegházhatású gázokra valóban szükség van, mivel érzékeny egyensúlyuk biztosítja a jelenlegi ~15°C-os globális átlaghőmérsékletet. Koncentrációjuk kis változása is akár jégkorszakot, vagy jelentős hőmérséklet-emelkedést eredményezhet. A fő



5. ábra. A Föld légkörének CH_4-koncentráció változása a Hawai Mauna Loa mérőállomás adatai alapján (Forrás: NASA/NOAA)

6. ábra. A Föld légkörének CO_2-koncentráció változása az elmúlt 400 000 évben (Forrás: NASA)



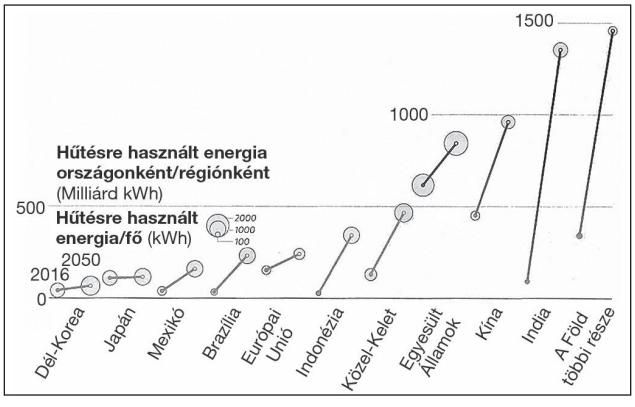
probléma, az 1950 óta a légkör CO_2 tartalmában bekövetkezett számszerűsíthető változás mértéke és dinamikája (6. ábra bekeretezett terület). Ez már semmiképpen nem tekinthető pillanatnyi apró kilengésnek, extrém természeti hatásnak. A növekedés minden bizonnyal összefügg Földünk, az '50-es években még ~3 milliárd főt számláló népességének, napjainkra 7,6 milliárd főre történt robbanásszerű gyarapodásával, ami jelenleg már napi 200 ezer főre tehető. Ez együtt jár az energiaigényes, intenzív technikai, technológiai fejlődéssel és növekvő károsanyag-kibocsátással. Az egyre sokasodó embertömeg saját fennmaradását, túlélését jelenleg csak kényszerű környezetkárosítással képes biztosítani (tömeges trópusi esőerdő-irtás, mezőgazdasági területek szerzésére, állatállomány pusztítása, túlhalászása, túltenyésztése élelmezési céllal, téli hulladékégetés fűtés céljából stb. – Pl. Földünk jelenleg becsült 1,6 milliárdos szarvasmarha-állományának károsanyag-kibocsátása – döntően metán – már most is meghaladja bolygónk gépjárműparkjának szennyezését, és az előrejelzések szerint 2050-re ~70%-kal nő a szarvasmarhák száma.)

Erre mutat az is, hogy bár az elmúlt század utolsó negyedétől fokozatosan nőtt a környezettudatos szemléletmód szerepe és súlya, a várakozásokkal ellentétben ennek számszerűsíthető eredményei egyelőre visszafogottak. (2006-ról 2007-re például globálisan 3%-kal emelkedett a fölmelegedést okozó szén-dioxid-kibocsátás, amelyet döntően a fejlődő országok okoztak. Ezek közül is elsősorban Kína, amely megközelítőleg a globális növekedés feléért felelős.) Összevetésként, 1990-től 1999-ig a növekedés értéke mindössze 0,8% volt. Világviszonylatban az ipari tevékenységek, a közlekedés és az erdőirtás okozta a CO_2-kibocsátás korábban soha nem tapasztalt mennyiséget, 9,34 milliárd tonnát ért el (a Global Carbon Projekt klímakutató adatai alapján).

Megjegyzés: hazánk széndioxid-kibocsátását 2017-re sikerült az 1990-es szinthez képest 32%-kal csökkenteni, amely megfelelőnek tűnik az EU által kitűzött 40%-os célérték eléréséhez. Az viszont kedvezőtlen irányvonal, hogy a recessziós éveket követően, 2013 óta folyamatos (7%-os) a növekedésünk, és nem igazán látszik az újabb csökkentés módja.

A *4–6. ábrák* adatai jól áttekinthetően mutatják, de bolygónk éghajlatának tapasztalható átalakulása is azt jelzi, hogy a klímaváltozás nem jövőbeni jelenség, hanem már megjelent, és káros hatásai ellen a küzdelmet azonnal meg kell kezdeni, illetve ahol ez már megtörtént, folytatni szükséges. Különösen annak figyelembevételével, hogy mindez öngerjesztő folyamatot generál, mivel a klímaváltozás okozta felmelegedés szintén energiaigény-növekedést eredményez *(7. ábra).* Azaz, minél melegebb van, annál több – pl. fosszilisenergia-felhasználást (is) igénylő – hűtőberendezést kell működtetni, ezzel is súlyosbítva a felmelegedést. Az ehhez szükséges járulékos energiaigény – a vonatkozó kutatások adatai alapján – elérheti akár az 58%-ot.

7. ábra. A klimatikus felemelegedés okozta hűtésre fordított energiaigény növekedése 2016–2050 között, országonként, illetve régióként (Forrás: NatGeo 2020. 04. p. 57)

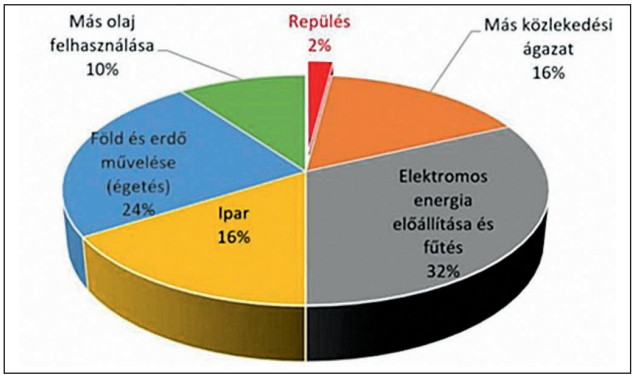


A repülés hatása a környezetre

A légi közlekedés okozta szén-dioxid-kibocsátás mennyiségének pontos meghatározását több tényező is nehezíti. Az iparág szervezete szerint 2017-ben ez a mennyiség 859 millió tonna volt, amely a ~35 milliárd tonnás kibocsátásnak ~2,5%-a. (Jellemzően csak az Európai Unióban a légi forgalom szén-dioxid-kibocsátása az 1990-es 83 millió tonnáról 2017-re duplájára, 164 millió tonnára emelkedett, és ez az adat nem tartalmazza a katonai repülőgépek által kibocsátott CO_2-mennyiséget).

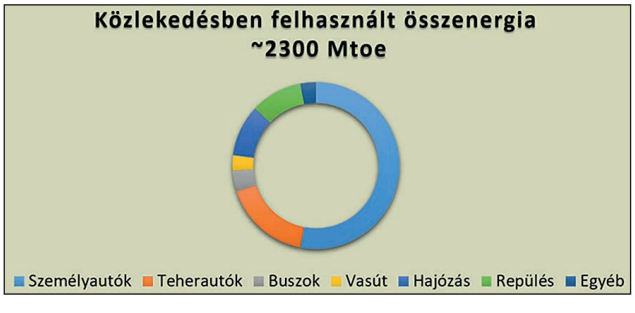
A repülés szerepét vizsgálva bolygónk légszennyezésében, fajlagos mutatók alapján jelenleg a legalacsonyabb értékű az ember okozta szén-dioxid-kibocsátásának alig több mint 2%-a *(8. ábra),* de a légi közlekedés máris a globális üvegházhatású gáz-kibocsátás 10%-ért felelős. Ez meghaladhatja akár a 20%-ot is, amennyiben ténylegesen gyakorlati eredmények születnek az egyéb emissziós források – legfőképpen a belső égésű motoros közúti járművek – visszaszorításában, például az elektromos meghajtás elterjesztésével. Ezzel, valamennyi közül, a légi közlekedés válhat a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó gazdasági ágazattá. Utóbbi érték a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO – Internacional Civil Aviaton Organization) Légiközlekedési Környezetvédelmi Bizottsága (CAEP – Counsil's Committee on Aviation Environmental Protection) előrejelzése szerint 2050-re akár az 50%-ot is elérheti.

