REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

XXX. évfolyam
2018. 2. szám

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI REPÜLŐ INTÉZET
TUDOMÁNYOS KIADVÁNYA

Online kiadás
HU ISSN 1789-770X
Nyomtatott kiadás
HU ISSN 1417-0604

Szerkesztőbizottság elnöke:
Prof. Dr. Óvári Gyula ny. ezredes, CSc
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

Szerkesztőbizottság elnökhelyettese:
Dr. Békési Bertold alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

Főszerkesztő:
Dr. Békési Bertold alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

Szerkesztő és webszerkesztő:
Dr. Szilvássy László alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

Szerkesztőbizottság tagjai:
Dr. Kavas László alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Dr. Békési Bertold alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Dr. Palik Mátyás ezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Dr. Szilvássy László alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Dr. Dunai Pál alezredes, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Dr. Bottyán Zsolt százados, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service
Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, CSc

A REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK című folyóirat a NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR KATONAI REPÜLŐ INTÉZET, illetve jogelődjei által alapított folyóiratának jogutódja, a repüléstudomány tematikus kiadványa.

A folyóirat célja lehetőséget teremteni a kutatók, az oktatók, doktori, valamint a mester- és alapképzésben résztvevő hallgatók kutatási eredményeik közzétételére a repüléstudomány-, illetve az ehhez kapcsolódó területeken.

MEGJELENÉS
A kiadvány évente három alkalommal jelenik meg, a megjelenő írások lektoráltak. A közlésre szánt tanulmányokat Repüléstudományi Közlemények honlapján kell regisztrálni és feltölteni http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html. További részletekért látogasson el honlapunkra.

Kiadó:
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet
Kiadásért felelős: Dr. Palik Mátyás ezredes, PhD
Szerkesztőség címe: 5008 Szolnok, Kilián út 1.
Levelezési cím: NKE Repüléstudományi Közlemények 5008 Szolnok, Pf.: 1.
Telefon: +36-56-510-535
e-mail: RepTudKozl@uni-nke.hu
HU ISSN 1789-770X (Online)
HU ISSN 1417-0604 (Nyomtatott)

Borítón található fényképet Dr. Toperczer István készítette

TARTALOM

Horváth József
A repülés elektronikai zavarásának valós esetei 7

Novoszáth Péter
A Modern Városok Program keretében megvalósuló repülőtérfejlesztések 25

Juhász László, Pokorádi László
Kiterjesztett valóság a modern karbantartásban 37

Wantuch Ferenc, Gáspár Nikolett
A magyarországi repülőtereken előforduló veszélyes időjárási jelenségek szinoptikus klimatológiai összehasonlítása 47

Csengeri János
A légi bázis, mint erőkivetítési platform 55

Nagy Imre
Naperőművek Föld körüli pályán 67

Leskó György
Miskolci 1944 évi bombázások által okozott károk, a mentés és a helyreállítás feladatai, tapasztalatai 75

Pokorádi László
Páros összehasonlítás alkalmazása műszaki szakemberek véleményének elemzésére 93

Gajdács László, Major Gábor
Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén 101

Szilágyi Dénes
PA-46-350P repülőgép aerodinamikai számítása 113

Bali Tamás
Személymentési eljárás vagy kutatás-mentés? 123

Juraj Vagner, Edina Jenčová, Stanislav Szabo
Optimization of the Aircraft Ground Handling Process 131

Daniel Blaško, Iveta Vajdová, Edina Jenčová, Lucia Melníková, Vladimír Němec
Tactics of Ground Deployment of Forces and Resources Used for the Training of Rescue Units for Fires Occurring in the Natural Environment 139

TARTALOM

Szabó Sándor András
Orvosbiológiai monitorizálás jelene és jövője a katonai repülésben **145**

Domján Károly
A virtuális valóság hardveres és szoftveres környezet kialakításának, fejlesztésének és alkalmazhatóságának lehetőségei repülőorvosi környezetben **163**

Kling Fanni, Papp Gábor, Rohács Dániel
Szimulációs képességek a HungaroControl-ban **177**

Dobi Sándor Gábor, Fekete Róbert Tamás, Rohács Dániel
Az európai UTM helyzete és jövője **189**

Somosi Vilmos
Information Infrastructures in Air Traffic Management **205**

Hegyi Norbert
Könnyű és közepes személyzet nélküli szabad ballonok nyomkövetésének biztonságtechnikai kérdései **217**

Barna Péter, Nagy Rudolf
Az Apollo 1 űrhajó tűzesete **225**

Ozsváth Sándor
A Fiat CR.42 vadászrepülőgép jellemzőinek egy múzeumi példányon történő bemutatása **249**

Beneda Károly, Ladislav Főző
A CFM LEAP-1A közelítő termodinamikai analízise **261**

Major Gábor
Does an Autonomous Drone Return Home at All Time? **275**

SZERZŐK – AUTHORS

Dr. Bali Tamás ezredes Bázisparancsnok helyettes MH 86. Szolnok Helikopter Bázis bali.tamas@hm.gov.hu orcid.org/0000-0001-6098-8602	Col. Tamás Bali Ph.D. Deputy base commander HDF 86th Szolnok Helicopter Base bali.tamas@hm.gov.hu orcid.org/0000-0001-6098-8602
Barna Péter (BSc) hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449	Barna Péter (BSc) student Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Faculties Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449
Beneda Károly (PhD) mérnök-tanár AEROK Repülésműszaki Oktató és Szolgáltató kft. karoly.beneda@aerok.eu orcid.org/0000-0003-1900-7934	Károly Beneda (PhD) maintenance training engineer AEROK Aviation Technical Training Centre karoly.beneda@aerok.eu orcid.org/0000-0003-1900-7934
Daniel Blaško (PhD., MBA) Research Worker Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management daniel.blasko@tuke.sk blasko.ke@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-3655-8327	Daniel Blaško (PhD., MBA) kutató Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék daniel.blasko@tuke.sk blasko.ke@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-3655-8327
Csengeri János (MSc) egyetemi tanársegéd Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Vezetőképző Intézet Összhaderőnemi Műveleti Tanszék csengeri.janos@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-4540-9681	János Csengeri (MSc) Assistant Lecturer National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Leadership Training Department of Joint Operations csengeri.janos@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-4540-9681
Dobi Sándor Gábor Junior Kutatás-fejlesztési szakértő HungaroControl Magyar Légiforgalmi Zrt. Üzletfejlesztési Igazgatóság Szakmai Fejlesztési Osztály Kutatás Fejlesztési Csoport sandor.dobi@hungarocontrol.hu	Sándor Gábor Dobi Junior Research and Development Specialist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services Business Development Directorate Research, Development and Simulation Department Research and Development Unit sandor.dobi@hungarocontrol.hu
Domján Károly MsC Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ Híradó Informatikai Osztály domjan.karoly@mil.hu orcid.org/0000-0002- 0349-0338	Károly Domján MsC Hungarian Defence Forces Air Command and Control Center Signal and Information Technology Division domjan.karoly@mil.hu orcid.org/0000-0002- 0349-0338

SZERZŐK – AUTHORS

Fekete Róbert Tamás (PhD) Szenior Kutatás-fejlesztési szakértő HungaroControl Magyar Légiforgalmi Zrt. Üzletfejlesztési Igazgatóság Szakmai Fejlesztési Osztály Kutatás Fejlesztési Csoport roberttamas.fekete@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-7752-465X	Robert Tamás Fekete (PhD) Senior Research and Development Specialist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services Business Development Directorate Research, Development and Simulation Department Research and Development Unit roberttamas.fekete@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-7752-465X
Ladislav Főző (PhD) Egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repülő Kar Repülőmérnöki Tanszék ladislav.fozo@tuke.sk orcid.org/0000-0003-4772-1051	Ladislav Főző (PhD) Associate professor Technical University of Košice Faculty of Aeronautics Department of Aviation Engineering ladislav.fozo@tuke.sk orcid.org/0000-0003-4772-1051
Gajdács László gyakorlati oktató Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859	László Gajdács Instructor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of On-Board Systems gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859
Gáspár Nikolett egyetemi hallgató Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302	Nikolett Gáspár Student National University of Debrecen Faculty of Meteorology gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302
Hegyi Norbert doktorandusz Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola hegyi.norbert@sze.hu orcid.org/0000-0002-4569-2675	Norbert Hegyi PhD aspirant Széchenyi István University PhD Programme of Engineering hegyi.norbert@sze.hu orcid.org/0000-0002-4569-2675
Horváth József (MSc) doktorjelölt Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola horvath0101@gmail.com orcid.org/0000-0002-2743-3522	József Horváth (MSc) PhD Aspirant National University of Public Service Doctoral School of Military Engineering horvath0101@gmail.com orcid.org/0000-0002-2743-3522
Edina Jenčová (PhD) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management edina.jencova@tuke.sk orcid.org/0000-0003-2737-0119	Edina Jenčová (PhD) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék edina.jencova@tuke.sk orcid.org/0000-0003-2737-0119

SZERZŐK – AUTHORS

Juhász László (MSc) okleveles gépészmérnök Rosenberger Magyarország Kft. Laszlo.Juhasz2@rosenberger.com orcid.org/0000-0002-0700-5010	László Juhász (MSc) mechanical engineer Rosenberger Hungary Ltd. Laszlo.Juhasz2@rosenberger.com orcid.org/0000-0002-0700-5010
Kling Fanni Szimulációs adatelemző HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069	Kling Fanni Data Scientist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069
Leskó György PhD hallgató Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola lesko.gyorgy@uni-nke.hu orcid.org/0000-0001-7470-7824	György Leskó PhD student National University of Public Service Doctoral School of Military Engineering lesko.gyorgy@uni-nke.hu orcid.org/0000-0001-7470-7824
Major Gábor tanársegéd Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X	Gábor Major Assistant lecturer National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of On-Board Systems major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X
Lucia Melníková (PhD) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management lucia.melnikova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0001-7720-4210	Lucia Melníková (PhD) tanársegéd Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék lucia.melnikova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0001-7720-4210
Nagy Imre (PhD) Egyetemi adjunktus Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Logisztikai Intézet Természettudományi Tanszék nagy.imre@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-0545-4381	Imre Nagy (PhD) Associate professor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Logistics Department of Natural Sciences nagy.imre@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-0545-4381
Barna Péter (BSc) hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449	Barna Péter (BSc) student Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Faculties Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449

Vladimír Němec (doc., PhD.) Associate Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Flight Preparation vladimir.nemec@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-9491-8490	Vladimír Němec (doc., PhD.) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülőhajózó Tanszék vladimir.nemec@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-9491-8490
Novoszáth Péter (CSc) egyetemi docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem Államtudományi és Közigazgatási Kar Közpénzügyi Kutatóintézet Novoszath.Peter@uni-nke.hu orcid.org/ 0000-0002-8755-6858	Peter Novoszath (PhD) Associate professor National University of Public Service Faculty of Science of Public Governance and Administration Research Institute of Public Finance Novoszath.Peter@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-8755-6858
Ozsváth Sándor százados Századparancsnok MH. 24. Bornemissza Gergely Felderítő Ezred Piótanélküli Felderítő Század ozsvath.sandor@mil.hu orcid.org/0000-0002-1043-7076	Capt. Sandor Ozsvath Squadron leader MH 24th Bornemissza Gergely Reconnaissance Regiment UAV Squadron ozsvath.sandor@mil.hu orcid.org/0000-0002-1043-7076
Papp Gábor Szimuláció és Validáció csoportvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711	Papp Gábor Head of Simulation and Validation Unit HungaroControl Hungarian Air Navigation Services gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711
Pokorádi László (CSc) egyetemi tanár Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887	László Pokorádi (CSc) Full professor Óbuda University, Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887
Dr. Rohács Dániel, PhD Szakmai fejlesztési osztályvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417	Rohács Dániel, PhD Head of Research, Development & Simulation Dept. HungaroControl Hungarian Air Navigation Services daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417
Somosi Vilmos FAB program menedzser és polgári-katonai együttműködési koordinátor HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt vilmos.somosi@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4763-2174	Somosi Vilmos FAB Program manager and civil-military cooperation coordinator HungaroControl Hungarian Air Navigation Services vilmos.somosi@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4763-2174
Stanislav Szabo (Dr.h.c., doc., PhD., MBA, LLM) Dean of the Faculty of Aeronautics Technical University in Košice Faculty of Aeronautics stanislav.szabo@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-1488-871X	Stanislav Szabo (Dr.h.c., doc., PhD., MBA, LLM) Repüléstechnikai Kar dékán Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar stanislav.szabo@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-1488-871X

SZERZŐK – AUTHORS

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD mb. tanszékvezető, egyetemi docens Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő-és Űrorvosi Tanszék Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar sasi19620@gmail.com orcid.org/0000-0002-1362-4723	Dr. habil. Sándor András Szabó, PhD Associate Professor, assigned head of Department University Szeged Faculty of Medicine Department of Aviation and Space Medicine Lecturer of Doctoral School of Military Engineering National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training sasi19620@gmail.com orcid.org/0000-0002-1362-4723
Dr. Szilágyi Dénes (PhD) főiskolai docens Nyíregyházi Egyetem Közlekedéstudományi és Infotechnológiai Tanszék szilagyi.denes@nye.hu http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm orcid.org/0000-0001-6055-0010	Dénes Szilágyi (PhD) college associate professor University of Nyíregyháza Department of Transportation and Infotechnology szilagyi.denes@nye.hu http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm orcid.org/0000-0001-6055-0010
Juraj Vagner (PhD., ING PAED-IGIP) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Flight Preparation juraj.vagner@tuke.sk orcid.org/0000-0003-2387-8812	Juraj Vagner (PhD., ING PAED-IGIP) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülőhajózó Tanszék juraj.vagner@tuke.sk orcid.org/0000-0003-2387-8812
Iveta Vajdová (PhD.) Research Worker Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management Iveta.vajdova@tuke.sk orcid.org/0000-0002-1231-8492	Iveta Vajdová (PhD.) kutató Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék Iveta.vajdova@tuke.sk orcid.org/0000-0002-1231-8492
Dr. Wantuch Ferenc, PhD meteorológus Nemzeti Közlekedési Hatóság Állami Légügyi Főosztály wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336	Dr. Wantuch Ferenc, PhD Meteorologist National Transport authority State Aviation Department wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336

Horváth József

A REPÜLÉS ELEKTRONIKAI ZAVARÁSÁNAK VALÓS ESETEI

Napjainkban számos helyen olvashatunk, hallhatunk a kritikus, vagy létfontosságú infrastruktúrák védelméről. A létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény 1-3. sz. mellékletében meghatározott ágazatok közé tartozik a közlekedés, melynek egyik alágazata a légi közlekedés. A légi közlekedés, mint kritikus infrastruktúra, védelmének számos aspektusa van. Fontos az, hogy nemcsak a napjainkban oly gyakori terrorista cselekmények ellen kell felkészülnünk, de a különböző természeti jelenségek, műszaki okok miatti hatások kiküszöbölésére is. Az egyik ilyen műszaki ok lehet a cikk témájául szolgáló elektronikai zavarás. Jelen cikk a repülőterek, mint kritikus infrastruktúrák, védelme az elektronikai zavarás ellen című kutatásom második része. A cikk célja olyan esetek elemzése, melynek során az elektronikai zavarás került alkalmazásra a légi közlekedés valamely eleme ellen, legyen az radarrendszer vagy kommunikációs rendszer. Figyelembe vettem a globális helymeghatározó rendszer zavarását is, amely szintén fontos a repülés vonatkozásában.

Kulcsszavak: *repülőtér, repülésirányítás, elektronikai zavarás, kritikus infrastruktúra*

A KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁK SÉRÜLÉKENYSÉGE, TÁMADHATÓSÁGA

Kritikus infrastruktúrák

Az Amerikai Egyesült Államok 2001. évi terrorellenes törvényében kritikus infrastruktúrának határozták meg *„mindazon fizikai vagy virtuális rendszereket és berendezéseket, amelyek oly létfontosságúak az Amerikai Egyesült Államok számára, hogy azok korlátozása vagy megsemmisülése meggyengítő hatással lenne a nemzetbiztonságra és a nemzetgazdaság biztonságára, a közegészségre, közbiztonságra vagy ezek bármely kombinációjára”* [1]. Az Európai Unió szerint a kritikus infrastruktúrák *„azok a fizikai eszközök, szolgáltatások, információs technológiai létesítmények, hálózatok és vagyontárgyak, melyek megrongálása vagy elpusztítása súlyos hatással lenne az európaiak egészségére, békéjére, biztonságára vagy gazdasági jólétére, illetve az EU és a tagállamok kormányainak hatékony működésére”*. A NATO Felső-szintű Polgári Veszélyhelyzeti Tervezési Bizottságának meghatározása szerint kritikus infrastruktúrák „*azok a létesítmények, szolgáltatások és információs rendszerek, amelyek olyan létfontosságúak a nemzetek számára, hogy működésképtelenné válásuknak vagy megsemmisülésüknek gyengítő hatása lenne a nemzet biztonságára, a nemzetgazdaságra, a közegészségre, a közbiztonságra es a kormány hatékony működésére.”* [2]

Magyarországon a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény 1-3. sz. mellékletében kerültek meghatározásra azon ágazatok és ezen ágazatok alágazatai, amelyek *„valamelyikébe tartozó eszköz, létesítmény vagy rendszer olyan rendszereleme, amely elengedhetetlen a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyonbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához –, és amelynek kiesése e*

feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna" [3]. Mint már említettem korábban, a légi közlekedés a Közlekedés ágazathoz tartozó alágazat.

A különböző kiemelt, kritikus vagy létfontosságúnak nyilvánított objektumok – közöttük repülőterek, erőművek, energetikai vállalatok, illetve kormányzati és vallási épületek – ellen elkövetett támadásokról számos hírt kapunk napjainkban. Fontos azt is kihangsúlyozni, hogy nemcsak a különböző konfliktusok (pl. Irak, Afganisztán stb.) helyszínein történnek ilyen támadások, hanem egyre gyakoribbak már Európában is. A támadások különböző módon kerülnek kivitelezésre, ezek között megtalálhatóak a fizikai támadások – például robbantásos merényletek – de egyre gyakoribb a kibertámadás is. Sajnálatos módon repülőterek és repülőgépek, vonat és metróállomások, illetve szerelvények is ezen kiemelt célpontok között szerepelnek, hiszen egy-egy sikeres támadásnak jelentős médiaértéke lehet, egyrészt a lehetséges áldozatok magas száma, másrészt pedig az okozható gazdasági kár nagy mértéke miatt. Ezen támadási módszereken kívül számos egyéb módszerrel is lehet akadályozni egy repülőtér működését, ezek között valamelyik alrendszer elleni szabotázzsal, illetve a cikk témájául szolgáló elektronikai zavarással.

Az elektronikai hadviselés az utóbbi években, évtizedekben rendkívüli változásokon ment keresztül. Ennek oka, hogy az elektromágneses spektrumot külön műveleti színtérnek ismerik el, új és veszélyes irányított fegyverek jelentek meg, amelyekben jelentős mennyiségű elektronikai elem van jelen, melyek befolyásolják a pontosságát és a halálosságát ezen fegyvereknek [4]. Az elektronikai zavarás az elektronikai hadviselés három funkciója közül az elektronikai ellentevékenységnek egyik eleme. Fontos azt megjegyezni, hogy az elektronikai hadviselés – véleményem szerint – mint a megnevezése is mutatja, alapvetően katonai tevékenység, azonban az elektronikai zavarás alkalmazása az internet világában beszerezhető elektronikai zavaróeszközök tükrében mindenképpen elemzésre váró probléma. Az elektronikai zavarás elméleti megvalósíthatóságával egy korábbi cikkemben már foglalkoztam [5], jelen cikkben a megtörtént események alapján elemzem az alkalmazás módszereit.

Az elektronikai zavarás légi közlekedés elleni alkalmazása történhet szándékosan és nem szándékosan. A cikk későbbi fejezetében mindkettőre számos példát fogok bemutatni. Bár jelenleg a nem szándékos esetek vannak többségben, mindenképpen figyelembe kell venni, mint szándékos támadási lehetőséget is. Ennek oka az, hogy a terrorista szervezetek folyamatosan tanulnak, újabb és újabb támadási metódusokat alkalmaznak, a zavaróeszközök pedig viszonylag kis méretűek és rendkívül könnyen elérhetőek az interneten. Több eszköz telepítése, időszakos, vagy rendszertelen működtetése pedig a telepítési helyek felfedését rendkívül megnehezíti. Az új támadási eljárások között meg kell említeni a 2001. szeptember 11-i támadássorozatot, amely repülőgépek eltérítésével különböző amerikai célpontok – így New York-i Világkereskedelmi Központ[1], a Pentagon és a Fehér Ház – ellen irányult [6]. Továbbá fontos és szintén újszerű támadás volt az iráni ipari létesítmények ellen 2010-ben végrehajtott számítógépes támadás, melynek során a létesítmények számítógépeit a Stuxnet vírussal fertőzték meg. Egy iráni szakértő szerint mintegy 30 ezer számítógép volt érintett az incidensben. A Symantec biztonsági cég szerint a program *„ipari létesítmények irányításának átvételére és adataik külföldre továbbítására is alkalmas"*. Mivel a vírus nem személyes adatok

[1] World Trade Center

megszerzésére vagy levélszemét terjesztésére, hanem komoly védelemmel rendelkező ipari rendszerek feletti irányítás átvételére szolgál, a Kaspersky Lab számítógép-biztonsági cég alapítója szerint *„egy új korszak: a kiberterrorizmus, a kiberfegyverek és a kiberháború korának nyitányáról”* beszélhetünk. [7] Tovább nem szabad elfelejtenünk a drónok bevetését a robbanóanyag célterület felé juttatásának céljából.

Fontos azonban az is, hogy az elektronikai zavarást és az interferenciát ne tévesszük össze. Interferencia okozta baleset történhetett 2000. január 07-én, a svájci Kloten repülőtér mellett, amikor a Zürich–Drezda menetrendszerinti járat a felszállást követően indokolatlan jobb fordulatot tett, majd a következő ilyen fordulónál meredek süllyedésbe kezdett. A személyzet nem tudott korrigálni, a 3 fő személyzet és a 7 fő utas meghalt. A vizsgálat szerint valószínűsíthetően egy utas tiltott mobilhasználata okozhatott zavart a repülőgép fedélzeti rendszerében [8].

Repülőterek, repülésirányítás sérülékenysége, támadhatósága

Amikor a repülőterek és repülésirányítás sérülékenységét vizsgáljuk, számos természetes és mesterséges okot lehet felsorolni. Az Európai Uniós Hálózat- és Információbiztonsági Ügynökség[2] a repülőterek működését befolyásoló veszélyeket öt csoportba sorolta. Ezen csoportok az alábbiak:

- emberi hibák, melyek lehetnek:
  - konfigurációs hibák;
  - felhasználói hibák;
  - hardware elvesztése;
  - irányelvek, előírások figyelmen kívül hagyása.
- harmadik fél által okozott hibák, melyek lehetnek:
  - internet szolgáltatói hiba;
  - felhő szolgáltatói hiba;
  - közmű szolgáltatói hiba (gáz, villany, víz);
  - távoli karbantartást végző szolgáltató hibája;
  - biztonsági auditálást végző szolgáltató hibája;
- - rosszindulatú tevékenységek, melyek lehetnek:
  - túlterheléses támadás (Denial of Service (DoS));
  - szoftverhiba kiaknázása;
  - jogok/jogosultságok nem megfelelő használata;
  - hálózati behatolás/támadás;
  - pszichológiai támadás (social engineering);
  - lehallgatás eszközökkel;
  - fizikai hozzáférés;
  - rosszindulatú szoftverek az informatikai eszközökön (beleértve a személyzet és az utasok eszközeit is;
  - fizikai támadás a repülőtér elemei ellen;
- rendszerhibák, melyek lehetnek:
  - eszköz vagy rendszer hibája, vagy helytelen működése;
  - kommunikációs linkek hibája vagy zavara;

[2] European Union Agency For Network And Information Security, ENISA

- eszközök elemeinek hibája, vagy helytelen működése;
- a fő ellátás hibája vagy zavara;
- energiaellátás hibája vagy zavara;
- hardware vagy szoftverhiba;

✈ egyéb okok, melyek lehetnek:
- természeti jelenségek: földrengés, áradás, napkitörés, vulkáni tevékenység, űrhulladék és meteorit;
- ipari eredetű: nukleáris baleset, ipari tevékenység, veszélyes kémiai incidensek;
- egyéb: járványok, tűz [9].

Az ICAO a szándékos támadási metódusokat az alábbiak szerint azonosította:

✈ *„civil légijármű tömegpusztító fegyverként történő felhasználása;*
✈ *öngyilkos merényletek a levegőben és a földi létesítményekben;*
✈ *elektronikus támadások: rádió adóvevő készülékek és egyéb eszközök alkalmazása annak érdekében, hogy azokkal megzavarják, interferenciába lépjenek a földi vagy légi navigációs, irányító, ellenőrző rendszerekkel;*
✈ *számítógépes támadások, melyek blokkolják, vagy megváltoztatják a légi kommunikációt;*
✈ *vegyi-, biológiai támadások utasok ellen, nukleáris és egyéb radioaktív anyagokkal való visszaélés, valamint*
✈ *légvédelmi rakétákkal történő támadás repülőgépek ellen.”*[10]

1. ábra Az Eyjafjöll izlandi vulkán 2010. évi kitöréséből származó hamufelhő által megtett út[3]

A természeti okok egyik napjainkban többször is hallható típusa a vulkáni hamu okozta probléma. A vulkáni hamu esetében fontos az is, hogy hamu mennyisége a kitörés időtartamától, terjedése pedig a az időjárási körülményektől nagy mértékben függ. A hamu a terjedés és a

[3] Szerkesztette a szerző.

mennyiség függvényében a vulkántól távolabb lévő repülőterek működését is negatívan befolyásolhatja. Az Eyjafjöll izlandi vulkán 2010. évi kitöréséből származó hamufelhő miatt számos európai repülőtér ideiglenesen bezárásra került, egy napra Magyarországon is légtérzárat rendeltek el. Az 1. számú ábrán látható, hogy a hamufelhő a müncheni repülőtérig kb. 2570 km, Budapestig pedig kb. 2940 km utat tett meg [11].

Támadási módszerek

Amikor a repülés elleni támadásokról beszélünk, általában a repülőtéren lévő utasok, a repülőtéri infrastruktúra, illetve a repülőgépek elleni támadásokról beszélhetünk. Ezen támadások többféle módon kivitelezhetőek, sajnálatos módon számos incidens történt már napjainkig.

Ernszt Ildikó A Nemzetközi légiközlekedés védelme című könyvében a légi terrorizmussal kapcsolatban az alábbi cselekményeket határozta meg, mint elkövetési módokat:

- *„repülőgép eltérítés;*
- *repülőterek elleni támadás;*
- *repülőgépek felrobbantása;*
- *repülőterek kiszolgáló területei elleni támadások;*
- *repülőgépek lelövése;*
- *egyéb, gépek ellen elkövetett bűncselekmények, incidensek, szabotázs akciók.”* [12]

A következő alpontokban a napjainkra legjellemzőbb három támadási módszerrel foglalkozom, ezek a fizikai támadás, a kibertámadás és az elektronikai zavarás.

Fizikai támadás

A támadások során különböző típusú fegyvereket alkalmaztak, lőfegyvereket, robbanóeszközöket, de előfordult késsel végrehajtott támadás is. Azaz ezen esetekben nem az infrastruktúra, hanem az ott tartózkodó emberek voltak a célpontok, a repülőtéri infrastruktúrában bekövetkezett károk másodlagos károk voltak.

l972. május 30-án az izraeli Lod repülőterén a Népi Front Palesztina Felszabadításáért[4] nevű palesztin szervezethez rendkívül közel álló terrorista csoport tagjai gépfegyverekkel és kézigránátokkal felszerelkezve támadtak rá várakozókra, megölve 26 embert, további nyolcvanat megsebesítve. 1975. december 29-én New York LaGuardia repterén történ nagy erejű robbanás, 11 ember meghalt, 74-en pedig súlyosan megsérültek. A nyomozás során nem sikerült megtalálni sem az elkövetőket, sem a támadás okát. Ebben az esetben bizonyított, hogy a halottak és sérültek többségét nem a detonáció, hanem a közeli szekrények szétrepülő törmelékei okozták. A robbanás során a plafonról egy a 3×5 méteres vasbeton elem is leszakadt. 1982. augusztus 7-én az Ankarától 28 kilométerre északkeletre található Esenboğa nemzetközi repülőtéren a Titkos Örmény Hadsereg Örményország Felszabadítására[5] nevű terrorszervezet tagjai robbantottak bombát és nyitottak tüzet az ott lévő emberekre, közülük megölve kilenc, megsebesítve hetvenkettő embert. 1983. július 25-én az Orly repülőtéren hajtott végre robbantást az ASALA, amiben nyolcan meghaltak, ötvenöten megsérültek. Az elkövető elmondása szerint a repülőgépet szerette volna felrobbantani, ám a pokolgép korán lépett működésbe. 1985. december 27-én

[4] Popular Front for the Liberation of Palestine, PFLP
[5] Armenian Secret Army for the Liberation of Armenia, ASALA

reggel Bécsben és Rómában történt támadás. A római Fiumicino nemzetközi repülőtéren négy arab fegyveres nyitott tüzet és dobott kézigránátokat a várakozó utasokra, megölve 16, megsebesítve 99 embert. A Bécs-Schwechat-i nemzetközi repülőtéren három arab terrorista kézigránátokkal megölt kettő és megsebesített 39 embert [13].

A már említett Orly repülőtéren 1975–2017. között hat támadást követtek el, amelyek számos áldozatot és sérültet követeltek. A támadások közül három alkalommal palesztinok támadtak izraeli repülőgépet vagy csoportot. A legutolsó támadás során, a tunéziai származású, de francia állampolgárságú elkövetőt lelőtték, más nem sérült meg az incidensben [14][15].

A repülőgépek és repülőterek ellen elkövetett támadások közül mindenképpen meg kell említeni a 2001. szeptember 11-i, az Amerikai Egyesült Államok ellen elkövetett repülőgép eltérítéses támadást, melynek során több repülőgép eltérítésével amerikai célpontokat terveztek támadni. 2016. márciusában Brüsszelben kettő robbantás történt a repülőtéren, egy pedig az egyik metróállomáson, a három támadás során megölve mintegy 30 embert. Ugyanezen év júniusában az isztambuli repülőtéren 3 terrorista lövöldözött, majd felrobbantotta magát megölve 42 és megsebesítve 239 embert. Szintén ebben a hónapban számítógépes támadás érte a varsói Chopin repülőtér egyik alrendszerét. 2017. márciusában az Orly-i repülőtéren történt pisztolyos támadás során csak az elkövető halt meg. A fentieken kívül számos más helyen és módon is követtek el támadásokat. Ezekben a támadásokban alapvetően a minél nagyobb emberi áldozat volt a cél, nem az infrastruktúra elleni támadás. Azonban a támadások során – elsődlegesen a robbantásos merényletek során – természetesen sérült repülőtéri infrastruktúra is. A fentieken kívül számos támadás történt még a világ különböző repülőterein, vagy azok közvetlen közelében. 2011. január 24-én Moszkvában, a Domogyedovói repülőtéren öngyilkos merénylet során 37 ember vesztette életét. 2012. július 18-án Bulgáriában, a burgaszi repülőtéren egy buszon robbantotta fel magát az elkövető, megölve hat embert. 2016. június 28-án az isztambuli Atatürk repülőtér bejáratánál történt merénylet. Ennek a merényletnek 45 halottja volt, annak ellenére, hogy a repülőtérre nem tudtak bejutni, a biztonsági szervezetek feltartóztatták őket [16].

Mint a fenti példák is mutatják, számos támadás történt eddig és várhatóan fog még történni a jövőben is a repülőterek ellen. Ezen tragikus események során jelentős emberáldozatokkal kell számolnunk. Az emberáldozatok miatt nagy hírértéke van ezen támadásoknak, illetve a lakosságban is komoly nyomokat hagy, jelentősen csökkentve a biztonságérzetünket. Gazdasági hatásként jelentkezik, hogy az emberek csökkent biztonságérzete miatt csökken az utasforgalom is.

Kibertámadás

Napjainkban a repülőtereken – hasonlóan az élet más területeihez – egyre növekvő mértékű az informatikai eszközök és rendszerek alkalmazása. Emiatt sajnálatos módon egyre nagyobb figyelmet kell szentelnünk a hackertámadások elleni védelemre a repülőterek vonatkozásában is. Az alábbiakban az eddig ismertté vált hackertámadások közül mutatok be néhányat.

1. Belgium, Brüsszel, Zaventem nemzetközi repülőtér elleni hackertámadás (2016.)

2016. március 22-én, órákkal az előző pontban említett, számos emberáldozatot követő öngyilkos robbantásos merénylet után egy Pittsburgh-i tinédzser hackertámadást indított a repülőtér weboldala ellen. A nyomozás szerint nem terrorista szándék vezérelte a fiatal tettét [17].

2. Lengyelország, Varsó, Chopin repülőtér elleni hackertámadás (2016.)

2016 júniusában a varsói Chopin repülőtéren a repülőgépek földi kiszolgálását támogató informatikai rendszert kibertámadás érte. A kibertámadás miatt 10 járatot kellett törölni, ami mintegy 1400 utast érintett [18].

3. Vietnám, Ho Si Minh-város - Son Nhat és Hanoi - Noi Bai repülőterek elleni hackertámadás (2016.)

2016 júliusában mintegy 100 repülőgép menetrendjét befolyásolta a Ho Si Minh-városban található Son Nhat és a Hanoi-ban található Noi Bai repülőterek elleni hackertámadás. A támadások során a repülőterek üzemeltetésében kritikus rendszerelemekhez nem fértek hozzá a hackerek, csak a repülőgépek indulását és érkezését mutató kijelzők váltak használhatatlanná, illetve a „check-in" rendszer működésképtelensége miatti manuális jegykezelés eredményeképpen alakultak ki járatkésések [19].

4. Ukrajna, Kijev, Boryspil nemzetközi repülőtér elleni hackertámadás (2017.)

2017. júniusában Ukrajna számos állami szervezete mellett hackertámadás ért egy dániai hajózási vállalatot és több orosz energiaszektor több vállalatát. Ukrajnában kormányzati szervek, az ukrán Nemzeti Bank és más nemzeti hitelintézetek, az ukrán Posta, a Csernobil zárt zóna, valamint a Kijevben található Boryspil nemzetközi repülőtér is a célpontok között szerepelt. Ebben az esetben azonban nem a repülőtér kritikus elemeinek működése került akadályoztatásra, hanem „csak" a hivatalos weboldal vált elérhetetlenné és repülőgépek indulását és érkezését mutató kijelzők nem működtek [20].

5. A fedélzeti rendszer támadása a repülés során.

Számos forrásban olvasható, hogy a repülőgép rendszerébe történő behatolásra történtek már próbálkozások. Az egyik ilyen esettel kapcsolatban a Boeing kijelentette, hogy a repülőgép utasainak szórakoztatására kialakított rendszer független a repülőgép repülési és navigációs rendszereitől, azaz hamisak azon kijelentések, hogy azon keresztül támadhatóak a létfontosságú rendszerek. Mindenképpen fontos tény azonban az, hogy az IoActive – amely egy különböző védelmi megoldásokkal foglalkozó cég és amely képes volt egy autó számítógépes rendszerét menetközben feltörni – szintén olyan figyelmeztetést adott ki, miszerint egy ilyen támadás sikeresen kivitelezhető [21][22].

Elektronikai zavarás

Az alábbi esetek elemzéseiben az elektronikai zavarás repülőterek vagy repüléssel kapcsolatos tevékenységek elleni alkalmazását mutatom be. Ezen példák a különböző incidensek jellemző esetei:

- elektronikai zavarás szándékos alkalmazása a polgári rendszerek ellen;
- az elektronikai zavarás szándékos alkalmazása katonai vagy más rendvédelmi feladatok során, mellyel nem szándékosan, de negatívan befolyásolták a polgári rendszerek működését;
- polgári személy által használt elektronikai zavaró eszköz negatív hatása a polgári rendszerekre.

A példák között bemutatok egy olyan esetet is, amely közvetve kapcsolódik az elektronikai hadviseléshez, azonban a kiváltó ok egy technikai meghibásodás volt.

Mint említettem, ezen esetek csak mintaként bemutatott incidensek, ezeknél jóval nagyobb számú, valamilyen zavaráshoz kötődő eseményről érhető el leírás a különböző adatbázisokban. Az amerikai kormányzat, az amerikai repülési szervezetek és cégek, valamint a repülésben dolgozó személyek (pilóták, légiirányítók stb.) által üzemeltett, 1976-ban létrehozott Légi közlekedési Biztonsági Jelentési Rendszer[6] adatbázisában 2018. 01. 27-én a „jamming" kereső szó alkalmazásával 141 találatot kaptam, melyekből a legelső egy 1989. januári, a legutóbbi pedig egy 2017. októberi bejegyzés volt. Az eredményként kapott találatok közül nem mindegyik kapcsolódik az elektronikai zavaráshoz, van, amelyik esetében ismeretlen a kiváltó ok, illetve található olyan is, amelyek esetében két, egyéb rendszer közötti interferencia volt a probléma. A már említett első esetnél a bejelentést adó pilóta a Texas államban található Corpus Christi nemzetközi repülőtérnél észlelte a LORAN (Long Range Aid to Navigation, Távoli navigációs segítség) rendszer megbízhatatlanságát. A jelentésben rögzítette, hogy saját nyomozásának eredménye szerint az amerikai Kábítószer-ellenes Hivatal (Drug Enforcement Administration, DEA) alkalmazta az elektronikai zavarást annak érdekében, hogy az alacsonyan repülő kábítószer kereskedők repülését akadályozza. 2017-ben öt alkalommal rögzítettek elektronikai zavarással kapcsolatos esetet, melyek közül:

- három esetben egyértelműen GPS[7] zavarásról szól a jelentés;
- egy esetben GPS zavarásról/kiesésről szól a jelentés;
- egy esetben radarzavarást említenek a szöveges leírásban, azonban a végső következtetésben már GPS zavarás szerepel [24].

