

**MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-  
KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN  
2021 KONFERENCIA**

**KÖRNYEZET- ÉS FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI  
HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓ  
ELŐADÁSOK KIADVÁNYA**

Debrecen, 2021. június 24.

Szerkesztette:

Dr. Békési Bertold

az MTA DAB Repüléstudomány Munkabizottság elnöke

Dr. Buday Tamás

az MTA DAB Hidrológiai Munkabizottság titkára

**Kiadja: MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága**

**Támogató: MTA Debreceni Területi Bizottság Műszaki Szakbizottsága**

**ISBN: 978-963-7064-42-5**

**Debrecen 2021**

## Tartalom

Innovatív, világító térkövek kifejlesztése lumineszcens adalékanyagok kutatásával és egyedi gyártástechnológiájának kifejlesztésével .....	6
Meddőhányó-mozgásvizsgálat komplex feldolgozási eredményeinek összehasonlító értékelése .....	10
A hosszú idejű (1992-2021) bükki karsztvízszint észlelő rendszer (bkér) és adatainak archiválási terve.....	14
Magyarországi díszítőkövek szilárdsági és hővezetőképességi tulajdonságainak roncsolásmentes vizsgálata .....	19
Geotermikus potenciál Magyarországon .....	23
A Fourier spektrumok inverziós számításának a vizsgálata.....	28
Üzemelő felszín alatti vízbázisok távlati működtetési lehetőségeinek vizsgálata .....	32
Innovatív megoldások a drón repülések meteorológiai támogatásában.....	37
A H145M helikopter műszerrendszere .....	42
VTOL (Vertical Take off and Landing) UAS (Unmanned Aircraft System) alapú meteorológiai előrejelző rendszer fejlesztésének lehetőségei és kockázatai a repülőtereken..	49
A repülésbiztonság növelésére kifejlesztett és alkalmazott műszerek, valamint eljárások a Post-COVID kezelésének szolgálatában .....	55
Kiútkeresés a drónok csoportosítás sokaságából .....	63
A H145M helikopter elektromos energiaellátó rendszere.....	70
Az alternatív tüzelőanyagok alkalmazását meghatározó gazdasági környezet az állami légi közlekedés vonatkozásában.....	77
Csak játék a gondolattal, vagy reális lehetőség? Személyi mentőejtőernyő nyugati gyártású helikopter fedélzetén történő utólagos rendszerbeállításának lehetőségei .....	81
SPK tüzelőanyagok és tüzelőanyag-keverékek hatása a repülőgép-tüzelőanyag rendszerek nemfémes anyagaira .....	87
Katonai célú drónfejlesztések a két katonai nagyhatalom boszorkánykonyhájában.....	92
A H145M helikopter fegyverei .....	100
A Magyar Honvédségben rendszeresített új helikopterek üzemeltetési rendszere .....	104

## VÁROSI PARKOK ÖKOLÓGIAI HATÁSELEMZÉSE

### ECOLOGICAL IMPACT ASSESSMENT OF URBAN PARKS

**CZÉDLI Herta<sup>1</sup>, VARGA Zsolt<sup>2</sup>, FÜLÖP Ferenc Krisztián<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>PhD, egyetemi docens, herta.czedli@eng.unideb.hu  
<sup>1</sup>Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem

<sup>2</sup>PhD, egyetemi docens, v.zs.ferenc@gmail.com  
<sup>2</sup>Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem

<sup>3</sup>környezetmérnök MSc hallgató, fulop.k.ferenc@gmail.com  
<sup>3</sup>Környezetmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem

**Kivonat:** *Kutatásunk során kiválasztott mintaterületek, debreceni lakótelepi parkok felmérését és ökológiai hatáselemzését végeztük el, különös tekintettel a kvalitatív és kvantitatív jellegű értékelésekre. Az általunk alkalmazott módszertan továbbá a vizsgált hatásmechanismusok révén mutatunk rá a városi lakótelepek környezetminőségének állapotára, valamint az új zöldfelületek kialakításának jelentőségére.*

**Kulcsszavak:** *városökológia, zöldfelületek, városi környezet*

**Abstract:** *During our research, we carried out a survey and ecological impact analysis of selected sample areas residential parks in Debrecen, with a focus on qualitative and quantitative evaluations. With the methodology and the mechanisms of action we investigate highlight the environmental quality of urban housing estates and the importance of creating new green areas.*

**Keywords:** *urban ecology, green areas, urban environment*

#### 1. VÁROSI PARKOK SZEREPE

A városok növényzettel borított területének nagysága és annak minősége egyértelmű hatást gyakorol a lakosság komfortérzetére: élhető kellemes környezetet biztosítanak minden generáció számára, rekreációs célokra alkalmasak, javítják a mikroklimatikus jellemzőket és jelentős szerepet töltenek be a légszennyezés és zajterhelés csökkentésében [1]. Európában 2020-tól a lakosság mintegy háromnegyed része él városi környezetben [2], így ezen lakosok kitettsége jóval nagyobb levegő- és zajszennyezés tekintetében a vidéken élő lakosokhoz képest, illetve az egyes városok mutatóit összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a zöldfelület ellátottság alapján éles különbségek körvonalazódnak, így az európai városok esetében zöldfelület deficit mutatható ki. A biológiailag aktív és inaktív területek helyes arányának meghatározása és kialakítása kiemelt feladat a településtervezésben, hiszen a régió tájszerkezetébe kapcsolják be a települést [3] továbbá az egészséges, élhető, többfunkciós városi zöld területek létrehozása a XXI. századi városok fennmaradásának záloga. A városok közösségi életének színterei a zöldterületi elemek.

## 2. ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTJELLEMZŐK

Városi mintaterületek esetében indikátorokat valamint mennyiségi- és minőségi állapotjellemzőket kell választanunk ahhoz, hogy össze tudjuk hasonlítani az adott parkok ökológiai szerepét. A zöldterületi rendszer mennyiségi állapotjellemzői közül ökológiai (terület nagysága, biológiailag inaktív felületek aránya) illetve humán (ellátottság) állapotjellemzőket vettünk figyelembe. A zöldfelületi rendszer minőségi állapotjellemzői közül a zöldfelületek környezetjavító hatásait alkalmaztuk kutatásunk során. A vizsgált indikátorok, melyeket figyelembe vettünk a következők voltak: abszolút alapterület, alapterületi mutatók, zöldfelületi ellátottság, köztér ellátottság, biomassza mutató és levélfelületi index, CO<sub>2</sub> megkötés, rekreációs használati formák [4].

A zöldfelületi ellátottság elemzése során a teljes zöldfelületi index (IZF<sub>t</sub>) számítását végeztük el a teljes zöldfelület, illetve a teljes felület figyelembevételével. A kiválasztott mintaterületek összehasonlító elemzése során elemeztük a következő paramétereket: terület, összes zöldfelület, fás zöldfelület, gyeper zöldfelület, beépített terület, zöldfelület %, beépítettség %.

Kutatásunk során vizsgált aspektus volt az egy főre jutó zöldfelületek mennyisége [5,6,7]. Ez szintén mennyiségi összehasonlítás, humánökológiai jellemzésre a leginkább használható mérőszám. A zöldfelület ellátottság ideális értéke egy város esetében 14-20 m<sup>2</sup>/fő. Az egy főre jutó zöldfelület mennyisége egész Debrecenre vetítve 18 m<sup>2</sup>/fő. A lakóterületeken ideálisnak tekintett 14-20 m<sup>2</sup>/fő értéket Debrecenben csak az Újkerti lakótelep éri el 22,33 m<sup>2</sup>/fő értékkel, a Vénkert lakótelepen 12,62 m<sup>2</sup> az egy lakosra jutó zöldfelület nagysága [5].

Az Újkert és Vénkert összehasonlító elemzését a zöldfelület nagysága [m<sup>2</sup>], a zöldfelületi ellátottság [m<sup>2</sup>/fő], a zöldfelületi index [%], a biológiai hasznosság, a CO<sub>2</sub> megkötés [kg/év] alapján végeztük el [5].

## 3. VÁROSI ZÖLDFELÜLETEK HATÁSAINAK ÉRTÉKELÉSE

A városi zöldfelületek hatásainak értékelése során több szempont szerint végeztük az értékeléseket, melyek a következők voltak: ingatlanvagyon felértékelődése, hőszigetelés és energiafogyasztás, egészségügyi hatások, faérték növekedése, károsanyag-kibocsátás mérséklése, szociokulturális kapcsolatok, életminőségre gyakorolt hatás, új térhasználati lehetőségek, zöldfelületi hálózat fejlődése, biológiai aktivitás értékének növekedése, turisztikai hatás, zaj- és levegőszennyezés [8]. Az elemzéseket követően megfogalmaztuk azokat a környezetegészségügyi szempontokat, melyekre fokozott figyelmet kell fordítani: megfelelő minőség, megőrzés, fenntartás, fejlesztés, alacsony területi fedettség, hozzáférhetőség. A városokban jelentkező antropogén hatások ok-okozati összefüggéseit ha vizsgáljuk, megállapíthatjuk a következőket: amennyiben mesterséges felszín kialakítása történik a városban (vegetáció csökkenése, vízelvezető hálózat létesítése, nagy felületi érdesség, sugárzási egyenleg komponenseinek változása), ennek hatására hőtöbblet jön létre a város területén (gyengébb evapotranspiráció figyelhető meg, gyorsabb lefolyás jellemző, szélsebesség csökken, a szél hőmérséklet mérséklő hatása csökken). A hőtermelő energiafelszabadító folyamatok (fűtés, közlekedés, ipar) hatására szintén hőtöbblet jön létre. A legnagyobb hősziget intenzitási értékek a városközpontban mérhetőek. A lakótelepek, ahol nagy a beépítés sűrűsége, az épületek átlagos magassága és a mesterséges talajfedés aránya, a hősziget alközpontjaiként jelennek meg.

#### 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Méréseink és vizsgálataink az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult Program” című projekt keretében valósultak meg.

#### 5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **KARANCSI, Z., SZALMA, E., OLÁH, F., HORVÁTH, G.:** *A városi parkok és szerepük az idegenforgalomban Szeged példáján.*  
[http://www.jgypk.hu/tanszek/foldrajz/files/V\\_rosi\\_parkok.pdf](http://www.jgypk.hu/tanszek/foldrajz/files/V_rosi_parkok.pdf)
- [2] **GÁBOR B.:** Városi parkok, zöldterületek az élhető jövő zálogai. naturahirek.hu, 2021.
- [3] **KARANCSI Z., KISS A.:** *A táj képi szerepe és tájképművészet értékelése képeslapokon. Tájesztétikai vizsgálatok a Medves-térség területén.* In: *Tájkutatás – Tájökológia.* Meridián Alapítvány, Debrecen, 2008, 487-493.
- [4] **MREKVICSKÁNÉ NÉMETH, A., ONGJERTH, R., RADNÓCZI, P., BARDÓCZI, S., BERCZELÉDINÉ SHALABY, K., GÁBOR, P., IVÁNYI, GY., KOVÁCSNÉ PAPP, K., M. SZILÁGYI, K., NAGY, K., PATAKI, K., SOMOGYI, R.:** *Budapest zöldfelületi-rendszerének fejlesztési koncepciója és programja.* 2006
- [5] **FÜLÖP, F. K.:** *Lakótelepi városi zöldfelületek ökológiai szerepének vizsgálata Debrecenben.* BSc Szakdolgozat, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, 2018.
- [6] **PÁL, J.:** *A városi terjeszkedés valódi költségei.* Budapest, Levegő Munkacsoport, 2006.
- [7] **RADÓ, D.:** *A növényzet szerepe a környezetvédelemben.* Budapest. Zöld Érdek Alapítvány-Levegő Munkacsoport.
- [8] **SZIGETI, C.:** Városi zöldfelületekkel kapcsolatos társadalmi igények. Éghajlatvédelmi Szövetség és a Reflex Egyesület szakmai fóruma. 2018.05.30. Letöltés ideje: 2021.05.18. [www.eghajlatvedelmiszovetseg.hu](http://www.eghajlatvedelmiszovetseg.hu)

INNOVATÍV, VILÁGÍTÓ TÉRKÖVEK KIFEJLESZTÉSE LUMINESZCENS  
ADALÉKANYAGOK KUTATÁSÁVAL ÉS EGYEDI  
GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJÁNAK KIFEJLESZTÉSÉVEL

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE, LIGHTING PAVINGS BY  
RESEARCHING LUMINESCENT ADDITIVES AND DEVELOPING THEIR  
UNIQUE MANUFACTURING TECHNOLOGY

CSÓKAI Viktor<sup>1</sup>, KISS Ákos László<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, kutatás vezető, viktorcsokai@outlook.hu  
Borsod-Bos 2004 Kft.

<sup>2</sup>PhD, senior kutató, dr.akoskiss@dmx.de  
Borsod-Bos 2004 Kft.

**Kivonat:** A Borsod-Bos 2004 Kft. legújabb kutatás-fejlesztési projektjeként új, sötét aktivitású útburkolatokat fejlesztettünk, melyek napközben élénk színükkel hívják fel a figyelmet, míg naplemente után hosszú emittálási idejű fénykibocsátással, úgynevezett sötét aktivitással rendelkeznek. A laboratóriumi kutatásaink során a magas hőmérsékletű szilárdtest kémiai reakciókat mikrohullámú besugárással aktiváltuk. A fejlesztési fázisban sikerült megoldanunk a redukáló atmoszférában létrejövő luminofórok gyártástechnológiáját forgó csökemencében.

**Kulcsszavak:** sötét aktivitás, szilárdtest kémia, elektromágneses aktiválás

**Abstract:** At the Borsod-Bos 2004 Ltd. we were involved into the research and development of a new type of lighting pavings, which are colorful and attention-grabbing during the daytime, whereas an energy-free lighting pavings system after sunset. In the research stage of the project we were able to use microwave irradiation for the activation of the high tempered solid phase reactions. Other goal was the developing of a unique manufacturing technology to produce it in rotary tube furnace in reduction atmosphere.

**Keywords:** luminophore, solid phase chemistry, activation with electromagnetic irradiation

## 1. BEVEZETÉS

A kutatás első fázisában a megfelelő lumineszcenciájú fénypor keverékek kutatására koncentráltunk. Elsődleges célunk volt megtalálni azt az összetételt, mely a lehető legnagyobb mennyiségű energiát tudja megkötni a napfényből nappal, és a lehető leghosszabb ideig képes emittálni naplemente után. A kutatást kiterjesztettük a megfelelő aktivátor, vagyis a lumineszcenciáért felelős komponens kifejlesztésére is. A megfelelő anyag megtalálása egyrészt az egymásra ható fématom törzsek és a ritkaföldfém együtt kristályosodásában rejlik, de nagyon fontos a részecskeméret, a kezelési hőmérséklet és a komponensek arányának nagyon szigorú betartása.

Hosszú emittálási idővel rendelkező anyagkeverékek moderáltan találhatóak az irodalomban, ezekről általánosságban elmondható, hogy a foszforok előállítását speciális kvarc edényekben végzik, 1100 °C és 1300 °C között, több napos, esetleg hetes izzítással, és nitrogén vagy argon atmoszférában, melybe hidrogén áramot adagolnak. Ennek oka, hogy a legtöbb sötét aktivitást okozó ion nem a legmagasabb oxidációs fokával szerepel a keverékekben, így az eurórium  $\text{Eu}^{2+}$ , a cérium  $\text{Ce}^{3+}$  és a mangán  $\text{Mn}^{2+}$  formában aktív. Az aktivátorok védelme az oxidációtól ilyen magas hőmérsékleten elengedhetetlen. Amennyiben a kiválasztott bázis oxid, mely a legtöbb esetben stroncium, kalcium, magnézium aluminát

vagy aluminoszilikát, és az aktivátorok szilárdtest kémiai reakcióját levegőn végezzük, akkor is kialakul a megfelelő kristályszerkezet, de ezután vissza kell redukálni az aktivátort a megfelelő oxidációs fokra. Ezzel a módszerrel kísérleteztek Jia és Yen [1], de nekik is szükségük volt 50 órás redukzív kezelésre 1350 °C-on ahhoz, hogy a cérium újra aktivált,  $Ce^{3+}$  állapotba kerüljön, és sikerüljön elérni a 8-10 órás sötét aktivitást magnézium-aluminátban.

Li és munkatársai mangán aktivált cink boroszilikát luminoforokat állítottak elő [2]. Kivételesen magas hőmérsékleten, 1500 °C-on kezelték a bemért oxid keveréket, és redukzív atmoszféra használata nélkül sem tapasztalták a mangán oxidációját, annak ellenére, hogy a  $Mn^{2+}$  nagyon érzékeny az oxidációra. Valószínűleg azért jártak sikerrel a mangán aktivált cink boroszilikát hosszú sötét aktivitással rendelkező luminofor előállításánál, mert a megemelt hőmérsékleten sikerült mindössze 1 órás reakcióidővel előállítani a megfelelő kristályszerkezetet, és ez az idő nem volt elegendő a  $Mn^{2+}$  oxidációjára.

A szervesen, hosszú sötét aktivitással rendelkező luminoforok családjában a legnagyobb mennyiségben kutatott és használt aktivátorokat aluminát bázison az európium-diszprózium kristályok adják. Katsumata kutatócsoportjának sikerült az  $Eu^{2+}/Dy^{3+}$  aktivátor rendszert bárium-aluminátba zárni, és egy 24 órás 1150 °C-os kezeléssel előállítani a luminofor kristályszerkezetet [3]. Az európium  $Eu^{3+}$ -ra történő feloxidálása miatt azonban ezt még aktiválniuk kellett így 2,5 %-os hidrogén gázáramban redukálták. Eljárásukkal sikerült olyan luminoforokat előállítaniuk, melyek sötét aktivitása elérte a 10-12 órát.

## 2. SZILÁRDTEST KÉMIAI REAKCIÓK MIKROHULLÁMÚ TÉRBEN

Korábbi szilárdtest kémiai kísérleteink során aluminátok, szilikátok és cirkon szilikátok előállítását is hasonló, magas hőmérsékletű körülmények között kellett volna megoldanunk, de nem voltunk felkészülve olyan kemencékkel, melyekben tartósan fenn tudtuk volna tartani az 1100 °C feletti hőmérsékletet. Ezért olyan rendszerekkel kísérleteztünk, melyek rövid idő alatt, nagyon magas hőmérséklet elérését biztosítják. Tesztelni kívántuk továbbá, hogy a hőhatáson kívül milyen más energiaközlő megoldásokat tudunk hasznosítani a megfelelő kristályszerkezetek kialakulása érdekében. Ezért az üvegkerámia iparban használt szilícium karbid hőközlő felületekkel végeztünk kísérleteket, elektromágneses gerjesztéses eljárással.

Laboratóriumi méretekben, kémiai kísérletek elvégzésére alkalmas elektromágneses gerjesztésű berendezést nem találtunk, ezért egy olyan rendszert fejlesztettünk, amely alkalmasnak tűnt szilárdtest kémiai kutatásaink modellezésére. Kísérleteinket szilícium karbid edényekben és szilícium karbid felületű reaktorokban végeztük el. Ennek oka, hogy a szilícium karbid jól gerjeszthető, teljesen elnyeli az elektromágneses sugárzást, és hővé alakítja.

Korábbi kémiai kísérleteink során ebben a rendszerben szintetizáltunk különböző színű kerámia ipari szintesteket, és azt tapasztaltuk, hogy azok a reakcióelegyek, melyek egyszerre tartalmaznak redukzív és oxidatív reaktánsokat, a nagy energiájú besugárzásnak köszönhetően redox mellékreakciók létrejöttét generálják. Elektromágneses rendszerünk nem teljesen volt izolált a besugárzásra, és a gerjesztett szilícium karbid felületének egynegyed részén az elektromágneses sugárzás behatolt a szilárdtest kémiai reakció terébe. Ennek korábban nem tulajdonítottunk jelentőséget, mert az általunk használt fémoxidok dipólus momentuma nem volt elég nagy ahhoz, hogy elektromágneses sugárzással is gerjeszthetőek legyenek. Azt tapasztaltuk, hogy a hideg reakcióknak nincsen hatása, vagyis a szilícium karbid nélküli elektromágneses kísérletek eredménytelenek. Ebből a tapasztalatból kiindulva indítottuk el azokat a kísérleteinket, melyek szintén elektromágneses gerjesztéssel végzett szilárdtest kémiai reakciókra épülve hosszú sötét aktivitással rendelkező luminoforok szintézisére váltak alkalmassá.

## 2.1. Luminofórok szintézise elektromágneses gerjesztéssel

A bárium aluminát alapú diszprózium-európium aktivitású luminofórunkat ( $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Dy}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ ) aktív szenes adagolással állítottuk elő bóroxid üvegesedés elősegítő adalék anyaggal. A minta 900 W-os elektromágneses besugárzásnak lett kitéve 50 percen át, szilícium karbid edényben. A szilárdtest kémiai reakció a vörösen izzó elegyben ment végbe, élénk sárga port eredményezve, melyben nyoma sem maradt a szén fekete színhatásának. A termékelegy kristályos, sárga színű, sötét aktivitást mutat, 500 nm-en 10 órán keresztül emittál.

A stroncium aluminoszilikát alapú diszprózium-európium aktivitású luminofórunkat ( $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Dy}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ ) szintén aktív szenes adagolással állítottuk elő bóroxid üvegesedés elősegítő adalék anyaggal. A minta 900 W-os elektromágneses besugárzásnak lett kitéve, de egy esetben sem sikerült egy óra alá levinni az aktív besugárzás idejét. Azokban az esetekben, amikor a szilárdtest kémiai reakció ilyen nagy energiát igényel, előfordul, hogy a reakciók összeégnek, és egy sötét, üvegesedett, sötét aktivitást nem mutató mellékterméket eredményez. Esetünkben a sikeres reakciók halványsárga, 510 nm-en 10-12 órás sötét aktivitással rendelkező porkeveréket adtak. A kísérleteket szilícium dioxid nélkül ( $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-Dy}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ ) is elvégeztük, a fent bemutatott körülmények között, azzal a különbséggel, hogy jelentősen rövidebb ideig, mindössze 40 percig izzítottuk az elegyet. A világos sárga termék sötét aktivitása minimális szinten tolódot el, 520 nm-en világított, de rövidebb ideig, 10 óra elteltével már szabad szemmel jelentéktelen emittálást mutatott.

A diszprózium-európium rendszerben a sötét aktivitást mutató ritkaföldfémek igaz, csak kis mennyiségben szükségesek a luminofórok előállítására, de nagyon drágák, és a beszerzésük is meghatározott (Kína). Előnyben részesítettük ezért a könnyebben kezelhető mangán aktivált cink szilikát bázisú rendszert ( $\text{ZnO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Mn}^{2+}$ ). Li és munkatársai zárt rendszerben, 1500 °C-on, levegő atmoszférában állították elő, redukáló ágensek nélkül, megőrizve az oxidációra érzékeny  $\text{Mn}^{2+}$  oxidációs fokú mangánt [2]. A szilárdtest kémiai reakciók során arról kellett gondoskodnunk, hogy a reakció alatt az aktivátor ne oxidálódjon fel  $\text{Mn}^{4+}$ -re, annak ellenére, hogy az irodalom abban az esetben, ha a kiindulási aktivátor a megfelelő oxidációs állapotban van, nem ajánl redukáló atmoszférát. Kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy amennyiben nem alkalmazunk minimális mennyiségű aktív szent a reakcióelegybe keverve, a halvány rózsaszín, majdnem fehér elegy az aktiválás után be barnul, jelezve a mangán  $\text{Mn}^{4+}$  oxidációs fokát, melynek a cinkszilikát bázisban már nincs sötét aktivitása. Ellenkező esetben a termékelegy fehér. Sötét aktivitást mutat, 590 nm-en nagyon intenzív piros színnel emittál.

Jia és Yen magnézium aluminát bázisú cérium aktiválással ( $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}^{3+}$ ) kísérleteztek [1]. A kívánt sötét aktivitású luminofort 2 óra levegőn történő, 900 °C-on végzett izzítással érték el, majd ezek után 50 órán át 1350 °C-on izzították hidrogénnel dúsított nitrogén áramban annak érdekében, hogy a cérium a  $\text{Ce}^{3+}$  oxidációs fokra kerüljön. Számunkra a kristálméret növelésénél fontosabb volt, hogy egy alacsonyabb hőmérsékletű, de nagy energiájú besugárzással végezzük el a szilárdtest kémiai kísérleteket. A  $\text{Ce}^{3+}$  oxidációtól való védelmében glükózt használtunk, ami drágább, de sokkal hatékonyabb oxigén elvonó szer, és indikátorként is jobban szolgál, ugyanis az elszenesedése során is von el oxigént, és a szén kiégésével veszíti el a rendszer a sötét színt, amit a fehér porkeverékhez ad. A korábbi kísérletekhez hasonlóan folyamatos, 900 W elektromágneses gerjesztésnek tettük ki 60 percen keresztül, melynek során a minta teljes mennyiségben átizzott. A sárga felizzás után a kihűlt rendszer nem sárga, teljesen kiféhéredett. Sötét aktivitást is mutat, 520 nm-en 10 órán át észleltünk fénykibocsátást.



## 2.2. Szilárdtest kémiai reakciók forgó csökemencében

Kutatási tevékenységünk után a reprodukciós fázisok következtek, melyek során kialakultak a konkrét receptúrák az egyes luminofór anyagkeverékek előállításához. A nagyobb mennyiségben előállítható céltermékeket azonban már nem lehetett szilícium karbid edényekben legyártani, ezért ipari megoldást kerestünk. A folyamatos üzemű gyártás érdekében, és az ipari megoldásokat figyelembe véve forgó csökemence kiépítése mellett döntöttünk. Ebbe a rendszerbe ki tudtuk építeni a termikus gerjesztést, de a mikrohullámú besugárzás egy nagyobb volumenű kutatás-fejlesztési tevékenység részét fogja képezni. A forgó csökemencénk azonban annak a fejlesztési eredménynek köszönhetően, hogy nem kell hidrogén áramot alkalmaznunk, alkalmasnak bizonyult a reakcióelegybe kevert redukív ágenssel történő sötét ativitással rendelkező anyagkeverékek szilárdtest kémiai gyártástechnológiájának befogadására.

## 3. ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva tehát kutatás-fejlesztési tevékenységünk során sikerült olyan magas hőmérsékleten kialakuló foszforokat előállítanunk, melyek szintetizálásának esetünkben nem feltétele a hosszú időn keresztül fenntartott magas hőmérséklet, a szilárdtest kémiai reakciókhoz szükséges aktiválási energiát elektromágneses besugárzással biztosítottuk. Az egyes esetekben megkívánt redukív atmoszférát a tudomány mai állása szerinti hidrogén atmoszféra helyett redukálószer alkalmazásával értük el.

## 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatás-fejlesztési projektünket a BORSOD-BOS 2004 Kft. tevékenységének keretei között, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával (KFI\_16-1-2016-0216) végeztük.

## 5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **JIA, D., YEN, W. M.:** *Enhanced  $V_K^{3+}$  center afterglow in  $MgAl_2O_4$  by doping with  $Ce^{3+}$ .* Journal of Luminescence, 101, 115-121, 2003., ISSN 0022-2313
- [2] **LI, C., YU, J., WANG, S., SU, Q.:** *Photo-stimulated long lasting phosphorescence in  $Mn^{2+}$ -doped zinc borosilicate glasses.* Journal Non-Crystalline Solids, 321, 191-196, 2003., ISSN 0022-3093
- [3] **KATSUMATA, T., SAKAI, R., KOMURO, S., MORIKAWA, T., KIMURA, H.:** *Growth and characteristics of long duration phosphor crystals.* Journal of Crystal Growth, 198-199, 869-871, 1999., ISSN 0022-0248

MEDDŐHÁNYÓ-MOZGÁSVIZSGÁLAT KOMPLEX FELDOLGOZÁSI  
EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHAJONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE

COMPARATIVE EVALUATION OF COMPLEX PROCESSING RESULTS  
OF A WASTE DUMP MONITORING OF MOVEMENT

HAVASI István<sup>1</sup>, KLEIBER Márk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, intézetigazgató egyetemi docens, gbmhi@uni-miskolc.hu

<sup>1</sup>Geofizikai és Térinformatikai Intézet, Geodéziai és Bányaméréstani Intézeti Tanszék, Miskolci Egyetem

<sup>2</sup>technológus, kleiber.mark@gmail.com

<sup>2</sup>Mátrai Erőmű Zrt, Bükkábrányi Bányüzem

**Kivonat:** A tanulmány a Miskolci Egyetem 2020. évi Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (FIKP) keretében elnyert pályázat részeként íródott. A kutatómunka egy bányabeli meddőhányó mozgásméréseire irányult. Mintaterületként a Bükkábrányi Bánya belső meddőhányója lett kiválasztva. A létesített monitoring pontrendszer vonatkozásában, az üzemben már évek óta rendszeresen végeznek GPS észleléseket. A 2018-2020 időszak évenkénti komplex adatfeldolgozási eredményeink alapján rövid összehasonlító értékelést végeztünk.

**Kulcsszavak:** meddőhányó, mozgásmérés, komplex adatfeldolgozás, összehasonlító értékelés

**Abstract:** The study was written as part of the project won in the framework of the 2020 Higher Education Institutional Excellence Program (FIKP) of the University of Miskolc. The research work focussed on monitoring of movements of a waste dump in a mine. The internal waste dump of Bükkábrány Mine was selected as a test area. With regard to the established monitoring point system, GPS observations have been performed regularly in the mine for years. Based on our annual complex data processing results for the period 2018-2020, we performed a short comparative evaluation.

**Keywords:** waste dump, monitoring of movements, complex data processing, comparative evaluation

## 1. A KUTATÁSI MINTATERÜLET MOZGÁSMÉRÉSEIRŐL ÁLTALÁBAN

A Bükkábrányi Bányüzemben mind a meddőhányó-felmérésre, mind pedig az állékonyság vizsgálatára GPS mérési technikát alkalmaznak. Általánosan megállapítható az, hogy a bányászati folyamatok különböző süllyedési, állékonysági problémákat idéznek elő, akár a víztelenítés miatt a bánya környezetében, akár a bányatelken belül. Most az utóbbira koncentrálna, elmondható az, hogy a belső hányók képzésekor folyamatosan/rendszeresen ellenőrizni kell a meddőhányó stabilitását, tekintetbe véve a bányabeli állandó és biztonságos munkavégzés fenntartását. Egy esetleges hányó-tönkremenetel/hányócsúszás egyaránt veszélyeztethetné mind a bánya berendezéseit, infrastruktúráját, mind pedig annak dolgozóit. A fellépő mozgások (vízszintes elmozdulás, süllyedés) alakulásáról az egyes rézsűszintek metszetei mentén állandósított mérési pontok (itt fakarók) ismételt mérése, és a kapott eredmények rendszeres értékelése alapján lehet megállapításokat tenni. Az időszakos mérések gyakorisága a monitoring pontok többségénél korábban kb. 3 hónap volt. Ami pedig az elmúlt kettő évet illeti, 2019-ben csupán három, 2020-ban pedig csak egy alkalommal végeztek méréseket. Az alkalmazott GPS észlelési eljárás a FÖMI hálózatára támaszkodik, és a néha előforduló jelárnyékolás ellenére is megbízható eredményeket szolgáltat. Az egyes mérési pontokon a GPS vevő 1 percig másodpercenként gyűjti az adatokat (60 mérés), majd pedig mind a vízszintes, mind pedig a magassági koordinátákat eltárolja. Az évenkénti komplex

adatfeldolgozást a Miskolci Egyetem elnyert FIKP-i keretében 2018-ban kezdtük el, és azóta is végezzük.

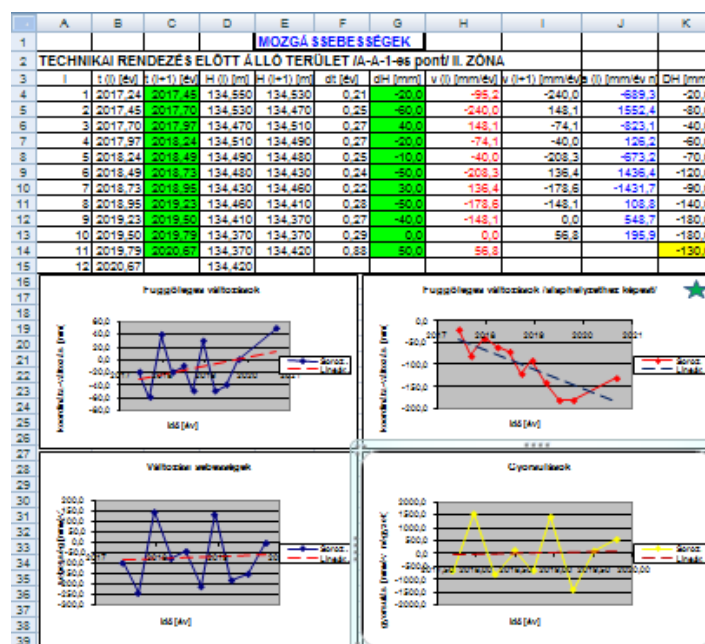
## 2. A MEDDŐHÁNYÓ MOZGÁSVIZSGÁLATI PONTRENDSZERÉRŐL

2018 szeptemberében az üzemi mérnökségen egy bányatérképen áttekintettük az akkori állapot szerinti hányófelmérés mozgásmérési pontrendszerét és a belső hányók kialakítási folyamatát. Az egyes monitoring pontok helyét is szem előtt tartva mozgásvizsgálati zónákat alakítottunk ki. Eszerint közel a szelvényvonalak mentén fakaróval állandósított 18 db mérési pontot akkor három ilyen zónába foglaltuk bele: a *technikailag rendezett terület figyelőpontjai*, a *technikai rendezés előtt álló, viszonylag nyugalomban lévő hányóterület figyelőpontjai* (A-A-1,2,3,5; B-B-1,2,3; C-C-1) és az *aktív hányótöltési területen kihelyezett pontok*. Tekintettel arra, hogy az előző években még rendszeresen mért monitoring pontok egy része – a bányabeli technológiai folyamatok következményeként – megsemmisült, a komplex adatfeldolgozások összehasonlító értékelésekor csak a *technikai rendezés előtt álló, viszonylag nyugalomban lévő hányóterület figyelőpontjain* eddig elvégzett műholdas mérések eredményeit vettük csak figyelembe.

## 3. A MOZGÁSVIZSGÁLATI EREDMÉNYEK KOMPLEX FELDOLGOZÁSÁRÓL

A bükkábrányi belső meddőhányó vizsgált hányóterülete mozgásmérési eredményeinek komplex feldolgozásához egyrészt *grafikus eljárást*, másrészt pedig *statisztikai elemzést* alkalmaztunk [1]. Mindkét vizsgálati módszerhez mindhárom évben az összes vizsgálatba bevont mérési pont minden rendelkezésünkre álló meghatározott koordinátáját felhasználtuk.

A *grafikus eljárás* során minden egyes vizsgálati pontra összeállítottunk egy Excel táblázatot, amely tartalmazza a koordináta-változásokat/vonatkozó mozgásjellemzőket. Az abban foglalt adatok felhasználásával az idő függvényében még négyféle grafikon is készült. Ezek a függvények szemléltetik a síkbeli y és x irányú, valamint a függőleges z irányú változásokat az alaphelyzethez/alapméréshez képest; a változási sebességeket és végül pedig a gyorsulásokat (1. ábra).



1. ábra. Az A-A-1 pont z irányú mozgásjellemzői

A komplex kiértékelés második részében *statisztikai elemzést/próbát* ( $f = n-2$  szabadságfokú  $t$  eloszlású statisztika) alkalmaztunk. Ennek részleteire – tekintettel a korlátozott terjedelmi elvárásra – nem térnénk ki [2]. Az alábbi ábrákon (2-4. ábra) ugyanakkor szemléltetjük a *technikai rendezés előtt álló hányóterület egyes monitoring pontjai*  $z$ ,  $y$  és  $x$  irányú kiértékelését és azok mozgására/mozdulatlanságára a próbákra alapozottan meghozott döntésünket a 2018-2020 évekre /adott helyeken sárgával megjelölve a bekövetkezett változásokat is/.

TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2018)				TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2019)			
A-A-1 /z, x/	$r(t,z) = -0,83$ Mozog	$r(t,y) = 0,45$ Nem mozog! $p_{min} = 0,734$	$r(t,x) = -0,80$ Mozog	<u>A-A-1</u> /z, x/	$r(t,z) = -0,94$ Mozog	$r(t,y) = 0,62$ Mozog!	$r(t,x) = -0,81$ Mozog
A-A-2 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,99$ Mozog	$r(t,y) = -0,69$ Mozog	$r(t,x) = -0,81$ Mozog	A-A-2 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,99$ Mozog	$r(t,y) = -0,70$ Mozog	$r(t,x) = -0,83$ Mozog
A-A-3 /z/	$r(t,z) = -0,96$ Mozog	$r(t,y) = -0,32$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,35$ Nem mozog	A-A-3 /z/	$r(t,z) = -0,96$ Mozog	$r(t,y) = 0,03$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,31$ Nem mozog! $p_{min} = 0,704$
A-A-5 /z, x/	$r(t,z) = -0,99$ Mozog	$r(t,y) = -0,41$ Nem mozog	$r(t,x) = 0,69$ Mozog	<u>A-A-5</u> /z, x/	$r(t,z) = -0,98$ Mozog	$r(t,y) = 0,77$ Mozog!	$r(t,x) = 0,81$ Mozog
B-B-1 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,90$ Mozog	$r(t,y) = 0,67$ Mozog	$r(t,x) = 0,96$ Mozog	B-B-1 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,90$ Mozog	$r(t,y) = 0,67$ Mozog	$r(t,x) = 0,96$ Mozog
B-B-2 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,97$ Mozog	$r(t,y) = 0,60$ Mozoghat! $p_{min} = 0,875$	$r(t,x) = -0,95$ Mozog	B-B-2 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,97$ Mozog	$r(t,y) = 0,60$ Mozoghat! $p_{min} = 0,875$	$r(t,x) = -0,95$ Mozog
B-B-3 /z/	$r(t,z) = -0,79$ Mozog	$r(t,y) = 0,22$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,50$ Nem mozog! $p_{min} = 0,787$	B-B-3 /z/	$r(t,z) = -0,93$ Mozog	$r(t,y) = -0,07$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,38$ Nem mozog! $p_{min} = 0,751$
C-C-1 /z/	$r(t,z) = -0,82$ Mozog	$r(t,y) = -0,20$ Nem mozog	$r(t,x) = 0,18$ Nem mozog	C-C-1 /z/	$r(t,z) = -0,85$ Mozog	$r(t,y) = -0,25$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,34$ Nem mozog! $p_{min} = 0,758$

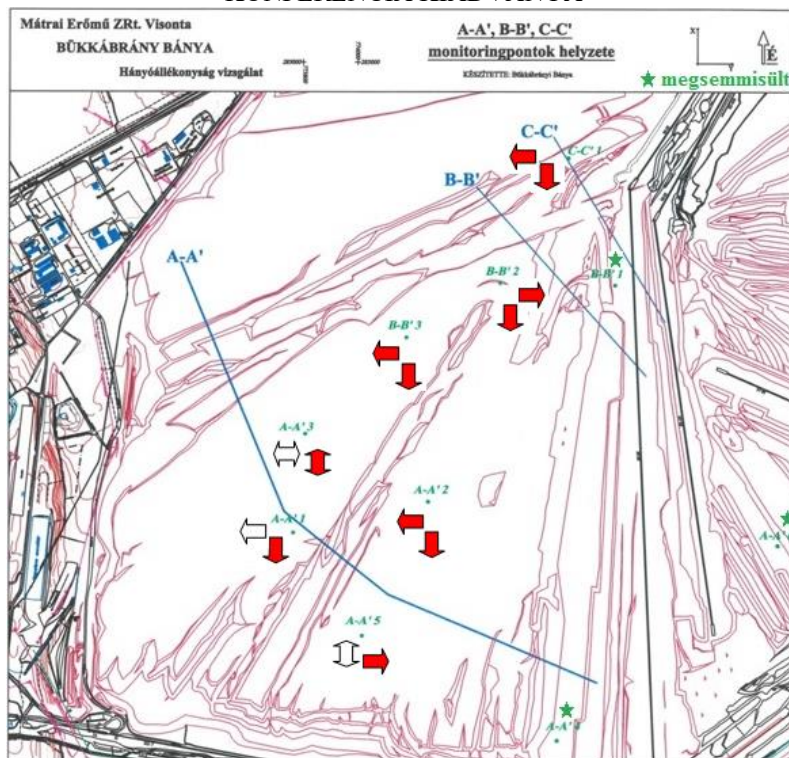
2. ábra. A 2018-as év összesített eredményei

3. ábra. A 2019-es év összesített eredményei

TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2020)			
<u>A-A-1</u> /z, x/	$r(t,z) = -0,85$ Mozog	$r(t,y) = 0,02$ Nem mozog!	$r(t,x) = -0,87$ Mozog
A-A-2 /z, y, x/	$r(t,z) = -0,98$ Mozog	$r(t,y) = -0,89$ Mozog	$r(t,x) = -0,83$ Mozog
<u>A-A-3</u> /z/	$r(t,z) = -0,91$ Mozog	$r(t,y) = 0,08$ Nem mozog	$r(t,x) = -0,55$ Mozog!
<u>A-A-5</u> /z, x/	$r(t,z) = -0,95$ Mozog	$r(t,y) = 0,58$ Mozog	$r(t,x) = 0,09$ Nem mozog!
<u>B-B-2</u> /z, y, x/	$r(t,z) = -0,95$ Mozog	$r(t,y) = 0,74$ Mozog!	$r(t,x) = -0,98$ Mozog
<u>B-B-3</u> /z/	$r(t,z) = -0,93$ Mozog	$r(t,y) = -0,41$ Mozoghat! $p_{min} = 0,808$	$r(t,x) = -0,04$ Nem mozog!
<u>C-C-1</u> /z/	$r(t,z) = -0,65$ Mozog	$r(t,y) = -0,53$ Mozog!	$r(t,x) = -0,58$ Mozog!

4. ábra. A 2020-as év összesített eredményei

A 4. ábra következtetései és a grafikus eljárás függvényei felhasználásával az 5. ábrán szemléltetjük az egyes mérési pontok mozgásvizsgálati értékelését, és erre alapozottan - a vizsgálati időszakra - a *hányóterületre jellemző mozgásjelenséget (most x-re és y-ra)*.



5. ábra. A komplex kiértékelés 2020. évi eredménye, mozgásirány-trendek (Lásd beszínezett /mozog/ és üres /nem mozog/ nyilak!)

#### 4. A 2018-2020. ÉVEK RÖVID ÖSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE

Tanulmányunkban a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányája belső hányójának **technikailag rendezett területe** mozgásvizsgálatával foglalkoztunk. A hányóterületen létesített monitoring pontok rendszeres GPS mérése alapján végrehajtott komplex kiértékelés eredményeire támaszkodva hoztunk döntéseket a **mozdulatlanságra**, illetve a **mozgásra** vonatkozóan. A vizsgált monitoring pontok 2018-2020. évekre eső statisztikai próbáinak összesített eredményei a megjelölt éves változásokkal (2-4. ábrák) és azok grafikus feldolgozási függvényeinek együttes értékelése megmutatták azt, hogy mely monitoring pont, melyik koordinátája kapcsán, hogyan változott meg a mozgásjelenség megítélése.

#### 5. KÖSZÖNET

"A tanulmány/kutatómunka a 2020. évi ME-FIKP természeti erőforrások optimalizálása korszerű anyagtechnológiákra alapozva: energetikával, vízzel, anyagfejlesztéssel és smart technológiákkal kapcsolatos kutatások részeként valósult meg."

#### 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] HAVASI, I., KLEIBER, M.: *Meddőhányó mozgásvizsgálata a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányáüzemében*. In: *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban Konferencia*, Konferencia kötet, Debrecen, 133-136, 2019., ISBN 978-963-7064-38-8
- [2] DETREKŐI, Á.: *Geodéziai mérések matematikai feldolgozása*. Egyetemi jegyzet, BME, 1987.

## A HOSSZÚ IDEJŰ (1992-2021) BÜKKI KARSZTVÍZSZINT ÉSZLELŐ RENDSZER (BKÉR) ÉS ADATAINAK ARCHIVÁLÁSI TERVE

### ARCHIVING PLAN OF THE LONG-TERM (1992-2021) BÜKK KARST WATER MONITORING SYSTEM AND ITS DATA

**LÉNÁRT László**

PhD, c. egyetemi tanár, hgll@uni-miskolc.hu

Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, Miskolci Egyetem

**Kivonat:** *A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszert (a BKÉR-t) a Miskolci Egyetemen hoztuk létre 1992-ben. Elindításának fő oka a 80-as évek tartós csapadékhiánya volt. A mérés fő célja az összetett és növekvő vízigény kielégítésének segítése volt a rendszeres és folyamatos méréssel, adatgyűjtéssel. Eddig 100-nál több helyen mintegy 20.000.000 adatot gyűjtöttünk be. Ezekből havi és éves összefoglaló értékeléseket készítettünk/készítünk a megbízóinknak. Jelen munkánkban a teljes adattömeg archiválási elképzeléseit vázoljuk.*

**Kulcsszavak:** *Bükk, karsztvíz, monitoring, csapadék, archiválás*

**Abstract:** *The Bükk Karst Water Monitoring System (BKÉR) was conceived in 1992 at the University of Miskolc. The main reason for setting up the system was the prolonged lack of precipitation in the 80s. The main purpose of the measurement series was to help meeting the complex and increasing water demand by regular measurements and data collection. As of today, over 20 million records have been logged at more than 100 locations. Monthly and annual overall evaluations are prepared for our costumers, based on the data. In this paper, the plans of archiving the entire data set is outlined.*

**Keywords:** *Bükk, karst water, monitoring, precipitation, archiving*

#### 1. BEVEZETÉS

A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszert (a BKÉR-t) a Miskolci Egyetemen hoztuk létre 1992-ben. A költségeit az ÉVIZIG (Stéfán Márton főmérnök) hatására a Bükkből karsztvizet termelő vízművek fedezték. A BKÉR elindításának fő oka a 80-as évek tartós csapadékhiánya, célja a jelentősen megnövekedett vízigény kielégítésének rendszeres monitoringozással való segítése volt, a vízellátás biztonsága érdekében [1, 2].

A folyamatos mérések az 1983-ban a Böcker Tivadar (VITUKI) vezetésével lemélyített 5 miskolci karsztvízszint észlelő kútban indultak. Ezekhez a későbbiekben forrásokban, hideg és meleg karsztvizet termelő kutakban, barlangokban kialakított mérési helyeket kapcsoltunk. A mérési helyek száma meghaladja a 100-at. A mért adatok száma közelíti a 20.000.000-t. A mérőhelyek közül a „legértékesebbek” a 20-29 éve működők, amiből több mint 10 van. Főleg vízszinteket (nyomásszinteket) mérünk 15-30 percenként, sokszor hőmérséklettel, vezetőképességgel együtt. 2022-ben lesz a mérési rendszer 30 éves, ezért egy összefoglaló, az adatokat bemutató kiadványt tervezünk közreadni.

A mérések és vizsgálatok célja részben megváltozott az idők folyamán [3, 4]. Az 1980-ban indult csapadékszegény időszak 1995-ben megszűnt [5]. Ezzel párhuzamosan a vízigény lecsökkent 2009-ig. Viszont a napjainkra az átlagosra váltó csapadék a globális klímaváltozás miatt bármikor árvízi [6] vagy csapadékszegény – ebből következően vízhiányos – időszakot hozhat létre, emiatt a folyamatos monitorozás a vízellátás-biztonsági szempontból továbbra is indokolt. 2006-tól erőteljesebb lett a termálkarsztvíz fürdősi, rekreációs és gyógyászati felhasználása. Ez a Bükk-térség termálkarsztvize kitermelésének mára jelentős mértékű emelkedését jelentette. A termálkarsztvíz kitermelési folyamatot jelentősen felerősítette a

Mályi-Kistokaji Geotermikus Rendszer 2012-ben történő megindulása. Bár a hőcsökkentett termálkarsztvíz visszajuttatásra kerül, a hideg és meleg karsztvíz [7, 8] fenntartható kapcsolatrendszerét csak hosszútávú monitoringgal lehet egyértelműen megállapítani.

## 2. ARCHIVÁLÁSI TERV

Az archiválás első és legfontosabb része a mért adatok kinyerése a mérőeszközből, azok ellenőrzése (pl. kézi méréssel vagy másik műszerrel), az adatainak táblázatkezelő állománnyá alakítása (konvertálása), majd mind az eredeti, mind a konvertált filek visszakereshető formában való elmentése, több független számítógépen vagy külső adathordozón. A régebbi mérőműszerekből a kinyert adatsort gyakran korrigálni kellett, amit elsősorban kézi mérések alapján végeztünk. A konvertált adatokból napi átlagokat képeztünk, így a konvertált állomány az eredeti (esetenként korrigált), ill. a napi átlagokat is tartalmazza.

A megbízók felé elsősorban a napi átlagokat összefűző fileket használjuk. A tudományos kutatások esetén szintén ez a merítési bázis, de sok esetben a 15-30 perces mérések adatait is vizsgáljuk, hiszen azok bizonyos esetekben pontosabb kapcsolatokat jeleznek [9].