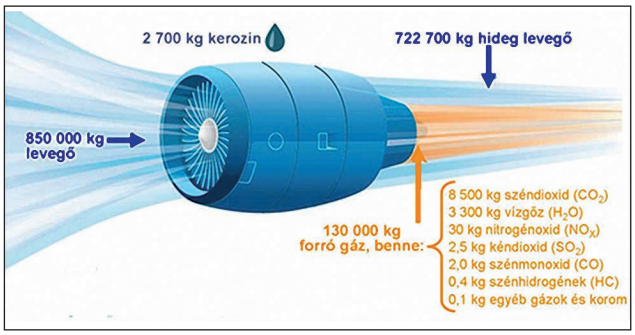
A közlekedési ágazatokon belül a repülés energia-felhasználási részesedése ennél lényegesen nagyobb, (*9. ábra*) annak ellenére, hogy a jelentős technológiai fejlődés következtében a '60-as évek repülőgép-hajtóműveihez képest a



8. ábra. Az embertől származó CO_2-kibocsátás összetevői

9. ábra. A közlekedési ágazatok által felhasznált energiamennyiség (Mtoe – millió tonna olajegyenérték)





10. ábra. Egy 150 személyes, kéthajtóműves utasszállító repülőgép korszerű hajtóművének átlagos üzemanyag- és levegőfogyasztása, valamint gázkibocsátásának összetevői 1 óra alatt (Forrás: FOCA)

napjainkban gyártott típusok egy utasra jutó kilométerékénti tüzelőanyag-fogyasztása közel 80%-kal csökkent. Az elkövetkezendő évtizedekben a légi járművek tüzelőanyag-hatékonysága prognosztizáltan 1–2%-kal javul. Sajnálatosan ennek kedvező járulékos következményeit a légi közlekedés várható évi 5%-os növekedése annullálja.

Ez egy öngerjesztő folyamat, mivel klímaváltozást okoz (7. ábra), ami szintén energiaigény-növekedést eredményez. A kutatások szerint akár 58%-kal is emelkedhet a globális energiaszükséglet 2050-ig.

Más fajlagos mutató, így az egy főre jutó szén-dioxid-kibocsátás miatt a repülés a leginkább környezetszennyező közlekedési forma, amelyhez az is hozzájárul, hogy a sztratoszféra határán, ahol kifejti hatását, a hajtóművekből távozó CO_2 és további szennyezőanyagok (nitrogén-oxidok, kén-dioxid, szén-monoxid – *10. ábra*) hatása megtöbbszöröződik, nagyságrenddel növelve az okozott káros hatásokat. Ennek oka, hogy ebben a magasságban már csekély a függőleges irányú légmozgás, így az itt kibocsátott anyagok akár több mint egy évszázadig megmaradhatnak, akkumulálódhatnak. Ezt a tartós hatást az is fokozza, hogy fák, tengerek hiányában nincs ami megkösse a gázokat. Emiatt, ebben a zónában a hajtóművekből távozó és maradó – az egyébként környezetre veszélytelen – vízgőz is káros, mivel fokozza az üvegházhatást.

Természetesen ezek az értékek egyazon típusnál is némileg eltérhetnek a légi jármű rendeltetésétől, repülési üzemmódjától, karbantartottságától, pillanatnyi terhelésétől, környezete fizikai, meteorológiai jellemzőitől stb. függően. Hasonló teljesítményű és korszerűségű katonai légi járművek üzemanyag-fogyasztási és károsanyag-kibocsátási értékei ettől érdemben alig különböznek. Harci repülőgépek esetében azonban e mutatók rendszerint lényegesen kedvezőtlenebbek is lehetnek, mivel azok gyakran – funkcionális szükségszerűségből huzamos ideig is – a számított optimális repülési és hajtómű üzemmódjaiktól lényegesen eltérően működnek, repülnek (pl. manőverező légi harc, utánégető működtetés, csúcsmagasságon maximális sebességre történő gyorsítás, földközelben való terepkövetés stb.).

Az ICAO CAEP környezeti trendértékelése szerint:

- a nemzetközi légi közlekedés tüzelőanyag-felhasználása a 2010-es szinthez képest 2040-re körülbelül 2,8–3,9-szeresére nő (a koronavírus hatása még nem volt ismert);
- a repülőgépek által a sztratoszféra alsó határán kibocsájtott károsanyagok ott 50-200 évig is megmaradhatnak, akkumulálódva pedig minden más közlekedési formához képest 3-4-szeres klímaváltozást előidéző hatást okozhatnak.

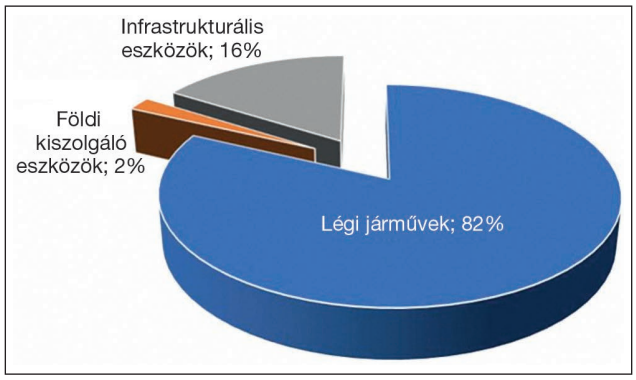
E területen a jelenlegi európai állapotokról és a rövid távú trendekről átfogó kép nyerhető az EASA 2019-es környezeti jelentéséből (*1. táblázat*).

Ez az EASA-jelentés további fontos megállapításokat tesz a repülési szektorról:

1. táblázat. Európai repülés-környezeti jelentés 2019 (vezetői összefoglaló)

	Mutató	Egység	2017	%-változás 2014-hez képest	%-változás 2005-höz képest
Forgalom	Utasok által kereskedelmi járatokon megtett kilométerek száma(1)	milliárd	1643	+20%	+60%
	A legtöbb héten kiszolgált várospárok száma(1)		8603	+11%	+43%
Zaj	Emberek száma Lden 55 dB zajkontúrok(2)	millió	2,58	+14%	+12%
	Általános zajenergia járatonként(3)	109 Joule	1,24	–1%	–14%
Károsanyag-kibocsátás	Repülések összesített CO_2-kibocsátása(1)	millió tonna	163	+10%	+16%
	Repülések összesített „nettó” CO_2-kibocsátása ETS csökkentéssel(1)	millió tonna	136	+3%	n/a(4)
	Repülések összesített NO_x kibocsátása(1)	ezer tonna	839	+12%	+25%
	Kereskedelmi repülések általános üzemanyag-fogyasztása(1)	liter üzemanyag/100 megtett kilométer	3,4	–8%	–24%

(1) Összes indulás EU28+EFTA; (2) 47 fő európai repülőtér; (3) Összes indulás és érkezés EU28+EFTA; (4) Az ETS adatok nem vonatkoznak a 2005-ös évre (Forrás: EASA).



11. ábra. Energiafelhasználás megoszlása a repülésben

- a repülések száma 8%-kal növekedett 2014 és 2017 között, 2017 és 2040 között pedig várhatóan újabb 42%-kal emelkedik;
- bár a technológiai fejlesztések és a flották felújítása, valamint a hatékonyabb működés részben ellensúlyozta a megnövekedett forgalom hatásait, ennek ellenére azonban 2014 óta növekedett az összesített zajszint és a károsanyag-kibocsátás;
- 2011-ben a légiipar az EU környezeti zajszintekre vonatkozó irányelve alapján, a lakosságot érintő, Lden > 55dB-t meghaladó zajszintek 3,2%-ért volt felelős;
- a légi járművek által keltett zajnak való hosszú távú kitettség számos kedvezőtlen egészségügyi hatással hozható összefüggésbe (pl. ischaemiás szívbetegség, alvászavarok, idegességet és kognitív funkcióromlások). A lakosság körében végzett felmérések alapján a légi járművek által keltett zaj zavaróbbnak bizonyult más közlekedési eszközökénél;
- az évente 50 000-nél több repülőgépet befogadni képes főbb repülőterek száma 2017 és 2040 között várhatóan 82-ről 110-re emelkedik, így a légi közlekedési iparból származó zajszennyezés számos további populációt érinthet;
- 2016 során a légijármű-ipar a teljes EU 28 üvegházigáz-kibocsátás 3,6%-ért, illetve a szállítási iparágak károsanyag-kibocsátásának 13,4%-ért volt felelős;
- a légi közlekedési ipar környezetvédelmi hatékonysága továbbra is fejlődik, és 2040-re a kilométerenkénti üzemanyag-fogyasztás (–12%) és a járatonkénti zajenergia (–24%) újabb csökkenése várható;
- a CO_2-n kívüli károsanyag-kibocsátások (pl. NO_x részecskék, azaz a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid részecskék együtt) légköri hatásai sem hagyhatók figyelmen kívül, mivel az ezek által okozott felmelegedés már rövid távon is jelentős. 2040-re a CO_2- és NO_x-kibocsátás az előrejelzések szerint legalább 21%-kal, illetve 16%-kal növekedhet.