1. Haditengerészet zavarta San Diego elektronikai rendszereit (2007.)

2. ábra Az elektronikai zavarás helyszínei a San Diegói incidens vonatkozásában[8]

[6] Aviation Safety Reporting System, ASRS

[7] Az amerikai fejlesztésű globális műholdas helymeghatározó rendszer elnevezése, Navigation System with Timing and Ranging Global Positioning System, NAVSTAR GPS

[8] Szerkesztette a szerző.

2007 januárjában számos szervezet és a lakosság furcsa jelenségeket tapasztalt San Diegóban. A repülőtér repülésirányítói nem tudták a repülőgépek mozgását követni, a közeli Haditengerészeti Egészségügyi Központban nem működtek a vészhelyzeti személyhívók, melyeket az ügyeletes orvosok értesítésére alkalmaztak. ezen felül nem működött a kikötő közlekedés irányító rendszere, a mobiltelefonokon nem volt térerő, és az emberek nem tudtak pénzt felvenni a bankjegykiadó automatákból. A fenti jelenségeket mintegy kettő órán keresztül észlelték. Három napig tartott, míg sikerült megtalálni a probléma okát. A fenti időszakban a kettő hadihajó gyakorlatot hajtott végre, melynek során a rádiójeleket zavarták. Emellett nem szándékosan, de zavarták a GPS[9] jeleket is a város nagy részében [25][26].

2. Kaminonsofőr zavarta a newark-i Liberty nemzetközi repülőtér működését (2009.)

2009-ben a Newark-ban (New Jersey állam) található Liberty nemzetközi repülőtéren a mérnökök azt tapasztalták, hogy időnként a globális műholdas helymeghatározási rendszerek (a továbbiakban GNSS[10]) jeleinek vétele akadályozva van. Két hónapig tartott, mire a Szövetségi Repülésügyi Hivatal[11] szakembereinek sikerült megoldania a problémát: egy kamionsofőrnek, aki naponta a repülőtér közelében közlekedett, egy olcsó GNSS zavaróeszköz volt a birtokában. A célja a zavaróeszköz alkalmazásával az volt, hogy a főnöke ne legyen képes nyomon követni a mozgását [27].

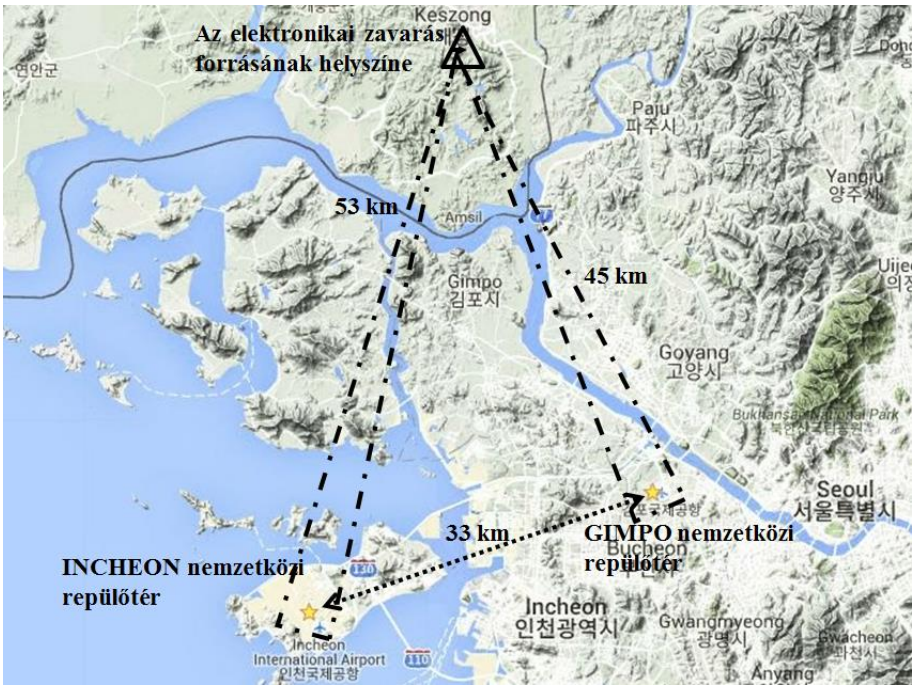
3. Újabb kaminonsofőr zavarta a newark-i Liberty nemzetközi repülőtér működését (2012.)

2012 augusztusában hasonló incidens játszódott le ugyanezen repülőtér vonatkozásában. Ebben az esetben már a zavarbejelentés másnapján bemérték a kamionsofőrt, aki szintén a munkaadója elől akart elrejtőzni a zavaró eszköz alkalmazásával. Miután a Szövetségi Hivatal szakemberei beazonosították és elfogták, 32.000 dolláros büntetést kapott, illetve állásából is elbocsátották. [28] A hivatkozott cikk szerzője visszautal a 2009-ben történt incidensre, így bár nagyon hasonló a két esemény, kizárható, hogy egyazon esetről van szó.

4. Észak-Korea zavarja Dél-Korea légi navigációját (2012.)

Dél-Korea Szárazföldi, Szállítási és Tengerészeti Minisztériumának[12] bejelentése alapján 2012. április 28-ától Észak-Korea több alkalommal zavarta a navigációhoz szükséges GNSS jeleket, amellyel több, mint 250 repülőgép repülését, navigációját nehezítette meg. Az incidensben érintve voltak a Dél-Korea, Japán és Thaiföld légitársaságai, de például a FedEx vállalat is. A repülőgépek a dél-koreai Incheon és Gimpo repülőterekről szálltak fel, vagy szálltak le oda. A zavarás ellenére a repülőgépek képesek voltak baleset nélkül folytatni útjukat. A dél-koreai bejelentésben az elektronikai zavarás forrásának helyszíneként a 3. sz. ábrán jelölt Kaesong területet adták meg [29].

[9] Ebben az esetben vélelmezhetően valóban a NAVSTAR GPS zavarása történt.
[10] A globális helymeghatározó rendszerek esetében gyűjtőnévként általában a GPS megnevezést alkalmazzák, amely azonban az amerikai fejlesztésű rendszer (Navigation System with Timing and Ranging Global Positioning System, NAVSTAR GPS) neve. A globális helymeghatározó rendszer neve helyesen alkalmazva Global Navigation Satellite Systems (GNSS). A négy legnagyobb GNSS rendszer az amerikai NAVSTAR GPS, az orosz GLONASS, az Európai Unió által fejlesztett GALILEO és a kínai COMPASS
[11] Federal Aviation Authority
[12] South Korea's Land, Transport and Maritime Affairs Ministry



3. ábra Az elektronikai zavarás helyszínei az észak-koreai és dél-koreai incidens esetében[13]

5. NATO elektronikai hadviselés gyakorlat (2014.)

A NATO Integrált Lég- és Rakétavédelmi Rendszer[14] (a továbbiakban NATINAMDS) részét képező országokban évente kerül megrendezésre a NATO által biztosított Elektronikai Hadviselési Integrációs Program (NATO Electronic Warfare Integration Program, a továbbiakban NEWFIP) elnevezésű többnemzeti elektronikai hadviselési gyakorlat. A gyakorlat célja a NATINAMDS részét képező államok részére elektronikai zavarási környezetet képezni annak érdekében, hogy a szükséges elektronikai ellentevékenységi eljárásokat begyakorolják. A Magyar Honvédség ezen gyakorlaton történő részvételének aktív szervezője vagyok 2012. év óta. A Magyar Honvédség alakulatai közül a feladatban érintettek az MH 12. Arrabona Légvédelmi Rakétaezred, az MH 54. Veszprém Radarezred, az MH Légi Vezetési és Irányítási Központ és az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis.

A Magyar Honvédség gyakorlaton résztvevő haditechnikai eszközei ellen az elektronikai zavarást a NATO szerződött partnerei, a COBHAM Aviation és a NATO JEWCS (Joint Electronic Warfare Core Staff) saját technikai eszközeivel biztosítja.

A COBHAM Aviation egy számos – repüléssel kapcsolatos – szolgáltatást nyújtó vállalat, amely Dassault Falcon 20 repülőgéppel képes az elektronikai hadviselési képzések kivitelezésére. A repülőgéppel és a gépre szerelt konténerekkel (úgynevezett POD-okkal) képesek radarzavarást, kommunikációs zavarást biztosítani és – különböző hatásos radar keresztmetszetet[15] biztosító vontatott céllal – hamis célokat imitálni [30].

[13] Szerkesztette a szerző.
[14] NATO Integrated Air and Missile Defence, NATINAMDS
[15] Radar Cross Section, RCS

1. kép Zavarókonténer a Dassault Falcon 20 repülőgép szárnya alatt [30]

A JEWCS a NATO részére elektronikai hadviselés tapasztalatot, támogatást és kiképzést nyújt gyakorlatok és műveletek alatt. Mint a 2. számú képen látható, a JEWCS repülőgépre függeszthető zavarókonténerekkel, szimulátorokkal, önjáró és vontatható zavaróeszközökkel rendelkezik [31].

2. kép A JEWCS elektronikai hadviselési technikai eszközei [16] [31]

A fenti eszközökkel mindkettő szervezet képes a repülőgépek fedélzeti és a légtérellenőrzés földre telepített radarjainak, valamint a pilóta és a légiirányító közötti kommunikáció zavarására.

2014. június 05-én és 10-én számos, a különböző forrásokban eltérő – de minden esetben több tízes nagyságrendű – számú repülőgép tűnt el az ausztriai, a cseh, a szlovák és dél-német repülésirányítás kijelzőiről. A repülőgépek és utasaik az elérhető nyilatkozatok alapján nem voltak veszélyben, a repülőgépek és a repülésirányítás között a rádión keresztüli kommunikáció minden esetben zavartalan maradt. A 2014. június 05-i technikai probléma ideje alatt Magyarországon folyamatban volt a NEWFIP gyakorlat, emiatt számos helyen felvetődött annak gyanúja, hogy ezt a problémát a folyamatban lévő elektronikai hadviselés gyakorlat okozta. A vádat kérdésessé tette azonban, hogy a második hibajelenség időpontjára már befejeződött ez a gyakorlat [32][33][34].

[16] A repülőgép nem a JEWCS eszközrendszer része.

Természetesen számos vizsgálat indult az ügyben, és mint kiderült, nem az elektronikai hadviselés gyakorlat volt a probléma okozója. A problémát Patrick Ky, az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség[17] vezérigazgatója által adott nyilatkozat szerint egy, a többszörösen átfedett radarrendszer egyik radarján végzett teszt okozta [35].

6. Svéd repülésirányítás zavarása (2015.)

2015. november 04-én Svédország a repülésirányítási rendszerében támadást érzékelt, egyes források szerint orosz állami hackertámadás érte három repülőterüket. Más források szerint nemcsak repülőterek, hanem több más célpont mellett például Svédország legnagyobb energetikai vállalata is támadást szenvedett. A támadások kivitelezése az Oroszországi Föderáció Fegyveres Erői Vezérkarának Felderítő Főcsoportfőnökségéhez[18] köthető. A támadás eredményeképpen a légiirányítók képtelenek voltak használni számítógépes rendszerüket, emiatt számos helyközi és nemzetközi repülőjárat törlésre került. A támadás tényéről – annak ellenére, hogy nem NATO tagállam – Svédország tájékoztatta a NATO-t és a szomszédos államokat, Norvégiát és Dániát. A probléma lehetséges okaként a Svéd Polgári Repülési Ügynökség az ebben az időszakban tapasztalt napkitörést jelölte meg. Más források viszont azt vélelmezik, hogy Oroszország a napkitörés időpontját – mintegy pajzsként – felhasználva elektronikai hadviselési képességét tesztelte valós célokon. Annak oka, hogy a valószínűsíthetően kíbertámadás mellett felmerült az elektronikai hadviselési eszközök lehetséges alkalmazása is, mint kiváltó ok, az az, hogy ebben az időszakban orosz elektronikai hadviselési tevékenységet is tapasztaltak a környező országok. Ez az elektronikai hadviselési tevékenység kommunikációs zavarást is magában foglalt, melynek forrását – egy viszonylag új és nagy rádiótornyot – Kalinyingrádban azonosították [36][37].

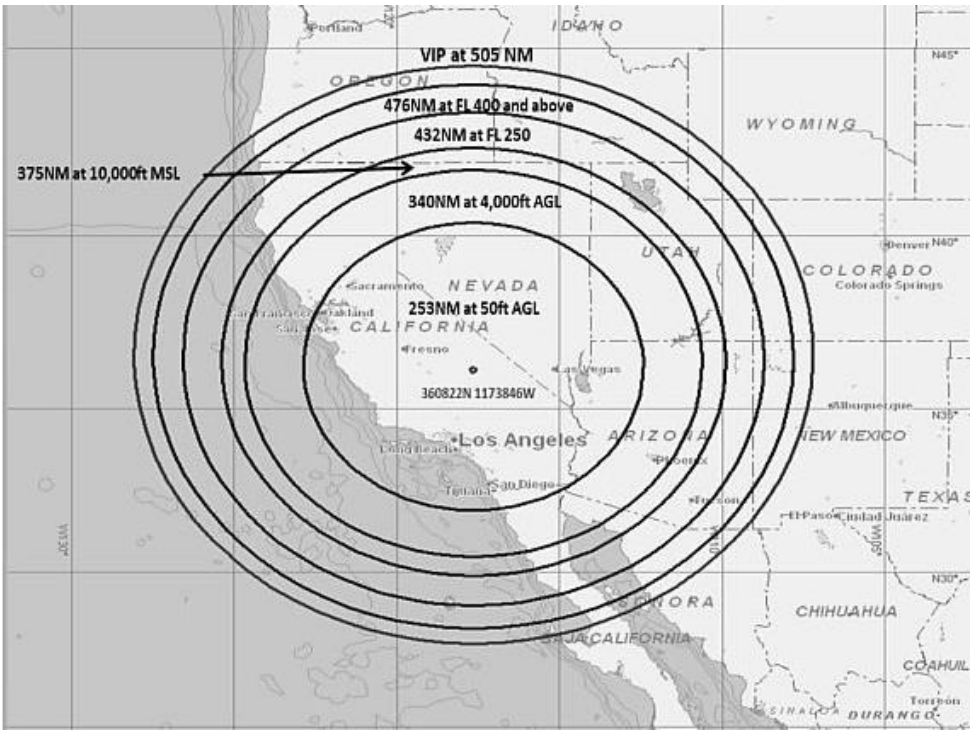
4. ábra Az elektronikai zavarás helyszínei a svédországi incidens esetében [19]

A 4. számú ábrán a helyszínek közötti távolságot szemléltetem, mely alapján látható, hogy a korábban ismert elektronikai hadviselési eszközök hatótávolságát jóval meghaladó távolságokról van szó. Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy napjainkban Oroszország vonatkozásában számos új haditechnikai fejlesztés került rendszeresítésre.

[17] European Aviation Safety Agency, EASA
[18] Glavnoje razvedivatyelnoje upravlenyije, GRU
[19] Szerkesztette a szerző.

7. USA, Kalifornia, katonai elektronikai zavarási teszt (2016.)

A repülőterek és a repülés vonatkozásában mindenképpen fontosnak tartok megemlíteni egy, az amerikai hadsereg által tervezett elektronikai zavarási feladatot, amelynek hatása az előzetes elgondolás alapján Kalifornia egészére kiterjedt volna, az oregoni határtól egészen a mexikói határig. A zavarás során a globális helymeghatározó rendszert tervezték zavarni, melynek repülésre kifejtett hatása az 5. számú ábrán látható. A repülőgépek pilótáinak tájékoztatása érdekében kiadtak egy NOTAM[20] közleményt, amelyben az ábrán látható adatokkal megadták, hogy a zavaró eszköz telepítésének helyétől milyen távolságban és milyen magasságig kell számolni esetleges pontatlansággal, vagy teljes mértékű használhatatlansággal [38].



5. ábra Az elektronikai zavarás várható hatása a különböző magasságokban és távolságokban (tengeri mérföldben és lábban megadva)[21] [38]

Azonban a feladat során nemcsak a repülés volt az egyetlen érintett terület. A tervezés során figyelembe kellett venni, hogy minden eszköz, rendszer vagy jármű, amely a globális helymeghatározó rendszer jelét felhasználja, az elektronikai zavarás hatása alá kerülhet. Problémaként jelentkezett, hogy ennek figyelembe vételével oly mértékűvé vált az érintett eszközök száma, hogy nehezen lehetett volna biztonsággal kijelenteni, hogy a feladat végrehajtása nem fog balesettel járni, esetleg emberi áldozatot követelni. Valószínűsíthetően az amerikai Repülőgép-tulajdonosok és Pilóták Szövetsége által támasztott kifogások miatt a tesztelést a végrehajtás előtt törölte a hadsereg[22] [38][39].

[20] Notice to airman, NOTAM: bármely légiforgalmi berendezés, szolgálat, eljárás létesítéséről, állapotáról, változásáról vagy veszély fennállásáról szóló értesítés, amelynek idejében való ismerete elengedhetetlenül szükséges a repülésben érdekelt személyzet részére.
[21] Tengeri mérföld = Nautical mile, NM. 1 NM = 1852 m. Láb = feet, ft. 1 ft = 30,48 cm. AGL: above ground level, földfelszín felett.
[22] Aircraft Owners and Pilots Association, APOA

8. Egyiptom, Kairó nemzetközi repülőtér forgalmának zavarása (2016.)

2016. május 24-én Egyiptom kiadott egy NOTAM közleményt a kairói repülőtért használó repülőgépek pilótái számára, miszerint ismeretlen forrású zavaróeszközből zavarást észleltek Kairó repülőterén. Emiatt a pilótákat figyelmeztették arra is, hogy folyamatosan figyeljék a NOTAM közleményeket [40].

9. Hong kong-i repülésirányítás zavarása (2017.)

2017. áprilisában az indonéziai elnök, Joko Widodo hong kong-i látogatása során a biztonsági intézkedések részét képezte a rádió-távirányítású improvizált robbanóeszközök[23] ellen alkalmazott elektronikai zavaróeszköz, az úgynevezett jammer alkalmazása. A zavaróeszköz a 3. számú képen látható rendőrautóban volt elhelyezve, antennái a gépjármű tetején láthatóak [41].

3. kép Hong kong-i rendőrautó, tetején az antennákkal [41]

Az elektronikai zavaróeszköz működtetése során azonban zavarás érte a repülésirányítás frekvenciáit. A polgári repülésirányítás nyilatkozata szerint időszakosan észleltek interferenciát, melyet bejelentettek a Kommunikációs Hivatalnak. A Hivatal egy kivizsgálócsoportot a helyszínre küldött, azonban sem a zavarforrást, sem annak helyét nem tudták behatárolni. Kormányzati források szerint a repülésirányítás folyamatosan képes volt a feladatait ellátni, a repülőgépek és utasaik nem voltak veszélyben [41].

[23] RCIED, Radio controlled improvised Explosive Device

AZ „OKOS REPÜLŐTÉR” SÉRÜLÉKENYSÉGE, TÁMADHATÓSÁGA

Napjaink egyik kulcsfontosságú kutatási területe a fenntartható fejlődés, az élhetőbb környezet kialakítását célul kitűző „okos város”[24] koncepció. *„Az okos vagy élhetőbb városon olyan települést értünk, amely a rendelkezésre álló technológiai lehetőségeket (elsősorban az információs és kommunikációs technológiát) innovatív módon használja fel, elősegítve ezzel egy jobb, diverzifikáltabb és fenntarthatóbb városi környezet kialakítását.”* Az okos városok egyik fontos eleme a Közlekedés [42].

Az okos repülőtér elgondolás szerint a légi közlekedésben résztvevők számára egy minél komplexebb, időben pontos, akár távolról is elérhető szolgáltatási láncot terveznek kialakítani. A Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) a repülőterekkel kapcsolatba öt okos szolgáltatást különböztetett meg az okos repülőterekkel kapcsolatban, melyek működtetése jelentős előnyöket hordoz mind a szolgáltatók, mind az ügyfelek részére. Az öt okos szolgáltatás az alábbi:

- okos szállítási és parkolási szolgáltatások. Az utazó részére valós idejű szolgáltatásként, GNSS adatok felhasználásával útvonalat, parkolási lehetőséget ajánl;
- okos kiskereskedelmi, vendéglátó ás szórakoztatási szolgáltatások. A cél a kiskereskedelmi szolgáltatások optimalizálása, a sorok minimalizálása, amely az utazó részére személyre szabott javaslatokkal elősegíthető. Emellett természetesen megjelenhetnek személyre vagy úticélra szabott reklámok is;
- okos munkahely szolgáltatások. Ezen esetben a különböző mobil felszerelések rádiófrekvenciás azonosítással (Radio Freqvency Identification, RFID) történő nyomon követése történne meg;
- okos repülőtér folyamatok. Hely-alapú szolgáltatások, RFID alapú csomagazonosítás, sor nélküli check-in megvalósítása;
- okos üzleti szolgáltatások. A repülőtér tulajdonosa/üzemeltetője és repülőtéren jelenlévő üzleti partnerek közötti információ megosztásról van szó a hatékonyabb üzemelés érdekében (pl. közlekedés és létesítmény menedzsment, logisztikai és veszélyhelyzeti ellátás, biztonsági szolgálat) [43].

Mivel az okos fejlesztések egyik legfontosabb alapja a rendelkezésre álló információk, események azonnali megosztása a rendelkezésre álló kommunikációs csatornákon, így szándékosság esetén kiemelten fontos célpont, vagy nem szándékos cselekmény esetén jelentős probléma forrása lehet a különböző vezeték nélküli kommunikációs megoldások elektronikai zavarása. Összegezve kijelenthető, hogy az okos repülőtér működése és az ott lévő utasok biztonságérzete negatívan befolyásolható az elektronikai zavaró eszközökkel, amennyiben azok több alkalmazás frekvenciasávját lefogják. Így a zavarandó frekvenciatartományok között szerepelnek a GSM, a Wi-Fi, a Bluetooth és természetesen a GNSS sávok.

[24] Smart city

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkemben a légi közlekedés elektronikai zavarásának megtörtént eseteit kutattam és vizsgáltam. Megállapítható, hogy számos eset történt már eddig is. Bár az évi egy-két eset nem tűnik nagy számnak, azonban ha hozzátesszük, hogy egy-egy utasszállító repülőgép 100-300 utas szállítására képes, egy szerencsétlen esetben jelentős katasztrófával nézhetünk szembe. Azt is hozzá kell tennünk, hogy ebben az esetben még nem számoltunk a földön is lehetséges áldozatok számával. Néhány esetben pedig egyidőben több légijármű is az elektronikai zavarás hatása alatt lehetett.

Fontos az, hogy a kritikus, vagy létfontosságú infrastruktúrák védelme nemcsak a terrorizmus elleni védelmet foglalja magába, hanem a különböző természetes és más események hatása elleni védelmet. Ezen események közé kell sorolnunk az elektronikai zavarást is. A cikkben bemutatott legtöbb esemény az elektronikai zavaró eszközök nem megfelelő alkalmazásából ered. Az ilyen jellegű problémák elkerülését a jelenleg rendelkezésre álló technikai lehetőségek és eszközök alkalmazása biztosíthatja számunkra.

Mint a példákból is látható, jelenleg még nem fordult elő terrorista célú alkalmazása, azonban annak jövőbeli esélyét nem szabad kizárnunk az eszközök könnyű beszerezhetősége, könnyű alkalmazhatósága, és egyszerű kezelhetősége miatt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Bonnyai Tünde: A kritikus infrastruktúra védelem elemzése a lakosságfelkészítés tükrében. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Doktori (PhD) Értekezés. 2014. 19-20. old.

[2] Mógor Judit, Földi László, Solymosi József: Lépések a kritikus infrastruktúra védelmének magyarországi szabályozása felé. Hadmérnök. III. Évfolyam 4. szám - 2008. december. ISSN 1788-1919. 16-17. o. url: http://hadmernok.hu/archivum/2008/4/2008_4_mogor.pdf

[3] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. URL: https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a1200166.tv Letöltés ideje: 2017.09.27.

[4] David L. Adamy: EW against a new generation of threats. Egyesült Királyság. Artech House kiadó. 2015. ISBN 13: 978-1-60807-869-1

[5] Horváth József: A repülésirányítás elektronikai zavarása. Repüléstudományi közlemények, XXV. Évfolyam 2013. 2. szám, 278-288. oldal, ISSN 1789-770X url: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-20-Horvath_Jozsef.pdf

[6] Tarján G. Gábor: A terrorizmus. Rendőrtiszti Főiskola. 2007. ISBN 978-963-9543-74-4 url: http://rtk.uni-nke.hu/downloads/tanszekek/tarstud/tema/terrorizmus_ma.pdf

[7] Honvedelem.hu: Iránt kibertámadás érte. url: http://www.honvedelem.hu/cikk/22112/irant-kibertamadas-erte

[8] Szabó Miklós: Polgári repülőbalesetek és –katasztrófák fekete könyve, 1990-2002. SYCA kiadó, Budapest, 2002. ISBN 9638626240

[9] European Union Agency For Network And Information Security, ENISA (Európai Uniós Hálózat- és Információbiztonsági Ügynökség): Securing Smart Airports. 2016. december. 17. o. ISBN 978-92-9204-185-4 doi: 10.2824/865081 url: https://www.enisa.europa.eu/publications/securing-smart-airports

[10] Ernszt Ildikó: A Nemzetközi légiközlekedés védelme. Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar. Budapest. 2010. HU ISSN 1787-0607, ISBN 978-963-9808-23-2, 167. o.

[11] MNO.hu: Teljes légtérzárat rendeltek el hazánkban. url: https://mno.hu/migr/teljes_legterzarat_rendeltek_el_hazankban__kepriport_-230435

[12] Forrás 9., 25. o.

[13] Mult-kor.hu: Öt híres reptéri terrortámadás. url: http://mult-kor.hu/ot-hires-repteri-terrortamadas-20160322?pIdx=1

[14] Origo.hu: Hat terrortámadás a párizsi Orly repülőtéren. url: http://www.origo.hu/nagyvilag/20170318-hat-terrortamadas-a-parizsi-orly-repuloteren.html

[15] Origo.hu: Itt a biztonsági kamera felvétele az Orly repülőtéren történt támadásról. url: http://www.origo.hu/nagyvilag/20170321-itt-biztonsagi-kamera-felvetele-a-parizsi-orly-repuloteri-tamadasrol.html
[16] Hirado.hu: Az elmúlt 13 év súlyos, európai terrorcselekményeinek összefoglalója. url: http://www.hirado.hu/2017/03/22/az-elmult-13-ev-sulyos-europai-terrorcselekmenyeinek-osszefoglaloja-kepekkel/
[17] Robert Abel: Pittsburgh teen launched cyberattacks on Belgium airport after ISIS attacks. url: https://www.scmagazine.com/child-hacker-admits-to-launching-cyberattacks-on-brussels-airport-after-isis-bombing/article/637387/
[18] Kristóf Csaba: Kibertámadás miatt bénult meg a repülőtér. url: https://biztonsagportal.hu/kibertamadas-miatt-benult-meg-a-repuloter.html
[19] ThanhNienNews.com: More than 100 flight delayed due to cyber-attacks at Vietnam's airports. url: http://www.thanhniennews.com/society/more-than-100-flight-delayed-due-to-cyberattacks-at-vietnams-airports-64772.html
[20] Lizzie Dearden: Ukraine cyber attack: chaos as national bank, state power provider and airport hit by hackers. url: http://www.independent.co.uk/news/world/europe/ukraine-cyber-attack-hackers-national-bank-state-power-company-airport-rozenko-pavlo-cabinet-a7810471.html
[21] Evan Perez: FBI: Hacker claimed to have taken over flight's engine controls. url: http://edition.cnn.com/2015/05/17/us/fbi-hacker-flight-computer-systems/index.html (2017.12.06.)
[22] Tamlin Magee: Is it possible to hack a plane? url: https://www.techworld.com/security/is-it-possible-hack-plane-3644970/
[23] Aviation Safety Reporting System. url: https://asrs.arc.nasa.gov/search/database.html
[24] Jeff Coffed: The Threat of GPS Jamming. url: http://gpsworld.com/wp-content/uploads/2014/02/ThreatOfGPSJamming_FEB14.pdf
[25] David Hambling: GPS chaos: how a $30 box can jam your life. url: https://www.newscientist.com/article/dn20202-gps-chaos-how-a-30-box-can-jam-your-life/
[26] Yukon Palmer: Navy accidentally jammed gps system in San Diego. url: HTTPS://FIELDLOGIX.COM/NEWS/NAVY-ACCIDENTALLY-JAMMED-GPS-SYSTEM-IN-SAN-DIEGO/
[27] Economist.com: No jam tomorrow. url: http://www.economist.com/node/18304246
[28] Glen Gibbons: FCC fines operator of gps jammer that affected Newark Airport ground-based augmentation system. url: http://www.insidegnss.com/node/3676
[29] Brad Lendon: North Korea jamming South's air traffic navigation. url: http://news.blogs.cnn.com/2012/05/03/reports-north-korea-jamming-souths-air-traffic-navigation/
[30] Cobham Aviation hivatalos weboldala. url: http://www.cobhamaviationservices.com/what-we-do/operational-readiness-training/
[31] NATO Joint Electronic Warfare Core Staff (JEWCS) bemutató. url: https://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/pais/people/aldrich/vigilant/lectures/gchq/20080904_nr_jewcs_transformation_brief_muxfeldt_unclas_old.pdf
[32] Wilhelm Theuretsbacher: NATO-Übung: Flugsicherung in halb europa lahmgelegt. url: https://kurier.at/chronik/oesterreich/nato-uebung-flugsicherung-in-halb-europa-lahmgelegt/69.226.057
[33] Matthew Day: 13 planes vanish from radars over Europe. url: http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/austria/10898385/13-planes
[34] Wilhelm Theuretsbacher: Wieder störangriff auf flugsicherung. url: HTTP://KURIER.AT/CHRONIK/OESTERREICH/AUSTRO-CONTROL-WIEDER-STOERANGRIFF-AUF-FLUGSICHERUNG
[35] Air Traffic Management, Issue I 2015., 6 o. url: http://www.airtrafficmanagement.net/ (2016.11.10.)
[36] Is there electronic warfare behind the block of Swedish air traffic control systems? url: http://securityaffairs.co/wordpress/46278/cyber-warfare-2/swedish-air-traffic-control-systems.html
[37] Kjetil Stormark: Sweden issued cyber attack alert. url: https://www.aldrimer.no/sweden-issued-cyber-attack-alert-as-its-air-traffic-reeled/
[38] John Keller: Military GPS jammer tests could knock out satellite navigation to much of West Coast. url: http://www.militaryaerospace.com/articles/2016/06/gps-jammer-satellite-navigation.html

[39] Elizabeth A. Tennyson: NAVY cancels planned GPS outage in Southern California. url: https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2016/june/08/navy-cancels-planned-gps-outage-in-southern-california
[40] Declan Selleck: GPS jamming at Cairo. url: http://flightservicebureau.org/gps-jamming-at-cairo/
[41] Kris Cheng: Police accused of jamming air traffic control radio with anti-explosive van during Indonesian president's visit. url: https://www.hongkongfp.com/2017/05/02/police-accused-jamming-air-traffic-control-radio-anti-explosive-van-indonesian-presidents-visit/
[42] MTA Regionális Kutatások Központja: „Smart cities" tanulmány. Győr, 2011. ISBN 978-963-08-1739-4, 6. o.
[43] Dr. Amir Fattah - Howard Lock - William Buller - Shaun Kirby: Smart Airports: Transforming Passenger Experience To Thrive in the New Economy. 2-3 o. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) 2009. július. url: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/pov/Passenger_Exp_POV_0720aFINAL.pdf

THE ELECTRONIC JAMMING OF THE AVIATION

Nowadays we can read or hear a lot about the critical infrastructures. In the 1-3 Annex of the 2012 CLXVI Act, dealing with the identification, designation and protection of critical systems and facilities, we can find the transport as a sector, and the aviation as sub-sector of the transport. The aviation, as critical infrastructure, has several aspect regarding to the needed defence. Not only against the so common terrorism, but we have to prepare to to eliminate the effects of various natural phenomena, technical reasons as well. One of these technical reasons can be the electronic jamming. This article is the second part of my study about the defence of the aviation, as critical infrastructure, against the electronic jamming. The aim of this article is to introduce and analyze cases, where electronic jamming has been used against any element of aviation, whether it be a radar system or a communication system. I have also taken into account the jamming of the global navigational satellite system, which is also important in terms of aviation.

Keywords: *airport, electronic jamming, critical infrastructure*

Horváth József (MSc) doktorjelölt Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola horvath0101@gmail.com orcid.org/0000-0002-2743-3522	Horváth József (MSc) PhD Aspirant National University of Public Service Doctoral School of Military Engineering horvath0101@gmail.com orcid.org/0000-0002-2743-3522

„Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-IV-NKE-16 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült"

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-01-0441_Horvath_Jozsef.pdf

Novoszáth Péter

A MODERN VÁROSOK PROGRAM KERETÉBEN MEGVALÓSULÓ REPÜLŐTÉRFEJLESZTÉSEK

A Modern Városok Program keretében 5 megyei jogú városban kerül sor helyi regionális repülőtér fejlesztési projektek támogatására. A Debreceni Nemzetközi repülőtér technikai fejlesztése keretében új II. kategóriájú műszeres leszállító rendszer (ILS) kiépítésének és fenntartásának támogatására. A Székesfehérvár-Börgönd repülőtér és ipari terület fejlesztésére. A kecskeméti repülőtér közös felhasználású (katonai-polgári) célú használatára irányuló fejlesztési tervek megvalósítására. A békéscsabai repülőtér futópályájának meghosszabbítására, illetve a repülőtér egyéb műszaki fejlesztésére vonatkozó tervek megvizsgálására, amely eredményeként javaslat készülhet e fejlesztések megvalósításának támogatására. A szegedi városi repülőtér további működéséhez szükséges fejlesztési lehetőségek vizsgálatára, és az alapján javaslat készítésére a fejlesztések támogatása érdekében szükséges intézkedésekre a Kormány számára. E tanulmány fő célja e projektek részletesebb bemutatása a szélesebb szakmai közvélemény számára.

Kulcsszavak: *vidék, régió, versenyképesség, közös felhasználású (katonai-polgári) repülőtér, Modern Városok Program, regionális, területi fejlesztés*

A REGIONÁLIS REPÜLŐTEREK FEJLESZTÉSE ÉS HATÁSAI

Egy repülőtér egy vagy több futópályával rendelkezik a repülőgépek számára, a hozzájuk tartozó épületekkel, terminálokkal, ahol a légi úton szállított utasok és áruk érkeztetése, indítása történik. E meghatározás több különféle színvonalú, forgalmú stb. repülőteret ölel föl. Magyarországon például jelenleg 70-nél is több repülőteret tartanak nyilván, ám amíg ezek közül a budapesti Liszt Ferenc nemzetközi repülőtéren száznál is több létesítmény található, addig jó néhány esetben a gyakran legelőnek is silány területeken még az éles szemű szakember is nehezen fedezi fel a légi közlekedésre emlékeztető nyomokat. A repülőterek lehetnek nyilvánosak, amelyeket azonos feltételekkel bárki igénybe vehet, avagy nem nyilvánosak, amelyeket ellenben bizonyos esetek kivételével csupán a tulajdonos, illetve az üzemben tartó engedélye alapján lehet igénybe venni. Kereskedelmi repülőtérnek a rendszeres utas, poggyász, áru és posta továbbítását végző légi forgalom céljára létesített nyilvános repülőtereket nevezik. Ugyanakkor vannak úgynevezett közös felhasználású (polgári és katonai) repülőterek és ellenőrzött repülőterek is: ez utóbbiakon légiforgalmi irányító, tájékoztató és riasztó szolgáltatást is nyújtanak [1].