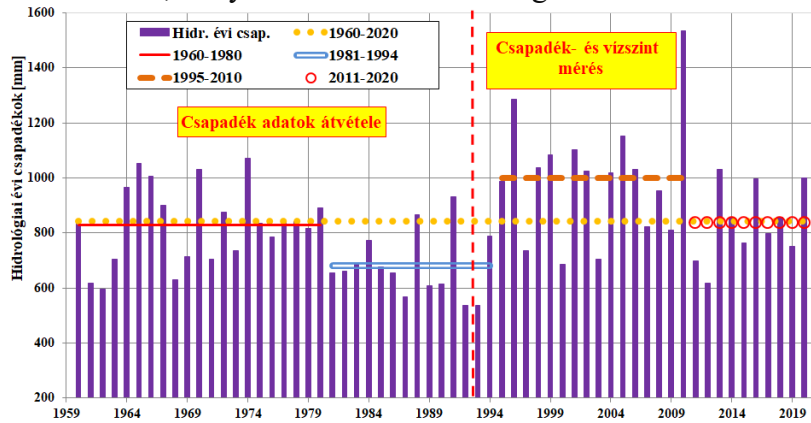
Az adatok nagy száma és szakmai értéke miatt feltétlenül fontosnak tartjuk egy olyan nyílt rendszer létrehozását, melyben az összes (szükség esetén javított) adat szerepel. Ez lehet táblázatos és lehet grafikus formájú, avagy a kettőnek az ötvözete. (Mint például a szakmailag rendkívül sikeres Vízrajzi Évkönyvek 1970 környéki kiadásai.) Ez megalapozhatja a további vizsgálatok, kutatások szükségességét is. Ez az adattömeg az idő előre haladtával egyre nagyobb szakmai értéket képvisel, megmentése, szakmai közkinccsé való tétele egyre égetőbb kérdés. Mindez jelentős anyagiakat és komoly élömunkát kíván. (Az eddigi eredmények – havi, évi jelentések, egyéb kéziratok, diploma, TDK és PhD dolgozatok, elkészült publikációk – összegyűjtése, vagy legalábbis ismertségük rögzítése szintén fontos és jelentős feladat.)

## 3. A 2022-BEN TERVEZETT ARCHIVÁLÓ KIADVÁNY TEMATIKÁJA, FORMÁJA

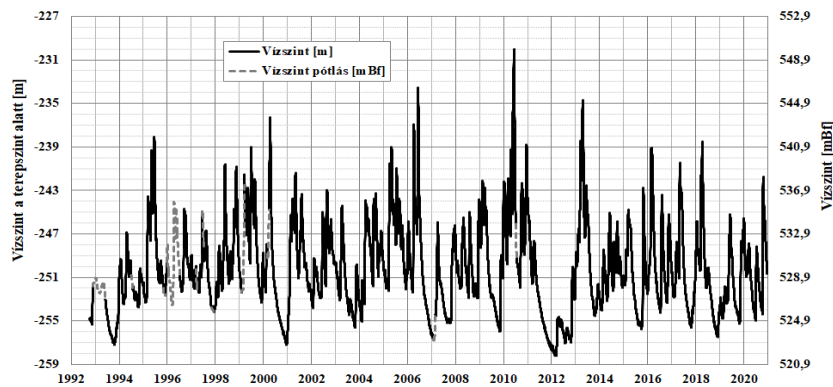
Az előző fejezetben jelzett lehetőségek közül a pillanatnyi elképzelés az, hogy az adatokat grafikonok formájában állítom/állítjuk össze. Ez takarékosabb és talán áttekinthetőbb, „fogyasztóbarátabb” lesz, viszont a pontos értékek közlésére így még nem kerül sor. Pillanatnyilag az sem eldöntött, hogy az adatokat könyv(ek) formájában, avagy digitálisan kívánjuk-e közkinccsé tenni. Erről a feldolgozás későbbi szakaszában lehet majd dönteni, amikor már látszik, hogy melyik variáció mekkora helyet, időt, pénzt, élömunkát kíván. (Ez a cikk ennek az előmunkának a része.) A kiadvány felépítésének első változata az alábbi:

- A mérési helyek legfontosabb jellemzőinek táblázatban való megjelenítése.
- A mérési helyek bemutatása hidrogeológiai vagy egyéb térképen/térképeken.
- A hegység csapadékviszonyainak ábrázolása grafikonokon (pl. 1. ábra).
- Egy-egy mérőhely teljes mérési időszakának bemutatása napi vízszint átlagokkal, terep alatti mélységekkel és mBf-i értékekkel (pl. 2. ábra), napi vízszint átlagokkal és napi csapadékokkal (pl. 3. ábra), ill. napi vízhőmérsékleti, ill. vezetőképességi átlagokkal.
- Egy-egy mérőhely egy-egy évi mérési időszakának bemutatása (a teljes mérési idősorra vonatkozóan) napi vízszint átlagokkal és napi csapadékokkal (pl. 4. ábra).
- Egy-egy mérőhely jellegzetes értékeinek rövid időszakra történő bemutatása az eredeti mérési gyakoriság szerinti adatokkal vízszint – vezetőképesség (pl. 5. ábra), vízszint – vízhőmérséklet, ill. vezetőképesség – vízhőmérséklet párosításban.
- Jellemző rendszeres jelentések egy-egy példaként való bemutatása.
- Publikációk, melyek a BKÉR adatait dolgozták fel. (pl. Felhasznált irodalom)

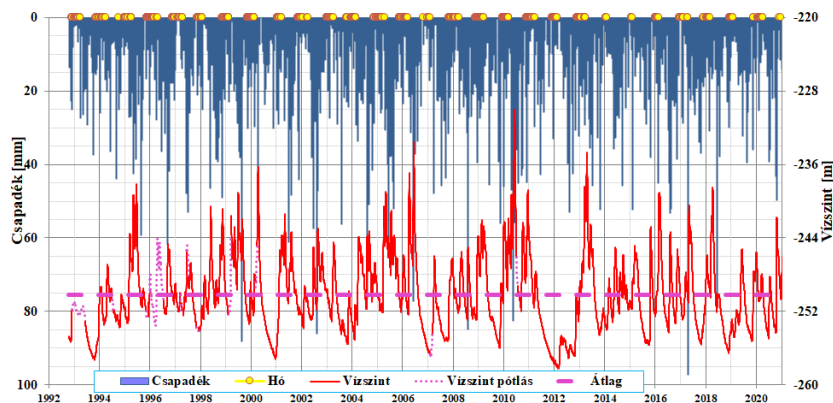
- Kéziratok felsorolása, melyek a BKÉR adatait dolgozták fel.



1. ábra. Hidrológiai évi csapadék (Jávorkút, adatótláskor Bánkút)

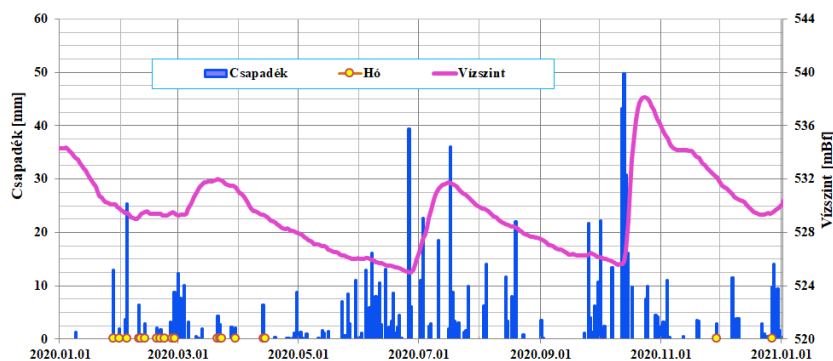


2. ábra. A nagymezői Nv-17 (= Nv-8) karsztvízszint figyelőkút napi átlag vízszint értékei

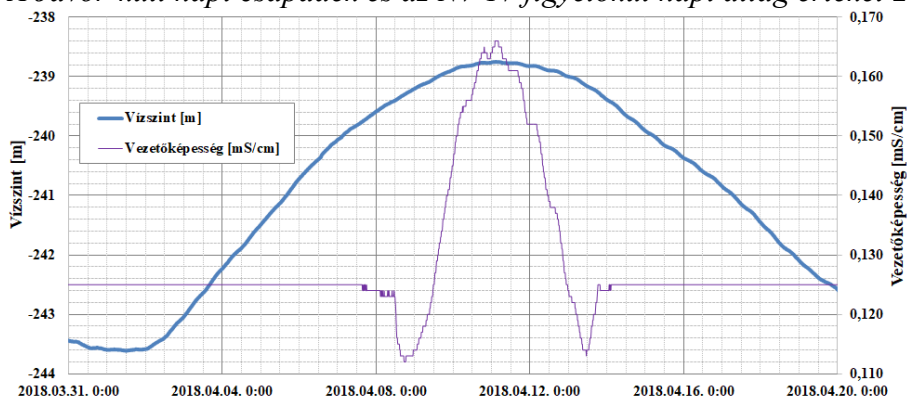


3. ábra. A Jávorkúti napi csapadék és az Nv-17 karsztvízszint figyelőkút napi átlag értékei





4. ábra. A Jávor-kúti napi csapadék és az Nv-17 figyelőkút napi átlag értékei 2020-ban



5. ábra. Az Nv-17 karsztvízszint figyelőkút 15 perces vízszint és vízvezetőképességi értékei

#### 4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] MIKLÓS, R., LÉNÁRT, L., DARABOS, E., KOVÁCS, A., PELCZÉDER, Á., SZABÓ, P. N., SZÚCS, P.: *Karst water resources and their complex utilization in the Bükk Mountains, northeast Hungary: an assessment from a regional hydrogeological perspective*. Hydrogeology Journal, 28, 2159-2172, 2020., ISSN 1431-2174
- [2] MIKLÓS, R., LÉNÁRT, L., DARABOS, E., KOVÁCS, A., CZESZNAK, L., PELCZÉDER, Á., SZÚCS, P.: *A Bükk hegység karsztvíz-készleteinek feltárása és hasznosítása*. Hidrológiai Közöny, 101, 2, 31-43, 2021., ISSN 0018-1323
- [3] LÉNÁRT, L.: *A 25 éves Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) története, adatrendszere, felhasználása, további céljaink*. Műszaki Földtudományi Közlemények. A Miskolci Egyetem Közleményei. 86, 3, 18-26, (2017) 2018., ISSN: 2063-5508
- [4] MIKLÓS, R.: *A Demjén és környékén mélyült termásvizes fúrások adatainak újrafeldolgozása*. In: *A Kárpát-medence ásványvizei – XIII. Nemzetközi Tudományos Konferencia*, 2017. aug. 24-27., Sepsiszentgyörgy, 33-39., 2017., ISBN 978-606-8951-00-3.
- [5] LÉNÁRT, L., ILYÉS, Cs.: *Klímaváltozás – de mikor? (A BKÉR néhány hosszú adatsorának klímaváltozás szerinti elemzése)*. MHT XXXVI. Orsz. Vándorgyűlés, Gyula, 2018.07.04., 10, ISBN 978-963-8172-39-6, <http://hidrologia.hu/vandorgyules/36/>
- [6] LÉNÁRT, L.: *A karsztvízszint emelkedésének jellemzői a bükki karsztvízszintészlelő rendszer 1992 – 2005 közötti adatai alapján*. A Miskolci Egyetem Közleménye, A Sor., Bányászat, 69. 307-318., 2006., ISSN 1417-5398
- [7] LÉNÁRT, L., HERNÁDI, B., SZEGEDINÉ DARABOS, E., DEBNÁR, Zs., CZESZNAK, L., TÓTH, M.: *The Importance of Bükk Karst Water Monitoring System*

*(BKWMS) in Researching the Relations of Cold and Warm Karst Waters in the Area. Geosciences and Engineering, 3, 5, 107-118, 2014., ISSN 2063-6997*

- [8] **LÉNÁRT, L.:** *Karszt, karsztvíz, barlangok; természeti és társadalmi értékük, hasznosításuk, védelmük. In: A Kárpát-medence régiói 15. Észak-Magyarország. HVG-ORAC, Budapest, pp 148-170. 2021., ISBN 978-963-258-515-4.*
- [9] **LÉNÁRT, L.:** *Some aspects of the „3E's” (Economics-Environment-Ethics) model for sustainable water usage in the transboundary Slovakian and Aggtelek karst region based on some examples from the Bükk Mountains. PhD thesis work, Kassa/Kosice, 2005., p. 149., Doktori témavezető: Prof. Ing. Tibor Sasvári, CSc, 220/2006, Kosice.*

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA  
MAGYARORSZÁGI DÍSZÍTŐKÖVEK SZILÁRDSÁGI ÉS  
HŐVEZETŐKÉPESSÉGI TULAJDONSÁGAINAK RONCSOLÁSMENTES  
VIZSGÁLATA

NON-DESTRUCTIVE INVESTIGATION OF STRENGTH AND THERMAL  
CONDUCTIVITY PROPERTIES OF HUNGARIAN ORNAMENTAL  
STONES

MCINTOSH Richard William<sup>1</sup>, BUDAY Tamás<sup>2</sup>, VARGA Gábor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD, egyetemi adjunktus, mcintosh.richard@science.unideb.hu  
<sup>1</sup>Ásvány- és Földtani Tanszék, Debreceni Egyetem

<sup>2</sup>PhD, egyetemi adjunktus, buday.tamas@science.unideb.hu  
<sup>2</sup>Ásvány- és Földtani Tanszék, Debreceni Egyetem

<sup>3</sup>hallgató, vargagabor8@freemail.hu  
<sup>3</sup>Ásvány- és Földtani Tanszék, Debreceni Egyetem

**Kivonat:** Magyarországi, díszítőköként is használható kőzetminták szilárdsági és hővezetési tulajdonságait vizsgáltuk RockSchmidt L kalapáccsal és Hukseflux TP01 lapszenzor segítségével. Mindkét tulajdonság a minták testsűrűségével pozitív korrelációban van, és a két érték több kőzettípus esetén egymással is korrelál. A mért értékek és megállapított összefüggések felhasználhatók az építőiparban és a műemlékvédelemben.

**Kulcsszavak:** RockSchmidt L, hővezetési tényező, testsűrűség, díszítőkövek, mészkő

**Abstract:** The strength and thermal conductivity of Hungarian rock samples that can also be used as ornamental stones were investigated with a RockSchmidt L hammer and a Hukseflux TP01 sensor. Both properties correlate positively with the density of the samples, and they also correlate with each other for several rock types. The measured values and determined correlations can be used in construction and heritage conservation.

**Keywords:** RockSchmidt L, thermal conductivity, density, ornamental stones, limestone

## 1. BEVEZETÉS

Az építési kőanyagok használata több ezer évre nyúlik vissza, és egyes területeken kiemelkedő fontosságú, néhol kizárólagos volt. Kárpát-medencei viszonyok között hullámzó intenzitású volt a felhasználásuk [1], mely a gyártott építési anyagok fejlődésével számos szegmensben tartósan visszaszorult. Napjainkban használatuk újra a reneszánszát éli, már nem elsősorban falazó-, hanem burkoló- vagy díszítőelemként.

A kőzet megjelenése, fizikai tulajdonságai határozzák meg a felhasználhatóságot, tartósságot, a kőzet különlegessége pedig a beszerezhetőséget, értéket. Kiválasztásukkor az esztétikai szempontokon túl lényegesek a felhasználás során elvárt fizikai tulajdonságok. A változó igények, az egyre jelentősebb nemzetközi kereskedelem és a klasszikus bányahelyek felhagyása miatt a hasznosított kőzetanyagok is folyamatosan változnak. Emiatt lényeges, hogy az egykor és napjainkban felhasznált kőzetek petrográfiai, sűrűségi, mechanikai, hőtani jellemzőit, illetve e paraméterek összefüggéseit megismerjük, az építéstudomány és a műemlékvédelem részére hozzáférhetővé tegyük. Kutatásunk célja, hogy egyszerű, beépített burkoló- és díszítőköveken is elvégezhető vizsgálatokkal felmérje a Magyarországról származó tipikus építőkövek hőtani és szilárdsági tulajdonságait; ennek kezdeti fázisát mutatjuk be tanulmányunkban.

## 2. MÓDSZEREK

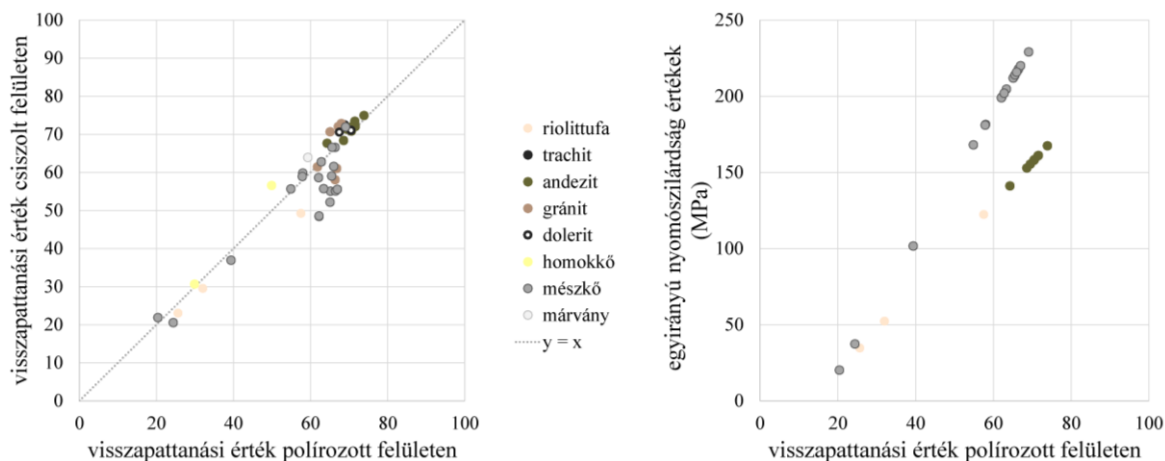
A vizsgált minták a magyarországi kőzeteket bemutató, a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén található ún. „kőkocka” gyűjteményből származnak. A mérések elvégezhetőségének figyelembe vételével 44 db kőzetet választottunk ki, köztük legnagyobb számban változatos kifejlődésű és korú mészkövek voltak, de mellettük mélységi magmás és kiömlési kőzeteket, néhány homokkövet és egy márványt is vizsgáltunk. A gyűjtemény jellegéből adódóan a minták kb. 10 cm oldalhosszúságú kockák, melyeknek egyes felszínei vágottak, csiszoltak, mások martak, illetve természetes megjelenésűek, bemutatva ezzel felhasználhatóságukat.

A kőzetpéldányok tömegét táramérleg segítségével mértük meg, térfogatukat jellemző geometriai formák térfogatára vezettük vissza (kocka, téglatest, gúla). Testsűrűségüket a tömeg és a becsült térfogat hányadosaként határoztuk meg.

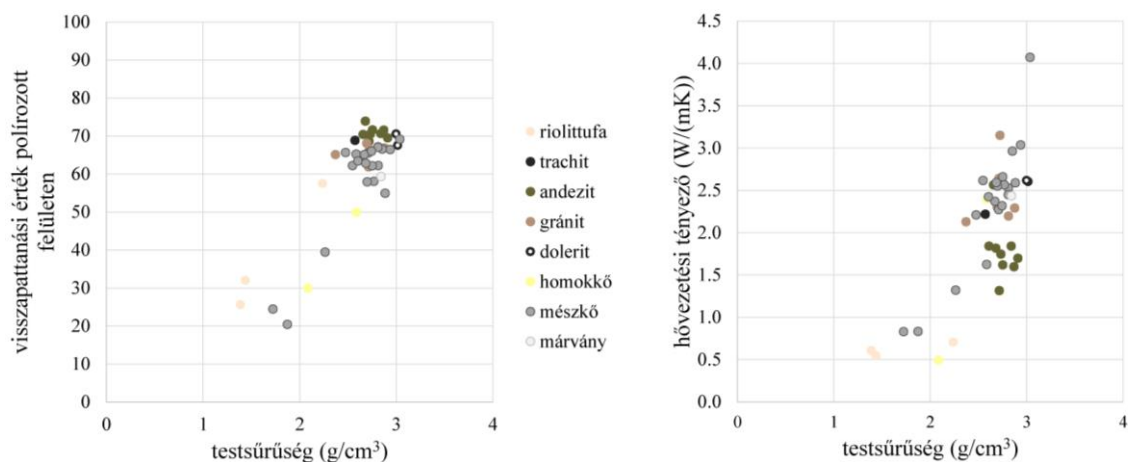
A szilárdsági tulajdonságokat reprezentáló visszapattanási értéket RockSchmidt L típusú, azaz csökkentett ütőértékű Schmidt kalapács segítségével határoztuk meg, a minták vágás után csiszolt és csiszolt-polírozott felületén, 5-5 mérés alapján. Az egyirányú nyomószilárdságra történő átszámítást a mészkövek esetén [2], vulkanitok esetén [3] alapján értékeltük. Mindkét felhasznált szakirodalomban 20 és 60 közötti visszapattanási értékre történt az átszámítási függvény meghatározása. A hővezetési tényezőt Hukseflux TP01 szenzorral, a polírozott felületen 3 helyen mértük, igazodva a visszapattanási érték mérési helyeihez.

## 3. EREDMÉNYEK

A csiszolt és polírozott felületeken a visszapattanási értékek erős korrelációt mutatnak ( $R^2=0,85$ ). A tömött mészkövek esetében a polírozott felületeken mért visszapattanási értékek számos minta esetén jelentősen, akár 10 %-ot meghaladóan magasabbak, míg a vulkanitok esetében néhány százalékkal alacsonyabbak (1. ábra). Az átszámított egyirányú nyomószilárdság értékek a tömött mészkövek esetén jellemzően a 200–240 MPa tartományba, az andezitek esetében 140–165 MPa tartományba esnek, a laza megjelenésű mészkövek és riolittufák esetében az értékek 55 MPa alattiak (1. ábra). A 60-as visszapattanási érték felett az átszámítás extrapolálással történt, a mészkövekre kapott adatok a szakirodalmi értékeknél nagyobbak [1,4].

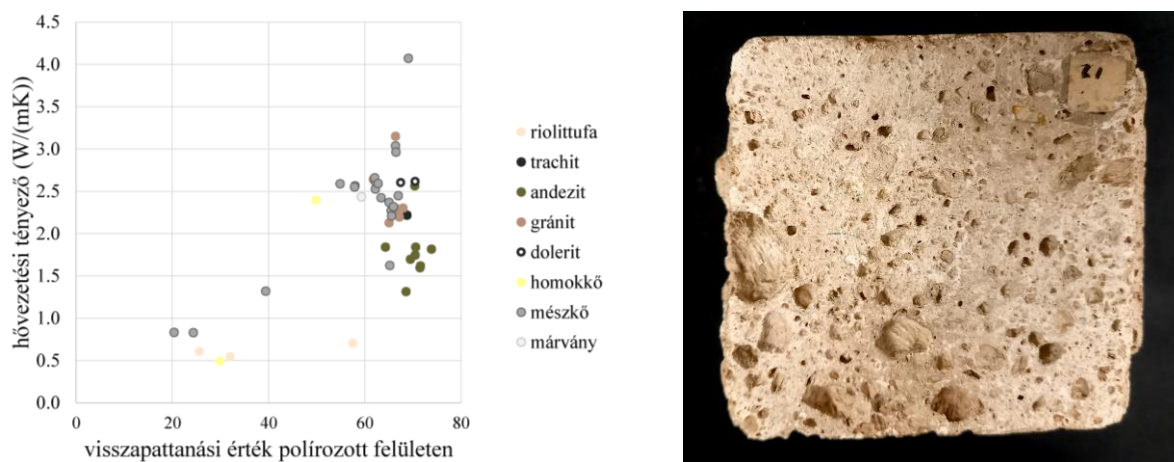


1. ábra. Az építőköveken mért visszapattanási értékek és számolt egyirányú nyomószilárdság



2. ábra. A testsűrűség összefüggése a visszapattanási értékkel és a hővezetési tényezővel

A mechanikai és hővezetési tulajdonságok is jelentősen függenek a kőzetek porozitásától (2. ábra). A fő kőzetalkotó ásványok sűrűsége 2,6–2,8 g/cm<sup>3</sup>, hővezetési tényezőjük 2,0–4,0 W/mK, mindkét esetben a levegő nagyságrendekkel kisebb értékekkel rendelkezik [5]. A sűrűség így jobban meghatározza a mechanikai és hővezetési tulajdonságokat, mint a kőzettípus. Ez az összefüggés azonban csak néhány kőzettípus esetén mutatható be, mert csak a mészkövek, a riolittufák és a homokkövek esetében fordulnak elő jelentősen különböző sűrűségű minták. A kis sűrűségű (<2,0 g/cm<sup>3</sup>), porózus kőzetekre jellemző visszapattanási érték 40 alatti, míg a tömött kőzeteké (2,5–3,0 g/cm<sup>3</sup>) 60–75 közé esik. A hővezetési tényező esetében szintén követhető a tendencia, a kis sűrűségű kőzetek hővezetési tényezője 1,0 W/mK alatti, míg a nagyobb sűrűségűeké ennél nagyobb, jellemzően 1,5–3,0 W/mK. Itt a porozitáson túl lényeges ható a nagy hővezetési tényezőjű kvarc, illetve a kis hővezetési tényezőjű kőzetüveg jelenléte vagy hiánya is. Ez a hasonló sűrűségű andezitek és gránitok esetében mutatható be: míg a kvarcmentes, kőzetüveget jelentős mennyiségben tartalmazó andezitek hővezetési tényezői 1,3–1,9 W/mK tartományba, addig a kőzetüvegmentes, kvarcot tartalmazó gránitok hővezetési tényezői 2,1–3,2 W/mK tartományba esnek.



3. ábra. A visszapattanási érték és a hővezetési tényező összefüggése (balra) és egy nagy porozitású, kis hővezetési tényezőjű és szilárdságú riolittufa (a minta oldalhossza 10 cm)

A fenti összefüggések alapján a kis hővezetési tényezővel rendelkező kőzetek általában kis, míg a nagy hővezetési tényezővel rendelkező kőzetek nagy egyirányú nyomószilárdságot mutatnak (3. ábra). A trendből egyértelműen egy átkovárodott riolit tufa esik ki, melyet kis hővezetési tényező és viszonylag nagy szilárdság jellemez.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A vágott és csiszolt felületeken a visszapattanási értékek hasonlósága lehetőséget ad arra, hogy további előkészítések (csiszolás-polírozás) nélkül is összehasonlítható eredményeket kapjunk a vágás után különbözőképpen megmunkált felületek esetében. Ez roncsolásmentes vizsgálatot tesz lehetővé, de tapasztalataink alapján a nagyobb porozitású kőzetek esetében a mérési pontokon bemélyedések alakulhatnak ki, ami jelentősen károsíthatja a vizsgált példányt. Más esetekben tapasztalt felületi elváltozások (pl. a minta felületén levő kristályok törése) előfordulhatnak a díszítőkö használata során is. Az egyirányú nyomószilárdság pontos meghatározásához szükségesnek tartjuk egyes vizsgált kőzeteknek megfelelő mintákon kalibrálni a Schmidt kalapácsot nagyobb visszapattanási értékekre is. A hővezetési tényező és az egyirányú nyomószilárdság egymással pozitív korrelációban van, az összefüggés gyengébb néhány tufa és vulkáni kőzetek esetében, ahol viszonylag nagy szilárdsághoz 2 W/mK alatti hővezetési tényező tartozik. A mérések a vágott felületeken könnyen elvégezhetők, a porózus anyagoknál azonban a termikus kapcsolat javításához nem lehet kontaktfluidumot használni.

A mérésbe bevont kőzetek reprezentálják a Magyarországon felszínen, vagy felszín közelében előforduló kőzetek egy részét. Így a módszertani megállapításokon túl mind a szilárdsági paraméterek, mind a hővezetőképesség meghatározása jó kiindulási alapot jelenthet későbbi összehasonlító vizsgálatokhoz, vagy abban az esetben, amikor (vizsgálható) kőzetminta nem áll rendelkezésre, de a leírás alapján a minta jól azonosítható valamely általunk megvizsgált kőzettel, kőzetváltozattal.

#### 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

#### 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **TÖRÖK, Á.:** *Építészeti kőanyagok előfordulása és felhasználása a mai Magyarország területén a XVIII. századig.* A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74, 137-155, 2008., ISSN 1417-5398
- [2] **SACHPAZIS, C. I.:** *Correlating Schmidt hardness with compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks.* Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 42, 75-83, 1990., ISSN 1435-9529
- [3] **DINCER, I., ACAR, A., COBANOGLU, I., URAS, Y.:** *Correlation between Schmidt hardness, uniaxial compressive strength and Young's modulus for andesites, basalts and tuffs.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 63, 141-148, 2004., ISSN 1435-9529
- [4] **KÉRI, J., KONDA J.:** *Építő- és díszítőkövek prognózis munkái Magyarországon.* Földtani Kutatás, 28(3), 51-55, 1985., ISSN 0133-2422
- [5] **EGERER, F., KERTÉSZ, P.:** *Bevezetés a kőzetfizikába.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993., ISBN: 9630564742

## GEOTHERMAL POTENTIAL IN HUNGARY

**SZILVÁSI Marcell<sup>1</sup>, EKE Zoltán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>egyetemi tanársegéd, gbmszm@uni-miskolc.hu

<sup>1</sup>Geofizikai és Térinformatikai Intézet, Geodéziai és Bányamérési Intézet Tanszék, Miskolci Egyetem

<sup>2</sup>doktorandusz; tudományos munkatárs, zoltan.eke@bayzoltan.hu

<sup>2</sup>Geofizikai és Térinformatikai Intézet, Geodéziai és Bányamérési Intézet Tanszék, Miskolci Egyetem

<sup>2</sup> Rendszertervezés Osztály, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

**Kivonat:** A jövőbeni fokozatos átállás a fosszilis tüzelőanyagokról megújuló energiaforrásokra különböző előnyökkel és megoldandó mérnöki feladatokkal járnak. Eközé tartozik az elektromos áram kiszámítható stabil termelése, amiben a geotermikus energia előnyösebb a többivel szemben. A magyarországi magas hőmérsékletű izotermák viszonylag közel helyezkednek el a felszínhez. Ebből készült el az OGRE térinformatikai rendszer, aminek a segítségével különböző hasznos geotermikus térképek készíthetők. A Pulse projekt munkássága.

**Kulcsszavak:** megújuló energiaforrás, geotermia, OGRE, Pulse projekt

**Abstract:** The gradual transition from fossil fuels to renewables in the future will bring various benefits and engineering challenges. The stable production of electricity is in which geothermal energy is more advantageous than the others. High-temperature isotherms in Hungary are located relatively close to the surface. The OGRE GIS system was made from this, where they can be create useable maps for geothermal prospect projects. Work of the Pulse project.

**Keywords:** renewable energy, geothermy, OGRE, Pulse project

### 1. BEVEZETÉS

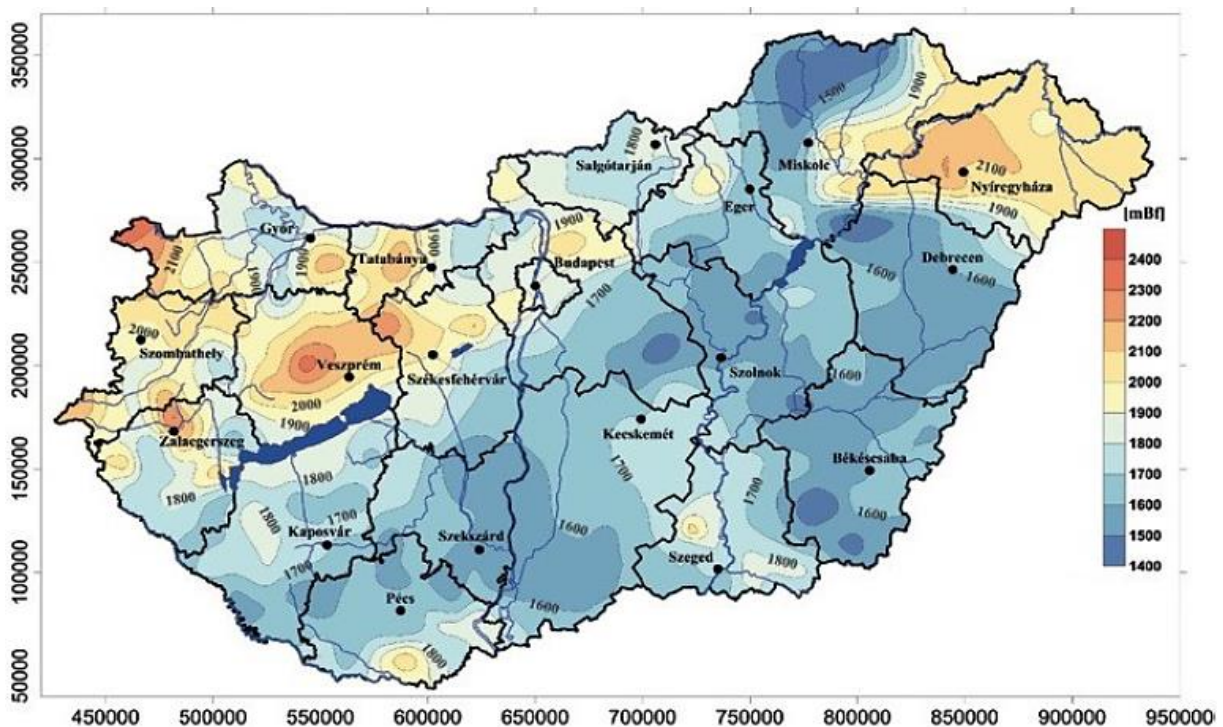
Napjainkban a megújuló erőforrások alkalmazásának elterjesztése elengedhetetlen minél szélesebb körben. Annak érdekében, hogy mihamarabb teljesen kiváltsa a fosszilis alapanyagokból nyert energiafelhasználást, minden fel nem fedezett erőforrást fel kell mérni és igénybe kell venni. A fejlett országok kormányai már évek óta felismerték ezen lehetőséget, egyben kényszerrel. Ez ügyben közös stratégiai terveket fogalmaztak meg, hogyan lehet fokozatosan, de dinamikusan az adott ország potenciálját figyelembe véve a legnagyobb megújuló energiaforrás arányt elérni. Hazánkban az egyik ilyen lehetőség a geotermikus energia professzionális és nagy léptékű felhasználása, amelynek főként beruházási költségei vannak. Előnye a többi megújuló energiaforráshoz képest a viszonylag kiszámítható és egyenletes energiahozam. Ehhez elengedhetetlen a szakmai és infrastrukturális felzárkózás az ebben jártas országokhoz (pl. USA, Japán, Izland, Olaszország, stb.). Az Amerikai Egyesült Államok új kormánya is nagy tőkeinjektálást (16 milliárd amerikai dollár  $\approx$  4800 milliárd forint) tervez a közeljövőben régi nem használt olajkútak és bányák rekultivációjára. Az arra alkalmas kútakat a felszámolás helyett átalakítják geotermikus energia termelő rendszerekké. Ez a folyamat nem csak új munkahelyeket teremt, hanem viszonylag gyors megtérüléssel ( $\sim$ 10 év) is kecsesít a belőlük kitermelt energia révén [1]. Ez csak egy része annak a még nagyobb programnak, amiben az infrastruktúráját szeretnék átdolgozni és modernizálni az országnak. Erre azért is van szükség, mert az elektromos hálózatok kiépítésükkor nem ekkora terhelésre lettek tervezve, mint amit manapság az újkori számítástechnikai ipari forradalom megkövetelne. A gyakori áramszünetek is jelzik, hogy tenni kell ez ügyben. 2021. január 08-án Európában, a legtöbb országban több órás áramszünet volt. Ennek oka a túlterhelés,

ideiglenesen alacsony áramtermelés és sok más technikai malőr [2]. Egy-egy ilyen áramszünet komoly károkat tud okozni a számítógépes, internet alapú szolgáltatásoknak. Egy pár másodperces áramszünet hatására [3] a teljes Neptun rendszer összeomlott két napra a Miskolci Egyetemen 2021. június 15-én. Az ilyen esetek elkerülése érdekében komolyan át kell gondolni a villamosenergia hálózati és fenntartási stratégiát, mert a közeljövőben még nagyobb terhelést fognak előreláthatólag kapni a rendszerek.

Az energiatermelés és fogyasztás napi ingadozása nem mindig egyenlő mértékű, aminek a kiegyenlítése nem egyszerű feladat. Eddig a fosszilis tüzelőanyagokból és atomenergiából nyert elektromos áram termelése szabályozható volt. Azonban a megújuló energiaforrásokra egyre nagyobb százalékban való áttérés nagyon instabillá teheti a fogyasztók kiszolgálását. Gondoljunk csak a szélerőművekre, amiknek talán a legkiszámíthatatlanabb a teljesítménye, kivétel néhány területet, ahol viszonylag egyenletes széljárás az uralkodó. A napenergia tekintetében nemcsak a napi felhősödés jelenthet gondot, hanem a szélességi körön való elhelyezkedésből adódó évszakonként változó napi napsütéses órák száma is. A vízenergia hasznosítása szabályozható a gátakkal, viszont aszály esetén vissza fog esni a termelés kapacitása. A bővítési lehetőségek erősen limitáltak, mivel hazánkban a folyókon már a potenciális helyeken kialakítottak erőműveket. A föld mélyében lévő magas hőmérséklet jelenléte a mi emberi léptékünkkel mérve közel állandó, hirtelen nem fog nagyarányú változás benne fellépni. Ennek a hőnek az átalakítása villamos energiává, illetve építmények fűtésére való felhasználása kiszámítható, stabil energiaforrás kategóriába sorolható.

## 2. MAGYARORSZÁGI FELSZÍN ALATTI HŐMÉRSÉKLETI ADOTTSÁGOK

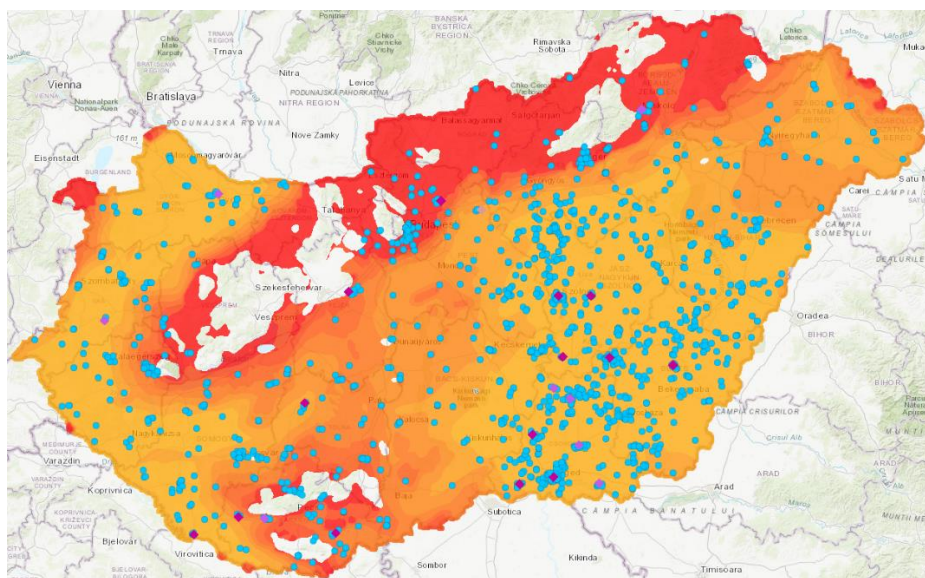
Hazánkban a geotermikus gradiens a földi  $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ -es értékhez képest sokkal magasabb,  $5\text{-}7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  között mozog. Ez köszönhető a vékony földkéregnek a Pannon-medencében. Az 1. ábrán látható, hogy a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os közethőmérséklet hazánk nagy részén 2000 méter mélység környékén már jelen van, sőt nem ritka az 1500 méteres mélység sem.



1. ábra. Geo-isotermikus mélység térkép  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os közethőmérsékleten [4]



A geotermikus projektek legnagyobb költségei a fúrásokhoz köthetők. Ezen kiadásoknak van egy folyóméter szerinti alapköltsége is, de a mélység növekedésével változnak a kőzetfizikai paraméterek is. A növekvő hőmérséklet és nyomás megköveteli a nagyobb strapabírású eszközök használatát, amiknek az ára már exponenciálisan növekszik a lefúrandó kút mélységével. Rengeteg kutatófúrás és felhagyott, rekultiválásra váró kút van az ország területén. Ezek főként a huszadik század második felében jelen levő „szénhidrogénlázban” szenvedő geotudósok munkái. Ezáltal nemcsak rengeteg információ áll rendelkezésre az ország alatt rejlő kőzetfizikai paraméterekről, hanem értékes még felhasználható fúrólukak is. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) készített egy interaktív térinformatikai rendszert (OGRe – Országos Geotermikus Rendszer), amin különféle térképeket lehet összeállítani a megfelelő paramétereket beállítva. Ilyen például a 2. ábra, ahol a 125 °C-os izoterma becsült mélysége látható, valamint a geotermikus rendszerekhez felhasználható lehetséges kutak és már meglévő energia felhasználó központokkal.



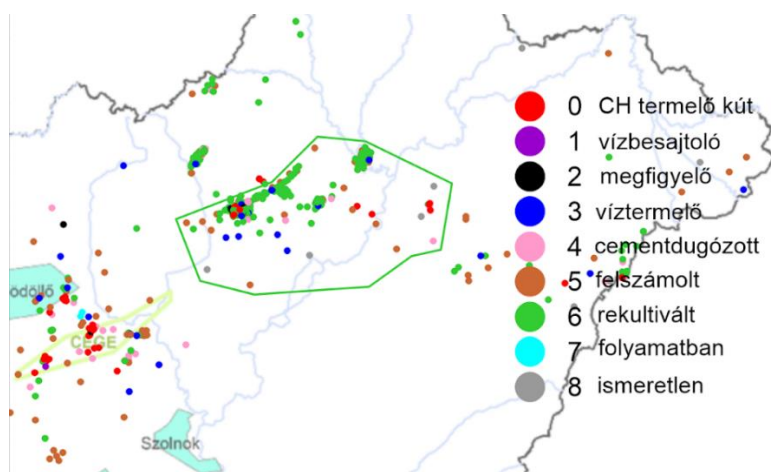
2. ábra. A 125 °C izoterma becsült mélysége a Pannon-medence üledékeiben, 2250 – 4000 méter mélységig gradáltan színezve narancssárgától pirosig. Kék kör – hévízkutak; sötétlila rombusz – termálvizes városfűtés; lila rombusz – távfűtés; halványlila rombusz – segédközegezes erőmű [5]

### 3. PULSE PROJEKT

A PULSE projekt [6] a „Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése” címmel indult 2016-ban. Ezen belül három kutatási modulja van: „Folyadék és tiszta technológiák eljárásai”, „Meddő és használaton kívüli kutak energetikai hasznosíthatósága” és a „Nagy hatékonyságú hozamnövelő rétegkezelési eljárások kutatása és fejlesztése”. A projekt koordinátora a Miskolci Egyetem Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézete, amely bevonta a projektmunkába a Miskolci Egyetem műszaki karainak számos oktatóját és néhány PhD. és MSc. hallgatóját - köztük a cikk első szerzőjét is - a második modulba.

A többéves kutatómunka során egy nagyobb észak-magyarországi mintaterület került kiválasztásra (3. ábra), ahol a meddő, vagy használaton kívüli fúrások kútkönyvei kerültek első körben feldolgozásra. Egy-egy ilyen kútkönyv több száz oldalt is tartalmazhat, ahol a részletes napi fúrási adatok, kútkiképzési tervek, rétegvizsgálatok, fluidum elemzések,

geofizikai vizsgálatok, és egyéb jelentések is előfordulhatnak. Mivel a kiválasztott zónáról nem csak kútszintű, hanem területi szintű értékelés is készült, ezért elengedhetetlen volt, hogy a kútkönyvekből valamiféle egységes adattáblák készüljenek. A kutakból termelhető lehetséges energiamennyiség a meghatározó paraméter, de egyéb tényezők gyengíthetik az esedékes beruházás kockázatát és megtérülési idejét. Ilyen lehet a felhasználás helyétől való távolság, a közúterek és utak messzesége, a termásvíz sótartalma, stb. A komplex elemzés után potenciális kutak kerültek kijelölésre további geotermikus felhasználásra, illetve a részletes földtani információkkal is lehet tovább kalkulálni.



3. ábra. A kutatási területen mélyített kutak és funkcióik

#### 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A tanulmány/kutatómunka a "Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése" című GINOP-2.3.2-15-2016-00010 azonosítójú projekt részeként valósult meg."

„A cikkben ismertetett kutatómunka a „Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program” „Természeti erőforrások optimalizálása korszerű technológiákra alapozva: energetikával, vízzel, anyagfejlesztéssel és smart technológiákkal kapcsolatos kutatások” projekt részeként valósul meg.”

#### 5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **PETROLERN LLC:** *Conversion to Clean Geothermal Electricity or Heat – Petrolern LLC's Profitable Alternative to Biden's Plan for Plugging of Old Oil Wells*, 2021 <https://www.petrolern.com/conversion-to-clean-geothermal-electricity-or-heat-petrolern-llcs-profitable-alternative-to-bidens-plan-for-plugging-of-old-oil-wells/>
- [2] **HÁRFÁS ZS.:** *Nagy európai áramzűr*, 2021, <https://www.origo.hu/itthon/20210206-majdnem-egesz-europabna-aramszunet-volt-januar-8an.html>
- [3] <https://boon.hu/kozelet/helyi-kozelet/ket-napja-nem-elerheto-a-miskolci-egyetem-tanulmanyi-rendszere-5552417/>
- [4] **TÓTH A.:** *Creating a Geothermal Atlas of Hungary*, 2017. In: *42nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*. Stanford., At Stanford University, Palo Alto California. February 13-15. 2017, Volume: SGP-TR-212

- [5] **MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS FÖLDTANI SZOLGÁLAT:** *Országos Geotermikus Rendszer (OGRe) interaktív térképrendszer, <https://map.mbfsz.gov.hu/ogre/#>*
- [6] **PULSE PROJEKT:** <https://www.afki.hu/Pulse-projekt>

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA  
A FOURIER SPEKTRUMOK INVERZIÓS SZÁMÍTÁSÁNAK A  
VIZSGÁLATA

INVESTIGATION OF THE INVERSION CALCULATION OF FOURIER  
SPECTRA

**TURAI Endre<sup>1</sup>, DOBRÓKA Mihály<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> CSc, egyetemi magántanár, gfturai@uni-miskolc.hu

<sup>1</sup>Geofizikai és Térinformatikai Intézet, Miskolci Egyetem, H-3515, Miskolc-Egyetemváros

<sup>2</sup> DSc, professzor emeritus, dobroka@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> Geofizikai és Térinformatikai Intézet, Miskolci Egyetem, H-3515, Miskolc-Egyetemváros

<sup>2</sup>MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, Miskolci Egyetem, H-3515, Miskolc-Egyetemváros

**Kivonat:** A Fourier transzformációval meghatározható spektrumokat (valós, képzetes, amplitúdó és fázis spektrumok) széleskörűen alkalmazzák a determinisztikus és sztochasztikus adatok feldolgozásában. A Fourier transzformációval meghatározható spektrális energia, energiasűrűség spektrum, teljesítmény és a teljesítménysűrűség spektrumok pontos kiszámítása alapvető jelentőségű a földtudományi, a környezetvizsgálati, a geofizikai és az energetikai mérések területein. A mérési adataink minden esetben zajjal terhelve, s ezeknek a zajoknak a hatását sajnos a hagyományos Fourier transzformációs algoritmusok (analitikus Fourier transzformáció, diszkrét Fourier transzformáció – DFT, gyors Fourier transzformáció – FFT) átviszik a spektrumokra is. A spektrumszámítás hibái viszont jelentős mértékben torzíthatják a spektrumokból lezámított energetikai paramétereket. A cikkben numerikus példán mutatjuk be a Fourier spektrumok inverziós számításának hatékony spektrális zajcsökkentő hatását a hagyományos Fourier transzformációs algoritmusokhoz képest.

**Kulcsszavak:** Fourier spektrum, Fourier transzformáció, inverziós számítás, zajcsökkentés

**Abstract:** Spectra (real, imaginary, amplitude, and phase spectra) that can be determined by the Fourier transform are widely used in the processing of deterministic and stochastic data. Accurate calculation of spectral energy, energy density spectrum, spectral power, and power density spectra that can be determined by the Fourier transform is essential in the fields of earth sciences, environmental studies, geophysics, and energy measurements. In all cases, our measured data are loaded with noise, and unfortunately the effect of these noises is transferred to the spectra by the traditional Fourier transform algorithms (analytical Fourier transform, discrete Fourier transform - DFT, fast Fourier transform - FFT). However, errors in spectrum calculation can significantly distort the energy parameters derived from spectra. The paper presents a numerical example of the effective spectral noise reduction effect of inversion calculation of Fourier spectra compared to traditional Fourier transform algorithms.