Az előzőekben megismertek alapján is belátható, hogy mivel ezek a repülőeszközök elkerülhetetlenül szennyezik a környezetet, mindössze ennek mértéke lehet befolyásolható, ezért ténylegesen az elkövetkező két-három évtizedre, 2050-ig, a karbonsemlegesség elérése tűzhető ki reális célul. Ehhez alapvető fontosságú feladat:

- a repülőgépek belső égésű hajtóműveinek építésben olyan új megoldások, technológiák kimunkálása, amelyek számottevő üzemanyag-megtakarítást és károsanyag-kibocsátás csökkenést eredményeznek;
- a meglévő repülőgépparkra olyan új repülési eljárások kidolgozása, amelyek az üzemanyag-fogyasztás csökkentésével mérsékelik a szennyező anyagok légkörbe jutását is;
- megkülönböztetett figyelemmel áttekinteni az üzemeltetés energiaigényének ~20%-át közelítő műszaki kiszolgálás (eszközök és infrastruktúra) rendszerének, magának a repülőtér működtetésének, benne a légi járművek gurulásának energiastruktúráját is *(11. ábra)*.

(Folytatjuk)

A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „*A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen – VOLARE*” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A tanulmány, a fenti projekt „*AVIATION_FUEL*” nevű kiemelt kutatási területéhez kapcsolódóan valósult meg.

(Illusztrációk a szerzők gyűjteményéből)

A Haditechnika 2020-ban megjelent számai



A HADITECHNIKA folyóirat előfizethető:

valamennyi postafiókban; e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu; faxon: 303-3440.

A szerkesztőség új telefonszáma: 224-8306.



1. ábra. A Magyar Honvédség ANDROS F–6A típusú kerekes futóművű tűzszerészrobotja

Dr. Gyarmati József – Simó Réka***

Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei I. rész

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretein belül a Magyar Honvédség modernizációja már kezdetét vette, a további fejlesztések és innovatív kutatások generációs ugrást tehetnek lehetővé, technológiai szempontból [1]. Az autonóm rendszerek használata, a harcmező digitalizálásának kutatása fókuszterületeknek számítanak [2]. A 21. századi hadviselésbe az autonóm rendszerek kiválóan illeszkednek, létjogosultságukat látványosan szemlélteti, hogy a jelentősebb hadiiparral rendelkező országok, az Amerikai Egyesült Államok, Kína és Oroszország is jelentős figyelmet fordítanak az autonóm járművek, valamint a drónok kutatására és fejlesztésére. Ezeket az eszközöket katonai műveletek során alkalmazzák egyre szélesebb spektrumban, és egyre jobb eredményeket felmutatva. A meghatározó szerepet képviselő országok közül Oroszországban már 2014 óta laboratóriumi keretek között is folynak kutatás-fejlesztési munkák [3]. A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ÖSSZEFOGLALÁS: Az autonóm terepjáró járművek alkalmazását elsősorban az élőerő-veszteségek csökkentésének és katonai robotokkal történő felváltásának igénye tette szükségessé magasabb kockázatú harcászati szituációkban, katonai műveletek során. Az élőerő megóvásán túl az autonóm rendszerektől a katonai feladatok és műveletek hatékonyabb végrehajtását várják. A tanulmány a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszékén több éven át folytatott kutatás eredményit ismerteti.

KULCSSZAVAK: robotika, autonóm terepjáró jármű, UGV, Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, NKE

ABSTRACT: The use of autonomous off-road vehicles was necessitated primarily by the reduction of manpower losses and the replacement of the soldier by robots in higher-risk tactical situations during military operations. In addition to protecting manpower, autonomous systems are expected to carry out military tasks and operations more effectively. The article gives a description of the results of several years research carried out at the Department of Military Technology of the Faculty of Military Sciences and Officer Training of the National University of Public Services.

KEY WORDS: robotics, autonomous off-road vehicle, UGV, Zrínyi 2026 Defence and Development Programme, NUPS

* Okl. mk. alezredes (PhD) NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, tanszékvezető. ORCID: 0000–0001–7594–2383
** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000–0003–0986–2363

DOI: 10.23713/HT.54.6.03

során jelentős gyártó- és fejlesztő-kapacitásokkal bővült a hazai hadiipar is, illetve fejlődött a hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés intézményi háttere és együttműködése a katonai felsőoktatással [7, 8]. Jelen tanulmány egy a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszékén több éven át folytatott kutatás eredményit ismerteti [5, 6].

Az autonóm jármű fogalma, a civil és a katonai környezet

A robot fogalma a Nemzetközi Szabványügyi Hivatal (ISO8373:1996) meghatározása szerint: *„Automatikusan vezérelt, újra programozható sokoldalú beavatkozásra képes eszköz, amely három vagy több tengelyű mozgás végzésére képes. A robot lehet rögzített vagy helyváltoztatásra képes”* [9]. Ez a fogalmi meghatározás nem igaz minden, jelen tanulmányban bemutatott robotra, járműre, hiszen ezek többsége nem automatikusan vezérelt, hanem kezelő(k) által irányított és fedélzetükön vezérlőberendezés található. Többségük az újra programozhatóság képességével sem rendelkezik. Az előző meghatározástól már pontosabb definíciónak tekinthető a következő értelmezés: *„… olyan hajtott, helyváltoztatásra képes mobil eszköz, amelynek nincs emberi személyzet a fedélzetén”* [9]. További meghatározások szerint a *„… katonai robot egy olyan mesterségesen létrehozott szerkezet, amely képes emberi jelenlétet helyettesíteni, és a katona helyett végre tud hajtani bizonyos feladatokat”* [10]. *„Ezek a járművek olyan elektromechanikus berendezések, amelyek képesek különféle összetett mozgásokra. Mozgásuk előzetes tervezését fejlett szenzorrendszerek segítik, valamint speciális számítógépes hardware-rel és szoftveres formában megjelenő logikai feltételekkel képesek végrehajtani navigációs feladataikat, és elviselni a környezeti behatásokat és változásokat. A személyzet nélküli rendszerek képesek az előírt feladatot teljesen, vagy annak egy részét önállóan, autonóm módon elvégezni”* [11]. A legtöbb meghatározás az autonóm technológia bizonyos részeire koncentrálva definiálja ezeket a járműveket. *„Vezető nélküli járművek azok a közlekedési eszközök, amelyekben az olyan fő koordinálási funkciók, mint a gyorsítás, fékezés és a kormányzás önállóan, humán erő nélkül mennek végbe. Ezek lehetnek részben függetlenek az emberi beavatkozástól, illetve teljesen elkülönültek”* [12].

Az autonóm járművek fedélzetén nem tartózkodik emberi személyzet, a jármű korlátozott emberi beavatkozással, vagy annak hiányában vezetett, digitális technikák és szenzorrendszerek felhasználásával közlekedik. Az önvezető járművek alkalmazásának a fő célja az emberi élet védelme, a katona tehermentesítése, tevékenységének segítése és kiegészítése, valamint annak helyettesítése. A szakirodalom többféleképpen nevezi meg ezeket az eszközöket: robot, autonóm jármű, autonóm robotjármű, önvezető autó.

A katonai felhasználású autonóm járművek többféle feladatra és eltérő környezetben is alkalmazhatók. Ennek megfelelően másfajta elvárásokat kell támasztani az eltérő területen alkalmazott járművekkel szemben védelemben és támadásban, különféle helyzetekben kell helyt állniuk. Az autonóm rendszerekkel működő eszközöket nem csak a szárazföldön alkalmazzák. A munkavégzés szempontjából három környezettípus különböztethető meg:

- UAV[1] (Unmanned Aerial Vehicle),
- UUV[2] (Unmanned Underwater Vehicle),
- UGV[3] (Unmanned Ground Vehicle).