A legtöbb európai repülőtér a nemzeti kormányok és/vagy a regionális és/vagy helyi önkormányzatok tulajdonában van teljesen vagy döntő részben. A tulajdonviszonyok azonban állandóan változnak, mivel a magánszektort egyre jobban igénybe veszik új infrastrukturális beruházások finanszírozására. Sok esetben a nemzeti kormányok vagy a regionális és/vagy helyi önkormányzatok részvényeik egy részét eladják, hogy tőkét képezzenek más tevékenységekre. Ugyanakkor ma is egyértelműen általánosnak tekinthető az Európai Unióban az a törekvés, hogy a kormányzati hatóságok és a regionális és/vagy helyi önkormányzatok fenn kívánják tartani többségi érdekeltségüket annak érdekében, hogy ellenőrzésük alatt tarthassák a repülőtereket azért, hogy befolyásolni tudják a repülőtér fejlesztési politikáját, például gazdasági regenerálás, fellendítés stb. céljából [2]. A repülőtéri régiók az elsődleges gazdasági növekedés motorjaivá váltak a XX. század

végére. Egyes régiók dinamikus fejlődése mögött jól kialakított regionális fejlesztési stratégia áll, mely egyaránt képes a lokális és a globális közlekedési célok szolgálatára. A fejlesztések megvalósítása során sok esetben megkerülhetetlen azonban a lokális erőforrások fejlesztésbe való bevonása, mely a jövedelemnövelő hatáson át keresletet indukálhat a régióban. A legmodernebb infrastruktúrák üzemeltetése, a helyi munkaerő foglalkoztatása minden politikai erő elsődleges célkitűzései közé tartozik. A légi közlekedés nyújtotta lehetőségek azonban szinte egyedülállóak, amelyek az Európai Unióban rejlő lehetőségek fokozatos kihasználását is lehetővé teszik. Olyan kapcsolatok alakulhatnak ki országok, régiók, városok között, amelyek az európai fejlődés és a régiók felzárkózásának meghatározó elemei lehetnek. Azok az országok, melyek jól kiépített regionális repülőterekkel rendelkeznek, előnyben vannak azokkal szemben, melyeknél esetlegesen csupán a főváros közelíthető meg légi úton [3]. A kelet-közép-európai országok fejlődésüknél fogva mindössze néhány jól kiépített és működő repülőtérrel rendelkeznek. Annak ellenére, hogy a regionális repülőterek az egyik leghatékonyabb területfejlesztési tényezőknek számítanak fejlődésük Magyarországon ma is igen vontatottan halad. Magyarországon ma még egy nagyobb regionális repülőtér sem képes az üzemeltetési költségei fedezeti pontjának megfelelő bevételt generálni [4]. Sajnálatos módon Magyarország azon európai államok sorába tartozik, melyek kevés jól működő regionális repülőtérrel rendelkeznek annak ellenére, hogy Magyarországon jelenleg 73 repülőtér, illetve fel- és leszállóhely található. Ha rangsort állítanánk az Európai Unión belül, országunk a regionális repülést tekintve a lista hátsórészében állna. Magyarország jelenlegi gazdasági és földrajzi paraméterei azonban csak négy-öt nagyobb és öt-tíz kisebb regionális repülőtér gazdaságos üzemeltetését teszik indokolttá. Nyilvánvaló, hogy a repteréknek csak kis százaléka lehet alkalmas nemzetközi légi forgalom lebonyolítására. Többek között a szilárd burkolat, valamint pályafény, utas biztonság, légi irányítás alapvető feltétel. A felsorolt kritériumoknak csak néhány repülőtér felel meg Magyarországon. Ez azonban nem probléma az ország kis területe miatt. Egy esetleges magasabb gazdasági fejlettség sem garantálná sok regionális repülőtér racionális működtetését. A magyarországi repülőterek feladata nem az egymással versengés, hanem az egymás kisegítése, kiegészítése a különböző profilú légikikötők esetén [5].

A MODERN VÁROSOK PROGRAM KERETÉBEN MEGVALÓSULÓ FEJLESZTÉSEK

A vidék fejlődésének kulcsa a vidéki városok fejlődése, ezért a kormány létrehozta a Modern városok elnevezésű programot. A Modern Városok Program egy olyan történelmi elmaradást kíván pótolni, amely révén immáron évszázados lemaradásunk egyes főbb dimenziók esetében csökkenthetővé válnak. A rendelkezésre bocsátott források révén olyan fellendülés kezdődhet a településeken és térségükben, amilyenre a reformkorban volt lehetőség utoljára. Emellett a program másik legfontosabb célja, hogy növelje Magyarország munkaerő megtartó képességét azáltal, hogy minél élhetőbb, biztonságosabb, versenyképesebb városaink lesznek.

A Magyar Kormány a 2015-ben indított Modern Városok Programja keretében egyeztette a megyei jogú városok önkormányzataival a települések közép- és hosszú távú fejlesztési terveit, annak érdekében, hogy azok a gazdaság húzóelemeiként valódi térségi központi szerepet tölthessenek be. A Magyar Kormány 2015. március és 2017. június között a Modern Városok Program keretében 23 megyei jogú város önkormányzatával kötött együttműködési megállapodást [6]. Emegállapodások

célja az, hogy ezek a büszke városok legyenek a 21. század nyertesei, a magyar vidék fejlődésének zászlóshajói, és a jövőben a legmodernebb és a legsikeresebb európai városok közé tartozzanak. Otthonos és családias közösséget, biztonságos környezetet jelentsenek, ahol van munkalehetőség, javulnak az életkörülmények, ahol minden megtalálható, elérhető helyben, ahol megbecsült embernek érezzük magunkat, ahol szépülnek az utcák, a terek, az épületek, ahol pezseg az élet [7].

A Modern Városok Program keretében 5 megyei jogú városban kerül sor helyi regionális repülőtér fejlesztési projektek támogatására:

- a Debreceni Nemzetközi Repülőtér technikai fejlesztésére, ennek keretében új II. kategóriájú műszeres leszállító rendszer (ILS) kiépítésének és fenntartásának támogatására (1038/2016. (II.10.) Korm. határozat) [8];
- a Székesfehérvár-Börgönd repülőtér és ipari terület fejlesztési lehetőségeinek megvizsgálására (1038/2016. (II.10.) Korm. határozat) [8];
- a kecskeméti repülőtér közös felhasználású (katonai-polgári) célú használatára irányuló fejlesztési tervek megvalósításának, ennek keretében cargobázis kialakításának feltételrendszerének megvizsgálására, amely alapján javaslat készül a Kormány részére a kecskeméti repülőtér közös felhasználású katonai és polgári repülőtérré történő fejlesztését szolgáló további intézkedésekre (1131/2016. (III.10.) Korm. határozat) [9];
- a békéscsabai repülőtér kifutópályájának meghosszabbítására, illetve a repülőtér egyéb műszaki fejlesztésére vonatkozó tervek megvizsgálására, amely eredményeként javaslat készül a fejlesztések megvalósításának támogatására (1283/2016. (VI.7.) Korm. határozat) [10];
- a szegedi városi repülőtér további működéséhez szükséges fejlesztési lehetőségek vizsgálatára, és az alapján javaslat készítésére a fejlesztések támogatása érdekében szükséges intézkedésekre a Kormány számára (1151/2017. (III.20.) Korm. határozat) [11].

A DEBRECENI NEMZETKÖZI REPÜLŐTÉR TECHNIKAI FEJLESZTÉSE

Debrecen nemzetközi repülőtere (IATA: DEB; ICAO: LHDC) Kelet-Magyarország legfontosabb és egyben legnagyobb forgalmú nemzetközi repülőtere, Magyarország öt nemzetközi repülőterének egyike; a Budapest Liszt Ferenc nemzetközi repülőtér után a második legforgalmasabb. 2001 óta a nemzetközi utazóközönség előtt is nyitott légikikötő. A város központjától 7 km-re, a Nagy állomástól (a debreceni vasúti főpályaudvartól) 5 km-re déli irányban található. A debreceni repülőtérről Az első hivatalos repülőjárat egy postai küldeményeket szállító repülőgép volt 1930-ban. Ettől kezdve a belföldi légi forgalom jelentősnek nevezhető, rendszeres járatok üzemeltek Debrecenből Budapestre és Magyarország nagyobb városaiba. Ezzel egy időben sportcélokra is használták, majd katonai repülőtérré lett, az alföldi repülőgépes kiképzés fontos csomópontjaként. A második világháború során a magyar bombázó repülőgépek bázisaként üzemelt. A háborút követően magyar, majd 1951-től szovjet repülőcsapatok állomásoztak itt. 1946 és 1968 között a Ferihegyi repülőtér kitérő repülőtereként fontos szerepet töltött be. A szovjetek 1990 májusában elhagyták a repülőteret és visszaadták a magyar államnak. A sportrepülés újbóli beindításával a repülőtér újjáéledt, majd a nemzetközi polgári repülés is újraindulhatott. A reptér átfogó fejlesztése 2001-ben indult meg, amikor a Debreceni Vagyonkezelő Vállalat megvásárolta a repülőteret üzemeltető Airport-Debrecen Kft-t, így 2001. május 29-én nyilvános, nem kereskedelmi, a nemzetközi forgalom számára megnyitott légikikötővé válhatott. A fejlesztési program alapját a bajor ASTA cég és magyar

szakemberek közreműködésével készítették el, a fejlesztési tervet az illetékes minisztérium is elfogadta. A fejlesztési program keretében a vidéki repülőterek közül elsőként Debrecenben épült ki az ISO 9001:2001 környezetközpontú-minőségirányítási rendszer, és ezzel 2002. december 29-én nyilvános, kereskedelmi, a nemzetközi forgalom számára megnyitott repülőtérré vált [12].

A korábbi logisztikai fejlesztésekhez kapcsolódóan az összesen nyolcezer négyzetméter alapterületű, háromemeletes, új innovációs és inkubációs központ megépítését 2016 elejére tervezték befejezni, amibe az irodák mellett a reptér új utasforgalmi terminálját is kialakították. Az új terminál teljes beüzemelését a 2016-os nyári charterszezonra tervezték a régi üzemben tartása mellett, ez azonban 2018-ra csúszott. A két terminállal elviekben akár évi egymillió fős utasforgalmat is képes kezelni a Debreceni Repülőtér. 2017-ben kormány döntés született a reptéri műszeres leszállító rendszer teljes felújításáról. Az új, ILS 2-es kategóriájú rendszert 2018-ban helyezik üzembe [13].

Az önkormányzat és a város vagyonkezelő holdingja 1994 óta összesen 4,7 milliárd forintot költött a repülőtérre, illetve annak fejlesztésére. A repülőtér egyébként évente mintegy háromszáz millió forintos veszteséget termelt, ezért a Debreceni Vagyonkezelő Zrt. partnert keresett az üzemeltetéshez. Az AIRPORT DEBRECENI HOLDING tulajdonjogát így 2015-ben a Xanga Investment Kft. és Sciendum Kft szerezte meg. A debreceni repülőtér üzemeltetője jelenleg az AIRPORT-DEBRECEN Repülőtér – üzemeltető Kft., amelynek tulajdonosai 2016-ban 75%-ban az AIRPORT DEBRECENI HOLDING Kft. és 25%-ban a Debreceni Vagyonkezelő Zrt. [14].

Az AIRPORT-DEBRECEN Repülőtér – üzemeltető Kft. 2016. évi éves mérlegbeszámolója szerint 2016 évben mínusz 237 524 eFt eredménye keletkezett 889 454 eFt mérlegfőösszeg mellett [15]. A debreceni repülőteret 2017-ben 318 184 légi utas használta, az év teljes időszakára vonatkoztatva a növekedés 2016-hoz képest +12 százalékos volt, ami egy év alatt +33 784 utast jelentett. A Wizz Air bázisgépének illetve Lufthansa City Line menetrend szerinti járatainak és az erős nyári charter forgalomnak köszönhetően 2018-ban további jelentős utasfogalom-bővülésre számítanak. A Debrecen Airport 2017-es utasforgalmát a javuló kihasználtságot mutató menetrend szerinti járatok mellett, a különösen élénk nyári charterforgalomnak köszönheti. A 2017. év utolsó hónapja a tavalyi decemberhez képest is rendkívül élénk volt, hiszen sokan látogattak haza külföldről szeretteikhez, rokonaikhoz a karácsonyi ünnepekre, valamint a téli szünidős városlátogatások száma is évről évre egyre dinamikusabban fejlődik. A debreceni repülőtérnek 2017. december 18. óta már összesen nyolc európai és izraeli régióval van közvetlen menetrend szerinti összeköttetése [16].

A repülőtér célja, hogy Debrecen is felkerüljön a légi teherszállítás térképére, mivel Budapest mellett bőven elférne egy ilyen szolgáltatás, mely a debreceni és a közeli városokban működő vállalkozások mellett a távolabbi, akár a határ túloldalán lévő – ukrajnai vagy romániai – cégek ilyesfajta igényeit is ki tudná elégíteni.

Debrecen Airport	2017	2018	Változás
Repülőtéri műveletszám (érkező+induló járatok)	2596	2830	9%
Charter utasforgalom (fő)	19 550	23 500	20%
Teljes utasforgalom (fő)	284 400	318 184	12%

1. táblázat A debreceni repülőtér jelenlegi és várható utasforgalma [16]

A fuvaroztatók szempontjából ehhez arra lenne szükség, hogy csaknem napi szinten közlekedjenek áruszállító gépek Debrecenből az európai nagyvárosokba. Sok esetben a speciálisan áruszállító repülők mellett a személyszállító járatokon is fuvaroznak üzletszerűen árukat. Akár egy

ilyen megoldás is elképzelhető legalábbis kezdeti lépésként Debrecenben, ahová a Lufthansa heti három alkalommal indít járatokat Münchenből. Amennyiben a német légitársaság növelné kapacitását, illetve a gépei méretét, az is nagy lendületet adhatna a debreceni légi teherszállítás beindításának. Az áruk Debrecenen keresztüli légi fuvarozása a szállítási idő és a költségek szempontjából is kedvezőbb lenne több régiós importőrnek, exportőrnek [17].

A Modern Városok Program keretében a kormány és Debrecen önkormányzata között kötött megállapodás részeként az állam 1,2 milliárd forintot biztosít egy a repülőgépek le- és felszállását könnyítő rendszer telepítésére. Az ILS I-et cserélik le a korszerűbb ILS II-esre. További forrásokra van szükség, a működtetéshez, a kiképzéshez és a fenntartáshoz is. A szükséges forrásokhoz is a kormány támogatását kérték. Az újabb, 1 milliárd 372 millió forintos összeg elbírálásához egy előterjesztést készítettek elő. A kormány 2016. október 27-i ülésén jóváhagyta a debreceni légikikötő újabb fejlesztését. Az új műszeres leszállító rendszer (ILS II) a jelenlegi 800 m-ről 250 m-re hozza le majd le automatikusan a gépeket. Az ILS II-vel jelentősen nő majd a repülésbiztonság a légikikötőben, és nagyobb ködben, havazásban is könnyebben tudnak majd landolni a gépek. Ennek következtében az ILS II rendszer segíthet a nagyobb gépek Debrecenbe csábításában. A debreceni repülőtér jövője szempontjából nagyon fontos döntést hozott a kormány. A Modern Városok Programban elkülönített 1,2 milliárd forint elbíráláshoz ki kellett kérni az Európai Bizottság véleményét is, lévén az a forrás a gazdaság fejlesztéséhez kapcsolódik. Miután ezt támogatta az Európai Bizottság, dönthetett a kormány az újabb, 1 milliárd 372 millió forintos plusztámogatásról is. A pluszpénzből kapcsolódó technológiai fejlesztéseket lehet majd megvalósítani, illetve jelentős forrás jut a képzésre is. Debrecen önkormányzata örömmel üdvözölte a kormány azon döntését, mellyel újabb forrást biztosított a város nemzetközi repülőterének fejlesztéséhez. A repülőteret üzemeltető Xanga cégcsoport az ILS II-es mellett az úgynevezett Air Traffic Controlt, az ATC-t is kiépítteti majd, ami a légteret ellenőrzi. Az ellenőrzött légtér megvalósításával tovább fog nőni a repülésbiztonság. Ezt ma már alapkövetelménynek számít, több légitársaság is megköveteli, s ez volt a Wizz Air légitársaság elvárása is ahhoz, hogy tovább növelje debreceni járatai számát. Így ugyanis több gép is tartózkodhat egyszerre a légtérben, ehhez elengedhetetlen a fejlesztés [18].

A SZÉKESFEHÉRVÁR-BÖRGÖND REPÜLŐTÉR ÉS IPARI TERÜLET FEJLESZTÉSE

A börgöndi repülőtér Székesfehérvártól 10 km-re délre, a városhoz tartozó Börgönd közelében helyezkedik el. A repülőtér építését 1936-ban az 1/1 és az 1/2 Vadászrepülő századok Börgöndre telepítése után kezdték meg. A trianoni békeszerződés megkötései miatt csak rejtett formában történhetett a katonai repülés Fiat CR 30 és CR 32 típusokkal. A második világháború idején (1939-től) a repülőtérnek fontos szerepe volt vadászrepülők és bombázók állomásoztatásában. 1942-ben és 1943-ban nagyszabású építkezések folytak a repülőtéren: új hangárokat és műhelyeket építettek. 1943-tól a Német Légierő is használta a repülőteret a Magyar Királyi Légierővel közösen. A repülőtéren a háború minden fontos repülőgépe megfordult, jellemzően Ju 87 Stuka zuhanóbombázók, Bf 109 vadászrepülők és egy alkalommal az óriás Me 323 Gigant szállítógép is. A szovjet előrenyomulást követően 1944 decemberében a repülőteret elfoglalták az oroszok. A háborút követően az építő zászlóalj, majd 1951-től a Csatarepülő Ezred Il 10 típusú gépekkel, 1957 és 1973 között pedig a Légvédelmi Tüzér Rakéta Ezred szolgált

Börgöndön. A Mechanikai és Technikai Csapatrepülő Parancsnoksága alatt 1973-tól két évig a könnyű helikopter osztály Mi-2-es helikopterekkel, 1975-től 1992-ig pedig a MH 90. Vezetés-biztosító és Futárhelikopter Ezred Mi-2-es (két század) és Kamov Ka-26-os (egy század) gépekkel használta Börgöndöt. Ezen időszak alatt a repülőtéren kapott elhelyezést az ország egyetlen ejtőernyő javító és készítő műhelye is [19].

A rendszerváltásig a katonai használat miatt gyakorlatilag „fehér folt" volt Magyarország térképén a börgöndi reptér. A polgári célú hasznosítás akkor merült fel, amikor 1995-ben az Albatrosz Repülő Egyesület elkezdte szorgalmazni, hogy a város általános rendezési tervébe „csak repülőtérként fejleszthető területként" kerüljön be a légikikötő. A rendszerváltást követően a fehérvári és az abai önkormányzatnak egy árverésen sikerült 2001-ben 280 millió forintért megvásárolni a bázis tulajdonjogát. Ekkor tűnt fel a városháza környékén az angol Wiggins Group (későbbi nevén Plane Station Ltd.), amely igen meggyőzően állította, hogy márpedig itt egy nagy nemzetközi repteret épít. A cég vezére többször járt Magyarországon, de repteret bizony nem épített. Öt év ígérgetés után már senki sem hitt az angoloknak, s közben bejelentkezett a száz leggazdagabb magyar között jegyzett Nagygyörgy Tibor és Nyíri Viktor, a Biggeorge's-NV Zrt. tulajdonosai, akikkel a két önkormányzat 2005-ben szerződést kötött a börgöndi repülőtér fejlesztésére. A reptérfejlesztésre létrehozott kft.-be az önkormányzat apportálta a reptér területét, a tervek pedig tizenötmilliárd forintos fejlesztésről szóltak, 2009-es átadással. A repülőteret a fejlesztésekkel nemzetközi repülőtérré és a diszkont légitársaságok számára is elérhetővé kívánták tenni. Az eredeti tervek szerint 2010 tavaszára a repülőteret egy két kilométer hosszú kifutópályával és egy ötezer négyzetméteres utasterminállal, valamint az ahhoz kapcsolódó kiegészítő létesítményekkel kellett volna bővíteni. A beruházó úgy tervezte, hogy a kibővítés utáni első évben 150 ezer, a hetedik évben kb. 1,5 millió utas fordul majd meg a légikikötőben. A fejlesztések ugyanakkor csak nagyon lassan haladtak, az építési engedély kiadása utáni harmadik évben a tervekből még semmi sem valósult meg. Székesfehérvár önkormányzata ezért 2012 októberében úgy döntött, hogy visszakéri a repteret a befektetőtől. A székesfehérvári önkormányzat független szakértőket kért fel, hogy értékeljék fel, mennyit is ér valójában a terület és a reptér létesítésére az összes, mintegy hetven engedélyt megszerzett cég. A Modern Városok Program keretében a kormány 2,5 milliárd forintot adott Székesfehérvárnak, amelyből az önkormányzat visszavásárolhatta a repteret és az időközben ipari park címet kapott területrészt is. Az erről szóló megállapodást 2014. december 22-én írta alá a székesfehérvári polgármester. A megyeszékhely később aztán Aba tulajdonrészét is megvásárolta. Ezzel gyakorlatilag megnyílt a lehetőség, hogy egy, a város lakóit sem zavaró, elsősorban kisebb, üzleti és sportcélú gépek fogadására alkalmas reptér jöjjön létre [20].

A Székesfehérvár Börgönd repülőtér és ipari terület fejlesztésének tervezett összköltsége 12,376 milliárd forint. A tervezett megvalósítás 2018. II. félévtől 2020. II. félévig fog tartani. Jelenleg az előkészítési munkák zajlanak: a szakmai egyeztetések, a kormány előterjesztés előkészítése, valamint a támogatói döntés és a tervezési szakasz folyamata, amely várhatóan 2017. II. félévtől 2018. II. félév végéig tart majd [21].

A KECSKEMÉTI REPÜLŐTÉR KÖZÖS FELHASZNÁLÁSÚ (KATONAI-POLGÁRI) CÉLÚ HASZNÁLATÁRA IRÁNYULÓ FEJLESZTÉSEK

Rákossy György, a magyar Légügyi Hivatal egykori vezetője 1932-ben, egy hagyományteremtő kecskeméti repülőnapon egy korszerű repülőtér létesítésének gondolatát fogalmazta meg. Három évvel később elkezdődött a repülőtér építése, amelynek átadására 1937-ben került sor. Újabb három év elteltével 3 repülőgéphangárt is átadtak. A kecskeméti reptér 1944-ben fontos szerepet töltött be a német haderő légi szállításai kiszolgálásában. A repülőtér a második világháború során súlyos károkat szenvedett, újjáépítése 1948-ig tartott. Két évvel később 1950-ben megkezdték a repülőtér németek által épített 1500 m hosszú guruló- és felszálló mezejének bővítését, valamint meghosszabbítását. A munkálatok egy év múlva fejeződtek be. Kunmadarason 1951-ben hozták létre a MH 66. Vadászrepülő Hadosztály alárendeltségében azt az ezredet, amely a hivatalos jogelődje a mai kecskeméti harcászati repülőezrednek. Az alakulatot 1991-ben ezreddé minősítették, így kapta meg jelenlegi is hivatalos elnevezését: MH 59. Szentgyörgyi Dezső Harcászati Repülőezred. A kecskeméti katonai repülőtér ma a Magyar Honvédség egyik harcászati repülőbázisa a pápai és szolnoki mellett. Kecskeméttől északkeletre található. Innen látják el a hazai légtér védelmét. Kecskeméten speciális katonai repülőkórház is található, ahol többek között a repülő orvosi alkalmassági minősítő vizsgálatokat végzik [22].

A kormány a kecskeméti katonai repülőtér polgári célú fejlesztését nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű üggyé nyilvánította 2017. augusztus 28-án [23]. A beruházás a Modern városok programból összesen öt és fél milliárd forintot kap. A kecskeméti városvezetés 2016-ban állapodott meg a kormányzattal a Modern városok program részeként öt és fél milliárd forint fejlesztési keretről a repülőtér fejlesztéséhez. Ezt követően megvizsgálták a honvédelmi tárcával közösen és egy előkészítő tanulmányban össze is foglalták, hogy az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázison miként lehet a katonai és a polgári légikikötő elkülönítését elérni. A hatástanulmány szerint a polgári repülőtér a létesítmény északi-északnyugati oldalán kaphat helyet, amely az északi elkerülő út felé esik. Ez azért is előnyös lenne, mert egy bekötőúttal és egy felhajtóval a 445-ös főúton át a reptérről gyorsan elérhető lenne az M5-ös autópálya. A repülőtérnek ezen a részén lévő katonai zóna átköltöztetéséhez a NATO-val kell egyeztetni. Ha ez lezárult, kezdődhet meg a kiszolgáló épületek megépítése. Az együttes katonai-polgári felhasználáshoz ugyanis egyes katonai objektumokat máshová kell áthelyezni, mivel repülésbiztonsági okokból a polgári repülők, helikopterek nem üzemelhetnek felfegyverzett katonai légi járművek mellett. A tervezett beruházások között szerepel egy polgári utasforgalmi terminál, egy teherárurraktár kialakítása, üzemanyag-tárolók létesítése, valamint a közműhálózat fejlesztése és a biztonsági kommunikációs rendszerek kiépítése is. A finanszírozás kapcsán a város tárgyal a Honvédelmi Minisztérium cégével, a HM EI Zrt.-vel egy közös gazdasági társaság létesítéséről. Emellett a fejlesztések másik felét a város gazdaságfejlesztési alapjából kívánják fedezni. A reptér polgári célú hasznosítása nem lesz gyors folyamat, lépésről lépésre alakulhat ki, a teljes felfuttatás akár tíz évig is eltarthat. Az engedélyeztetési folyamat 2018. év végére befejeződhet. A közvetlen légi kapcsolatot indokolja többek között olyan nagy gyár, mint a Mercedes és legfontosabb beszállítói igénye is [24].

A BÉKÉSCSABAI REPÜLŐTÉR FUTÓPÁLYÁJÁNAK MEGHOSSZABBÍTÁSA ÉS A REPÜLŐTÉR EGYÉB MŰSZAKI FEJLESZTÉSE

A repülőteret a második világháború katonai igényei nyomán alakították ki, így 1943-ban szálltak fel innen repülőgépek először, bár a környék repülői korábban is szárnyra kaphattak a közeli Szentesi repülőtérről is. A háború után a Maszovlet 1950-ben indította meg belföldi légi járatai között a Békéscsabára közlekedő járatot, amit azonban a gyér érdeklődés miatt utódja, a Malév 1956-ban megszüntetett. A Magyar Honvédelmi Szövetség megalakulásával a haderőn kívüli utánpótlás-képzés keretein belül – mint az országban oly sok helyen –megalakították az MHSz Békés Megyei Kvasz András Repülő- Ejtőernyősklubot, amely ma is itt üzemel. A rendszerváltás során a reptér állami tulajdonba került, azonban a repülőtér fejlesztését csak 1999-ben kezdték el tervezni. Az ÁPV Rt. 2003-ban adta magánkézbe a repülőteret, az üzemeltető Békés Airport Kft tulajdonosai pedig nem kis részben a város és a repülőtér működtetésében érdekelt cégek jelenleg is [25] (lásd a 2. táblázatot).

A társaság tagjai	A tagok törzsbetétei	
	eFt-ban	%-ban
Magyar Állam	2400	80,00%
Békés Város Önkormányzata	300	10,00%
Békéscsaba Megyei Jogú Város Önkormányzata	100	3,33%
„Kvasz András” Békés Megyei Repülő- és Ejtőernyős Egyesület	100	3,33%
GALLICOOP Pulykafeldolgozó Részvénytársaság	100	3,33%
Összesen:	3 000	100,00%

2. táblázat A BÉKÉS AIRPORT Kft. jegyzett tőkéjének tagok szerinti megoszlása [26]

A repülőteret 2006-ban jelentősen felújították. A fejlesztés keretén belül elkészült a szilárd burkolatú kifutópálya guruló utakkal, modern fény technikával és szilárd burkolatú előterekkel. A teljes kereskedelmi repülőtér kerítéssel lett körbekerítve. A végrehajtott komoly fejlesztések eredményeként nyilvános, regionális jellegű kereskedelmi repülőtérré vált. Bár menetrendszeri vagy charter járat jelenleg sincs, de a repülőtér üzemeltetői és a Békés megye számos politikusa is azon dolgozik, hogy ez minél előbb megvalósulhasson [25].

A békéscsabai repülőtér ma Békés megye egyetlen aszfaltozott hosszabb repülőtere, amely 14 km-re fekszik a magyar román határtól, Békéscsaba és Gyula között a 44-es főút mellett. A Modern Városok Program keretében kapott támogatások célja a Békéscsabai Repülőtér többcélú hasznosításának elősegítése, fejlesztése, figyelembe véve a környező repterek kapacitásait és profilját (beleértve a már tradíciókkal rendelkező sportreptér erősítését, amely kuriózumnak számítana a térségben). A békéscsabai repülőtér fejlesztéseinek megvalósulása esetén erőteljesen javulhat a térség elérhetősége is [27].

A SZEGEDI VÁROSI REPÜLŐTÉR TOVÁBBI MŰKÖDÉSÉHEZ SZÜKSÉGES FEJLESZTÉSEK

A Szegedi repülőtér (ICAO: LHUD) egy nyilvános, ideiglenes határnyitási joggal is rendelkező repülőtér Magyarországon, ami lehetővé teszi a nemzetközi légi forgalom bonyolítását is. A repülőtér Csongrád megyében, Szeged városközpontjától mintegy 5 km-re, nyugatra helyezkedik el. A Szegedi repülőteret az I. világháború idején, 1915-ben katonai objektumként létesítették. A háború

után a polgári repülés és a sport céljait szolgálta, majd a II. világháborúban ismét katonai repülőtér volt. Az ’50-es és ’60-as években Magyarországon élénk belföldi menetrend szerinti légi forgalom volt, ekkor a MALÉV járatai kötötték össze Szegedet Budapesttel s a többi hazai nagyvárossal. A járatok 1965-ben megszűntek, majd az állami tulajdonú terület kezelését a Magyar Néphadsereg vette át. A Magyar Honvédelmi Szövetség üzemeltetésében a reptér kiképzési és sport célokat szolgált. Az MHSz megszűnését követően az üzemeltetést a Szegedi Repülő Egyesület végezte, s a repülőteret főként kiképzés, sport, munkarepülésekre használta. A Magyar Állam 2001-ben a repülőteret térítésmentesen Szeged Megyei Jogú Város Önkormányzatának tulajdonába adta, az üzemeltető továbbra is a Szegedi Repülő Egyesület volt. Ekkor született a Szegedi repülőtér Átfogó Fejlesztési terve. Időközben a repülőterekre és a légiközlekedés védelmére vonatkozó törvényi környezet jelentősen megváltozott, a szigorúbb feltételekkel a kereskedelmi repülés már nem volt folytatható. Szeged Megyei Jogú Város Önkormányzata a fejlesztési terv I/A ütemét valósította meg összesen 1,6 milliárd forintos költségvetésből. A munkák a környezetvédelmi előkészítéssel kezdődtek, majd 2005 őszén megindult a pályaépítés. A 20 t teherbírású, 1170 m hosszú és 30 m széles beton futópálya, a gurulóút, a gyeprácsos előtér és a kerítés 2006 szeptemberében, a fénytechnika rendszer novemberben kapott az SZKT nevére szóló üzemben tartási engedélyt. A beruházás során felújították az üzemanyag kutat, tűzoltó autót, karbantartó- és kiszolgáló járműveket, rádió berendezéseket, utas és csomagellenőrző berendezéseket szereztek be. A Szegedi repülőtéren, 2008 tavaszán NDB, DME berendezés létesült [28].

Ezzel egyidejűleg Szeged Megyei Jogú Város Közgyűlése úgy döntött, hogy a repülőtér üzemeltetésével 2006. április 07-i kezdettel a 100%-os önkormányzati tulajdonban lévő Szegedi Közlekedési Kft.-t (SZKT) bízza meg. Jelenleg is a Szegedi Közlekedési Társaság működteti a szegedi repülőteret [29].

Jelenleg sem menetrend szerinti, sem charter forgalma nincs, így leginkább sportcélokra használják, illetve magánrepülőket is fogad. Napjainkban a szegedi repülőgép forgalom erősen növekvő tendenciát mutat, különösen a nemzetközi viszonylatú üzleti és egyéni turisztikai célú repülések száma emelkedik. A Modern Városok Program keretében a kormány vállalta a szegedi repülőtér fejlesztését, hogy azt ne minősítsék vissza [30].

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Európai Unióban a polgári és a katonai repülés fejlesztése kiemelt célkitűzés. Az európai kormányok kiemelt módon támogatják a repülőtéri infrastruktúrák fejlesztésére irányuló befektetéseket tekintettel azok egyre növekvő szerepére az egyes régiók iparának és turizmusának fejlesztésében és védelmében, végső soron az ország gazdasági fejlődésében. Magyarországon, a regionális repülőtereinken ma még az utas- és áruforgalom ugyan jelenleg még alacsony szinten folyik, de jelentős növekedést remélhető a jövőben az erre vonatkozó nemzetközi trendek alapján, különösen az üzleti célú és az alacsony költségvetésű repülőgépek egyre növekvő ütemű elterjedésével. A legtöbb Európai Uniós országban a regionális repülőterek fejlesztése kulcs szerepet játszik az egyes régiók és az ország fejlesztésében. Ezért is volt fontos lépés, hogy a kormány a Modern Városok program keretében vállalta a tanulmányban bemutatott 5 megyei jogú város repülőtér fejlesztési programjának támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Erdei Tamás, Farkas József, Novoszáth Péter (1998): Repülőterek működése és fejlődése. Budapest: Dunaprint Kiadó, 1998.

[2] Novoszáth Péter (2005): A repülőterek tulajdonviszonyai az európai unióban. Polgári Szemle 1. évfolyam 8. szám. pp. 39-51.

[3] Tiboldi Tibor (2008): A regionális repülőterek fejlesztésének gazdasági elemzése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő 2008. p. 125

[4] Novoszáth Péter (2008): Regionális repülőterek fejlesztése a Duna mentén. Német, osztrák, magyar, szerb és román példák alapján. In: Veres Lajos (szerk.) Duna Térségi Kohézió: I. EU Interregionális Nemzetközi Tudományos Konferencia. 310 p. Konferencia helye, ideje: Dunaújváros, Magyarország, 2007.07.04-2007.07.05. Gödöllő: Területfejlesztési Tudományos Egyesület, 2008. pp. 145-157. (ISBN:978-963-06-4912-4)

[5] Pintér Ákos (2009): A regionális repülőterek szerepe Nyugat-Dunántúl idegenforgalmában. Modern Geográfia, 2009. 2. szám. url.: http://www.moderngeografia.hu/tanulmanyok/kozlekedesfoldrajz/pinter_akos_2009_2.pdf

[6] Hegedűs Szilárd – Novoszáth Péter (2017): A megyei jogú városok a kormányzati pénzügypolitikában. Kutatási jelentés, NKE Közpénzügyi Kutatóintézet, 2017.11.30. p. 68.

[7] Fekete Dávid (2017): A Modern Városok Program elemzési lehetőségei. Polgári Szemle, 13. évf. 1–3. szám, 2017, 94–105., DOI: 10.24307/psz.2017.0909

[8] 1038/2016. (II.10.) Korm. határozat a Modern Városok Program keretében Magyarországa Kormánya és a megyei jogú városok önkormányzatai között első ütemben kötött együttműködési megállapodásokkal összefüggő intézkedésekről

[9] 1131/2016. (III.10.) Korm. határozat Magyarország Kormánya és Kecskemét Megyei Jogú Város Önkormányzata közötti együttműködési megállapodás végrehajtásával összefüggő feladatokról

[10] 1283/2016. (VI.7.) Korm. határozat Magyarország Kormánya és Békéscsaba Megyei Jogú Város Önkormányzata közötti együttműködési megállapodás végrehajtásával összefüggő feladatokról

[11] 1151/2017. (III.20.) Korm. határozat Magyarország Kormánya és Szeged Megyei Jogú Város Önkormányzata közötti együttműködési megállapodás végrehajtásával összefüggő feladatokról

[12] Váczi Péter (2013): A Debreceni Nemzetközi Repülőtér regionális jelentősége. Agrártudományi közlemények 2013/51. pp. 187 – 190

[13] Dehir (2016): Rábólintott a kormány a debreceni reptér újabb fejlesztésére. 2016.10.27. url:

[14] http://www.dehir.hu/debrecen/rabolintott-a-kormany-a-debreceni-repter-ujabb-fejlesztesere/2016/10/27/

[15] AIRPORT-DEBRECEN Kft. (2017): AIRPORT-DEBRECEN Repülőtér üzemeltető Kft. Kiegészítő melléklet a 2016. december 31-én végződő évre. 2017. február 28. p.15.

[16] AIRPORT-DEBRECEN Kft. (2017): Jegyzőkönyvi kivonat, amely készült az AIRPORT-DEBRECEN Kft. 2017. szeptember 28. napján megtartott taggyűlésen készült jegyzőkönyvből.