**Keywords:** Fourier spectrum, Fourier transform, calculation using inversion, noise reduction

## 1. BEVEZETÉS

Az  $x(t)$  jel Fourier transzformáltja [1] az alábbi improprius integrál kiszámításával határozható meg:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt , \quad (1)$$

ahol:

- $t$  – az idő, vagy pedig a térbeli távolság;  
 $f$  – a frekvencia, vagy pedig a térbeli hullámszám;  
 $j$  – a képzetes egység ( $\sqrt{-1}$ );  
 $X(f)$  – a Fourier spektrum, az  $x(t)$  jel Fourier transzformáltja.

A Fourier spektrumok segítségével meghatározhatók a determinisztikus jelek energia és energiasűrűség spektrumai, valamint a sztochasztikus (véletlen) jelek saját teljesítménysűrűség ( $S_{xx}(f)$ ) és kereszt teljesítménysűrűség ( $S_{xy}(f)$ ) spektrumai:

$$S_{xx}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau, \quad (2)$$

$$S_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xy}(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau, \quad (3)$$

ahol:

- $R_{xx}(\tau)$  – az  $x(t)$  jel autokorrelációs függvénye;  
 $R_{xy}(\tau)$  – az  $x(t)$  és  $y(t)$  jel keresztkorrelációs függvénye;  
 $\tau$  – a korrelációs eltolás, a korrelációs függvények független változója.

A mérési gyakorlatban, a digitálisan regisztrált jelek esetében a Fourier transzformációt mintavételezett alakban lehet kiszámítani [1] (DFT és FFT), amelyek lineáris egyenletrendszer megoldására vezetnek. Az algoritmusokat terhelik a lineáris nagyrendszerek megoldásának instabilitási problémái. Ezek a gondok ugyan kiküszöbölhetőek [2], ha a Fourier transzformációt nem vezetjük vissza a lineáris egyenletrendszerek megoldására, azonban a mérési hibák (zajok) ebben az esetben is torzítják a Fourier spektrumot, meghamisítva ezzel a spektrumból leszármaztatható energetikai paramétereket.

## 2. A FOURIER TRANSZFORMÁCIÓ INVERZIÓS MEGHATÁROZÁSA

A Fourier transzformáció zajérzékenysége jelentősen csökkenthető, ha a transzformáció számítását az inverziós módszerekkel oldjuk meg ([3], [4]). A kiugró zajok (outliers) esetében súlyozott inverziós megoldásokat [5] alkalmazhatunk. A zajok csökkentése szempontjából különösen hatékony a sorfejtéses inverziós módszer [6], [7] alkalmazása, melynek a lényegét a következőkben mutatjuk be.

Írjuk fel a Fourier-transzformáció (1) baloldalán szereplő Fourier spektrumot ( $X(f)$ ) ortogonális rendszer ( $\Phi_i(f)$ ) szerinti sorfejtéssel:

$$X(f) = \sum_{i=1}^I B_i \Phi_i(f), \quad (4)$$

ahol:

- $\Phi_i(f)$  – az ortogonális bázis  $i$ -edik komponense;

- $B_i$  – az  $i$ -edik sorfejtési együttható;  
 $I$  – az ortogonális bázis komponenseinek a száma.

Az inverziós módszertan alkalmazásával (a részletes levezetést itt, a hely hiányában mellőzzük) meghatározható a sorfejtési együtthatókat tartalmazó vektor ( $B$ ), amit a (4) összefüggésbe helyettesítve megkapjuk a Fourier transzformáció inverziós megoldását.

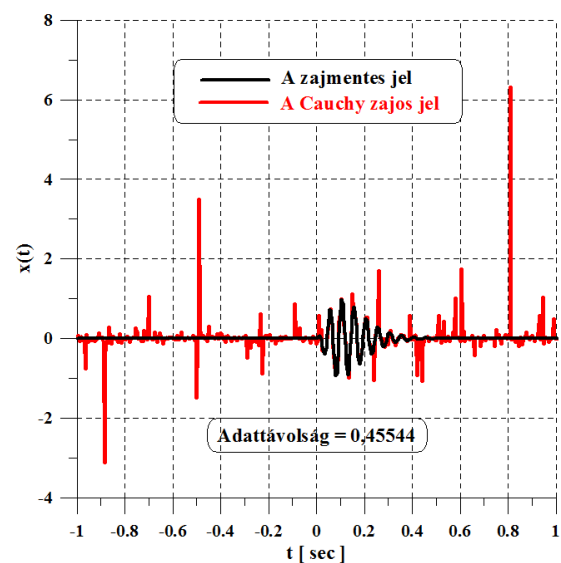
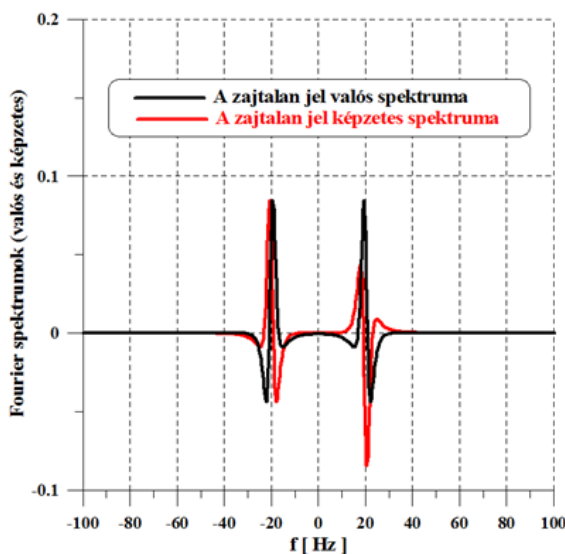
### 3. A FOURIER SPEKTRUMRA ÁTVITT ZAJ MÉRTÉKÉNEK A VIZSGÁLATA

Egy, a szeizmikus gyakorlatból ismert hullámcsomagot használva időjelként, megvizsgáltuk a hagyományos módszerrel (DFT és FFT) számított Fourier spektrum és a sorfejtéses inverzióval (IRLS) meghatározott Fourier spektrum zajérzékenységét. A zajtalan hullámcsomag matematikai leírása az alábbi, a  $t < 0$  időtartományban:

$$x(t) = 738,9156 t^2 e^{-20t} \sin\left(40\pi t + \frac{\pi}{4}\right). \quad (5)$$

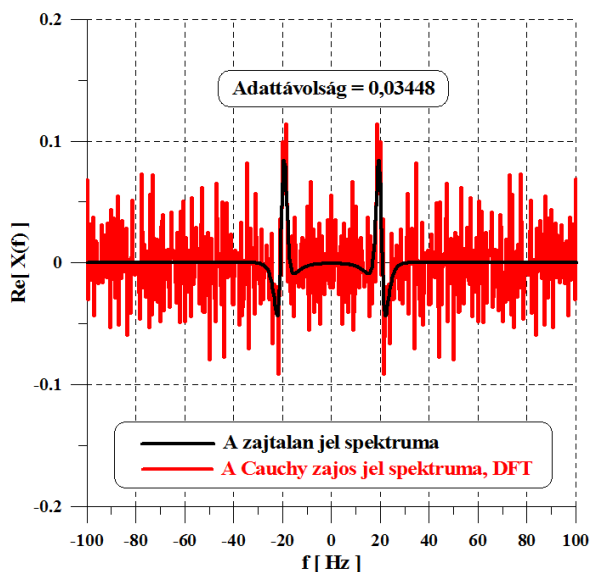
A zaj nélküli jel Fourier spektrumait (a valós és képzetes spektrumokat) az *1. ábra* mutatja. A Cauchy zajjal terhelt időjel a *2. ábrán* látható (az ábrán feltüntettük a zajtalan és a zajos jel legkisebb négyzetes – L2 normás – adattávolságát,  $D=0,45544$ ). A zaj nélküli (pontos) valós spektrumot és az DFT algoritmussal kapott valós spektrumot a *3. ábra*, az IRLS módszerrel kapott valós spektrumot pedig a *4. ábra* mutatja. A *3. és a 4. ábrák* összehasonlítása jól szemlélteti az inverziós módszerrel történő megoldás hatékonyságát a zajelnyomás tekintetében. Amíg a DFT algoritmussal számított valós spektrumon (*3. ábra*) gyakorlatilag felismerhetetlen a zajmentes valós spektrum, addig az IRLS módszer (*4. ábra*) szinte teljesen eltüntette a zajt. A DFT-vel számított zajos valós spektrum  $0,03448$  adattávolsága közel tízszerese az IRLS módszerrel kapott zajos spektrum adattávolságának ( $0,00354$ ). A képzetes spektrumok tekintetében ugyanezek a megállapítások vonhatók le, mivel az IRLS módszerrel számított Cauchy zajos jel képzetes spektrumának adattávolságától ( $0,00365$ ) közel egy nagyságrenddel nagyobb a DFT-vel számított képzetes spektrum adattávolsága ( $0,03211$ ).

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az inverziós megoldással számított Fourier spektrumok spektrális zajterhelése több mint egy nagyságrenddel kisebb a hagyományos módszerrel számított Fourier spektrumokétól.

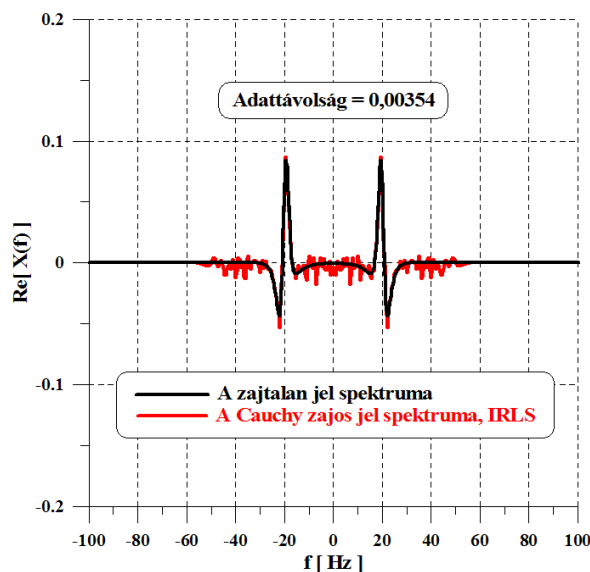


1. ábra. A zaj nélküli jel spektrumai

2. ábra. A Cauchy zajjal terhelt időjel



3. ábra. A DFT-vel számított spektrum



4. ábra. Az inverzióval számított spektrum

#### 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a PULSE "Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése" című, GINOP-2.3.2-15-2016-00010 azonosító számú projekt részeként valósul meg. A szerzők köszönik a projekt által nyújtott támogatást.

#### 5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **BRIGHAM, E. O.:** *The Fast Fourier Transform*. Prentice-Hall Inc. 1974., ISBN: 978-0131461345
- [2] **TURAI E.:** *A Fourier transzformáció egy numerikus módszerre és alkalmazása a GP-jelenség rendszerjellemező függvénnyel történő leírásánál*. Magyar Geofizika 24/1, 11-19, 1983., ISSN 0025-0120
- [3] **DOBRÓKA, M., VASS, P.:** *Fourier transform as an Inverse Problem*. In: *Extended Abstracts of the 64th EAGE Conference & Exhibition*, European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE), P069/1-4, 2006.
- [4] **DOBRÓKA, M., SZEGEDI, H., VASS, P., TURAI, E.:** *Fourier transformation as inverse problem - an improved algorithm*. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica 47/2, 185-196, 2012., ISSN 1217-8977
- [5] **DOBRÓKA, M., SZEGEDI, H.:** *Investigation of Robust Fourier-transform method in case of outliers*. International Scientific Herald 6/25, 306-313, 2013., ISSN: 2218-5348
- [6] **DOBRÓKA, M., SZEGEDI, H., SOMOGYI, M. J., SZÜCS, P.:** *On the Reduced Noise Sensitivity of a New Fourier Transformation Algorithm*. Mathematical Geosciences 47/6, 679-697, 2015., ISSN 1874-8961
- [7] **DOBRÓKA, M., SZEGEDI, H., VASS, P.:** *Inversion-Based Fourier Transform as a New Tool for Noise Rejection*. In: *Fourier Transforms - High-tech Application and Current Trends*, Rijeka, InTech Open Access Publisher, 3-23, 2017., ISBN 978-9535128939

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA  
ÜZEMELŐ FELSZÍN ALATTI VÍZBÁZISOK TÁVLATI MŰKÖDTETÉSI  
LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

EXAMINATION OF LONG-TERM OPERATING POSSIBILITIES FOR  
OPERATING GROUNDWATER BASES

**UJLAKI Péter**

hidrogeológus, ujlaki@debreceni-vizmu.hu  
Debreceni Vízmű Zrt.

**Kivonat:** A magyarországi ivóvízellátás alapját főleg a felszín alatti vízbázisok képezik. A hosszútávú, folyamatos, biztonságos és költséghatékony ivóvízellátást a hidrogeológiai adottságok, víztermelő kutak és a víztisztítási technológia együttesen biztosítják. A vízbázis és a kutak állapota meghatározó, vizsgálatuk kiemelt jelentőségű. A vízművek érdekében áll ezek folyamatos elemzése, hogy a mennyiségi és minőségi igényeknek a jelenben és a távlatokban is megfelelhessenek.

**Kulcsszavak:** vízbázis, kutak, vízigények, vízminőség, vízművek

**Abstract:** The basis of drinking water supply in Hungary is mainly groundwater-based. Long-term, continuous, safe, and cost-effective drinking water supply is ensured by a combination of hydrogeological conditions, water production wells, and water treatment technology. The condition of the water base and the wells is decisive, their examination has high importance. It is in the interest of waterworks to continuously analyze them, for both quantitative and qualitative needs in the present and in the future.

**Keywords:** groundwater base, wells, water demand, water quality, waterworks

Az ivóvíz stratégiai fontossága egyre jobban növekszik. Hazánk természeti adottságai kedveznek a közműves vízellátásnak, így nagyon sokszor halljuk az optimista szavakat: „Van elég víz és a minősége is megfelel.”

Kiindulás (2019. éves állapot [1]):

- a kedvező hidrogeológiai adottságok eredményeként a közüzemi célra kitermelt és szolgáltatott víz 94 %-a felszín alatti vízből származik,
- 2007 óta minden településen van közüzemi ivóvíz-szolgáltatás,
- a vezetékes ivóvízellátás mértéke 94,9 %,
- az 1 főre jutó vízfogyasztás 95-100 liter/nap.

A hidrogeológiai adottságok (tényezők) miatt

- a víztermelés javarészt mélyfúrású kutakból történik,
- a kitermelt nyersvíz mennyiségi és minőségi viszonyai jól számíthatók,
- a víztisztítási technológia viszonylag egyszerű (Fe-Mn-As-NH<sub>4</sub>-CH<sub>4</sub>), de a beépített berendezések miatt csak egy szűk határon belül változtatható,
- a víz árát elsősorban a hidrogeológiai adottságok határozzák meg.

A hazai felszín alatti vízbázisok jelentős része (43 %-a) a porózus víztestekhez köthető, a közműves ivóvízellátás egyik pillérét a felszín alatti vízbázis képezi. Ez biztosít utánpótlódási lehetőséget (mennyiségi oldal) és egy kiegyenlített „alap vízminőséget”. A vízbázis védettsége/sérülékenysége a hosszútávú minőséget határozza meg. A másik pillért a víztermelő kutak, ezek száma, kora és műszaki állapota jelentik. A vízbázis és a kutak folyamatos vizsgálata, elemzése melletti kíméletes vagy ellenkezőleg, azok kíméletlen, gyors, haszonszerzés-célú túlhasználata kulcsszerepet játszik abban, hogy megvalósul-e a hosszútávú, folyamatos, biztonságos és költséghatékony ivóvízellátás. Ezek a szempontok



természetesen az ipari/mezőgazdasági/közületi vízellátásban is érvényesek, hiszen gyakran ugyanazon vízbázison osztoznak közműves „nagytestvérükkel”.

Vízbázis és kutak: ezek meghatározók egy működő felszín alatti vízbázis távlati lehetőségeinek vizsgálatánál. Hazánkban a közműves ivóvízellátás jóval több, mint 100 éves múltra tekint vissza, a „vizes szakma” valóban világhírű, mind a víztermelés, mind a vízkezelés terén és úgy néz ki, megnyugodhatunk. Mégis érdemes megvizsgálni a víztermelés természeti oldalát jelentő vízbázisokat és a víztermelés technikai lehetőségeit, azon belül is kiemelten a víztermelő kutakat: vajon tényleg minden ennyire rendben van?

Ezek együttes elemzése után igazoljuk, minden rendben és folytassuk azt az utat, amin most járunk. De ha valami mégsem optimális, akkor még időben tudjunk változtatni rajta.

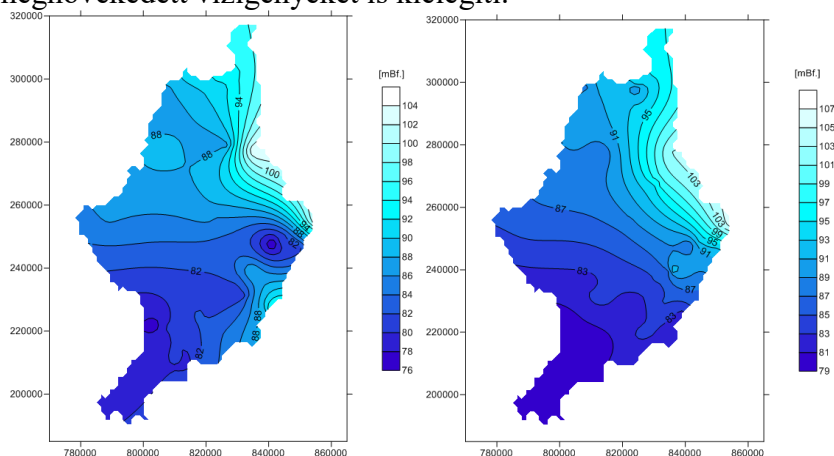
A vizsgálatnak van rövid- és hosszútávú eredménye. Rövidtávú, ha pl. egy mélyfúrású víztermelő kutat geofizikai vizsgálattal elemzünk és egy jelentkező üzemeltetési probléma okát megtudjuk (pl. homokolódás). Hosszútávú eredménye az, hogy pl. a vízbázis nincs veszélyben legalább 50 évig [2]. Ugyanakkor minden üzemeltető tudja: a felszín alatti vízbázisok felelősséget, mindennapos kihívást jelentenek és a következő nemzedékek egészséges ivóvize a jelennel alapozható meg – vagy romolhat el.

Ilyen bevezető után nézzük meg, milyen vízföldtani és technikai tényezőket kell figyelembe venni ahhoz, hogy egy felszín alatti vízbázis távlati üzemeltetési lehetőségeit vizsgáljuk.

A hidrogeológiai tényezőknek két fő iránya van:

#### 1. Vízmennyiségi utánpótlódás és vízminőségi lehetőségek.

A kérdés az: hosszútávon van-e elég víz és az üzemeltetett felszín alatti vízbázis a távlatokban is olyan vízminőséget ad, amelyekre a víztisztítási technológia ki van alakítva? A felszín alatti vízbázist a porózus víztestekkel jellemezve és feltéve a kérdést: van lehetőség arra, hogy maradjunk ott, ahol a kútjaink vannak és új vízadó rétegünk van-e a vízbázison? Ha a nyugalmi vízszintek a vízmennyiségi igények visszaesése miatt emelkedtek, akkor nincs szükség új vízadókat keresni. Például az 1990-es és 2010-es nyugalmi vízszintek izovonalas térképein, Debrecenben és közelében látható az emelkedés [3] (1. ábra). Összefüggő víztermelési zónák esetén ezt a vizsgálatot egyenként is el kell végezni [4]. Lehet, hogy nincs ilyen új réteg és így az utánpótlódás nem elegendő - akkor viszont olyan új vízbázist kell találni, ami a megnövekedett vízigényeket is kielégíti.



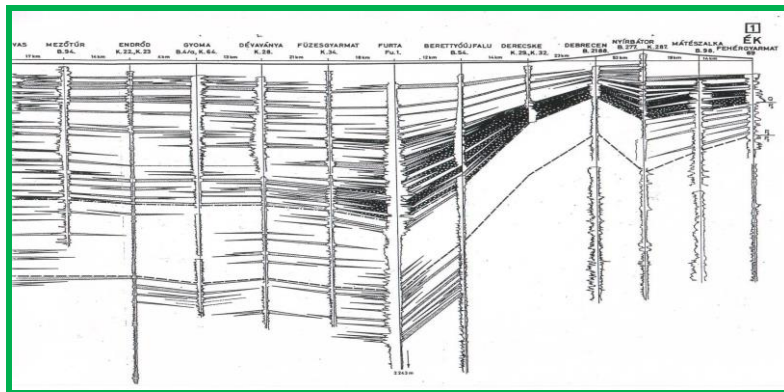
1. ábra. A vízmű kutakban mért 1990-es és 2010-es nyugalmi vízszintek (forrás:[3])

#### 2. Vízbázisvédelem

A mennyiségi védelem mellett egyre inkább előtérbe kerülő kérdés: milyen a hosszútávú vízminőség? Mit tegyünk, ha szennyezőforrás veszélyezteti a vízbázist? Maradjunk ott, ahol

eddig már termeltünk vizet, tartasuk ellenőrzés alatt, üzemeltetve a monitoring kutakat, azok vízszint- és vízkémiai adatainak folyamatos elemzése mellett, beépítve a vizsgálati körbe a víztermelő kutakat és így készítsük el az ún. Egységes Monitoring Tervet (EMT)? Hogy termeljünk vizet a kármentesítés alatt és után? Változtassunk a korábbi kútüzemeltetési renden? Van-e olyan üzemrend a kutaknál, amivel biztosítsuk, hogy a felszínről származó szennyezőanyag ne, vagy csak minél később érje el az üzemeltetett rétegeket?

Meddig tudjuk biztonságban üzemeltetni így a vízbázist és mikor kell elhagyni, hogy újat találjunk? Lehet helyben maradni (hiszen a kiépített víztisztítási technológiai berendezéseket nem vihetjük magunkkal) és a már üzemelő kutakat a termelt és veszélyeztetett réteg alatti rétegre szűrőzzük (2. ábra) – „meneküljünk” mélyebben lévő rétegeket termelni?



2. ábra. Vízáadó rétegek az Alföldön (forrás:[5])

Van elég földtani információnk, kell-e olyan vizsgálatokat végezni, amivel a földtani kép még pontosabb lesz? Lehet, hogy vannak új módszerek, melyekkel az eddigi földtani/geofizikai információk új értelmezésével pontosabb képünk lesz a felszín alatti vízbázisunkról? Eljutottunk ugyanoda, ahol már a vízmennyiségi és utánpótlódási lehetőségnél voltunk: ha nincs más lehetőség, új vízbázist kell keresni/találni.

De érdemes egy kis „önvizsgálatot” is tartanunk: minden információt, mérési eredményt felhasználtunk a vízbázis elemzéséhez? Lehet, hogy sokkal többet tudnánk, ha a nehezen megszerzett pl. vízszintmérési, vízkémiai adatainkat feldolgoznánk és a gyors értelmezés után tervszerűen elemeznénk? Hogy ne csak teljesítsük a sokszor értelmetlennek tűnő adatszolgáltatásokat, hanem saját adatbázist képezve jobban használjuk azokat céljainkra? A felsőfokú oktatási intézmények és a vízművek közötti kapcsolatot is érdemes erősíteni, mert mindkét fél tudna újat mutatni a másíknak: szükség van az elméleti és a gyakorlati szakemberek találkozásaira. Nem árt néha „visszaülni” az iskolapadba...

A vízbázis mindig meghatározza a víztisztítási technológiát, de három tényező összefügg: a vízbázis, a kutak és a víztisztítási technológia egy hármasséget alkotnak. Jelen vizsgálatnál a technikai tényezők elsősorban a kutakat jelentik.

Nézzük a kutak vizsgálatának főbb szempontjait:

1. Milyen a kutak műszaki állapota, kora, hány éve állják már ki a gyakran napi 24 órás igénybevételt?

Milyen a kutak szerkezeti állapota, különös tekintettel a szűrőkre? Van-e csőkorrózió? Milyen a cementpalást állapota? Hány éves üzemelést várhatunk egy „átlagos” kúttól a fűrés után és meddig üzemeltethetünk olyat, ami kb. 20 éve folyamatosan vizet termel?

Az üzemeltetésnél a „gépész-szemlélet” – azaz a kikapcsolom/bekapcsolom elv – mennyire érvényesül? Vagy a vízbázist folyamatosan vizsgáló, a kutak együttes működését

elemző és a kutak üzemrendjében változtatást lehetővé tevő pl. költségoptimalizáló rendszerünk van? Mit teszünk azért, hogy a kutak hosszú távon is üzemelhessenek?

A jelenlegi gyakorlat szerint egy mélyfúrású kutat 30 évig lehet termelni. A tapasztalatok alapján ez azonban a kb. 35-60 évvel ezelőtti fúrt kutakra érvényes. A kb. 40 éve bevezetett műanyag szűrők tényleg annyira jók, hogy mindig helyettesíthetjük a klasszikus acélső/réz szítaszövet párost? A tapasztalatok szerint könnyebb az acélsőves szűrőzött szakaszokat cserélni. Lehet, hogy a hagyományos eredményesebb kútüzemeltetést biztosít?

Egy kikerülhetetlen, de az üzemeltetők jelentős részénél szakmai és /vagy anyagi okok miatt gyakran mellőzött terület: a kútdiagnosztika. Hogy várjuk el egy kúttól, hogy üzemeljen 30 évig, ha nem is törődünk vele? Fogászati kezelésnél alap a röntgen vizsgálat. Kutakat mégis üzemeltetnek úgy, hogy kútdiagnosztikai vizsgálat nélkül elvárják, mindig jöjjön a víz. A mérések, vizsgálatok nélkül vakrepülés az üzemeltetés. Pedig a hazai kútdiagnosztikai szakma még ad lehetőséget erre, a technikai feltételek, jól képzett szakemberek.

A hiányos kútdiagnosztika mellett a másik „mostohatestvér” a kutak önerős felújítása. Az utolsó ilyen témájú jegyzetet 57 éve adták ki... A tapasztalatok szerint a cégen belüli kútfelújítás csak néhány vízszolgáltatónál gyakorlat, pedig a víztermelő kutak folyamatos karbantartást igényelnek. Gondoljunk arra, hogy a szűrőn keresztül beáramló finomrészcsekék az alsó szűrőzött szakaszt akár fel is tölthetik és a kutak víztermelő kapacitása csökkenhet.

## 2. Szűrőcserés felújítás, melléfúrással vagy távolabb új kút építése.

Kiindulás: új területet szerezni gyakorlatilag lehetetlen. Marad a vízműveknek az, ahol a víztermelő kutak vannak. Ha egy kút már nem alkalmas víztermelésre, de a szerkezete még megfelelő, lehetőség van a szűrőcserére. Vagy a kút közelében (10-15 m távolságban) melléfúrással lehet kutat építeni. Végső megoldás az, hogy a víztermelésre nem alkalmas kúttól távolabb új kutat építsünk s persze a nyersvízvezeték, erőátviteli és jelzőkábeleket is távolabbról kell bevezetni. Ez a legdrágább megoldás...

A fentiekén túl elengedhetetlen az emberi tényező. A képzett szakember, a szakmunkás/technikus/mérnök/vegyszer/biológus/hidrogeológus. Ugyanakkor az ismeretek megújítása, azok kiegészítése is fontos. S természetesen itt is, mint mindenhol van egy tényező, ami elkerülhetetlen: a pénz. Ez most nem negatív értelmű, hanem ösztönző. Ösztönző ahhoz, hogy ha a hidrogeológiai és technikai tényezőket jól kezeljük, elemezzük, a megoldásokat keressük, akkor felesleges kiadásokat kerülünk el. S a fontosabb követelménynek is megfelelünk: költségtakarékosak leszünk.

Az előadással céloom inkább egyfajta problémafelvetés volt – a megoldáskeresés egy hosszabb elemző munkát igényel. De ez már jó út ahhoz, hogy tudjuk: tenni kell azért, hogy a távlatokban is megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvizünk legyen.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **ORSZÁGOS VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG:** *Magyarország 3. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv vitaanyaga*, Budapest, 2021.
- [2] **123/1997. (VII. 18.) KORMÁNY RENDELET:** *a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről.*
- [3] **GOMBOS TÜNDE:** *A Hortobágy-Berettyó elnevezésű tervezési alegység felszín alatti vízádói nyomásállapotának alakulása az elmúlt 20 évben.* Diplomamunka, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, 2014., p. 72.
- [4] **UJLAKI PÉTER:** *A mélységi vízbázis üzemeltetésének tapasztalatai és várható következtetései a debreceni példán keresztül.* Diplomamunka, Budapesti Műszaki Egyetem, 1993., p. 76.

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA

- [5] **URBANCSEK JÁNOS (szerk.):** *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere VII.*  
Országos Vízügyi Hivatal, Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 1977.

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA  
INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A DRÓN REPÜLÉSEK METEOROLÓGIAI  
TÁMOGATÁSÁBAN

INNOVATIVE SOLUTIONS IN METEOROLOGICAL SUPPORT OF DRONE  
FLIGHTS

**BOTTYÁN Zsolt<sup>1</sup>, TUBA Zoltán<sup>2</sup>, VRÁNICS Dávid Ferenc<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D., vezető kutató-fejlesztő munkatárs,  
zsolt.bottyán@mouldtech.hu  
MouldTech Systems

<sup>2</sup>Ph.D., kutató-fejlesztő munkatárs,  
zoltan.tuba@mouldtech.hu  
MouldTech Systems

<sup>3</sup>kutató-fejlesztő munkatárs,  
david.ferenc.vranics@mouldtech.hu  
MouldTech Systems

**Kivonat:** A nemzetközi és hazai drón repülések száma az elkövetkező néhány évben robbanásszerűen növekedni fog. A szóban forgó repülések biztonságos végrehajtásának alapfeltétele egy olyan - széles körben és korszerű eszközökön elérhető - időjárás-alapú döntés támogatást biztosító rendszer, amely képes követni a drón felhasználók igényeit és igazodik a vonatkozó jogszabályi környezet szabta elvárásokhoz. Cikkünkben a fenti döntéstámogató rendszerrel kapcsolatos K+F+I tevékenységünket mutatjuk be röviden.

**Kulcsszavak:** időjárás, drón repülés, döntéstámogatás, precíziós meteorológia

**Abstract:** The number of national and international drone flights will exponentially grow in the next few years. The safe execution of these kind of flights strongly depends on a widely available, multi-platform weather-based decision support system which is tailored to the different needs of drone users and harmonized to the relevant legal background. In our paper we briefly present our research, development, innovation activities related to the forementioned decision support system.

**Keywords:** weather, drone flights, decision support, precision meteorology

## 1. BEVEZETÉS

A globális COVID járvány következményeként a hagyományos légi személyszállítás és a hozzá kapcsolódó gazdasági szektor még mindig válságban van és a korábbi iparági előrejelzések közül is a negatív forgatókönyvek látszanak megvalósulni [1]. Ezzel szemben a drónokhoz kapcsolódó iparági szegmens a járványról szinte tudomást sem véve, a korábbi évek tendenciáihoz hasonló, markáns növekedést mutat. Ráadásul az iparági elemzések és a különböző mértékadó szervezetek előrejelzései is további jelentős bővülést prognosztizálnak [2].

Várhatóan a pilóta nélküli repülőeszközök egyre nagyobb száma és az egy eszközre jutó átlagos repülési idő növekedése is arra ösztönzi a jogalkotókat és jogalkalmazókat, hogy a jogszabályi környezet finomhangolásával és a meglévő szabályok betartatásával olyan, egyre inkább a hagyományos repüléshez hasonló működési környezetet biztosítsanak a drónos repülések számára is, ami a repülések biztonságos végrehajtása mellett az iparági fejlődést továbbra is támogatja. Tekintetbe véve, hogy mind a hagyományos, mind pedig a pilóta nélküli repülőek számára ugyanaz a légkör áll rendelkezésre, nincs is más út, mint a különböző működési szabályok folyamatos összehangolásával elérni, hogy irányított, szabályozott

keretek között azonos légtérben is végre lehessen hajtani ezeket a repüléseket. Éppen ezért folynak globálisan az ún. UTM (Unmanned Traffic Management) rendszerek kialakításának munkálatai, melyek implementálása égetően szükséges a drón technológia biztonságos és versenyképes alkalmazásához [3].

Ezek a várható változások és a drónos szolgáltatási iparágban fokozódó verseny törvényszerűen vezetnek a pilóta nélküli repüléseket támogató szolgáltatások felértékelődéséhez. Ez természetszerűleg magával hozza azt is, hogy a támogató tevékenységek minőségének biztosításával szemben is komoly elvárások fogalmazódnak meg.

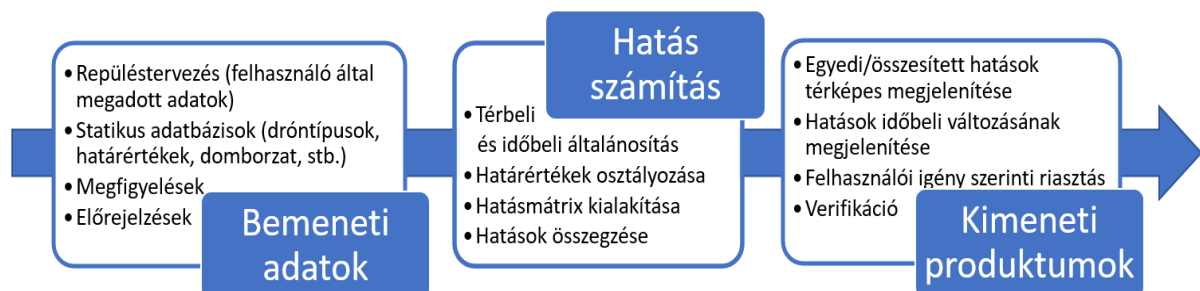
Cikkünkben a drónos repülések meteorológiai támogatásának kérdéskörét járjuk körül, reflektálva az fentiekben megfogalmazott kihívásokra.

## 2. A DRÓNOS REPÜLÉSEK PRECÍZIÓS METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSA

A környezetünk meteorológiai jellemzői, jelenségei értéktől, intenzitásától függően eltérő hatást gyakorolnak az emberi szervezetre és úgy általában bármilyen emberi tevékenységre. Sok esetben igaz azonban, hogy a környezeti változók kedvező vagy kedvezőtlen mivolta csupán egy adott érzékenységgel rendelkező személy vagy adott korlátokkal bíró eszköz vagy tevékenység nézőpontjából értelmezhető. Nincs ez másként a drónok, drónos műveletek esetében sem. A gyártói útmutatókban rögzített üzemeltetési határértékek, a végrehajtott feladat korlátai vagy akár az ésszerű önmérséklet szabta határok figyelembevétele elengedhetetlen a műveleti hatékonyság növeléséhez. Az időjárással összefüggésben felmerülő kockázatok mérséklése érdekében a felhasználónak tehát precíziós meteorológiai támogatásra van szüksége, ami tulajdonképpen nem más, mint az alkalmazott eszköz (esetünkben a drón) időjárási korlátait, a felhasználói igényeket és a tervezett feladat sajátosságait maximálisan figyelembe vevő, a művelet biztonságos és hatékony végrehajtására fókuszáló nagy hozzáadott értékű és pontosságú meteorológiai támogató tevékenység. Maga a támogató folyamat a feladat végrehajtásának időbeliségéhez igazodik, amit a következő rövid alfejezetekben tekintünk át.

### 2.1. Repüléstervezés

A precíziós meteorológiai támogatás nélkülözhetetlen része a repülési feladat tervezése, hiszen a művelet végrehajtására gyakorolt hatások pontos meghatározása nem lehetséges az alkalmazott repülőeszköz és a tervezett feladat időjárási korlátainak ismerete nélkül. Az említett határértékeken túl a felhasználó itt adhatja meg a végrehajtás térbeli és időbeli adatait, a támogatás során elvárt értesítési gyakoriságot és olyan a hatások kiszámítását pontosító többletinformációkat, mint például a végrehajtás helyének érdességi jellemzése.



1. ábra. A repülés tervezés helye és szerepe a szolgáltatási folyamatban

A repüléstervezés során megadott információk kizárólag a külső és saját forrásból

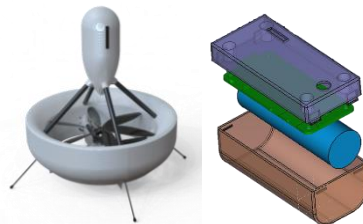
folyamatosan érkező mérési adatokkal és a rendszeres előrejelzési outputokkal együtt alkalmasak a vonatkozó hatások kalkulációjához, azaz a vizsgált időjárási paraméterek számával megegyező dimenziójú hatásmátrix vagy egy táblázatos időbeli értékelés előállításához.

## 2.2. Meteorológiai mérések

Napjaink technológiája lehetővé teszi, hogy a planetáris határréteg szondázását akár pilóta nélküli légi járművekre illesztett mérőeszközökkel végezzük. Hasonlóan a kötött ballonos mérésekhez, a drón egy vertikális profilt repülve meteorológiai adatokat továbbít a földi vevő állomásnak, amely az interneten át összeköttetésben áll a központi kiszolgáló infrastruktúrával, ahol a mért adatok asszimilációra kerülnek [4].

Célunk egy fent vázolt módon működő állomásból kiépített mérőhálózat megvalósítása és üzemeltetése, amely megfelelő lefedettséggel és ütemezett (közel) autonóm repülésekkel felbecsülhetetlen értékű új adatokat szolgáltat a repülés támogató rendszer számára. A rendszeres szondázási feladatok állandó igénybevétel jelentenek a drónok számára, így piacon elérhető multikopter platformokon túl egy saját, vertikális repülésekre optimalizált pilóta nélküli légi jármű megvalósítása és annak érintés nélküli, automatizált földi kiszolgálása (töltése, klimatizálása stb.) is cél. Az adatgyűjtés és -továbbítás egy Raspberry Pi Zero alapokra kifejlesztett szenzorcsomaggal történik, ami különböző konfigurációkban különálló dobozban vagy a drón burkolatán belül kerül elhelyezésre.

A 2. ábrán látható a ránézésre nem konvencionális formájú drón, illetve a külön felszerelhető adatgyűjtő és -továbbító „doboz” egy prototípusának számítógépes generált képe.



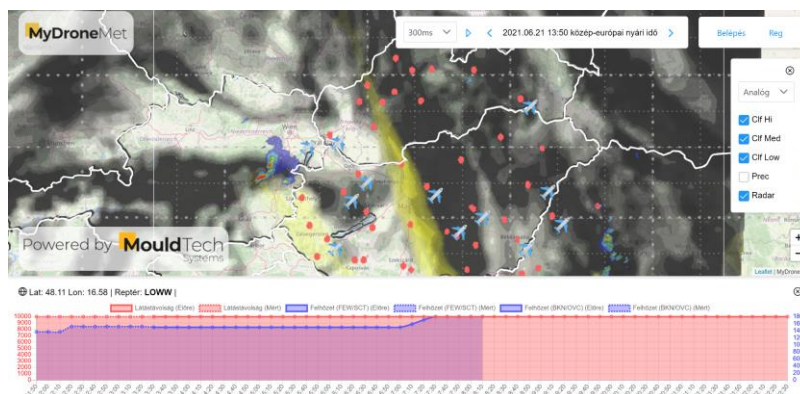
2. ábra. A „Horus” drón és a mérőeszköz számítógépes grafikája (nem valós méretarány)

## 2.3. Meteorológiai előrejelzések

A megbízható, pontos előrejelzések a precíziós meteorológiai támogatás egyik legfontosabb pillérét jelentik. Szerepük a műveletek korai tervezésének fázisától a közvetlen végrehajtást segítő ultra-rövidtávú, ún. nowcasting előrejelzésekkel egészen a tényleges végrehajtás időszakáig terjed. Ezek az előrejelzések két merőben eltérő, de hasonló célt szolgáló platformra épülnek: egyrészt egy korlátos tartományú numerikus modell utófeldolgozott kimeneteként [4], másrészt pedig egy analógiás elven működő modell lokális output-jaként [5] állnak elő 10 perces időbeli felbontással. A numerikus modell domainként változó térbeli felbontással három különböző modell tartományra naponta négyszer készít előrejelzéseket. A modellfuttatásokat repülésmeteorológiai támogatásra optimalizált parametrizációval [4] végezzük, majd az így kapott eredményekből a meteorológiai támogatást segítő további származtatott mennyiségeket állítunk elő különböző utófeldolgozó eljárásokkal.

A pontos előrejelzési eredmények biztosítása azonban csak szükséges, de nem elégséges feltétele a precíziós meteorológiai támogatásnak. A felhasználóknak ugyanis nem az egyes meteorológiai állapotjelzők pillanatnyi és pontbeli értékére van szüksége, hanem egy

térben és időben releváns, a fentiekben már tárgyalt korlátokat figyelembe vevő összegzett eredményre, aminek segítségével a tervezett feladat végrehajtásáról gyorsan és hatékonyan döntést tud hozni. Ezt a fontos feladatot esetünkben a már említett, automatizált utófeldolgozó eljárás végzi a statikus adatbázisok, a felhasználói és az előrejelzési adatok alapján.



2. ábra. A numerikus modell előrejelzési felülete, alul a kiválasztott repülőtérre vonatkozó analógiás látástávolság és felhőalap előrejelzéssel.

### 3. BEFEJEZÉS

A bevezetésben is idézett tanulmányok előrejelzéseit figyelembe véve, a légi teher- vagy személyszállítás fokozott térnyerésével várhatóan egyre több olyan „nem halasztható” drónos művelet fog megjelenni, amelyek biztonságos végrehajtása a megfelelő minőségű támogató tevékenységek nélkül elképzelhetetlen. Ez tovább fogja erősíteni a pilóta nélküli repüléshez kapcsolódó (repülés)biztonsági kockázatok kezelésének fontosságát, ami a mérnöki megoldások mellett a repülés fizikai környezete pillanatnyi és előrejelzett állapotának minél pontosabb, valóságközelibb leírását és a drónpilóták igényeihez igazított döntéstámogató megoldások szolgáltatását igényli.

A tanulmány elkészítését a KTI\_KVIG\_7-1\_2021 azonosító számú, „Speciális drón rendszeren alapuló komplex jármű-meteorológiai támogatás kidolgozása az autonóm közlekedés számára” c. projekt támogatta.

### 4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **THOMSON, R., HADER, M., LIPOWSKY, H.:** *Latest update: The coronavirus pushes the airline and aerospace industry into the era of "new normal"* <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/How-the-Covid-19-crisis-is-expected-to-impact-the-aerospace-industry.html> (Letöltve: 2021.05.21)
- [2] **FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION:** *Aerospace Forecast Fiscal Years 2021–2041, Unmanned Aircraft System* [https://www.faa.gov/data\\_research/aviation/aerospace\\_forecasts/media/Unmanned\\_Aircraft\\_Systems.pdf](https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/Unmanned_Aircraft_Systems.pdf) (Letöltve: 2021.05.21)
- [3] **BAURANOV, A. and RAKAS, J.:** *Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches*, Progress in Aerospace Sciences, 125, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2021.100726>.



- [4] **BOTTYÁN, Z. et al.:** *Measuring and modeling of hazardous weather phenomena to aviation using the Hungarian Unmanned Meteorological Aircraft System (HUMAS)*, *Időjárás*, 119, 307-335, 2015.
- [5] **TUBA, Z., BOTTYÁN, Z.:** *Fuzzy logic-based analogue forecasting and hybrid modelling of horizontal visibility*, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 130, 265-277, 2018., DOI 10.1007/s00703-017-0513-1

## A H145M HELIKOPTER MŰSZERRENDSZERE

### INSTRUMENTATION SYSTEM OF THE H145M HELICOPTER

**BÉKÉSI Bertold<sup>1</sup>, HORVÁTH Gergely<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD., egyetemi docens, bekesi.bertold@uni-nke.hu

<sup>1</sup>Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>2</sup>csoportparancsnok, horvath.gergely@mil.hu

<sup>2</sup>Repülő Műszaki Zászlóalj, MH 86. Szolnok Helikopterbázis

**Kivonat:** Napjainkban a számítógépes technológiák fejlődnek a legnagyobb mértékben, így érdekesnek tartjuk a különböző elektronikus/számítógépes vezérlőrendszerek működésének összhangját a repülőgépek személyzetével, vagy akár egyéb rendszerekkel. Cikkünkben elsődlegesen a Magyar Honvédség részére a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzésre került H145M helikopterek fedélzetén elhelyezett HELIONIX® rendszert mutatjuk be. Ez a központi eleme a helikopter műszerrendszerének, amely a helikoptervezetők és a repülő-műszakiak számára fontos funkciók ellátására képes.

**Kulcsszavak:** H145M, HELIONIX, többfunkciós kijelző, adatátviteli egység, hajtóművezérlő panel

**Abstract:** Nowadays, computer technologies are the most advanced, so it is interesting to see how the various electronic/computer control systems interact with the aircraft crew or even with other systems. In this article, we will present the HELIONIX® system installed on board the H145M helicopters procured for the Hungarian Defence Forces under the Zrínyi 2026 Defence and Military Development Programme. This is the central element of the helicopter's instrumentation system, which is capable of performing important functions for helicopter pilots and flight technicians.

**Keywords:** H145M, HELIONIX, MFD, DTD, ECP

#### 1. BEVEZETÉS

A H145M helikopterek a Magyar Honvédség részére a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében kerültek beszerzésre. A H145M típus a polgári életben széleskörűen elterjedt MBB-Kawasaki BK 117 C1 típus továbbfejlesztett, katonai feladatokra optimalizált változata. Az alaptípus 1979-ben repült először és a 2004-ig tartó gyártása során 440 darabot értékesítettek világszerte. Az alaptípus tovább fejlesztésével jött létre a BK 117 C2 típus, amely nagyobb maximális felszállótömeget és teljesítményt biztosított az üzemeltetők számára. A C2 altípus 1999-ben emelkedett először a levegőbe, és gyártása egészen 2017-ig folytatódott. A német-francia-japán koprodukcióban készülő típusból összesen 830 darabot értékesítettek. Az európai repülésipari és hadiipari cégek fúziójaként ezt a típust már Eurocopter EC 145 néven forgalmazták. A típus kiváló tulajdonságai felkeltették az Egyesült Államok Hadseregének az érdeklődését is, ahol UH-72A Lakota néven került rendszeresítésre, elsősorban hazai kiképzési és logisztikai támogató feladatkörök ellátására; leváltva ezen feladatkörökben az ősrégi UH-1 Iroquis és OH-58 Kiowa típusokat. A Lakoták gyártása ugyanúgy a németországi Donawörth-ben történik, többek között a japánból érkező fődarabok beépítésével is, azonban a típus végszerelése már az Egyesült Államok-beli Mississippi államban felépített EADS North America üzemében valósul meg [5].

A típus fejlesztése azonban nem állt meg, 2010-ben repült először a Fenestron® faroklégsavarral, Ariel 2E digitális vezérlésű hajtóművekkel és a HELIONIX® integrált avionikai rendszerrel ellátott BK 117 D2 típus. A korábbi gyártó az EADS is beolvadt az

Airbus konzorciumba és az új, megnövelt teljesítményű típus H145 néven jelent meg az Airbus Helicopters termékpalettáján. A típus katonai feladatokra optimalizált változatát először Németország rendszeresítette 15 példányban a különleges erők támogatására. Magyarország kormánya 2018. júliusában összesen 20 db H145M helikopter leszállítására, valamint az ahhoz kapcsolódó kiképzési és logisztikai támogató szolgáltatásokra kötött szerződést az Airbus-al, így jelenleg hazánk lett a típus legnagyobb megrendelője. A típus 3 különböző konfigurációban kerül rendszeresítésre és leszállításra: 5 db kutató-mentő felszereltségű (SAR – Search and Rescue); 5 db felfegyverezhető (tűztámogató) (MP – Multipurpose); és 10 darab könnyű szállító (LUH – Light Utility Helicopter) verziójú helikopter. Az első 2 példány 2019. októberében szállt le a szolnoki helikopter bázison, míg az utolsó 2 darab – kiképzési feladatokra Németországban maradt – leszállítása 2021. végén várható [1][5][11][12].

A típus fejlesztése nem állt meg, létezik már az öt forgószárny lapátos elrendezésű BK 117 D3 változat, amely 150 kg-al több hasznos terhet képes szállítani, a maximális felszállótömege a korábbi 3700 kg-ról 3800 kg-ra emelkedett [5].

A BK 117 D3 változat a sikeres tesztrepülések és a gyártás előkészítését követően 2021 második felétől lesz elérhető a polgári megrendelők számára, míg katonai változata csak 2022-től. Fontos megjegyezni, hogy a korábbi BK 117 D2 üzemeltetők a későbbiekben, ha igény van rá, át tudják alakíttatni a nagyobb felszállótömegű D3 verzióra [5].

## 2. A H145M HELIKOPTER MŰSZEREZETTSÉGE

A H145M helikopter műszerezettségét tekintve rendkívül korszerűnek tekinthető. A típus polgári alapváltozatához, a BK117 D2 hasonlóan a műszerezettség központi eleme, az úgynevezett integrált moduláris avionikai rendszer (IMA<sup>1</sup>) vagy más néven a HELIONIX® rendszer. Általában ez az elnevezés az elterjedtebb a különböző szakirodalmakban, beleértve az Airbus Helicopters egyéb típusait is (H120, H135, H160 stb.) A HELIONIX® egy nagy rugalmasságú rendszer, amely több platformon (helikopter típuson) lát el több funkciót és alkalmazást [4].