2. ábra. A logisztikai robot élelmiszert, ruházati anyagot és orvosi felszerelést szállít a Magyar Honvédség Egészségügyi Központban

Az UGV-khez hasonló elven működő járművek az AGV[4]-k (Automatic/Automated Guided Vehicle). Ezeket a járműveket általában raktárakban és ipari üzemekben alkalmazzák, logisztikai feladatok elvégzésére.

Az UGV-khez hasonlóan ezek a járművek is kezelő nélküliek, számítógép vagy egy program által vezéreltek. Előre kijelölt útvonalon mozognak, a pályákon való közlekedésben felhasználhatnak padlóban elhelyezett huzalt, felfestett jelöléseket, esetleg mágneses anyagokat is. Nagyobb terhek emelésére is képesek, több műszakban is alkalmazhatók [11].

Civil környezetben már több helyen is bizonyítottak az autonóm rendszerek. Ha az autonóm gépjárműtechnológiát vesszük alapul, akkor megállapíthatjuk, hogy azok közlekedés közben, széles körben képesek bizonyos részfeladatok elvégzésre. Érzékelik az akadályokat, felismerik a jármű közvetlen környezetében fellelhető tárgyakat, más járműveket, gyalogosokat, segítik a parkolást. *„Azt mondhatjuk, hogy azokat a közúti gépkocsikat, amelyek képesek a környezetük fejlett érzékelésére, valamint humán vezető nélküli, szabályozott haladásra, autonóm közúti járműnek hívhatjuk (ezen autókat gyakran vezető nélkülinek, önvezetőnek, vagy robotjárműnek is nevezik)”* [13]. A közúti járművek szabványos környezetben közlekednek. Az úthálóza-

tok logikus felépítésűek, a jelrendszerek egységesek, könnyen felismerhetők. Ezzel szemben a katonai járművek jellemzően terepen közlekednek, rombolt úthálózatokon haladnak, harcérintkezésben is bevetésre kerülnek. A terepviszonyok állandóan változnak, a hőmérséklet és a talajviszonyok sem állandóak [4]. Emiatt a katonai alkalmazású autonóm járművek fejlesztése és rendszerbe állítása, valamint működtetése nehezebb feladat.

Az autonóm járművek polgári alkalmazása

Az autonóm közúti járművek fejlesztése és a használatukkal kapcsolatos kérdések a tudományos életben egyre nagyobb szerepet kapnak. Műszaki megvalósíthatóság szempontjából a járműipari vállalatok és az egyetemek járnak a kutatások és fejlesztések élén.

Az autonóm járművek, autonóm rendszerekkel működő járművek is a közlekedés részei. A jogszabályokat, a közlekedési rendszereket és a közlekedés résztvevőit is fel kell készíteni azokra a változásokra, amelyeket az autonóm járművek egyre erőteljesebb terjedése okoz a közeljövőben [14, 15].

A közúti használatban lévő autonóm járműveknek fejlett szenzor- és kamerarendszereikkel képeseknek kell lenniük a közlekedési táblákat és az útburkolati jeleket felismerni, ezek alapján a közlekedési szabályokat betartani. Figyelembe kell venni azonban azokat a helyzeteket, amikor az adott útszakaszon az útburkolati jelek nincsenek kiváló állapotban. Előfordulhat úthiba, útfelújítás, szélsőséges időjárási körülmény is, ezek pedig olyan tényezők, amelyek negatívan hatnak az önvezető járművek közlekedésére. Továbbá a főutakról letérve az alacsonyabb rendű útvonalakon sokszor hiányos felfestésekkel és nem megfelelő minőségű, állapotú közlekedési táblákkal kerülhet szembe a jármű [16].

Az Ipar 4.0, vagyis a negyedik ipari forradalom meghatározó elemének számít az M2M[5], a gépek közötti kapcsolat. A gépek emberi közbeavatkozas nékül is képessé váltak az egymás közötti kommunikációra, az információkat a mesterséges intelligencia segítségével képesek feldolgozni. A V2V[6] rövidítés a járművek közötti kapcsolatot jelöli, az ilyen kapcsolattal rendelkező járművek képesek egymás észlelésére, valamint információ- és adatcserére. [17]. A mai középkategóriásnak tekinthető polgári használatú gépjárművek már 40-50 ECU[7] segítségével közlekednek. Ide sorolhatók olyan berendezések és rendszerek, amelyek többek között a jármű biztonságát növelik, a gépjárművezetőt segítik, de a jármű alapvető működését is befolyásolhatják. Ilyen rendszereknek tekinthetők a menetstabilizáló rendszer, valamint a gépjárművezetés-támogató rendszer is. A legújabb gépjárművek már képesek a V2V, vagy a V2I[8] kommunikációra is. Az ilyen és ehhez hasonló rendszereknek az eredményeképpen egyre több adat áll rendelkezésre a közúti közlekedéssel kapcsolatban, a közlekedésszervezés szempontjából pedig ezeknek az ismereteknek az intelligens felhasználásával további lehetőségek nyílnak meg például a forgalmi előrejelzések terén. Az autonóm járművek intelligens rendszereit kihasználva a jövőben olyan hálózatokat is ki lehet alakítani, amelyek intelligens közlekedési infrastruktúrákkal is képesek lesznek az együttműködésre [13].

Az *1. táblázat* szemlélteti, hogy a polgári gépjárműtechnika milyen autonóm elemekkel rendelkezik, és hogyan halad a teljes fokú autonómia felé. Az elsőtől a harmadik szintig követelményként fogalmazható meg, hogy a gépjárművezetőnek minden pillanatban képesnek kell lennie arra, hogy átvegye a jármű felett az irányítást, hiszen meghibásodás vagy probléma felmerülésekor ő a döntéshozó személy. Ez a három szint már az önvezetés szintjeinek felel meg, hiszen a beépített autonóm rendszerek segítik a jármű vezetőjét, helyette számos műveletet elvégeznek. Ide tartoznak többek között a gyalogosokat felismerő rendszerek, a sávtartó automatika. Ezeket a feladatokat egyszerre is képes a rendszer végrehajtani, de külön-külön is működőképesek. Autonóm járműveknek nevezhetők azok a járművek, amelyek elérik a negyedik és ötödik szintet. A negyedik szintet elérve a beépített technológia segítségével bizonyos közlekedési körülmények között, ötödik szinten pedig a járművezetőtől független közlekedés valósulhat meg, gépi irányítás és döntések alapján [18].

Polgári alkalmazásban lévő autonóm szárazföldi járművek, közúti használatuk mellett alkalmasak katasztrófavédelmi feladatok ellátására, pl.: kutatás-mentésre, robbanóanyag hatástalanításra [9]. Az önjáró eszközök mezőgazdasági használata is elterjedt.

A ZalaZone tesztpálya

A zalaegerszegi ZalaZone önvezető jármű tesztpályán olyan környezetet alakítottak ki, amely többek között biztosítja az autonóm járművek közúti, városi alkalmazásának vizsgálatát, az ehhez köthető kutatás-fejlesztési egységeket, laborokat. Az önvezető autók tesztelése egy 250 hektáros területen valósul meg. A Smart City Zone lehetőséget teremt arra, hogy az autonóm járműveket forgalmi szituációkban tesztelhessék. A városi környezetet szemléltetve

1. táblázat. Az autonóm gépjárművek kategóriái [18]

Szint	SAE[9] autonómia szint	Kormányzás, gyorsítás, lassítás	Vezetési környezet figyelése	Automatikus rendszer képessége vezetési módokat tekintve
0.	Nincs automatizáltság	Humán járművezető	Humán járművezető	–
1.	Gépjárművezetés támogatása	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Egyes vezetési módok
2.	Részleges automatizáltság	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok
3.	Feltételes automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok
4.	Magas szintű automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok
5.	Teljes automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Minden vezetési mód

körforgalmakat, eltérő sávszámú útvonalakat, kereszteződéseket és épületeket építenek. A városi körülmények kiegészülnek felüljáróval, alagúttal, különböző meredekségű domborzati viszonyokkal. Ezeket a járműveket az alapvetően kis sebességű városi közegen túl, tesztelni lehet a magasabb sebességet igénylő útvonalakon is [19]. A ZalaZone Járműipari Tesztpályán már próbára tettek autonóm járműveket, amelyek az 5G-s adatkapcsolat felhasználásával, forgalmi helyzetben is jól vizsgáztak. A tesztpálya megnyitóján bemutatott technológia egyelőre kereskedelmi forgalomban nem alkalmazott rendszeren alapul [20].