[17] Dehir (2018): Ismét túlszárnyalta előző évi utasforgalmát a debreceni repülőtér. 2018.01.16. url: http://www.dehir.hu/debrecen/ismet-tulszarnyalta-elozo-evi-utasforgalmat-a-debreceni-repuloter/2018/01/16/

[18] Diószegi József (2017): A vidéki repterek is szeretnének felkerülni a cargotérképre. Ferihegyen szárnyal a légiáru-szállítás. Világgazdaság, 2017. 05. 17. url: https://www.vg.hu/vallalatok/a-videki-repterek-is-szeretnenek-felkerulni-a-cargoterkepre-521011/

[19] Dehir (2016): Rábólintott a kormány a debreceni reptér újabb fejlesztésére. Dehir, 2016. 10.27. Letöltve: 2018. március 10. url: https://www.dehir.hu/debrecen/rabolintott-a-kormany-a-debreceni-repter-ujabb-fejlesztesere/2016/10/27/

[20] Börgöndi repülőtér, Wikipédia, Szabad Enciklopédia, e-dok. url: https://hu.wikipedia.org/wiki/Börgöndi_repülőtér

[21] Házi Péter (2017): Felszálló ágban a börgöndi reptér. FEOL, 2017. 10.28. Letöltve: 2018.03.09. url: https://www.feol.hu/kozelet/helyi-kozelet/szekesfehervar-borgond-repuloter-fejlesztesek-2128865/

[22] Székesfehérvár Városportál (2017): Modern Városok Program – ezek lesznek a következő évek nagy fehérvári fejlesztései. 2017.07.05. Letöltve: 2018. március 14. url: https://www.szekesfehervar.hu/modern-varosok-program-ezek-lesznek-a-kovetkezo-evek-nagy-fehervari-fejlesztesek

[23] Kenyeres Dénes (2006): A kecskeméti katonai repülés története a kezdetektől a Gripenig. Magánkiadás, Kecskemét, 2006 p. 440

[24] 242/2017. (VIII.28.) Korm. rendelet a Modern Városok Program keretében megvalósuló, az állami repülések céljára szolgáló kecskeméti repülőtér közös (katonai-polgári) felhasználású repülőtérré fejlesztése érdekében szükséges beruházásokkal összefüggő közigazgatási hatósági ügyek nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű üggyé nyilvánításáról
[25] Jámbor Gyula (2017): Kiemelt beruházássá nyilvánították a kecskeméti repülőtér fejlesztést. Magyar Idők 2017. szeptember 1. Letöltve: 2018. március 9. url: https://magyaridok.hu/gazdasag/kiemelt-beruhazassa-nyilvanitottak-kecskemeti-repuloter-fejlesztest-2155063/
[26] Wikipédia, Szabad Enciklopédia, Békéscsabai repülőtér, e-dok. url: https://hu.wikipedia.org/wiki/Békéscsabai_repülőtér
[27] BÉKÉS AIRPORT (2017): Kiegészítő melléklet a Békés Airport Kft. 2016. évi egyszerűsített éves beszámolójához. Békéscsaba, 2017. március 30. p.17.
[28] Békéscsaba Megyei Jogú Város Önkormányzata (2017): Gazdasági Program 2014-2020. Felülvizsgált változat. 2017. november. p. 70.
[29] Szeged – épülettár (2012): Szegedi repülőtér, Szeged 2012. 05.14. url: http://epulettar.hu/projekt/szegedi-repuloter-szeged
[30] Szegedi Közlekedési Korlátolt Felelősségű Társaság (2017): Kiegészítő melléklet a 2016. évi beszámolóhoz. Szeged, 2017. április 6. p. 28.
[31] ORIGO, MTI (2017): Több tíz milliárdos fejlesztések lesznek Szegeden. 2017.01.30. url: http://www.origo.hu/itthon/20170130-orban-viktor-botka-laszlo-szegedi-fejlesztesek.html

AIRPORT DEVELOPMENTS IN THE MODERN CITY PROGRAM FRAMEWORK

Under the Modern Cities Program, 5 cities with county rights will be supported to local regional airport development projects. The technical development of the Debrecen International Airport will be set up. The Székesfehérvár–Börgönd airport and industrial area will be developed. Implementation of development plans for the joint use (military-civil) Kecskemét airport. Implementation of improvements to extend the runway of the Békéscsaba airport will be set up. To examine the development opportunities needed for the further operation of the Szeged City Airport and to prepare the necessary measures for supporting the development of the city for the Government. The main purpose of this study is to provide a more detailed presentation of these projects to the wider public.

Keywords: *common-use (military-civil) airport, development project, increase, competitiveness, rural region, Modern Cities Program, regional developments*

Novoszáth Péter (CSc)	Peter Novoszath (PhD)
egyetemi docens	Associate professor
Nemzeti Közszolgálati Egyetem	National University of Public Service
Államtudományi és Közigazgatási Kar	Faculty of Science of Public Governance and Administration
Közpénzügyi Kutatóintézet	Research Institute of Public Finance
Novoszath.Peter@uni-nke.hu	Novoszath.Peter@uni-nke.hu
orcid.org/ 0000-0002-8755-6858	orcid.org/0000-0002-8755-6858

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-02-0446_Novoszath_Peter.pdf

Juhász László, Pokorádi László

KITERJESZTETT VALÓSÁG A MODERN KARBANTARTÁSBAN

Az iparban egy digitális forradalom küszöbén állunk. Ennek a keretei között a termelési folyamatok nagymértékű informatikai támogatása a jellemző. Az ipari digitalizáció egyik legnagyobb hasznosítási területe a karbantartási folyamatok lehetnek. Ezeket a folyamatokat támogatja a kiterjesztett valóság technológiája. Tanulmányunk bemutatja a kiterjesztett valóság alkalmazásokat, különös tekintettel annak hasznosítási területeire, majd ismerteti a karbantartás technologizáltságának fejlődését. Ezt követően a technológiának a karbantartási folyamatokra vonatkozó konkrét hasznosításait vesszük sorra.

Kulcsszavak: *kiterjesztett valóság, ipar 4.0, karbantartás, üzemeltetés*

BEVEZETÉS

Napjainkban megy végbe a negyedik ipari forradalom (Ipar 4.0), ami alatt az termelési folyamatok jelentős mértékű digitalizációját és a gyártás kiemelkedő informatikai támogatását értjük [1]. Az Ipar 4.0 a vállalati technologizáltság egy új szintjét jelenti, melynek keretei között a digitális és a valódi világ egymáshoz konvergál. A negyedik ipari forradalom egyik fontos szegmense a kiterjesztett valóság technológiája, ami látványosan képes a két világ közötti távolság csökkentésére.

A kiterjesztett valóság technológiája nem új keletű, Sutherland [2] már 1965-ben felveti a multifunkcionális kijelző ötletét, majd 1968-ben elkészítette egy fejre illeszthető kijelző prototípusát [3]. Az évek során több felhasználási módja is megjelent a technológiának, úgymint a színházi előadás [4] vagy televíziós közvetítések [5]. Az igazi áttörést azonban a Kato [6] által készített ARToolKit jelentette, ami a kiterjesztett valóság első nyílt forráskódú szoftveres könyvtára. A képelemző szoftverek és a mobil platformok együttes fejlődésével a kiterjesztett valóság technológiája egyre szélesebb körben elérhető. A technológia népszerűségét mutatja, hogy mind a két nagy mobil operációs rendszert fejlesztő vállalat az eszközeikhez kiterjesztett valóság fejlesztő környezetet is rendelkezésre bocsát [7][8].

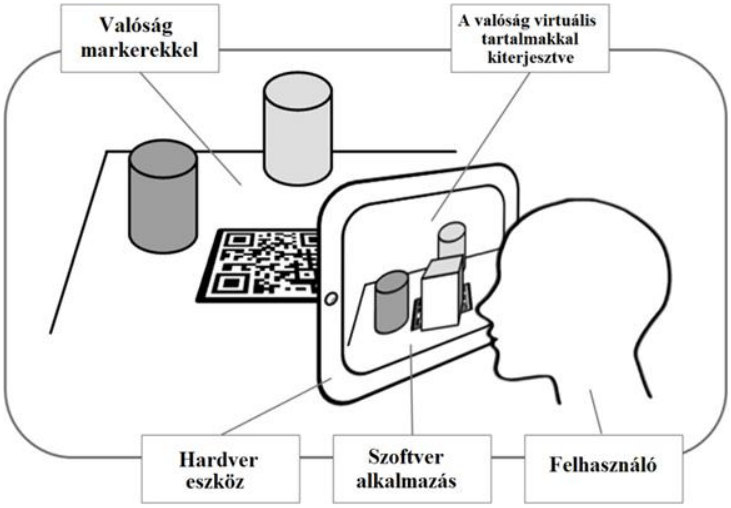
Tanulmányunk célja, hogy a kiterjesztett valóság technológiájának bemutatása, ismertetve a karbantartásra vonatkozó hasznosítási lehetőségeket és elhelyezze a karbantartás és üzemeltetés technologizáltságának fejlődéstörténetében.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: a 2. fejezet a kiterjesztett valóság technológiai kérdéseit és az általános hasznosítási lehetőségeit mutatja be röviden, a 3. fejezetben a karbantartási technologizáltság történelmi fejlődése olvasható, a 4. fejezet szakirodalmi példákon keresztül szemlélteti, hogy a kiterjesztett valóságnak milyen ipari karbantartási hasznosításai lehetnek, végezetül, az 5. fejezetben a Szerzők összefoglalják a tanulmány tartalmát és kijelölik a jövőre vonatkozó tudományos kutatómunkájuk irányát.

A KITERJESZTETT VALÓSÁG

A kiterjesztett valóság (Augmented Reality – AR) a virtuális valóságtól eltérően nem egy teljesen virtuális környezetet jelenít meg, hanem a valós környezethez valós időben megfelelően pozícionált virtuális információkat tünteti fel [9], létrehozva így egy kevert valóságot (Mixed Reality). A kiterjesztett valóság célja az, hogy a magyarázó vagy útmutató állóképek illetve videók helyett a valódi környezetben elhelyezett tárgyakhoz, eszközökhöz többlet-tartalmat társítson. Így a felhasználó számára átadni kívánt információ jóval látványosabb és kézzelfoghatóbbá válik.

A technológia keretei között egyszerre kell látnunk a valóságot és az erre elhelyezett, előre definiált további objektumokat. Ezt a feladatot valamilyen mobil platform (tablet, okos telefon), vagy egy fejre erősíthető kijelző (például Google Glass [10]) képes ellátni.



1. ábra A markeres virtuális valóság technológiájának működési vázlata [11]

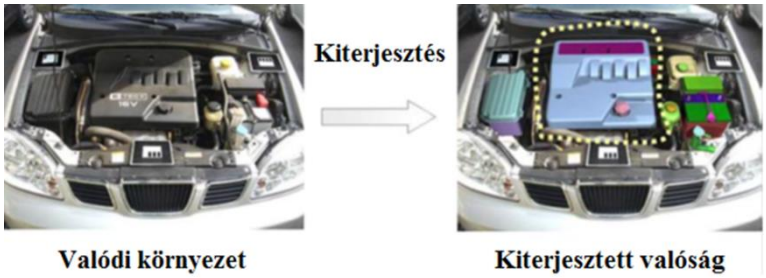
Ahhoz, hogy a rendszer megfelelően helyezze el térben a virtuális objektumokat, meg kell határozni a mobil eszköz helyzetét. A szakirodalom két csoportba rendezi a kiterjesztett valóságot használó technológiákat az alapján, hogy a mobil eszköz helyzetének meghatározásra milyen módszert használnak [12]. Ezek:

1. markeres helymeghatározás: valamilyen előre definiált kép (például QR-kód) vagy modell alapján ismer fel egy tárgyat, a virtuális objektumok orientációját és helyzetét ezen jellemző alapján tudja valós időben elvégezni. Például, ilyen a Vuforia [13] által készített fejlesztői csomag, melynek elvi sémája látható az 1. ábrán;
2. marker nélküli helymeghatározás: a mobil eszköz GPS-e vagy a kamera képének elemzése alapján tudja a helyzetet meghatározni. Erre jó példa az Apple által fejlesztett ARKit [7].

Mind a két technológia felhasználja az alkalmazott platform további eszközeit, úgymint például a giroszkópot vagy a gyorsulásérzékelő szenzort, ahhoz, hogy a rendszer valós időben a mobil eszköz pontos helyzetét, orientációját és irányát meghatározza [12]. Az eszköz helyzetének pontos meghatározása után a rendszer a képernyőn a valódi környezethez kapcsolódó valamilyen előre meghatározott, akár valós időben változó információt közöl a felhasználóval [14]. Ezt szemlélteti a 2. ábra.

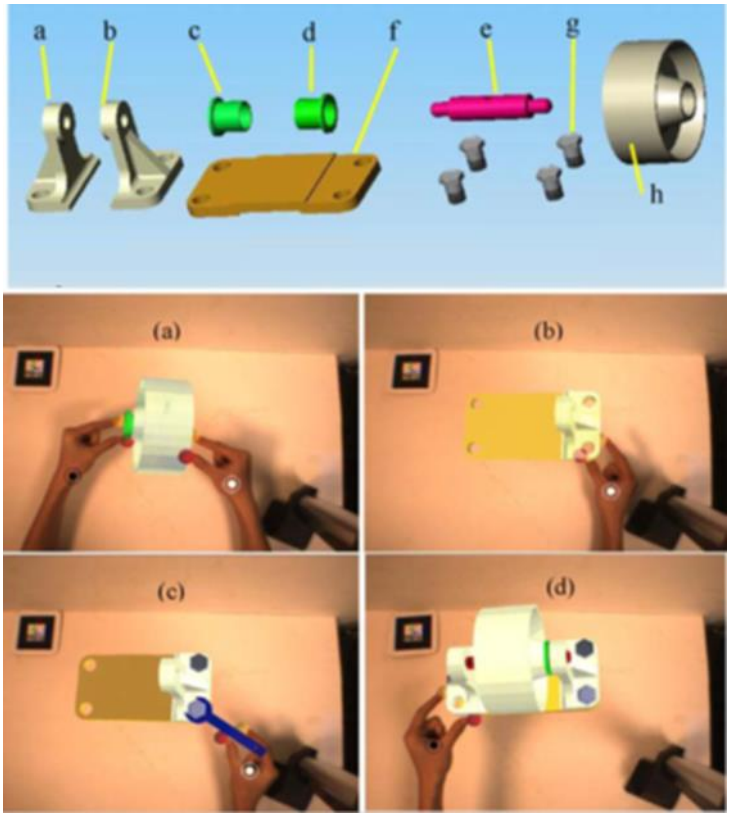
A kiterjesztett valóság rendszerét kitűnően lehet különböző oktatási tevékenységre is felhasználni. Di Serio és társai [15] kimutatták, hogy a technológiának pozitív hatása van a tanulási

motivációra. Ezzel a technológiával könnyebben vagy gyorsabban lehet valamilyen oktatási tevékenység gyakorlati részét elsajátítani, hiszen a technológia a valódi környezethez látványosan társít valamilyen többletinformációt is. A felhasználó minden irányból megnézhet bizonyos modelleket, objektumokat ugyanúgy, mint egy normál háromdimenziós tárgyakat. Ezek az információk legtöbbször magyarázatok (például, alapanyagok beazonosítása) vagy valamilyen utasítások (például összeszerelő lépés bemutatása, lásd 3. ábra) [16].



2. ábra A valódi környezet kiterjesztése [14]

A szakirodalomban számos esetet találunk, amikor a kiterjesztett valóságot oktatási célra alkalmazták [17][18][19][20].



3. ábra Összeszerelési útmutató kiterjesztett valósággal [16]

A kiterjesztett valóság alkalmazások online kapcsolatban lehetnek különböző adatbázisokkal, ezért a felhasználó valós idejű adatokat kaphat a környezetről. Interaktív technológia, kiválóan használható a gép-ember kommunikációra is, valamint a rendszer különböző felhasználói szokásokat is meg tud figyelni [21], javítva a technológia hatékonyságát. Ezen kívül a kiterjesztett valóság a nagyobb hasznosítás elérése érdekében más technológiákkal is összekapcsolható. A

dolgok internete és a kiterjesztett valóság közös használatakor például a gyártósorok mellett valós idejű adatokat kaphatunk a berendezések pillanatnyi állapotáról (4. ábra).

4. ábra A kiterjesztett valóság és a dolgok internete közös alkalmazása [22]

A kiterjesztett valóságnak számos, az oktatási tevékenységeken túli, speciálisan az iparra vonatkozó hasznosítási lehetősége van. A technológia a termék tervezése és kivitelezése között szoros köteléket tud kialakítani, mivel a tervezők már koncepcionális állapotban is láthatják térben illetve különböző környezetekben a tervezett modelljeiket [23]. A kiterjesztett valóság további hasznosítási lehetősége a karbantartás témakörébe tartozik, ezzel a 4. fejezetben foglalkozunk részletesen.

A technológia egyre népszerűbb, számos neves ipari vállalat végzett, illetve végez fejlesztéseket a kiterjesztett valóság témakörében [24][25][26][27].

A KARBANTARTÁSI TECHNOLOGIZÁLTSÁG FEJLŐDÉSE

A tágabban értelmezett üzemeltetés célja a technikai eszköz műszaki állapotának és a működési biztonságának fenntartása, valamint az úgynevezett üzemeltetés tárgyának rendeltetésszerű felhasználásának biztosítása. Ezen a folyamaton az adott technikai eszközzel, vagy eszköz-parkkal a gyártásuk és kiselejtetésük között történtek összességét értjük.

A technikai eszközök üzemeltetése üzemeltetési rendszerben történik, ami

- a technikai eszköz vagy eszközök;
- azok kiszolgálását, ellenőrzését, karbantartását, javítását szolgáló berendezések;
- az üzemeltetést végző (műszaki) állomány;
- a kezelőszemélyzet;
- az üzemeltetést irányító szervezet

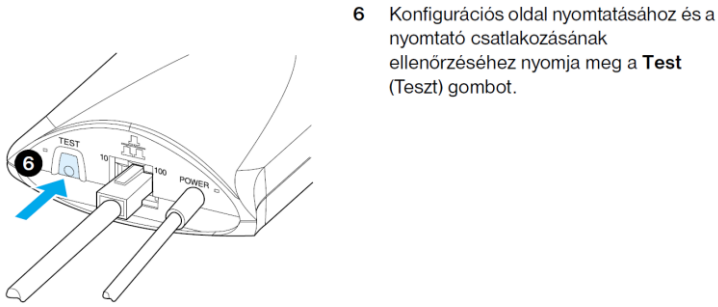
kölcsönös együttműködésében valósul meg [28].

A karbantartás és a javítás közötti különbség az elvégzendő munkák mennyiségében, minőségében és mélységében található. A karbantartás célja a megbízhatóság szinten tartása, míg a javítás célja a megbízhatósági szint helyreállítása.

A javítás azon műszaki munkák összessége, amelyeket az üzemeltetett eszköz hibamentességének vagy üzemképességének fenntartása, illetve helyreállítása érdekében végeznek el. A műszaki karbantartás pedig az üzemeltetés tárgya hibamentességének vagy csak üzemképességének az előkészítés, a rendeltetésszerű használat, a tárolás és a szállítás során történő fenn-tartása céljából kifejtett tevékenységek halmaza.

Fontos kérdés még az utómunkák értelmezése, melyet a repülésben bulletin munkáknak, a gépjárművek szervizelésében visszahívásnak nevezünk. Utómunkának tekintjük az üzemeltetési (karbantartási, javítási) tapasztalatok, a feltárt meghibásodások alapján a technikai eszköz használati értékének, megbízhatóságának hibamentességi, üzemképességi szintjének, javíthatóságának a növelése érdekében végrehajtandó egyszeri vagy adott gyakorisággal előírt tevékenységet [28].

Ha figyelembe vesszük a műszaki üzemeltetés fejlődéstörténetét elsőként a meghibásodásig történő üzemeltetés korát kell megemlítenünk. Ebben az időben főleg még az ügyes ezermesterek tapasztalatán múlott, hogy a meghibásodott eszközt hogyan tudta szétszerelni, a hibás alkatrészt kicserélni, megjavítani. A következő időszak jellemzője az úgynevezett kemény idő szerinti üzemeltetési stratégia. Ekkor az üzemeltetés irányítói – gyakran az adott eszköz gyártói – meghatározták a karbantartások közti üzemidőt vagy valamilyen teljesítmény mutatót, mint például a gépkocsit futott kilométerét. De, azt is meghatározták, technológiai leírásokban, utasításokban rögzítették, hogy az adott karbantartási, javítási feladatot milyen eszközökkel, hogyan kell elvégezni. Ezen a technikai fejlődési szinten megjelent az úgynevezett üzemeltetési technologizáltság fogalma is. Ez a technikai eszköz azon tulajdonságainak összessége, amelyek megmutatják, mennyire alkalmas arra, hogy a karbantartási és javítási munkák valamennyi fajtája a leggazdaságosabb technológiai eljárások alkalmazásával elvégezhető legyen.



5. ábra Részlet a HP LaserJet 1200 nyomtató kezelési útmutatójából [29]

Kezdetben ezeket a karbantartási technológiákat csak a szakemberek használták, ezért a laikusok számára nem mindig érthető, szakszerű kifejezéseket, utasításokat tartalmaztak. A fogyasztói társadalom kialakulásával és a fogyasztói termékek tömeges megjelenésével az ipar-cikkekhez adott nyomtatott használati útmutatók egyszerű használati technológiai utasításokat is tartalmaznak. Erre látunk példát az 5. ábrán, egy nyomtató esetére.

Fontos még figyelembe vennünk az üzemeltetéselmélet további fejlődését is. Nézzük csak a TPM (Total Productive Maintenance – teljeskörű hatékony karbantartás) esetét. Maga a TPM 5 pillérre épül, melyekből az első az Autonóm Karbantartás. Ez a pillér olyan karbantartási feladatokból épül fel, melyeket a gép kezelői végeznek el. Ezzel tehermentesítik a magasan képzett karbantartó szakembereket, megkímélve őket az egyszerű, rutin ellenőrzésektől,

beállításoktól. Így a nem magasan képzett gépkezelőknek csak az egyszerű karbantartási feladatok technológiáit kell ismerniük.

Napjainkban – az elektronikai és információs technikák elterjedésével – a nyomtatott formájú technológiai utasításokat felválthatják, felváltják a kiterjesztett valóság eszközei, Részben a fogyasztók, részben a termelőüzemek gépkezelői, de akár a képzett karbantartók, javító szakemberek számára.

A KITERJESZTETT VALÓSÁG ALKALMAZÁSA A KARBANTARTÁSBAN

A kiterjesztett valóság technológiája kitűnően alkalmas karbantartó tevékenységek ellátására. A témában megjelent karbantartásra vonatkozó publikációk legnagyobb része az össze- illetve szétszerelő műveletekkel foglalkozik [30]. Ezekben az alkalmazásokban a rendszer konkrét utasításokat ad, hogy milyen feladatot kell elvégezni. Így a felhasználót lépésről lépésre végig tudja vezetni a rendszer a karbantartási folyamaton. Erre mutatnak példákat a 6. és 7. ábrák. Az alkalmazás képelemzés segítségével (például a már korábban említett markerekkel) a művelet helyes kivitelezését is meg tudja ítélni (8. ábra).

6. ábra Összeszerelési segédlet kiterjesztett valósággal [31]

7. ábra PC alaplap szerelése kiterjesztett valósággal [32]

8. ábra Javítási művelet kiterjesztett valósággal [33]

A kiterjesztett valóság használatával további karbantartási feladatokat is el lehet végezni. Ilyenek a javításra és a vizsgálatra vonatkozó feladatok. Ezeket a szerelési műveletekhez hasonlóan lehet kivitelezni, a rendszer konkrét utasítás kíséretében rámutat a térben arra a tárgyra, amin teljesíteni kell a javítást (9. ábra), illetve amit ellenőrizni kell (10. ábra).

Ezekben a felhasználási módszerekben az a közös, hogy a karbantartást, javítást vagy ellenőrzést végző személy különösebb előzetes képzettség nélkül képes a feladat teljesítésére, hiszen a kiterjesztett valóságnak köszönhetően azonosítani tudja a részegységeket, valamint konkrét műveleti utasításokat kap a teendőkről. A kiterjesztett valóság szoftver az adatbázisából a szükséges animáció egyszerűen előhívható és alkalmazható [35][36].

Habár a felhasználási módszert és annak körülményeit a szakirodalomban fellelhető tanulmányok jól bemutatják, arra viszont nem térnek ki, hogy más eljárásokkal összehasonlítva a felhasználók milyen hatékonysággal tudták elvégezni a karbantartási feladatot. Ez az összehasonlítás feltétlenül szükséges egy vállalat számára, mielőtt a technológiába való beruházás mellett döntene.

9. ábra Ellenőrzési feladat kiterjesztett valósággal [34]

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány bemutatta a kiterjesztett valóság technológiáját, ismertetve a karbantartásra vonatkozó hasznosítási lehetőségeket összekötve a karbantartás, illetve üzemeltetés elmélet fejlődéstörténetével, valamint az Ipar 4.0-val való kapcsolatával. A Szerzők jövőbeli kutatási célul tűzik ki, hogy a kiterjesztett valóság ipari felhasználásának más módszerekkel történő összehasonlítása abból a szempontból, hogy egy vállalat milyen konkrét előnyöket tud realizálni alkalmazásukból.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Juhász László, Pokorádi László: A Dolgok Internete és a karbantartás közti kapcsolat napjainkban, Gradus (megjelenés alatt).
[2] Sutherland I. E.: The Ultimate Display, Inf. Process. Tech., pp. 506–508, 1965.
[3] Sutherland I. E.: A head-mounted three dimensional display, in Proceedings of the AFIPS Fall Joint Computer Conference, Washington D.C.: Thompson Books, 1968, pp. 757–764.
[4] History, AUGMENTED REALITY, url: http://ar-hcmut.weebly.com/history.html.
[5] Behind the NFL's yellow 1st down line, and what's next for sports TV, url: https://www.si.com/edge/2015/01/29/behind-nfl-yellow-first-down-line-sportsvision-technology
[6] ARToolKit url: https://en.wikipedia.org/wiki/ARToolKit (2017.06.25.).
[7] ARKit – Apple Developer url: https://developer.apple.com/arkit/ (2018.03.04).
[8] Choose Your Development Environment, ARCore, Google Developers, url: https://developers.google.com/ar/develop/
[9] Paulo Lima J. és társai: Markerless tracking system for augmented reality in the automotive industry, Expert Syst. Appl., 82, (2017) pp. 100–114
[10] Google unveils »Project Glass« smart glasses – Apr. 4, 2012, url: http://money.cnn.com/2012/04/04/technology/google-project-glass/?source=cnn_bin
[11] Kamphuis M. és társai: Augmented reality in medical education?, Perspect. Med. Educ., 3, (2013) pp. 300-311.
[12] Mota J. M. és társai: Augmented reality mobile app development for all, Comput. Eletr. Eng., (2018) 65, pp. 250-260.
[13] Vuforia Augmented Reality SDK, url: https://en.wikipedia.org/wiki/Vuforia_Augmented_Reality_SDK
[14] Lee J. Y., Rhee G.: Context-aware 3D visualization and collaboration services for ubiquitous cars using augmented reality, Int. J. Adv. Manuf. Technol., (2008) 37, 5–6, pp. 431–442.
[15] Di Serio Á., Ibánez M. B., Kloos C. D.: Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course, Comput. Educ., (2013) 68, pp. 586–596.
[16] Ong S. K., Wang Z. B.: Augmented assembly technologies based on 3D bare-hand interaction, CIRP Annals, (2011) 60/1, pp. 1-4.
[17] Thomas R. G. és társai: Augmented Reality for Anatomical Education, J. Vis. Commun. Med., (2010) 33/1, pp. 6–15.
[18] Jerabek T. és társai: Specifics of Visual Perception of the Augmented Reality in the Context of Education, Procedia - Soc. Behav. Sci., (2014) 159, pp. 598–604.
[19] Nincarean D. és társai: Mobile Augmented Reality: The Potential for Education, Procedia - Soc. Behav. Sci., (2013) 103, pp. 657–664.
[20] Akcayir M., Akcayir G.: Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature, Educ. Res. Rev., (2017) 20, pp. 1–11.
[21] Tsai C.-H., Huang J.-Y.: Augmented reality display based on user behavior, Comput. Stand. Interfaces, (2018) 55, pp. 171–181.
[22] Augmented Reality and the Internet of Things boost human performance, url: http://thearea.org/augmented-reality-and-the-internet-of-things-boost-human-performance/
[23] Reinhart G., Patron C.: Integrating Augmented Reality in the Assembly Domain - Fundamentals, Benefits and Applications, CIRP Ann. (2003), 52/1, pp. 5–8.
[24] Bosch Automotive Service Solutions, url: https://www.boschautomotiveservicesolutions.com/.
[25] AREA Resources – AREA url: http://thearea.org/area-resources/?tax_resource_category=96&filter_search=
[26] Lockwood D.: LKDF Interact: Implementation at the Volvo Selam Vocational Training Centre, An Evaluation report, the Naledi3d Factory (Pty) Ltd, 2015.
[27] Augmented Reality in the Car Industry | LinkedIn", url: https://www.linkedin.com/pulse/augmented-reality-car-industry-melanie-may/ (2018.03.04).

[28] Pokorádi László: Karbantartás elmélet, DE MFK. Debrecen, 2002.
[29] Hewlett-Packard Company HP LaserJet 1200 sorozat, Nyomtató és Print-Copy-Scan termékek, Felhasználói kézikönyv, 2001.
[30] Palmarini L. és társai: A systematic review of augmented reality applications in maintenance, Robot. Comput.-Integr. Manuf., (2018) 49, pp. 215–228.
[31] Sanna A. és társai: Using handheld devices to sup port augmented reality-based maintenance and assembly tasks, in 2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2015, pp. 178–179.
[32] Westerfield G és társai: Intelligent Augmented Reality Training for Motherboard Assembly, Int. J. Artif. Intell. Educ., (2015) 25/1, pp. 157–172.
[33] Wójcicki T.: Supporting the diagnostics and the maintenance of technical devices with augmented reality, Diagnostyka, (2014) 15/1, pp. 43–47.
[34] Regerbrecht H. és társai: Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries, IEEE Comput. Graph. Appl., (2005) 25/6
[35] Inglobe Technologies | Smart manufacturing using AR in the era of Industry 4.0, url: https://www.inglobe-technologies.com/smart-manufacturing-ar-industry-4-0/ (2018.03.04.).
[36] Bienzeisler B. és társai: Industrie 4.0 ready services technologietrends 2020, Fraunhofer IAO, 2014.

AUGMENTED REALITY IN MODERN MAINTENANCE

A digital revolution is upcoming in the industry. Within this framework there is a high level of IT support for industrial processes. One of the biggest utilization areas of the industrial digitalisation can be the maintenance processes. These processes can be supported by the technology of augmented reality. The article presents the augmented reality applications, with particular reference to its areas of utilization and describes the development of maintenance technology. Then the specific uses of the technology for maintenance processes are taken into account.

Keywords: *augmented reality, industry 4.0, maintenance, operation*

Juhász László (MSc) okleveles gépészmérnök Rosenberger Magyarország Kft. Laszlo.Juhasz2@rosenberger.com orcid.org/0000-0002-0700-5010	László Juhász (MSc) mechanical engineer Rosenberger Hungary Ltd. Laszlo.Juhasz2@rosenberger.com orcid.org/0000-0002-0700-5010
Pokorádi László (CSc) egyetemi tanár Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887	László Pokorádi (CSc) Full professor Óbuda University, Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887

A publikáció az Új Nemzeti Kiválóság Program 2017 támogatásával valósult meg.

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-02-03-0449_Juhasz_Laszlo-Pokoradi_Laszlo.pdf

Wantuch Ferenc, Gáspár Nikolett

A MAGYARORSZÁGI REPÜLŐTEREKEN ELŐFORDULÓ VESZÉLYES IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK SZINOPTIKUS KLIMATOLÓGIAI ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Megközelítőleg minden ötödik repülőbalesetben vagy repülési eseményben szerepet játszik az időjárás. Ahhoz, hogy meg tudjuk becsülni azt, hogy az időjárás mennyire veszélyezteti a repülések biztonságos végrehajtását, szükség van arra, hogy klimatológiai szempontból feltérképezzük a különböző földrajzi elhelyezkedésű repülőterek sajátosságait. Magyarországi repülőtereken vizsgáltuk meg, repülésre veszélyes időjárási elemek előfordulását. Dolgozatunkban a fél óránként kiadott METAR táviratokat dolgoztunk fel. Definiáltuk a repülésre veszélyes jelenségeket Vizsgáltuk az egyes időjárási elemek együttes megjelenését, épp úgy, mint évszakos gyakoriságát. Ahhoz, hogy az előforduló veszélyeket megfelelően tudjuk értelmezni, pontozást vezettünk be. A pontozás tekintettel van a kapott jelenség veszélyességének mértékére is. Együttes előfordulás esetén a veszélyességi pontszámok összeadódnak. A dolgozatban közölt szinoptikus klimatológiai feldolgozások alapjául szolgálhatnak egy időjárási kockázatbecslési módszer kialakításának.

Kulcsszavak: *szinoptikus klimatológia, METAR távirat, veszélyes jelenségek, kockázatbecslés*

BEVEZETÉS

A repülést, a repülés biztonságos végrehajtását, több meteorológiai elem alapvetően befolyásolja. A kis léptékű, időben és térben gyorsan változó időjárási jelenségek ismerete különösen fontos, hiszen ezek jelentik a legnagyobb veszélyt a repülésre [1]. A repülésre veszélyes időjárási jelenségek közé tartozik többek között az alacsony felhőalap, rossz látási viszonyok, az erős szél és széllökés.

A célunk az volt, hogy a repülésre veszélyes időjárási jelenségeket egy részben szubjektív – általunk létrehozott pontozási rendszerrel jellemezzük, amely lehetővé teszi, hogy képet kapjunk az egyes repülőterek „veszélyességéről”, illetve az egyes repülésre veszélyes időjárási jelenségek előfordulásának gyakoriságáról a hazai repülőtereken (Budapest, Szolnok, Pápa, Kecskemét).

A kialakított pontozás által lehetőség nyílik szinoptikus klimatológiai vizsgálatokra, valamint az egyes repülőterek szinoptikus klimatológiai összehasonlítására.

FELHASZNÁLT ADATOK, PONTOZÁSI RENDSZER

Vizsgálatunkhoz a Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázisban [2] szereplő budapesti, szolnoki, pápai és kecskeméti reptérre kiadott METAR táviratokat használtuk fel. Az adatbázis lehetővé teszi valamennyi METAR táviratban szereplő paraméter lekérését napi, havi, éves bontásban és összevont formában is.

A táviratokban szereplő időjárási paramétereket (felhőzet, látástávolság, szél, széllökés) a 2006–2016-os időszakra gyűjtöttük ki napi bontásban és egy általunk fejlesztett programmal pontoztunk.

A METAR táviratok pontozásához, a pontszámok kiszámításához egy C- nyelvű feldolgozó programot írtunk [3]. A program a kialakított pontozási rendszerben szereplő kritériumok alapján pontozta a táviratban szereplő, kiválasztott elemeket, majd a kapott pontokat fájlba gyűjtötte.

Ezt követően a vizsgált 4 repülőtér mindegyikére létrehoztunk egy adatbázist, amely tartalmazza a 2006–2016-os időszak kiválasztott elemeinek pontszámát napi bontásban. A napi pontszámokból Microsoft Excel táblázatkezelő segítségével a vizsgált elemekre havi értékeket számítottunk.

Pontozás

Az alapszél esetében a 25 csomós vagy annál erősebb szelet pontoztuk, ez alapján a 25 és 35 csomó közti szélerősség 1 pontot, míg a 35 csomónál erősebb szél 2 pontot kapott. A széllökés pontozása az alapszélhez hasonló, azonban itt a 25–35 csomó erősségű széllökés 3 pontot, míg a 35 csomónál erősebb lökések esetében 4 pontot adtunk.

A látástávolság pontozásánál az 1500 méternél alacsonyabb értékeket, a felhőzet pontozásánál az OVC, BKN mennyiségnél az 1500 ft alatti felhőalapokat vettük figyelembe. A tornyos gomolyfelhő (TCU) és a zivatarfelhőt (CB) szintén pontoztuk.

A METAR táviratokban szereplő, repülésre veszélyes időjárási elemek pontozása az 1. táblázatban látható. A pontozás azonban csak részben szubjektív hiszen az 1. táblázatban közölt kategóriák a nemzetközi repülésmeteorológia szabályzókban szerepelnek.

	kategória	**pontszám**
szélerősség	25–35 KT	1
	35 KT <	2
széllökés	25–35 KT	3
	35 KT <	4
látástávolság	1500 m >	1
	800 m >	2
	600 m >	3
	350 m >	4
felhőalap (BKN, OVC)	1500 ft >	1
	500 ft >	2
	200 ft >	3
	100 ft >	4
felhőzet (TCU, Cb)	TCU	1
	Cb	2

1. táblázat A repülésre veszélyes időjárási elemek pontozási rendszere

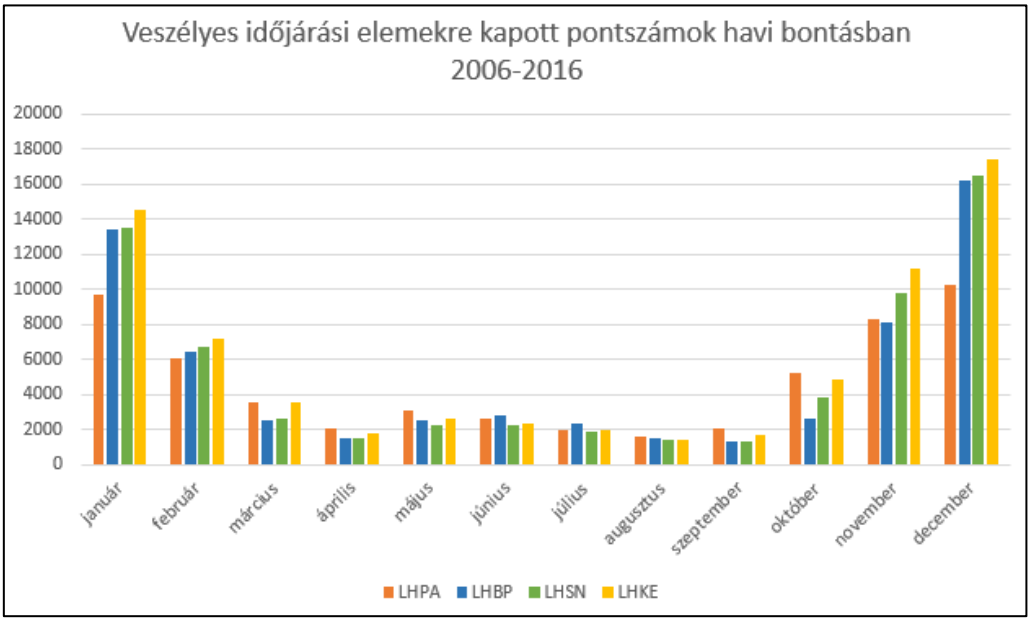
EREDMÉNYEK

Egy vizsgált repülőtéren, egy vizsgált veszélyes időjárási elem esetében, csaknem kétszázezer félóra adatait kellett pontoznunk a vizsgált 11 év során. Mivel a pontozási táblában jelenleg öt veszélyes időjárási jelenség szerepel, ezért állomásonként csaknem 1 millió kiértékelést kellett elvégeznünk. Mivel négy repülőtérre végeztük a vizsgálatot ezért négymillió időjárás jelentést kellet pontoznunk különböző elemek szerint az 1. táblázat alapján. Ahhoz, hogy ezt a munkát viszonylag gyorsan el tudjuk végezni a már említett C nyelvű célprogramot fejlesztettünk ki a számítások felgyorsítása végett. A veszélyes időjárási elemek előfordulási gyakoriságának kiértékelésén túl azt is elvárhatjuk az ismertetett feldolgozástól, hogy az előrejelző szakemberek figyelmét felhívja arra, hogy különböző földrajzi elhelyezkedésű [4] repülőtereken az év különböző szakaszaiban, melyik időjárási elemre kell fokozottan figyelni.