A rendszer alapvetően a repülés vezérlését és irányítását; a navigációs feladatokat; a légijárműnek, hajtóművének (hajtóműveinek) a menedzsmentjét; és a repülési feladatok, műveletek menedzsmentjét, mint fő képességeket látja el [4].

A H145M helikopter műszerfalába (1. ábra) az alábbi egységek kerültek beépítésre [4]:

- *Figyelmeztető egység*<sup>2</sup>, amely központilag figyeli a főbb rendszereket és vizuális figyelmeztetést ad (tablófényt) azok meghibásodásáról;
- *Többfunkciós kijelző(k)* (MFD<sup>3</sup>), amely a HELIONIX® része. Összesen 3 db LCD technológiájú kijelző, amely saját integrált jelfeldolgozó rendszerrel rendelkezik és jeleket, jelzéseket kap a navigációs rendszerekről, valamint a fő számítógépekről (AMC – Aircraft Management Computer), amely feldolgozza és kijelzi azok információit különböző formátumokban.
- *Integrált elektronikus tartalék műszer* (IESI<sup>4</sup>), ez egy különálló műszer, amely érzékeli és feldolgozza a saját integrált szenzorainak a jelzéseit, úgy, mint a helikopter inerciális (térbeli helyzet) és légijel adatait. Ez a legfőbb tartalék műszer arra az esetre, ha a fő műszerrendszer meghibásodna; valamint tartalék adóként szolgál a HELIONIX® és a

---

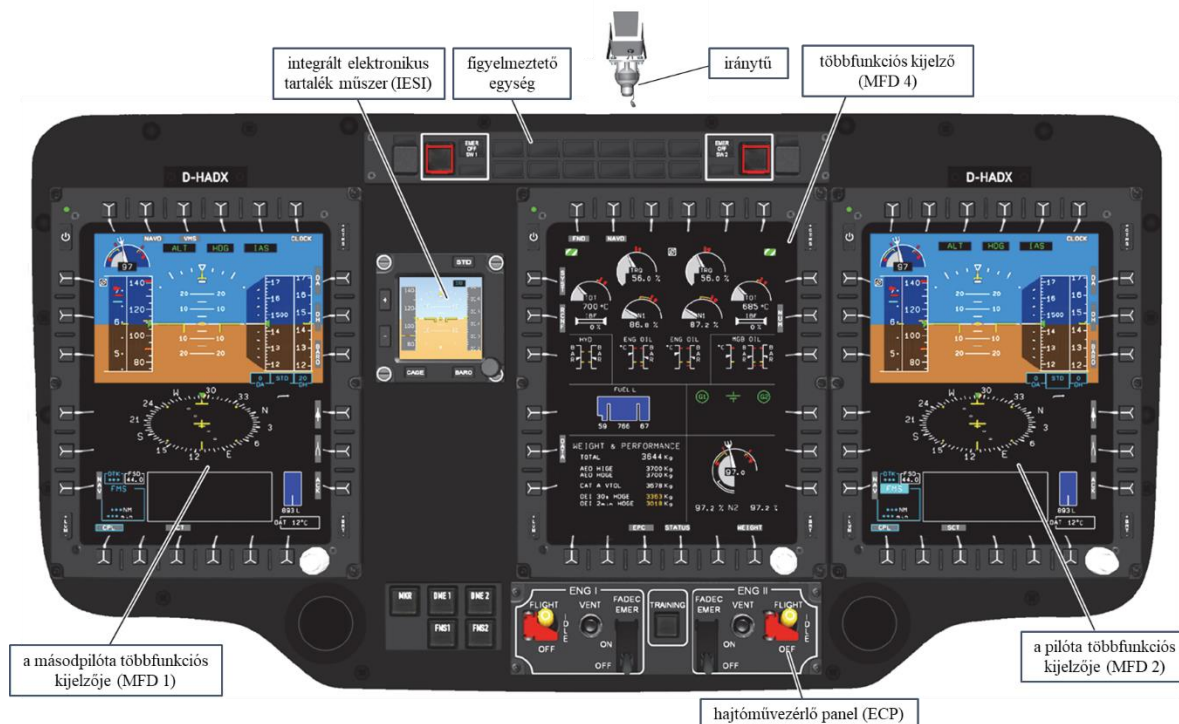
<sup>1</sup> Integrated Modular Avionics

<sup>2</sup> Warning Unit

<sup>3</sup> Multi-Function Display

<sup>4</sup> Integrated Electronic Standby Instrument

tartalék stabilitásnövelő rendszer (SAS<sup>5</sup>) számára is.



1. ábra. A H145M helikopter műszerfala. [4] Szerkesztette: Békési Bertold

- *hajtóművezérlő panel (ECP<sup>6</sup>)*, a hajtóművek erről a panelről vezérelhetők, úgy mint az indítás, hideg átfűtás, valamint a digitális hajtóművezérlő rendszer tartalék és gyakorló funkcióinak is a vezérlésére szolgál.
- *tartalék mágneses iránytű<sup>7</sup>*, amely a kabinkeret középső tartójára van felépítve a műszerfal felett.

A HELIONIX® rendszer alapvetően az alábbi fő blokkokból épül fel a H145M helikopteren [4]:

- 3 db többfunkciós kijelző (MFD);
- 2 db duplex számítógép (AMC).

Az MFD-k kölcsönösen felcserélhetőek és integrált funkció nyomó- és forgatógombok találhatóak rajtuk. Az MFD-k a hajószemélyzet számára az információkat az alábbi formátumokban képesek megjeleníteni:

- repülési és navigációs adatok megjelenítése (Flight and Navigation Display – FND);
- navigációs, időjárás radar (opcionális) és digitális térkép információk (Navigation Display – NAVD);
- a légijármű rendszereinek információi (Vehicle Management System – VMS);
- digitális térkép adatbázis (Digital Map Display – DMAP), ez opcionális lehetőség, a megrendelő igényei szerint;
- vegyes információk oldala (Miscellaneous Display – MISC);
- elektronikus pilótátáska (Electronic Flight Bag – EFB); ez opcionális lehetőség, a különböző a helikopter hajózó szempontból fontos leírásai jeleníthetők meg;
- szintetikus látás rendszer (Synthetic Vision System – SVS); opcionális lehetőség; a Föld

<sup>5</sup> Stability Augmentation System

<sup>6</sup> Engine Control Panel

<sup>7</sup> Magnetic Standby Compass

felszínének 3 dimenziós mesterséges ábrázolása;

- a légi összeütközést megakadályozó rendszer információi (Airborne Collision Avoidance System – ACAS);
- a földfelszínnel történő ütközés veszélyére figyelmeztető rendszer (Helicopter Terrain Awareness and Warning System – HTAWS).

Fontos megjegyezni, hogy a gépparancsnok – pilóta oldalán csak az FND formátum jeleníthető meg, míg a másodpilóta oldalán a többfunkciós panelen választható ki az MFD alapértelmezett kijelzése. Kétpilótás üzemben műszer szerinti repülési szabályok (IFR – Instrument Flight Rules) esetén mindkét pilóta előtt az FND képernyőnek kell lennie az alapértelmezettnek, míg a középső kijelző jelzése a funkciógombok segítségével szabadon választható [4].

A 2 db duplex számítógép (AMC), a padló alatti berendezés térben vannak beépítve, amelyek mindegyike 2 db fizikálisan is elválasztott jelfeldolgozó egységből és egy figyelmeztető hangjelzés generátorból áll. Az AMC-k feladata az adóktól, szenzoroktól érkező analóg és digitális jelek feldolgozása, eljuttatása a kijelzőkhöz, tárolásuk; valamint az önellenőrzések lefuttatása. A rendszer architektúrája szoftver alapú, amely lehetővé teszi ezen számítógépek alkalmazását más helikopter típusokon, más hajtóműtípusokkal is párosítva.

A fentebb említett blokkokon túl az alábbi egységek is közreműködnek az IMA működésében (2. ábra), alapvető funkcióinak az ellátásában:

- **az adatátviteli egység (DTD<sup>8</sup>):** A DTD a középkonzol hátsó részbe került beépítésre, és egyfajta input-output felületként szolgál az AMC-k, az MFD-k és a földi kiértékelő számítógépek között Ethernet kapcsolat révén. Lehetővé teszi az adatok átvitelét, szoftverek feltöltését és repülési adatok letöltését.

- **többfunkciós vezérlő panel (MCP<sup>9</sup>):** Az MCP a középkonzol elülső részébe került beépítésre és 3 fő részre osztható: a baloldali felső része a HELIONIX®-hoz tartozik, míg az elforgatható kapcsoló segítségével a másodpilóta MFD1-esének a kijelzése változtatható. Az MCP-n található nyomógomb segítségével egy repülés közbeni esemény is megjelölhető az adatrögzítőn. Az MCP jobb oldala az irányszögrendszer vezérlésére használható.

- **Integrált elektronikus tartalék műszer (IESD);**

- **3 db helyzetérzékelő rendszer (AHRS<sup>10</sup>).** Az AHRS-ek üvegszálak technológiát tartalmazó lézergiroszkópos egységek, mérik a helikopter térbeli helyzetét, fordulási és gyorsulási értékeit és továbbítják ezen paramétereket az AMC-k irányába. Az AMC-k a kabin alatti avionikai rekeszekbe vannak beépítve.

- **2 db levegőjelek számítógépe (ADC<sup>11</sup>).** Az ADC-k a barometrikus adatokat mérik és közvetlenül digitális jelformátumban az AMC-k-be továbbítják azokat. Az ADC1 a bal oldalon, míg az ADC2 a jobb oldalon került beépítésre a kabin alatti avionikai berendezés térben.

- **2 db mágneses helyzetadó<sup>12</sup>.** A Föld mágneses terének irányát, azaz a „mágneses északot” érzékelik. Ezen adatok, további számítások céljából az AHRS egységekbe kerülnek továbbításra, ahol az egyéb szenzorok jelzései alapján kerül kidolgozásra a helikopter repülési iránya. A két mágneses helyzetadó a faroktartó középső részén került beépítésre.

- **A memória modul<sup>13</sup>.** A memória modulban kerültek letárolásra a helikopter alapvető azonosító információi és a padló alatti avionika tér jobb oldalára van felépítve, és az AMC2-

---

<sup>8</sup> Data Transfer Device

<sup>9</sup> Multi Control Panel

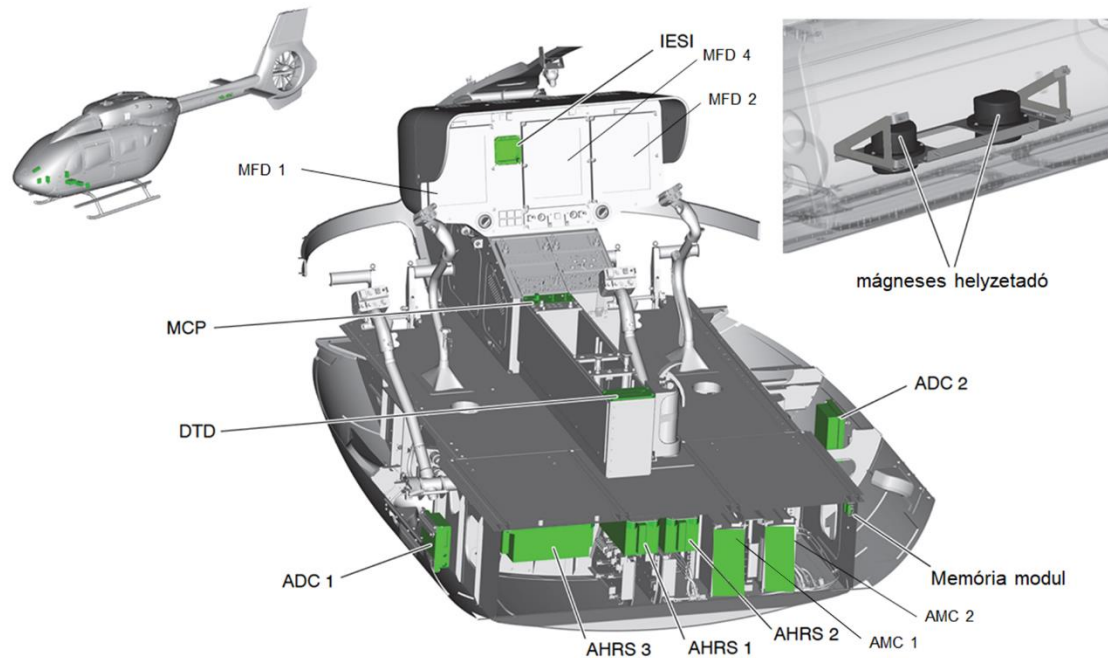
<sup>10</sup> Attitude and Heading Reference System: A helikopter térbeli helyzetét és repülési irányát feldolgozó rendszer

<sup>11</sup> Air Data Computer

<sup>12</sup> Magnetometer

<sup>13</sup> Memory Module

vel áll összeköttetésben.



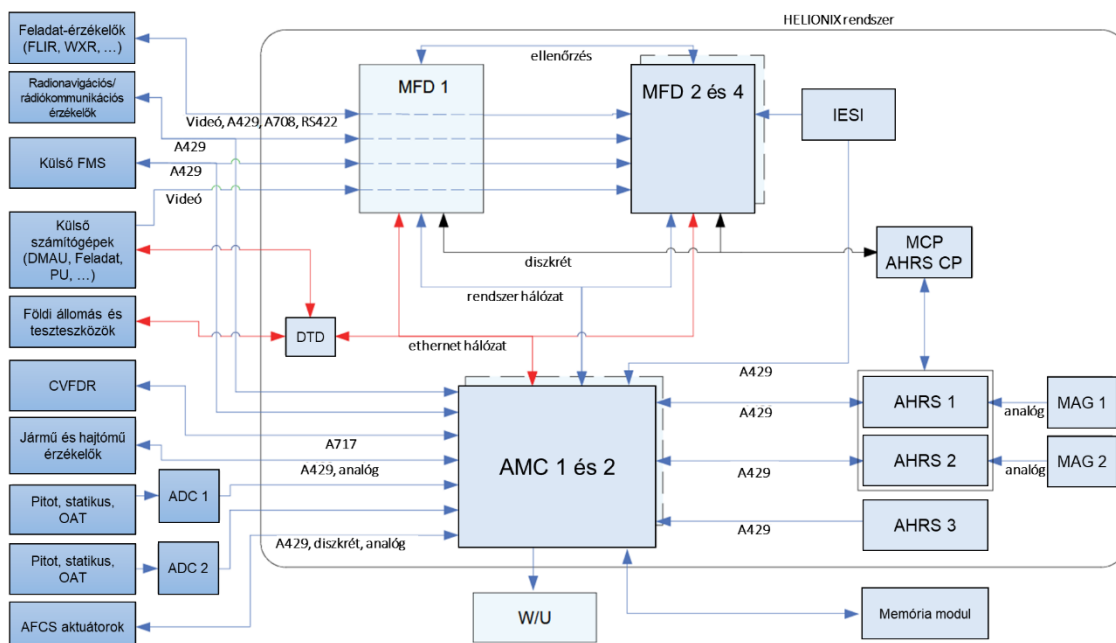
2. ábra. A HELIONIX® rendszer főbb részei a helikopteren [4]  
Szerkesztette: Békési Bertold

Ami a HELIONIX® rendszer (3. ábra) által feldolgozott és továbbított jeleket illeti, az alábbi jelformátumok és protokollok használatosak az egyes rendszerek, blokkok, berendezések közötti kommunikációra a H145M helikopteren [4]:

- Analóg jelek, amelyek repülőeszközön használatosak általában egyen- vagy váltóáramúak. Az olyan érzékelőknek, mint például az olajnyomásadó egyenáramú jelzése van, míg a fordulatszámadóknak vagy helyzetadóknak váltóáramú kimenete van.
- Diszkrét jelek, azon jelek, amelyeknek meghatározott értékük van, például 5V jelenti a bekapcsolt állapotot, míg az alatt a kikapcsolt állapotot. A feszültséghatárok az adott berendezéstől vagy rendszertől függenek.
- RS-422 egy műszaki szabvány, amely meghatározza a digitális jelátviteli áramkör elektromos jellemzőit. Ez a differenciális jel akár 10 millió bit/másodperc sebességű adatátvitelre is képes, a tipikus átviteli sebesség 2,5 MB/s. Ez egy egyirányú soros busz, és 1 adóval és legfeljebb 10 vevővel rendelkezik.
- Ethernet egy olyan protokoll, amelyet helyi hálózatokhoz (LAN) fejlesztettek ki. Az elmúlt 30 év során módosították és fejlesztették. Az adatátviteli sebesség jellemzően 10-100 Mbps. Az adatfolyamot rövidebb darabokra, úgynevezett keretekre osztják, amelyek tartalmazzák a forrás- és célcímeket, beleértve a hibellenőrzést is. Minden átvitt információt minden célállomás fogad, de figyelmen kívül hagyja, ha csak a vevő címe nem érvényes. Az új 10BASE-T szabvány lehetővé teszi a teljes duplex szabványt, és a kommunikációs ütközések kiküszöbölésére kapcsolókat használ [4].
- ARINC 429 egy egyirányú soros busz, amely 1 adóval és legfeljebb 20 vevővel rendelkezik. Az átviteli sebesség 12,5 kbit vagy 100 kbit másodpercenként. A 32 bites

szót különböző adatmezőkre osztják, amelyeket LABEL, SDI (Source Destination Identifier) adatmezőnek, SSM (Sign Status Matrix), Parity Bitnek neveznek [4][6][7][10].

- ARINC 708 ez a protokoll a légi időjárás radarrendszerekre jellemző, és a MIL-STD-1553 technológián alapul. A busz 2 vezetékot használ, szimplex, manchesteri kódolású és 1 megabites adatátviteli sebességgel működik. Az 1600 bit hosszúságú adatszavak egy 64 bites állapotszóából és 512 3 bites adatszóból állnak [4][8][10].
- ARINC 717 az FAA és az ICAO által előírt szabványos formátum a digitális repülési adatgyűjtő egység (DFDAU<sup>14</sup>) és a digitális repülési adatrögzítő (DFDR<sup>15</sup>) közötti kommunikációra [4][9][10].



2. ábra. A Helionix rendszer felépítése [4] Szerkesztette: Békési Bertold

## BEFEJEZÉS

A H145M helikopter műszerezettsége korszerű, a kor színvonalán áll. A HELIONIX® integrált avionikai rendszer számos hasznos funkciót ellát a helikopter működésében. Fedélzeti adatrögzítő rendszere nagyban hozzájárul a helikopter működési paramétereinek folyamatos ellenőrzéséhez, és kiértékeléséhez. Amely megkönnyíti a típust üzemeltető repülőhajózó és műszaki állomány munkáját. Baleseti adatrögzítője pedig biztosítja az esetleges repülési események hatékony, objektív rekonstrukcióját, megőrizve a nagymennyiségű tárolt adatot és paramétert, akár extrém környezeti viszonyok között is.

## 2. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [3] **RÉZ, L.:** *A helikopterképesség fejlesztésének aktuális kérdései.* Repüléstudományi Közlemények, 31. évfolyam 3. szám 2019. 77-88.

<sup>14</sup> Digital Flight Data Acquisition Unit

<sup>15</sup> Digital Flight Data Recorder

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA

- [4] Bk 117 D-2 Training Manual CAT B2 Helionix®, 2019. 02, Forrás: Airbus Helicopters Training Academy
- [5] Eurocopter EC145 url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocopter\\_EC145](https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocopter_EC145) (Letöltés dátuma: 2021.04.05.)
- [6] **MOIR, I., SEABRIDGE, A., JUKES, M.:** *Civil Avionics Systems*. John Wiley & Sons, Ltd. 2013, pp. 88-91 (ISBN 978-1-118-53673-5)
- [7] **MOIR, I., SEABRIDGE, A.:** *Military Avionics Systems*. Seabridge 2006 John Wiley & Sons, Ltd. 2006, pp. 62-64 (ISBN 0-470-01632-9)
- [8] DNA/DNR-ARINC-708/453 Communications Interface with 2TX and 2RX Channels. User manual, United Electronic Industries, Inc. January 2011 Edition. <https://www.ueidaq.com/uploads/dnx-708-453-manual.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.06.21.)
- [9] ARINC 717. url: <https://www.mil-1553.com/arinc-717> (Letöltés dátuma: 2021.06.21.)
- [10] Learn more about Common Databus Protocols. url: <https://www.astronics.com/avionics-databus-tutorials> (Letöltés dátuma: 2021.06.21.)
- [11] **LEVENTE, B.:** *Airbus H145M Helikopterek átadása Szolnokon*. url: [https://combatant.blog.hu/2019/12/13/airbus\\_h145m\\_helikopterek\\_atadasa\\_szolnokon](https://combatant.blog.hu/2019/12/13/airbus_h145m_helikopterek_atadasa_szolnokon) (Letöltés dátuma: 2021.04.05.)
- [12] **DOMÁN, L.:** Az Airbus H145M helikopter és a túlélőképesség. Repüléstudományi Közlemények 2019/1. pp. 85-102. DOI: 10.32560/rk.2019.1.8



VTOL (VERTICAL TAKE OFF AND LANDING) UAS (UNMANNED  
AIRCRAFT SYSTEM) ALAPÚ METEOROLÓGIAI ELŐREJELZŐ  
RENDSZER FEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI ÉS KOCKÁZATAI A  
REPÜLŐTEREKEN

OPPORTUNITIES AND RISKS OF DEVELOPING A VTOL UAS-BASED  
METEOROLOGICAL FORECASTING SYSTEM AT AIRPORTS

**PALIK Mátyás<sup>1</sup>, VAS Tímea<sup>2</sup>, DUDÁS Zoltán<sup>3</sup>, GAJDOS Máté<sup>4</sup>, SIMON  
Sándor<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>PhD., egyetemi docens, palik.matyas@uni-nke.hu

<sup>1</sup>Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>2</sup>PhD., adjunktus, vas.timea@uni-nke.hu

<sup>2</sup>Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>3</sup>PhD., adjunktus, dudas.zoltan@uni-nke.hu

<sup>3</sup>Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>4</sup>PhD., tanársegéd, gajdos.mate@uni-nke.hu

<sup>4</sup>Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>5</sup>osztályvezető, simon.sandor@hm.gov.hu

<sup>5</sup>Légialkalmassági Felügyeleti Osztály, Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály

**Kivonat:** A Közlekedés Tudományi Intézet Nonprofit Kft. (KTI) tavaly év decemberében pályázatot hirdetett kutatás fejlesztési projektek támogatására. A pályázat az innovatív mobilitás témakörében ösztönözi az egyetemi és ipari szektor együttműködését, olyan projektek megvalósításában, melyek a hazai közlekedési ágazat fejlesztéséhez előremutató ötletekkel és innovatív fejlesztési kezdeményezésekkel hozzájárulhatnak. A pályázat nyertesei között konzorciumi együttműködésben a Mouldh Tech Kft, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) kap támogatást. Az NKE-vel való kutatási együttműködés a VTOL UAS meteorológiai célú, automatizált rendszer létrehozásának feltételeit vizsgálja. Ennek a feltételrendszernek egyik eleme a megvalósítás jogszabályi és technikai hátterét [1], a másik pedig a kiberbiztonsági aspektusait [2] vizsgálja, ami az automatizált közlekedés egyik alapfeltétele. Jelen publikációban a jogi megvalósítással összefüggő kutatási elképzelések kerülnek bemutatásra.

**KULCSSZAVAK:** VTOL, METEOROLÓGIA, REPÜLŐTÉR, KOCKÁZATOK

**Abstract:** THE INSTITUTE OF TRANSPORT SCIENCE NON-PROFIT LTD. (ITS) ANNOUNCED A TENDER TO SUPPORT A RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECT LAST DECEMBER. THE TENDER ENCOURAGES COOPERATION BETWEEN THE UNIVERSITY AND INDUSTRY SECTORS IN THE FIELD OF INNOVATIVE MOBILITY, IN THE IMPLEMENTATION OF THOSE PROJECTS THAT CAN CONTRIBUTE TO THE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL TRANSPORT SECTOR WITH PROGRESSIVE IDEAS AND INNOVATIVE DEVELOPMENT INITIATIVES. AMONG THE WINNERS OF THE TENDER, MOULDH TECH LTD., THE BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS AND THE UNIVERSITY OF PUBLIC SERVICE (UPS) WILL GAIN SUPPORT IN CONSORTIUM COOPERATION. WITHIN THIS RESEARCH THE UPS STUDIES WHAT CONDITIONS MAKE POSSIBLE THE ESTABLISHMENT OF A VTOL UAS AUTOMATED SYSTEM FOR METEOROLOGICAL PURPOSES AT AIRPORTS. ONE ELEMENT OF THIS SYSTEM IS THE EXAMINATION OF LEGAL CONDITIONS ARE NECESSARY FOR IMPLEMENTATION [1], AND THE OTHER RESEARCH GROUP EXAMINES THE CYBER SECURITY ASPECTS [2], WHICH IS ONE OF THE BASIC CONDITIONS OF AUTOMATED TRANSPORT. IN THIS PUBLICATION, RESEARCH IDEAS RELATED TO LEGAL IMPLEMENTATION ARE PRESENTED.

**KEYWORDS:** VTOL, METEOROLOGY, AIRPORT, RISKS

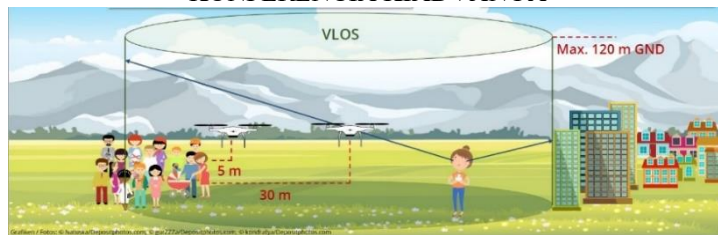
## BEVEZETÉS

A repülések biztonságos végrehajtásának egyik alapvető eleme a megbízható rövid- és középtávú meteorológiai előrejelzések rendelkezésre állása. Magyarországon, mint ahogy a világ más országaiban is, az előrejelzések elkészítéséhez szükséges meteorológiai adatokat, információkat több forrásból szerzik be a szakemberek. Ilyenek a felszínbázisú rendszerek, mint a meteorológia állomások és repülőterek mérő műszerei, a meteorológia műholdak melyek a nagyterésű időjárási változások megfigyelésére szolgálnak a mikrohullámú tartományban működő időjárási radarok, a villámlokalizációs rendszerek, és a vertikális tartomány szondázását naponta két alkalommal két helyszínről biztosító ballonos mérések. Ezek a források 5-7 napos periódusra biztosítják az előrejelzések hatékonyságát, beválását és a nagytávolságú és nagymagasságú útvonal előrejelzések elkészítését is. Hazánkban emellett 3 katonai és 8 polgári repülőtéren, 3-9 órás és félórás időtartamra készítenek a repülőtérei meteorológiai szolgálatok előrejelzéseket [3].

A földfelszíntől 3000 m magasságig terjedő tartományban az időjárási körülményeket nagymértékben alakítja a felszíni domborzat, a beépített területek nagysága, a talajfelszín milyensége és kisugárzási együtthatója, a légkör szennyezettsége és számos más tényező. A pontosnak mondható időjárási változásokról szóló előrejelzések jelenleg 11 repülőtéren és annak körzetében állnak rendelkezésre, ahol a már felsorolt adatbázisokból elérhető adatokat és a helyi mérőberendezéseket használják a szakemberek. Azonban az említett magassági tartományt használják a kispépes, sport és hobbi célú repülések, az állami célú repülések és az egyre elterjedtebb drónos repülések is, ezért célszerűnek látszik további repülőterek bevonása ebbe a rendszerbe, olyan módon, hogy ott települő meteorológiai szolgálat nélkül, és nem csak a felszínközeli, hanem a vertikális 1000–2000 m-es tartományról is rendszeresen mért adatokkal rendelkezzenek. Erre a célra a VTOL UAS eszközökön elhelyezett szenzorok lehetnek a leghatékonyabbak és leggazdaságosabbak. Az időjárási veszélyforrások felderítésének ilyen módja azonban maga is veszélyforrássá válhat, olyan kockázatot teremtve, amelyet a hagyományos és pilóta nélküli légi járművek egyazon légtérben történő alkalmazása általában magában hordoz [4]. Egyetemünk kutatócsoportja együttműködésben a VTOL meteorológia rendszert fejlesztő céggel, arra vállalkozott, hogy megvizsgálja és javaslatokat fogalmazzon meg a repülőtérei operatív működés megvalósítására, jogszabályi lehetőségeire, repülésbiztonsági kockázataira, a VTOL eszköz tanúsítására.

## 1. A MEGVALÓSÍTÁS JOGSZABÁLYI HÁTTERE

Magyarországon ettől az évtől kezdve az Európai Unió vonatkozó rendeleteinek köszönhetően, a pilóta nélküli légi járművekkel való repülés feltételei könnyebbé és kevésbé bürokratikusá váltak. Azonban ez a könnyebbség is számos korlátozást hordoz magában, ami a légtérben való közös pilótás és pilóta nélküli üzemelés biztonságos végrehajtásának biztosítója. Az uniós [5], [6] és hazai [7] szabályozásban leírt korlátozások, a pilóta nélküli légi jármű tömegét, repülési magasságát, repülési idejét, helyszínét és a vezetőjétől való eltávolodás mértékét foglalják magukba (1. ábra). A jogalkotó célja ezzel a szabállyal az volt, hogy első lépésként az úgynevezett „nyílt” kockázati kategóriában történő repülést tegye lehetővé a pilóta nélküli légi járművek üzemeltetőinek. Ez magában foglalja, a 25 kg maximális felszálló tömeg alatti, maximum 30 perc időtartamban és a vizuális látótávolságon belül (Visual Line of Sight, VLOS), embercsoportok és települések elkerülésével folyó repüléseket, ezzel ösztönözve a jogkövető magatartást, emellett pedig a földi- és légi kockázatok csökkentését is.



1. ábra. Nyílt kockázati kategória korlátai<sup>16</sup>

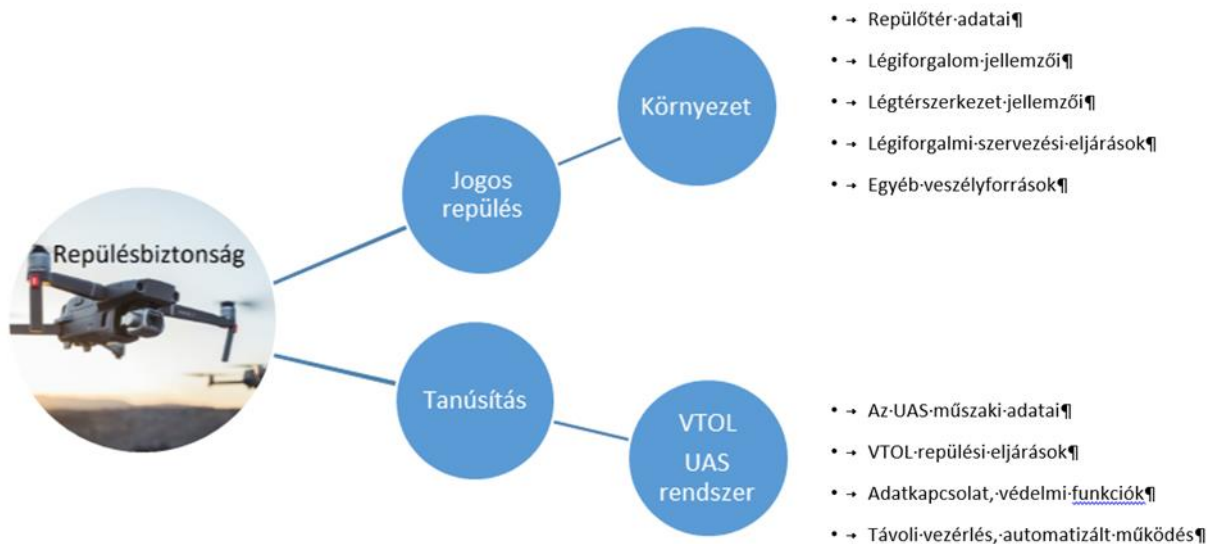
Kutatócsoportunk egyik megoldásra váró feladata, egy kiterjesztett 1000-2000 m-es repülési magasságban alkalmazható, akár vizuális látótávolságon kívüli (Beyond Visual Line of Sight, BVLOS) üzemelő, nappali és éjszakai körülmények között, akár szélsőséges időjárási viszonyok, és korlátozott látótávolság melletti üzemelést biztosító koncepciót dolgozzon ki. Ennek érdekében, teljeskörű környezeti vizsgálatot folytatunk az érintett repülőtereken, ahová előreláthatólag az UAS rendszerek telepítésre kerülnek. A környezeti vizsgálat magában foglalja a repülőter üzemeltetőjével folytatott konzultációt, annak érdekében, hogy megismerjük a telepítéshez szükséges engedélyeztetési eljárásban érintett feleket, valamint a repülőter dokumentumait, rendelkezésre álló vázlatait, térképeit, amennyiben ezek nyilvános adatbázisokból nem elérhetők. Elsőként a jelenleg érvényben lévő hazai jogszabályi környezetet szükséges vizsgálnunk, hogy az milyen módon biztosítja a rendszer operatív működéséhez szükséges feltételeket. Ezután az Európai unió legfrissebb, áprilisban kiadott rendeleteit [8], [9] vesszük górcső alá, melyek már elővetítik az UAS repülések légtérintegrációjának kereteit biztosító pilóta nélküli légi járművek forgalmi szolgáltatási rendszerének (Unmanned Traffic Management, UTM) alapkövetelményeit, valamint azokat a távoli azonosításra alkalmas rendszereket, melyek a BVLOS repülések nyomon követéséhez szükségesek. Mivel ez a fajta kísérleti repülés, profilját és célját tekintve a ballonos mérést szolgáló repülésekhez hasonló elven működik, ezért meg kell határoznunk az azonosságok és a különbségek teljes skáláját, különös tekintettel a kockázati tényezőkre és javaslataink között egy ballonos repülések bejelentéséhez hasonló megoldás lehetőségét kell felvázolnunk. A környezeti vizsgálatához szükséges adatgyűjtés kitéjed a repülőterek üzemelési rendjére, légtér szerkezetére, szomszédos légtérekre, a légiforgalmi szolgáltatás sajátosságaira, a közelben lévő lakott vagy gyéren lakott területek távolságára, arra vagy, hogy van-e környezetükben nemzeti park vagy természetvédelmi terület, kritikus infrastruktúra, egyéb a vizsgálatunk szempontjából érdekes tény. Nemzetközi források tekintetében a pilóta nélküli rendszerek szabályozásával foglalkozó közös hatóság (Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems, JARUS) ajánlásait, valamint a Szövetségi Légügyi Hatóság (Federal Aviation Authority, FAA), az Európai Unió és az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (European Aviation Safety Agency, EASA) dokumentumait kell figyelembe vennünk, de hasznos információkat találunk majd az UAS témájú webes közösségi felületeken is, melyek rendszeres online előadások útján szólnak meg az egyes tématerületek szakértőit, kutatóit [10], [11].

## 2. REPÜLÉSBIZTONSÁGI ASPEKTUSOK

A pilóta nélküli légi járművek üzemeltetésének kockázatait két területen kell behatárolnunk, egyrészt a légi, másrészt pedig a földi kockázatok megállapításával. Mivel jelen esetben a drónok repülőterén történő telepítésről van szó, az eszközök az üzemeltetés során innen indulnak, és ide érkeznek vissza, a földi kockázatok és veszélyforrások a

<sup>16</sup> UAS-99-ALW-Shortcut-20-4-pdf

repülőtér munkaterületén és közvetlen környezetében jelentkeznek. Itt alapvetően meghibásodási [12], lezuhanási kockázattal, illetőleg a lezuhanás következtében okozott káros következményekkel kell számolnunk. A légi kockázatok közé tartozik a hagyományos pilótás léggépjárművek veszélyes megközelítése, és az esetleges összeütközés. Ebben az esetben is a veszélyforrásokat kell elsősorban beazonosítani. Ezekhez valószínűségi és súlyossági értéket rendelve a kockázat mértéke megállapítható. Mivel teljes biztonság nem érhető el, ezért a kockázatokat az ésszerűen lehetséges legalacsonyabb szintre szükséges csökkenteni ahhoz, hogy az operatív működés biztosítható legyen. A kockázat technikai, humán és szabályozási eszközökkel mérsékelhető [13]. Ezek közül szabályozási oldalról a légiforgalomszervezési eljárások, technikai oldalról pedig a VTOL-drón láthatóságának, felderíthetőségének növelése, valamint biztonsági és védelmi funkciókkal való ellátása érdemel említést [14]. A repülésbiztonsági kockázatok sokfélesége miatt a veszélyforrások vizsgálatához ezért mind a három részkutatási terület (jogszabály, tanúsítási és kiber) szakembereinek célszerű együttműködni. (2. ábra)



2. ábra. Kutatói együttműködés vázlata<sup>17</sup>

### 3. TANÚSÍTÁSI KÉRDÉSEK

Az EASA az UAS új szabályozási keretrendszerét az arányos kockázatalapú megközelítéssel definiálja, melynek három alappillére a „nyílt”, „speciális” és „tanúsított” kategóriákba való besoroláson alapul [5]. A tanúsítási koncepció során, ennek a kockázatalapú megközelítési elvnek megfelelően kell eljárni, amihez szükség van a fejlesztés alatt álló VTOL drón műszaki alap adatait (pl. maximális felszállótömeg, MTOM<sup>18</sup>) tartalmazó leírására, illetve az üzemeltetési koncepcióra annak érdekében, hogy az engedélyeztetési eljárás az illetékes hatóság lefolytatható legyen. Esetünkben két kiinduló adat már körvonalazza, hogy hova lesz sorolható a prototípus. Az egyik a 25 kg alatti MTOM és a standard forgatókönyv (Standard Scenario, STS), ami alapján az üzemeltetés történik. Az előbbi két állítás feltételezi azt, hogy a speciális kategória alá kerülhet besorolásra. Ennek megfelelően el kell végezni az operatív kockázatok értékelését [5], amely alapján a drón művelet földi- és légi kockázata beazonosítható, majd a beazonosított műveleti kockázatokra a hatóság számára elfogadható kockázatcsökkentő intézkedéseket kell megfogalmazni. A

<sup>17</sup> Szerkesztette a szerző

<sup>18</sup> Maximum Take Off Mass

felmerülő kockázatok csökkenthetők, mivel a távoli pilótának van engedélye, nem autonóm repülésről van szó (ugyan automatizált, de van lehetőség beavatkozásra), és a szervezet rendelkezik üzembentartói tanúsítvánnyal. A tanúsítási koncepció felépítésekor figyelembe kell venni, hogy maga a hordozó eszköz is egy új prototípus, és az alkalmazási kör is speciális, azonban a JARUS által meghatározott STS-ek sorába besorolható [15]. Ami azt jelenti, hogy az adott tevékenységhez tartozó biztonsági célkitűzések (Operational Safety Objectives, OSO) behatárolhatók és ennek alapján a tevékenység is besorolható a megbízhatósági fokát tekintve vagy az alacsony (low), vagy a közepes (medium) vagy a magas (high) kategóriába. A megbízhatósági fokot az integritási szint és a bizonyossági fok együttes tartalma adja. Az integritási szint nem más, mint a biztonsági célkitűzése az adott műveletnek. A bizonyossági fok, pedig annak bizonyítéka, hogy a művelet során felmerülő kockázatok milyen mértékben csökkenthetők [16]. Mivel a speciális kategóriába tartozó UAS műveletek kockázatértékelése során figyelembe kell venni az UAS tervezési és teljesítmény jellemzőit [5], különös tekintettel az UAS-ra elismert szabványoknak való megfelelést, ezért a koncepció magába foglalja majd azokat a lépéseket, melyek megvizsgálják és összesítik a felépítés, a meghajtás, az aerodinamikai tényezők, a hasznos teher elhelyezése, a tömegközéppont, a kinetikai energia, az észlelő és elkerülő- (Detect and Avoid, DAA), illetve a vészhelyzeti rendszerek (Emergency, EM) valamelyikével való felszereltséget, valamint az UAS üzembiztos működésére vonatkozó vizsgálatokat. További besorolási szempont még a CE jelöléssel és osztályazonosító címkével való ellátás [6], amelyre a vizsgálat ezen fázisában szintén érdemes javaslatot tenni, de igazán akkor válik esedékessé, ha az automatizált meteorológiai UAS rendszer gyártása és forgalmazása az EU-n belül megkezdődik.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A pályázat első ütemében az NKE kutató csoportjainak feladata egy összefoglaló előzetes megvalósíthatósági tanulmány elkészítése. A tanulmány ütemezve és részletesen körül járva felépíti azt a koncepciót, amely az EASA iránymutatása és az érvényes és hatályos EU rendeletek alapján, de a rendelkezésre álló hazai jogszabályi kereteknek megfelelően az operatív működésre javaslatokat fogalmaz meg. A pályázat második üteme a megvalósítás szakasza lesz, melynek jelenleg az indulási időszaka nem tisztázott.

*A tanulmányt a KTI\_KVIG\_7-1\_2021 azonosító számú, „Speciális drón rendszeren alapuló komplex jármű-meteorológiai támogatás kidolgozása az autonóm közlekedés számára” c. projekt támogatja.*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **FEKETE, Cs. Z., GAJDOS, M., BOTTYÁN, Zs., PALIK, M.:** *Establishment and legal preparation of a Hungarian UAS meteorological research project at a military airport* In: The 15th International Conference on Intelligent Unmanned Systems Peking, Kína: Pekingsi Tudományos és Technológiai Egyetem (2019) 96 p. pp. 45-45., 1 p.
- [2] **KRASZNAV, Cs.:** *Kiberbiztonsági K+F+I Európában,* In: Török, Bernát (szerk.) Információ- és kiberbiztonság, Budapest, Magyarország: Ludovika Egyetemi Kiadó (2020) 516 p. pp. 83-97. Paper: 2, 14 p.
- [3] **BOTTYÁN, Zs.:** *A közfeladatot ellátó repülések meteorológiai biztosításának kérdései.* – A közszolgálati célú repülések meteorológiai támogatásáról I. Léggörünk struktúrája, alapfolyamatai repülésmeteorológiai megközelítésben. In: Szilvássy, László (szerk.):

Repüléstudományi Szemelvények: Szolnok, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet (2017) 152 p. pp. 7-26., 20 p.

- [4] **PALIK, M., VAS, T.:** *Biztonságirányítási rendszer alapelvei az UAS üzemeltetésben*, In: Békési, Bertold; Szilvássy, László (szerk.) Repüléstudományi Szemelvények Szolnok, Magyarország: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet (2016) 232 p. pp. 113-124., 12 p.
- [5] EU 2019/947 VHR (2019.05.24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról
- [6] EU 2019/945 FR (2019.03.12.) a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek harmadik országbeli üzemeltetéséről
- [7] 39/2021. (II. 2.) Korm. rendelet egyes légiközlekedési tárgyú kormányrendeletek módosításáról
- [8] Commission Implementing Regulation (EU) of 22.4.2021 on a regulatory framework for the U-space
- [9] Commission Implementing Regulation (EU) of 22.4.2021 amending Regulation (EU) No 923/2012 as regards requirements for manned aviation operating in U-space airspace
- [10] <https://www.commercialuavnews.com/>
- [11] <https://dronetalks.online/>
- [12] **DUDÁS, Z.:** *Az elektromos meghajtású légi járművek repülésbiztonsági kihívásai*. In: Földi, László (szerk.) *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.* Budapest, Magyarország: Ludovika Egyetemi Kiadó (2021) 275 p. pp. 167-176., 10 p.
- [13] **DUDÁS, Z.:** *Repülésbiztonsági kockázat, repülésbiztonsági felelősség*. Repüléstudományi Közlemények (1997-TŐL) 1417-0604 1789-770X (2009) 21. évfolyam 2. szám 1-8.
- [14] **DUDÁS, Z.:** *Basics of the flight safety risks*, Hadmérnök 2 : 1 pp. 144-150., 7 p. (2007) [http://hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007\\_1\\_dudas.pdf](http://hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_dudas.pdf)
- [15] Guidelines on Design verification of UAS operated in the ‘specific’ category and classified in SAIL III and IV; 2021. march; [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/guidelines\\_design\\_verification\\_uas\\_medium\\_risk.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/guidelines_design_verification_uas_medium_risk.pdf)
- [16] Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947

## A REPÜLÉSBIZTONSÁG NÖVELÉSÉRE KIFEJLESZTETT ÉS ALKALMAZOTT MŰSZEREK, VALAMINT ELJÁRÁSOK A POST-COVID KEZELÉSÉNEK SZOLGÁLATÁBAN

### INSTRUMENTS DEVELOPED AND APPLIED TO INCREASE AVIATION SAFETY AND PROCEDURES FOR POST COVID MANAGEMENT

**DOMJÁN Károly<sup>1</sup>, DUNAI Pál<sup>2</sup>, VADA Gergely<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Informatikai beosztott, [domjan.karoly74@gmail.com](mailto:domjan.karoly74@gmail.com)

<sup>1</sup>Híradó Informatikai, Információvédelmi és Adatkapcsolati Főnökség, MH Légi Műveleti, Vezetési és Irányítási  
Központ

<sup>2</sup>egyetemi docens, PhD [dunai.pal@uni-nke.hu](mailto:dunai.pal@uni-nke.hu)

<sup>2</sup>Repülésirányító és repülő-hajózó tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>3</sup> címzetes egyetemi docens, [vada.gergely@fusionvital.hu](mailto:vada.gergely@fusionvital.hu)

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**Kivonat:** *A repülésbiztonság szempontjából elsődleges feladat a COVID-19 fertőzésen átesettek vizsgálata, amellyel egyrészt az esetleges szövődeményeket, másrészt a fizikai és mentális teljesítménybeli változásokat követhetjük nyomon. Egyetemünk olyan vizsgálati eszközöket fejlesztett és infrastruktúrát hozott létre, amely ezt a célt is szolgálja. A cikkben az elért fejlesztési eredményeket és alkalmazási tapasztalatokat mutatjuk be, amelyekkel a COVID-19 fertőzésen átesett, a repülés területén dolgozók állapota monitorozható.*

**Kulcsszavak:** *COVID-19, munkateljesítmény, vizsgálati módszer, virtuális valóság, Firstbeat*

**Abstract:** *From the point of view of flight safety, the primary task is to examine those who have been infected with COVID-19, with which we can monitor possible complications on the one hand, and changes in physical and mental performance on the other. Our university has developed research tools and infrastructure that also serves this purpose. This article presents the development results and application experience that can be used to monitor the condition of aviation workers who have contracted COVID-19.*

**Keywords:** *COVID-19, work performance, test method, virtual reality*

#### 1. A COVID-19 FERTŐZÉS HATÁSA A REPÜLÉSBEN DOLGOZÓK MUNKATELJESÍTMÉNYÉRE ÉS PSZICHÉS ÁLLAPOTÁRA

A repülés napjainkra tömegközlekedéssé vált. Évente több milliárd ember választja ezt a közlekedési ágat, amely a leggyorsabban és a legbiztonságosabban szállítja az utasokat, az árut és postát a világ bármelyik részébe, óriási hatást gyakorolva a globalizációs folyamatokra, a kontinensek és régiók gazdasági, társadalmi, kulturális és környezeti fejlődésére. Ezek a hatások rendkívül sokrétűek és nagy jelentőséggel bírnak. Ezt a rendszert érintette nagyon jelentősen a COVID-19 világiárvány. A repülésbiztonság szempontjából elsődleges feladat a fertőzésen átesettek vizsgálata, amellyel egyrészt az esetleges szövődeményeket, másrészt a fizikai és mentális teljesítménybeli változásokat követhetjük nyomon. Egyetemünk egy GINOP pályázat keretében olyan vizsgálati eszközöket fejlesztett és infrastruktúrát hozott létre, amely ezt a célt is szolgálja. A cikk keretében az elért fejlesztési eredményeket és alkalmazási tapasztalatokat mutatjuk be, amelyekkel a COVID-19 fertőzésen átesett, a repülés területén dolgozók állapota monitorozható.

## 1.1. A COVID-19 fertőzés tünetegyüttese

Igazolt COVID-19 betegséggel összefüggésben számos keringési, légzőrendszeri és központi idegrendszeri szövődmény ismert. A szövődményes szívizomgyulladás következményei között a szívritmuszavar és hirtelen szívleállás akár fatális kimenetelű is lehet, melyek előzetes figyelmeztető tünetek nélkül is jelentkezhettek. Az orvos, repülőorvos feladata és felelőssége a SARS-CoV2 pozitív pilóták követése, felügyelete, támogatása. Ez a támogatás foglalja magában a prevenciós tevékenységet, a tevékenység sajátosságainak figyelembevételét, a biztonságos, de optimális idejű és ütemű visszatérés meghatározását, az erőnléti-, állóképességi-, proprioceptív képességek felmérését, visszaszerzésük támogatását, dietetikai és pszichológiai feladatokat.