Az Autóipari Próbapálya Kft. területén katonai alkalmazású autonóm járművek tesztelése is megvalósulhat. A terepi körülményeket imitáló pálya mellett kutatóbázis segítené a hazai kutatás-fejlesztést. Az autonóm katonai járművek tesztelése nehéz terepi és városi körülmények között egyaránt történhet. A próbapályán többek között elemezni lehetne a járművek mozgékonyság-vizsgálatát, fárasztóvizsgálatokat lehetne végrehajtani, valamint a járművezetői képzéseknek is teret nyújthatna a próbapálya [21].

Az autonóm rendszerek csoportosítása

Az autonóm járművek alkalmazási területeinek vizsgálatához különböző szempontok szerint szükséges értékelni és kategorizálni azokat a jellemzőket, amelyek befolyásolják a járművek működését és működtetését. Elengedhetetlen meghatározni az autonómiájuk fokát, kommunikációs csatornájukat a jármű és a vezető között. Fontos összehasonlítani a kommunikáció és az autonómia foka közötti kapcsolatot is, továbbá a járműveket csoportosítani kell méretük és szállíthatóságuk alapján.

Az autonómia foka szerinti csoportosítás

Az önvezető katonai járművek osztályozása autonómiai fokozat szerint:

- alacsony fokú autonómia,
- közepes fokú autonómia,
- magas fokú autonómia [9].

Az első esetben a kezelő – számára biztonságos távolságból – közvetlenül, távvezérléssel irányítja a járművet. A robot csak azokat az utasításokat hajtja végre, amelyeket a kezelője közvetlenül meghatározott számára. Alacsony autonómiával rendelkező járművek a környezet változásait nem képesek érzékelni, de feladataik jellegéből adódóan ez nem is szükséges. Ezen a szinten az azonnali adattovábbítás alapfeltétel. A távvezérelt robotok látótávolságon belül képesek ezeket a feladatokat elvégezni. A járműnek mindig képesnek kell lennie arra, hogy az utasításokat fogadja, feldolgozza és elvégezze azokat, valamint, a működése közben szerzett információkat továbbítani tudja a kezelőnek. A közeljövőben olyan robotok alkalmazása valószínűsíthető, amelyek nem rendelkeznek önálló döntéshozó képességgel, hiszen nincs rá szükségük. Ilyen helyzet lehet egy tűzszerészeti feladat végrehajtása, mivel ennél az alkalmazásnál a távvezérlés megoldható. A távvezéreltség olyan szakképzett kezelőszemély részvételét követeli meg a végrehajtás alatt, aki ért a technikához, a harcászathoz vagy feladattól függően, az adott művelethez. Alacsony autonómiával rendelkező, távirányított járművek használata során nagy kockázattal járnak az olyan helyzetek, amikor akár rövid időre is, de megszakad a kapcsolat a jármű és kezelője között. Ebben az esetben biztonsági okokból a járműnek képesnek kell lennie az eggyel magasabb fokú autonóm működésre. Az, hogy pontosan mit jelent ilyen esetben az eggyel magasabb fokú autonómia, alkalmazási területenként eltérhet [22].

Abban az esetben, amikor a jármű már képes bizonyos részfeladatokat önállóan ellátni, közepes fokú autonómia határozható meg. A kezelő kijelöli az elvégzendő feladatot a jármű számára, részletesen meghatározza azokat az ismereteket, amelyek a végrehajtáshoz szükségesek. Ezeknek az információknak a birtokában a járműnek képesnek kell lennie arra, hogy elvégezze a feladatot, ám bármilyen akadály, esetleg meghibásodás esetén a kezelőnek be kell avatkoznia. Közepes fokú autonómiával rendelkező járművek szenzorok felhasználásával már képesek arra, hogy érzékeljék a környezetük változásait. Gyakorlati alkalmazás során ez a szint pl. jelentheti azt, amikor egy önvezető jármű számára kijelölnek egy útvonalat, amin végig kell haladnia, de előre nem látható akadállyal szembesül, azt pedig nem lesz képes elhárítani.

Az autonómia legmagasabb szintjén az önvezető jármű önállóan végez el feladatokat, ekkor a feladatszabás után tervez, útvonalkijelölést, időszámvetést készít. Végrehajtja a feladatot, probléma esetén pedig önállóan megoldja azt. Magas fokú autonómiával rendelkező önvezető járművek képesek a kezelőjük irányítása nélküli helyváltoztatásra, munkavégzésre, érzékelik környezetük változását, adatokat és információkat képesek továbbítani kezelőjük, és más járművek számára [23]. Ezen a szinten járműcsoportok is képesek az együttműködésre, akár egyszerre, akár külön feladatrendszerekként. Elgondolkodtató, hogy ha növeljük a jármű autonómiájának fokát, akkor a kezelőnek nem kell feltétlenül magas szaktudással rendelkeznie, így megfelelő önállóság esetén elég lenne, ha csak felügyelné a folyamatokat. Magas fokú autonómiával rendelkező járművek működésében nagy szerepet kap a mesterséges intelligencia. Ezek a járművek alkalmazkodnak a megváltozott környezethez, és önálló döntéshozó képességgel rendelkeznek.

Összességében elmondható, hogy az autonóm járműveknek folyamatosan kommunikálniuk kell kezelőjükkel, magas fokú autonómia esetén a kommunikáció lehetőségének folyamatosnak kell lennie. Nehéz terepen is elvárható a hatékony navigáció. A feladataik függvényében, a járműveknek képeseknek kell lenniük arra, hogy más robotokkal, járművekkel kommunikáljanak és együttműködjenek [23]. A jövőben az autonóm járművek autonómiájának növelése várható, ez azt jelenti, hogy a kezelő egyre nagyobb biztonságból tudja majd irányítani a járművet, valamint hogy egyre kevesebb folyamatban kell részt vennie. Ebben az esetben egyetlen kezelő több járművet is képes irányítani, feladata az utasítások kiadása, információk vizsgálata és a folyamatos ellenőrzés.

A kommunikáció és az autonómia foka közötti összefüggés

A kommunikációnak is több szintje van, amely összefügg az autonómia fokával. A szárazföldi robotok napjainkban többségében távvezéreltek, kommunikációjuk több csatornán keresztül is megvalósítható. Infravörös jelekkel, rádión keresztül, és vezetéken keresztül is kommunikálhat a jármű és kezelője [23].

Alacsony fokú autonómia esetében valós idejű kommunikációt kell megvalósítani azonnali információcseréjével és végrehajtással. Jó példa erre a tűzszerészeti alkalmazás, amelynek során elengedhetetlen, hogy a robot azonnal és pontosan elvégezze a kezelő utasításait. Ugyanakkor, a kezelőnek is állandóan valós idejű adatokat kell kapnia a robottól, csak így lesz képes pontosan irányítani annak tevékenységét.

A következő szinten is folyamatos kommunikáció szükséges, de nem feltétlenül kell mindig erős jelnek lennie, hiszen csak hiba, akadály esetén szükséges a kommunikáció a kezelő és a jármű között.

Magas fokú autonómia esetén nem feltétel a jó minőségű jeladás, mivel a jármű önállóan tervez, szervez, irányít, problémát old meg. Fontos azonban kiemelni, hogy a kommunikáció sosem szűnhet meg teljesen. A kezelőnek mindig tisztában kell lennie azzal, hogy a jármű hol van, milyen tevékenységet végez, ez ellenőrzési és egyben biztonsági szempont [24].

A kommunikáció gyenge pontja a rendszernek, hiszen akár egy terepakadály is korlátozhatja a jó minőségű jeladást, de nem ez az egyetlen veszélyforrás. A mai kommunikációs csatornák észlelhetők, megfigyelhetők, a nem megfelelő titkosítás esetén adatszerzés történhet, legroszszabb esetben akár a jármű feletti irányítás is átvehető. Emiatt nagyon lényeges követelmény, hogy az autonóm járművek alkalmazása közben megvalósítható legyen a helyzethez megfelelően kódolt és titkosított adatátvitel.