Ha valamennyi veszélyes időjárási elemre kapott pontszámot összeadjuk és a vizsgált 11 évre havi bontásban ábrázoljuk az eredményt, akkor azt kapjuk, hogy összességben látszólag nincs nagy különbség a repülőterek között. A legveszélyesebbek a téli hónapok, míg a nyári időszak a pontszámok alapján kevésbé veszélyesnek tekinthető. Ez azzal magyarázható, hogy a téli időszakban előforduló ködös helyzetek hosszabb ideig tartanak, mint egy-egy nyári zivatar. A legmagasabb veszélyességi pontszámot tükröző félórák pontszámai a következők voltak:

- Budapest 8, Pápa 11, Kecskemét és Szolnok 10 pont.

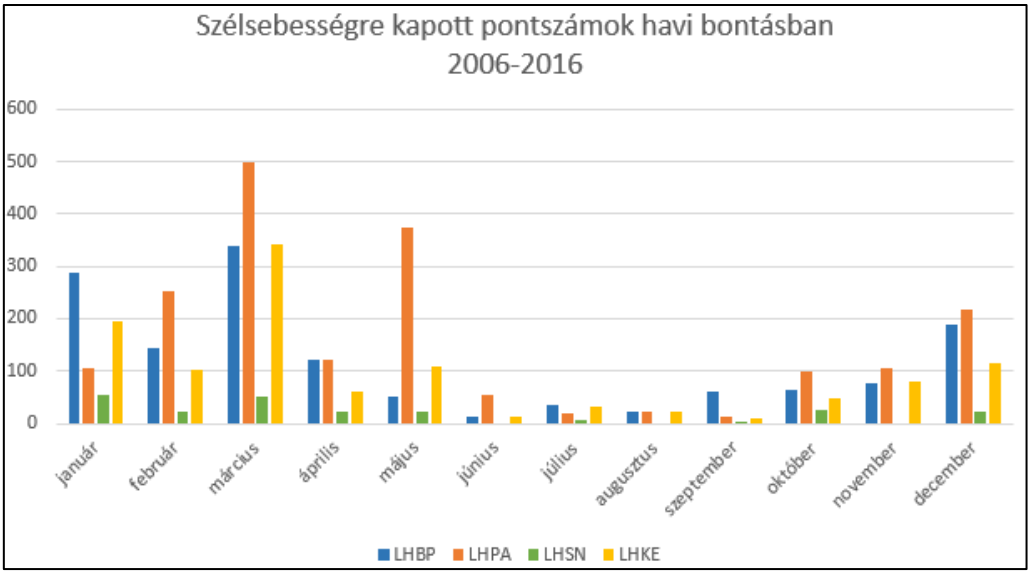
A legmagasabb értéket produkáló pápai félórák a nevezetes 2013.03.14 intenzív havazás és hófúváskor keletkeztek, hiszen ekkor erős szél volt, jelentős széllökésekkel, rossz volt a látástávolság és nagy mennyiségű igen alacsony felhőzet is előfordult. A szóban forgó időpontban az egész ország közlekedése lebénult.



1. ábra A veszélyes időjárási elemekre kapott pontszámok havi bontásban

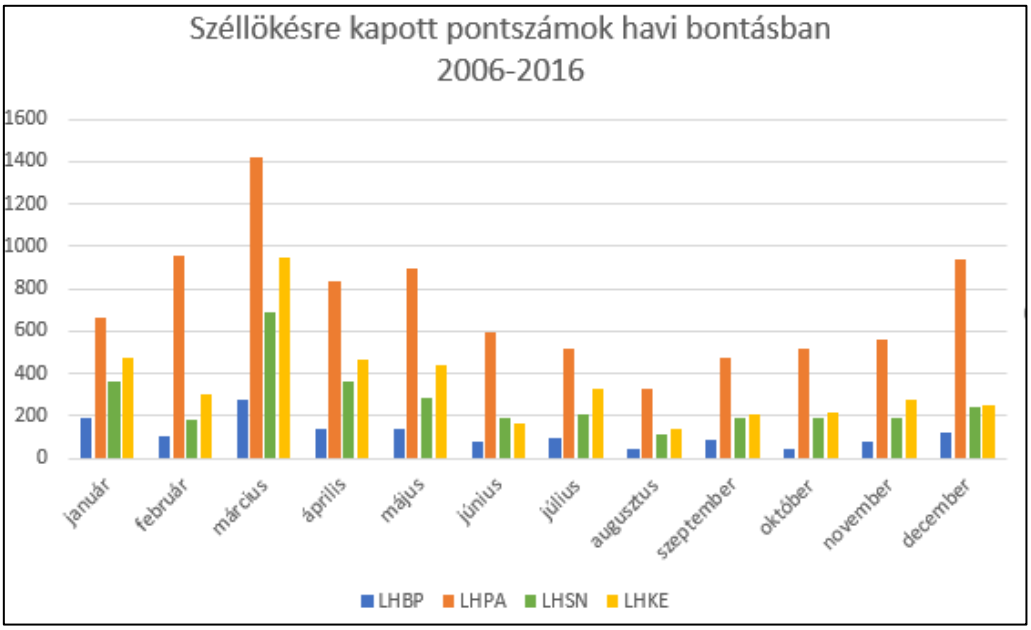
Az 1. ábra azonban kissé félrevezető, hiszen a veszélyes időjárási elemekre kapott pontszámok összetétele repülőterenként nagyon is különböző. Ez tükrözi repülőterenként a veszélyes időjárási elemek eltérő megjelenését.

Ha a szélsebességet vizsgáljuk, szembetűnő, hogy a Pápai repülőtéren az év nagy részében a domináns veszélyes időjárási elem a szél (2. ábra). A széllökések esetén ez a hatás még jobban kidomborodik, mint később látni fogjuk (3. ábra).



2. ábra A szélsebességre kapott pontszámok havi bontásban

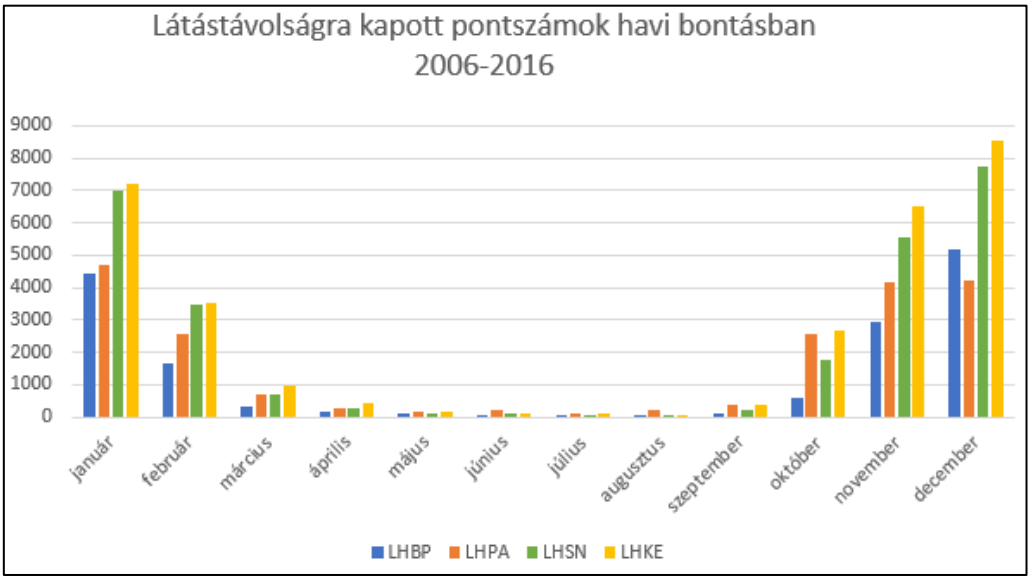
Ha valamennyi repülőteret együttesen vizsgáljuk akkor a szélsebességre kapott pontszámok tekintetében tavaszi maximum rajzolódik ki, amely az év ezen időszakában fújó „böjti” szeleknek köszönhető (2. ábra). Az év többi részében 25 csomónál erősebb szelek kevesebb alkalommal fordulnak elő a vizsgált repülőtereken. A kapott pontszámok alapján a legszelesebb repülőtér a pápai, míg a legkevésbé szeles repülőtér a szolnoki.



3. ábra A széllökésre kapott pontszámok havi bontásban

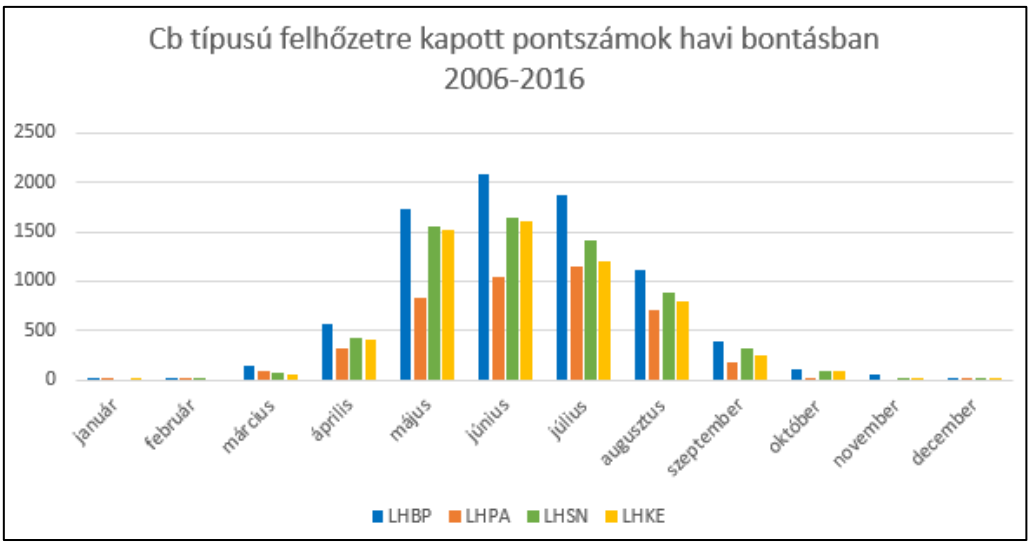
A 2. ábrán a széllökésekre kapott pontszámok láthatók havi bontásban. A diagramon kirajzolódik, hogy minden hónapban a pápai repülőtér kapta a legmagasabb pontszámot. A vizsgált repülőtereket nézve, láthatjuk, hogy a tavaszi időszak kedvez a széllökések kialakulásának,

ekkor a pápai repülőtérre kapott pontszám közel kétszerese a többi repülőtér pontszámának. A jelentős eltérés és azzal magyarázható, hogy a Pápai repülőtér található az ország legszelesebb Kisalföldi részéhez legközelebb [4]. Budapest a széllökésre kapott pontszámok tekintetében a négy repülőtér között az utolsó, azaz megállapíthatjuk, hogy a szél a főváros tekintetében hordozza a legkisebb kockázatot.



4. ábra: A látástávolságra kapott pontszámok havi bontásban

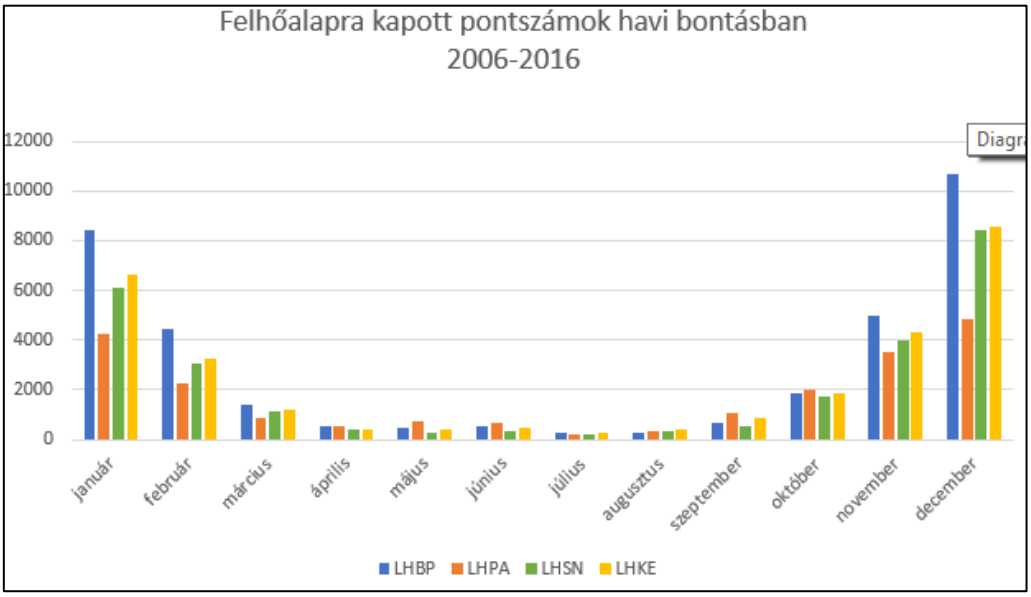
A látástávolságra kapott pontszámok a vizsgált repülőterek mindegyikén a téli időszakban a legmagasabbak, ez a gyakori és hosszú ideig fennálló ködös helyzeteknek köszönhető (3. ábra). A legalacsonyabb látástávolság értékek a két Alföldi repülőtéren – a Szolnokin és a Kecskemétin fordulnak elő Pápán az alacsony látástávolság pontszám szintén a gyakori szeles időszakokkal magyarázható hiszen itt valószínűbb az átkeveredés.



5. ábra Zivatarfelhőzetre kapott pontszámok havi bontásban

A Cb típusú felhőzet vélhetően normális eloszlást követ tekintetében egy nyári maximum és egy téli minimum látható (4. ábra). A zivatarokkal és villámokkal foglalkozó irodalomban szintén azt találjuk, hogy június a villámokban leggazdagabb hónap [5]. Érdekesség, hogy a

már említett szél tekintetében Budapest Liszt Ferenc repülőtér volt a legkevésbé szeles ugyanakkor a budapesti reptéren észlelték a legtöbb zivatar felhőt. A tartósan fújó szelek és széllökések a Pápai repülőtéren nyilvánvalóan túlkompenzálják a zivatarokkal társuló rövid ideig tartó kifutó szeleket a Budapesti repülőtéren. Ha valamennyi repülőteret vizsgáljuk, akkor pápai a legkevésbé zivataros a vizsgált négy repülőtér közül.



6. ábra A felhőalapra kapott pontszámok havi bontásban

A felhőzet vizsgálatánál az OVC és BKN mennyiségű felhőzet felhőalapjait vettük figyelembe. A kiválasztott felhőalap-magasságok 11 éves összpontszámait havi bontásban ábrázoltuk (6. ábra). Az ábrán látható, hogy a felhőzet éven belüli eloszlása U alakot követ. A klimatológiai feldolgozásokban ez az eloszlás a felhőzetre nagyon sok helyen előfordul. A leginkább felhős repülőtér a budapesti.

ÖSSZEGZÉS

Az általunk létrehozott pontozási rendszerrel pontoztuk a METAR táviratokban szereplő, kiválasztott időjárási elemeket. A kapott félóránkénti pontszámból napi, majd havi adatokat számítottunk, ezeket a bemutatott formában ábrázoltuk. A számított adatok lehetővé tették a repülőterek veszélyességének vizsgálatát, illetve a repülőterek szinoptikus klimatológiai összehasonlítását. A kapott eredmények azt mutatják, hogy ha a repülésre veszélyes időjárási elemek pontszámát összevont formában nézzük, a repülőterek között nem rajzolódnak ki jelentős eltérések. Abban az esetben, ha az időjárási elemeket külön vizsgáljuk, az egyes elemek pontszáma alapján különbségeket figyelhetünk meg a repülőterek között.

A zivatar felhők vizsgálata megközelítőleg jól tükrözi a zivatarokat, de vannak olyan időjárási jelenségek, amelyek veszélyesek az időjárásra és még nem kerültek bele a vizsgálatunkba. Ilyen jelenség például légijárművek jegesedése, amely jelenség ónos és fagyott csapadék esetén biztosan előfordul, ezért a veszélyes elemek listáját a jövőben ki fogjuk ezekkel a jelenségekkel egészíteni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Hadobács Katalin: Repülésre veszélyes időjárási helyzetek rekonstrukciójának alkalmazási lehetőségei - Felületi jegesedés becslése és a hozzá tartozó szimulációs környezet kialakítása. Diplomamunka ELTE TTK, 2011
[2] Bottyán Zsolt, Wantuch Ferenc, Tuba Zoltán, Hadobács Katalin, JÁMBOR Krisztián: Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázis Kialakítása az UAV-k komplex meteorológiai támogató rendszeréhez.
[3] Michaelj. young: Visual C++ 6 mesteri szinten. I. és II kötet. ISBN9630364638 Kiskapu kiadó.
[4] Vissy Károly: Magyarország Éghajlati Atlasza
[5] Szonda Sándor, Wantuch Ferenc: A SAFIR villámfigyelő rendszer által Magyarországon 1999-2003 között regisztrált adatok területi és időbeli eloszlása.

SYNOPTIC CLIMATOLOGICAL COMPARISON OF HAZARDOUS WEATHER PHENOMENONS AT HUNGARIAN AIRPORTS

Weather plays a role approximately in every fifth airplane accident or incident. In order to be able to estimate how vulnerable the weather is to the safe execution of the flights, it is necessary to examine climatologically the specificities of the different geographically located airports. The occurrence of dangerous weather elements were investigated at the Hungarian airports. Half-hourly METAR telegrams were evaluated. The dangerous weather phenomena were defined. The coexistence of each weather element as well as its seasonal frequency was investigated. To be able to interpret the dangerous weather factors involved, a scoring method was introduced. Scoring also takes into account the degree of danger of the phenomenon. In case of joint occurrence, hazard scores are added. The synoptic climatological data published in the thesis can serve as a basis for the development of a weather risk assessment method.

keywords: *synoptic climatology, METAR telegrams, dangerous weather elements, risk assessment*

Gáspár Nikolett egyetemi hallgató Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302	Gáspár Nikolett Student National University of Debrecen Faculty of Meteorology gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302
Dr. Wantuch Ferenc, PhD meteorológus Nemzeti Közlekedési Hatóság Állami Légügyi Főosztály wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336	Dr. Wantuch Ferenc, PhD Meteorologist National Transport authority State Aviation Department wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336

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

A kutatás a fenti projekt „UAS ENVIRON" nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-04-0451_Wantuch_Ferenc-Gaspar_Nikolett.pdf

Csengeri János

A LÉGI BÁZIS, MINT ERŐKIVETÍTÉSI PLATFORM

A dolgozat röviden áttekinti a katonai bázisok mibenlétét, bemutatja ezek kialakítását, alkalmazását történelmi viszonylatban. Sorra veszi a tengerentúli bázisok típusait, melyek különböző szintű, méretű létesítményeket takarnak, továbbá fontos tulajdonságaikat, kialakításuk mérlegelendő szempontjait is áttekinti, előtérbe helyezve a légi bázisok kialakítását érintő kérdéseket. Az utolsó fejezet abból az alapvetésből kiindulva, hogy a légierő lényegéből adódóan támadó erő, így külhoni alkalmazása elsődleges és alapvető, bemutatja, hogy a XX. században hogyan támogatták a légi bázisok a légierő általi geostratégiai törekvések megvalósítását, illetve milyen tendencia képzelhető el a jövőben. Igyekszik megvilágítani, hogy az alkalmazott haditechnika, illetve szervezési logika milyen követelményeket támaszt a légi bázisokkal szemben, valamint leírja a különböző haderőnemi bázisok rövid jellemzését.

***Kulcsszavak**: tengerentúli, külhoni, légi bázis, repülőtér*

BEVEZETÉS

Az Új Nemzeti Kiválósági Program keretében végrehajtandó kutatásom a repülőterek vizsgálatára koncentrál, ahogy a doktori témám is. Az ösztöndíjidőszak során azt vizsgálom, hogy a repülőterek miként járulnak hozzá a légi műveletek hatékonyságához, sikeréhez, egy ország goestratégiai törekvéseihez.

A légierő alkalmazásának számos szószólóját ismerjük, és valamennyien fontos részletet adtak hozzá az elmélethez, illetve nézeteik sok esetben egybevágnak. Ezeket a hasonlóságokat sokszor „nem eredetiség”-ként szokás aposztrofálni, azonban én úgy vélem, hogy ez adja a koherenciát az egyetemes légierő elméletben. Az alapokat lefektető Giulio Douhet–Hugh M. Trenchard–William L. Mitchell hármas, akik legfontosabb kijelentése, hogy a légierő legfontosabb tulajdonsága, hogy egyenesen az ellenség „szívébe” tud hatolni, így eredendően támadó szellemű része a haderőnek és általa elérhetőek a kitűzött politikai célok. A II. világháború idejéről származó legfontosabb gondolati munkálkodók Alexander P. de Seversky, aki egy átfogó megközelítést ad Hitler legyőzéséhez a légierő által, illetve John C. Slessor, aki pedig visszalép a légierő hadászati alkalmazásának vizsgálatától és a szembenálló szárazföldi erők ellen alkalmazandó hadműveleti-harcászati támadást (légi elfogás – air interdiction) alapozza meg nagy részletességgel és kiváló szakértelemmel. A kortársnak mondható gondolkodók, mint John A. Warden, Philippe S. Meilinger, illetve Robert A. Pape már nem a légierő alapfunkcióit, hanem hatékony, modern alkalmazását és az ehhez szükséges komplex célpontkiválasztási rendszert alkották meg. Az ő általuk kreált sémák vezették sikerre az első öbölháború légi erőfeszítéseit, valamint az azt követő légi háborúkat. Ebben az érában valósult meg szinte vegytisztán az, amit már a kezdeti szószólók hangoztattak, hogy egy háború megnyerhető (akaratunk az ellenségre kényszeríthető) csupán a légierő alkalmazásával [4].

Természetesen számos más nagyszerű teoretikus említhető még, személyesen (és a szakirodalmat figyelembe véve) én mégis a fentieket tartom a legfontosabbaknak. Azonban mindan-

nak ellenére, hogy e férfiak nagyszerű gondolatokat alkottak, a légierő fundamentumát, a repülés földi bázisát, a repülőterek szerepét szinte kifelejtették a légierő elmélet tárgyalásából. Helyenként megemlítik ezeket, azonban jelentőségüket részleteiben nem tárgyalják. A katonai bázisok szerepének, jelentőségének ugyan ebben az érában lényegében nem történik meg a tárgyalása (sokszor azonban, mint célpont kategória szerepel), komoly irodalma van a katonai bázisok létesítésének, geostratégiai jelentőségének, mely elmélethalmazt jelen ösztöndíjidőszakban vizsgálom és megkeresem a kötődéseket a két témakör között.

Úgy gondolom, hogy igenis nagy jelentőséggel bír a repülőtér, mint légi hadviselő elem ebben a gondolatuniverzumban. Nemcsak hozzájárul és lehetővé teszi a légi műveleteket, hanem az ellenség szempontjából is elsődleges célpontként kellene e létesítményekre gondolnunk. Utóbbi témakörrel korábban 3 szemszögből 3 publikációmban foglalkoztam, azonban előbbi szemléletmód vizsgálata még hátravan.

NEMZETI ÉS TENGERENTÚLI KATONAI BÁZISOKRÓL

Egy nemzet fegyveres erejének csapatai, állománya, felszerelése és haditechnikai eszközei hosszú idő óta, természetesnek mondhatóan az erre a célra kialakított objektumokban, létesítményekben kerül elhelyezésre, amit laktanyáknak, bázisoknak nevezünk. Az elhelyezése e közszolgálati ágazatnak részben azért szerveződik ilyen módon, mert az állam igyekszik megóvni polgári lakosságát a haderő átlagosnak nem nevezhető napi tevékenységétől, másrész a szervezetet is szükséges megóvni a kéretlen külső behatásoktól, zavarástól, a haditechnikai eszközök illetéktelen birtokbavételétől, felhasználásától. Továbbá a hadseregekhez hasonló zárt, merev hierarchiájú szervezetek számára előnytelen a sémákba be nem illeszthető viselkedési minták megjelenése, amelyre a szervezet nem lehet hatással, hiszen nem érvényesek rájuk a szervezet szabályai. E laktanyák, bázisok adnak teret a mindennapi kiképzésnek és katonai életnek, nagyobb volumenű gyakorlatok esetén külső gyakorló terek, kiképző bázisok igénybevételére kerül sor a megfelelő helyszínbiztosítás mellett. A hazai bázisok létesítése belügy, ebbe a nemzetközi közösségnek nincs beleszólása, bár egy régión belül egy állam fegyveres erőinek fejlesztésére odafigyelnek a térség államai (egy nagyhatalom fegyverkezésére pedig a glóbusz valamennyi állama). Tengerentúli bázis létesítése azonban jellemzően nagyobb figyelmet kap és a befogadó nemzet szomszédjai is érdekeltek, illetve amennyiben nem fenyegetésként, de legalább kockázatként, vagy érdekeiket nézve korlátozóként értékelhetik a helyzetet.

Az úgynevezett tengerentúli bázisok (vagy nevezhetjük országhatáron kívüli katonai bázisoknak ezeket, azonban az angolban e kategória összefoglaló neve „overseas base”) mindezek mellett más, speciális funkciókat is ellátnak. Amennyiben csupán a funkcionalitást nézzük, az országhatáron kívüli katonai bázisok feladatai közé tartozik a fenyegetések elrettentése adott térségben, hadviselés, információgyűjtés, helyszín biztosítása gyakorlatokhoz, helyszín biztosítása áthaladáshoz a térségen, egyfajta logisztikai központként funkcionálva stb. [1]. MH Pápa Bázisrepülőteret tekintve például az utóbbi a szándéka a NATO-nak, azaz logisztikai központként (en.: hub) tekint a bázisra, e jelleget erősítő fejlesztések történnek a repülőtéren (polgári terminál építése, raktárépületek felújítása, építése, tranzitáru raktár létrehozása stb.). A Pentagon (az Amerikai Védelmi Minisztérium székhelye) minden létesítményt úgynevezett

„bázis helyszín”-nek (en.: base site) tekint, amelyet a haderő birtokol, bérbe vesz, vagy más módon rendelkezik felette [3].

Tovább tekintve a funkcionalitáson, egy állam (jellemzően nagyhatalom), vagy szövetség geopolitikai szándékának, irányultságának is eszközei, kifejezői e külhoni katonai bázisok. Egy nagyhatalom szövetsége nála kisebb területű, képességeiben „gyengébbnek” mondható államokkal sok esetben hozza magával azt, hogy katonai bázist létesít utóbbi állam területén. Kimondottan jellemző ez az Amerikai Egyesült Államok geopolitikájára, napjainkban a történelem egészét tekintve az USA rendelkezik a valaha volt legtöbb tengerentúli bázissal. Úgy vélem, hogy az Amerikai Védelmi Minisztérium bázisokra vonatkozó 2015. évi kiadványát tanulmányozva erre meggyőző számokat találhatunk: a világ 41 országában 587 helyszínen, 879 milliárd USD értékben rendelkezik telkekkel és ingatlanokkal, ezek egy része az USA tulajdonában van, míg másik részét lízingeli az adott államtól [2]. Ezek a számok csupán egyfajta metodika szerint alakulnak így, más, függetlennek mondható források az USA tengerentúli bázisainak állományát 800 helyszín felettinek tartja [3].

Jóllehet, a hidegháború alatti, valamint napjaink amerikai tengerentúli bázis politikája és struktúrája nyilvánvalóan az USA érdekeire szabottak, tehát más államok esetében nem feltétlenül alkalmazható, mivel azok érdekei, képességei más politikát és struktúrát tehetnek lehetővé, az amerikai tapasztalatok a legrelevánsabbak e témakörben. Nem szeretnék tehát szűk látókörűen, egy nézőpontra koncentrálni, azonban más állam ilyen gyakorlatát nem tudjuk elemezni, ugyanis Amerikáé (ilyen méretekben) egyelőre egyedülálló. Mindazonáltal találhatunk más példákat is, amikor államok tengerentúli bázisokat létesítettek szövetségeseik területén. Ilyen volt az egykori Szovjetunió, bár a például hazánkban állomásozó orosz csapatok inkább voltak megszállók, mint szövetséges katonák, továbbá az uniót is inkább birodalomnak lehetne nevezni. Továbbá beszélhetünk egyéb államokról, amelyek rendelkeznek tengerentúli bázisokkal, azonban ezek száma összesen 30 darab, megoszlásuk az alábbi ábrán látható (1. ábra).

1. ábra Államok, amelyek az USA mellett rendelkeznek tengerentúli bázisokkal [13]

TENGERENTÚLI KATONAI BÁZISOK ALKALMAZÁSA TÖRTÉNELMI VISZONYLATBAN

Természetesen voltak a történelemben az USA-n kívül más birodalmak, nagyhatalmak, amelyek a kezdeti, hazának, hátországnak nevezhető területekről kiindulva erőiket kivetítették más területekre, azonban azokat a területeket meg is hódították, és igazgatásuk alá vonták. E dolgozat arra a jelenségre fókuszál, amikor egy állam szövetségeket köt más államokkal, és e jó viszonynak köszönhetően fegyveres erejének egy részét állomásoztathatja a szövetséges országban, ezzel is képviselve (nyomatékosítva) érdekeit a régióban, például a diplomáciai kapcsolatok mellett, amely békés közeledés esetén az elsődleges eszköz a kapcsolatfelvételre. Ezzel a cselekedettel számos érdeket támogathat, amelyekről fentebb már említést tettem, de kiegészíteném még azzal, hogy ezek az érdekek, amennyiben offenzívnak mondhatóak (fegyveres cselekményektől való elrettentés, területfoglalás megakadályozása, egy eszme terjedésének meggátlása stb.) jellemzően nem a szövetséges állam ellen, ellenkezőleg, annak érdekében történik, tehát egy harmadik fél felé irányul (pl.: USA úgynevezett proxiháborúi a hidegháború során).

A tengerentúli katonai bázisok alkalmazása az ókori Görögország és városállamainak idejére nyúlik vissza. Thuküdidész írásaiban olvashatunk először ezekről, a peloponnészoszi háborúk idejéből, az időszámítás előtti V. században. Leírja, hogy az athéniak megalapították a Déloszi Szövetséget, mely katonai szövetség Athén tengeri flottájára, valamint annak erejére, jelentőségére és területi befolyására épült. Ezzel együtt Spárta (az előző szövetség ellenpontjaként), a görög világ hadászatának megtestesítője, egy sor bilaterális szerződést kötött, létrehozva a Peloponnészoszi Szövetséget. A két szövetség közötti ellentét a katonai táborok elérését is nehezítette az Athéniak számára, mely a szövetségek közötti háborúkban csúcsosodott ki ellátási nehézségek, valamint a szövetséges segítségnyújtás akadozása formájában.

Továbbá mind a perzsák, mind a rómaiak birtokba vettek olyan táborokat, erődöket, amelyek hozzáférést biztosítottak nagy fontosságú területekhez, illetve elengedhetetlenek voltak meghódított területeik eléréséhez. Az ókori Perzsa Birodalomban, I. Dárius uralkodása alatt 2500 km hosszúságú úthálózatot építettek, melyek mentén 29 km-enként kőből készült raktárakat és pihentetési lehetőséget hoztak létre. Az utak jelentősége forradalmi volt, támogatták a kereskedelmet, valamint a javak és emberek mozgatását, sőt az összeköttetést is elősegítették, nagymértékben lerövidítve a hírek, üzenetek, utasítások áramlását a birodalomban. Ezen utak javították továbbá a Perzsa Birodalom hadviselési képességeit, mivel lehetővé tették a több helyen, egy időben történő harcok megvívását is.

Később, a XV. században a tengeri hatalmak terjeszkedésük során kereskedelmi központokat, raktárakat, tengerentúli bázisokat hoztak létre azzal a céllal, hogy hatalmukat, illetve befolyásukat megszilárdítsák, biztosítsák birodalmi érdekeiket. Ekkorra a kereskedelemi érdekek összefonódtak a hadügyekkel, ami magával hozta, hogy a bázisok elérése kulcskérdés lett az „új világok” felfedezésében. A külföldi katonai csapatjelenlét a kolonizációs időszakban ugyancsak szorosan összefügg a tengerentúli bázisok kérdésével. E bázisok jelentősége a brit jelenléten keresztül érthető meg a csendes-óceáni térségben, különösen Indiában, hiszen India fontossága kiemelkedő volt az ázsiai területek belsejéhez való hozzáférésben. A kolonizált területek jelentősége az előbbiek miatt felértékelődött, a brit koronának további kereskedelmi és katonai segítséget biztosítottak.

Hasonlóak mondhatók el az amerikai csendes-óceáni jelenlétről, amikor is megkezdődött a térgében a befolyásuk megalapozása. A XIX. században, az Egyesült Államok iparának fejlődése, valamint a nemzetközi kereskedelme lendületet vett, ezért szükséges volt a külföldi piacok elérése. Washington, Alfred Thayer Mahan gondolataira alapozva, amely „A tengeri hatalom hatása a történelemre, 1660-1783" című könyvében jelent meg, úgy vélte, hogy az egyetlen módja annak, hogy biztosítsa a hozzáférését a nemzetközi piacokhoz az, hogy fejleszti tengeri kereskedelmi- és hadiflottáját, amelyet egy tengeri bázisok alkotta rendszer támogat, fenntartva ezzel az összeköttetést az Egyesült Államok és új kereskedelmi színterek között.

A XX. századtól kezdődően, a két világháborúval, valamint az Egyesült Államok és a Szovjetunió nagyhatalomként egyre erősödő mivoltának következtében, kialakult a tengerentúli katonai bázisok felenkénti elhelyezkedésének, eloszlásának ma ismert képe. A manapság megszokottnak tekinthető jelenség, a szuverén államokban létesített katonai bázisok csupán az 1930-as évek végén váltak elfogadható jelenléti alternatívává az Amerikai Egyesült Államok és más államok számára. Ebben az elfogadottságban a II. világháború volt a katalizátor, amit jól jellemez, hogy 1945-re, a háború végének időszakára az USA világszerte 3 000 különálló tengerentúli katonai létesítménnyel rendelkezett, egyes értelmezések szerint ez a szám 20 000 körüli volt, jóllehet csupán a számok nem állnak egyenes arányban a létesítmények jelentőségével.

A II. világháborút követően az Egyesült Államok nagyméretű külföldi bázisokra telepítette erőit annak érdekében, hogy körbezárja, bekerítse a Szovjetuniót. A bázisok eloszlása, amelyek mind az amerikai katonákat, mind hozzátartozóikat befogadják Nyugat-Európában, illetve Északkelet-Ázsiában, az úgynevezett hidegháború hagyatéka [5].

A TENGERENTÚLI BÁZISOK TÍPUSAI, AZOK JELLEMZŐI

A manapság alkalamzott terminológia szerint három típusát különböztethetjük meg az előretolt (tengerentúli) létesítményeknek: fő műveleti bázis (main operating bases – MOB), előretolt műveleti körlet (forward operating sites – FOS), valamint biztonság együttműködési helyszín (cooperative security locations – CSL). E fő tengerentúli bázisokat egyéb infrastrukturális elemek támogatják úgy, mint előkészített helyszínek (prepositioned sites), illetve útvonalakon elhelyezett kisebb bázisok (en route infrastructure bases – ERI). A fő műveleti bázisok súlypontokként (jelentős méretű katonai létesítményként) funkcionálnak, összeköttetésben állva az előretolt műveleti körletekkel, illetve közvetetten, az utóbbiakon kersztül az együttműködési biztonsági helyszínekkel.

Fő műveleti bázis: e létesítmények folyamatosan működő, nagy fontosságú (stratégiai/hadászati jelentőségű) katonai központok olyan államok területén, mellyel a küldő állam baráti kapcsolatot ápol. A MOB-okon állandó telepítésű katonai erők találhatók, jelentősen kiépült infrastruktúrával, vezetési és irányítási rendszerrel, a katona állomány hozzátartozóit (szűkebb családját) támogató, ellátó intézményrendszerrel, valamint megerősített erő-megóvó biztosítással. A fő műveleti bázisok feladatellátása hosszú távra tervezett, a katonai felvonulás, kiképzés és hadviselés hídfői, továbbá jelképei a küldő nemzet szövetségesei melletti elköteleződésének. A MOB kategória szemléltetésére legkönnyebb az Egyesült Államok bázisait tekintetbe venni (ahogy a többi kategória szemléltetésénél is ezt a gyakorlatot követem majd): Németországban Rammstein, valamint a Spangdahlem légi bázisok; Spanyolországban Rota hadi kikötője; Olaszország-

ban Vicenzában a 173. légi szállítású dandár, Nápolyban az Egyesült Államok Haditengerészet Európai Parancsnoksága, valamint a légi bázis Aviánóban; Japánban Okinawa szigetén légi bázis, illetve Yokusaka tengeri bázis; vagy Dél-Koreában Camp Humphreys Anjeong-ri és Pyeongtaek városok közelében. E létesítmények tehát állandóak, hosszútávú célokat szolgálnak, és összhaderőnemi jellegűek, azaz több haderőnem csapatai is helyet kaphatnak bennük.