Kardiológiai vizsgálattal igazolt szívizomgyulladás, pericarditis esetén az érvényben lévő szakmai útmutató ajánlása szerint kell eljárni – 6 hónap munkavégzéstől való eltiltás.

## 1.2. PCR igazolt COVID 19 pozitív pilóták esetén elvégzendő speciális vizsgálatok

- minden PCR igazolt COVID-19 betegség esetén komplex kardiológiai vizsgálat indokolt: nyugalmi EKG, szívultrahang, laborvizsgálat szérum troponin szint meghatározás. A kivizsgálást a pihenőidő és a hatósági karantén lejárta követően 1-3 héttel javasolt elvégezni. Kóros eltérés vagy elhúzódó panaszok esetén kiegészítő vizsgálatok: koronária CT, szív MR, Holter vizsgálat válhatnak szükségessé.

Bizonyos vizsgálatok elvégzése (szív ultrahang, terheléses EKG) a vizsgálatot végző orvos javaslata alapján negatív PCR lelet birtokában lehetségesek.

- Troponin szint ellenőrzés történhet vérvételt követően labor által, vagy gyorsított segítségével. A vizsgálatokra az orvos, háziorvos, kardiológus adhat beutalót, illetve magánegészségügyi ellátók validált eredményei is elfogadhatók.

- Terheléses EKG vizsgálatot csak normál troponin értékek mellett javasolt végezni.
- A repülőorvos saját hatáskörben az érintett egyéni egészségi állapotának függvényében és a munkavégzés sajátos tevékenységi környezetének kardiovaszkuláris kockázatát figyelembe véve dönt a munkavégzéshez előírt engedély kiadásának időpontjáról.

Mindezek az eljárások jobbra az alig 1 évre visszamutató, a COVID-19-re jellemző virológiai tapasztalatokon alapszanak. Rengeteg még a nyitott kérdés és az ezekre adható válaszokat az idő erőteljesen befolyásolja. A repülésbiztonság terén végzett kutatásainkra is komoly hatást gyakorolt a pandémia, ugyanakkor arra készítetett bennünket, hogy az eddig kifejlesztett műszereket és eljárásokat bevessük a post-COVID tünetek vizsgálatára.

## 2. A STEP BY STEP TESZTRENDSZER ALKALMAZHATÓSÁGA A POST COVID KEZELÉSBEN

### 2.1. A Step by Step tesztrendszer legfontosabb jellemzői

A Step-by-step tesztrendszer egy, a GINOP pályázatunk során kialakított komplex dokumentum, eszköz és eljárás rendszer. A felépítés és a kialakítás megértéséhez az alábbiakban ismertetünk néhány fontosabb jellemzőt:

- ez a komplex tesztrendszer a GINOP-2.3.2 „A légitözlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (VOLARE)” című projekt AVIATION\_HUMAN kiemelt kutatási területen végzett kutatási munkák eredményeként született meg;



- a „Vigyük ki a labort a valóságba” elméletet megfordítva követtünk egy új irányelvet – „Vigyük be a valóságot a laborba!” – ehhez megteremtettük a Virtuális Valóság (VR) által biztosítható repülési szimulációs környezetet. Olyan virtuális környezetet hoztunk létre, melyben a vizsgált alany részére, mind az aktív, mind a passzív szimulációs repülés is megteremthető volt. A VR eszközt ötvöztük az MH EK RAVGYI (Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Repülő Alkalmasság Vizsgáló és Gyógyító Intézet) kecskeméti LPC laborjával (Low Pressure Chamber), közismert nevén a barokamra funkcióival (ezért az együttműködésért ezúton is szeretnénk köszönetet mondani). Az alacsony nyomású kamra és a VR repülés szimuláció együttesen lehetővé tette, hogy a valósághoz a legközelebb álló labor körülmények között vizsgálhassuk a repülésélettani stressznek az emberi szervezetre gyakorolt hatásait;
- a teszrendszerben különféle diagnosztikai eszközöket, -NIRS (Near Infrared Spectroscopy), Kapnográf-, integráltunk a Firstbeat testszenzoros mérőrendszerével, így rengeteg fiziológiai paraméter vált rögzíthetővé, ugyanakkor ezen adatok feldolgozása is külön nehézségeket generált. A műszereket egy egységes és konstans elhelyezéssel egy sisakba építettük, mellyel létrehoztuk az A. M. I. H.-t (Aero Medical Instrument Helmet) valamint egy kiértékelő és feldolgozó adatbázist. A Medtronic NIRS műszerével folyamatosan monitorozhatóvá vált a jobb és bal homloklebeony véroxigén telítettsége, a speciálisan kialakított légzőmaszk segítségével, a kapnográfokon keresztül 0-2500-4000-5500 méteren mérhettük a légzésszámot, a kilélegzett széndioxid mennyiségét és a periférián mért szaturációt. Rengeteg kalibrációs és megelőző teszt bizonyította, hogy hiába a sok speciális műszer vagy szimulációs környezet, rögzített eljárások nélkül ez mit sem ér. A teszteset rendszerbe szedve és a megfelelő eljárásokat kialakítva született meg, a „Step by Step teszrendszer”



1. ábra A tesztlabor a VR rendszerrel, valamint a NIRS és a Kapnográf műszerek mérés közben.

## 2.2. A Step by Step teszrendszer felépítése

A rendszer alapvetően három modulra bontható. Ezek az **EDR** (Egységes Dokumentum Rendszer), a **SER** (Szinkronizált Eszköz Rendszer) és a **TIR** (Támogató Informatikai Rendszer). Mindhárom modul további almodulokra bontható, így a következő felosztást alkotják.

### Az Egységes Dokumentum Rendszer:

- tesztelési profil meghatározása;
- tesztelési eljárás leírása;

- eredmények, kiértékelések rögzítése.

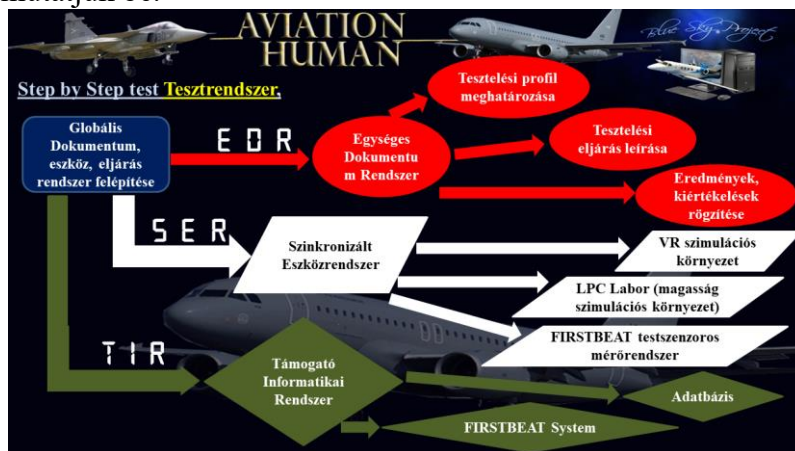
#### A Szinkronizált Eszköz Rendszer:

- VR (Virtuális Valóság) szimulációs környezet;
- LPC Labor (Magasság szimulációs laboratórium);
- Firstbeat testszenzoros mérőrendszer.

#### A Támogató Informatikai Rendszer

- Adatbázis;
- Firstbeat analysis system.

A repülésélettani stressz mérésére kidolgozott eljárások olyan eredményekhez vezettek el bennünket, melyekről akkor még nem is gondolhattuk, hogy egy esetleges vírusfertőzés utáni tüneti kezelésben is a segítségünkre lehet. A teszteknél általában 3-5 napos hosszú méréseket alkalmaztunk, mely a HRV (Heart Rate Variability – pulzus variancia) alapú analízisnek köszönhetően számtalan élettani stressz adatot tett láthatóvá a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer egyensúlyi viszonyát vizsgálva. A több napot lefedő mérések alatt pontos képet kaptunk a tesztet megelőző napok idegrendszeri terheléséről, a teszt napjáról és az azt követő regenerációs időszakról. Így született meg az az elképzelés, hogy vizsgáljuk a COVID19 fertőzésen és/vagy megbetegedésen átesett személyeket a Step by Step Tesztrendszer (2. ábra) eszközeinek alkalmazásával, hogy pontosabb képet kapjunk a vírus által okozott elváltozások hatásairól. Ezek az eredmények nagymértékben segíthetik a post-COVID kezelési- és ismételt bevethetőséget meghatározó eljárások kidolgozását, finomítását. A vizsgálatokra a gyógyulást követő 5-7 héttel került sor, melyek közül egy eset tanulságait az alábbiakban mutatjuk be.



2. ábra A Step by Step tesztrendszer felépítése

### 3. POST-COVID FIZIOLÓGIÁS MÉRÉSEK

#### 3.1. Az utánkövető mérések jelentősége

A katonai repülésben dolgozó vizsgálati alanyaink közül többeknél jelentkeztek az igazolt koronavírus-fertőzést követő hónapok múltán is a gyorsabb kifulladás, esetlegesen légszomj, fáradtság különféle tünetei, arról számoltak be, hogy gyakrabban érzik magukat levertnek, aluszékonyak. Ezeket a tüneteket sokan hajlamosak a pszichésen és fizikailag is megterhelő pandémiás időszak utólagos hatásaként aposztrofálni. A koronavírus-fertőzésen való átesés ténye árulkodó lehet akkor, amikor a szünni nem akaró fáradtság és a csökkenő kognitív- vagy fizikai teljesítőképesség magyarázatát keressük.

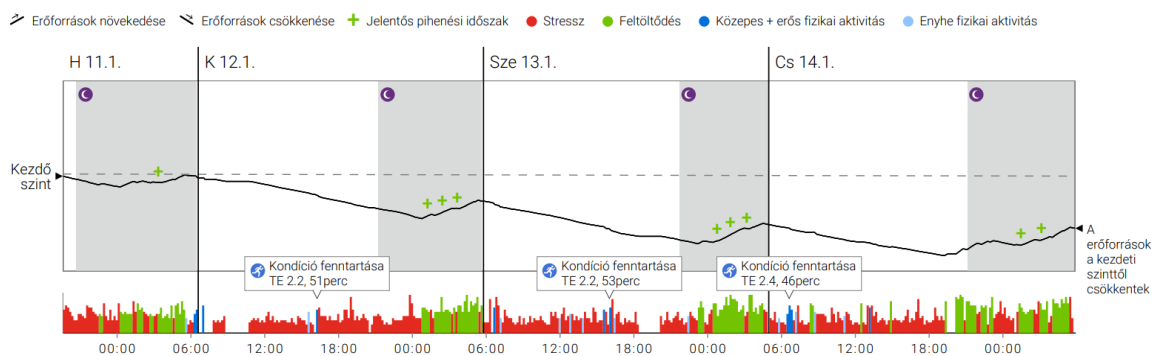
Habár világszerte milliók estek át a vírusfertőzésen, ugyanakkor még nem rendelkezünk

elég tapasztalattal arról, hogy pontosan milyen hosszban hatnak az egészségünkre a COVID következményei (bizonyos fenti tünetek esetleg hónapokig rejtve maradhatnak az érintettek előtt – példaképpen a sportolási lehetőségek korlátossága miatt is). A vírusfertőzés legmakacsabb maradandó szövődményei közé tartoznak a szív-, illetve a légzőszervi szövétkárosodások, amelyek hatása sokaknál okozhat panaszt még hetekkel-hónapokkal a betegség lefutását követően is. Mivel az akut fertőzést követően 3-4 hónappal már régen felgyógyultnak tekinthetjük az érintetteket, alig gyanakszunk az ún. poszt-COVID tüdőkárosodásra, mint a nehéz légzés vagy a korai kifulladás kiváltó okára. A COVID-szövődmények hosszabb távú következménye ugyanis a tüdőszövet roncsolódása, hegesedése, melynek nyomán csökken a tüdő légcserre kapacitása, emiatt állandósulhat a zihálás, nehéz légzés, esetleg mellkasi fájdalomérzet vagy fáradékonyság. Ezek a tünetek természetesen jobbra fizikai terhelésnél jelentkeznek, ám megtévesztő lehet pusztán a szervezet edzetlenségére gyanakodni.

### 3.2. Post-COVID esetbemutató

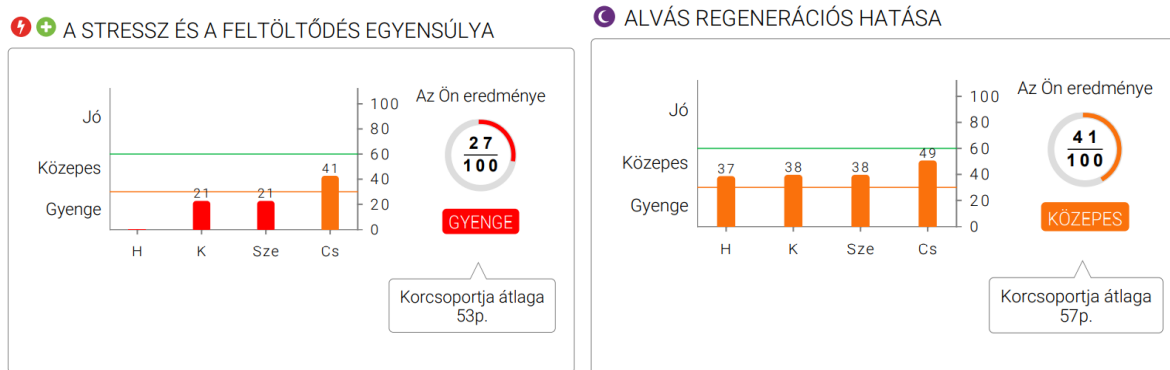
A katonai repülésirányítás területén dolgozó vizsgálati alanyunkkal 2-3 hetes intenzív lefolyású COVID-fertőzést követően 6 héttel végeztünk méréseket. Szokványos élethelyzetben 80 órán át folyamatos követtük a pulzusvariancia (HRV) értékeit – természetesen egyéb más élettani paramétereivel együtt a Firstbeat Technologies testen hordható készülékével. Az illető a mérés alatt munkaidőben és alvásidőben is viselte a testszenzor készüléket és a mérés alatt naplózta az egyes tevékenységeket. A pulzusvariancia mérés legfőbb előnye, hogy általa lehetőség nyílik az egyén fiziológiás mintázatainak feltárására, elsősorban az idegrendszeri szimpatikus / paraszimpatikus jellegzetességek, azaz a stressz- és feltöltődési képességek vizsgálatára. Az illető szubjektív érzete alapján fáradékonyságról, alvásproblémákról panaszkodott és általában véve a terhelhetősége is rendkívüli mértékben lecsökkent és felépülése után sem nyerte vissza korábbi formáját.

A fáradtságot már a szokatlanul magas, 59-63-as tartományban mozgó éjszakai nyugalmi pulzusérték is igazolta. Ez a mutató egy egészséges, megfelelő kondícióban lévő felnőtténél ennél adott esetben jóval alacsonyabb, akár 40-50 közötti értéket is felvehet. 60 ütés/perc feletti éjszakai pulzusérték krónikus fáradtságról, kimerültségről, túlterheltségről árulkodhat vagy akut betegség, gyulladás jelenlétére is utalhat. Az idegrendszer ilyen értékek mellett éjszaka nem regenerálódik, a szimpatikus dominancia napközbeni stresszterheléshez hasonló reakciókat produkál az emberi szervezetben. A magas nyugalmi pulzus tehát intenzív stressz jelenlétére, kifáradt szervezetre utal. Az alábbi vonal az illető erőforrásait mutatja a valamivel több, mint 3 nap alatt: látható, hogy az energiák a pontozott vonalhoz képest folyamatosan süllyednek – még a szürkével ábrázolt éjszakai alvási időszakok alatt is. Adatokkal igazoltan is kiolvasható tehát az illető kimerültség érzete.



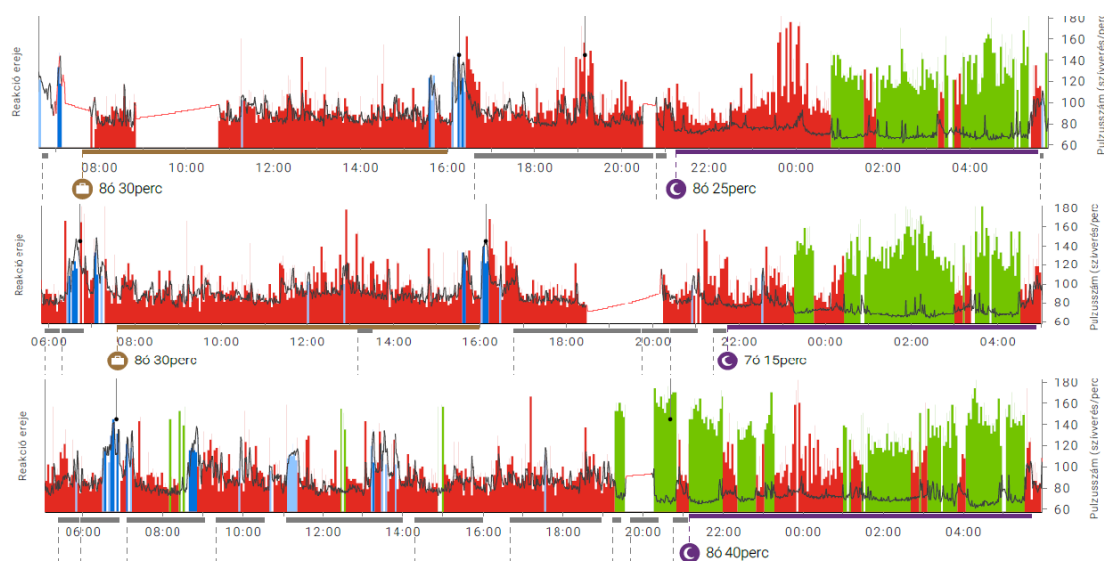
3. ábra A teljes mérési időszak alatti folyamatos kimerülés a HRV adatok alapján

A COVID-fertőzést követően a szervezet továbbra sincs tartós egyensúlyban, a szövödmények hatása „pörgeti” az immunrendszert, a folyamatos aktiválódás hatása nagyon fárasztó és ez a megterhelés kimeríti a fertőzés következtében amúgy is megcsappant tartalékokat. Nem meglepő hát a krónikus fáradtság-érzet, a levertség, gyengeség, a rossz minőségű alvás, a stressztűrőképesség vagy a kognitív teljesítmény gyengülése.



4. ábra A feltöltődés és a pihenés egyensúlya és az alvás regenerációs hatása

Példánkban a stressz-regeneráció egyensúlya nagyon felborult, 100-as skálán mindössze 27 pontos érték, amely az adott korcsoport szokásos (átlagos) 53 pontos értékének mindössze a fele. Azaz még a betegség leküzdése utáni hetekben-hónapokban is a szokásoshoz képest kétszer akkora fiziológiás stresszterheléstől szenvedhetünk! Az alvás hasonlóan aggasztó, a 41 pontos érték a négy mért éjszaka alatt egyformán csak közepes minőségű (ez szintén 16%-kal elmarad az átlagostól). Az idegrendszer aktuális állapotát jellemző pulzusvariancia értékek a 43 éves alanynál olyan tartományban mozogtak, amely kb. 20 évvel idősebb, betegségekkel terhelt szervezetre jellemző! Mindent összevetve a stressz, a regeneráció (elégtelensége), a terhelésre adott reakciók 36%-os összesített egészség-indexet eredményeztek (ez 20%-kal gyengébb a résztvevők átlagához képest és mindössze 6 ponttal szárnyalta túl a Gyenge-kategóriát).



5. ábra Napi stressz- / feltöltődés profilok

A napi stresszt a piros grafikonok szemléltetik – látható, hogy a hosszú összefüggő piros

szakaszok rendre belenyúlnak az éjszakai alvásba, akár több órán át is folytatódnak a napközben jellemző stresszes szakaszok, még az alvás ideje alatt is. Ugyanakkor a napi stresszterhelés mértéke is aggasztó, látható, hogy nincs szünet (nem látszik, hogy a regenerációra jellemző zöld vonalak megtörnek a terhelést) és önmagában a 12-16 órányi folyamatos stressz is rendkívül megterhelő a szervezet számára. Az életvitelben egyébként semmi olyasmi nem történt, ami indokolná az állandó pörgést (alkohol, akut betegség vagy gyógyszerek), ez inkább a COVID-szövődményeknek tudható be. A piros szakaszok rendre feltűnnek-visszatérnek alvás közben is, ez az oka annak, hogy bár a fáradtság miatt viszonylag hosszú az alvással töltött idő (átlagosan kb. 8 óra), de az mégsem jelent valódi regenerációt. A COVID-szövődmények mintha éveket vettek volna el az illető egészségéből...! Hasonló tüneteket okozó betegségek kizárását követően tehát szembesülhetünk a COVID-szövődmények hosszú távú hatásaival.

#### 4. KONKLÚZIÓK

A legfontosabb tanulság, hogy a betegségből való fizikai felépülés még nem jelent valódi kilábalást! A fertőzést követő időszakot mérsékelt terheléssel és pihenéssel, az immunrendszer megerősítését segítő szokásokkal kell tölteni és rendszeres orvosi vizsgálatokkal kell támogatni a felépülést. Kimondottan javasolt orvosi vizsgálatokkal kizárni, hogy érintettek vagyunk-e a poszt-COVID tüdőkárosodásban, fizikális vizsgálat és véroxigénszint mérést követően további szakorvosi vizsgálatok lehetnek szükségesek légzésfunkciós vizsgálatokkal.

Az eredmények tendenciáit nézve nem hetekben, hanem hónapokban kell mérni az egészségi állapotunk helyreállításához, a teljes regenerációhoz szükséges időt és csak az esetleges szív-és érrendszeri szövődmények kizárását követően ajánlott az óvatos fizikai terhelést megkezdeni! Ám ennél sokkal fontosabb tudatában lennünk annak, hogy még az enyhébb lefutású koronavírus fertőzéseket követően sem szabad hajszoznunk magunkat, különösen akkor, ha nagy felelősséggel járó munkakörben, a katonai repülés bármely területén dolgozunk. A hosszabb időszak nyomán elmélyülő fáradtság krónikussá válhat, amely azon túl, hogy különféle egészségkárosodásokhoz vezethet, akut módon is rányomja a bélyegét a kognitív képességeink rosszabbodására (növekvő reakcióidők, döntési képességeink gyengülése, időszakos memóriazavarok, kedélyállapot-romlás is felléphetnek), amely a számos repülésbiztonsági kockázatot hordozhat magában. A korábbiakhoz képest sokkal több nyugalommal, pihenéssel, feltöltődést segítő aktivitásokkal, sok és jó minőségű alvással, továbbá immunrendszerünk erősítésével, a helyes táplálkozási szabályok betartásával, friss levegővel és enyhe terhelést jelentő sportprogramokkal, tudatos munkatervezéssel javasolt kompenzálni ezeket a kockázatokat!

Mindemellett nem lehet elégszer hangsúlyozni a megelőzés fontosságát: a fejlett, aktívan karban tartott immunrendszer segíthet gyorsan átvészelni a kritikus szakaszokat – ezért azonban nem csak a betegséget követően, hanem előtte-utána is rendszeresen tenni kell!

Kutatóként pedig fontos szem előtt tartanunk, mind a COVID-on átesettek, mind az egészséges populáció rendszeres monitorozásának kiemelt jelentősége van, hisz így lehetünk képesek megválaszolni a ma még nem pontosan feltérképezett hosszabb távú egészségügyi- és teljesítőképességet befolyásoló szövődményekhez kapcsolódó kockázatok hatását.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *Centers for Disease Control and Prevention, Duration of Isolation and Precautions for Adults with COVID-19*, 19 October 2020 : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/duration-isolation.html> (letöltve: 2021.07.05.)
- [2] **FÜLEKY, A:** *Gondolatok a repülőgép-vezetőket érő pszichés terhelések háttéréről* Repüléstudományi Közlemények, 32.évfolyam (2020) 3. szám 125–133., DOI: 10.32560/rk.2020.3.10
- [3] **DOMJÁN, K., VADA, G.:** *Katonai pilóták élettani paramétereinek monitorozása szimulált repülési körülmények között*, Haditechnika LIV. évf. 2020/3. szám 2-7., DOI: 10.23713/HT.54.3.01
- [4] **DOMJÁN, K.:** Step by Step a COVID ellen.ppt
- [5] **VADA, G.:** *Ezt teszi velünk a koronavírus*. Elérhető: <https://fusionvital.hu/ezt-teszi-velunk-a-koronavirus/> (letöltés dátuma: 2021.07.05.)

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA  
KIÚTKERESÉS A DRÓNOK CSOPORTOSÍTÁSI SOKASÁGÁBÓL

FINDING A WAY OUT OF CLASSIFICATIONS AND MULTITUDE OF  
DRONES

**MAJOR Gábor**

tanársegéd,  
major.gabor@uni-nke.hu  
Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

**Kivonat:** *Miután, mint minden katonai eszköz, tárgy, alkalmazás és tudás, megjelentek a drónok is a civil mindennapokban, ezáltal egyre nagyobb szükség mutatkozott a korlátozó (vagy éppenséggel megengedő jellegű), keretet adó szabályozás kialakításának. Kétségtől az elmúlt évtizedek legdinamikusabban fejlődő légi technológiájáról, katonai és a felhasználás alapú csoportosítási rendszeréről olvashatunk az alábbi publikációban, amelyben a szerző bemutatja, azt is, hogy ezen kategóriáknak milyen ismérvei vannak.*

**Kulcsszavak:** *pilóta nélküli légi jármű rendszerek, UAS, drón, UAV kategóriák*

**Abstract:** *Where as all military tools, objects, applications and knowledge, drones have entered the civilian world, there has been an increasing need for restrictive (or even permissive) and framework regulation. In the following publication the author describes the most dynamically developing aerial technologies of the last decades, their military and use-based classification systems, and the characteristics of these categories.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicle systems, UAS, drone, UAV categories*

## 1. BEVEZETÉS

A drón<sup>19</sup> kifejezés megismeréséhez és megértéséhez képzeletben menjünk vissza az időben egészen 1935-ig, amikor az angol Királyi Haditengerészetnél egy lucfenyőből és rétegelt lemezből készült kétfedelű repülőgépet használtak távirányított, pilóta nélküli célrepülőként. Ezt a 100 km/h-s sebességgel, 500 km-es távolságra és 5200 m-es magasságig repülni képes légi járművet légvédelmi lövészetek alkalmával használták egészen 1947-ig és Queen Bee néven vonult be a történelembe. Ennek a repülőeszköznek az analógiájára egy amerikai admirális, William Standley<sup>20</sup> a londoni élményeit felhasználva megbízta Delmer Fahrneyt<sup>21</sup>, hogy az amerikai flotta kiképzésére fejlesszen ki hasonló képességet [11]. Az angol minta tiszteletére Fahrney az általuk kifejlesztett légi eszközt „drone”-nak nevezte el. Talán ennek a fejlesztésnek a leírása az első feljegyzés, amiben egy hím, mézelő méh (hivatalos nevén drón), elnevezéssel illetnek egy légi járművet. Ezt követően a rádióvezérelt, emberi jelenlét nélkül repülő légi jármű elnevezésének szinonimája lett a DRÓN kifejezés.

## 2. A DRÓNOK SOKSZÍNŰ CSOPORTOSÍTÁSA

---

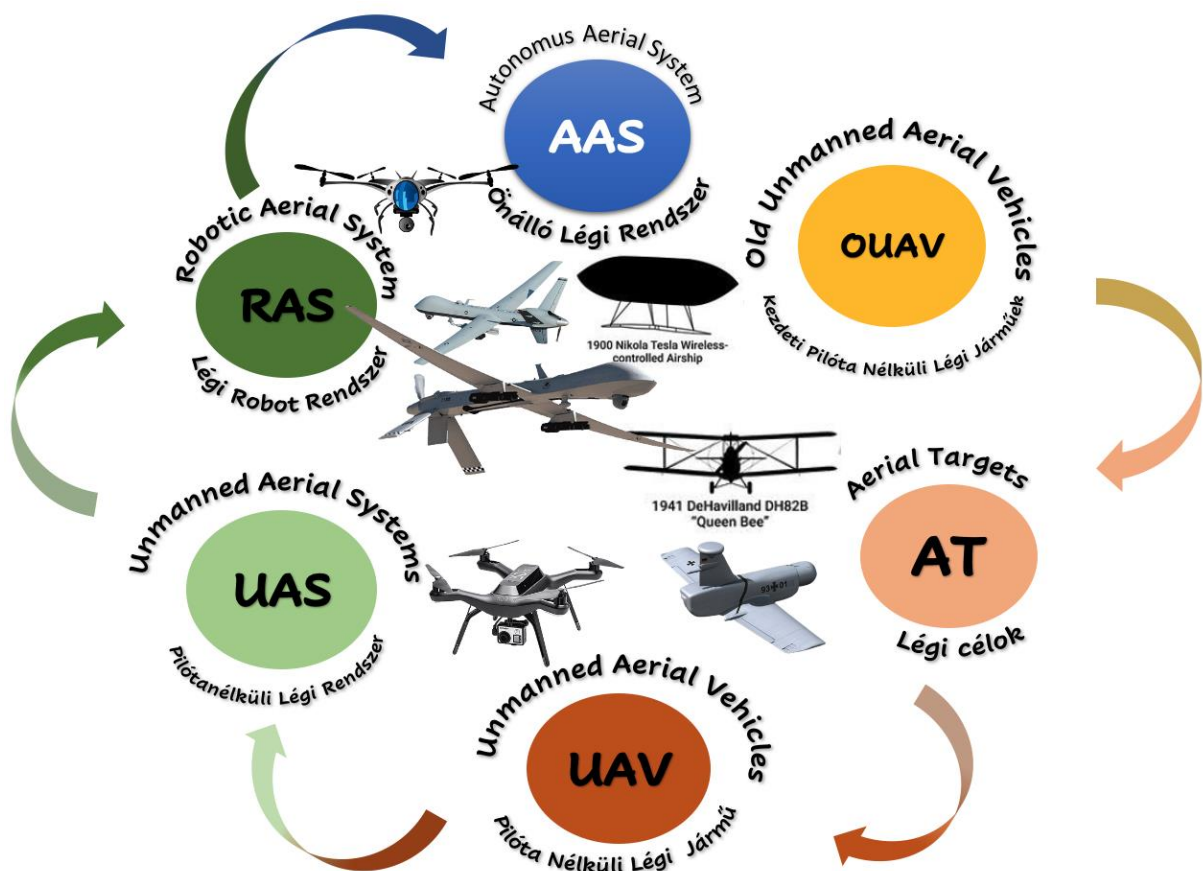
<sup>19</sup> Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/Unmanned Aerial System (UAS)/Unmanned Aircraft (UA) – Pilóta Nélküli Légi jármű. ICAO Circular (2011) 328. 1–38.

<sup>20</sup> William Harrison Standley (1872. december 18. - 1963. október 25.). Az Egyesült Államok haditengerészetének admirálisa. Az 1935. december 7. és 1936. március 25. közötti londoni haditengerészeti konferencia küldötteként képviselte az Egyesült Államokat.

<sup>21</sup> Delmer Stater Fahrney (1898. október 23. - 1984. szeptember 12.) amerikai haditengerészeti tisz, repüléstechnikai mérnök. Repülőgépek szabadalmainak birtoklása, irányított rakéták, támadó drón, vezérelt rakéta és rádióvezérelt repülőgépek fejlesztése fűződik a nevéhez.

A változó és egyre finomodó elnevezések a légi eszközünk precizitására, képességeire, tudására és lehetőségeire utalnak, amelyek előre vetítik az „önálló döntések, az autonóm módon történő gondolkodás” vízióját, amely nem csupán a repülési pályájuk megválasztása, de mindennapi alkalmazásuk terén is megmutatkozik.

Az evolúció során (1. ábra) a robotizált berendezések az egyén számára egyre több lehetőséget, kényelmi szolgáltatást és információs látókörbővülést fognak jelenteni, ami autonóm feladat végrehajtást eredményez, az által, hogy egy operátor, egyidejűleg több légi eszköz manővereit koordinálja, mivel a „felnőtté vált, önálló” eszközünk „nem igényli” a folyamatos felügyeletet. Ebből kiindulva, a jövő légi járműveinek tudását, kinézetét, felszereltségét, meghajtási megoldásait jelenleg nehéz pontosan meghatározni. A „*változás kézenfekvő, a fejlődés pedig garantált*” hiszen a levegőben közlekedő járművek nélkül nem tartana itt a gazdaság, a turizmus és természetesen a vírusmutációk terjedése sem [6], [12].



1. ábra. Drón evolúció.  
(Készítette Major Gábor a [2] alapján.)

## 2.1. Csoportosítás, osztályozás

A drónok csoportosítása, osztályozása folyamatos átalakuláson megy keresztül azon egyszerű oknál fogva, hogy egyre több és újabb kategória jelenik meg, az eszközök „tudásának” fejlődése okán, mind a civil és mind a katonai oldalon. Mivel a civil életben meghatározódott a drónok és drónfelhasználók száma, elengedhetetlenné vált azok minél pontosabb szabályozása. Mivel a hadseregek is használnak civil célra fejlesztett, kereskedelmi forgalomban megtalálható drónokat ezért a jogszabályok hatással vannak a katonai felhasználásra is [5].



Amennyiben minden szerteágazó feladatrendszer megvizsgálunk, láthatjuk, hogy az adott felhasználási környezetben sem egyszerű az érintett terület eljárás rendjébe, szabályozási metódusába hatékonyan beilleszteni az eszközt. Mivel a „dróntechnológia” számos lehetőséget nyit meg a katonai felhasználáson túl az ipar, a mezőgazdaság és a kereskedelem területén, elsősorban a repülő szerkezetekre, mint hordozó platformra szerelt eszközök (mozgóképfelvevő kamera, fényképezőgép, csomagszállítás, hő szenzor, infrakamera, GPS jeladó, bluetooth, WiFi jeladó, mozgás érzékelő, arcfelismerő, biometrikus szkennerek stb.) diverzifikált és kombinálható felhasználási módjai által, ezért a szabályozásuk kiterjesztése szükségsszerű lehet a magánszféra- és adatvédelmi kérdések területére is [7].










A jelen korszak nagy mérföldkő lesz az osztályozás és a jogszerű működtetés szempontjából, mert 2021. januárjában az EU-ban és ezzel együtt Magyarországon is hatályba lépett a drónok használatával kapcsolatos jogszabály.

### 2.1.1. Méretbeli osztályozás













A 2019/947/EU rendeletben foglaltak alapján, a civil UAS rendszereket biztonság kritikus szempontból három műveleti kategória került meghatározása: „nyílt”, „speciális” és „engedélyköteles” kategóriák [1].

A legtöbb szabadidős és alacsony kockázatú kereskedelmi eszköz a nyílt kategóriába kerül besorolásra. Az ebben a kategóriában megtalálható légi eszközök működési közeget tekintve jelenleg az A1, A2 és A3 alkategóriák szerint kell besorolni és ennek megfelelő regisztrációs, nyilvántartásba vételi, képzési és vizsgáztatási, valamint operatív műveleti előírások az irányadók. Ebben az előírás rendszerben annyi módosulás történik 2023-ban, hogy ettől a dátumtól kezdve a drón gyártók (a magán építők is) kötelesek feltüntetni a légi járművön a kategória besorolást, ami C0-tól C4-ig terjed az 1. táblázatban bemutatott paraméterek és feltételek teljesülése esetén. A táblázatból látható, hogy az A és C kategóriák ekvivalensen használhatók a leírt időpontot követően is.

1. táblázat. A nyílt kategória alcsoportjai a [9] alapján.

UAS		Művelet / üzemeltetés		DRÓN üzemeltető / pilóta		
osztály azonosító	MFT *	alkategória	működési korlátozások	üzemeltető regisztráció	a „Pilóta” kompetenciái	a „Pilóta” minimum életkora
saját építésű	< 250 g	<b>A1</b> (az A3 alkategóriába is repülhet az A1 szabályok betartásával)	 átrepülhetnek emberek felett (lehetőség szerint kerülni kell)	NEM kell, ha a jármű kamera/ fedélzeti érzékelő (adatrögzítő) nélküli és nem a játék kategóriába sorolható	 nincs szükség képzésre	Nincs minimum életkor
<b>C0</b>			 <b>tilos</b> embercsoport felett repülni		 ismeri a felhasználói kézikönyvet	16+, de nincs minimum életkor, ha a drón <u>játék</u>
<b>C1</b>			< 900 g	 minimalizálni szükséges az emberek feletti repülést	IGEN	 ismeri a felhasználói kézikönyvet
		 <b>tilos</b> embercsoport felett repülni		 elvégzi a teljes online képzést	 sikeresen	

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK KONFERENCIA KIADVÁNYA

				teljesíti az online elméleti vizsgát		
		Művelet / üzemeltetés		DRÓN üzemeltető / pilóta		
osztály azonosító	MFT *	alkategória	működési korlátozások	üzemeltető regisztráció	a „Pilóta” kompetenciái	a „Pilóta” minimum életkora
<b>C2</b>	< 4 kg	<b>A2</b> (az A3 alkategóriába n is repülhet)	 kerülni kell a műveletbe nem bevont emberek fölötti repülést  tartsa a 30 m-es vízszintes távolságot a nem érintett emberektől (ez csökkenthető 5 m-re, ha az alacsony sebességű funkció aktiválva van)	IGEN	 ismeri a felhasználói kézikönyvet  elvégzi a teljes online képzést  sikeresen teljesíti az online elméleti vizsgát  nyilatkozik az elvégzett önálló gyakorlati képzés lefolytatásáról  írásbeli vizsgát tesz egy kijelölt vizsgahelyen	16+
<b>C3</b>	< 25 kg	<b>A3</b>	 ne repüljön emberek közelében  a városi területeken kívül lehet repülni (150 m távolságra)	IGEN	 ismeri a felhasználói kézikönyvet  elvégzi a teljes online képzést  sikeresen teljesíti az online elméleti vizsgát	16+
<b>C4</b>						
<b>saját építésű</b>						

\*Maximális felszálló tömeg (a jármű teljes specifikációját beleértve)

Az eddig ismertett besorolási osztályok tulajdonképpen a polgári felhasználást mutatták be. Katonai felhasználást tekintve elsőként a NATO által használt rendszer szerint három csoportot (CLASS I., CLASS II., CLASS III.) különböztet meg, ahogyan azt a 2. táblázatban mutatom be.

A 2. táblázatban bemutatott egységes NATO osztályozástól némi eltérést mutat, az egyik drón „nagyhatalomnak” számító Amerikai Egyesült Államok Hadügy Minisztériuma által elkészített csoportosítás, amely 5 (GROUP I-V) szegmenst jelöl meg. Ezzel a struktúrával gyakorlatilag ugyanazt a spektrumot ölelte át, mint a NATO, csupán a határok mozgatásával érték el némi eszköz besorolási szabadságot.

Napjainkra az UAV orosz osztályozása is kialakult, amely eddig főként csak a járművek katonai céljára összpontosított. Az osztályozás számos paraméterben különbözik az AUVSI<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Association for Unmanned Vehicle Systems International – Nemzetközi Pilóta Nélküli Jármű Rendszerek Szövetsége (Alapítva: 1972.)

javaslataitól<sup>23</sup>. Ilyen különbség például, hogy megszüntették az UAV csoportokat, az Orosz Föderációban hiányoznak a külföldi osztályozás egyes csoportjai, az oroszországi könnyű UAV-ok lényegesen nagyobb hatótávolsággal rendelkeznek stb.

2. táblázat. Pilóta nélküli légi járművek osztályozása a NATO-ban, a [10] alapján.

Osztály/ MFT*	Kategória/ MFT*	Alkalmazási magasság	Normál hatósugár	Jellemző platform
I. osztály  150 kg	micro ≤ 2 kg	földfelszín felett 200 láb (60 m)	5 km	Black Widow, Black Hornet Nano
	mini 2-20 kg	földfelszín felett 3000 láb (0,9 km)	25 km	SOFAR, Skylark I-LE Casper 250, Raven, Scan Eagle, Desert Hawk III
	kisméretű ≥ 20 kg	földfelszín felett 5000 láb (1,5 km)	50 km	ATE Vulture, , Tadiran Mastiff, Hermes 90 Luna
II. osztály  150 kg- 600 kg	harcászati	földfelszín felett 10000 láb (3 km)	200 km	Pcsela-1T IAI Heron, Sperwer, Ranger,
III. osztály  600 kg	MALE – közepes magasságú eszközök	földfelszín felett 45000 láb (14 km)	nem limitált	Heron TP, Predator A, B, Hermes 900, Orion
	HALE – nagy magasságú eszközök	földfelszín felett 65000 láb (20 km)	nem limitált	RQ-4 Global Hawk, MQ-4C Triton, Ryan Firebee II
	csapásmérés	földfelszín felett 65000 láb (20 km)	nem limitált	DR-8, Hongdu GJ- 11 Sharp Sword

\*Maximális felszálló tömeg (a jármű teljes specifikációját beleértve)

### 2.1.2. Feladatkör szerinti osztályozás

Ennél az osztályozási résznél napjainkban csupán a képzelő erőnk szabhat határt, látva a „rohamos” fejlődést, ami a katonai felhasználáson messze túlmutat és olyan feladatok is megoldhatóvá válnak, ami az ember számára nem, vagy csak nehezen megoldható. Amennyiben a katonai mellett az állami, rendvédelmi, katasztrófavédelmi és a polgári felhasználási területeket is megpróbáljuk tételesen felsorolni, akkor a „rohamos” jelző a fejlődést, a modernizációt és az innovációt tekintve maximálisan helytállóan mutatkozna, ami alkalmassá teszi ezeket a légi eszközöket különböző munkafolyamatok elvégzésére a termelékenység, hatékonyság, vagy akár a biztonság növelése érdekében [3], [8].

Az egyes speciális feladatkörök speciális kialakításokat, műszerezettséget, energiaforrást, és meghajtási rendszert igényelnek, így az adott szakfeladat szerint megkülönböztetünk cél és csali drónokat, felderítő drónokat, harci drónokat, kísérleti és demonstrátor drónokat, valamint polgári és kereskedelmi drónokat.

### 2.1.3. Autonomitás szerinti osztályozás

<sup>23</sup> Az UVSI által felállított osztályozás összemosza a civil és a katonai alkalmazásra szánt eszközöket, csak az UAV-k néhány repülési jellemzőjét (hatótávolság, tömeg és repülési magasság, időtartam) veszi figyelembe az alkalmazási szintek mellett [14].

A korai drónokat még nem lehetett autonóm rendszernek tekinteni mivel tulajdonképpen operátorok által távvezérelt eszközökről volt szó. Miután az informatika, az irányítás és a gyártástechnológia fejlődése lehetővé tette a számítógépek minél kisebb méretben és minél nagyobb számítási kapacitással történő előállítását, miniaturizálását, nem jelentett a továbbiakban akadályt a mind kisebb méretű légi robot programozása sem. Az UAV fedélzetéről a földi irányító pontra közvetített repülési adatok ezt követően inkább tájékoztatják a kezelőt, mint elősegítik a közvetlen irányítást, mivel a kezelő utasításai leegyszerűsödnek a repülési irányt, vagy a célpontot meghatározó paranccsá [6]. Ennek az informatikai forradalomnak a következő igazán meghatározó fordulópontja a mesterséges intelligencia<sup>24</sup> kutatások eredményeinek beépítése a pilóta nélküli repülés eszközrendszerébe. A kutatás, fejlesztés egyre inkább a drónok autonóm működése, feladatainak ilyen jellegű végrehajtása irányába tolódik, ezáltal olyan légi képességek kialakítására lesz lehetőség, amely rendkívül hasznos és hatékony megoldásokat lesz képes adni a harcban a stratégáknak, a civil hétköznapiakban pedig a gazdasági élet számos szereplőjének.

Az automatizáltságuk szintjének megfelelően a drónokat hat osztályba sorolták, Level 0-tól, Level 5-ig, amelyben a „nem automatizált” szoros pilóta irányítás mellett működő szinttől egészen a „teljes automatizálás”-ig tartó, MI által „vezetett” szintig terjed a csoportosítás.

A publikációban ezeket, az általánosságban elfogadott és használt csoportosítási és megvalósítási elveket mutattuk be, hiszen ezek alapján lesznek besorolhatók és összehasonlíthatók egyes országok hadseregeiben található légi eszközök. Igaz, a bemutatott táblázatokon kívül megtalálható több, más elveket előtérbe helyező rendező elv, amely koncepciók átgondolása, pontosítása a technológia fejlődésével szükségszerűvé fog válni. Néhány éven belül ezeket a kereteket „kinövi” a légi robotok „nemzedéke”, csupán az időpont és az emberi érettség kérdéses a változás lekövetésére.

### 3. KONKLÚZIÓ

A számos osztályozási módszernek köszönhetően látható, hogy a fejlődési irány adott, a megoldásra váró feladatok száma pedig végtelen. Az eddig megszerzett tudást és modularitási lehetőségeket felhasználva hamarosan ezeket a csoportosítási elképzeléseket újra kell értékelni és gondolkodni azon, hogy például az autonóm drón rajok alkalmazhatóságát, folyamatos légi ellenőrzési tevékenységét, amellyel többek között nagyfokú hatékonysággal biztosítható az őrzésvédelmi tevékenység (és a tervezett élőerő létszáma is jelentősen csökkenthető), melyik fejezetbe soroljuk majd [4].

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *Civil drones* (Unmanned aircraft), Elérhető: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas> (A letöltés dátuma: 2021. január 5.)
- [2] *The history and the evolution of UAVs...*, Elérhető: <https://www.semanticscholar.org/paper/THE-HISTORY-AND-THE-EVOLUTION-OF-UAVs-FROM-THE-TILL->

---

<sup>24</sup> mesterséges intelligencia (MI) – artificial intelligence (AI), a gépek emberhez hasonló képességeit jelenti, mint például az érvelés, a tanulás, a tervezés és a kreativitás. Lehetővé teszi a technika számára, hogy érzékelje környezetét, foglalkozzon azzal, amit észlel, problémákat oldjon meg, és konkrét cél elérése érdekében tervezzék meg lépéseit. A számítógép nemcsak adatokat fogad (már előkészített vagy összegyűjtött adatokat érzékelőin, például kameráján keresztül), hanem fel is dolgozza azokat és reagál rájuk. Ezek a rendszerek képesek viselkedésük bizonyos fokú módosítására is, a korábbi lépéseik hatásainak elemzésével és önálló munkával [13].

Prisacariu/29c6b8a075e34c247f6468dc286cad77824397df (A letöltés dátuma: 2021. április 8.)

- [3] **GAJDÁCS, L., MAJOR, G.:** *Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén*, Repüléstudományi Közlemények 30. (2018) 2. pp. 101-112.
- [4] **KISS, B., MAJOR, G., PALIK, M.:** *Migration From a Bird's Eye View*, Repüléstudományi Közlemények 29. (2017), 3. p. 199.
- [5] **KISS, B., MAJOR, G.:** *Légből kapott segítség a Covid-19 ellen*. Repüléstudományi Szemelvények, (2021) p. 15.
- [6] **MAJOR, G.:** *Does an autonomous drone return home at all time?* Repüléstudományi Közlemények, 30. (2018), 2. p. 282., pp. 278-279.
- [7] **MAJOR, G.:** *Ésszerű szabályozás vagy tiltás, avagy mit lehet kezdeni a drónokkal?* Repüléstudományi Közlemények, 27. (2015), 1. pp. 168–169.
- [8] **MAJOR, G.:** *Etikus-e a drónok használata?* Honvédségi Szemle, 144. (2016), 2. pp. 100–106.
- [9] *Civil drones (Unmanned aircraft)*, Elérhető: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones> (A letöltés dátuma: 2021. április 21.)
- [10] **KRAJNC, Z.:** *A pilótanélküli légi jármű rendszerek alkalmazásának doktrinális megközelítése a NATO-ban*, Hadmérnök 14. (2019), 1. pp. 338-351., p. 340.
- [11] *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles*, Elérhető: <https://www.globalspec.com/reference/27636/203279/chapter-9-delmer-fahrney-and-the-first-ucav> (A letöltés dátuma: 2021. április 28.)
- [12] **CSÓRÉ, A., MAJOR, G.:** *A pilóta nélküli légi járművek (UAV) evolúciója*, Repüléstudományi Közlemények 33. (2021), 1. pp. 171-192.
- [13] *Mi az a mesterséges intelligencia és mire használják?* Elérhető: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20200827STO85804/mi-az-a-mesterseges-intelligencia-es-mire-hasznaljak> (A letöltés dátuma: 2021. április 30.)
- [14] **BÉKÉSI, B.:** *2. Pilóta nélküli légi járművek jellemzése, osztályozásuk*. In: Palik Mátyás (szerk.) *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Budapest: Nemzeti Közzsolgálati Egyetem, 2013. pp 65-109. (ISBN 978-615-5057-64-9)

## A H145M HELIKOPTER ELEKTROMOS ENERGIAELLÁTÓ RENDSZERE

### INSTRUMENTATION SYSTEM OF THE H145M HELICOPTER

**BÉKÉSI Bertold<sup>1</sup>, HORVÁTH Gergely<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD., egyetemi docens, bekesi.bertold@uni-nke.hu

<sup>1</sup>Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>2</sup>csoporthoz tartozó, horvath.gergely@mil.hu

<sup>2</sup>Repülő Műszaki Zászlóalj, MH 86. Szolnok Helikopterbázis

**Kivonat:** A H145M helikopter a fedélzeti rendszereit tekintve rendkívül modern, kifinomult típusnak tekinthető. A fedélzeti rendszerei vonatkozásában fontos szerep jut az elektromos energiaellátó rendszernek, amely az egyéb rendszerek elektromos energiával történő táplálását végzi normál üzemben vagy vészüzemben is meghibásodás esetén. Az elektromos rendszer egyik feladata a hajtóművek indítása az indítómotor/generátor segítségével. A helikopter egyéb, elektromos energiát igénylő rendszereihez tartozik még a fénytechnikai rendszer is. Cikkünkben kizárólag a H145M helikopter energiaellátó rendszerét mutatjuk be.