Az önvezető járművek feladatvégrehajtása közben fel kell készülni olyan helyzetekre, amikor a járművel megszakad a kommunikációs kapcsolat. Ezek a helyzetek bármely alkalmazás során nehézségeket okozhatnak a járműnek és a környezetének, ennek függvényében a járműveknek másképp kell reagálnia ezekre a körülményekre. Fontos, hogy előre meghatározott módon cselekedjen a jármű, jellemzően kivárja a kapcsolatfelvételt – ezt nevezhetjük biztonsági résnek is –, amelynek elérése teljesen autonóm üzemmódban történik. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy egy távirányított jármű a kommunikáció rövid idejű megszűnésével is teljesen autonóm járművé válhat. Emiatt szinte minden távirányított járműnek rendelkeznie kellene autonóm funkciókkal is [25].

Az önvezető járművek méret szerinti csoportosítása

Az önvezető jármű mérete alapvetően az alkalmazási terület követelményeitől függ. A méret meghatározza a jármű szállításának módját. Befolyásolja azt is, hogy milyen terepakadályokat képes leküzdeni. A tanulmányban két méretet emelünk ki.

A kis méretű járművek (midi robotok) méret szerint méteres nagyságrenden belüliek. Előnyük, hogy szűk helyekre is bejutnak, rejtve tudnak maradni, mivel nehezen észrevehetők. Könnyen szállíthatók, akár a katona kezében, valamint egy hátizsákban is elférnek. Méretükből adódóan alkalmazásuk több hátrányt is felvet. Terepen nehezen mozognak, makroakadály-leküzdő képességük nem megfelelő. Alkalmazásukat még az is korlátozza, hogy nagy méretű energiatároló és döntéshozó egység nem építhető be a járművekbe, emiatt hatótávolságuk lecsökken. A felsorolt hátrányok ellenére felderítésre többségében kis méretű járműveket alkalmaznak, megoldásként pedig ezeket az eszközöket nagyobb méretű és jobb terepjáró képességű járművek szállítják. Erre az alkalmazásra később visszatérünk [26].

A makro, normál méretű járművek a legtöbb esetben olyan, már használatban lévő járművek, amelyeket átalakítottak, felszerelték szenzorokkal, autonóm vezetést, irányítást segítő berendezésekkel. Hamarabb észrevehetők mint a midi robotok, ezáltal felderítésük is könnyebb, de a terepjáró képességük megfelelőbb. Hatótávolságuk nagyobb, mivel nagyobb energiatároló egység fér el bennük. Felépítményüket változatosabban lehet kialakítani, különböző fegyverrendszerekkel is felszerelhetők [9].

Információfeldolgozó képesség, térinformatikai adatbázisok, navigáció

Az önvezető járművek a közvetlen környezetük állapotát mérik fel, az itt bekövetkező változásokra és akadályokra kell reagálniuk. Információfelvevő képességük szempontjából érzékelniük kell a tereptárgyakat, személyeket, állatokat, más járműveket és minden olyan terepi tényezőt, amellyel a feladatvégrehajtás során kapcsolatba kerülhetnek. Az információfeldolgozó képesség lehetővé teszi, hogy az autonóm járművek ezeket az adatokat megfelelő módon kezeljék, megszűrjék, továbbá jelezzék, hogy a feladat során mi jelenthet akadályt, problémát. Tanulási képesség – a tanulmány szerzőinek véleménye szerint – csak a legmagasabb fokú autonómiával rendelkező járművektől várható el, mivel ebben a kategóriában követelmény az önálló munkavégzés [23].

Az autonóm járművek irányítását és feladatvégrehajtását is nagymértékben befolyásolja az eszközök környezete. Fontos, hogy a jármű és kezelője is rendelkezzen adatokkal és információkkal a jármű közvetlen környezetéről. A térinformatika és rendszerei helyhez kötött információk begyűjtésével és feldolgozásával foglalkozik. A térinformációs adatbázisokat az önvezető járművek is felhasználhatják, így a járművek számára átjárhatatlan útszakaszok és a statikusnak nevezhető tereptárgyak és akadályok is előre meghatározhatók. Az önvezető járművek adatokkal is kiegészíthetik ezeket az adatbázisokat, esetleg létre is hozhatják azokat. Az autonóm szárazföldi járművek adatgyűjtésre is alkalmasak, feltérképezhetnek például veszélyes terepszakaszokat, aknák helyét határozhatják meg, és a LIDAR[10] rendszer felhasználásával épületek modelljének elkészítésére is képesek. Ezek az adatok mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a jármű kezelője a meghatározott területről, a térinformatikai rendszerekkel pontosabb képet kaphasson [27].

A terepen történő mozgáshoz és feladatvégrehajtáshoz felhasznált digitális térképeknek és térinformatikai adatbázisoknak folyamatosan frissülniük kell. Az autonóm katonai járművek rendszerint rombolt területen, változékony időjárási körülmények között kerülnek alkalmazásra. A frissítések azért fontosak, hogy a járművek mindig a terep aktuális állapotát tudják értékelni, annak megfelelően határozzák meg útvonalukat. Megoldás lehet ilyen helyzetekben a felderítésre is alkalmazott UAV-k felhasználása. Az együttműködés folyamatos is lehet, ha az UAV az alkalmazott UGV felépítményéről indul [26].

3. ábra. A felderítő helikopter-UAV az alkalmazott UGV felépítményéről indul, és valós idejű információkkal segíti annak terepi mozgását, illetve harcát [26]



Autonóm eszközök és járművek alkalmazásakor biztonsági veszélyforrásként kell tekinteni a hibásan feldolgozott adatokra és az informatikai egységek meghibásodásaira, hiszen ezeket közvetlenül nem lesz képes a kezelő, illetve a katona helyesbíteni. Terepen történő katonai alkalmazásban lévő eszközök informatikai egységeit úgy kell beépíteni a rendszerbe, hogy azok a szélsőséges környezeti hatásoknak ellenálljanak, és pontos információkat szolgáltassanak kezelőik felé. A civil informatikai rendszerek igénybevételének nagyságrendje jelentősen kisebb a katonai járművekbe épített komputertechnika alkalmazásánál, ennek ellenére fontos követelmény, hogy a lehető legkisebb meghibásodási aránnyal üzemeljenek. Egy autonóm szárazföldi jármű és a kezelője között követelményként kell meghatározni az azonnali, valós idejű és jó minőségű kommunikációt. Ez a jármű irányíthatósága és tevékenységének felügyelete miatt lényeges. A járművek informatikai egységeinek is megbízhatóan kell működniük, váratlan helyzetekben is képesnek kell lenniük nagy mennyiségű adat feldolgozására. Meghibásodáskor a legtöbb alkalmazás esetén nincs lehetőség az azonnali helyreállításra, kézi beavatkozásra. Egy-egy, működés szempontjából lényeges informatikai egység meghibásodása – legyen az akár átmeneti – biztonsági kockázatot is jelenthet [25].

A járművek navigációjára, akadály-felismerésre leggyakrabban GPS-t alkalmaznak. A műholdas globális helymeghatározó rendszer hátránya, hogy épületeken belül vagy zárt, fedett területen nem használható – emiatt, a szerzők véleménye szerint nem a legmegbízhatóbb navigációs forma. A GPS rendszert kiegészítve egy LIDAR rendszerrel, vagy lézerszkennerrel már pontosabb adatok határozhatók meg.

Alkalmazott szenzorok

Egy autonóm járművet akkor leszünk képesek irányítani, ha feltérképezzük a körülötte lévő környezetet, területet és útvonalat. Adatokra van szükségünk a felszínről, növényzetről, tereptárgyakról. Ha egy önvezető jármű magas fokú autonómiával rendelkezik, akkor ezeket az adatokat önállóan is képes feldolgozni.

A jármű és azon keresztül a kezelője is a szenzorok segítségével érzékeli a külvilágot. Az akadályfelismerés, a helymeghatározás, a navigáció és az információgyűjtés nem valósulhat meg szenzorok nélkül. Azokat az információkat, amelyeket a szenzorok érzékelnek, továbbítani kell a kezelőnek, aki megvizsgálva és kielemezve az adatokat, további döntéseket hozhat, emellett a fejlett mesterséges intelligenciával rendelkező járművek önmaguktól is képesek rendszerezni ezeket az adatokat.

Az elektronikus vezérlőegységek (ECU) egyre nagyobb mértékben váltják ki a mechanikusan működtetett vezérlést és szabályozást a gépjárművekben. A közelmúltban fejlesztett és gyártott polgári használatú gépjárművekben is egyre több szenzor található. A gépjárműtechnikában alkalmazott szenzorok elektromos jelekké alakítják át az érzékelt kémiai és fizikai értékeket. Polgári használatú járművekben a szenzorok többféle feladatot látnak el:

- vezérlést és szabályozást végeznek,
- biztosítják a járműveket lopás ellen,
- felügyelik a járművet fedélzeti diagnosztika segítségével,
- információs szenzorokkal megkönnyítik a vezető feladatát.