Előretolt műveleti körlet: katonai erők csoportosítási helyszínei, mely kiinduási helyről megkezdheti egyes műveletekbe történő részvételüket. A helyszínek jellemzően a befogadó nemzet létesítményei, melyet készenlétben tartanak minimális katonai jelenléttel a küldő állam részéről, esetleg előkészített felszerelést tárolnak itt. A jelenlevő csekély számú katona állománynak a feladata, hogy szükség esetén támogassa az előretolt műveleti körletbe érkező erők, vagy más kontingensek ellátását. Ilyen, úgynevezett könnyen aktiválható helyszínnek tekinthetők a következők: Bosznia és Hercegovinában, Tuzlában Eagle Base; Koszovóban, Ferizaj közelében Camp Bondsteel; Törökországban az Incirlik légi bázis; valamint Ománban a Thumrait és Masirah repülőterek. Az előretolt műveleti körletek nem állandó telepítésű, inkább váltásban szolgáló csapatokat, illetve különböző gyakorlatokat támogatnak, mely feladatellátáshoz egy MOB adhat további fedezetet. Hazánk is létesített hasonló szervezeti elemet, a Nemzeti Támogat Elem formájában Afganisztánban, Mazar-e Sharifban. Az amerikai példához visszatérve, az előretolt műveleti körleteket már nem kiszámítható körülmények közé telepítik, hanem főként úgynevezett instabil térségekbe. Ezzel összhangban az USA egyre nagyobb hangsúlyt fektet az afrikai jelenlétre, ennek egyik első állomása 2001. szeptemberében, az USA-ban végrehajtott terrortámadások utáni megjelenés Dzsibutiban, a Djibouti–Ambouli nemzetközi repülőtéren létrehozott Camp Le Monier formájában, ahonnan az úgynevezett Operation Enduring Freedom, Afganisztánban végrehajtott szövetséges műveletek afrikai aspektusát támogatta.

Biztonság együttműködési helyszín: azokat az előretolt, nagyon alacsony intenzitással üzemelő bázisokat nevezzük így, amelyeken állandó katonai személyzet nem tartózkodik. Jellemzően szerződéses partner, vagy a befogadó nemzet üzemelteti. A CSL-t általában előre nem látott események bekövetkeztekor „aktiválják”, illetve kiinduló pontként szolgál egy térség biztonsági stabilitásának helyreállításáért folytatott tevékenységekben való közreműködéshez. Mint az előző kategóriánál, szintén tárolhatnak itt felszereléseket, haditechnikai eszközöket, illetve szükség esetén kibővíthetik e bázisok képességeit előretolt műveleti körlet méretűvé. Az USA esetében e helyszíneket főként Afrikában tervezik létrehozni terrorcsoportok elleni tevékenységek támogatására, valamint a térségbeli kőolaj hozzáférést védendően (pl. a Guineai-öbölben). Biztonság együttműködési helyszín található: Gabonban a Liberville repülőtéren, Senegálban Dakar repülőterén, továbbá Ugandában az Entebbe repülőtéren.

Előkészített helyszínek: egy előretolt bázis konstrukció kulcsfontosságú aspektusa az előkészített készletek megfelelő pozícionálása, struktúrája. E helyszíneken készleteket tárolnak a harc megvívásához, a harci támogatás megvalósításához, illetve a harci kiszolgáló támogatás biztosításához olyan biztonságos helszíneken, ahonnan a váltásos alapon feladatot végrehajtó erőket támogatják, anyagi igényeiket az alapállapotra kiegészítik. Az előkészített helyszínek sok esetben szoros összekötettésben állnak egy fő műveleti bázissal, vagy előretolt műveleti körlettel, továbbá jellemző, hogy szerződtetett partnerek üzemeltetik, valamint tengeri készletek is lehetnek ezek.

Útvonalakon elhelyezett infrastrukturális bázisok: az ERI olyan, stratégai fontosságú helyszíneken elhelyezett „bázis-kezdemény", amelyeket hosszú időtávra terveznek létrehozni annak érdekében, hogy szükség esetén gyorsan kibővíthetőek legyenek, segítsenek a katonai erő fenntartásában, valamint általuk az erőkivetítés megvalósítható legyen. Alapként szolgálnak katonai felvonuláshoz, kiképzéshez és hadviseléshez egyaránt, kibővítve ezeket hamar fő műveleti bázis, vagy előretolt műveleti körlet alakítható ki. Az USA számára az afganisztáni, illetve iraki műveletek támogatásához való hatékony hozzájárulás igazolhatja e bázisok jelentőségét, melyek Németországban, Olaszországban, Portugáliában, Spanyolországban, Törökországban, illetve az Egyesült Királyságban voltak létrehozva [6].

HARCI TÁMOGATÁSI TÉNYEZŐK

Számos tényező létezik, mely korlátozza, vagy elősegíti a tengerentúli bázisok támogató lehetőségeit a különböző katonai feladatvégrehejtások során. A következőkben e szempotokat veszem sorba, immár főként a repülőterekre koncentrálva.

A bázisok elérhetősége. Fontos kérdés, mely alapos megfontolást igényel minden konfliktus, vagy művelet megkezdése előtt. Figyelembe kell venni a kikötőktől való megközelíthetőséget, a közúti, illetve a kötött pályás lehetőségeket egyaránt. Tájékozódni szükséges, hogy a légi megközelíthetőség szempontjából milyenek a diplomáciai kapcsolatok, esetleges különleges szabályokat figyelembe kell e venni a befogadó államban.

A bázis kapacitásai és szolgáltatásai. A repülőgép állóhelyek száma; a futópálya dimenziói, állapota, száma, felülete, stb.; a be- és kiarakodáshoz szükséges eszközpark; a földi kiszolgálás szolgáltatási színvonala; a különböző tárolókapacitások (felszerelés, haditechnika, fegyverzet, üzemanyag); stb. mind fontos szempont a helyszín kiválasztásában, azonban az előbbiek legtöbbike pótolható, kiegészíthető. A legfontosabb szempont a légi oldal földi közlekedési burkolatai lesznek úgy, mint putópálya és gurulóutak.

A repülőtér forgalom-áteresztő képessége. A harci támogató javak időben érkezése, a csapatokhoz való eljuttatása alapvető fontosságú egy expedíciós művelet során. Továbbá nemcsak az áruk kirakása fontos, hanem a harci feladatot végrehajtó repülőgépek levegőbe juttatása is. Egy kisebb növekedés az állomásoztatott repülőgépek számában valószínűleg nem eredményez problémát az áramlásszervezésben, azonban a repülőtéren helyet kapó repülőgépek számát minden esetben össze kell vetni a repülőtér forgalom-áteresztő képességével. A repülőtér maximális felszíni kapacitása (maximum-on-ground [MOG] capability) például közvetlenül befolyásolja az áttelepítési idő csökkenését, vagy növekedését.

A tengerentúli bázis távolsága. A hátország és tengerentúli bázis, illetve a kisebb és nagyobb tengerentúli, függő viszonyban levő bázis-kategóriák közötti távolság befolyásolja, esetleg akadályozhatja az áttelepítést, vagy a különböző feladat-végrehajtásokat. Ahogy a feladatba bevont szállító repülőgépek száma emelkedik, úgy a távolság okozta eltérés az áttelepítési idő szempontjából egyre kevésbé lesz hangsúlyos. A több légijármű addig okoz csökkenést az áttelepítés időtartamában (tehát addig van pozitív hozadéka), amíg azok száma el nem éri a repülőtér maximális felszíni kapacitását.

Tengeri készlet-kihelyezés. Meglehet, hogy a tengeri készlet-kihelyezés rugalmasságot biztosít, illetve kevésbé sebezhető a szárazföldi készletekhez képest (szárazföldi szembenállás esetén), azonban költségesebb, mint a szárazföldi tárolás, valamint kockázatot jelent az áttelepítési időre nézve is (tengeri időjárás kockázatai, az eredetinél távolabbi területek elérése, kirakási lehetőségek, nem lehetséges átrakodás más közlekedési módra a tengeren stb.).

Költségek. A helyszínek kiválasztása szempontjából olyan megközelítést kellene követni, amely szem előtt tartja az előző szempontokat, tehát biztosítja a szükséges minimális kritériumokat a lehetséges legkisebb költségek melett. A költségek tervezésekor kalkulálni kell az esetleges építkezések, bővítések anyagi vonzatával, a szállítási, üzemeltetési kötségekkel, és persze a kiképzési feladatok, illetve műveletek végrehajtásának költségeivel egyaránt. Hasonló körülmények melletti erő kivetítés költségeiben, továbbá a különböző térségek életszínvonalában fellelhető különbségek (nem azonos a kihelyezés költsége pl. Európában vagy Ázsiában, esetleg a Közel-Keleten) is okozhatnak eltérést az összköltséget tekintve, tehát ezzel a tényezővel is kalkulálni szükséges [7].

A REPÜLŐTÉR, MINT ERŐKIVETÍTÉSI PLATFORM

Ahogy számos légierő teoretikus (Douhet, Mitchell, Meilinger) gondolataiban megjelenik, és ahogy a légierő doktrínák (Australian Air Power Manual, UK Air and Space Doctrine, USAF Basic Doctrine) is sok esetben rögzítik, a légierő tevékenysége elsősorban támadó jellegű. Ebből következően szinte egyértelmű, hogy megjelenése, tevékenysége, erőinek elosztása expedíciós jelleget ölt. A hazai feladatvégrehajtás nagyon leegyszerűsítve csupán a légvédelemre, a légtérszuverenitás biztosítására korlátozódik, esetleg természeti vagy ipari katasztrófák elhárításának támogatására. Amennyiben ez nem is szükségszerűség, a légierő kiváló eszköz egy állam geopolitikai, geostratégiai törekvéseinek érvényesítésében (kiegészítve természetesen más elemekkel), a repülőtér vagy légi bázis, esetleg egyéb haderőnemi bázis légi eléréssel pedig hatékony erőkivetítési platform (kiindulópont) lehet egy térségben történő érdekérvényesítés során.

Nézzük meg e súlyos állítások után, hogyan jelentek meg a légi bázisok a XX. század hadviselésében. Jóllehet, légi járműveket már az első világháború során is alkalmaztak, ebben az időben inkább támogató jellegű tevékenységük volt domináns, saját feladatrendszert a második világháborúban kaptak, amikor is jelentős, hadászati bombázó hadjáratokat folytattak mind az európai, mind a csendes-óceáni hadszíntéren. Richard P. Hallion légierő történész így ír erről az időszakról: „A második világháború fordulópontot jelentett a légi hadviselés szempontjából." [8] Az európai, szövetséges légi csapatok települési helyszínéről a következőket írja: „Britannia, mint indító terület szolgált a kontinensen végrehajtott invázióhoz, vagy nevezhetjük 'nemzeti repülőgép hordozónak', ahonnan a szövetséges légi támadásokat intézték a németek ellen." [8] A csendes-óceáni hadszíntérről a következőket jegyzi meg: „A teljes csendes-óceáni hadjárat a bázisokért folytatott küzdelmekről szólt, ahonnan háromdimenziós erőt lehetett kivetíteni Japán ellen. A szárazföldi, valamint a haditengerészeti erők szinte kizárólagos faladata az volt, hogy bázisokat foglaljanak a légi erőkivetítés lehetővé tételéért." [8] Idéz egy amerikai haditengerészeti tervező tisztet, aki már ekkor féltette a haditengerészet presztízsét és pozícióját a légierővel szemben (ami ebben az időben Amerikában hivatalosan még nem is, mint önálló haderőnem létezett), és úgy vélte, hogy a haditengerészet hamarosan

csupán támogatója lesz a légi műveleteknek, annak érdekében, hogy előbbi megnyerhesse a háborút. Mindezek ellenére Hallion megjegyzi, hogy a Japán elleni sikerek valódi, összhaderőnemi tevékenységeknek voltak köszönhetők. A légierő tevékenységével kapcsolatban pedig azt állítja, osztva az Egyesült Államok Hadászati Bombázási Felmérés megállapításait, hogy sem az az állam, amely ki van téve a bombázó repülőgépek szabad tevékenységének, sem az, amely elveszítette a légi fölényt, nem képes hosszú távon prosperálni [8].

Mindezek megalapozták a légierő geostratégiai fontosságát, valamint kiemelték a légi bázisok jelentőségét. Mindaddig, amíg nem képes egy nemzetgazdaság olyan repülőgépeket (vagy mondjuk, inkább, hogy légi támadó képességet) előállítani, olyan mennyiségben, amelyek képesek a hátországból globális, megfelelő volumenű légi hadjáratot folytatni, szüksége lesz a nagyhatalmaknak, szövetségeknek tengerentúli bázisokra. A légi elérés pedig nemcsak a légi bázisok, de más haderőnemek bázisai számára is evidencia kellene legyen, a fő műveleti bázisok, illetve az előretolt műveleti körletek számára mindenképpen.

A második világháború után, az úgynevezett hidegháború során, mely időszak kezdetén a világpolitika két szuperhatalom pólusa mentén rendeződött, kialakult amerikai vonatkozásban a ma is ismert tengerentúli bázis struktúra, illetve szövetségi viszonyrendszer. A korszak fő hadi motívumát a folyamatos hagyományos, illetve nukleáris fegyverkezés adta. A hidegháború korai éveiben a stratégiai bombázó repülőgép volt az az eszköz, amely meghatározta a hadviselés mikéntjét [9]. Az amerikai tengerentúli bázisok tehát nemcsak e repülőgépek hatótávolságát küszöbölték ki, hanem az esetleges reakcióidőt is csökkenthették tényleges konfliktus esetén.

1957-re világszerte 1 014 katonai bázist hozott létre az Amerikai Egyesült Államok, melyek természetesen nem csupán légierő kötődésűek voltak. Régiónként az alábbi megoszlást találhatjuk: Európa – 556 db; Csendes-óceán-256 db; Latin Amerika – 46 db; Afrika, Közel Kelet –15 db [9] A személyi állomány száma pedig elérte az egymillió főt, aminek számos elszigetelt helyen a légierő kötelékeibe tartozók hányada 70-90%-ra volt tehető [9]. Az 1960-as években aztán John F. Kennedy elnöklése alatt több tucat tengerentúli bázist felszámoltak, azonban például a vietnámi háború következtében a további leszereléseket felfüggesztették, azonban az 1980-as évek végére már „csupán” 400 000 amerikai katona szolgált külföldön. Az 1991-es öbölháború után még tovább csökkent az amerikai külföldi jelenlét, 270 000 katonát vezényeltek vissza az USA-ba, illetve folytatódtak a bázisok bezárásai, 1988 és ’95 között 97 bázist számoltak fel [6].

Nem szeretnék terjengős táblázatokat jelen dolgozatba emelni, így csupán összefoglalom, hogy amennyiben az amerikai tengerentúli bázisokat haderőnemi szempontból viszgáljuk, azt láthatjuk, hogy nagyságrendileg 70%-uk légibázist takar, továbbá számos esetben előfordul, hogy a szárazföldi csapatok is repülőtéren települnek [6] a nagyobb mértékű mobilitás, illetve a hatékonyabb (harci, vagy ellátásbeli) támogatás megvalósíthatósága érdekében.

Azonban mik az egyes haderőnemi bázisok attribútumai? A szárazföldi haderőnem bázisai önmagában (légi, vagy tengeri elérés nélkül) konfliktusok esetén viszonylag közel helyezkednek az aggresszorhoz, a fenyegetettésük magas mind felszíni, mind légi viszonylatban. Mobilitási képességeik, lehetőségeik korlátozottak. A szárazföldi erők is rendelkezhetnek légi komponenssel (légvédelmi képességet is ideértve), azonban megfelelő leszállóhely hiányában csupán helikoptereket alkalmazhatnak.

A haditengerészet jelentős kontinentális geostratégiai célokra természetszerűleg nem alkalmas, így ilyen viszonylatban alkalmazása csupán kiegészítő, támogató jelleggel történhet, feladata a tengeri uralom fenntartása, az összeköttetési vonalak biztosítása, nagytömegű, nagyméretű utánpótlás szállítása, mely fontos feladat egy hadjárat hosszútávú biztosításakor, azonban funkcióját részben át tudja vállalni a légierő.

A légi bázisoknak konfliktus esetén az előzőekkel szemben nem szükséges a veszély közvetlen közelében elhelyezkedniük, néhány 100, esetleg 1000 km-es távolság tartható az aggresszortól. Mobilitási képessége magas, nemcsak horizontális, hanem vertikális irányokban egyaránt, így a vizek, a terep, valamint gyengébb légvédelem (ellenséges erő) is könnyen áthidalható általa. Az ilyen módon megjeleníthető levegő-felszín kinetikus erő jelentős, kiváló információgyűjtő lehetőségek állnak rendelkezésre általa, továbbá a légi dominanciát a leghatékonyabban kivívni, illetve megtartani képes hadviselő forma.

A hidegháború után, valamint egyelőre napjainkban a közvetlen, mindennapi nukleáris fenyegetés háttérbe szorult (jóllehet, kezd visszatérni a folyamatos nukleáris fenyegetés hangulata). Az 1991-es iraki háború egy visszafogottabb, korlátozottabb, kisebb volumenű légierő alkalmazás időszakát hozta magával. Jellegében, méretében hasonlónak mondható még az 1999-es NATO szerbek ellen folytatott légi hadjárata, valamint a főként európai vezető államok által kezdeményezett 2011-es Líbia elleni légi offenzíva. A fő támadási módszer az úgynevezett összetett/vegyes légi műveletek (COMposite Air Operations – COMAO) végrehajtása, ami egy repülőgép csoportosítást jelent. Központi elemét egy bombázó kötelék jelenti, melyet légtérbiztosító repülőgépek „őriznek”, ezeknek a légi információkat, céljeleket légi riasztó és irányító repülőgépek biztosítják, az elektromágneses tartomány uralása érdekében elektronikai harci repülőgépek tevékenykednek a szembenálló légvédelmi rendszerek, valamint egyéb rádiólokátor állomások felderítése, célravezetése ellen, továbbá légi üzemanyag utántöltő repülőgépek ugyancsak hozzájárulnak a sikeres feladatvégrehajtáshoz, a minél hosszabb célpont felett eltölthető idő biztosításához [10].

Az előbb említett forrás az I. öbölháború tapasztalataiból merítkezik, azonban az ekkor megvalósított légi stratégia egyik kiötlője John A. Warden amerikai repülő ezredes, aki szintén megfogalmazta gondolatait a vegyes repülő kötelékekről. Az javasolta, hogy az erők összetételének támogatnia kellene a nagymértékű mobilitást, illetve a létrehozandó repülő kötelékek ne függjenek egyes bázisoktól, hanem szabadon lehessen mozgatni azokat a légi bázisok között (nyilván, ez nagyfokú logisztikai kihívásokat támasztana). A repülőezredeket (békeidőben is) vegyes kötelékekként kellene összeállítani, az előző bekezdésben leírtakhoz hasonlósan, mely kötelék naponta együtt gyakorol. A kiképzésüket, mint vegyes kötelék hajtják végre és nem a hadszíntéren kell összeszokniuk. Ilyen módon az összhaderőnemi parancsnok nem különálló légi képességeket kap, hanem egy komplex képességcsomagot a vegyes ezredek által [11]. Az új erő kialakítás számos előnnyel járhatna: hadműveleti színtű hatások elérése a hadszíntéren; a légierő képességeinek, alkalmazásának optimalizálása; rugalmas alkalmazási lehetőségek; az úgynevezett „úgy gyakorolj, ahogy harcolni fogsz” elv érvényesülése; hatékonyabb erővédelmi képességek; valamint képesség egy komplex képességcsomag egy repülőtéren történő megjelenítésére [11].

Az előbb említett szervezési módszer nem vált általános gyakorlattá, valószínüsíthető, hogy az egyszerűbb logisztikai megoldások, valamint a bevett gyakorlat fenntartotta a homogén repülő-

gép kötelékek szerinti szervezést. A légijármű technológia fejlődésével azonban egyre kevésbé válik szükségessé a vegyes kötelékek alkalmazása. A legújabb harcászati repülőgépek olyan sokfajta feladat ellátására alkalmasak, hogy szinte megszűnik a szükség a kisegítő képességek alkalmazására. Egy modern, úgynevezett ötödik generációs harcászati repülőgép képes levegő-levegő, valamint levegő-felszín viszonylatú harcot is vívni, felderítést végrehajtani, a rádiólokátorok számára nehezen (vagy nem) érzékelhető, képes az elektromágneses tartományban is tevékenykedni, sőt, igen hatékony fedélzeti lokátorának köszönhetően akár légi helyzetképet is előállíthat. Folyik ilyen képességekkel rendelkező repülőgépek távirányított megfelelőjének is a fejlesztése, amely repülőgépek jellemzője a hosszú célpont felett eltölthető idő (nagy hatótávolság), amely a légi utántöltés szükségességét is minimálisra csökkenti.

A későbbiekben tehát elérhető lehet a Warden által megfogalmazott alapelvek megvalósítása, homogén repülőgép kötelékekkel, a fontos feladat az lesz, hogy e repülőgépeket a megfelelő térségekbe allokálják, a kereszt-kiszolgálásukat (több bázis is képes legyen ellátni a kiszolgálásukat, ezáltal áttelepülésük zökkenőmentes lehet) lehetővé tegyék, így az összhaderőnemi parancsnok standardizált, összeszokott, komplex légi képesség-csomagot kaphat az igényeinek megfelelően. A légi bázisoknak tehát legalább olyan rugalmasaknak kell lenniük, amilyen rugalmasak e modern repülőgépek [12].

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban röviden áttekintettem a katonai bázisok mibenlétét, bemutattam ezek kialakítását, alkalmazását történelmi viszonylatban. Sorra vettem a tengerentúli bázisok típusait, melyek különböző szintű, méretű létesítményeket takarnak, továbbá fontos tulajdonságaikat, kialakításuk mérlegelendő szempontjait is áttekintettem, előtérbe helyezve a légi bázisok kialakítását érintő kérdéseket. Az utolsó fejezetben abból az alapvetésből kiindulva, hogy a légierő lényegéből adódóan támadó erő, így külhoni alkalmazása elsődleges és alapvető, bemutattam, hogy a XX. században hogyan támogatták a légi bázisok a légierő általi geostratégiai törekvések megvalósítását, illetve milyen tendencia képzelhető el a jövőben. Igyekeztem megvilágítani, hogy az alkalmazott haditechnika, illetve szervezési logika milyen követelményeket támaszt a légi bázisokkal szemben, valamint leírtam a különböző haderőnemi bázisok rövid jellemzését. Természetesen e téma további kifejtést igényel, a pályázati időszakban tovább folytatom a kutatómunkát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Takafumi Ohtomo: Understanding U.S. Overseas Military Presence after World War II. In: Journal of International and Advanced Japanese Studies 4/1. 2012. pp.17-29.

[2] United States of America, Department of Defence: Base Structure Report Fiscal Year 2015 Baseline – A Summary of Real Property Inventory. https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/BSI/Base%20Structure%20Report%20FY15.pdf, pp. 18, 68-85

[3] Why does the US have 800 military bases around the world? https://www.vox.com/2015/5/18/8600659/military-bases-united-states

[4] Csengeri János: A légierő, mint a geostratégiai törekvések egyik meghatározó eszköze. In: Repüléstudományi Közlemények, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Repülő Intézet, Szolnok, 2017. pp.31-66.

[5] Bruna dos Santos Lersch, Josiane Simão Sarti: The Establishment of Foreign Military Bases and the International Distribution of Power. In: Universidade Federal do Rio Grande do Sul Model United Nations (UFRGSMUN) 2/1. 2014. pp.83-135.

[6] Zdzislaw Lachowski: Foreign Military Bases in Eurasia. SIPRI Policy Paper No. 18. Stockholm International Peace Research Institute, Stockholm, 2007. pp. 5, 8-9, 14-16
[7] Mahyar A. Amouzegar, Ronald G. McGarvey, Robert S. Tripp, C. Robert Roll, Jr.: Combat Support – Overseas Basing Options. In: Air Force Journal of Logistics, XXX/1. 2006. pp. 9-10
[8] Richard P. Hellion: The second world war as turning point in air power. In: Sebastian Cox (szerk.): Air Power History. Frank Cass Publishers, Abingdon, 2002. pp. 97, 108-115,
[9] Kurt Wayne Schake: Strategie Frontier: American Bomber Bases Overseas, 1950-1960. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 1998. pp. 27, 39, 115.
[10] J. Scott Norwood: Thunderbolts and Eggshells – Composite Air Operations during Desert Storm and Implications for USAF Doctrine and Force Structure. Air University Press, Montgomery, 1994. pp.7-9.
[11] John Andreas Olsen: John Warden and the Renaissance of American Air Power. Potomac Books, Washington, 2007. pp. 111, 122-123, 128
[12] Jan Jonsson: Air Operations in a 4:th Generation Air Force. In: Klaus-R Böhme, Carl Linton (ed.): Air Power Doctrine and Technology. Conference, Linköping 14-16. August 1996. p. 121
[13] Why does the US have 800 military bases around the world? https://www.vox.com/2015/5/18/8600659/military-bases-united-states

THE AIR BASE AS POWER PROJECTION PLATFORM

The paper gives a short overview on military bases, interprets their establishment and their empolyment in a historical context. The essay talks about the types of overseas bases, which types represent different levels, measures of installations, furthermore gives a review on their attributes, considerations of their establishment putting the focus on air base specific issues. The last chapter shows, from the percpective of the statement that Air Power is an inherently offensive entity this is why its overseas employment is fundamental and obvious, that how air bases supported geotrategic endeavours conducted by Air Power during the 20th century and which tendecy can be expected. Finally, the paper highlights which are the basic attributes and requirements of air bases in the morror of the employed warfighting assets and organisation method and interprets the basic properties of the bases of other services than Air Force.

Keywords: *overseas, air base, airport*

Csengeri János (MSc)	János Csengeri (MSc)
egyetemi tanársegéd	Assistant Lecturer
Nemzeti Közszolgálati Egyetem	National University of Public Service
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	Faculty of Military Science and Officer Training
Katonai Vezetőképző Intézet	Institute of Military Leadership Training
Összhaderőnemi Műveleti Tanszék	Department of Joint Operations
csengeri.janos@uni-nke.hu	csengeri.janos@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4540-9681	orcid.org/0000-0002-4540-9681

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-IV-NKE-25 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-05-0454_Csengeri_Janos.pdf

Nagy Imre

NAPERŐMŰVEK FÖLD KÖRÜLI PÁLYÁN

Idén 50 éve jelent meg Peter Glaser munkája, amelyben elsőként veti fel naperőművek világűrbe telepítésének lehetőségét. Jelen tanulmányban megvizsgáljuk az elképzelés megvalósíthatóságát az eltelt évtizedek tudományos-műszaki fejlődésének tükrében, és igyekeztünk beazonosítani a további fejlesztéseket igénylő pontokat. A megvalósítást nehezíti, hogy több négyzetkilométernyi felületről kell összegyűjteni a napenergiát, és ennek a felületnek mindig a Nap felé kell fordulnia. A nagy méretek miatt fellépő probléma mellett komoly gondot okoz a disszipálódó teljesítmény elvezetése is a vákuumban. Költségek terén az űrbeli használatra készülő napelemek magas ára mellett a pályára állítási költségek nagysága jelentik a megvalósítás legfőbb akadályait napjainkban.

Kulcsszavak: napenergia, mikrohullámú energiaátvitel, műholdak

BEVEZETÉS

A napenergia hasznosítása a gyakorlatban több úton lehetséges a földön. A legegyszerűbb megoldások levegőt vagy vizet melegítenek fűtési céllal, illetve használati meleg víz termelésre. Az ilyen módszerek falhasználhatósága erősen korlátozott, így csak csekély mértékű hagyományos energiahordozó kiváltására alkalmasak. Bonyolultabbak, ám sokoldalú felhasználást tesznek lehetővé az olyan módszerek, amelyek a napsugárzást elektromos árammá alakítják. Ez történhet hőerőgép, azaz mozgó berendezés segítségével vagy a fényt közvetlenül elektromos árammá alakító fotoelektromos berendezéssel.

Bármilyen úton is hasznosítsuk a napsugárzást energiatermelésre, számolnunk kell két erősen korlátozó hatással. Az egyik probléma, hogy a Föld tengelyforgása miatt nappalok és éjszakák váltakoznak, aminek a következtében egy év alatt legfeljebb 4380 órán át működhetnek ezek a berendezések. A helyzetet rontja, hogy amikor alacsonyan van a Nap, a fénye vastag légrétegen kell keresztülhatoljon, így a légköri aeroszol részecskéi a beérkező fény nagy részét szétszórják, erősen csökkentve a berendezésbe jutó hasznosítható sugárzást. A másik korlátozó hatást a földi időjárási jelenségek jelentik. Ez a hatás erősen függ a földrajzi helyzettől. Száraz, sivatagos környezetben megközelítőleg teljesül az elvileg lehetséges 4380 óra napsütés, ám pl. 2016-ban Magyarországon sehol sem érte el a 2500 órát, ami már így is jelentősen meghaladja az átlagos évben mérhető maximum 2050 órát [1]. Mivel a Föld lakosságának és iparának java a napenergia hasznosítás szempontjából ideális helyektől nagy távolságra koncentrálódik, így ha a segítségével akarjuk kiváltani a hagyományos energiahordozókon alapuló energiatermelést, jelentős szállítási veszteséggel kell számolni, és meg kell oldani a elektromos energia tárolását is. Alternatív megoldási lehetőséget kínál a világűr.

Amennyiben Föld körüli pályára telepítjük a napenergia hasznosítására szolgáló berendezést, a hasznos működési ideje, így a megtermelt energia a felszínen várhatónak a többszörösére emelkedik, és kiszámíthatóvá válik. Cserébe viszont újabb megoldandó problémák merülnek föl. Először is, a nagyméretű és tömegű berendezéseket pályára kell állítani. Továbbá a napelemek által termelt energiát el kell juttatni az űreszközről a felszínre. A kiszámítható, emberi mércével

kimeríthetetlen, és jószerivel korlátlan mértékben rendelkezésre álló űrbéli napenergia csábítása tanulmányok sorát hívta létre az ötletet felvető Peter Glaser idén 50 éve megjelent munkája [2] óta (pl. [3][4][5][6][8][9][10][11][12][13]). Az elképzelés műszaki megvalósíthatóságában minden szerző egyetért, ám a gazdaságosság kérdésében nincs egyetértés.

Jelen tanulmányban áttekintjük az űrbéli naperőművek megépítése során felmerülő főbb problémákat és a lehetséges megoldásokat, mind műszaki, mind gazdaságosság tekintetében.

ALAPÖTLET ÉS FŐBB PROBLÉMÁK

Az eredeti elgondolás [2] szerint nagyméretű napelemet kell a világűrbe telepíteni, praktikusan geostacionárius pályára. A napelemek által termelt egyenáramot (DC) mikrohullámokká (rádiófrekvencia, RF) alakítás után, egy antenna sugározza le a földi vevőegységre. Mind az adó, mind a vevő antenna mérete jelentős, nagyságrendileg kilométeres átmérőjű, hogy minél nagyobb legyen az átvitel hatásfoka.

Bár az elgondolás tetszetős és egyszerű, ám a megvalósítás nehézségekbe ütközik. Figyelembe véve, hogy a napállandó hozzávetőlegesen 1,4 kW/m², 1 GW sugárzási teljesítmény befogásához nagyságrendileg 0,7 km² felületre van szükség. Valójában ennél nagyságrenddel nagyobb összfelületű napelemre van szükség AHHOZ, HOGY a felszínen kapjunk 1 GW elektromos teljesítményt a többszörös energiaátalakítás és az átvitel során fellépő tekintélyes veszteségek miatt. Ennek a felületnek mindig a Nap felé irányulnia, ha közel állandó teljesítményt szeretnénk elérni, tehát mozgatni kell. Az eddigi legnagyobb űrbéli szerkezet, a Nemzetközi Űrállomás (ISS) mindössze 3000 m² napelemmel van felszerelve [14], amit néhány ezerszeresére kell növelni. Ez műszakilag komoly kihívást jelent.

A másik nehézséget a rendszer egyes részei közötti energiaátvitel jelenti. Miközben a napelemek követik a Napot, az energiatovábbító antenna mindig a Föld meghatározott pontjára kell irányuljon. Vagyis az energiatermelő és lesugárzó alrendszer egymáshoz képest mozog, miközben biztosítani kell a kettő között az energiaátvitelt. Szintén energiaátviteli probléma, hogy a fotoelektromos cellákban keletkező áramot nagy területről kell begyűjteni, és eljuttatni az energiaátalakító rendszerhez. A vezetők elektromos ellenállása és a továbbítandó teljesítmény miatt nagy mennyiségű hő keletkezik, ami aktív hűtés alkalmazását teszi szükségessé. A probléma nagyságát jelzi, hogy egyes tervek (pl. [12] vagy [13]) ezen a ponton szupravezetők alkalmazásával számolnak.

Mint minden geostacionárius pályán keringő testre, a naperőműre is hat a geopotenciál egyenlítői metszetének lapultsága, aminek a hatására a műholdak elvándorolnak szolgálati helyzetükből. Ez egy lassú folyamat, ám előbb-utóbb olyan mértékű lesz, hogy szükségessé válik a beavatkozás. Napjainkban általában kémiai rakétahajtóműveket használnak a korrekcióhoz, de egyre több űreszközön található napelemekkel táplált elektromos hajtómű. Utóbbiak nagy előnye, hogy lényegesen kevesebb hajtóanyaggal érik el a szükséges pályamódosítást.

Egy naperőmű esetén is alkalmazható kémiai hajtómű, ám ehhez a nagyságrendileg tízezer tonnás tömeg miatt nagy mennyiségű hajtóanyag szükséges. Az ionhajtómű mellett szól a kisebb üzemanyagigény mellett az is, hogy a működtetésére fel lehet használni az erőmű által termelt elektromos áramot. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni azt sem, hogy napjainkban legfeljebb

pár tonnás űreszközöket láttak el ilyen megoldással, így a jelenlegieknél legalább 3 nagyságrenddel nagyobb tolóerejű elektromos hajtóművekre lenne szükség.

A HATÁSFOKOK KÉRDÉSE

A jelenleg rendelkezésre álló technológiákkal elérhető hatásfokokat az 1. táblázatban foglaltuk össze [13] alapján. A táblázat sorait összeszorozva a teljes rendszer hatásfoka 8,9% körülinek adódik, ami nagyjából harmada a földi használatra készülő legjobb napelemek hatásfokának. Ebből nem feltétlenül következik, hogy árban ne lenne versenyképes az űrbeli naperőmű, hiszen a hazai példánál maradva a felszínen évente 2050 óra napsütés várható, míg a világűrben 8760. A napsütéses órák számát is figyelembe véve a világűrben elhelyezett naperőmű ~40%-kal több energiát tudna az elektromos hálózatba táplálni, mint ha a felszínen működne. Ehhez jön még hozzá az energiatermelés egyenletessége és kiszámíthatósága jelentette előny.

Alrendszer	Hatékonyság	Értékelés
Fotoelektromos átalakítás	0,3	javítható
DC-RF átalakítás	0,5	javítandó
RF átvitel	0,85	nehezen javítható
RF-DC átalakítás	0,7	javítható

1. táblázat Űrnaperőmű alrendszereinek hatásfoka

Ugyanakkor problémát jelent, hogy vákuumban a hulladékhőtől csak sugárzás formájában lehet megszabadulni. Minél magasabb egy felület hőmérséklete, annál nagyobb energiaáramot tud kisugározni adott nagyságú felület, a hőmérsékletet azonban korlátozza a hűtendő berendezések maximális üzemi hőmérséklete. A kisugározandó hulladékhő mennyiségét, illetve keletkezésének helyét az egyes alrendszerek hatásfoka határozza meg.

A napelemek az elnyelt napsugárzásnak csak ~30%-át hasznosítják, a fennmaradó 70% részben elnyelődik. A nem hasznosuló sugárzás a Stefan-Boltzmann törvény alapján akár 90 °C hőmérsékletre is melegítheti a paneleket, ha teljesen elnyelődik. A magas hőmérséklet azonban felgyorsítja a fotoelektromos cellák öregedését, tehát kerülendő. Ha sikerül elérni, hogy a hasznosítatlan résznek csak 50% nyelődjön el, akkor a hőmérséklet hozzávetőlegesen 30 °C-ra csökken. A napelemek hatásfoka növelhető, bár [13] által említett 60% meglehetősen ambiciózusnak célnak tűnik, még ha csak 2050-re is kellene elérni.

A napelemek által előállított egyenáram mikrohullámokká alakításának 50% körüli hatásfoka miatt nagy mennyiségű hőt kell kisugározni. Ha a felszínen 1 GW teljesítményt szeretnénk kapni, akkor a DC-RF átalakítás során 1,7 GW fog disszipálódni. Amennyiben az üzemi hőmérséklet ~100 °C, és a radiátor emisszivitása ~0,85, akkor a Stefan-Boltzmann törvény alapján a felülete a napelemek összfelületének az ötöde-negyede kell legyen. Egy ekkora radiátornak a tömege is tekintélyes, összemérhető a napelemekével (12 kg/m² felületi sűrűséggel számolva [15]). Látható, hogy a DC-RF átalakítás hatásfokán fontos lenne javítani.

Az egyenáramból előállított mikrohullámú sugárzást egy antenna sugározza ki a felszín felé, amelyet a földön egy másik antenna fog fel. Itt is lépnek fel veszteségek, ám ezek elsősorban

az elszökő sugárzás formájában jelentkeznek, és két okra vezethetők vissza. Egyrészt az előállított sugárzásból nyalábot kell formálni, másrészt a nyalábot 2” pontossággal kell a felszín meghatározott pontja felé irányítani [13]. A nyalábformálási veszteségek elfogadható szinten tarthatók az antennák megfelelő méretezésével, ám a nagy pontosságú nyalábvezérlés egy kilométeres tartományba eső antenna esetén jelenleg komoly műszaki kihívást jelent.