**Kulcsszavak:** elektromos energiaellátó rendszer, elektromos energiát elosztó rendszer, generátor vezérlő egység, vészenergia ellátó rendszer, fénytechnikai rendszer

**Abstract:** The H145M helicopter is a very modern and sophisticated helicopter in terms of its on-board systems. An important role in its on-board systems is played by the electrical power supply system, which provides electrical power to other systems in normal operation or in emergency mode in the event of a failure. One of the functions of the electrical system is to start the engines by means of the starter motor/generator. Other systems of the helicopter requiring electrical power include the lighting system. In this article, we will focus on the power system of the H145M helicopter.

**Keywords:** electrical power supply, electrical power distribution, Generator Control Unit, emergency power supply system, lighting system

## 1. BEVEZETÉS

A villamosenergia-ellátás rendszere magába foglalja a villamos energia előállítását, tárolását, elosztását és felügyeletét (szabályozás, vezérlés, védelem) céljából szükséges alkotóelemeket. Az energetikai rendszerek fejlődésével az alábbi irodalmakban olvashatunk részletesen [3][4]. Az osztályozás tekintetében az energiaforrás- és az üzemkészség szerinti osztályozás emelném ki. Villamos energiát mozgási vagy kémiai energiából lehet közvetlenül nyerni. Tehát az energiaforrás szerinti osztályozás esetén beszélhetünk elsődleges<sup>25</sup> (villamos forgógépek, akkumulátor) és másodlagos<sup>26</sup> (transzformátor<sup>27</sup>, egyenirányító<sup>28</sup>, transzformátoros egyenirányító egység<sup>29</sup>, inverter<sup>30</sup>) villamosenergia-ellátó rendszerről. Gyakorlatilag bármilyen légi járműre igaz, hogy van legalább egy elsődleges (több elsődleges is lehet pl.: generátor és akkumulátorral is rendelkezik) és rendszerint van másodlagos

<sup>25</sup> primary electrical power system

<sup>26</sup> secondary electrical power system

<sup>27</sup> transformer

<sup>28</sup> rectifier

<sup>29</sup> transformer-rectifier unit, TRU

<sup>30</sup> inverter

(al)rendszere is (de nem feltétlenül). Az üzemszerűség szerinti osztályozás szerint lehet fő-<sup>31</sup>, tartalék<sup>32</sup> (meleg és hideg<sup>33</sup>) és független<sup>34</sup> más néven vészhelyzeti<sup>35</sup> rendszer. A légi járművek villamosenergia ellátása történhet külső forrásból (repülőtéren táplálásról), azaz földi áramforrásról (28 V egyenfeszültségű, 115 V 400 Hz háromfázisú váltakozó feszültségű, gyakran pedig mindkettő). A villamos energia elosztása alapján lehet egy-, két-, és háromvezetékes a hálózat [4].

## 2. A H145M HELIKOPTER ELEKTROMOS ENERGIAELLÁTÓ RENDSZERE

A H145M helikopter elektromos rendszere alapvetően egy egyenáramú rendszer, és hasonlóan más légi jármű típusokhoz az a feladata, hogy a helikopter elektromos energia igényét kielégítse mind légi üzemben, mind pedig a földön. A rendszer kielégíti a hajtómű-indítás követelményeit is, de teljesen megfelel az előírt biztonsági feltételeknek is. A rendszer alapvetően 28,5 V egyenfeszültségű, amely a párhuzamos üzem és az egyes hálózatok leválaszthatóságának alapelvein működik. Az elektromos rendszer két fő részre osztható [4]:

- az elektromos energiaellátó rendszerre (electrical power supply);
- az elektromos energiát elosztó rendszerre (electrical power distribution).

Az elektromos energiaellátó rendszer fő áramforrása a 2 db 28,5 V DC névleges feszültségű generátor. Ha az elektromos rendszer a fő akkumulátorról kerül megtáplálásra, akkor az 24 V DC feszültséggel látja el azt. Ha mindkét generátor és a fő akkumulátor is meghibásodik, akkor egy tartalék akkumulátor biztosítja a vészhelyzeti berendezések áramellátását a biztonságos leszálláshoz. A földi karbantartásokhoz és ellenőrzésekhez, hasonlóan más repülőeszközökhöz, külső áramforrás is használható. A helikopter egyes alrendszerei egyvezetékes rendszerrel vannak megtáplálva, ahol a „negatív” vezeték maga a gép sárkányszerkezete [4].

Az elektromos energiaellátó rendszer fő részei [4]:

- az indítómotor/generátorok rendszere (starter/generator system);
- az akkumulátor rendszere (battery system);
- a vészenergia ellátó rendszer (emergency power supply system);
- a külső táplálás rendszere (external power supply system).

A továbbiakban vizsgáljuk meg ezeket.

### 2.1. Az indítómotor/generátorok rendszere

Az indítómotor/generátorok rendszere tartalmaz 2 db indítómotor/generátort (starter/generator), 2 db generátor vezérlő egységet (GCU<sup>36</sup>), 2 db generátor kapcsolót, 2 db generátor relét és az indítómotor/generátorok ellenőrző rendszerét. Az indítómotor-generátorok főbb műszaki paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

Az indítómotor/generátor fő feladata a hajtóművek indítása, majd az elektromos rendszer ellátása, beleértve az akkumulátor töltését is. A generátorok az Arriel 2E hajtóművek kiegészítő meghajtás házára vannak felépítve egy összekötő peremen keresztül és egy bilincs tartja ott őket (1. ábra). A GCU közvetlenül a generátorokhoz, az indítórelékhez, áramerősség

---

<sup>31</sup> main system

<sup>32</sup> standby system

<sup>33</sup> hot and cold standby

<sup>34</sup> independent system

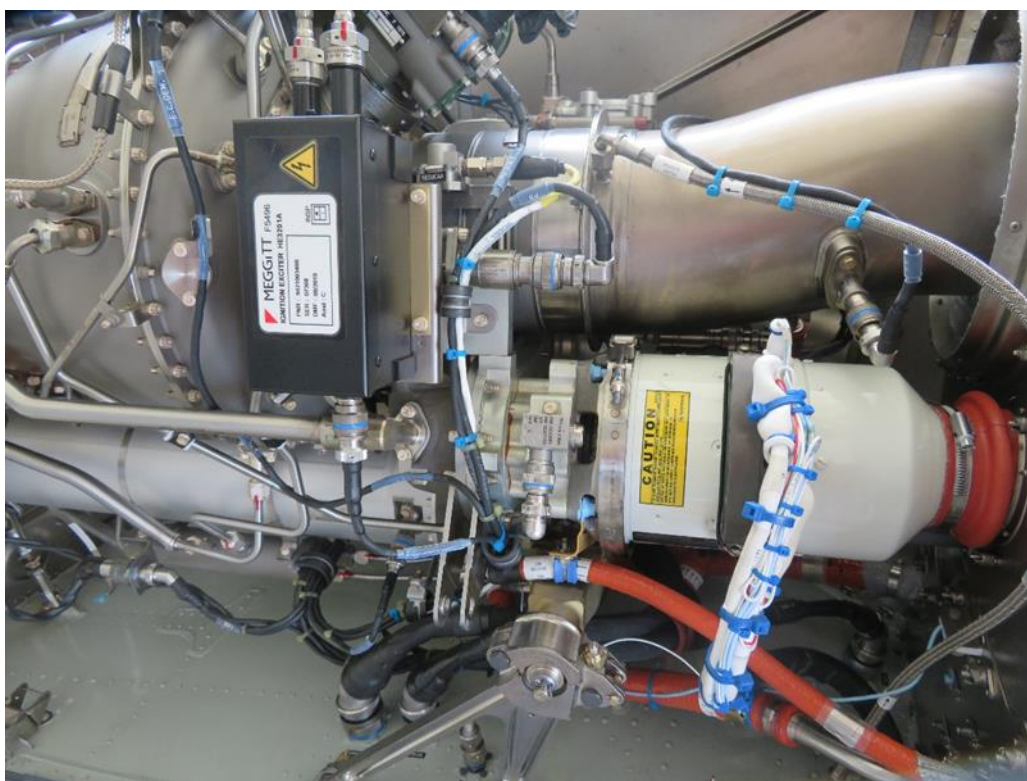
<sup>35</sup> emergency system

<sup>36</sup> Generator Control Unit

mérőkhöz és a fő avionikai rendszerhez a Helionix®<sup>37</sup>-hez csatlakoznak. Fő feladatuk a generátor rendszer vezérlése és védelme. A generátor kapcsolók a GCU-k vezérlésére szolgálnak és ezáltal az energiaellátó rendszerre kapcsolják a generátorokat. A generátor relék végzik a generátorok közvetlen fel- és lekapcsolását a hálózatról. Az indítómotor generátorok ellenőrző rendszerének kijelzését és megfigyelését maga a HELIONIX® rendszer végzi azáltal, hogy egyenáramú jeleket és diszkrét paramétereket kap az analóg szenzoroktól és digitálisan eljuttatja azokat a GCU-khoz [1].

1. táblázat. Az indítómotor-generátorok főbb műszaki paraméterei. [1]  
Szerkesztette: Békési Bertold

Névleges feszültség:	26 – 30 V között
Maximális áramleadás 100% fordulatszámon:	200 A
Fordulatszám tartománya:	7050 – 12 000 f/perc
Hőkapcsoló működési tartománya:	Kinyit 178 ± 6 °C-nál
A feszültségszabályozás határa:	± 0,2 V



1. ábra Az indítómotor generátor és a gyújtásrendszer a hajtóműre felépítve  
(Készítette: Horváth Gergely)

## 2.2. Az akkumulátor rendszer

Feladata a helikopter elektromos rendszerének a táplálása földi üzemben és a fő generátorok légi meghibásodása esetén. Az akkumulátor rendszer az alábbi elemekből áll [1]:

- 1 db 20 cellás nikkell-kadmium 44 Ah kapacitású **akkumulátorból**, amely az indításhoz szükséges árammal látja el az indítómotor generátorokat amennyiben nincs külső áramforrás, valamint tartalék áramforrásként szolgál földi üzemben és tartalékként. Az

<sup>37</sup> Helionix® – A H145M helikopter integrált avionikai rendszere [2]



akkumulátor a jobb oldali hajtómű mögött található és egy saját szerelvényláson keresztül férhető hozzá (lásd 2. ábra). Az akkumulátor házban egy hőkapcsoló is található, amely az akkumulátor hőmérsékletét figyeli. A fedélzeti akkumulátor főbb paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

- **akkumulátor főkapcsolóból**, melynek feladata az akkumulátort vagy a földi tápegységet a helikopter elektromos hálózatára kapcsolni.
- **akkumulátor reléből**, amely a főkapcsoló jelére ráköti az akkumulátort a helikopter elektromos hálózatára. Az akkumulátor közvetlenül a BATT BUS jelzésű energiasínre csatlakozik.
- **tartalék akkumulátor reléből**, amely az energiasín hálózatára kapcsolja az akkumulátort és egyben jelet ad a műszerfalon lévő figyelmeztető egységnek.
- az **akkumulátor ellenőrző rendszeréből**, amely a HELIONIX® rendszerhez csatlakozik, és az akkumulátor állapotát, paramétereit az analóg szenzoroknak és kapcsolóknak köszönhetően érzékeli [1].

2. táblázat. A fedélzeti akkumulátor főbb paramétereit. [1]  
Szerkesztette: Békési Bertold

<b>Gyártó/típus:</b>	<b>SAFT 477CH1</b>
<b>Feszültség:</b>	24 V
<b>Kapacitás:</b>	44 Ah
<b>Cellák:</b>	20 db, nikkell-kadmium (NiCd)
<b>Az elektrolit típusa:</b>	salétromsav (potassium-hydroxid)
<b>Hőkapcsoló működésbe lépési hőmérséklete:</b>	71 ± 2,8 °C
<b>Tömege:</b>	37,2 kg



2. ábra. A H145M helikopter fő akkumulátora (Készítette: Horváth Gergely)

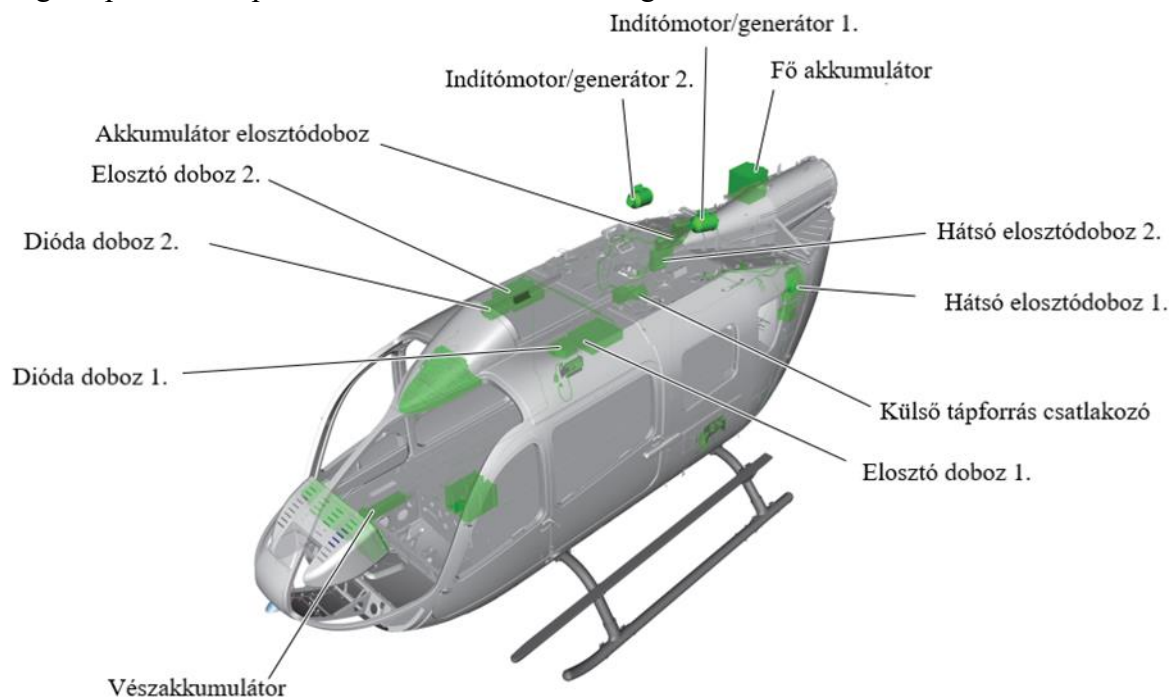
### 2.3. A vészenergia ellátó rendszer

Az EMER BUS jelzésű energiasínhez csatlakozó fogyasztókat a vészenergia ellátó rendszer táplálja, amennyiben megszűnik a táplálás az ESS BUS 2 energiasínen. A rendszer az alábbi elemekből áll [1]:

- **tápegység**, amely a pilótafülke jobb oldala alatti berendezéstérben található. Kialakítását tekintve újratölthető lítium-vas-nanofoszfát, amely normál esetben 24,5 V feszültséget biztosít, 4,5 Ah a kapacitása és egy biztosíték által maximum 20 A áramfelvételre van méretezve. Normál üzemi helyzetben a helikopter elektromos hálózata tölti.
- **tartalék akkumulátor kapcsoló**, amely a vészakkumulátort az EMER BUS jelzésű sínre kapcsolja.
- **akkumulátor ellenőrző relé**, amelynek az a célja, hogy szimulálja a tápfeszültség megszakadását az ESS BUS2 jelzésű sínen, ezáltal egy belső akkumulátor tesztet hajt végre, vagyis a vészenergia ellátó rendszer működését ellenőrzi.
- **a vészakkumulátor ellenőrző rendszere**, amely hasonlóan a fő akkumulátorhoz, a Helionix® rendszerhez csatlakozik [1].

### 2.3. A külső táplálás rendszere

A helikopter jobb oldalán, a legelső szerelőlépcső alatt található egy fedél alatt egy szabvány 3 pólusú 28 V-os csatlakozó, egy kapcsoló és egy intercom csatlakozó társaságában (3. ábra). Ez a csatlakozó tulajdonképpen 3 pólusú, a két vastag aljzat a pozitív és a negatív pólus, ezek maximum 700 A áramfelvételre vannak méretezve; a harmadik, kisebb aljzat pedig a táplálás felkapcsolásának a vezérlésére szolgál [1].



3. ábra. A H145M helikopter energiaellátó rendszerének főbb egységei. [1]  
Szerkesztette: Horváth Gergely

**Az elektromos energiát elosztó rendszer** továbbítja az elektromos energiát az ellátó rendszertől a fogyasztókig. Ennek a feladatnak az ellátásához energiasínek (bus), relék, védőbiztosítékok, diódák és leválasztó áramkörök alkotják az energiaellátó sínrendszer vezérlését. A sínrendszer, amely az egyes fogyasztó csoportok táplálását biztosítja az alábbi sínekből épül fel [1]:

- létfontosságú fogyasztók 1. és 2. sínje (ESS BUS 1 and 2);
- megosztható táplálású fogyasztók 1. és 2. sínje (SHED BUS 1 and 2);
- nem létfontosságú fogyasztók 1. és 2. sínje (NON ESS BUS 1 and 2);
- az avionikai rendszer fő számítógépe (AMC<sup>38</sup>) 1. és 2. sínje (AMC BUS 1 and 2);
- a vésztáplálás sínje (EMER BUS);
- váltakozóáramú sín, ez a H145M helikopter esetében opcionális lehetőség.

### 3. A H145M HELIKOPTER FÉNYTECHNIKAI RENDSZERE

A H145M helikopter elektromos rendszerének további eleme a fénytechnikai rendszer. A fénytechnikai rendszer, igazodva a katonai követelményekhez, kompatibilis az éjjellátó szemüvegekkel. A helikopter külső fénytechnikai rendszere az alábbiakból áll:

- **helyzetjelző/kötélék fények**, ezek segítenek a helikopter helyzetét és repülési irányának a meghatározását éjszaka és rossz látási viszonyok között. A rendszer 3 fénytestből áll, ami a két oldalsót illeti a baloldali piros, a jobboldali pedig zöld fénnel világít és a stabilizátorok végén kaptak helyet. A harmadik fénytest fehér színű és a fő repülési iránynak hátrafele világít és a farokrész függőleges áramvonalazó borításán található. Táplálást az ESS BUS 1 sínről kap [1].
- **összeütközést megakadályozó fények** (anti-collision lights, közismertebb nevén a „majak”), fő feladata a többi repülőeszköz figyelmeztetése a levegőben jó- és rossz látási viszonyok között. Ez a fény a H145M helikopteren LED-es kialakítású, és igazodva a katonai követelményekhez vagy a látható fény tartományában, vagy pedig az éjjellátó szemüvegekkel kompatibilis infravörös tartományban képes üzemelni. Percenként 40 és 100 közötti villanással üzemel és a farokrész legfelső részén található. Táplálását az ESS BUS 2 sínről kapja a pilótafülkében található ACOL feliratú hálózatvédő automatán keresztül [1].
- **stroboszkóp fények** (nagy fényerejű villanófények), a helikopter láthatóságát nagymértékben javítják és ezen LED fények a törzs hátsó részén találhatóak kétoldalt. Fehér színnel villog, körülbelül 43-szor percenként [1].
- **leszálló fényoszóró**, amely szintén NVG-kompatibilis, az orrészbe beépítve található meg. Feladata a leszállóhely megvilágítása éjszaka, valamint rossz látási viszonyok között. A táplálását az ESS BUS 1 sínről kapja a LDG LIGHTS feliratú hálózatvédő automatán keresztül. Ugyanakkor rendelkezik külön kapcsolókkal is, amelyek a pilóta és a másodpilóta egyesített vezérlőkarján is megtalálhatóak [1].

A helikopter belső fénytechnikai rendszere az alábbi egységekből áll [1]:

- a pilótafülke megvilágító fényei;
- a műszerfal megvilágítása;
- a tehertér megvilágító fényei;
- a vészkijárat megvilágítása.

### BEFEJEZÉS

A H145M helikopter a fedélzeti rendszereit tekintve korszerűnek számít. Hasonlóan a többi könnyű helikopterhez, csak egyenáramú fedélzeti energiaellátó rendszerrel rendelkezik, amely nagy tartalékkal üzemel az összes fogyasztó ellátásához. Fontos jellemzője továbbá, hogy rendelkezik vészakkumulátorral, amely a generátorok és a fő akkumulátor meghibásodása esetén is biztosítja a kényszerleszálláshoz szükséges integrált elektronikus

---

<sup>38</sup> Aircraft Management Computer: Az avionikai rendszer fő számítógépe

tartalék műszer (IESI), valamint a vészelhagyáshoz szükséges fénytechnikai rendszerek táplálását. A H145M fénytechnikai rendszere biztosítja a helikopter külső megvilágítását jó és rossz látási viszonyok között, nappal és éjszaka is. Fontos megemlíteni, hogy a fénytechnika rendszer teljes egészében éjjellátó kompatibilis, így lehetővé teszi az éjjellátó szemüvegekkel végzett egyéni és kötelékrepülések, műveletek végrehajtását is.

## 2. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BK117 D-2 Training Manual Chapter 03 Electrical System, 2019.07. Forrás: Airbus Helicopters Training Academy
- [2] BK117 D-2 Training Manual, Chapter 00 Introduction, 2019.07. Forrás: Airbus Helicopters Training Academy
- [3] **BÉKÉSI, B., NÁCZI, R.:** *Hagyományos rendszerű és több elektromos energiát igénylő repülőgépek.* Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2014. MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, (Elektronikus Műszaki Füzetek 14) Debrecen. pp. 109–119.
- [4] **BENEDA, K., GÁTI, B., HÁMORI, Gy., ÓVÁRI, Gy., RÁCZ, J.:** *Repülőgépek rendszerei és avionika.* Egyetemi tananyag, Typotex Kiadó, 2012. 144 p. (ISBN 978-963-279-613-0) url:  
[http://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/48/dd/1/Gati\\_etal\\_Repulogepek\\_rendszerei.pdf](http://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/48/dd/1/Gati_etal_Repulogepek_rendszerei.pdf) (2014.04.15)

AZ ALTERNATÍV TÜZELŐANYAGOK ALKALMAZÁSÁT  
MEGHATÁROZÓ GAZDASÁGI KÖRNYEZET AZ ÁLLAMI LÉGI  
KÖZLEKEDÉS VONATKOZÁSÁBAN

ECONOMIC ENVIRONMENT DETERMINING THE APPLICATION OF  
ALTERNATIVE FUELS IN NON-COMMERCIAL AVIATION

TÓTH József<sup>1</sup>, FEHÉR Krisztina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD., adjunktus, [toth.jozsef@uni-nke.hu](mailto:toth.jozsef@uni-nke.hu)

<sup>1</sup>Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>2</sup>doktorandusz, [feherkrisztina01@gmail.com](mailto:feherkrisztina01@gmail.com)

<sup>2</sup>Katonai Műszaki Doktori Iskola, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

**Kivonat:** A klímaváltozás elleni küzdelemben fontos kihívás a közlekedési szektorból származó üvegházhatású gázok kibocsátásának jelentős csökkentése, megvalósítva ezzel az ágazat karbonsemleges növekedését. A légi közlekedést tekintve a jelenség az extern (külső) gazdasági hatások kategóriájában tartozik, amiből következik, hogy a szabad piaci árképző mechanizmusok önmagukban nem biztosítanak megoldást. Ebből kiindulva az alternatív tüzelőanyagok piacainak elemzésével vélhetően megfelelő jövőkép vázolható fel.

**Kulcsszavak:** alternatív tüzelőanyagok, externáliák, piac, gazdasági szabályozás, katonai repülés

**Abstract:** An important challenge in the fight against climate change is to significantly reduce greenhouse gas emissions from the transport sector, thus achieving carbon-neutral growth in the sector. In the case of aviation, the phenomenon falls into the category of external economic effects, from which it follows that free market pricing mechanisms alone do not provide a solution. Based on this, the analysis of the alternative fuels markets presumably provides an appropriate vision.

**Keywords:** alternative jet fuels, externalities, market, economic regulation, military aviation

## 1. BEVEZETÉS

A múlt század 70-es éveiben lezajlott kőolajválság rámutatott a fosszilis energiahordozók véges voltára, ezzel teret engedve új alternatív források felkutatásának. Az alternatív energiaforrások, és ezen belül az üzemanyagok fejlesztésének és alkalmazási lehetőségei vizsgálatának új lendületet adott az ENSZ által kezdeményezett klímakutatás, és annak eredményei. Manapság már mindenki számára elfogadott, hogy a globális felmelegedésért és annak klimatikus következményeiért az ipari tevékenység és annak eredményeként létrejövő környezetszennyezés tehető felelőssé.

A szennyezés csökkentésének globális megoldása részben technikai, technológiai eredetű, viszont, igen jelentős gazdasági hatásai is vannak, mely a környezetszennyezés gazdasági jellegéből adódik. A jelenség az extern (külső) gazdasági hatások kategóriájában tartozik, és ebből adódóan a szabad piaci árképző mechanizmusok önmagukban nem biztosítanak megoldást, mivel az externália gazdasági tevékenységek eredményeként jön ugyan létre, viszont kívül reked a piaci értékelésen. Ezért szükséges a központi szabályozás, melynek eszköztára és alkalmazása biztosíthatja az extern hatások társadalmilag elfogadott, optimális szintjét.

A légszennyezés tekintetében annak ellenére, hogy az emisszióknak relatíve kis százalékaért felelős, légi közlekedésnek van fontos szerepe. A kereskedelmi repülés vonatkozásában

nemzetközi szervezetek (ICAO, EASA) dolgoztak ki szabályzókat, illetve működtetnek rendszereket, melyek kiemelten a széndioxid kibocsátás csökkentésére irányulnak.

Az állami célú légi közlekedés, és a jelentőségében és volumenében is meghatározó katonai repülés is hasonló kihívásokkal szembesül.

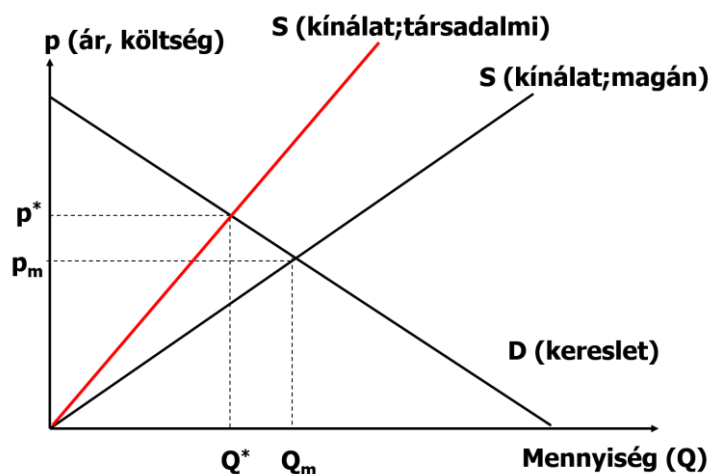
A következőkben ezekkel az elsősorban szemléleti kérdésekkel foglalkozunk, amelyek fontosak és meghatározóak a légi közlekedés vonatkozásában.

## 2. A LÉGSZENNYEZÉS, MINT EXTERN GAZDASÁGI HATÁS

Az externáliákat úgy definiálhatjuk, mint olyan problémát, amikor az adott jószág miatt haszna és költsége nem csak a termelőnek és a fogyasztónak van, és ezért vagy a piaci kereslet vagy a piaci kínálat nem mutatja pontosan a létrejövő teljes társadalmi értéket. A definíció fontosabb része azonban a második eleme, vagyis az, hogy a keresleti és a kínálati függvény nem jelez pontosan. Ezt a problémát a különböző közgazdaságtani iskolák különbözőképpen ragadják meg, kiragadva a jelenség némely fontos elemét. Tehát az externália nem más, mint:

- egy (gazdasági) tevékenység hatása egy kívülálló jólétére (profitjára), amelynek ellenértékét nem fizetik meg;
- amikor egy gazdasági szereplő (például egy vállalkozás) befolyásolja egy másik, gazdasági szereplő, egy vállalkozás vagy egy fogyasztó jólétét vagy profitját anélkül, hogy a piacon kerülnének kapcsolatba.

A környezetvédelem szempontjából az extern hatások gazdasági (pénzügyi) értékelése sok esetben igen nagy nehézségekbe ütközik. Gyakran a környezeti kár értéke nehezen, vagy egyáltalán nem becsülhető meg, emellett a kár okozója sem határozható meg egyértelműen, és a kárt elszenvedők köre is bizonytalan. Bizonyos esetekben a kár okozása és a hatás időben elválik egymástól (esetleg több nemzedékre is nyúlhat ez az idő), és a kedvezőtlen hatás is nehezen bizonyítható, illetve erősen vitatható. Mindezek miatt egyértelmű, hogy az extern hatások kezeléséhez szükségszerű a központi (állami) beavatkozás.



1. ábra. Az externália gazdaságilag optimális szintje (Saját szerkesztés [1])

Kiemelt szemléleti kérdés, hogy a neoklasszikus közgazdaságtan szerint nem a szennyezés megszüntetése a cél, hanem a szennyezés gazdaságilag optimális mértékének az elérése. Ezt szemlélteti az 1. ábra. Az ábrán piros színnel jelölt kínálati függvény az adott  $Q$  kínált mennyiséghez tartozó társadalmi költségek (vagyis az externális költségek) figyelembe vételével adódik. Így a piaci egyensúly egy magasabb ár ( $p^*$ ) és kisebb kibocsátott mennyiség

mellett alakul ki, tehát a szennyezés mértéke is csökken. Ennek megfelelően tehát létezik az externáliának egy optimális nagysága ( $Q^*$ ), amely társadalmi méretekben maximálja a hasznok és a költségek különbségét. (Az optimum alatt itt azt a kibocsátást értjük, amely mellett a szennyezés minimális mértékű.)

Az externáliák kezelésének, az optimum elérésének egyik eszköze az adóztatás. A Pigou a társadalom ráfordításait a termelésre egységesen kivetett adók segítségével vélte internalizálhatónak. Az adó optimális mértékének a megállapítása azonban a gyakorlatban igen nehéz.

A jogi közgazdasági iskola egyik jeles képviselője, Ronald Coase szerint nincs szükség az állami beavatkozásra, mert a piac magától is eléri a társadalmi optimumot, ha a tulajdonjogok (esetleg a rendelkezési jogok) meghatározottak. Coase tétele szerint: függetlenül attól, hogy ki rendelkezik a tulajdonosi jogokkal, alku útján a rendszer eléri a társadalmi optimumot. Coase institucionalista megközelítése azonban újabban a gyakorlat számára is egyre nagyobb jelentőségűvé válik. A szennyezési jogok piacának elméleti alapjait is Coase elméletében találjuk meg. Az elméleteknek fontos, napjainkban is ható környezetpolitikai következménye van. Így például az ISO 14000 szabványsorozat a teljes körű környezeti menedzsmentre vonatkozóan kifejezetten a vállalatok önszabályozó mechanizmusait helyezi előtérbe a jobb környezeti állapot elérése érdekében. Amennyiben figyelembe vesszük, hogy a vállalat saját érdekeit szem előtt tartva korlátozza szennyezését, mert az neki közgazdasági értelemben is megéri, akkor éppen arról van szó, hogy a vállalati tevékenységet szabályozó intézményrendszer alkalmas arra, hogy olyan mértékűre csökkentse a tranzakciós költségeket, hogy a vállalat számára megéri környezetbarát módon gazdálkodni [1].

Az extern hatások csökkentésének további módja normatívák, szabványok állítása. és bizonyítható, hogy jól informált esetben a szabványokkal és az adókkal történő szabályozás közötti választás ugyanarra az eredményre vezet. Az, hogy melyiket alkalmazzák, az nem gazdasági mérlegelés, hanem környezetpolitikai kérdés.

A gazdasági eszközöket összefoglalóan, csak a témánk szempontjából legfontosabbakat kiemelve az alábbi felsorolás tartalmazza [1]. Ezek:

- *Disztributív kibocsátási díjak:* A díj által összegyűjtött jövedelmet támogatás formájában visszakapja a szennyező. Az összeget új, szennyezés csökkentő (pollution control) berendezésekre kell költeni.
- *Felhasználói díjak:* Befizetések a szennyező kibocsátások közös vagy közösségi szintű megtisztítása költségeinek fedezetére.
- *Ellenőrzési és engedélyezési díjak.*
- *Segélyek, támogatások:* Vissza nem fizetendő pénzügyi támogatások, melyeket akkor fizetnek, ha a kedvezményezett szennyezés csökkentő intézkedéseket hoz.
- *Puha kölcsönök:* Szennyezés csökkentő intézkedések meghozatalához kötött kölcsönök, melyeknek kamata alacsonyabb, mint a piacon szokásos.
- *Piacteremtés:* Mesterséges piacok, amelyeken a szereplők a tényleges és potenciális szennyezés „jogait” adhatják-vehetik.
- *Kibocsátáskereskedelem (buborékok, jóváírás, nettósítás, bankok):* Egy üzemen belül, egy cégen belül, ill. cégek között.

Az itt felsoroltak közül a kereskedelmi légiközlekedés vonatkozásában kiemelkedő jelentőségű az ICAO által bevezetett CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme of International Aviation) elnevezésű intézkedés csomag, amely lényegét tekintve emissziókiegyenlítési, kibocsátáskereskedelmi rendszert takar. A rendszer értelmében új fejlesztéseket, illetve beruházásokat oly módon lehet megvalósítani, finanszírozni, hogy a pluszszennyezést kompenzálja egy már meglévő kibocsátásban bekövetkező nagyobb mértékű csökkentés. Az emissziós bankügyletek pedig alkalmasak arra, hogy a megszábottnál

nagyobb mértékű csökkenéseket tárolni lehessen. A „széndioxid piac” a koncepció központi eleme, ahol az emissziócsökkentési hitel (Carbon Credits) piaci forgalma zajlik [3]. A kreditek elszámolása a repülőgépeket üzemeltető vállalatok (légitársaságok) között zajlik, az így keletkező pénzeszközöket pedig a kormányokhoz kerül, melyekből – kötelezően – a kibocsátást csökkentő projekteket finanszíroznak [2][3].

Az együttes szennyezéskibocsátás egyrészt az innováció gyorsítását szolgálja, másrészt biztosítja (az ICAO céljainak megfelelően) az ágazat évi széndioxid kibocsátását a 2020-as szinten. A megvalósítás és az innováció iránya a légiforgalom szervezés, a légi járművek technológiai fejlesztése mellett dominánsan a fenntartható repülőgép tüzelőanyagok fejlesztését és alkalmazását jelenti.

Napjainkban a teljes életciklus-megközelítés az alapja az alternatív üzemanyagok előállításával kapcsolatos befektetési (beruházási) döntéseknek. Az életciklus-elemzés magában foglalja a termék életének minden szakaszát - az alapanyagok kitermelésétől az anyagok feldolgozásával, gyártásával, forgalmazásával, felhasználásával és ártalmatlanításával vagy újrahasznosításával kapcsolatos folyamatokat. Ehhez az elemzéshez elemezni kell repülőgép tüzelőanyagok életciklusának valamennyi szakaszát, beleértve a nyersanyag-termelést és szállítást, a tüzelőanyag előállítást és szállítást, valamint a repülőgép hajtóműben történő felhasználást is [4].

### 3. AZ ÁLLAMI LÉGI KÖZLEKEDÉS PROBLEMATIKÁJA, ÖSSZEGZÉS

Az állami légi közlekedés tekintetében újabb problémát jelent, hogy az érintett gazdasági szereplők olyan szervezetek, melyek tisztán kollektív javakat állítanak elő (mint például a védelem, (köz-)biztonság, (köz-)egészségügy stb.), és így az általuk nyújtott szolgáltatás kívül reked mindenféle piaci ármeghatározó mechanizmuson. Ennek következtében nem fűződik gazdasági érdekük a környezetszennyezés csökkentéséhez, emiatt a központi szabályozásnak (akár nemzeti, akár nemzetközi szinten) szinte kizárólagos jelentősége van.

Ezzel szemben a gazdaságosság követelményét és megfelelő értelmezését figyelembe véve az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásában érdekelt lehet az adott ágazat. Megítélésünk szerint ennek szinte kizárólagos tényezője a tüzelőanyagok piaci ára, amely az előzőekben ismertetett törvényszerűségeknek alárendelten alakul.

Mindezek mellett napjainkban egyre nagyobb tért nyer a fenntarthatóság követelménye és szemlélete, amely az ágazat pozitív irányú fejlődését hosszú távon is biztosítani tudja.

### 4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **KEREKES S.:** *A környezetgazdaságtan alapjai*, Aula Kiadó, 2007, ISBN 987-963-9698-25-3
- [2] **VARGA B., TÓTH J.:** *A széndioxid, mint a legfőbb ellenség, avagy mi az ICAO által létrehozott CORSIA szerepe ebben a harcban*, REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK (1997-TŐL) 29 : 3 pp. 243-252. , 9 p. (2017)
- [3] <https://www.firstclimate.com/> (2017.12.23)
- [4] **TOTH J.; BEKESI B.:** *The Importance Of Life-Cycle Analysis In Economic Analysis Of Environmental Impact Of Alternative Aircraft Fuel* SCIENTIFIC RESEARCH AND EDUCATION IN THE AIR FORCE - AFASES 21 : 1 pp. 194-198. , 5 p. (2019)



CSAK JÁTÉK A GONDOLATTAL, VAGY REÁLIS LEHETŐSÉG?  
SZEMÉLYI MENTŐEJTŐERNYŐ NYUGATI GYÁRTÁSÚ HELIKOPTER  
FEDÉLZETÉN TÖRTÉNŐ UTÓLAGOS RENDSZERBEÁLLÍTÁSÁNAK  
LEHETŐSÉGEI

JUST A GAME OF THE THOUGHT OR A REALISTIC OPTION?  
THE PROBLEM OF THE AIRCREW EMERGENCY PARACHUTE ON THE  
BOARD OF THE WESTERN-BUILT HELICOPTER RETROSPECTIVELY

**SZANISZLÓ Zsolt**

repülésfelügyeleti (ejtőernyős) főtiszt, [sunnyboymi24@gmail.com](mailto:sunnyboymi24@gmail.com)  
Honvédelmi Minisztérium, Állami Légügyi Főosztály, Repülésfelügyeleti Osztály

**Kivonat:** *Mi történne abban az esetben, ha egy – már rendszerben lévő, de személyi ejtőernyős mentőeszközzel fel nem szerelt – forgószárnyas technika esetében, alkalmazói szinten igény mutatkozna pilóta mentőejtőernyő fedélzeten való rendszerbe állításának? Maga a gondolat jelent(het) inkább problémát, vagy annak biztonságos technikai megvalósíthatósága?*

*A tanulmány irányt mutatva próbál választ találni ezekre a kérdésekre.*

**Kulcsszavak:** *személyzeti mentőejtőernyő, nyugati építésű helikopter, vészelhagyás*

**Abstract:** *What would happen in that case, if the user need a crew-member emergency parachute on the board of a used type of helicopter, where there is not applicable any parachute as a personnel safety equipment? The thought may be the problem itself or the safety solution of the problem technically? This study tries to answer these questions determining the course of it.*

**Keywords:** *aircrew emergency parachute, Western-built helicopter, emergency bail out*

## 1. BEVEZETÉS

Személyi ejtőernyős mentőberendezést nyugati építésű helikopter fedélzetén alaphelyzetben nem fogunk találni. Legyen szó akár polgári, akár katonai feladatra tervezett forgószárnyasról, az egyéni ejtőernyős mentőeszköz alkalmazhatósága nem tartozik a tervezés fő kritériumai közé. Azt viszont szeretném kihangsúlyozni, hogy ez a „trend” nem most alakult ki nyugaton.

Egy, a repülési feladata során véglegesen menthetetlenné váló légi jármű – esetünkben helikopter – fedélzetén helyet foglaló személy(ek) túlélési lehetőségének növelésére irányuló technikai megoldások<sup>39</sup> fejlődése során a kollektív védelem tökéletesen a háttérbe szorította az egyénit, olyan módon, hogy éppen a repülésben legkézenfekvőbb mentőberendezés: az ejtőernyő – azon belül a személyi mentőejtőernyő – alkalmazhatósága kérdőjeleződött meg.

Mi lehet az oka annak, hogy mentésben gondolkodva nyugaton elsősorban olyan aerodinamikai fékezőeszköz (ejtőernyő) alkalmazásának megoldását keresik, amely a forgószárnyas technika sárkányszerkezetbe beépíthető módon, vészhelyzet esetén az egyén

---

<sup>39</sup> A földfelszínhez csapódásból adódó ütközési energiát a nyugati helikopterkonstruktőrök az emberi szervezet számára – elsősorban a sárkányszerkezet speciális kialakításával, valamint négyponos biztonsági övvel, lökés-csillapító rudazattal, terheléselnyelő párnázattal felszerelt ülések alkalmazásával – próbálják elviselhető értékre csökkenteni. Másképpen megfogalmazva: magát a helikopter szerkezetét alakítják ki úgy, hogy ne legyen szükség a légi jármű levegőben történő elhagyására, hanem abban ülve legyen garantálható a túlélés.

helyett inkább a teljes légijárművet, a személyzettel együtt juttatja le a földre<sup>40</sup>? Előfordulhat-e az, hogy a személyi ejtőernyővel történő mentés elvetésének magyarázata teljesen más dolgokban gyökerezik? Mi az oka annak, hogy keleten – elsősorban a katonai helikopterek vonatkozásában – még napjainkban is inkább az egyéni ejtőernyős mentőeszközben bíznak? Erre – csak a tényeket vizsgálva – részben választ is kaphatunk a repülés eddigi történetének áttekintésével<sup>41</sup>.

A publikáció címében rejlő kérdésre, a személyi mentőejtőernyő helikopter fedélzetéről történő alkalmazhatóságára – **alapvető tényeket gyakorlati tapasztalatokkal kizárólagosan nem igazolt hiedelmekkel** ütköztetve<sup>42</sup> – az alábbiakban magam is megkísérlek választ adni.

## 2. A SZEMÉLYI MENTŐEJTŐERNYŐ HELIKOPTER FEDÉLZETÉRŐL TÖRTÉNŐ ALKALMAZHATÓSÁGÁVAL KAPCSOLATOS ALAPVETŐ HIEDELMEK

A pilóta mentőejtőernyő – kifejezetten forgószárnyas – repülőeszköz fedélzetéről történő alkalmazhatóságával kapcsolatosan az alábbi – még gyakorlati helikoptervezetői tapasztalattal rendelkezők közül is sokan „axiómá”-nak tartott – hiedelmek „élnek”:

1. a(z) elsősorban katonai) helikopterek repülési magassága nem teszi lehetővé a személyi mentőejtőernyők biztonságos alkalmazhatóságát;
2. a nyugati építésű helikopterek ülésébe/üléscsészéjébe nem helyezhető el/nem illeszthető bele személyi mentőejtőernyő;
3. a repülésképtelenné vált helikopter fedélzetét lehetetlen ejtőernyővel elhagyni;
4. a helikopterek személyzetétől, továbbá a fedélzeten tartózkodóktól nem várható el a személyi mentőejtőernyő készségszintű használata.<sup>43</sup>

Hogy ezeket a – meggyőződésem szerint – részben, illetve teljesen téves hipotéziseket – a publikáció korlátozott terjedelme miatt legalább részlegesen megcáfoljam, a pilóta mentőejtőernyő működési folyamatából, az ahhoz szükséges fizikai feltételek meglétének vizsgálatából indulok ki, ugyanis a publikáció azt a kérdést akarja megválaszolni, hogy van-e ennek az eszköznek létjogosultsága egy forgószárnyas repülőeszköz fedélzetén.

S noha a személyi mentőejtőernyő rendeltetése alapvetően – a nevéből adódóan is – mentőeszköz besorolású, – amely feltételezné, hogy annak elsődleges feladata az emberi élet megmentése, – ennek ellenére nem árt már most, az elején leszögezni, hogy lehetőség szerint arra kell törekednünk, hogy a pilóta az ejtőernyős vészelhagyását követően, repülési feladatok végrehajtására (is) alkalmas, egészséges állapotban maradjon.

## 3. A SZEMÉLYI MENTŐEJTŐERNYŐVEL VALÓ TÚLÉLÉS ALAPFELTÉTELEI

Elsődlegesen azt kell kiindulási alapnak venni, hogy a mentőejtőernyő a teljes repülési feladat során a gép fedélzetén, a pilóta testére felöltve, működésre előkészített állapotban van.

<sup>40</sup> Egy átlagos ember tömegét többszörösen meghaladó helikopter ejtőernyős ereszkedési, valamint földet érési sebességének biztosításához meglehetősen nagy kupolafelületű ejtőernyőre, esetlegesen több kupolából álló komplex ejtőernyő rendszerre lenne szükség. Ennek a helikopter sárkányszerkezetébe történő beépítése, vészhelyzetben történő működtetése stb. jóval nagyobb mérnöki kihívást jelentene, mint „helyet találni” a fedélzeten a 12 kg össztömegű [1] Sz-4 U-nak, a világ egyik legjobb helikopteres mentőejtőernyő típusának.

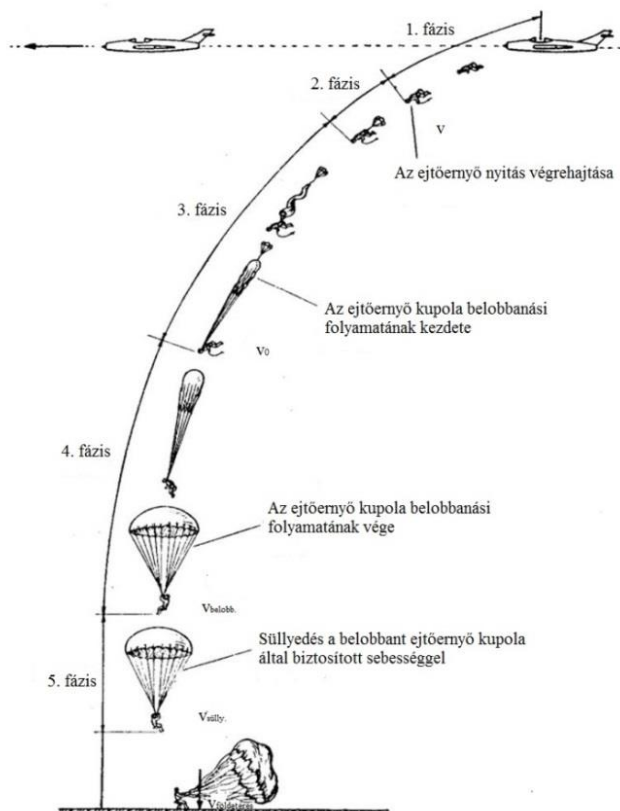
<sup>41</sup> Ezzel kapcsolatosan lásd: **ÓVÁRI, Gy., KAVAS, L., SZANISZLÓ, Zs.:** *Véget ért egy fejezet... vagy mégsem? Lesz-e személyzeti mentőejtőernyő a Magyar Honvédség új helikopter típusainak a fedélzetén?* Repüléstudományi Szemelvények 2020. (A publikáció benyújtásakor a kiadvány megjelenése folyamatban van.)

<sup>42</sup> A publikációmban példaként szereplő helikopter típusokat alapvetően a honvédelmi (katonai) célú repülésben alkalmazzák Hazánkban, de megállapításaim helytállóak a polgári (sport) repülésben alkalmazottakra is.

<sup>43</sup> Ezek a hiedelmek részben igazak, de – meggyőződésem szerint – csak adott körülmények között érvényes „fél igazságok”-ra alapozva soha ne jelentsük ki, hogy emberélet megmentése ilyen módon gyakorlatilag lehetetlen.

### 3.1. A pilóta mentőejtőernyő működésének folyamata

Ehhez fizikai feltételek: sebesség (alapvetően vízszintes irányú, ez helikopter esetében az adott repülési rezsim jellemzője<sup>44</sup>) és belobbanási úthossz megléte szükséges. (1. ábra).



1. ábra. A pilóta mentőejtőernyő működésének fázisai [2]

A korszerű személyi mentőejtőernyők működtetése kizárólagosan kézi nyitási rendszerű, ezért indifferens, hogy a vészelhagyást merev-, vagy forgószárnyas repülőtechnikából kerül végrehajtásra. A biztonságos alkalmazhatóság feltételeiként viszont a gyártóik előírják az ún. toknyitási<sup>45</sup>-, illetve a javasolt, valamint a maximális vészelhagyási sebesség<sup>46</sup>, valamint a vészelhagyási magasság minimális értékét<sup>47</sup>, amelyekből egyértelműen következik, hogy a mentőejtőernyő csak a garantált nyitási úthosszánál magasabban repülő helikopterről alkalmazható, de ez „csak” korlátozást jelent, és nem azt, hogy lehetetlen használni!