A polgári használatú gépjárművek rendszereiben is elterjedtek, de még nagyobb jelentőséggel bírnak az autonóm járművek tekintetében azok a szenzorok, amelyek a jármű közeli és távolabbi környezetét érzékelik. A polgári közlekedést megkönnyítik és biztonságosabbá teszik, a magas fokú autonómiával rendelkező járműveknek azonban elképzelhetetlen lenne a használata ezek nélkül az érzékelők nélkül. A járművek környezetét érzékelő szenzorok lehetnek:

- ultrahang szenzorok,
- képszenzorok,
- közel-tartományú radarszenzorok,
- távoli-tartományú radarszenzorok.

Az ultrahang szenzorok a civil használatú járművek parkolásában nyújtanak segítséget, az akadályok érzékelésével. Ha a képszenzorokat infravörös sugárzókkal kiegészítve alkalmazzák, azok képesek lesznek rossz látási viszonyok között és éjjel is az útszakasz megfigyelésére. A közel-tartományú radarszenzorok felismerik a jármű körüli tárgyakat, a távoli-tartományú radarszenzorok pedig akár 150 m-es távolságban képesek az adott terület és útszakasz vizsgálatára [28].

Az autonóm járművekbe épített szenzorok érzékelhetik a jármű belső változásait és a környezet változását is. Azok a szenzorok, amelyek a járművek fedélzetén találhatók és a környezet változásaira reagálnak, az alábbi feladatokra használhatók:

- akadályfelismerés,
- helymeghatározás,
- információgyűjtés.

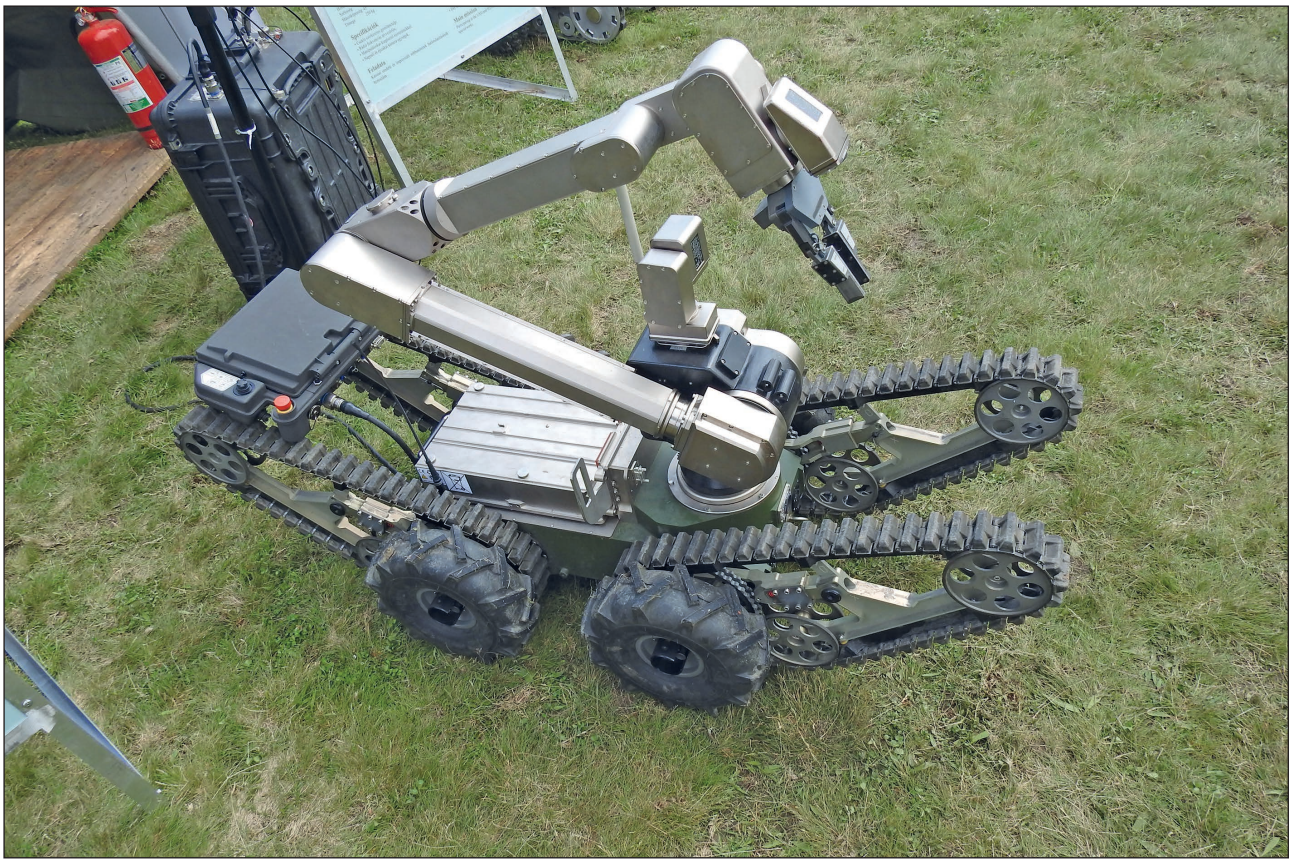
Információgyűjtésre alkalmazott szenzorok a jármű feladatellátásához szorosan kapcsolódó információkat gyűjtenek be a környezetből. Az információszerzés érdekében alapvetően egy kamerarendszer beépítése szükséges a jármű fedélzetére. Feltétel, hogy a kezelő a kamerát a megfelelő irányba tudja forgatni, így kép és videó rögzítése és azonnali közvetítése is megvalósulhat. Olyan helyzetekben, amikor a célterület nem látható megfelelően, például éjszaka vagy árnyékolt helyen, ezt a területet külön meg kell világítani, vagy hőkamera alkalmazása szükséges. Ez a megoldás a feladat és a jármű szerkezeti kialakításának függvénye. Felderítési feladatok ellátása közben feltétel, hogy a jármű rejtve maradjon, emiatt hőkamera használata javasolt. Ennek a kameratípusnak a használata azonban sokkal költségesebb, mint egy egyszerű fényforrás felszerelése.

További szenzorok is elhelyezhetők az autonóm felderítő járművek fedélzetén. A feladatok függvényében ilyenek lehetnek pl. az akusztikai szenzorok, amelyek rezgéseket mérnek a levegőben és a talajban. Ezeknél a járműveknél gyakori a lézerszkenner használata távolságmérésre, továbbá a szennyezett területeken vegyi felderítő szenzorok is alkamazhatók [9].

Az autonóm járművek meghajtása, hordozó platformja/mechanikája

Az autonóm járművek meghajtása jellemzően elektromos vagy belső égésű motor alkalmazásával történik. A belső égésű motorral ellátott jármű bizonyos helyzetekben előnytelen a zaj-, hő- és égéstermék-kibocsátás miatt, például felderítési feladatokra, valamint belső terekben sem ajánlott ilyen járművek alkalmazása. Az elektromos motorok hatásfoka 95%-os, működésük halkabb, mechanikai felépítésük egyszerűbb, jelentősen kisebb a hőkibocsátásuk mint a belsőégésű motoroknak.

Ezeknek a járműveknek fontos tulajdonsága a helyváltoztató képesség. Megkülönböztethetünk lánctalpas, kerekén gördülő, lépegető vagy sikló mozgást végző járműveket. Az autonóm járműveket, eltérő típusaik szerint többféle járószerkezettel gyártják. A kerekes szerkezetűek alkal-



4. ábra. A tűzszerészrobot kerekes futóművét lánctalpas futóművel egészítették ki a kedvezőbb lépcsőmászó-képesség elérése érdekében [10]

5. ábra. A Magyar Honvédség Telemax típusú lánctalpas futóművű tűzszerészrobotja



masak az épületekben történő közlekedésre, képesek kisebb akadályokon áthaladni, előnyük, hogy jól vezérelhetők és manőverezhetők. A lánctalpak használata is gyakori megoldás, speciális kialakítás esetén változtatható a jármű magassága is, amely egy jármű átvizsgálásánál pl. előnyös lehet [29].