A mikrohullámok árammá alakítása már a felszínen történik, így a hatásfoka nem annyira kritikus, mint a fordított iránynak. Ha sikerül jelentősen javítani, az csökkenti a világűrbe juttatandó műhold méretét és tömegét, így olcsóbbá teheti a rendszer egészét. Mivel ez az alrendszer a felszínen található, egyszerűen hozzáférhető akár karbantartás, szervizelés, akár fejlesztés céljából. Ez lehetővé teszi a már megépült erőmű teljesítményének viszonylag olcsó emelését is a több évtizednyi működési idő alatt, amennyiben idő közben sikerül javítani az RF-DC átalakítás hatásfokát.

KÖLTSÉGEK

Mint korábban már említettük, a világűrbe telepített naperőművek műszaki megvalósíthatóságáról általános egyetértés van a tanulmányok között. Ahhoz, hogy ténylegesen is megépüljön egy űrbéli naperőmű, az is szükséges lenne, hogy költsége arányban álljon a teljes élettartam alatt megtermelhető energia mennyiségével. A költségek nagy része a szükséges fejlesztések, az űrbéli és földi rendszerek kiépítése, illetve az élettartam végén, a rendszer bontása során jelentkeznek.

A jelenleg a világűrbeli használatra tervezett napelemek ára igen magas, mintegy 500 $/W [16]. Ez természetesen részben a viszonylag kis gyártási mennyiségnek köszönhető. Egy naperőmű nagyságrendekkel nagyobb összfelületű napelemet igényel, mint egy átlagos évben pályára állított műholdak összes napeleme. A hatásfokokat figyelembe véve egy, a felszínen 1 GW elektromos áramot biztosító erőműhöz 11,2 GW napelem lenne szükséges. Belátható időn belül elérhetőnek tűnik a 250 $/W ár [16], de még így is 2800 milliárd $ lenne csak a napelemek költsége. Ahhoz, hogy versenyképes legyen a világűrbe telepített naperőmű, ezt az árat három nagyságrenddel kellene csökkenteni. Bár a gyártás megfelelő szintű felfuttatása csökkentené az egységárat, azonban önmagában nem képes biztosítani a szükséges árcsökkentést.

Alternatív megoldásként szóba jöhet a napelemek méretének csökkentése. Ez úgy lehetséges, ha a napsugárzást fókuszálva juttatjuk a felületükre. Ezzel a megoldással nem csak a napelemek költsége faragható le, hanem megfelelő kialakítású tükröket használva kiküszöbölhető a napelemek és az RF egység közötti mozgás is. A megnövelt teljesítménysűrűségnek ára is van, a napelemeknek aktív hűtésre lehet szükségük, illetve felgyorsul az öregedésük.

Az építés során a költségek másik nagy tétele az alkatrészek pályára állítása. Napjainkban egy évben általában 100-200 rakétát indítanak világszerte összesen, a földi infrastruktúra is ehhez a számhoz igazodik, ennyi indítást tud biztonságosan kiszolgálni. A rendszerben álló rakéták geostacionárius átmeneti pályára legfeljebb 15 tonnát tudnak eljuttatni. Egy erőműnek csak a napelemei lennének 37300 t össztömegűek, amennyiben a rövidtávon elérhető 300 W/kg teljesítménysűrűséggel számolunk [16], ami jelenlegi értéknek kétszerese. Ekkora tömeget mintegy 2500 indítással lehetne pályára állítani, indításonként ~100 millió $ körüli áron, amihez hozzájön még a RF alrendszer a méretes radiátoraival, illetve az 1 km körüli átmérőjű antennájával. Fókuszáló rendszerrel ez a tömeg jelentősen csökkenthető, ám számolni kell a tükrök tömegével is.

Ilyen rendszert körvonalaz [12] és [13]. Pl. [13] 2 GW földi teljesítményhez 1903 t napelemmel, 957 t tükörrel, és több mint 19000 t tömegű antennával számol, így érve el a ~23000 t teljes tömeget, mindehhez a 2050-re feltehetően rendelkezésre álló műszaki hátteret alkalmazva.

Tekintve, hogy a műhold tömegének igen nagy, konstrukciótól függően 30-80%-át az antenna adja, felmerült a mikrohullámok helyettesítése lézerrel létrehozott fénnyel. A lézeres energiaátvitel előnye, hogy kisebb tömegű berendezést igényel, ám a lézerek hatásfoka jelentősen elmarad a mikrohullámok létrehozásának a hatásfokától [17, 18], ami továbbnöveli a hűtésigényt. További probléma, hogy a fény a rövidebb hullámhossza miatt erősebben szóródik a légkörben, és ki van téve a felhők zavaró hatásának.

A pályára állítási költségek, illetve az indítások száma mérsékelhető, ha csak viszonylag alacsony pályára juttatja fel a rakéta az erőmű alkatrészeit. A végleges, geostacionárius pálya elérése olcsóbb elektromos hajtóművek használatával. A jelenleg gyártott rakéták alacsony föld körüli pályára < 30 t terhet tudnak eljuttatni, azaz így is ezres nagyságrendű indításra lenne szükség. Megoldást az új, a jelenlegieknél nagyságrenddel alacsonyabb fajlagos költségű, illetve nagyobb teljesítményű óriásrakéták kifejlesztése jelenthet, és a földi infrastruktúra fejlesztése sem kerülhető el.

ÖSSZEFOGLALÁS

Idén 50 éve jelent meg Peter Glaser munkája, amelyben elsőként veti fel naperőművek világűrbe telepítésének lehetőségét. Jelen tanulmányban megvizsgáltuk az elképzelés megvalósíthatóságát az eltelt évtizedek tudományos-műszaki fejlődésének tükrében, és igyekeztünk beazonosítani a további fejlesztéseket igénylő pontokat.

Azt találtuk, hogy a napenergia viszonylag kis fluxusa miatt olyan nagy kiterjedésű berendezésekre van szűkség, amelyek mellett az eddig épített legnagyobb mesterséges égitest, az ISS is eltörpül. Ez már önmagában is komoly műszaki kihívást jelent. A négyzetkilométerekben mérhető napelemeket mozgatni is kell, hogy mindig a Nap felé forduljanak, ami tovább bonyolítja a helyzetet, és nehezíti az energiát a felszín felé továbbító alrendszer táplálását.

Szintén tekintélyes kiterjedése miatt okoznak nehézséget a berendezések hűtéséhez szükséges radiátorok. Teljes felületük, illetve tömegük összemérhető a napelemekével. A radiátorok méretének csökkentéséhez javítani kell az áram sugárzássá történő átalakításának hatásfokát. Ez mellékesen csökkentené a napelemek méretét is, változatlan felszíni teljesítmény mellett.

Ha a felszín felé mikrohullámokkal történik az energia továbbítása, akkor kilométeres tartományba eső antennát kell a napelemekhez csatlakoztatni. Egy ekkora antenna tömege a műhold többi részének akár többszöröse is lehet. Felmerült a mikrohullámok helyett lézer használata, ám a lézerek kisebb hatásfoka miatt ez a radiátorok további növekedésével járna, és számolni kellene az időjárási jelenségek zavaró hatásaival is.

Költségek tekintetében két komoly tétel azonosítható. Az első a napelemek ára, ami jelenleg már önmagában is ellehetetleníti a koncepciót. Ez az ár csökkenthető a termelés felfuttatásával. További költségcsökkenést lehet elérni, ha fókuszálva vetítjük a napfényt a napelemekre. Utóbbi esetben ki lehet küszöbölni a napelemek és az antenna közötti mozgást is, megfelelően elrendezett tükrök segítségével.

A másik nagy költséget jelentő tétel az erőmű pályára állítása. Ehhez a jelenleginél nagyságrenddel alacsonyabb fajlagos költségű, és nagyobb teljesítményű rakétákra lenne szükség.

A világűrbe telepített naperőművek megvalósítása előtt nem látszik elvi akadály, csupán olyan technikai problémák, amelyekre a következő 30–50 évben meg lehet találni a megoldást. Hogy lesz-e és ha igen, mikor űrnaperőmű, az a felsorolt problémák megoldásán túl azon is múlik, hogy milyen tempóban fejlődik például az energiatárolás technikája. Amennyiben sikerül kidolgozni nagy hatásfokú és költséghatékony tárolási módszereket, akkor a felszíni nap- és szélerőművek kiválthatnak lényegében minden más energiatermelési módszert, köztük az űrnaperőműveket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] https://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_ido-jarasa/main.php?ful=napfenytartam

[2] Békési Bertold: A repülőszerkezetek műszaki karbantartása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/3, pp. 93–104.

[3] P. E. Glaser: Power from the sun: its future. Science, 1968/162, pp. 857-861.

[4] Committee for the Assessment of NASA's Space Solar Power Investment Strategy, Aeronautics and Space Engineering Board, National Research Council, Laying the Foundation For Space Solar Power: An Assessment of NASA's Space Solar Power Investment Strategy. National Ational Academy Press, Washington, D.C, 2001

[5] J.D. Rouge: Space-based solar power: as an opportunity for strategic security. National Security Space Office, 2007

[6] URSI inter-commission working group on SPS, URSI white paper on solar power satellite (SPS) systems and report of the URSI inter-commission working group on SPS, URSI, 2007

[7] N. Shinohara: Wireless Power Transfer via Radiowaves (Wave Series). ISTE Publishing and John Wiley & Sons, Inc., Great Britain and United States, 2014

[8] J.C. Mankins: New directions for space solar power. Acta Astronautica, 2009/65, pp. 146–156.

[9] S. Sasaki, K. Tanaka, S. Kawasaki, N. Shinohara, K. Higuchi, N. Okuizumi, K. Senda, K. Ishimura: The USEF SSPS study team, conceptual study of SSPS demonstration experiment. Radio Sci. Bull. 2004/310 pp. 9–14.

[10] S. Sasaki, K. Tanaka, K. Higuchi, N. Okulzumi, S. Kawasaki, N. Shinohara, K. Sendac, K. Ishimurad: A new concept of solar power satellite: tethered-SPS. Acta Astronaut. 2006/60 pp. 153–165.

[11] X.L. Meng, X.L. Xia, C. Sun, G.L. Dai: Optimal design of symmetrical two-stage flat reflected concentrator. Sol. Energy 2013/93 pp. 334–344.

[12] J.C. Mankins: The Case for Space Solar Power. first ed. Virginia Edition Publishing, Houston, 2014

[13] J.C. Mankins: SPS-ALPHA: the first practical solar power satellite via arbitrarily large phased array. Artemis Innovation Management Solutions LLC, September 2012.

[14] Yang Yang, Aiqun Zhang, Baoyan Duan, Dongxu Wang, Xun Li: A novel design projekt for space solar power station (SSPS-OMEGA). Acta Astronautica, 2016/121, pp. 51-58

[15] International Space Station, Wikipedia The Free Encyclopedia, e-dok. url: https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station

[16] Spacecraft thermal control, Wikipedia The Free Encyclopedia, e-dok. url: https://en.wikipedia.org/wiki/Spacecraft_thermal_control

[17] P. Beauchamp, R. Ewell, E. Brandon, R. Surampudi: Solar Power and Energy Storage for Planetary Missions url: https://www.lpi.usra.edu/opag/meetings/aug2015/presentations/day-2/11_beauchamp.pdf

[18] E. Hoffert, P. Soukup, M. Hofert: Power beaming for space-based electricity on Earth: Near-term experiments with radars, lasers and satellites. ESA Special Publication, 2004/567, pp. 195-201

[19] R. M. Dickinson: Evaluation of a Microwave High Power Reception Conversion Array for Wireless Power Transmission. Tech. Memo. 33-741, Jet Propulsion Lab. Pasadena, 1975

SPACE SOLAR POWER SYSTEMS

This year, Peter Glaser's work has published 50 years ago, in which he first puts the possibility of installing solar power plants into space. In this paper, we examine the feasibility of the idea in the light of the scientific and technical development of the past decades and we have tried to identify the points requiring further development. Implementation is made difficult by collecting solar energy from several square kilometers of surface, and this surface should always turn to the sun. In addition to the problem with the large dimensions, there is also a serious problem in the discharge of the dissipating energy in the vacuum. In the field of costs, with the high price of space-used-solar cells and the cost of launch vehicles is the main obstacles to implementation today.

Keywords: *solar power, microwave power transmission, satellites*

Nagy Imre (PhD)	Imre Nagy (PhD)
Egyetemi adjunktus	Associate professor
Nemzeti Közszolgálati Egyetem	National University of Public Service
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	Faculty of Military Science and Officer Training
Katonai Logisztikai Intézet	Institute of Military Logistics
Természettudományi Tanszék	Department of Natural Sciences
nagy.imre@uni-nke.hu	nagy.imre@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0545-4381	orcid.org/0000-0002-0545-4381

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-06-0455_Nagy_Imre.pdf

Leskó György

MISKOLCI 1944 ÉVI BOMBÁZÁSOK ÁLTAL OKOZOTT KÁROK, A MENTÉS ÉS A HELYREÁLLÍTÁS FELADATAI, TAPASZTALATAI

A szerző bemutatja hazánk légoltalmi rendszerének alaprendeltetését, szervezeti kialakítását, irányításának, működésének rendjét és ismerteti, hogy Miskolc városában hogyan valósult meg a háborúra történő felkészülés keretében, a légvédelem, valamint a lakosság és az anyagi javak védelme. Átfogó képet ad a várost ért angol-amerikai légitámadások eseményeiről és azok hatásairól. Ismerteti a támadást végrehajtó erőket, az alkalmazott repülőgépek és bombák alapvető műszaki adatait. Bemutatja a bombázások által okozott károkat, a mentés és a helyreállítás során végrehajtott feladatokat. Következtetéseket von le a háborús időszaki mentési és helyreállítási feladatok és a védelmi időszakok rendszerszemléletű összefüggéseiből, valamint a hagyományos és az informatikai alapú tervezés sajátosságaiból. A szerző ajánlásokat tesz a mai védelmi szakemberek számára a háborús tapasztalatok napjainkban történő felhasználására, hasznosítására.

Kulcsszavak: háborús károk, környezeti hatások, újjáépítés, rehabilitáció,

BEVEZETÉS

Méltán vallom magaménak a múlt század egyik nagy humanistájának feljegyzését, hogy „A nagy Miskolc pedig a nemzeti jövő egyik legfontosabb kincse lesz" (Móricz Zsigmond) [1]. Amikor ezeket a sorokat írta, még nem sejtette, hogy az általa kedvelt város az 1944 évi bombatámadások és harccselekmények során fogja történelmének legnagyobb kárait és veszteségeit, elszenvedni. Felmerül a kérdés, hogy az akkori háborús események mit közvetítenek a mai kor számára, felhasználhatók e, az akkori védekezési elvek és gyakorlati megoldások tapasztalatai napjainkban is, a lakosság és környezetünk védelme területén, vagy a védelmi tervezés során. A jelen kor háborús cselekményeinek környezetre gyakorolt hatása, a károk felmérése, felszámolása, valamint a védelem tervezése napjainkban is fontos kérdés, megoldandó feladat. Ezek végrehajtásához, fejlesztéséhez nemcsak a közelmúlt, hanem az időben távol lévő események tapasztalatai is felhasználhatók a fegyveres közdelemmel összefüggésben a lakosság és az anyagi javak védelme területén, valamint a katasztrófák által okozott károk helyreállításával kapcsolatban.

A MAGYAR LÉGOLTALOM KIALAKULÁSA, MŰKÖDÉSI RENDJE, MISKOLC VÁROS LÉGITÁMADÁSOK ELLENI VÉDELMÉNEK KIALAKÍTÁSA

Az első világháborút alapvetően a kiterjedt harcterek, merev lövészárok harcok jellemezték. A háború végén megjelenő új haditechnikai eszközök (repülőgép, harckocsi) és új harceljárások, küldetésorientált vezetés taktika, (Auftrag Taktik) [1] előrevetítették a harci cselekmények közvetlen kiterjesztését a lakosságra. Ezt a veszélyt a repülőgépek gyors fejlődésével párhuzamosan megjelenő a „korlátlan légi háborúk" elméleteit kidolgozó katonai stratégák (Douhet, Trenchard, Mitchell,) is

[1] A küldetés orientált katonai vezetés, alapja konkrét cél meghatározása (feltételek biztosítása), a kölcsönös bizalom (elkötelezettség); a felelősség vállalása, elfogadása és a cselekvés szabadsága.

valószínűsítették. Douhet [2] szerint a légitámadások fő célja a légi uralom megszerzése, az ellenség gazdasági, politikai, katonai potenciáljának, infrastruktúrájának szétzúzása, a lakosság, elsősorban a termelő, irányító rétegek erkölcsi ellenálló képességének megtörése [2]. Ezen elmélet szerint a légitámadások elleni védelemnek két fő területe lesz, a légvédelem és a légoltalom.

A magyar légoltalom kialakulása, működési rendje

Magyarországon is ez az elmélet határozta meg a légi háborúra történő felkészülést, valamint ennek figyelembe vételével épült ki a hazai légvédelem és a légoltalom rendszere. Az aktív légvédelmet a légvédelem katonai szervezetei, a légelhárító eszközei, a légvédelmi tüzérség és a vadászrepülő alakulatok, alkották, a passzív légvédelmet a katonai irányítás alatt álló hatósági légoltalom és a polgári lakosságra épült, a társadalmi légoltalmat megvalósító Légoltalmi Liga szervezetei és eszközrendszerei alkották. A védekezés megszervezése, társadalmasítása, a tervezés során alapos körültekintést, az ország lakossága részéről pedig magas fokú elkötelezettséget és felkészültséget igényelt.

A második világháborúban eltűnt a különbség a hadszíntér és hátország közt, mert a repülők hatáskörzetében lévő minden egyes település és város a légitámadások célpontjává válhatott. Ezért a háborúra történő felkészülés keretében létfontosságú feladat lett a hazai légoltalom megszervezése és a működési feltételeinek kialakítása, biztosítása. Magyarországon a légoltalom a kor színvonalát tükrözve, a német és az olasz mintát követve, de saját elképzelést megvalósítva alakult ki, mert a hatósági és a társadalmi légoltalmi szervezeteket közös, integrált rendszerben hozták létre. Ezzel kapcsolatban az első jogszabály a légvédelemről szóló 1935. XII. törvénycikk [3], valamint annak az 1936. évi 17.176. számú végrehajtási rendelete [4] volt, amelyek kötelezettségeket fogalmaztak meg az állampolgárok számára. A légvédelem feladata volt a légitámadások megakadályozása, illetve megnehezítése, a légoltalom pedig légitámadások során a lakosságot és az anyagi javakat fenyegető káros hatások csökkentése érdekében védelmi intézkedések előkészítéséért, a védelem megszervezéséért, a lakosság és a végrehajtó szervezetek védelmi felkészítéséért volt felelős [3].

A Légoltalom kiépítésének és megvalósításának két fő iránya volt, amelyeknek legfőbb jellemzőit Kozák Attila és dr. Hornyacsek Júlia közös tanulmányukban dolgozták fel [5]. Az egyik irány a hatósági légoltalom, amelyet a különböző országok közigazgatásai felépítésüknek megfelelően, központilag szerveztek meg és állami feladatként a hatóságok irányították. A hatósági légoltalom kialakítása és fenntartása sok más szervezettel együttműködve alapvetően kötelező állami feladat rendszer volt. A másik irányt a lakosság, a társadalom önkéntességére épített védelmi szervezetek alkották, amelyek a Légoltalmi Liga rendszerébe működtek. E kettős irányultság évtizedeken át és egészen napjainkig is jellemző legtöbb ország polgári védelmére. A légoltalom tevékenységének irányítását egy kézben, a Honvédelmi Minisztérium VI. Légoltalmi Csoportfőnök (két osztálya, a 35. és 36.) kezében összpontosították. A Légoltalmi Liga, mint társadalmi szervezet, (egyesület) a belügyminiszter hatáskörébe tartozott, de szakmai felügyeletét a honvédelmi miniszter gyakorolta. A hatósági légoltalom hatásköre kiterjedt a légitámadások pusztító hatásait csökkenteni képes létesítmények (óvóhelyek) építésére, üzemeltetésére, egyéni védő eszközök,

[2] DOUHET, Giulio, (1869 1930) olasz tábornok, kezdetben tüzértiszt, később léghajós osztagparancsnok majd a légierő parancsnoka. Elveit a „Légi uralom” (1921), a „Légi háború” (1927) műveiben írta le.

egészségügyi, műszaki, tűzoltó felszerelések meglétére, az építési, tűzvédelmi szabályok, előírások érvényre juttatására, a légoltalmi segélyosztagok megszervezésére, felszerelésére és kiképzésére, valamint a lakosság riasztására. Ezek közül kiemelt jelentősége volt a lakossági óvóhelyek építési feladatainak, ahogy Györök László és dr. Tóth Rudolf [6] ezzel kapcsolatos közös cikkükben is megírták, a totális légitámadások és tüzérségi lövedékek pusztító hatásai ellen ezek a létesítmények nyújtottak menedéket és képezték az óvóhelyi védelem alapját.

A Légoltalmi Liga alapfeladata volt a propaganda és általános légoltalmi feladatokkal kapcsolatos felkészítés, az önvédelmi szervezetek megalakítása, kiképzése, működési feltételek megteremtése, védelmi házcsoportok kijelölése és a házparancsnokok kinevezése, közreműködés a szükségóvóhelyek kijelölésében, építésében, a lakossági védelmi felkészülés ellenőrzése, valamint a légoltalmi tansegédletek, gázálarcok és egyéb felszerelések terjesztése.

Miskolc város légitámadások elleni védelmének megszervezése, kialakítása

A honi légvédelem megszervezése, irányítása a honvédelmi miniszter hatáskörébe tartozott, aki az Országos Légvédelmi Parancsnokság útján gyakorolta az ezzel kapcsolatos hatás és jogkörét.

A város légvédelmének kialakítása

Miskolc hadipari és katona város volt, emellett jelentős közlekedési csomópontokkal rendelkezett, ezért katonai célponttá vált. Miskolc, hadiipara miatt, azon városok közzé tartozott, amelyet külön légvédelmi tüzérség is védett. Kivételes helyzetét mutatja, hogy országos viszonylatban a második legnagyobb lövegszámú légvédelmi tüzércsoportosítás védte Diósgyőrt [9]. A Miskolci Légvédelmi Tüzércsoport állományában három 29 M típusú löveggel felszerelt üteg települt a gyárak környékén lévő magaslatokra. A tüzércsoport ágyúit a svéd Bofors[3] cég licence alapján sorozatban a MÁVAG Diósgyőri gyárában gyártották és kiváló tulajdonságokkal rendelkeztek, egyaránt lehetett alkalmazni mind a légi, mind a földi célok ellen [10]. Az ágyuk tűzvezetését a Gamma–Juhász lőelemképző[4] biztosította.

A vizsgált időszakban a magyar „honi vadász légvédelem” teljes rendszerével integrálódott a német légvédelmi rendszerbe, német vezetés alá került, a honi vadászrepülő alakulatok a területileg illetékes, Bécsbe települt, német 8. Vadászrepülőhadosztály alárendeltségében működtek. A jól működő német lokátor rendszerbe való bekapcsolódás révén, lehetővé vált a támadások korai előrejelzése, ezért a veszteségek jelentősen csökkentek. A magyar vadászerő egyetlen légvédelmi alakulata a honi 101. Vadászrepülőosztály volt, alkalmazása főként a teljes magyar légtérben történt, így Miskolc védelmére nem mindig sikerült megfelelő vadászerőt biztosítani. A honi légtérben szinte minden nap német repülőgépek is tartózkodtak, ezért több esetben, Miskolc védelmében német vadászrepülők is részt vettek, vagy azok bevetésével történt meg [13].

[3] Svéd ipari vállalat. Karlskoga-ban található. Elődje a „Boofors” vízikerék hajtású kovács manufaktúra, amelyet királyi állami tulajdonú társaságként alapítottak 1646-ban.1873 óta részvénytársaságként működik [11]

[4] Juhász István mérnök tervei alapján a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Rt. gyártott elektromechanikus irányzó-berendezés, célszámítógép volt, amely a repülőgép irányából, magasságából és sebességéből, illetve a légvédelmi ágyú paramétereiből automatikusan kiszámította azt a találati pontot, amelynek alapján beállíthatták a légvédelmi lövegeket és a lövedékek gyújtó-szerkezetét [12]

A város légoltalmának szervezeti kialakítása, működési formái, védelmi képessége

A háborúra történő felkészülés keretében Miskolcon is kiépült a hatósági légoltalom rendszere létrejöttek a Légoltalmi Liga városi szervezetei keretei és dr. vitéz Görgey László „Elnök" vezetésével 1938-ban már eredményesen működtek a liga szervezetei [14].

A Honvédelmi Minisztérium irányítása alá tartozó hatósági légoltalom volt felelős a városban a működő posták, a vasútvonalak, a Diósgyőri Vas és Acélgyár, (az Ó gyár), a Magyar Állami Vas- és Acél- és Gépgyár (MÁVAG) ágyúgyár, (közismert néven Újgyár) üzemeinek légoltalmáért. Akkor a város három eltérő közigazgatási egységgel rendelkezett, a miskolci városival, a diósgyőri nagyközségivel és gyári telep közigazgatási egységével, amelyek részt vettek a hatósági légoltalom feladatainak szervezésében, a feladatok végrehajtásának koordinálásában. A riasztást, a vezetés támogatását a Miskolcon működő VII. Kerületi Légvédelmi Központ (KERLÉKÖZ) és alárendeltségében lévő figyelő- és jelentőrendszer biztosította [8]. A hatósági légoltalom látta el a *Megelőző szolgálati*, a *Kárelhárító és mentő-szolgálati* és a *Segédszolgálati* védelmi feladatokat.

1938 és 1944 közt elkészültek a légoltalmi védelmi, mozgósítási, és kiürítési tervek, megkezdődött a kiképzés és jelentős óvóhely építés történt. A Liga szervezésében a lakóházakban önvédelmi légoltalmi szolgálatok jöttek létre, a lakossági épületek alatt és nyílt területeken szükség óvóhelyek kerültek kialakításra. Továbbá, a vasútállomások és a város forgalmas központjainak környezetében korszerű lakossági, az üzemekben a dolgozói létszámnak megfelelő, BGS üzemi óvóhelyek épültek, valamint a meglévő pincék és tárók megerősítésre kerültek. Felállításra kerültek a légoltalmi segédosztagok, amelyek alaprendeltetése volt, hogy a bombatámadásokkal kapcsolatos mentés során nyújtsanak segítséget a hivatásos mentőszervezeteknek, (rendőrség, tűzoltóság, mentőszolgálatok, légoltalom katonai szervezetei stb.), valamint a feladatrendszerükbe tartozó légoltalommal összefüggő feladatok önálló végzése. A segédosztagok segédrendőrökből, segédtűzoltókból, gázvédelmi, egészségügyi, légoltalmi figyelő és légoltalmi riasztó, elsötétítő, és műszaki helyreállító (légoltalmi munkaszolgálatos) képzettségű férfiakból és nőkből kerültek megalakításra. Miskolcon kettő, Diósgyőrben egy segédosztag állt készenlétben, amelyek szükség esetén kiegészültek a két nagyüzem, a bányák és a vasút ipari légoltalmi szolgálat egységeivel.

1. ábra Légoltalmi Liga Elsősegélynyújtó Vöröskereszt tanfolyam [15]

Német háborús tapasztalatok alapján, a társadalmi erőkből létrehozott légoltalmi szervezetek sok esetben hiányos felszereltségük és felkészültségük miatt, nem tudták a feladataikat megfelelő színvonalon és minőségben ellátni, ezért Miskolc Légoltalmi kerületében is felállításra és felszerelésre került egy katonai légoltalmi zászlóalj, amely három, egy tűzoltó és két műszakimentő századból állt. A jól kiképzett és technikailag jól felszerelt katonai légoltalmi alakulatok alapvető feladata a légitámadások utáni kárfelszámolás végrehajtása volt, amelyhez megfelelő technikai felszereltséggel rendelkeztek. (Gépkocsikra szerelt nagy teljesítményű tűzoltófecskendők, létrás gépkocsik, légsűrítő kompresszorok, légkalapácsok, fúrók, motoros láncfűrészek, csörlők, lángvágók, robbantó felszerelések, világító berendezések stb.) Továbbá, fontos egészen máig tartó feladat volt, az elhagyott, fel nem robbant, robbanó testek, felkutatása és megsemmisítése is. A német tapasztalatok átvételével kerültek felállításra, kiképzésre és felszerelésre Légoltalmi tűzszerész járőr szolgálatok, melyek közül egy a város légoltalmi rendszerében végezte tűzszerészi feladatait [16].

Az 1944. ÉVI MISKOLC ELLEN LÉGITÁMADÁSOK CÉLJA, ESZKÖZEI, A VÉGREHAJTÁS KÖVETKEZMÉNYEI

A légi háború kiterjesztését hazánkra a 1942 43 évi szövetséges győzelmek alapozták meg, mert a szövetségesek háborús térnyerésének következtében lehetővé váltak a Közép-Európa elleni légi műveletek, így a magyarországi célpontok is a szövetséges nehézbombázók hatósugarába kerültek.

A légitámadások célja, eszközei

1944 tavaszától elkezdődtek a Magyarország elleni légitámadások, melynek célja, a repülőgépipar, a kőolajipar, az üzemanyaggyártás, a közúti és vasúti közlekedési rendszer szétzúzása volt [18]. A támadások során alkalmazott „szövetséges légi doktrínát” 1941-ben, a Washingtonban tartott Arcadia konferencia[5] keretében kidolgozott győzelmi program, AWPD-42[6] hadműveleti tervezési okmányban határozták meg, ami a háború során alapvetően nem változott. A Miskolcot ért tömeges légitámadásokat nappali bombázás keretében, a Dél-Olaszországban állomásozó amerikai 15. Légi Hadsereg (15. AAF)[7] hajtotta végre.

A légitámadások során alkalmazott szabad esésű bombák [26] három fő típusa különböztethető meg, *a romboló*, a *repesz*, és *gyújtó bombák*, amelyeket pillanathatású, vagy késleltetett, gyújtószerkezetekkel láttak el. Voltak egyéb cél szabad esésű bombák, például *világító, cél kijelölő*, bombák is. A bombák jelölése tartalmazta azok fontosabb adatait, a *tömegét fontban* (pl.: 100, 250, 300, 500, 1000, 2000, 4000 LB) és *típusát* (DEMO romboló, FRAG repesz, INC gyújtó,

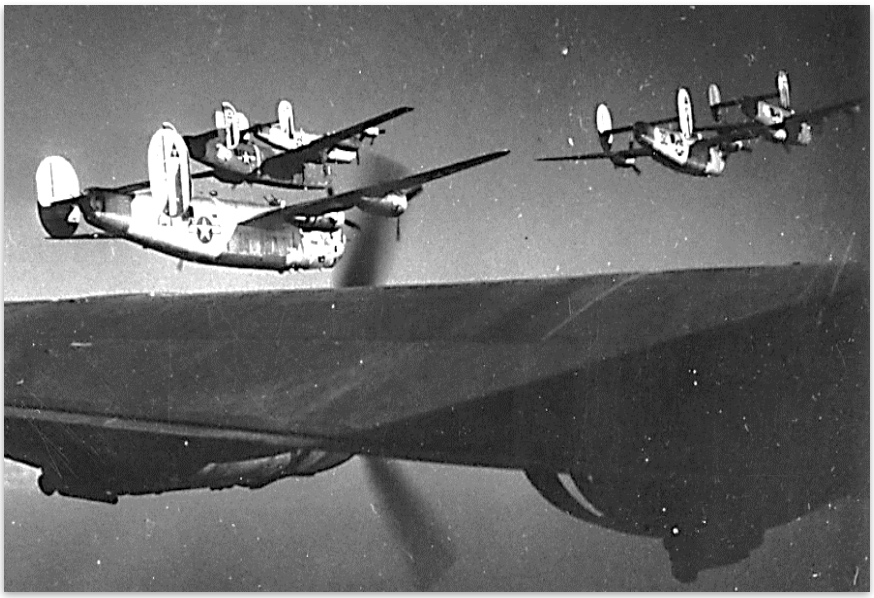
[5] Az Arcadia fedőnevű Washingtoni konferencia (1941-1942): Az angolszász hatalmak közös stratégiai elveit meghatározó értekezlet. Az Egyesült Államok USA és Nagy Britannia részvételével zajlott 1941.dec.22–1942.jan.14. között [20].

[6] Az APWD Légi Háborús Tervező Részleg („Air War Plans Division”) 1941 júliusában jött létre. Feladata a „légi hadviselési doktrína” megalkotása volt. Az AWPD-1 jelű dokumentum háború légi stratégiájának alapvetéseit, fő kérdései tartalmazta. Módosított változata elkészítésénél az AWPD-42 felhasználták a folyó háború első nyolc hónapjának a legfontosabb tapasztalatait. Ez legfőbb szövetséges „légi hadviselési doktrína” maradt a háború végéig [20].

[7] A 15. AAF állománya 1944-ben öt bombázóezred (wing), összesen 32 bombázó osztály (group), 120 század (squadron) volt. Egy században 6–9 darab, egyenként 5–7 t bombateher szállítására alkalmas nehéz bombázó repülőgéppel. Zömmel Consolidated B-24 Liberator típusú gépek voltak rendszeresítve [21].

TM célkijelölő). A magyarországi célpontokat leggyakrabban DEMO 500LB és DEMO 1000LB bombákkal támadták a szövetséges légierő repülőgépei.

A Miskolc elleni légitámadások repülő eszközeinek típusát és főbb adatait a 2. ábra és az 1. táblázat mutatja.



2. ábra B-24 Liberator repülő kötelékben [19]

Repülőgép típus	**Személyzet** (fő)	**Hatótávolság** (km)	**Repülési magassága** (m)	**Repülési sebessége** (km/h)	**Fegyverzet**	**Bombateher** (kg)
Boeing B17 Flying Fortress [22]	10	2962	11400	482	13 db 12,7 mm géppuska	7850
Consolidated B24 Liberator [23]	12	3360	8550	480	10 db 12,7 mm géppuska	5450
Handley Page Halifax [24]	7	2030	7315	501	9 db 7,7 mm géppuska	5890
Vickers Wellington [25]	6	4106	5490	378	6 db 7,7 mm géppuska	2040

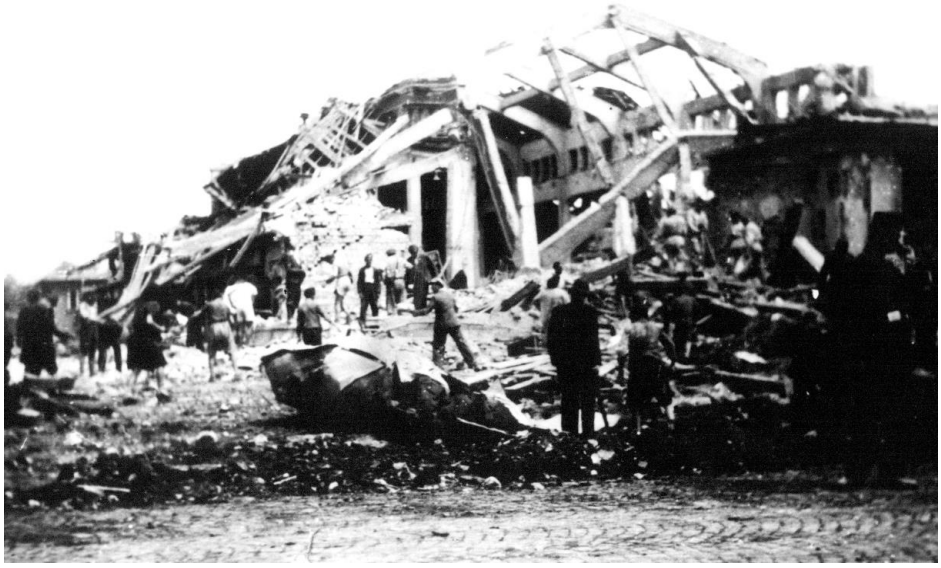
1. táblázat Az amerikai és a brit légierő által Miskolc ellen bevetett bombázó repülőgépek

A Miskolc elleni légitámadások és azok következménye

1944. június 02.

Az 1944. június 2-ai Miskolc elleni légitámadás az „Operation Frantic Joe" hadművelet [8] keretében történt, amelynek célja a Közép-Európa vasúti hálózat szétzúzása volt, hogy elvágják a romániai olajtól nagyban függő Németország utánpótlási vonalait és megakadályozzák az esetleges átcsoportosításokat a Overlord [9] hadművelet ellen.

Miskolcot ért támadást az amerikai 304. bombázó ezred 3 százada 3 hullámban hajtotta végre, 100 darab B–24 Liberatorral.[10] alakzatban. A gépeket olasz támaszpontról, a Cerignola repülőtérről indultak és körülbelül 200 t. robbanóanyagot (romboló-, illetve gyújtóbombát) dobtak le a Tiszai pályaudvartól a piactérig terjedő sávban.



3.ábra A Vásárcsarnok pusztulása az 1944 június 2-ai bombázás során [27]

Az akkori légoltalmi jelentés alapján a bombázás 9 óra 10 perckor kezdődött, a kötelék kissé elcsúszva, egészen a Búza piactérig vetette le a bomba szőnyeget. A tiszai pályaudvart, a rendező-pályaudvart és környékét nagyon súlyos károk érték. 170 lakóház megsemmisült és mintegy 600 fő megsérült. Telitalálatot kapott a gyalogsági, a tüzér és a huszár laktanya, a villanytelep, a Berva Malom, a Miskolci Kavicskotró Kft. Megrongálódott a Szilágyi és Diskent Motor és Gépgyár (3 hét termelés kiesés), valamint Hercz Jenő Gépgyára és Vasöntödéje. A támadás során megsebesült 420 fő és meghalt 177 polgári lakos, valamint 29 katona [28].