Az első hiedelemre ezzel tulajdonképpen választ is adtam.

<sup>44</sup> A már említett Sz-4 U típussal (ld. 2. l.) a szovjetek gyakorlati kísérleteket is végeztek függési üzemmódban történő helikopter vészelhagyásával kapcsolatban. Ezzel kapcsolatban ld. 9. l.!

<sup>45</sup> Ez általánosságban 277,8 km/h-s érték, amely megegyezik a polgári (sport) ejtőernyőzésben alkalmazott pilóta mentőejtőernyők tervezési kritériumaival a TSO C-23d alapján.

<sup>46</sup> Ha feltételezzük, hogy a pilóta a vészelhagyást követően azonnal működteti is ejtőernyőjét, érdemes ez alatt tartani a vészelhagyási sebesség maximális értékét is. Viszonylag kevés helikopter típus képes csak a 250 km/h-s értéket meghaladó sebességgel repülni, így ez ebből a szempontból – ld. 7. l. – nem okozhat problémát.

<sup>47</sup> Erre jó példa napjaink egyik cseh tanulmányában szereplő, minimálisan biztonságosnak vett 200 m [AGL]-es (Above Ground Level: földfelszín feletti magasság) értéke [3], ezt érdemes összevetni az Sz-4 típus (ld. 2. l.) 120 m [AGL]-es minimálisan megengedett vészelhagyási értékével!

### 3.2. A pilóta mentőejtőernyő illeszkedése a helikopter fedélzetére

A „készen kapott” helikopterek üléseinek minimális átalakítása<sup>48</sup> egyszerű megoldást kínálna a „kéznél lévő” személyi mentőejtőernyők beépíthetőségére (2. és 3. ábra).



2. ábra. ATL-88/98-S-1 típusú ülő pilóta mentőejtőernyő elhelyezése AS-350B típusú helikopterben (forrás: Németh Endre mk. fhdy., Budaörs, 2016.02.02.)



3. ábra. ATL-88/90-1 típusú háti pilóta mentőejtőernyő elhelyezése H145M típusú helikopterben (forrás: a Szerző felvétele, MH 86. SZHB, 2020.04.28.)

Ezzel a második hiedelmet is megválasztam.

### 3.3. A repülésképtelen helikopter fedélzetét lehetetlen ejtőernyővel elhagyni

Az elmélet végrehajthatóságát kizárólagosan földi (4. és 5. ábra) és légi próba igazolhatná.



4. ábra. Ka-60 típusú helikopter vészelhagyása földön (forrás: a Szerző gyűjteményéből, eredete ismeretlen)



5. ábra. H145M típusú helikopter vészelhagyása földön (forrás: a Szerző felvétele, MH 86. SZHB, 2020.04.28.)

<sup>48</sup> A pilóta repülés közbeni komfortérzetének növelésén túl a repülésbiztonságot is jelentősen befolyásolja az ülésében való biztonságos, ugyanakkor kényelmes elhelyezkedése. A 2. ábrán látható pilóta mentőejtőernyő és a Mi-8, Mi-17, valamint Mi-24 típusú helikopterek ülésészéi közötti méretkülönbség problémáját kiegészítő ülésbetét legyártásával oldotta meg 2013-ban a Magyar Honvédség.

A pilótának a vészelhagyás során figyelnie kell a helikopter belső- (pl. az 5. ábrán jól látható a botkormány) és külső részeibe történő beakadás elkerülésére, ez kellő begyakorlással és némi szerencsével megoldható, vagyis önmagában ez sem jelenthet lehetetlen kihívást.

Ezzel a harmadik hiedelem is megválaszolásra került.

### 3.4. A pilóta mentőejtőernyő működtetése, a földet érés végrehajtása készségi szintű képzést igényel

A pilóta mentőejtőernyő – már előzőekben említett – kézi nyitási rendszer szerinti működtetése, a már nyitott ejtőernyő kupola alatti, esetlegesen irányított ereszkedés (6. és 7. ábra) és a földet érés végrehajtása feltételezi a használója valamilyen szintű felkészítését.



6. ábra. Sz-4U típusú pilóta mentőernyő légialkalmassági vizsgálata [4]



7. ábra. ATL-88/98-S-1 típusú pilóta mentőejtőernyő ún. „bábús bedobása” (forrás: a Szerző felvétele, 2014.08.25.)

Amennyiben a kiképzettség és a gyakorlati tudás meglétét a pilóta mentőejtőernyőkkel kapcsolatosan is – emelkedő sorrendben – ismeret, jártasság és készség szinten értelmezzük, kijelenthető, hogy az utóbbi kettőt kevés kiképzési rendszerben lehet elérni, ezt azonban a pilóta mentőejtőernyők egyszerű szerkezeti felépítése és megbízható működése kompenzálja.

Ezzel a negyedik, egyben utolsó hiedelemmel kapcsolatos álláspontomat is kifejeztem.

Kizárólagosan az egyéni ejtőernyős mentőeszközök biztonságos alkalmazásához szükséges feltételeket<sup>49</sup> az alábbiak szerint összegezhetem:

1. a pilótának legyen meg a saját ejtőernyős mentőeszközébe vetett bizalma;
2. a pilóta mentőejtőernyő alkalmazásra készen/használó testére felöltve folyamatosan álljon rendelkezésre készen a fedélzeten, a repülési feladat teljes időtartama alatt;
3. a pilóta pontosan ismerje saját mentőejtőernyője biztonságos alkalmazhatóságának magasság-, és sebesség paramétereit;
4. a pilóta – lehetőség szerint – készségi szintű jártassággal rendelkezzen a gépelhagyás, az ejtőernyő működtetése, irányítása, továbbá az azzal történő földet érés vonatkozásában.

<sup>49</sup> Ha ezek közül bármelyik is hiányzik, az a – nemcsak a forgószárnyas – légi jármű személyzet-tag egyéni ejtőernyős megmenekülési esélyét csökkenti le zérus értékre.

#### 4. A PILÓTA MENTŐEJTŐERNYŐ HELIKOPTER FEDÉLZETÉRE TÖRTÉNŐ RENDSZERESÍTÉSÉNEK TERVEZETT FOLYAMATA

Mind a polgári (sport), mind a honvédelmi (katonai) célú repülésben léteznek erre vonatkozóan különböző – nemcsak jogi, hanem a repülésbiztonság magas szinten tartását célul kitűző, – egymástól esetlegesen csak minimálisan eltérő gyakorlati eljárásrendek. Mivel a kapcsolódó egyik legjobb szakirodalom<sup>50</sup> bárki által hozzáférhető, „nem kellene a nulláról elindulni”, és ezzel kapcsolatosan „csak” a szándéknak kell(ene) meglennie...

És, hogy ne csak az elméletnél maradjunk, gyakorlati példaként a Finn Légierő által üzemeltetett NH90 típusú helikoptert említtem meg, ahol bizonyos repülési feladatok végrehajtásához – ezek közé tartozik az ejtőernyős ugratás végrehajtása – a személyzet számára kötelezően előírják, a helikopter kezdeti felszereléséhez nem tartozó, az üzemeltető által későbbiekben rendszeresítésre került személyi mentőejtőernyő viselését. [6].

#### 5. ÖSSZEGZÉS

Összegző zárásként a pilóta mentőejtőernyő – kifejezetten forgószárnyas – légi jármű fedélzetéről történő alkalmazhatóságával kapcsolatosan a következő megállapításokat teszem:

1. a pilóta mentőejtőernyő alkalmazása összességében a nyugati „trend” szerint megtervezett helikopter szerkezetek által nyújtott kollektív védelem biztonságát növelné meg, tenné komplex egésszé, amelyre javasolt rendszeresítési eljárás is rendelkezésre áll;

2. a „keleti” és a „nyugati” légi jármű építési „trend”-ek eltérő gondolkodásmódot követnek. Mivel a személyi ejtőernyős mentőeszköz biztonságos alkalmazása az egyén felelősségén múlik –, amely a nyugati „gondolkodástól idegen” – ezért csak ritka, szinte egyedi példákat lehet felhozni arra, hogy adott üzemeltetők a nyugati építésű helikoptereik fedélzetén tartózkodók biztonságát nemcsak kollektív módon, hanem azt egyéni mentőeszközökkel kiegészítve próbálják növelni.

#### 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *Инструкция по укладке и эксплуатации парашюта С-4.* 1969. p. 4.
- [2] **ЛОБАНОВ, Н. А.:** *Основы расчёта и конструирования парашютов.* Москва, Издательство Машиностроение, 1965. p. 22. Г-27188.
- [3] **KALAVSKY, F. P., SOCHA, V., SOCHA, L., KUTELIK, P., GAZDA, J., KIMLICKOVA, M.:** *Conditions for Abandonment Out of a Helicopter Using Personal Rescue Parachute.* Online: [www.researchgate.net/publication/280301568\\_Conditions\\_for\\_abandonment\\_out\\_of\\_a\\_helicopter\\_using\\_personal\\_rescue\\_parachute](http://www.researchgate.net/publication/280301568_Conditions_for_abandonment_out_of_a_helicopter_using_personal_rescue_parachute)
- [4] MN1936 katonai életképek 1989–1990. Online: [www.d6.felhout.hu/gallery/v/eje/foto\\_galeriak/MN/E049.html](http://www.d6.felhout.hu/gallery/v/eje/foto_galeriak/MN/E049.html) (letöltve: 2021.02.20.)
- [5] **RUFF, S., RUCK, M., SEDLMAYR, G.:** *A repülés biztonságossága és a légi mentés,* (az 51.-149. oldalak közti rész, Mándoki Béla fordításában), LRI RTI: A/5189.
- [6] **SIIPORÄÄ, V.:** *Introduction of the T-10 static line parachuting capability to the NH90 helicopter.* Department of Military Technology, Series 1 Number 35. Tampere, National Defence University/Department of Military Technology, Finland, April 2013. Online: [www.doria.fi/bitstream/handle/10024/95935/INTRODUCTION\\_OF\\_THE\\_T\\_10netti.pdf;jsessionid=CB423870678A7C2B0BD8372AEB2EE42F?sequence=2](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/95935/INTRODUCTION_OF_THE_T_10netti.pdf;jsessionid=CB423870678A7C2B0BD8372AEB2EE42F?sequence=2) (letöltve: 2016.03.09.)

<sup>50</sup> Ez alatt a [5] szakirodalmat értem.

## SPK<sup>51</sup> TÜZELŐANYAGOK ÉS TÜZELŐANYAG-KEVERÉKEK HATÁSA A REPÜLŐGÉP-TÜZELŐANYAG RENDSZEREK NEMFÉMES ANYAGAIRA

### EFFECT OF SPK FUELS AND FUEL BLENDS ON NON-METALLIC MATERIALS FOR AIRCRAFT FUEL SYSTEMS

VARGA Béla<sup>1</sup>, ÓVÁRI Gyula<sup>2</sup>, FEHÉR Krisztina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD., egyetemi docens, varga.bela@uni-nke.hu

<sup>1</sup>Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem,

<sup>2</sup>CSc., egyetemi tanár, ovari.gyula@uni-nke.hu

<sup>2</sup>Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem,

<sup>3</sup>doktorandusz, feherkrisztina01@gmail.com

<sup>3</sup>Katonai Műszaki Doktori Iskola, Nemzeti Közszolgálati Egyetem,

**Kivonat:** Az elmúlt években jelentősen nőtt a polgári repülés környezeti hatásaival kapcsolatos tudatosság és politikai aggodalom. Ezek egyike a klímaváltozást figyelembe véve a széndioxid kibocsátás emelkedő értéke. Az ICAO globális intézkedés csomagjának egyik fő alappillére az alternatív tüzelőanyagok alkalmazása. A legfőbb követelmény, hogy ezek a repülőgép tüzelőanyag rendszerek módosítása nélkül felhasználhatók legyenek ugyanolyan teljesítményt és biztonságot nyújtva, mint a kőolaj-eredetű gázturbinás tüzelőanyagok.

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, alternatív tüzelőanyagok, szintetikus paraffinos kerozin

**Abstract:** Awareness and political concern about the environmental impact of civil aviation has increased significantly in recent years. One of these is the rising value of carbon dioxide emissions in terms of climate change. One of the main pillars of the ICAO package is the application of alternative fuels. The main requirement is that they can be used without modification of the aircraft fuel systems, providing the same performance and safety as petroleum-derived gas turbine fuels.

**Keywords:** climate change, alternative fuels, synthetic paraffinic kerosene

## 1. A NEMZETKÖZI LÉGISZÁLLÍTÁSI IPARÁG ELŐTT ÁLLÓ KIHÍVÁSOK

Az emberi tevékenység miatti széndioxid-kibocsátás az Európai Bizottság és a Holland Környezetvédelmi Ügynökség által 2015-ben kiadott EDGAR adatbázis alapján 36061,71 millió tonna. Egyéb, még potensebb üvegházhatású gázok, – például a metán – nem szerepelnek ezekben az adatokban. Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport (IPCC<sup>52</sup>) legfrissebb adatai szerint a légi közlekedés (belföldi és nemzetközi) az emberi tevékenység által termelt globális széndioxid kibocsátás kb. 2%-át teszi ki (814 millió tonna), melyből a nemzetközi légiközlekedés a kibocsátás közelítőleg 1,3%-áért felelős [1]. Vannak ennél pesszimistább vélemények is, amely szerint a légiközlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása az elmúlt évtizedekben (1960–2018) 6,8 millió tonnáról 1034 millió tonnára nőtt. Ennek következtében 2013. októberében az ICAO Közgyűlés 38. ülészsaka elfogadta az A38-18. sz. határozatot, amely szerint az ICAO és tagállamai – az érintett szervezetekkel együttműködve – törekedzenek arra, hogy elérjék a nemzetközi légi közlekedés globális nettó

<sup>51</sup> SPK: Szintetikus Paraffinos Kerozin

<sup>52</sup> IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

széndioxid kibocsátás 2020-as szinten történő befagyasztását, (az úgynevezett „széndioxid-semleges növekedést 2020-tól” [2]).

A Közgyűlés rögzítette az ICAO globális törekvéseinek elérését célzó intézkedés csomagot, aminek egyik oszlopa a fenntartható alternatív üzemanyagok alkalmazása (Sustainable Aviation Fuels).

Ezek egyike lehet a szintetikus paraffinos kerozin, amelyek különféle nem kőolajforrásokból nyerhetők, például szénből, földgázból, algákból, mezőgazdaságból és biomasszából. Az utóbbiak különösen érdekesek, mivel kisebb az életciklusuk során kibocsátott üvegházhatású gázok mennyisége. Az SPK-k lehetnek mind a Fischer-Tropsch (FT) eljárásból származó, mind a hidrogénezett feldolgozott észterek és zsírsavak (HEFA) kategóriába tartozó alternatív tüzelőanyagok. Mindkét tüzelőanyag-típus kereskedelmi repülésben való használatra engedélyezett, legfeljebb 50%-ban keverve a hagyományos tüzelőanyaggal. A problémát az jelenti, hogy ezek a tüzelőanyagok hogyan hatnak a repülőgép tüzelőanyag-rendszerek nemfemes anyagaira.

## 2. A VIZSGÁLAT TÁRGYÁT KÉPEZŐ POLIMEREK ÉS TÜZELŐANYAGOK

Amikor egy polimer anyagot először kitesznek tüzelőanyagnak hatásának, két folyamat léphet fel. Egyrészt az anyag elnyeli az tüzelőanyag olyan alkotóelemeit, mint alkánok<sup>53</sup>, aromás anyagok, adalékanyagok stb., amelyek önmagukban általában az anyag duzzadását<sup>54</sup> és megpuhulását okozzák.

Ugyanakkor, a tüzelőanyag olyan anyagokat vonhat ki az alapanyagból (lágýtók, feldolgozási segédanyagok, maradék oldószerek stb.), ami általában az anyag zsugorodását és megkeményedését és ezzel állagromlását okozhatják. A tüzelőanyagnak az anyagra gyakorolt összehatása ennek a két folyamatnak az egyensúlyából adódik.

Aggodalomra az ad okot, hogy az alacsonyabb aromás tartalom az SPK tüzelőanyagokban a polimer anyagok, például O-gyűrűs tömítések és tömítőanyagok zsugorodását, keményedését és meghibásodását okozhatja. A jelenlegi ipari tapasztalatok szerint legalább 8% aromás tartalomra van szükség a szintetikus sugárhajtású tüzelőanyag-keverékekben. Ismert, hogy bár az aromás vegyületek nagy hatással vannak a tömítések duzzadására, nem ezek az egyetlen olyan tüzelőanyag-összetevők, amelyek ezt befolyásolják. Az oxigenátok<sup>55</sup>, a kéntartalmú vegyületek és a savas vegyületek néhány példa olyan molekulákra, amelyek szintén befolyásolhatják ezeknek az anyagok tulajdonságait.

A cikk alapjául szolgáló kutatások:

- a Boeing cég CLEEN Program keretében végrehajtott projektje, amelynek célja a kiválasztott alternatív tüzelőanyagok használhatóságának értékelése a hagyományos kőolaj alapú tüzelőanyagok helyettesítőiként [3];
- az Aviation Deutsche Lufthansa AG és a Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe jelentése az ENER/C2/2012/420-1 „Bioüzemanyag-keverékek a légi közlekedésben” pályázatnak megfelelően végzett kutatási eredményeiről [4].

A kutatások során vizsgált anyagok: nitril-kaucsuk (gumi) (N0602), fluor-szilikon (L1120), fluor-carbon (V0835) O gyűrűk, poliszulfid (PR 1776), polioéter (PR 1828) tömítőanyagok, epoxi bevonat (BMS 10-20), epoxi bevonat (BMS 10-123), nejlon film,

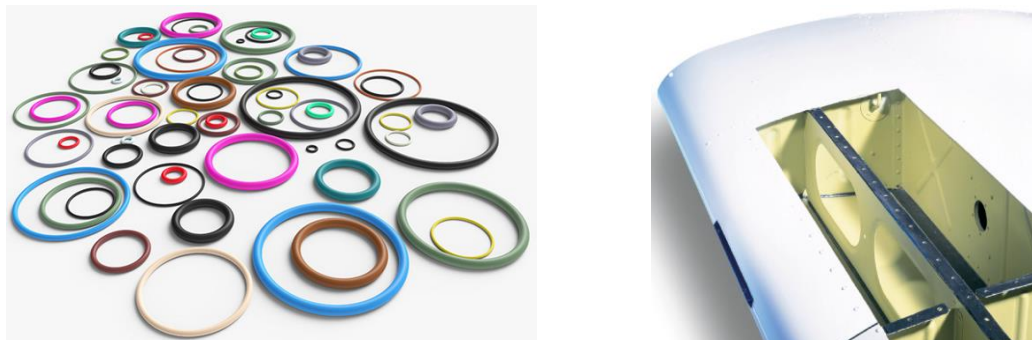
<sup>53</sup> Alkánok a telített szénhidrogének egyik csoportját alkotják. Lehetnek elágazó és el nem ágazó szénláncúak. Reakciókészségük kicsi, innen származik a paraffin nevük (parum affinis = kis reakciókészség). Általános képletük:  $C_nH_{2n+2}$ .

<sup>54</sup> Szilárd anyagoknak térfogat-növekedéssel járó gőz-, ill. folyadékfelvétele.

<sup>55</sup> Oxigenátok: oxigén-tartalmú vegyületek, a molekuláikban lévő oxigénatom elősegíti a tökéletesebb égést segítve a kisebb CO és CH kibocsátást.



kapton® film.



1. ábra. A tüzelőanyagrendszerekben alkalmazott polimerek [5], [6]

A polimerek térfogat-duzzadását és az elnyelt tüzelőanyag vizsgálatát 12 fajta Jet-A és 4 SPK tüzelőanyag bevonásával végezték. A Jet-A tüzelőanyagokat úgy választották ki, hogy az aromás vegyületek széles skáláját lefedje (8,7%-tól 23,1%-ig). Az SPK-t különféle forrásokból választották ki, de 4 nagyon hasonló, 0%-os aromás tartalmú tüzelőanyaggá dolgozták fel. A tüzelőanyag-összetevők molekuláris szerkezete és különösen az aromás vegyületek hatásának értékeléséhez 10 aromás anyagot használtak, hangsúlyozva a moláris térfogat, a polaritás és a hidrogénkötés relatív szerepét összehasonlítva a referencia Jet-A tüzelőanyagokkal. Ezen kívül mérték az 50% SPK/Jet-A tüzelőanyag-keveréket tartalmazó tüzelőanyagok hatását a tüzelőanyag-rendszer anyagaira, tekintet nélkül azok aromás tartalmára, valamint ezeknek a keverékeknek a 8%-os aromás anyagokkal való keverés utáni hatására.

### 3. SPK TÜZELŐANYAGOK ÉS KEVERÉKEK HATÁSA A VIZSGÁLT ANYAGOKRA

Megállapították, hogy az tüzelőanyag aromás tartalmára adott általános válasz nagyon anyagfüggő. A nitril-kaucsukból (gumi) készült O-gyűrűk mutatják a legerősebb függőséget a referencia Jet-A-k aromás tartalmára. Fluor-szilikon O-gyűrű mérsékelt térfogat-duzzadást mutatott, azonban ennek az anyagnak a térfogat-duzzadása nagyon gyengén függött az aromás tartalomtól. A fluorcarbon O gyűrű térfogat-duzzadása az aromás tartalom viszonylag gyenge függvénye és szűk tartományt fog át. A két tömítőanyag érdekes viselkedést mutatott. A PR-1776 poliszulfid a teszt-tüzelőanyagok többségében zsugorodott, a polioéter pedig hasonló viselkedést mutatott, mint a nitril-kaucsuk. A poliszulfid mérsékelt választ mutatott a referencia tüzelőanyagok aromás tartalmára. A két epoxi bevonat, valamint egy nejlon és egy Kapton® film lényegében nem reagált egyik referencia tüzelőanyagra sem.

A tüzelőanyag molekuláris szerkezetének hatása tekintetében megállapították, hogy a térfogat-duzzadás növekszik, ha az tüzelőanyag-komponensek moláris térfogata csökken, és (vagy) nagyobb a polaritásuk és hidrogénkötésük. Az alkánok általában viszonylag nagy molekulák, amelyek nem polárosak és nem vesznek részt hidrogénkötésekben. Ezzel szemben az aromás vegyületek (alkil-benzolok) kisebb méretűek, némi polaritást mutathatnak, és gyenge hidrogénkötéseket alkothatnak. A diaromatikusok (alkil-naftalinok) szintén viszonylag tömörök, és jelentős poláris és hidrogénkötési tulajdonságokkal bírnak. E három tényező (moláris térfogat, polaritás, hidrogénkötés) közül a moláris térfogat volt a legkisebb hatással a térfogat-duzzadásra, amelyet a polaritás és a hidrogénkötés követett. Utóbbi kettő közül a hidrogénkötés hatása lényegesen nagyobb volt, mint a polaritásé. Ez azt sugallja, hogy a tüzelőanyag térfogat-duzzadásra (növekedésre) való hatása nagyobb, ha a forráspont tartomány alacsonyabb hőmérsékletek felé mozdul (alacsonyabb molekulatömeg), illetve a polaritás és a hidrogénkötés növekszik, és fordítva. Megjegyezve, hogy a Jet-A-k nagy része és az összes tipikus SPK

paraffinos és ezért nem poláros, az tüzelőanyag polaritását és hidrogénkötési karakterét az aromás vegyületek fogják meghatározni. Hangsúlyozva azonban, hogy az tüzelőanyag nagy része paraffinos, főleg, ha az aromás tartalom csökken, a tüzelőanyag molekulatömeg eloszlás hatását kell figyelembe venni. Ez hangsúlyozza annak fontosságát, hogy figyelembe vegyék az tüzelőanyag egészének összetételét annak mérlegelésekor, hogy milyen módon lép kölcsönhatásba a nem fémes anyagokkal, és nem csak a tüzelőanyag egy-egy frakciójára kell összpontosítani, mint például az aromás összetevőre. A tiszta SPK-tüzelőanyagok térfogat-duzzadási jellegzetességének alapos vizsgálata azt mutatja, hogy annak ellenére, hogy a JET-A referencia-tüzelőanyagokéhoz hasonló forráspontú tartományba esnek, térfogat-duzzadásuk kisebb volt, mint a referencia-tüzelőanyagok térfogat-duzzadásának extrapolálásával elvárt érték. Ennek az a hatása, hogy az ezekből a tüzelőanyagokból előállított keverékek a térfogat-duzzadást semlegesítik. Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy ez a paraffinos alternatív tüzelőanyagok esetében gyakori jelenség, és ez a cikloparaffinok hiányából eredhet, ami érdemessé teheti hatásuk vizsgálatát a térfogat-duzzadásra.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy a cikloparaffinokra ugyanazok az alapvető szabályok vonatkoznak, mint a többi tüzelőanyag összetevőre. Pontosabban, a cikloparaffinok azon képessége, hogy térfogatduzzasztó jelleget kölcsönözzenek egy olyan tüzelőanyagnak, mint az SPK vagy a Jet-A, növekszik, amikor a cikloparaffin polaritása növekszik és a moláris térfogata csökken (a cikloparaffinok nem mutatnak hidrogénkötési karaktert). A cikloparaffinok aktivitása magasabb, mint a lineáris és elágazó paraffinoké, viszonylag kicsi a moláris térfogatuk és enyhe polaritással rendelkeznek. Az utóbbit közvetlenül megfigyelték olyan technikákkal, mint a GCxGC<sup>56</sup> elemzés. Úgy tűnik, hogy a cikloparaffinok teljesítményét befolyásoló fő tényező a moláris térfogat, de a szerkezet alapján is van némi differenciálódás. Pontosabban, a nem szubsztituált cikloparaffinok némileg nagyobb hatást mutatnak, mint a szubsztituált cikloparaffinok. A térfogat-duzzadást gyengén befolyásolja a függőcsoportok helyettesítési helyzete, az 1,2-es helyettesítési minta a preferált konfiguráció.

Az eredmények arra utalnak, hogy lehetséges olyan cikloparaffint tartalmazó tüzelőanyag kifejlesztése, amely nagyon alacsony, vagy akár nulla aromás tartalommal rendelkezik. A cikloparaffinok ugyanakkor még hozzájárulnak az SPK-k sűrűségének növeléséhez anélkül, hogy rontanák a teljesítményüket [3], [4].

#### 4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **VARGA, B. TÓTH, J.:** *A széndioxid, mint a legfőbb ellenség, avagy mi az ICAO által létrehozott CORSIA szerepe ebben a harcban*, Repüléstudományi Közlemények XXIX. 3. pp. 243–252., 9 p. (2017)
- [2] Environmental Protection. Elérhető: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>, (Letöltés dátuma: 2017.12.23)
- [3] Impact of Alternative Jet Fuel and Fuel Blends on Non-Metallic Materials Used in Commercial Aircraft Fuel Systems, Submitted by The Boeing Company, 2011
- [4] **ZSCHOCKE, A., SCHEUERMANN, S., ORTNER, J.:** High Biofuel Blends Aviation (HBBA) ENER/C2/2012/ 420-1 Final Report, Deutsche Lufthansa AG, Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe, 2012
- [5] Parker O-Ring Handbook. Parker Hannifin Corporation, Cleveland, 2018. Elérhető: [https://southernrubber.com/wp-content/uploads/SRC\\_Parker-O-Ring-Handbook.pdf](https://southernrubber.com/wp-content/uploads/SRC_Parker-O-Ring-Handbook.pdf) (Letöltés dátuma: 2021.06.04)

<sup>56</sup> GCxGC: kétdimenziós kromatográfia egyfajta kromatográfiai technika, amelyben az injektált mintát két különböző elválasztási szakaszon keresztül választják szét.

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2021 KÖRNYEZET- ÉS  
FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY SZEKCIÓK  
KONFERENCIA KIADVÁNYA

- [6] PRC® and Pro-Seal™ Aerospace Sealants. Elérhető: [https://www.ppgaerospace.com/getmedia/7149f714-73df-45a0-80a1-c7ef6999598d/PRC\\_SealantBrochure0077.pdf](https://www.ppgaerospace.com/getmedia/7149f714-73df-45a0-80a1-c7ef6999598d/PRC_SealantBrochure0077.pdf).  
aspx (Letöltés dátuma: 2021.06.07)

## KATONAI CÉLÚ DRÓNFEJLESZTÉSEK A KÉT KATONAI NAGYHATALOM BOSZORKÁNYKONYHÁJÁBAN

### MILITARY DRONE DEVELOPMENTS IN THE WITCH KITCHEN OF THE TWO MILITARY SUPERPOWERS

**MAJOR Gábor**

tanársegéd, major.gabor@uni-nke.hu  
Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

**Kivonat:** *A drónok ma már szinte minden hadsereg arzenáljában ott vannak, arra várva, hogy valamilyen speciális rakománnyal felszerelve a levegőbe emelkedhessenek egy újabb bevetés erejéig. Izgalmas, hogy a meleg levegővel feltöltött, repülni és „bombázni képes dróntól” hogyan jutunk el az önállóan levegőbe emelkedni, célt meghatározni, fegyverrendszert kiválasztani, azt megfelelően alkalmazni és biztonságban hazatérni képes légi eszköz rendszerig, és tovább. A cikkből az olvasó megismerheti a két „drón nagyhatalom” járműarzenáljának fejlesztési koncepcióját, és a légi eszközök fontosabb paramétereit.*

**Kulcsszavak:** *pilóta nélküli légi jármű rendszerek, UAS, drón, UAV katonai felhasználás, drón történelem, UAV kategóriák, Oroszország, USA.*

**Abstract:** *Drones are already in the arsenal of almost every army, waiting to take to the skies equipped with some special payload for another mission. Exciting, how we get from warm air loaded and fly and bomb drones to independently take off, target selection, weapons systems selecting and safe return home airborne system and beyond. The article will give the reader an insight into the development concepts of the two "drone powers" and the main parameters of the aircraft.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicle systems, UAS, drone, UAV for military use, drone history, UAV categories, Russia, USA.*

#### 1. BEVEZETÉS

Már Szun-Ce<sup>57</sup> hadviselési szabályai óta ismerjük, hogy „A hadvezér, ha tudja, hogy hol zajlik le majd az összecsapás, már messziről azt a bizonyos helyet kell figyelnie, hogy megfelelően irányíthassa csapatait [4].”

Ahogy a csaták megvívása a hagyományos két dimenzióról (földön-vízen) kiterjesztésre került a légtér dimenziójára is, előtérbe kerültek azok a légi eszközök, amelyek ma már szinte minden hadsereg arzenáljában ott vannak, arra várva, hogy valamilyen speciális rakománnyal felszerelve a levegőbe emelkedhessenek egy újabb bevetés erejéig. A katonai alkalmazás során első sorban olyan feladatkörök ellátására tervezik őket, amelyek túl veszélyesnek, és/vagy túl hosszantartónak bizonyulna a pilóták részére, a testi épségüket veszélyeztetné, vagy akár egyéb okokból kifolyólag képtelenek lennének a küldetés sikeres végrehajtása. A pilóta nélküli légi járművek alkalmazása kiterjedhet felderítésre, megfigyelésre, rádiótechnikai átjátszásra, rádióelektronikai zavarásra, támadásra és még számos más katonai célok megvalósítására [8], [11].

Igaz, a jövő légi járműveinek tudását, kinézetét, felszereltségét, meghajtási megoldásait jelenleg nehéz pontosan meghatározni, de a „változás kézenfekvő, a fejlődés pedig garantált”,

---

<sup>57</sup> ókori kínai író, filozófus és hadvezér (kb. i. e. 544 – i. e. 496.)

hiszen a levegőben közlekedő járművek nélkül nem tartana itt a légi hadviselés, a gazdaság, a turizmus és természetesen a vírusmutációk terjedése sem. [6], [12].

A klasszikus hidegháborús szembenállást alapul véve a két „ösi” fél légi járműveinek kiválasztásánál nem a teljesség igénye volt a vezérelv a publikáció terjedelmi korlátai miatt, csupán gondolatébresztőnek szántam néhány technikai remekmű felvillantását, amiket egymástól függetlenül álmodtak meg és fejlesztettek a szakemberek.

## 2. A HADSEREGEKBEN ALKALMAZOTT KATONAI „PÉLDÁNYOK”

A Goldman Sachs<sup>58</sup> szerint a katonai dróntechnológia a közeljövőben is a drónfejlesztések fő mozgatórugója lesz majd. A cég becslése alapján a világ hadseregei összesen nagyjából 70 milliárd dollárnyi összeget fordítanak jelen időszakban a drónok fejlesztésére [12].

### 2.1. Amerikai Egyesült Államok (USA)

A már jól bevált, 1990-es években fejlesztett Global Hawk, Reaper és Predator UAS-ok mellé az ötödik és hatodik generációs pilóta által vezetett vadászgépeknek megfelelően, alacsony észlelhetőségű (lopakodó) drónok fejlesztésén dolgozik az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma.

#### 2.1.1. Northrop Grumman RQ-180

A denevérszárnyas RQ-180-as (beceneve a „Great White Bat”<sup>59</sup>, vagy néha „Shikaka”<sup>60</sup>) a Lockheed SR-71 "Blackbird" utáni űrt hivatott betölteni a felderítés területén, mivel a fejlett légvédelmi rendszerek által őrzött légtérbe behatolni képes légi jármű hiányzott az arzenálból. Méreteit a Global Hawk-al lehet összehasonlítani. Szélessávú radarkeresztmetszet-csökkentő funkcióval rendelkezik, természetesen rádióhullám elnyelő bevonattal látták el a kompozit héjszerkezetet, ami kiváló aerodinamikával rendelkezik, hogy nagyobb hatósugarat és hosszabb repülési időt érjen el [1].

A hivatalos bemutatás és a rendszerbe állítás még várat magára, de feltételezhetően 40 m-es fesztáv, 10 m-es hosszúság és 14 000 kg tömeg adja a keret paramétereiket, így tervezetten 18 000 m-es szolgálati magasságra és 20 000 km-es hatótávra lesz képes.

#### 2.1.2. Lockheed Martin SR-72

A Lockheed Martin SR-71, nagy hatótávolságú hadászati-hadműveleti felderítő repülőgép, volt az első lopkodók egyike, amit kifejezetten alacsony radarhullám-visszaverő formára terveztek. Az 1998-as „nyugdíjazását” követően ebben a harcászati szegmensben űr keletkezett, ami betöltéséért megindult a fejlesztési küzdelem. A harci drónok korában kézenfekvőnek tűnt, hogy ezt a szegmenst is pilóta nélküli repülőgéppel pótolják, így esett a választás az SR-72-re, amit az utódjának szánnak. Hiperszonikus azaz 6 M<sup>61</sup> sebességre képes hírszerző, felderítő és felügyeletet ellátó drónt fegyverekkel is fel lehet majd szerelni. Az SR-72 első repülését 2023-ban várják, míg a teljes képességsomaggal ellátott repülőgépeket várhatóan 2030-ra állítják majd hadrendbe [2].

<sup>58</sup> The Goldman Sachs Group, Inc. – 1869-ben alapított, New York-i székhelyű befektetési bank, pénzügyi szolgáltató, vagyon-, és kockázatkezelő multinacionális vállalat.

<sup>59</sup> Nagy Fehér Denevér.

<sup>60</sup> egy kitalált szent fehér denevér az 1995-ös Ace Venture 2 filmből.

<sup>61</sup> Szabványos tengerszinti adatok mellett a Mach-szám (M) 1, ha a sebesség 1225 km/h a légkörben.

### 2.1.3. Dynetics X-61A Gremlins

A 2016-ban, a DARPA által indított Gremlins program az Egyesült Államok következő jelentős fejlesztései közé tartozik. A program célja, hogy egy pilóta nélküli légi rendszert építsenek ki. Ez egy komplex rendszer, amelyben, egyszerre több példányban bevethető és újra használható pilóta nélküli légi jármű található. A harci repülőkről, hordozógépekről, esetleg bombázóról is indítható X61-es drón műveletek közbeni alkalmazásakor fontos szempont az elosztott képességek és az ezekkel elérni kívánt rugalmasság és költségmegtakarítás.

A sokkal drágább és nagyobb üzemeltetési költségekkel bíró légi jármű, amelyről az indítás történik, a veszélyes, ellenséges erők hatósugarán kívül maradhat, ezáltal a veszteségek tovább csökkenthetők. Az elképzelések szerint ezek az UAS-ok 20 alkalommal vethetők be különböző feladatok végrehajtására, a sikeres feladat végrehajtást követően pedig begyűjtésre kerülnek, hazaszállítják és felkészítik a következő bevetésre. Tervezetten számos hasznos teher függesztését tervezik, mint például elektro-optikai érzékelők, infravörös képalkotók, elektronikai hadviselési rendszerek és fegyverek. Tervezetten az elképzelések szerint, távolról akár egyszerre 8 db X61-es légi jármű is irányítható lesz egyidőben. Eddigiek során 5 db készült el, ebből 1 db megsemmisült egy kísérlet során [12].

### 2.1.4. QF-16

Az Egyesült Államok minden évben jelentős mennyiségű F-16-os 4. generációs repülőgépet „nyugdíjaz”. Ezek nagy részét átalakítják pilóta nélküli légi járművé, ami könnyen megvalósítható, hiszen ezek úgynevezett fly-by-wire repülőgépek, ami az irányítási rendszerük működési elvére utal.

Ez azt jelenti, hogy a repülőgép irányításához szükséges pilóta általi mozdulatokat érzékeli a számítógép és az utasítások vezetékeken keresztül kerülnek továbbításra a kormányiszervek felé, majd a különböző irányításért felelős szervek működésbe lépnek és megvalósul az irányítás. Az átalakított repülőgépeket QF-16-nak nevezik.

Ezek a gépek képesek önálló fel- és leszállásra, bonyolult manőverek végrehajtására. Ennek ellenére a legtöbbször ezek a gépek nem szállnak le, mert lelövik őket a levegőben célgyakorlatként más, rakétákat indító pilóta nélküli légi járművek. Ezeket a légi járműveket is hasonló módon tudják felhasználni, mint a későbbiekben bemutatásra kerülő orosz SU-70-es. A QF-16-os repülőgépek megfelelő szoftverrel a jövőben kísérhetik az F-22-es vagy az F-35-ös repülőgépeket is [13].

## 2.2. Oroszország (RUS)

Az orosz védelmi minisztérium a harci UAV-ok fejlesztését a 2000-es években részben K + F szerződések révén finanszírozta, melyben az RSK MiG és a Sukhoi tervezőirodák jártak az élen a közepes súlyú felderítő drónok tanulmányozását és fejlesztését tekintve. Először, 2005-ben nagy erővel és sikerekkel az RSK MiG „SKAT”<sup>62</sup> projektje indult. Párhuzamosan a Sukhoi tervezőiroda is megkezdte a maga projektjét „OKHOTNIK”<sup>63</sup> néven,

---

<sup>62</sup> Mikoyan Skat (oroszul: Микоян Скат) – lopakodó pilóta nélküli légi jármű (UCAV) koncepciója. Fedőneve: „Stingray” (Rája)

<sup>63</sup> (oroszul: Охотник) orosz lopakodó, nehéz pilóta nélküli légi jármű (UCAV) fejlesztésére megalakított projekt.

aminek nagy lökést jelentett az Iránban történt amerikai Lockheed Martin RQ-170 Sentinel<sup>64</sup>, egy orosz gyártmányú elektronikus hadviselési rendszer segítségével, az afgán határ közelében földre kényszerítése. Ezt követően, 2011 decemberében Moszkva döntött az orosz „drónprogram”-hoz kapcsolódó pénzeszközök elosztásáról, amelyben a Sukhoi gyár Okhotnik programját finanszírozta a Védelmi Minisztérium. A 2018–2027 közötti állami fegyverprogram forrásokat különít el az UCAV beszerzésére, fejlesztésére. A jelenlegi orosz elképzelés szerint a felderítő és fegyveres drónokat egy csoportban, egy kötelékben alkalmazzák. Biztonságos adatkapcsolaton keresztül cserélnének adatokat egymás között, és segítenek a pilóta által vezetett repülőgépeknek a fegyveres konfliktus esetén, akár egy „*technológiailag kifejlesztett*” ellenféllel szemben is [14].

### 2.2.1. Mikoyan Skat „Stingray”

A tervezési célkitűzésekben meghatározottak szerint ez a harci pilóta nélküli légi jármű alacsony felderíthetőségű, csupaszárny felépítésű, kompozit anyaghasználattal készül és két belső fegyverfülkében elrejtett fegyverzetet hordoz repülésközben.

A "Skat" tervezett műszaki paraméterei alapján a légi jármű 10 t, amelyből 2 t a harci teher, 4000 km repülési távolságra, legfeljebb 800 km / h föld felszíne feletti sebességgel, és 12 000 m maximális repülési magasságra képes. A repülőgép vázának hossza 10 m, a szárnyfesztávolság pedig 11,5 m. Az UAV-nak 2 belső bombarekeszben rakéta- és bombafegyvereket kellett volna hordoznia a kabin belsejében (2 db X-31A levegő-föld, vagy 2 db X-31P antiradar rakéta, vagy 2 db KAB-250 [250 kg], vagy 2 db KAB-500 [500 kg]).

A koncepció meghatározását követően a tervező asztalon elkészült vázlatokból a „MAKS<sup>65</sup> - 2007” nemzetközi légi bemutatóra mérethű makettet készítettek, amelyet ki is állítottak a közönség elé, ám a projekt munkálatai a finanszírozás hiánya miatt 2012-ben lezárultak [15][21][22][23].

„...a Skat egy technológiafejlesztési program volt, amelynek során egy teljes körű legénység nélküli, lopakodó jellemzőkkel rendelkező harci légi jármű koncepciót állítottunk össze, és hatalmas mennyiségű tanulmányt végeztünk az aerodinamika, a gázdinamika és más területeken. Ez segített nekünk technológiai alapot létrehozni...”, – mondta Vlagyimir Barkovszkij<sup>66</sup> a Skat projektről 2012-ben [16].

A SKAT projekt 2020-ban újra indult, miután a MiG és a Szuhoj vállalatot a 2003-ban alapított Védelemi Ipari Komplexumon belül összevonták.

### 2.2.2. Sukhoi S-70 Okhotnik<sup>67</sup>

Az „Okhotnik”, mint a Sukhoi UCAV fejlesztési törekvésének elnevezése, 2014-ben Vladimir Mihailov<sup>68</sup> tábornoktól származott. A gyártó 2018 közepén elkészítette az S-70 fejlesztési prototípust, időben, hogy teljesítse a 2019-es repülési tesztelés megkezdésének szerződéses kötelezettségét.

A Sukhoi a Mikoyan Skat kutatási és fejlesztési információit használta fel a 20 tonnás Okhotnik-B lopakodó UCAV fejlesztésére a RSK MiG szakértői támogatásával. Az elkészült felderítő és csapásmérő drón a kornak megfelelő csupaszárny kialakítású, kompozit anyagok és

<sup>64</sup> csupaszárny kivitelű (feszítávolsága 20 m), 3900 kg felszálló tömegű, 4,5 m hosszú, 1,8 m magas, 2007-ben rendszerbe állított lopakodó UAV.

<sup>65</sup> Международный авиационно-космический салон – Nemzetközi repülési és űrkutatási kiállítás

<sup>66</sup> A MiG mérnöki központjának vezetője.

<sup>67</sup> Сухой С-70 "Охотник" („Hunter/Vadász”)

<sup>68</sup> az orosz légierő volt parancsnoka és az UAC védelmi programjainak vezetője

lopakodó bevonat felhasználásával készült alacsony radar észlelhetőségű és az 1. táblázatban látható technikai paraméterekkel rendelkezik. A jelenlegi fejlesztési állapotában még kritikát fogalmaztak meg a drón észlelhetőségét illetően a rádiófrekvencia és az infravörös spektrum tartományban. 2019-ben megkezdte repülési tesztjeit az autonóm drón, amely képes az ötödik generációs Su - 57-essel kötelébe repülni és kommunikálni, segéd szárnyként együttműködni [3][21][22][23].

*1. táblázat. S-70 technikai paraméterei*

Fesztáv	Hossz	Szolgálati magasság	Hatótáv	Tömeg	Fegyverzet	Sebesség
20 m	14 m	18 000 m	6000 km	20 000 kg	6000 kg	1000 km/h

A fejlesztések során az UAV-okat utánégető nélküli AL-41F<sup>69</sup> hajtóművel látják el, amelyek a törzs kontúrájába illeszkednek, és ez lehetővé teszi a hő- és radarjel csökkentést. Ezzel a fejlesztési lépéssel olyan multifunkcionális járművé válik, amely képes bármilyen típusú légi és földi célpont ellen egyaránt tevékenykedni. A vállalat tervei szerint 2022 - 2023 folyamán ezeket az új példányokat egymás után összekapcsolják a repülési tesztekkel, majd 2024-től megkezdik a drónok szállítását a légierőnek [17].

### 2.2.3. ORION

A hadsereg pályázatot írt ki egy körülbelül egy tonnás, közepes hatótávolságú, többfunkciós drónra, miközben az Okhotnik-projekt állami megrendelésre folyamatban volt, a SKAT-program pedig a makett megépítését követően pedig pénzhiány miatt „megfeneklett”. Ennek ellenére szinte az összes vezető orosz repülőgépgyártó vállalat részt vett benne. A megbízást a Kronstadt (Кронштадт) csoport nyerte, amely a drón fejlesztője és gyártója lett.

A kiinduló célkitűzések szerint a drón folyamatos repülési időtartama, legfeljebb 7500 m-es magasságig emelkedve, 250 km-es hatósugáron belül, 24 óra (60 kg terheléssel), maximális felszállási tömege 1 tonna, hasznos teherbírása pedig 200 kg. Az "Orion" a terep légi felderítésére, a földi és felszíni tárgyak koordinátáinak meghatározására, valamint a terület topográfiai felmérésére szolgál. A harci változatban ez a drón akár négy levegő-föld rakétát is képes szállítani [18].

Az Orion az első orosz, pilóta nélküli repülőgép, amelyet teljes egészében Oroszországban fejlesztettek ki és hazai alkatrészekre építettek. A 3,2 m magasságú, 16 m szárnyfesztávolságú, 8 m hosszúságú törzssel rendelkező, közepes repülési magasságú, hosszú repülési időtartamú UCAV export változatát (Orion-E „Орион-Э” néven) a MAKS- 2017 légi bemutatón mutatták be. A műszaki paraméterek alapján a prototípusokat a 115 LE-vel bíró Rotax 914-es motorokkal szerelték fel, de a hírek szerint a 2021 novemberében Dubnában kezdődő sorozatgyártásban már az orosz fejlesztésű APD-110/120 erőforrásokat építenek a drónokba. A légi jármű lelkét azonban a szenzorok jelentik, melyeket az Airbus dél-afrikai leányvállalata, a DS Optronics<sup>70</sup> által kifejlesztett Argos rendszere alapoztak. Az 56 kg tömegű, 41 cm átmérőjű, a gép orra alá szerelt forgatható gömbben két infra-, és egy széles látószögű-, normál fényviszonyok mellett használható kamera, illetve egy lézeres távolságmérő / célmegjelölő található. Az optikai szenzorcsomag mögött, a szárnyak vonalában további (külső felfüggesztésű) rendszerek elhelyezésére van lehetőség, ahová kamerát, radart lehet felszerelni, vagy éppen X-50 irányított rakétákat, 20 és 50 kg-os irányított és nem irányított bombákat lehet felfüggeszteni [19], [20].

<sup>69</sup> Orosz katonai változó átömlési arányú turbóventilátoros hajtómű változat

<sup>70</sup> 2017 elején az Airbus DS Optronics (Pty) Ltd a HENSOLDT részévé vált, és átnevezték HENSOLDT Optronics (Pty) Ltd. névre. A HENSOLDT az Airbus csoport biztonsági és védelmi elektronikai tevékenységeit foglalja magában. <http://hensoldt.net>



Az Orion-E drón exportváltozatot és az ARMY – 2018<sup>71</sup> fórumon közönség elé állított, drón fegyver-vezérlő (légi felderítő komplexum) egységet is bemutatták Abu-Dzabiban. A bemutatott földi vezérlőállomás lehetővé teszi, hogy a felderítő és a csapásmérő drónokat egyetlen rajként irányítsák, a továbbfejlesztett univerzális NSO változat pedig bármilyen típusú drón használatát lehetővé teszi. [19]

### 3. KONKLÚZIÓ

Miután a repülésben jártas szakemberek felismerték, hogy nemcsak csodálatos a repülés, de rendkívül veszélyes is, majd a technikai lehetőségek is adottá váltak, az ember védelme érdekében, egyre inkább kivették a fedélzetről a pilótát és távoli irányítással hajtották végre a bevetéseket. Egészen eddig. De vajon mi lesz ezután?