Ennek megfelelően a járószerkezet megválasztása a terepviszonyok és a feladat függvénye. Előnyös olyan szerkezetű járművek használata, amelyeknek változtatható a járószerkezete. A lépegető mozgású járművek mechanikai felépítése bonyolult, emiatt ezek a járművek nehezebbek, mozgatásuk több energiát igényel.

A legelterjedtebb a kerekes járószerkezet [9]. Emellett a kombinált futómű-kialakítás is alkalmazható, amelynek során – a kedvezőbb lépcsőmászó-képesség elérése érdekében – a kerekes futóművet lánctalpassal egészítik ki (*4. ábra*).

(Folytatjuk)

Irodalomjegyzék

[1] Porkoláb Imre. „Szervezeti innováció a Magyar Honvédségben: az ember-gép szimbiózisa a stratégiaelméletek tükrében”. *Haditechnika* 53, 1. sz. (2019): 2–8. https://doi.org/10.23713/HT.53.1.01;

[2] Korom Ferenc. „Feladataink egy új, hatékony, modern haderő létrehozása érdekében.” *Honvédségi Szemle* 148, 1. sz. (2020): 3–4;

[3] Trautmann Balázs „Fémharcosok” *Honvédelem.hu* 2016. https://honvedelem.hu/hatter/femharcosok/;

[4] Laib Lajos, Sitkei György, Komándi György, Gedeon József, Kiss Péter, Szakács Tamás, Gyarmati József. *Terepen mozgó járművek*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2002;
[5] Simó Réka: *Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei*. ITDK pályamunka (Konzulens: Dr. Gyarmati József). Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszék, 2019;
[6] Simó Réka: *Autonóm terepjáró járművek speciális katonai felhasználásának lehetőségei*. Diplomamunka (Konzulens: Dr. Gyarmati József). Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszék, 2020;
[7] Gyarmati József, Vég Róbert László, Hegedűs Ernő, Gávay György Viktor. „A katonai felsőoktatás részvételének lehetőségei a kutatás-fejlesztési folyamatokban" *Műszaki Katonai Közlöny* 28, 1. sz. (2018): 193. o.;
[8] Kurcz Kristóf, Simó Réka, Sebők István, Hegedűs, Ernő. „Új fegyveripari cégekkel bővült a magyar hadiipar". *Haditechnika* 54, 3. sz. (2020): 51–53. https://doi.org/10.23713/HT.54.3.09.;
[9] Kucsera Péter. *Autonóm működésű szárazföldi robotok védelmi célú alkalmazása*. Doktori (PhD) értekezés Budapest: NKE, 2009;
[10] Gácser Zoltán. „Tűzszerész és felderítő robotok a magyar haderőben" *Hadmérnök* 2, Robothadviselés 7. tudományos szakmai konferencia különszám (2007 nov.);
[11] Menyhárt József, Szabolcsi Róbert. „Autonóm felszíni járművek akkumulátorai üzemállapotának vizsgálata szigmoid függvénnyel" *Hadmérnök* 12, 4. sz. (2017. december): 44–51;
[12] Varga Viktória. *A vezető nélküli járművek alkalmazásának lehetőségei a katonai közúti szállításokban*. Szakdolgozat Budapest. NKE, 2019, illetve: Varga, Viktória. „A vezető nélküli járművek alkalmazásának lehetőségei a katonai közúti szállításokban". *Hadmérnök* 14, 2. sz. (2019):87–98;
[13] Varga István, Tettamanti Tamás. „A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása" *Híradástechnika* 71, 1. sz., (2016): 59–63;
[14] Lados Mihály, Tóth Marcell László. „Autonóm járművek az okos városokban" *Tér – gazdaság – ember* 7, 1. sz. (2019): 159–173;
[15] Lukovics Miklós, Udvari Beáta, Zuti Bence, Kézy Béla: „Az önvezető autók és a felelősségteljes innováció" *Közgazdasági Szemle* 65, 9. sz. (2018. szeptember): 949–974. https://doi.org/10.18414/KSZ.2018.9.949.;
[16] Alapjárat. „Minden, amit az önvezető autókról tudnod kell". Elérés 2020. szeptember 14. https://alapjarat.hu/hasznos-infok/minden-amit-az-onvezeto-autokrol-tudnod-kell;
[17] Szujó Krisztina. „Az autonóm járművek gazdasági és társadalmi hatásai" In: Reisinger A. – Kecskés P. – Buics L.– Berkes J. – Balassa B. (szerk.) *Kulturális gazdaság. Kautz Gyula Emlékkonferencia elektronikus formában megjelenő kötete*. Győr: Széchenyi István Egyetem, 2019;
[18] Gyimesi Áron. „Az autonóm gépjárművek hatása a kormányzati költségvetésre és a foglalkoztatásra" *Tér – gazdaság – ember* 7, 1. sz (2019): 137–158;
[19] Hegedűs Ernő, Szivák Petra. „Az »Autonóm on- és off-road járművek katonai alkalmazhatóságának lehetőségei« című tudományos konferenciáról – részletesen". *Haditechnika* 53, sz. 4 (2019): 58–63. https://doi.org/10.23713/HT.53.4.11;
[20] PontMost. „Hol tart most az önvezető autózás?" *Pont.Most* (blog). Elérés 2020. szeptember 14. https://pont-most.hu/gep/hol-tart-most-az-onvezeto-autozas/;
[21] Hegedűs Ernő. „MTA bizottságok kihelyezett ülése a ZalaZone járműipari tesztpályán: Az autonóm katonai járművek tesztelésének műszaki lehetőségei." *Haditechnika* 54, 1. sz. (2020): 54–56. https://doi.org/10.23713/ht.54.1.11;
[22] Koleszár Béla. *Földi robottechnikai eszközök konstrukciós és alkalmazási kérdései, különös tekintettel a békefenntartó missziók biztonságának növelésére*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: NKE, 2011;
[23] Kömlődi Ferenc. Autonóm mobil robotok. http://www.nhit-it3.hu/__ujsite2/images/tagandpublish/Files/it3-2-2-4-u.pdf;
[24] Dr. Németh András, Dr. Hegedűs Ernő, Wippelhauser András, Simó Réka. „A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései I. rész". *Haditechnika* 53, sz. 4 (2019): 11–16. https://doi.org/10.23713/HT.53.4.02.;
[25] Koleszár Béla. „A földi robottechnikai eszközök informatikai részegységeivel szemben támasztott speciális (terepi kivitelt igénylő) követelmények rendszerezése, elemzése" *Hadmérnök* 4, 4. sz. (2009. december): 205–215;
[26] Németh, András, Ernő Hegedűs, András Wippelhauser, és Réka Simó. „A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései II. rész". *Haditechnika* 53, sz. 5 (2019): 2–7. https://doi.org/10.23713/HT.53.5.01;
[27] Árvai László. „Robottechnika és térinformatika" *Hadmérnök* 7, 2. sz. (2012. június): 230–241;
[28] Robert Bosch GmbH. *Szenzorok a gépjárművekben.* Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., 2008;
[29] Vizi Pál Gábor. Kutató robotok a haditechnikában – bombakereső robotok és különböző érzékelőik. *Hadmérnök* 4, 1. sz. (2009. március): 284–298;
[30] Koleszár Béla. „A robothadviselés etikai kérdései II." Katonai erkölcs. *Hadmérnök* 5, 1. sz. (2010. március): 266–283;
[31] Koleszár Béla. „A robothadviselés etikai kérdései III." Robotok helyett emberek? *Hadmérnök* 5, 4. sz. (2010. december): 147–162.

Jegyzetek

1 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) – személyzet nélküli légi jármű.
2 UUV (Unmanned Underwater Vehicle) – személyzet nélküli víz alatti jármű.
3 UGV (Unmanned Ground Vehicle) – személyzet nélküli szárazföldi jármű.
4 AGV (Automatic/Automated Guided Vehicle) – Automatikus vezérlésű járművek.
5 M2M (Machine to Machine) – gépek közötti kapcsolat.
6 V2V (Vehicle to Vehicle) – járművek közötti kapcsolat.
7 ECU (Electronic Control Unit) – elektronikus vezérlésű egység.
8 V2I (Vehicle to Infrastructure) – jármű és infrastruktúra közötti kapcsolat.
9 SAE (Society of Automotive Engineers – Autóipari Mérnökök Társasága).
10 LIDAR (Light Detection and Ranging) – lézer alapú távérzékelés.

(Fotók a szerzők gyűjteményéből)