A tervezés szempontjából nyilvánvaló előnyök mutatkoznak az ember által vezetett repülőgépekhez képest, az UAV-ok bármilyen méretben megtervezhetők, megfelelnek a misszió profiljának, kezdve a taktikai feladatoktól egészen a stratégiai bevetésig. Ezt a tudást és modularitást felhasználva például a légi ellenőrzési tevékenység folyamatossága a drón rajok alkalmazhatóságával nagyfokú hatékonysággal biztosítható, egyben az őrzésvédelmi tevékenységre tervezett élőerő létszáma csökkenthető. Az alkalmazott drónok üzemeltetési költsége egyébiránt töredéke a helikopteres légi felderítés költségének [4].

Mi az igazi harci raj? Képzeljük el, hogy több tucatnyi, több tonnás drón jelenik meg az égen, amelyek nagy pusztító erejű rakétákat és bombákat szállítanak, miközben egyszerre manővereznek, mint egy madárraj, anélkül, hogy összeütköznének egymással, vagy elzárnák egymás tüzelőszektorát. A légi csapás során „ők” képviselik a harci érintkezés első szintjét, felveszik a harcot a légvédelemmel, megvédik a raj közvetlen felügyeletét, irányítását végző, ember által vezetett repülőgépeket és megóvják a pilóták az életét. A raj mesterséges intelligencia segítségével tanítható, irányítható. A nehéz drónok rajának irányítására algoritmusok létrehozására van szükség, amely egyfajta neurális hálózati modell lesz, amiben a drónok folyamatos interakcióban állnak egymással, sérülés esetén átadják a feladataikat, szerepeket váltanak, és végül a megsemmisítendő célpontokhoz érkezve teljesítik a küldetésüket.

Kijelenthető, hogy a légi robotok megérkeztek a katonai műveletek minden szegmensébe, miután minden körülmények között a technológia és tudomány vívmányait felhasználva tökéletesen kiegészíti, vagy szükség esetén helyettesíti az embert a veszélyes küldetések során.

A drón hamarosan nem lesz más, mint egy bivaly erős számítási tudással, kellő „gépi intelligenciával” és rengeteg szenzorral rendelkező, repülni képes csomagolásba bújtatott légi platform.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *This photo could show highly secret rq 180 stealth drone flying around edwards afb*  
Elérhető: <https://theaviationgeekclub.com/this-photo-could-show-highly-secret-rq-180-stealth-drone-flying-around-edwards-afb/> (A letöltés dátuma: 2020. december 10.)
- [2] *The Enigmatic SR-72 And the Palmdale Sightings: What Do They Tell Us About America's Secret Hypersonic Program?* Elérhető: <https://theaviationist.com/2017/10/12/the-enigmatic-sr-72-and-the-palmdale-sightings->

---

<sup>71</sup> Az ARMY 2018 Nemzetközi Katonai és Műszaki Fórum és a Nemzetbiztonsági Hét Nemzetközi Fórum kiállításokból, bemutató programból, üzleti programból, hazafias, kulturális és protokollaris eseményekből áll. Ezenkívül a fórumokon helyet kap az Innovatív Klub és az Intellectual Industrial Technologies 2018 szakkiallítások.

- what-do-they-tell-us-about-americas-secret-hypersonic-program/ (A letöltés dátuma: 2020. december 10.)
- [3] *Russia orders S-70 Okhotnik 'Hunter' UAV deliveries accelerated to 2024*, Elérhető: <https://www.flightglobal.com/military-uavs/russia-orders-s-70-okhotnik-hunter-uav-deliveries-accelerated-to-2024/139607.article> (A letöltés dátuma: 2020. december 10.)
- [4] **SZUN-CE: A háború művészete**, Cartaphilus Kiadó, Budapest 2006. ISBN 963-744-854-3, p. 32.
- [5] **GAJDÁCS, L., MAJOR, G.:** *Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén*, Repüléstudományi Közlemények 30. (2018) 2 pp. 101-112.
- [6] **KISS, B., MAJOR, G., PALIK, M.:** *Migration From a Bird's Eye View*, Repüléstudományi Közlemények 29. (2017), 3. 199.
- [7] **KISS, B., MAJOR, G.:** *Légből kapott segítség a Covid-19 ellen*. Repüléstudományi Szemelvények, (2021) p.15.
- [8] **MAJOR, G.:** *A pilóta nélküli légijármű rendszerek használata az elektronikai hadviselésben*, Repüléstudományi Közlemények 29. (2017), 3. 309-312.
- [9] **MAJOR, G.:** *Does an autonomous drone return home at all time?* Repüléstudományi Közlemények, 30. (2018), 2. p. 282., pp. 278-279.
- [10] **CSÓRÉ, A., MAJOR, G.:** *A pilóta nélküli légi járművek (UAV) evolúciója*, Repüléstudományi Közlemények 33. (2021), 1. pp. 171-192.
- [11] *A dróntechnológia múltja és jelene, jövője.*, Elérhető: <https://www.dronexpert.hu/drontechnologia-2020.html> (A letöltés dátuma: 2021. április 30.)
- [12] *Drones: Reporting for Work*, Elérhető: <https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/drones/index.html> (A letöltés dátuma: 2021. május 01.)
- [13] *How the U.S. Air Force Turns an F-16 Fighter Into a Drone*, Elérhető: <https://www.popularmechanics.com/military/aviation/a29847417/f-16-drone/> (A letöltés dátuma: 2020.12.07)
- [14] *Russia Prepares To Flight-test the Sukhoi S-70 UCAV*, Elérhető: <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2019-01-25/russia-prepares-flight-test-sukhoi-s-70-ucav> (A letöltés dátuma: 2021. május 03.)
- [15] *MiG Skat UAV*, Elérhető: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/mig-skat.htm> (A letöltés dátuma: 2021. május 05.)
- [16] *Russian MiG Skat UAV – Super Drone or Scrapped Idea?* Elérhető: <https://www.warhistoryonline.com/war-articles/skat-drone.html> (A letöltés dátuma: 2021. május 05.)
- [17] *Источник сообщил о строительстве еще трех тяжелых беспилотников "Охотник"*, Elérhető: <https://ria.ru/20210212/okhotnik-1597135614.html> (A letöltés dátuma: 2021. május 05.)
- [18] *Появилось видео ударов беспилотника «Орион» по позициям боевиков в Сирии*, Elérhető: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/22/02/2021/6032cf909a794744a8b52d5f](https://www.rbc.ru/technology_and_media/22/02/2021/6032cf909a794744a8b52d5f) (A letöltés dátuma: 2021. május 06.)
- [19] *Российский беспилотник "Орион" впервые представлен за рубежом*, Elérhető: <https://rg.ru/2021/02/22/rossijskij-bespilotnik-orion-vperveye-predstavlen-za-rubezhom.html> (A letöltés dátuma: 2021. május 06.)
- [20] *Ударные беспилотники made in Russia: начато строительство завода*, Elérhető: <https://radiosputnik.ria.ru/20210416/zavod-1728569130.html> (A letöltés dátuma: 2021. május 06.)

- [21] **BÉKÉSI, B.:** *Az UAV-k jövőbeni fejlesztési irányai.* In Mesterházy Beáta (szerk.): XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Előadások. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2013. pp. 101–113.
- [22] **BÉKÉSI, B., PAPP, I.:** *UAV Future Development.* In Proceedings of the International Conference Deterioration, Dependability, Diagnostics 2013. Brno, Czech Republic, 2013. pp. 63–76.
- [23] **BÉKÉSI, B.:** *10. UAV fejlesztések, új alkalmazások.* In: Palik Mátyás (szerk.) Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013. pp 299-315. (ISBN 978-615-5057-64-9)

## A H145M HELIKOPTER FEGYVEREI

### WEAPON SYSTEMS OF H145M HELICOPTER

**Szilvássy László**

PhD., egyetemi docens, szilvassy.laszlo@uni-nke.hu  
Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

**Kivonat:** *A szerző a cikkben a közelmúltban beszerzett H145M könnyű, többcélú helikopter fedélzeti fegyvereit mutatja be. Röviden ismerteti a helikopter fedélzetén alkalmazható tüzérfegyvereket, nemirányítható és irányítható rakétákat.*

**Kulcsszavak:** *H145M, helikopter, fedélzeti fegyver, nemirányítható rakéta, irányítható rakéta*

**Abstract:** *In the article, author presents the H145M lightweight multipurpose helicopter onboard weapons. It briefly describes the artillery weapons, rocket and missiles that can be used on board a helicopter.*

**Keywords:** **H145M, helicopter, onboard weapon, unguided missile, guided missile**

#### 1. BEVEZETÉS

A sajtóban is több helyen megjelent információk alapján Magyarország a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében 20 db H145M helikoptert (1. ábra) rendelt meg az Airbus Helicopters, európai repülőgép gyártótól. A helikopter az ismert információk szerint HForce fegyverrendszerrel lesz felszerelve.

A helikopter a megnevezéséből adódóan számos feladatra alkalmazható. Ezek lehetnek:

- harci felderítő;
- speciális műveletekben való részvétel;
- könnyű támadó/támogató;
- SAR – Search and Rescue – kutató mentő;
- MEDEVAC/CASEVAC – Medical evacuation/Casualty evacuation – egészségügyi/sebesült kimenekítés;
- Maritime – tengerészeti;
- C3i – Command, Control, Communications and Intelligence – vezetés, irányítás, híradó és felderítés.

#### 2. FEDÉLZETI FEGYVER

A fenti feladatok sokrétősége érdekében a helikopter fedélzeti rendszerei tartalmazzák a következőket:

- fedélzeti fegyvervezérlő számítógép (HForce);
- több rendeltetésű, harci és vészoldást biztosító függesztő berendezés;
- IR/TV EOS – electro-optical system – elektro-optikai rendszer;
- lézer- távolságmérő, célmegjelölő.

Szintén a feladatok sokrétősége miatt a következő függesztési változatok lehetségesek (1. ábra):

- 12 vagy 7 csövű rakéta indító blokk;
- 20 mm gépágyú konténer;
- 12,7 mm-es géppuska konténer;

- levegő-föld irányítható rakéták;
- aktív páncéltörő rakéták (pl. Spike ER2, lásd 2. ábra).



1. ábra A H145M függesztési változatai [1]

A fenti függeszthető fegyverek nem csak szimmetrikusan, hanem aszimmetrikusan is függeszthetők. Ez azt jelenti, hogy a helikopter két oldali függesztő berendezésén nem azonos típusú berendezés található, pl. egyik oldalon egy gépágyú konténer, a másikon pedig egy rakétaindító blokk.



2. ábra Spike ER rakétákkal (feltehetően makettekkel) felszerelt német lajstromú H145M [9]

## 2.1. Irányítható és nemirányítható rakéta rendszer

A rendszer részei: rakéta indító blokkok, melyek három típusát lehet a helikopterre függeszteni, 7 (FZ233), 12 (FZ231) és 19 (FZ207) indítócsővel. A fenti blokkokból indítható nemirányítható rakéták:

- **FZ71 HEGP – High Explosive General Purpose – nagy hatóerejű, romboló.** Rendeltetését tekintve nempáncélozott objektumok és élőerő ellen alkalmazható. Az adatai között 2 mm-nél kisebb páncélvédelem van megadva.
- **FZ120 IP – Inert Practice – gyakorló súlymakett.** A súlymakett elnevezés csak a harcírészre vonatkozik, ami azt jelenti, hogy nincsen benne semmilyen pirotechnikai töltet. Gyakorló lövészeteken lehet alkalmazni, ballisztikája megegyezik az FZ71, FZ319 és FZ181 típusokkal.

- **FZ181 FS – Flash Signature – világító.** Általában a világító töltettel szerelt harcírészek alkalmazhatók területek megvilágítására pl. felderítéskor vagy deszant dobási területek vizuális láthatóságának biztosítására, de ezen kívül alkalmasak az ellenség megfigyelőinek pl. tüzéségi, vakítására is. Az FZ181 harcírész fényereje több mint 5 000 000 cd<sup>72</sup> és több mint 2 s-ig infravörös hatása is van, ami alkalmas lehet IR szenzorokkal szerelt eszközök zavarására.
- **FZ319 HEAP – High Explosive Armour Piercing – nagy hatóerejű repesz-romboló.** Ha az angol elnevezését lefordítjuk lehetne páncéltörőnek is nevezni és gyakorta így is fordítják, de valójában ez a magyar terminológiában egy repesz-romboló harcírésznek felel meg, ugyanis a rendeltetését tekintve nem vagy gyengén páncélozott objektumok megsemmisítésére, illetve élő erő harcképtelenné tételére alkalmazható. Az ilyen harcírészeket kivétel nélkül csapódó-fejgyújtóval szerelik.
- **FZ149 MULTIDART.** Rendeltetését tekintve nem vagy gyengén páncélozott objektumok, járművek és élő erő megsemmisítésére szolgál, ezek lehetnek gépjármű oszlopok, hajók, repülőeszközök az állóhelyeken. A szétrepülő megsemmisítő elemek kicsi stabilizátorokkal ellátott nyíl alakú megsemmisítő elemek. Az is jól kivehető az ábrából, hogy fenékgyújtóval rendelkezik, mely egy időzíthető gyújtó.
- **FZ122 Flechette.** Rendeltetése megegyezik az FZ149 MULTIDART harcírészével, sőt működésüket tekintve sincs különbség közöttük. Az egyetlen különbség a megsemmisítő elemek mérete és darabszáma. Ebben a harcírészben 2200 db kicsi, dárda szerű megsemmisítő elem található, melynek méreténél fogva kisebb lesz az átütő vagy ölőképessége, mint az FZ149-es harcírészben lévőknek.



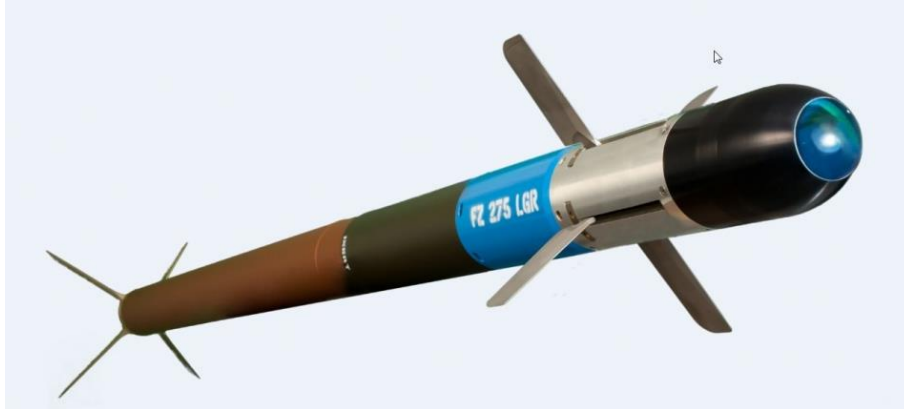
3. ábra 2,75 hüvelykes (70 mm-es) nemirányítható rakéták harcírészei [1]

## 2.2. Irányítható rakéta

Tisztázzuk a legelejtén az elnevezést! Az angol szakirodalmakban a „rocket” kifejezést a nemirányítható rakétákra alkalmazzák, a „missile” kifejezést pedig az irányítható rakétákra. Az FZ275 LGR – Laser Guided Rocket, már az elnevezésében is eltér ettől a szisztémától, ui. irányítható rakétáról van szó, mely egy nemirányítható rakéták alkalmazására kialakított

<sup>72</sup> cd – candela – kandela. A fényerősség mértékegysége.

indítóblokkból indul. A hajtóműve megegyezik a nemirányítható rakétáknál alkalmazható hajtóművekkel.



4. ábra FZ275 LGR [1]

A kutatásaim során a szerb megrendelésre készülő – az Airbus honlapján megjelent információk szerint 9 db H145M helikopterről van szó és a 2019-es párizsi Airshow-n bemutatott – helikopteren a Spike ER2 irányítható páncéltörő rakéta is integrálásra került (3. és 4. ábra).

A Spike egy izraeli tervezésű, „tüzelj és felejtse el!” elven működő irányítható páncéltörő rakéta. Elsősorban a szárazföldi csapatok harckocsik elleni kézfegyverének szánták, de később földi szállítójárműre, sőt helikopter fedélzetére is felszerelték [19]. Az első változatok a 80-as években álltak rendszerbe. Az ER II változat fejlesztése 2018-ban kezdődött és elsősorban helikopter fedélzetről történő alkalmazásra fejlesztették ki.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SZILVÁSSY, L.: *Az Airbus H145M helikopter fegyverei I. – nemirányítható rakétarendszer*, Repüléstudományi Közlemények 31/2, 15–29, 2019, ISSN 1789-770X
- [2] GERVAI, B., SZILVÁSSY, L.: *Az Airbus H145M helikopter fegyverzete*, Repüléstudományi Közlemények 32/1, 161–174, 2020, ISSN 1789-770X
- [3] SZILVÁSSY, L., BÉKÉSI, B.: *Rakéta hajtóművek*, Repüléstudományi Közlemények 11/1, 263–271, 1999, ISSN 1789-770X
- [4] SZILVÁSSY, L., BÉKÉSI, B.: *Repülőfedélzeti rakéták hajtóművei*, Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferencián elhangzott előadás, 1–11, 2002.
- [5] SZILVÁSSY, L., SZABÓ, L.: *Rakéták reaktív hajtóművei*, Repüléstudományi Közlemények 18/1, 209–2016, 2006, ISSN 1789-770X
- [6] SZILVÁSSY, L.: *Aviation anti-tank missile AT-16 "Scallion" (9A4172 "Vikhr")*, Repüléstudományi Közlemények 16/1, 28–33. ISSN 1789-770X
- [7] SZILVÁSSY, L.: *Harci helikopterek fegyverei I. – Tüzédfegyverek és nemirányítható rakéták*, Repüléstudományi Közlemények 21/4, 2009, ISSN 1789-770X
- [8] SZILVÁSSY, L.: *Harci helikopterek fegyverei II. – Irányítható rakétafegyverzet*, Repüléstudományi Közlemények 22/1, 1–9, 2010, ISSN 1789-770X
- [9] Flickr: D-HMBE, Airbus H145M Airbus Helicopters Demonstrator @ Dönauwörth EDPR. Elérhető: <https://www.flickr.com/photos/158464303@N02/50645922232/>

## A MAGYAR HONVÉDSÉGBEN RENDSZERESÍTETT ÚJ HELIKOPTEREK ÜZEMELTETÉSI RENDSZERE

### OPERATING SYSTEM FOR NEW HELICOPTERS IN THE HUNGARIAN DEFENCE FORCES

**BÉKÉSI Bertold<sup>1</sup>, HORVÁTH Gergely<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD., egyetemi docens, bekesi.bertold@uni-nke.hu

<sup>1</sup>Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

<sup>2</sup>csoporthatós, horvath.gergely@mil.hu

<sup>2</sup>Repülő Műszaki Zászlóalj, MH 86. Szolnok Helikopterbázis

**Kivonat:** Az új technika rendszeresítésével egyre korszerűbb informatikai megoldások támogatják a légi járművek üzemeltetését, karbantartását végző repülő-műszaki szakemberek munkáját. A Magyar Honvédségben korábban üzemeltetett Mi-8/17/24 típusok nem rendelkeztek fedélzeti számítógépekkel, így sokáig direkt kapcsolat a repülőtechnika és a földi számítógépek között nem volt. A helikopterek korszerűsítésével azonban modernizálódtak a fedélzeti GPS alapú navigációs rendszerek is, amelyek adatbázisainak frissítéséhez már szükség volt a korszerű számítógépes földi támogató infrastruktúrára. Az Airbus H145M könnyű többcélú, valamint a H225M közepes szállító helikopterek az informatikai támogató rendszerek vonatkozásában a 21. század technológiai színvonalát képviselik. A kor előrehaladtával a helikopterek fedélzeti adatrögzítője is korszerűsödött, az adatrögzítő által elektronikusan rögzített paraméterek kiértékeléséhez szükség lett a megfelelő földi számítógépekre, hardverre és szoftverre.

**Kulcsszavak:** Légi üzemeltetési utasítás, javítások közötti üzemidő, folyamatos légialkalmasságot fenntartó szervezet, CAMO csoport munkáját támogató szoftver

**Abstract:** With the introduction of new technology, increasingly advanced IT solutions support the work of aeronautical technicians involved in the operation and maintenance of aircraft. The Mi-8/17/24 types previously operated by the Hungarian Defence Forces were not equipped with on-board computers, so for a long time there was no direct link between the avionics and ground computers. However, with the modernisation of the helicopters, the on-board GPS-based navigation systems were also modernised, and the modern computerised ground support infrastructure was needed to update the databases. The Airbus H145M light multi-purpose and H225M medium transport helicopters represent the technological state of the art of the 21st century in terms of IT support systems. As the helicopter's on-board data recorder has evolved, the need for appropriate ground computers, hardware and software to evaluate the parameters recorded electronically by the recorder has become a reality.

**Keywords:** FLM, TBO, CAMO, ENVISON,

#### 1. BEVEZETÉS

A Honvédelmi tárca vezetését már a 2010-es évektől aktívan foglalkoztatta a forgószárnyas eszközpark megújításának a kérdése. Szóba kerültek használt amerikai UH-1N, majd új gyártású olasz AugustaWestland (most már Leonardo) AW-139M közepes, többcélú helikopterek is. Közben oroszországi partnerek bevonásával nagyjavításra és modernizálásra kerültek, igaz csak átmeneti megoldásként a Mi-17 és a Mi-24 típusú helikopterek is. Azonban tudvalévő volt, hogy a szovjet/orosz helikoptereknek legkésőbb 2025-26-ban búcsút kell inteni, mivel elérik üzemidejük és rendszerbe tarthatóságuk határidejét [10]. 2018. június 29-én 20 db H145M, majd 2018. december 14-én 16 db Airbus H225M közepes



szállítóhelikopter beszerzéséről döntöttek a Magyar Honvédség részére a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) keretében a szerződések aláírásával. A Magyar Honvédség helikopterflottájának az üzemeltetője az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis (MH 86. SZHB), ahol a 21. század színvonalán álló, modern haditechnikai eszközök kerülnek rendszeresítésre.

Fontos lépcsőfok volt a nyugati technika rendszeresítésének az irányába az AS350B típusú kiképző helikopterek átvétele az Országos Mentőszolgálattól. Bár sárga színekben ezen helikopterek számtalan emberéletet mentettek meg, de az egyre szigorodó uniós repülésbiztonsági követelmények miatt, 1 hajtóműves mivoltuk miatt 2015 után már nem vehettek részt a légimentésben, viszont a Honvédségnél tudták folytatni pályafutásukat, és a nyugati repülőtechnika üzemeltetésében értékes tapasztalathoz juttatták mind a hajózó, mind pedig a repülő-műszaki állományt. Megbízhatóságuknak, gazdaságos üzemeltethetőségüknek és könnyű vezethetőségüknek köszönhetően hatékonyan hozzájárultak az újjáéledő hazai helikopteres hajózó-képzéshez, valamint egyes személyszállítási és műveleti feladatokban is a szovjet/orosz típusokkal összehasonlítva gazdaságosabban és hatékonyabban tudtak részt venni.

## 2. AZ AS350B HELIKOPTEREK ÜZEMELTETÉSE

Az AS350B helikopterek alapkonstrukciója sem fiatal, üzemeltetési szempontból korszerűnek számítanak. A típus üzemeltetője az MH 86. SZHB-n belül a Vegyes Kiképzőrepülő Század (VKRSZ), amely a légijármű vezetők kiképzéséért és jártasságaik fenntartásáért felelős. A VKRSZ Üzemeltető Csoportja végzi a 2 db AS350B és a 8 db ZLIN kiképző repülőgép üzemeltetését, továbbá a repülő-műszaki állomány szakemberei hajtják végre az esedékes karbantartásokat; alkatrész és fődarab cseréket is. Az AS350B típus Honvédségen belüli üzemeltetésének a szabályait a Re/415 kiegészítéseként az MH Parancsnokság Logisztikai Csoportfőnökség Csoportfőnökének szakutasítása szabályozza le. Ennek értelmében a típus üzemeltetése a Re/415-től eltérően az alábbi változatban történik [8]:

- 1 fő ügyeletes mérnök repülési váltásonként vagy feladatonként;
- 1 fő sárkány-hajtómű szerelő (II-III. szakterület [7]) helikopterenként;
- 1 fő avionikus (IV-V-VI. szakterület [7]) szerelő repülési váltásonként .

A 3 fős váltást az is indokolja, hogy a helikopter biztonságos kézi mozgatásához minimum 3 fő szükséges. A típus mozgatása alapvetően kézi erővel történik, azonban az utóbbi években beszerzésre került a típushoz egy LICO gyártmányú gépi vontatóvilla is. A Légi Üzemeltetési Utasítás (FLM – Flight Manual) alapján pilóta által is üzemeltethető, figyelembe véve a 2/2017. számú szakutasítás azon korlátozásait, hogy ez maximum 7 nap/15 repült óra terjedelmében alkalmazható csak, és a hajózó állomány karbantartó tevékenységet nem folytathat [9].

Az AS350B helikopterek klasszikus értelemben vett nagyjavítást nem igényelnek; a legmélyebb szintű karbantartás rajtuk a 144 (+6 hónap) karbantartás. Azonban a helikopterek számos kötött üzemidejű és TBO<sup>73</sup>-val, TCI<sup>74</sup>-al rendelkező fődarabbal és alkatrészrel is rendelkeznek. A típus alkatrészeinek üzemidő követése a papír alapú dokumentáción túl alapvetően Microsoft Excel táblázatokkal történik, amelyek adatbázisának frissítését, naprakésszé tételét a mérnök tisztek, illetve a sárkány-hajtóműves szakemberek végzik a teljesített üzemidők és az elvégzett karbantartások függvényében.

A típus legutóbbi 144 havi karbantartása Magyarországon, a vasvári székhelyű Helicontrol

<sup>73</sup> Time Between Overhaul: javítások közötti üzemidő

<sup>74</sup> Time Change Item: korlátozott üzemidejű berendezés

Kft. segítségével valósult meg, jól képzett polgári szakemberek közreműködésével. A típus egyes karbantartásaiba, felülvizsgálataiba külön engedély és felhatalmazás alapján polgári szakemberek is rendszeresen bekapcsolódnak; többek között a korábbi üzemeltető, a Légimentő Kht. mérnök-műszaki szakemberei is. A típus logisztikai biztosítására az orosz típusokhoz hasonlóan úgynevezett éves fenntartási szerződés terhére a helikoptereket üzemeltető állomány többek között szolgáltatásokat, alkatrészeket, fogyóanyagokat tud rendelni a típus üzemeltetése és karbantartása érdekében.

A típus modernizálása is megtörtént az elmúlt években, ahol a 144 havi karbantartás során felépítésre került a teheremelő rendszer (külső teherzár) a hozzájuk kapcsolódó külső tükrökkel együtt. A helikopter a könnyebb ki- és beszállás, valamint az ejtőernyős ugratás érdekében DART gyártmányú fellépőket kapott és a korábbi BendixKing KT76 transzponder lecserélésre került korszerűbb S-módú Garmin GTX335 transzponderre is. A helikopterek fedélzeti rádiói is megújultak egy Eurocontrol-os direktívát követve; így a korábbi 25 kHz osztású BendixKing KY196A rádiók lecserélésre kerültek 8,33 kHz-es raszterrel rendelkező KY196B típusra.

### 3. A H145M HELIKOPTEREK ÜZEMELTETÉSE

A H145M helikopterek karbantartása magába foglalja az összes betervezett és nem betervezett, soron kívüli karbantartást. Ez egyben igaz az állapot szerinti üzemeltetésre is. Ami az állapot felügyeletén alapszik, úgy, mint a vizuális ellenőrzések és vizsgálatok, és olyan diagnosztikai eszközök használatát jelenti, mint a fémforgács jelzők, szűrő átáramlás jelzők, endoszkópos pontok, hibakódok kijelzése, beépített önellenőrző rendszerek és a különböző meghibásodásra figyelmeztető jelzőfények [11], [12].

A H145M helikopter karbantartása három szintre osztható:

- a) Üzemeltetői szint; O<sup>75</sup> – szint: Ez a szintű karbantartás foglalja magába a helikopterek napi kiszolgálását, a különböző karbantartásokat és az állapot ellenőrzését, a gyorsan cserélhető alkatrészek cseréjét (LRU<sup>76</sup>), valamint egyszerű és gyors javításokat, amelyek a helikopter karbantartási utasításában (AMM<sup>77</sup>) megtalálhatóak. Ezek a munkák az üzemeltetőnél is végrehajthatóak. A megfelelő, a Hatóság által akkreditált tanfolyamok elvégzése és egy úgynevezett „on the job” gyakorlati képzés után ezeket a munkákat az arra jogosított repülő-műszakiak és a hajózók is elvégezhetik. Az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis állománya jogosult az O-szintű karbantartás végrehajtására [5], [12].
- b) Közepes szint; I<sup>78</sup> - szint: A közepes szint már bonyolultabb javításokat foglal magába, akár a helikopteren, akár az arról leépített berendezéseken. Továbbá magába foglalja a mélyebb szintű, bonyolultabb periodikus /betervezett karbantartásokat is (pl. 400 óra, 800 óra, 12 hónap stb.). Ezen feladatok végrehajtásához karbantartó létesítmények (hangárok, műhelyek stb.), kiképzett és tanúsított műszaki állomány, ellenőrző berendezések és speciális szerszámok szükségesek [11], [12]. Az MH 86. SZHB repülő-műszaki állománya jogosult az I-szintű karbantartás végrehajtására.
- c) Ipari szint; D<sup>79</sup> – szint: Ez a szint magába foglalja a fődarabok javítását és nagyjavítását is, amelyet csak a gyártó(k) vagy pedig az arra jogosult ipari szervizközpontok végezhetnek el. Még bonyolultabb és költségesebb szerszámok és ellenőrző

<sup>75</sup> Organizational Level – O Level: üzemeltető szervezet szintű karbantartás

<sup>76</sup> LRU – Line Replaceable Unite: üzemeltető aleggységénél cserélhető berendezés

<sup>77</sup> AMM – Aircraft Maintenance Manual: a repülőeszköz karbantartási utasítása

<sup>78</sup> Intermediate Level – I Level; középszintű karbantartás

<sup>79</sup> Depot Level – D Level; ipari szintű karbantartás/nagyjavítás

berendezések szükségesek. Az ezen feladatokhoz szükséges műszaki dokumentációt, alkatrészeket csak az arra jogosult szervizközpontok kaphatják meg [11], [12].

A H145M típus napi üzemeltetését és karbantartását az MH 86. SZHB Repülő Műszaki Zászlóalj (RMZ) egy századdal végzi; amely a korábbi Mi-8/17/24 üzembentartó századok és a Repülőeszköz Javító Század mérnök tisztjeit, ellenőr zászlósait, mechanikus altisztjeit és legénységi állományát foglalja magában. A típus üzemeltetéséhez szükséges ismereteket a műszaki állomány Németországban, az Airbus Helicopters Training Academy-n szerezte meg típusátképző és egyéb speciális (pl. kompozit javító, hajtómű-technikus stb.) tanfolyamok formájában. Az aláírási jog további feltétele az úgynevezett „on the job training” sikeres teljesítése, amely már Szolnokon gyári szakemberek felügyelete mellett valósult meg. A mérnök tisztek esetében 3 hónap, míg a zászlósi/altiszi állomány esetében 6 hónap gyakorlati időt határozott meg a HM Állami Légügyi Főosztály (HM ÁLF) a típus üzemeltetésére jogosító szakszolgálati engedély megszerzése érdekében [7].

A típus napi üzemeltetését (**line maintenance**) és karbantartását (**base maintenance**) jelenleg ugyanazon állomány végzi; azonban, ha a humán erőforrás ezt lehetővé teszi, ezen feladatkörök szétválasztásra kerülnek. A típus üzemeltetésének és karbantartásának alapvető szabályait az MH LGCSF 16/2020. számú szakutasítása szabályozza. Az MH 86. SZHB Repülő Műszaki Zászlóaljnak; mint MRO<sup>80</sup> és CAMO<sup>81</sup> szervezetnek a legfontosabb működési szabályait a MOE<sup>82</sup> szabályozza [14], amelyet a HM ÁLF is elfogadott. A H145M helikopterek napi kiszolgálása az alábbiak szerint történik:

- 1 fő koordinátor feladatonként vagy váltásonként (mérnök tiszt);
- 1 fő sárkány-hajtómű mechanikus helikopterenként (zászlós vagy altiszt);
- 1 vagy több fő avionikus szakember (IV-V-VI. szakterület) (tiszt/zászlós/altiszt) feladatonként vagy váltásonként;

A helikopterek mozgatása kézi erővel, illetve repülőtéri vontatójárművel történik (TLD16), amelynek szükséglete 3 fő helikopterenként, így alapvetően a többlet avionikus szakember a helikopterek mozgatásában vesz részt. A H145M forgószárnyas eszközök karbantartó helye a felújított hangár, míg tárolóhelyük az ideiglenesen telepített MT-2 típusú mobil sátrak. Ahhoz, hogy garantáljuk a H145M helikopter folyamatos légialkalmasságát, bizonyos felülvizsgálatok és ellenőrzések végrehajtása kötelező érvényű. Az ellenőrzéseket az MSM<sup>83</sup> 5. fejezete tartalmazza [11]. A betervezett ellenőrzéseket bizonyos üzemidő és/vagy naptári idő után kell végrehajtani. Ezeknek a betervezett ellenőrzéseknek több szintje is van, de a legalacsonyabb szintű ellenőrzések munkapontjait tartalmazzák a legmagasabb szintű ellenőrzések munkapontjai is [11].

A repülés előtti előkészítést az adott nap első repülése előtt kell végrehajtani, és egy a típusra érvényes szakszolgálati engedéllyel rendelkező szerelő, vagy légijármű vezető is végrehajthatja. A középszintű felülvizsgálatot 400 repült óránként kell végrehajtani, ez túlléphető 10%-kal, vagyis 40 repült órával. A 12 havi felülvizsgálatot minden 12 hónap után végre kell hajtani, de ezen időintervallum túlléphető 3 hónappal. A periodikus felülvizsgálat a legmélyebb szintű ellenőrzés, amelyet egy üzemeltető végrehajthat a H145M típuson, amelyet 800 repült óránként vagy 3 naptári évente kell végrehajtani, de túlléphető 80 repült órával vagy 3 hónappal [5]. A típus az AS350B-hez hasonlóan nem igényel ipari szintű nagyjavítást, azonban a TBO-val, és TCI-al rendelkező fődarabokat, berendezéseket az előírtak szerint ki kell cserélni. A helikopter kiszolgálási utasítása bizonyos kiegészítő felülvizsgálatokat is előír repült óra és/vagy naptári idő után. Ezen kiegészítő felülvizsgálatok időintervalluma 10%-kal túlléphető [11].

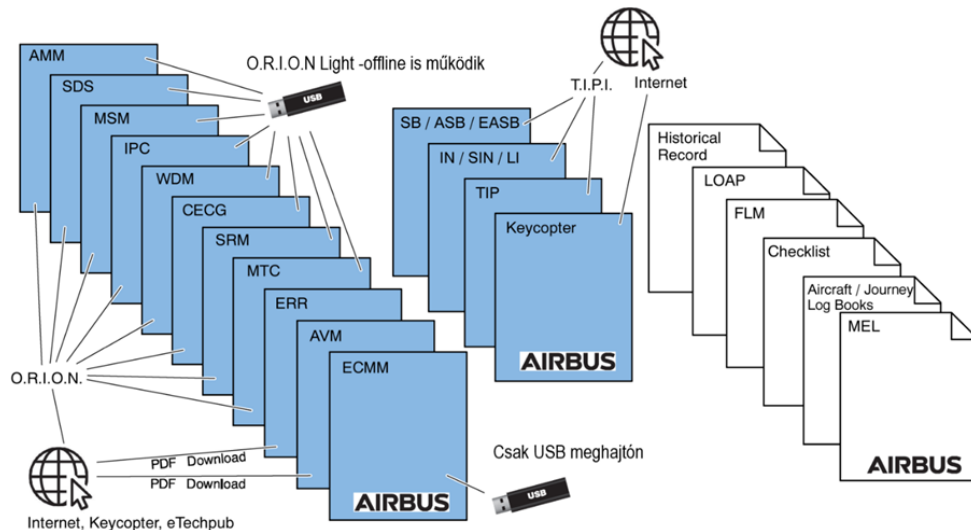
<sup>80</sup> MRO – Maintenance and Repair Organization: karbantartó és javító szervezet

<sup>81</sup> CAMO – Continuing Airworthiness Management Organization: folyamatos légialkalmasságot fenntartó szervezet

<sup>82</sup> MOE – Maintenance Organization Exposition: a karbantartó szervezet kézikönyve

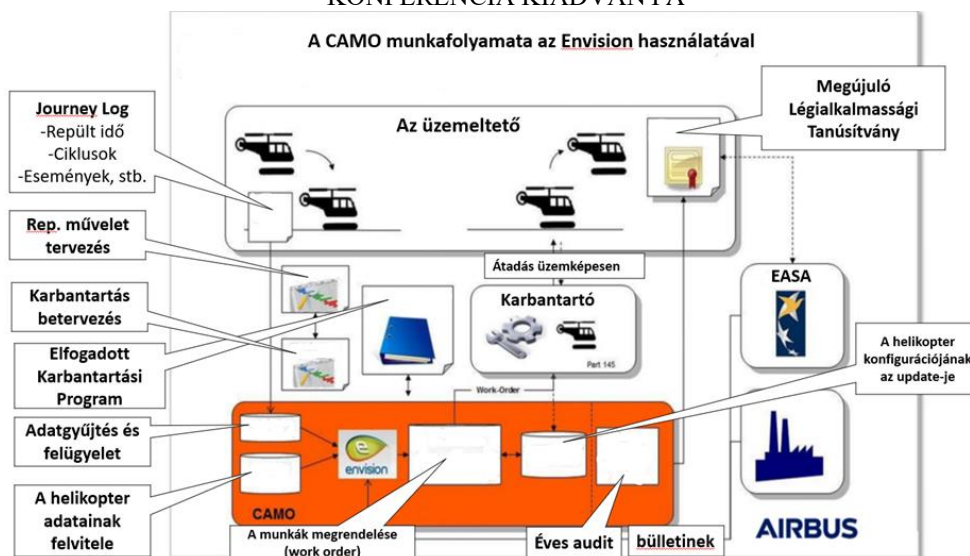
<sup>83</sup> MSM – Master Service Manual: a helikopter kiszolgálási utasítása

A H145M és a későbbiekben a H225M flotta felügyeletét, dokumentációs biztosítását (1. ábra) és folyamatos légialkalmasságának a biztosítását a CAMO csoport látja el, amely az RMZ nagy tapasztalatú mérnök tisztjeiből, zászlósaiból és altisztjeiből áll. A CAMO, vagyis a Folyamatos Légialkalmasságot Fenntartó Szervezet, alapvetően egy a civil EASA által előírt repülési felügyeleti szervezet, amelynek elsődleges feladata, hogy betervezze és ellenőrizze a folyamatos légialkalmassági tevékenységeket a helikoptereken és alkatrészeiken [13].



1. ábra. Az Airbus H145M helikopter dokumentációs rendszere. [11] Szerkesztette: Horváth Gergely

A CAMO feladata az összes dokumentum és kiadvány felülvizsgálata és kezelése az EASA Part 145 és Part M direktívái által jóváhagyott karbantartó szervezetek számára, mint például teljes légijármű-karbantartási program kidolgozása és menedzsmentje. A CAMO további feladata, minden olyan elektronikus és papír alapú dokumentáció és nyilvántartás vezetése, amely a teljeskörű karbantartói tevékenységhez kapcsolódik [14]. A H145M flotta felügyeletét és elektronikus dokumentációjának a vezetését az ENVISION karbantartást támogató informatikai rendszer végzi (2. ábra), amelynek megvásárlása az Airbus Helicopters Deutschland GmbH. és a Honvédelmi Minisztérium által 2018. júliusában megkötött szerződés keretében történt a hozzá tartozó szoftverrel, hardver elemekkel, oktatással és helyszíni és online támogatási szolgáltatásokkal. A CAMO az ENVISION szoftver engineering és fleet manager modulját alkalmazza a flotta folyamatos rendelkezésre állása és légialkalmasságának biztosítása érdekében.



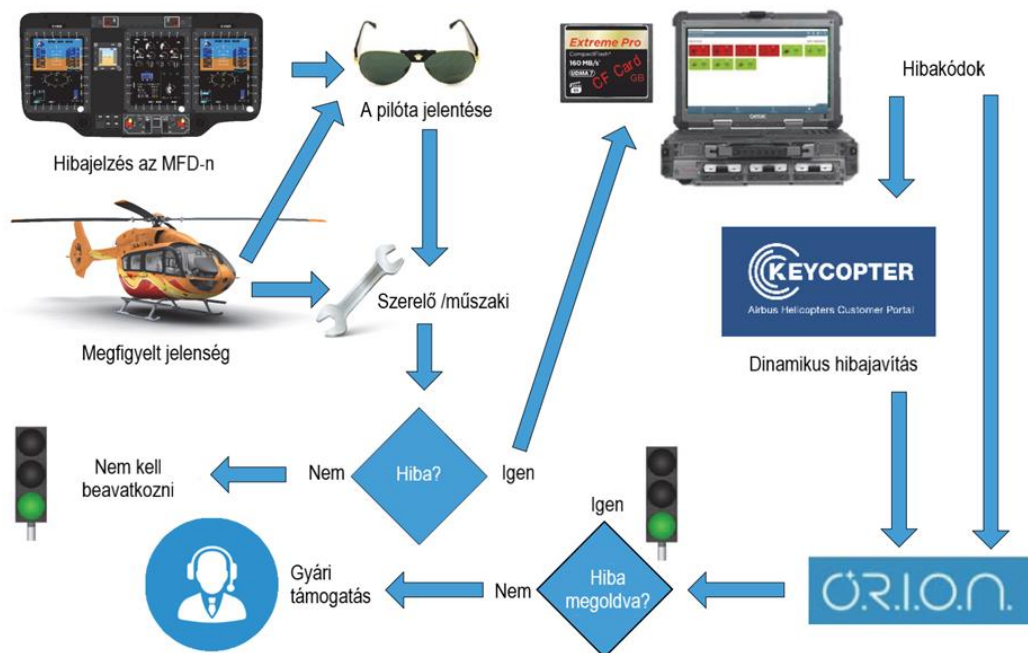
2. ábra. A CAMO munkafolyamata az Envision használatával [11] Szerkesztette: Horváth Gergely

A típus alkatrész és fogyóanyag biztosítása két forrásból biztosított. A szerződés keretében a MH egy kezdő; alkatrészeket, szerszámokat, ellenőrző berendezéseket, kiszolgáló eszközöket tartalmazó csomagot (IPL<sup>84</sup>) vásárolt, amely egészen a 800 órás/3 éves felülvizsgálatig bezárólag biztosítja a szükséges eszközöket. A másik forrás, az úgynevezett PBH<sup>85</sup> logisztikai biztosítási szerződés, amely az alkatrészek és fogyóanyagok ellátását biztosítja az Airbus németországi és franciaországi logisztikai központjaiból. A PBH biztosításért a MH általányt fizet, amely nagyvonalakban a helikopterek és berendezéseik által teljesített üzemidő alapján kerül kiszámításra. Amennyiben egy helikopter meghibásodás miatt üzemképtelenné válik (AOG<sup>86</sup>), a szerződés értelmében az eladó fél 48 órán belül, többnyire civil légihid alkalmazásával biztosítja a javításhoz szükséges alkatrészeket. Az RMZ-n belül az Airbus forgószárnyasok logisztikai biztosítására külön csoport került létrehozásra, amelynek fő feladata, hogy megrendeljük az üzemeltetéshez és karbantartáshoz szükséges anyagokat, valamint, hogy biztosítsák a hibás alkatrészek garanciális ügyintézését és a gyártó(k) általi javítását. A Logisztikai Csoport szintén az ENVISION szoftvert használja, azonban annak „inventory/material management” modulját. A H145M PBH alá nem tartozó eszközeinek, szolgáltatásainak (pl. egyes fogyóanyagok, navigációs frissítések, kalibrálási szolgáltatások stb.) a biztosítására pedig 5 éves fenntartási szerződés kerül majd megkötésre hazai repülés ipari szolgáltatókkal.

<sup>84</sup> IPL – Initial Provisioning List: kezdeti alkatrészcsomag

<sup>85</sup> PBH – Parts By the Hour: alkatrészek a repült órák után; (logisztikai támogatási szerződés típus az Airbus-nál)

<sup>86</sup> AOG – Aircraft on Ground: üzemképtelen helikopter



3. ábra. Dinamikus hibajavítás az Airbus által biztosított informatikai háttér használatával [15] Szerkesztette: Horváth Gergely

A típus nyitott architektúrájának köszönhetően hatalmas fejlesztési potenciált rejt magában. Mivel az avionikai rendszerek adatbuszokon keresztül kommunikálnak és szoftver végzi a működtetésüket, így a korszerűbb digitális rendszerek jóval könnyebben integrálhatóak a fedélzetre, mint a korábbi szovjet/oroszl típusoknál. A tervek között szerepel az amerikai SATCOM és védett üzemmódokra<sup>87</sup> képes 5. generációs AN/ARC-210 rádiók integrációja is.

Az Airbus a lehetséges megrendelés reményében a világ legkorszerűbb irányított páncéltörő rakétájának az izraeli Rafael SPIKE ER-nek is megkezdte az integrációs munkáját, amelynek segítségével a H145M helikopter is igen komoly harcok elhárító képességgel látható el. Az MH által is megvásárolt FZ231 70 mm-es rakétablokkok pedig félaktív lézerrányítású rakétákkal is tölthetőek, így a helikopter képessé válik kisméretű szárazföldi és légi célok precíziós megsemmisítésére is [16], [17].

#### BEFEJEZÉS

Összegzésként elmondható, hogy a Magyar Honvédség hajózó, és repülő-műszaki állományának életébe óriási változást és előrelépést hozott először az Airbus AS350B, majd a H145M helikopterek rendszeresítése. A 2023-tól várható H225M közepes szállítóhelikopterek érkezését már egy tapasztalt, jól felkészült és a nyugati repülőtechnika üzemeltetésében jártas állomány fogja várni. A legégetőbb probléma talán jelenleg a humán erőforrás, ugyanis a H225M az elmondások alapján 4-5-ször bonyolultabb, összetettebb és kifinomultabb típus, mint a korábbi, szintén Airbus eredetű gépek.

Természetesen a típus érkezéséig még sok munka vár a Magyar Honvédség állományára. Az egyik jövőbe mutató feladat lesz a szolnoki repülőtér rekonstrukciója és a helikopterek karbantartásához szükséges hangárkomplexum megépítése is, hiszen a jelenlegi vasbeton és mobil hangárok kapacitása már nem lesz elegendő 20 db H145M és 16 db H225M helikopter, valamint a 2 db AS350B és a 8 db ZLIN típusú repülőgépek szakszerű tárolására és

<sup>87</sup> Have Quick I./II.; SATURN; beszédtitkosítás

karbantartására.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [7] 16/1998 (X.28.) HM-EüM. együttes rendelet az állami célú légi közlekedés szakszemélyzetének szakszolgálati engedélyeiről.
- [8] Magyar Honvédség Re/415 Repülőműszaki Szabályzat, A Magyar Honvédség kiadványa, 2013.
- [9] A 7/2016. (HK 8.) HVK LOGCSF szakutasítás Az AS-350B típusú helikopterek üzemeltetési és karbantartási szabályairól és a 2/2017. (HK 3.) HVK LOGCSF szakutasítás Az AS-350B típusú helikopterek üzemeltetési és karbantartási szabályairól szóló 7/2016. (HK 8.) HVK LOGCSF szakutasítás módosításáról
- [10] **RÉZ, L.:** *A helikopterképesség fejlesztésének aktuális kérdései*, Repüléstudományi Közlemények, 31. (2019) 3. 77-88. DOI: 10.32560/rk.2019.3.460 Elérhető: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/460/2796> (Letöltés dátuma: 2021.03.11)
- [11] BK117 D-2 B1 Training Manual, Chapter 01 General Information, 2018.02.; Airbus Helicopters Training Academy
- [12] **BÉKÉSI B.:** *A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései*. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, PhD értekezés, Budapest, 2006. Elérhető: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/9770> (Letöltés dátuma: 2021.03.15.)
- [13] Continuing airworthiness management organization. Wikipedia The Free Encyclopedia. Elérhető: [https://en.wikipedia.org/wiki/Continuing\\_airworthiness\\_management\\_organization](https://en.wikipedia.org/wiki/Continuing_airworthiness_management_organization) (Letöltés dátuma: 2021.04.03.)
- [14] MH 86. SZHB, Maintenance Organization Exposition (MOE) including special CAMO procedures, vázlat; Összeállította: Balogh György ha. (quality manager)
- [15] Bk 117 D-2 Training Manual CAT B2 Helionix®, 2019. 02., Forrás:
- [16] **SZILVÁSSY, L.:** *Az Airbus H145M helikopter fegyverei I. –nemirányítható rakétarendszer*; Repüléstudományi Közlemények 31. évfolyam (2019) 2. szám 15–29. DOI: 10.32560/rk.2019.2.2
- [17] **GERVAI, B., SZILVÁSSY, L.:** *Az Airbus H145M helikopter fegyverzete*; Repüléstudományi Közlemények 32. évfolyam (2020) 1. szám 161–174. DOI: 10.32560/rk.2020.1.11