1944. augusztus 22.

1944. augusztus 22-én éjszaka a brit 205. Bombázócsoport légitámadását élte át a város, amelyben ismét a pályaudvar volt a célpont, de a júniusihoz képest elenyésző károkat okoztak a támadók. A légoltalmi szirénák este 10:43-kor szólaltak meg, a bombázók világító ejtő-lőszer

[8] Frantic Joe hadművelet a normandiai partraszállás előkészítéseként, a Kelet-Nyugat irányú vasúti összeköttetés megbénítását célozta.
[9] Légi tengeri szárazföldi és légideszant partraszállási művelet Normandia 1944
[10] A bombázók, hogy a veszteségeket minimalizálják, egy ún. „fő harci alakzatban" (bomberbulk combat box) repültek. Ezt minimum két-század alkotta, 250 m magassági tagozódással. Így a bombázók géppuskái össztüzet zúdíthattak a támadó vadászokra.

alkalmazásával próbálták azonosítani a célpontokat, de az aktív légvédelem zavarása miatt a bombák jelentős része városkörnyék lakatlan területeire és az akkor önálló településekre, Görömbölyre és Miskolc-Tapolcára, hullott.

1944. augusztus 28.

A támadás során 97 bombázóval támadták a Tiszai pályaudvart és a rendező pályaudvart. Ezúttal pontosabban céloztak és a célterület szinte teljesen megsemmisült, nagy károk keletkeztek a vasúti berendezésekben és elpusztult 190 vagon.

4. ábra Miskolc, 1944. augusztus 28.-ai bombázását értékelő légi fotó [29]

A bevetési jelentés szerint, hatástalan légvédelmi tűz mellett, vadásztámadás nélkül, jó látási viszonyok mellett támadták a célpontot [17]. A város belterületén és a vasút nyomvonala, valamint az Avas hegy közti területen is voltak károk.

5. ábra 1944 augusztus 28. bombázás, Miskolc Rendező pályaudvar [30]

A romániai átállás miatt, később a vasúti pályaudvarok és csomópontok célpontként nem lettek megjelölve és ellenük légitámadás nem történt.

1944. szeptember 13.

Egy kilencnapos támadás sorozat keretében, most Diósgyőrt érte a támadás azzal a céllal, hogy elpusztítsák a gyárat és csökkentség annak hadiipari termelését A támadást az amerikai 8. Légi Hadsereg egységei hajtották végre úgy, hogy az angliai bázis repülőtereiről felszállva bombázták a Chemnitzi fegyvergyárat, majd a Poltava szovjet repülőtéren leszállva a gépeket újra feltöltve és felfegyverezve, észak-keleti irányból bombázták Diósgyőrt és egy Dél-Itáliai reptéren szálltak le. A támadást 73 darab B-17 bombázó, 63 P51 vadászgép kíséretében hajtotta végre, amely 44 halálos áldozatot követelt. A célmegjelölő füstjelzés a talaj menti szél hatása miatt a Tatárdomb felé elcsúszott, így károk csökkentek. A diósgyőri gyárakat ekkor érte az első légitámadás, mintegy 700 db bomba hullott a gyárra.

Összességében megállapítható, hogy az alkalmazott repülő gép típusok terhelhetőségét és a bevetett számukat tekintve a pusztítások nem érték el a kívánt hatást. Annak ellenére, hogy a légvédelem nem tudott veszteséget okozni a támadóknak, de a légvédelmi tűz miatti, nagy vetési magasság egyrészt pontatlanná tette a támadást, másrészt nagyobb mélységbe fúródtak be a bombák és ezáltal hatásuk csökkent. A passzív légoltalmi intézkedések és a kiépített óvóhelyek egyértelműen segítetek a túlélést. Az események vizsgálata azt mutatja, hogy az első légitámadás keltette sokk (addig nem tapasztalt károk, rombolás, sérültek és áldozatok) nagyobb hatékonyságra sarkalták az aktív légvédelmet és a mentő erőket, amit későbbi légitámadások kisebb veszteségei is bizonyítanak.

LÉGITÁMADÁSOK KÖVETKEZMÉNYEINEK FELSZÁMOLÁSA, A HELYREÁLLÍTÁS (REHABILITÁCIÓ) FELADATOK VÉGREHAJTÁSÁNAK EREDMÉNYEI

A Légoltalom egyik kiemelt feladat volt, a légiriadó elrendelése után, a lakosság riasztása és az óvóhelyekre vonulás irányítása, az óvóhelyi védelem biztosítása, valamint légiriadó után a mentési munkák megkezdése [34]. A támadás végét és a veszély elmúltát a légoltalmi figyelők és a légvédelmi tüzérség jelzése alapján rendelték el és ezt követően kezdődtek meg a mentési munkák.

A mentési feladatok sorrendje, a végrehajtás tapasztalatai

A mentési munkák a *kárterület felderítésével* kezdődött és a kárfelmérők (felderítők) együtt indultak az azonnali feladatok végrehajtására kijelölt mentőkkel, mentőszervezetekkel és a tűzoltókkal. Megkezdődött a *kiterjedt tüzek oltása a sérültek összegyűjtése, elsősegélybe részesítése* és *elszállítása*. A légoltalmi jelentések alapján megállapítható volt, hogy a támadások következtében kialakult nagykiterjedésű kárterületeken nem minden esetben volt elegendő a rendelkezésre álló erők és eszközök mennyisége [35]. Az események azt mutatták, hogy a gondos tervezés ellenére sem lehetett a mentést mindig nagy biztonsággal megszervezni, ehhez szükség volt az adott terület erőforrásainak ismeretére és azok felhasználásával kapcsolatos kreatív, gyors döntésre. A tűzoltáshoz sorra érkeztek a környék településeinek önkéntes tűzoltói és a tűzoltást nagyban segítették a Sajó folyón és a Szinva, Hejő, Pece, Pereces,Lyukó patakokon

visszaduzzasztással működő tűzi-víz tározók (medencék) [36]. A tűzoltás után és sérültek ellátását és elhelyezését követően az alábbi mentési feladatok kerültek végrehajtásra:

- a kárterületen fel nem robbant bombák és lőszerek hatástalanítása;
- a kárterületen rekedt emberek kimenekítése, átmeneti elhelyezése, ellátása;
- a légitámadás következtében a romokkal betakart óvóhelyek feltárás, a bent rekedt, személyek kimentés, vagy szükség esetén a feltárás után, az életfeltételeinek biztosítása. (Levegővel, vízzel és élelemmel történő ellátása);
- a romok alá temetett személyek felkutatása és kimentése, a halottak eltávolítása;
- a további károk csökkentése érdekében a közművek elzárás, a közműhálózatok sérüléseinek feltárás;
- a káros hatások miatt a közművekben keletkezett károk kiszakaszolása, (lehatárolása), a szükség szerinti azonnali és az ideiglenes helyreállítás végrehajtása;
- az épületekben keletkezett sérülések ideiglenes helyreállítása, veszélyes szerkezetek eltávolítás, vagy megtámasztása;
- a városi közlekedés hálózatban (utak, hidak, közlekedési műtárgyak, városi vasút és villamos pályák stb.) keletkezett károk kijavítása, szükség szerinti ideiglenes helyreállítása, a káros hatások csökkentése érdekében;
- az állatállomány, a takarmány és az élet újraindításához szükséges létfontosságú anyagok, nyersanyagok és termelési eszközök mentése;
- rendkívüli közrend- és közbiztonsági, vagyonvédelmi intézkedések foganatosítása;
- a halottakkal kapcsolatos járvány és közegészségügyi feladatok végrehajtása, károsultakról való szociális és lélektani gondoskodás.

6. ábra VII. KERLÉKÖZ Légoltalmi zászlóalj Műszaki-mentő szakasz kárfelszámolás közben [37]

A kárterületen végzett munka hatékonyságát növelte, hogy a vezetők nagyrészt tapasztalt tisztek és tiszthelyettesek voltak és a gyors felszámolás érdekében bevonásra kerültek a katonai alakulatok is. Például a két gyár mozgósította a munkásosztagait és felszereléssel együtt küldte a kárterületre. A mentő munkák leghatékonyabb résztvevői kétségkívül a bányászok voltak, akik éjszaka is tovább végezték a mentést. A MÁV kárelhárító rendszer is jól működött irányvonatok érkeztek

a kárt nem szenvedett területekről erőkkel, eszközökkel. Gyors és hatásos intézkedések következményeképpen a mentő munkák első támadás esetén közel 48 óra alatt végrehajtásra kerültek. Mindenkit elhelyeztek és a kárt szenvedettek részére biztosították az élethez szükséges alapvető feltételeket. A következő légitámadások következményeinek kezelése már begyakorlottan történt és a fokozott készültség miatt jóval kevesebb áldozatott követelt.

A háború utáni helyreállítás feladatai, a végrehajtás tapasztalatai

1944 decemberében Miskolcon elhallgattak a fegyverek és a városra a helyreállítás nehéz feladata várt. A harcok befejezésé követően a legsürgetőbb feladat a halottak eltemetése és a létfontosságú szolgáltatások (víz, élelmiszerellátás, közlekedés, energia) helyreállítása és lakhatás megteremtése voltak.

Épített környezet rehabilitációs feladatai, tapasztalatai

Miskolc szinte a saját romjaiból épült fel, az újjáépítéshez semmi más nem állt rendelkezésére. Új építő anyagok nem álltak rendelkezésre, a romokból kiszedett köveket, téglákat és faanyagok használták fel az épületek helyreállítására. A munka lendületesen kezdődött, a romok eltakarítása a háború sebeinek eltüntetése összekovácsolta a város lakóit, közösségeit. Ennek a korszakának motorja a közösség összefogása, a segítőkészség, jó szándék és a türelem volt. A társadalmi változások sem mindig kedveztek az újjáépítésnek, mert nem az épületek teljes helyreállítása volt a cél, hanem a nehézipar kiépítése, így az óriási méretű pusztítása ellenére az ipari élet hamarosan megélénkült. Sajnos, sok lakóház egészen a 80-as évekig megőrizte sérüléseit. Az iparosítás, valamint a nagy házgyári „lakótelep-építési" programok hatására Miskolc lakosságának létszáma jelentősen megnőtt, valamint a környező lakóterületeknek közigazgatásilag a történelmi városrészekhez történő kapcsolásával megszületett a mai nagy Miskolc.

A természeti környezet rehabilitációs feladatai, tapasztalatai

Miskolc környéke az ország egyik legszebb természeti környezetével rendelkezett és rendelkezik ma is. A háború harctevékenységek csak a városkörnyéki erdőkben okozott károkat, nagy természeti károsodás nem következett be. A diósgyőri légitámadás bombái egy célmegjelölési hiba miatt jelentős részben a Tatárdombi erdőre hullottak, közvetlen hatás a természet környezetre nem volt jelentős. Közvetetten a háborús károk jelentős természet rombolást okoztak, mert az újjáépítés, valamint első télen a fűtőanyag hiány miatt nagyon sok erdő esett áldozatúl. Ennek következtében felgyorsult a talaj eróziója és sérült a növényzet is A harcok alatt és a rossz élelmiszer ellátás miatt a vadállomány jelentősen lecsökkent, amit tovább rontottak az elhagyott fegyverek, fel nem robbant lőszerek által okozott vadsérülések is. A máig tartó gondos, értő természeti rehabilitáció és vadgazdálkodás tudta csak ezeket a sebeket orvosolni, begyógyítani.

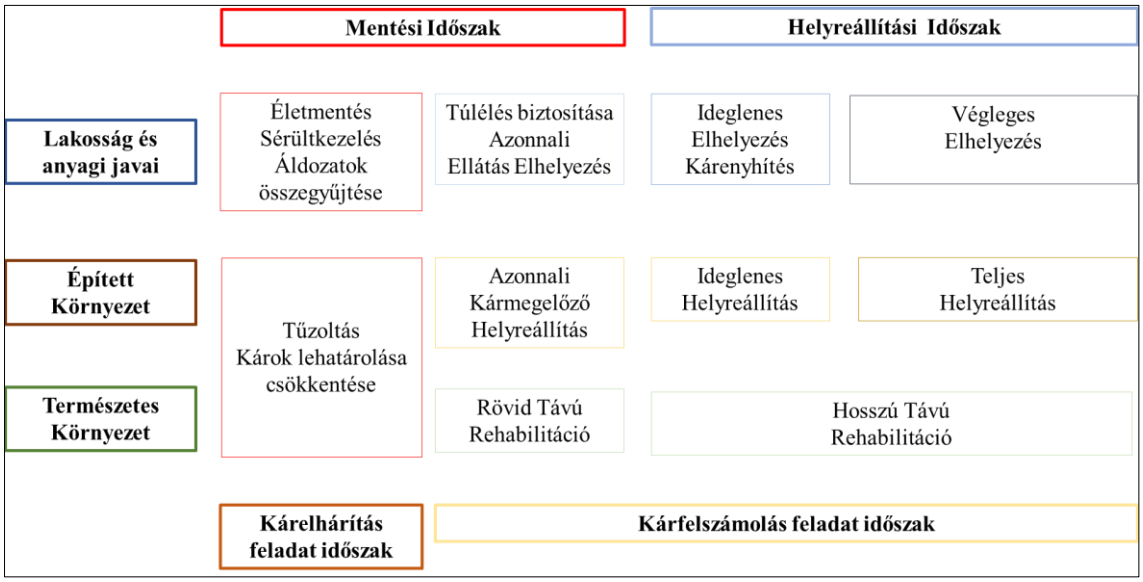
MISKOLC BOMBÁZÁSÁNAK TAPASZTALATAI MAI SZEMMEL

Minden káresemény által létrejött kárterület helyreállításának, az alapja, a mentési feladatok hatékony és gyors végrehajtása. Az érintett terület épített környezetének rehabilitációja egyben jobb életminőséget biztosító fejlesztés is lehet, de minimum a korábbi minőség visszaállítása a cél. A természeti környezet esetében a rehabilitációnak az eredeti fauna és flóra visszaállítása

mellett egy hosszú távú környezeti fejlesztést is meg kell alapozni, mert a megvalósítást összehangoltan, komplexen kell kezelni.

A mentési és helyreállítási feladatok és a mentési időszakok kapcsolata

A szakterülettel foglalkozó kutatási eredmények bebizonyították, hogy a mind háborús károk mind békeidejű katasztrófák a mentés és a helyreállítás feladatai nagyfokú hasonlóságot mutat és a feladatokat azok egymásra épülése miatt komplexen, rendszer szemlélettel kell, kezelni. Miskolc bombázásával összefüggő légoltalmi védelmi tevékenység, valamint a védelmi időszakok rendszerszemléletű kapcsolatait a 7 ábra mutatja. A bombázás és a katasztrófák mentési és a kárterület rehabilitációs feladatait vizsgálva megállapítható, hogy a mentési feladatokat rövid idő alatt, gyorsan kell végrehajtani, de a helyreállítás hosszabb időszakot is igénybe vehet, attól függően, hogy mi a cél és milyen társadalmi, politikai és gazdasági feltételek állnak rendelkezésre a végrehajtást illetően. Továbbá, a mentés és a helyreállítás feladatai (fegyveres cselekmények és katasztrófák esetén egyaránt) jól elkülöníthetők még akkor is, ha az azonnali és az ideiglenes helyreállítás feladatai a mentés érdekében, a mentési időszakban kerülnek végrehajtásra.



7 ábra Légoltalmi védelmi tevékenység rendszerszintű kapcsolat rendszere [33]

A miskolci bombázásokkal kapcsolatos mentési és helyreállítási feladatokat mai szemmel vizsgálva az a kép alakulhat ki, hogy az akkori rendelkezésre álló erőforrásokkal és lehetőségekkel az újjáépítés szinte megoldhatatlan feladat volt. Ennek ellenére az emberek összefogással, minden rendelkezésre álló eszközök és anyagok felhasználásával sikeresen hajtották végre a támadások utáni mentéseket és a háború után a város és a környezet rehabilitációját. A feladatok végrehajtásával kapcsolatban az alábbi következtetések vonhatók le:

- az aktív légvédelem eszközei elégtelenek voltak a légitámadások megakadályozására;
- a passzív védelem a légoltalom, a rendelkezésükre álló erők, eszközök, anyagok és intézkedések alapján, védelemi feladataikat jól hajtották végre Miskolcon;
- az első légitámadás magas halálos áldozat számát a Búza téri piac valószínű téves bombázása okozta a piacon koncentrálódott lakkosság számára nem volt elég óvóhely és sok vidéki vásárló inkább az árujánál maradt;

- kiterjedt kárterületek esetén a kárfelszámolási feladatok végrehajtására a légoltalmi katonai alakulatok (légoltalmi zászlóalj) alkalmasabbak voltak;
- a mentés és a kárfelszámolás során, a hagyományos, kézi szerszámokkal történő feladat végrehajtás volt jellemző, ezt eredményesen alkalmazták;
- az önkéntes mentő szervezetek működésének hatékonyságát alapvetően befolyásolták a rendelkezésre álló erőforrások, valamint a katonai mentőszervezetekkel való sikeres együttműködés.

A védelmi tervezés összehasonlító elemzése

A védelem megszervezésének alapja a gondos, minden részletre kiterjedő tervezés, valamint a védelmi szerszervezetek működésének pontos és egyértelmű leszabályozása. A légvédelemről szóló 1935. XII. törvénycikk, és végrehajtási jogszabályai alapján a Légoltalom megszervezésének és működésének teljes szabályzását, a Magyar Királyi Honvédelmi Miniszter *62.000/1938.* (A légoltalom megszervezése), a *62.100/1938.* (A légvédelmi riasztószolgálat megszervezése), a *62.200/1938.* (A légoltalmi elsötétítő szolgálat), valamint a *62.300/1938.* (Az ipari légoltalom megszervezése) rendeletei tették lehetővé [32].

Vizsgálati szempontok	Papír alapú védelmi tervezés	Összehasonlítás	Számítógéppel támogatott védelmi tervezés	Indoklás
Tervezési forma	Parancs leosztó jellegű, időszámvetésre épülő feladat tervezés.	≤ hátrányos	Integrált rendszer: képesség és feladat tervezés, erőforrás és költség tervezés.	Napjainkban a vezetés és irányítás rendszerét hatékonyabbá teszi, de saját idején szintén hatékony vezetésre adott lehetőséget.
Használhatóság	A tervek jól tagoltak és alkalmazhatóak.	≤ hátrányos	Alkalmazhatóságát növeli az integrált tervezés, és IT támogatás.	Egyértelmű az IT-ra épülő használati előny.
Sérülékenység	Egyszerű, szerkezetű, nehezen befolyásolható kivitel.	előnyös ≥	Bonyolult, sérülékeny, könnyebben befolyásolható rendszer.	A régi módszer nagyobb ellenálló képességgel rendelkezik.
Pontosítás lehetősége	Lapcsere vagy gyakran változó adat ceruzával beírva.	≤ hátrányos	Gyors, automatikus, olcsó adat változtatási lehetőségek.	Hátrány a nagy humán erőforrás igény, és az életvitel felgyorsulását nehéz papírlapú tervezésben követni.
Adattárolás lehetősége	A sok adat nehézkessé teszi a használatot.	≤ hátrányos	Végtelen, minimális hatása van a használatra.	A korszerű eszközök fölénye egyértelmű.
Kidolgozás, fenntartás költsége	Nagy a kidolgozói igény.	előnyös ≥	Nagy a háttér és az eszköz fenntartási költsége.	Kevesebb a régi módszer kiépítési fenntartási költsége.

2. táblázat Tervezési módszerek összehasonlító táblázata [33]

1937–1938 között minden érintett szervezet kidolgozta a „Légoltalmi Terveket”, az ehhez kapcsolódó legfontosabb alapokmányokat. A tervek, alaposak, jól tagoltak és könnyen áttekinthetők

voltak, összhangban akkori lehetőségekkel. Az akkori követelmények szerint, a tervek három tervcsoportban, *mozgósítási, védelmi* és *kiürítési tervek* kerültek kidolgozásra. Külön terve volt a légvédelmi riasztószolgálatnak és az elsötétítő szolgálatnak. Az ipari légoltalom saját terv rendszerrel rendelkezett, amely a dolgozók védelme mellett nagy hangsúlyt helyezett a termelés vagy szolgáltatás (vasút, posta) megtartására is.

Napjainkban nem papíralapú, hanem számítógéppel támogatott tervezés folyik, amely sokkal eredményesebb és gyorsabb. A két tervezési forma összehasonlító elemzését a 2 táblázat szemlélteti.

A vizsgálat eredménye egyértelműen a korszerű IT technológiára épülő tervezés fölényét mutatja, de elgondolkodtató, hogy drága redundáns rendszerek kiváltása érdekében párhuzamosan megtartható a papírlapú tervezés.

Ajánlások a mai kor védelmi szakemberei számára

A múlt tapasztalatainak elemzése, a kihívásokra adott válaszok, a sikerek és veszteségek áttekintése és értékelése munkájuk során segítik a védelem területén tevékenykedő szakembereket. A modern vezetési eszközök átalakították a döntéshozás és a veszélyhelyzetek kezelését, használatuk megkönnyíti az irányítást, de sérülékenyek és ezért várhatón célpontjai lesznek egy támadásnak. Kiesésük esetén javasolható a háborúban jól bevált törzsmunka módszerek vezetési készségek megtartása legalább oktatás szintjén. A precíziós fegyverrendszerek megjelenésével a lakosság, mint célpont háttérbe került, de a légitámadások lehetősége napjainkban sem zárható ki, valamint az aszimmetrikus hadviselés egyik jellemzője, hogy a harcoló felek általában lakott területről indítanak fegyveres támadásokat, ezért a jövőben számolni kell azzal, hogy a támadások (rakéta támadás, bombázás, utcai harcok stb.) célpontjai lakott területek lesznek, növelve a lakosság veszélyeztetettségét [38]. A múlt tapasztalatai és a jelen ismeretének tükrében a mai védelmi szakemberek számára az alábbi ajánlásokat teszem:

- gyakorlati tapasztalatokkal rendelkező dolgozók, vagy nyugállományú szakemberek bevonása, a tervező-szervező tevékenységbe;
- az ifjúság nagyobb mértékbe történő bevonása a védelmi feladatokba, jól hasznosítható képességek megszerzése mellett;
- nagyobb hangsúlyt kell fektetni a robbanással járó károk, pusztítások következményeinek felszámolására, a módszerek és képességek fejlesztésére;
- javaslom, hogy napjaink követelményei szerint, a légoltalmi műszaki-mentő szakterület elméleti és gyakorlati ismeretei oktatását a polgári védelmi szervezetek és a szakemberek képzése során, mert a városi kutató mentő tevékenységnél, valamint nagy kiterjedésű kárterületeken a feladatok végrehajtásához az ilyen ismeretekre a jövőben is szükség lesz;
- az infokommunikációs eszközök sérülékenysége miatt javaslom, hogy a jövőben nagyobb figyelmet fordítsanak a klasszikus törzsvezetés készségek elsajátítására, megtartására és lehetőség szerinti fejlesztésére.

ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A szerző tényszerűen ismerteti Miskolc város háborúra történő felszülését, a légvédelmet ellátó katonai erőket, valamint a város légoltalmi rendszerének kialakítását, a hatósági és a Légoltalmi Liga helyét és szerepét a város védelmi rendszerében. Megállapította, hogy a város légoltalmi rendszerének megszervezése összhangban volt az ország légoltalmi rendszerének szervezeti és irányítási struktúrájával, szervezeti elei pedig a helyi sajátosságok figyelembe vételével (bánya és hadiipari üzemek, vasúti és közlekedési központ stb.) kerültek megalakításra.

A légitámadások következményeit vizsgálva ki kell emelni, hogy azok nem minden esetben érték el céljukat, annak ellenére, hogy súlyos károkat okoztak. Ennek oka, a hatékony légvédelem, a nagy magasságból történt bombázás pontatlansága, valamint a passzív légoltalmi intézkedések és a kiépített óvóhelyek szintén segítették a veszteségek csökkentését. Az események vizsgálata azt mutatja, hogy az első légitámadás keltette sokk (addig nem tapasztalt károk, rombolás, sérültek és áldozatok) nagyobb hatékonyságra sarkalták az aktív légvédelmet és a mentő erőket, amit a későbbi légitámadások kisebb veszteségei is bizonyítanak. A mentés és a helyreállítás során bebizonyosodott, hogy az aktív légvédelmi és a légoltalmi szervezetek feladataikat jól hajtották végre, de a társadalmi alapon szervezett légoltalmi egységek kiképzésük és felszerelésük miatt nem voltak hatékonyak, ezért megerősítésre kerültek egy katonai légoltalmi zászlóaljjal, amely három, egy tűzoltó és két műszaki-mentő századból állt.

A mentési és helyreállítási feladatok és a mentési időszakok kapcsolatát rendszerszemlélettel vizsgálva megállapítható, hogy a légitámadások utáni és napjainkban katasztrófák során alkalmazott mentési és helyreállítási faladatai nagy hasonlóságot mutatnak. Továbbá, a szerző által a védelmi tervezés összehasonlító elemzésének eredménye alapján megállapítható, hogy a korszerű IT technológiára épülő védelmi tervezés sok tekintetben hatékonyabb, gyorsabb, jobban alkalmazható, de a gyakorlatban előfordulhatnak olyan szélsőséges helyzetek, hogy a papír alapú tervezés megbízhatóbb, ezért javasolt annak ismerete a mai védelmi szakemberek számára is. Végezetül, a szerző a múlt tapasztalatai alapján, olyan javaslatokat fogalmaz meg, amelyeket célszerű napjainkban is figyelembe venni azoknak, akik a lakosság és az anyagi javak védelmével kapcsolatos területen dolgoznak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Móricz Zsigmond: Mai Napok. Nyugat, Budapest,1930/2, pp. 673-675.
[2] Douhet Giulio: Szemelvények a burzsoá katonai teoretikusok műveiből (A légiuralom). Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest,1971. pp. 23.
[3] 1935. évi XII. törvénycikk: A légvédelemről. url: https://1000ev.hu/index.php?a=3&param=7980 (
[4] A M. Kir. Honvédelmi Miniszter 1936. Évi 17.176. Számú Rendelete: A légvédelemről, szóló 1935: XII. törvénycikk végrehajtásáról. https://library.hungarcana.hu/hu/view/OGYK_RT_1936/?pg=1176&layout=s
[5] Kozák Attila, Dr. Hornyacsek Júlia: A polgári védelem kialakulása, szerepe a katasztrófavédelem egységes rendszerében. Bolyai Szemle, 2012/2, pp. 157-184.
[6] Györök László, Dr. Tóth Rudolf: A lakossági óvóhelyek és a vezetési pontok alaprendeltetése, építészeti, gépészeti kialakításuk közötti különbségek. Műszaki Katonai Közlöny, 2016/3. pp.74-92.
[7] Légoltalmi Közlemények: 1941/3, pp.106.
[8] Dr. Berkovics Gábor: A magyar légvédelmi kerületek 1922–1944 között. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények.2005, 9/2, pp. 125-137.
[9] Dr.Pataky Iván, Rozsos László, Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett. Zrínyi Kiadó, Budapest,1992, pp. 108.
[10] Dr. Barczy Zoltán, Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvédség légvédelme 1920-1945. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2010. pp. 95–96.
[11] Information and history of bofors company: https://www.bofors.se/(2018.01.11.)
[12] Dr. Miklauzič István: Gamma-Juhász lőelemképző. A szerző kiadása. Budapest, 2017. pp.25.
[13] Dr. Pataky Iván - Rozsos László, Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett II. Zrínyi Kiadó Budapest,1992, pp.15.
[14] Magyar Országos Tudósító, M. Kir. Államrendőrség: Budapest, 1938/4, pp. 40.
[15] Légoltalmi liga elsősegélynyújtó vöröskereszt tanfolyam: a kép a szerző tulajdonában, Dr. Rev. Henkey Hönig Károly ajándéka másoltban.
[16] Bucsák Mihály, Csurgó Attila - Horváth Tibor, Láng László, Molnár Sándor–Posta Lajos, Szatai Zsolt, Vörös Mihály: 70 év a az életveszély árnyékában A Magyar Tűzszerész és Aknakutató alakulatok története. Zrínyi kiadó, Budapest,2015, pp.15-18.
[17] Dr. Tóth Rudolf: A Magyar Polgári Védelem fejlesztésének szükségessége, lehetséges iránya, a NATO tagság, a Magyar Honvédség korszerűsítése és a hazai katasztrófavédelmi rendszerhelyzetének tükrében. Doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2000, pp.15.
[18] Dr.Pataky Iván, Rozsos László, Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett. Zrínyi Kiadó, Budapest,1992, pp.37
[19] B-24 Liberator repülő kötelékben: http://www.americanairmuseum.com/media/9528
[20] Dr.Pataky Iván - Rozsos László - Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett. Zrínyi Kiadó 1992. pp. 84.
[21] Dr.Pataky Iván - Rozsos László - Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett. Zrínyi Kiadó Budapest,1992. pp. 99-105.
[22] Boeing B–17 Flying Fortress bombázó adatai: https://www.masodikvh.hu/haditechnika/repulogepek/amerikai-repulogepek/727-boeing-b-17-flying-fortress-bombazo
[23] Consolidated B–24 Liberator bombázó adatai: https://www.masodikvh.hu/haditechnika/repulogepek/amerikai-repulogepek/729-consolidated-b-24-liberator-bombazo
[24] Handley Page Halifax bombázó adatai: https://www.masodikvh.hu/haditechnika/repulogepek/brit-repulogepek/720-handley-halifax-nehezbombazo
[25] Vickers Wellington Bombázó adatai: https://www.masodikvh.hu/haditechnika/repulogepek/brit-repulogepek/726-vickers-wellington-bombazogep
[26] Dr. Pataky Iván: Budapest 1944. évi bombázásának napjainkig ható tapasztalatai. Polgári Védelmi Szemle, Budapest,2008, pp.74–75
[27] Miskolc 1944 június 2 bombázás vásárcsarnok: kép a szerző tulajdonában, Gödry Éva volt Légoltalmi Parancsnokság beosztott ajándéka,
[28] Dr.Pataky Iván, Rozsos László, Sárhidai Gyula: Légiháború Magyarország felett. Zrínyi Kiadó, Budapest,1992 pp.37
[29] Miskolc augusztus 28 bombázás bevetés értékelő légi fotó. http://www.450thbg.com/real/tagets/194408/pages/17.shtml

[30] 1944 augusztus 28. bombázás Miskolc rendező pályaudvar: kép a szerző tulajdonában, Gödry Éva volt Légoltalmi Parancsnokság beosztott ajándéka,
[31] Maruer Maruer: Air Force Combat Units of World War II.Office of Air Force History. Washington, D.C., Washington, 1983, pp.10
[32] Belügyi Közlöny: XLIII. évfolyam,44. szám, Budapest,1938, pp.985-1018.
[33] Dr. Szabó Sándor, Dr. Tóth Rudolf: A kárelhárítási és kárfelszámolási feladatok értelmezése a katasztrófavédelem területén. VI th International Symposium on Defence Technology, 6-7 May 2010 Budapest, Hungary, Konferencia kiadvány, 8. oldal 3. sz. ábra, alapján készült
[34] Hivatalos Városi Jelentés. Miskolc.1944: Magyar Élet Keresztény politikai napilap. Miskolc,1944, június 23, különszám.
[35] HABOB: 80., 81., 82., 83., 84/1944. SZÁMÚ JELENTÉSEK. Hadiipari Bombakárügyi Bizottság. Hadtörténeti Intézet és Levéltár, Budapest,1944
[36] Bogár Károly - Gödry Éva - Ondrasek Iván: Interjú a 1944 Miskolc Bombázás dokumentumfilm felvétel, Miskolc, 1994, MVT Gulyás István főszerkesztő és a szerző részvételével.
[37] VII. KERLÉKÖZ Légoltalmi zászlóalj műszaki -mentő szakasz kárfelszámolás közben: kép, Gödry Éva volt Légoltalmi Parancsnokság beosztott ajándéka.
[38] Julia Hornyacsek: The Relationship Between the Tasks Aimed at the Prevention of Extraordinary Incidents, the Preparation for the Mitigation of their Consequences and the System of Protection. AARMS, 2017. 16:(1) sz. pp. 41-65.

THE PREPARATION FOR WAR, DEVELOPMENT OF PROTECTION AGAINST AIR RAIDS IN MISKOLC, BOMBINGS EVENTS OF THE YEAR 1944, THE DAMAGES, THE TASKS AND EXPERIENCES OF THE RESCUE AND THE RECONSTRUCTION

The author introduces the basic function of the home passive air defence, organizational structure, status of leadership, management and to inform implementation of protection of the population and properties within the framework of the preparation for war in town Miskolc. It provides a comprehensive picture about the events of air raids on a city and their effects. He describes the attack forces, the basic technical data of aircraft and used bombs. He demonstrates the damages caused by bombings and the tasks performed during the rescue and the restoration. He draws conclusions on the implementation of the war-time defense planning. The author performs a comparative analysis between onetime population protection tasks and requirements and current rescue and rehabilitation of the damage caused by disasters and related requirements. The author analyses the solutions of the reconstruction of the built environment and the rehabilitation of the natural environment.

Keywords: *war damage, environmental impact, reconstruction, rehabilitation*

Leskó György	Leskó György
PhD hallgató	PhD student
Nemzeti Közszolgálati Egyetem	National University of Public Service
Katonai Műszaki Doktori Iskola	Doctoral School of Military Engineering
lesko.gyorgy@uni-nke.hu	lesko.gyorgy@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0001-7470-7824	orcid.org/0000-0001-7470-7824

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-07-0476_Lesko_Gyorgy.pdf

Pokorádi László

PÁROS ÖSSZEHASONLÍTÁS ALKALMAZÁSA MŰSZAKI SZAKEMBEREK VÉLEMÉNYÉNEK ELEMZÉSÉRE

A technikai eszközök üzemeltetése során hozott vezetői döntések tükrözik az adott szakterület sajátosságain alapuló szakmai és erkölcsi értékrendet, azaz az adott műszaki szakemberek gondolkodásmódját. Ez meghatározó szerepet játszik például az adott technikai eszköz javításával, karbantartással kapcsolatos döntések esetén is. Jelen tanulmány egy nagyobb lélegzetű elemzés részeként elvégzett mikro kísérlet eredményeit és az azokból levonható következtetéseket mutatja be. A kapott eredmények igazolják a Szerző fentebb megfogalmazott hipotézisét, egyben a további kutatómunkájának alapjait is képezik.

Kulcsszavak: szubjektivitás; döntéshozatal; páros összehasonlítás; üzembenntartás

BEVEZETÉS

Bár sokan nem érzékelik, a mindennapi műszaki élet egyik legfontosabb területe a technikai eszközök javítása, karbantartása, azaz üzemeltetése. Egy adott üzemeltetési rendszer irányításának minőségét, működésének hatékonyságát az egységnyi üzemidőre eső karbantartási költség, kiszolgálási munkaigény vagy javítási idő alapján lehet számszerűen minősíteni.

Tágabban értelmezve az üzemeltetés a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata [4], Egy technikai eszköz üzemeltetése az eszközzel, vagy annak valamely rendszerével, berendezésével a gyártás és a kiselejtezés között történtek összessége [7].

Az üzemeltetési folyamatok rendszerszemléletű leírásának és matematikai modellezésének alapjai Pokorádi [4] könyvéből ismerhető meg részletesen. Pokorádi [5] publikációjában javasolt szimulációs érzékenység-elemzési eljárás alkalmas a karbantartási rendszer hatékonyságának növeléséhez szükséges döntések támogatására. Ekkor viszont fontos szempont a különböző üzemeltetési rendszer számszerűsített jellemzői szakma-specifikus súlyának korrekt ismerete.

Még a legegyszerűbb dolgokról is csak korlátozott tudásunk lehet, mert csak bizonyos ismeretek birtokában és eltérő nézőpontokból – az általunk konstruált leképezések alapján – ismerhetjük meg és írhatjuk le azokat. Szamosi véleménye szerint ennek a fogalomnak a használata, a műszaki élet egyes interdiszciplináris területein, mint a minőségügy, vagy a megbízhatóság, biztonságtudomány mindenképpen indokolt [8]. Különösen indokolt lehet ez például az üzemeltetési döntéshozatalok – amikor szakértők, vagyis a szubjektumok döntenek – szakmai hátterének vizsgálatakor.

Jelen kutatás hipotézise, hogy az eltérő műszaki területeken – az adott szakmai értékrendek következtében – a jellemző üzemeltetési, karbantartási paraméterek eltérő súllyal esnek latba.

A hipotézis igazolásához alkalmazott Guilford-féle eljárás páros összehasonlítás módszerét és a standardizált normál eloszlást alkalmazza. Guilford-féle páros összehasonlító módszer elmé-

leti leírásai és gyakorlati alkalmazási lehetőségeit Kavas [2]; valamint Kindler és Papp [3] munkái írják le.

Kavas megfogalmazásában a több-szempontú döntési feladatok megoldásakor az egyik lényeges elem az értékelési szempontok fontossági sorrendjének minél pontosabb súlyozása. A szempontrendszer kialakítása folyamatában a szempontokhoz tartozó konzisztencia korrekt determinálása az egyik legfontosabb és legnehezebb feladat. A komplex adatértékelés elképzelhetetlen súlyozási lépések végrehajtása nélkül, mert a legjobb döntési alternatíva mellett a lehetséges választások rangsora is kialakítható [2].

Jelen dolgozat célkitűzése fentiekben megfogalmazott hipotézisünk igazolása, azaz – az ismertetett irodalmakra támaszkodva – meghatározni, hogy a különböző területeken dolgozó karbantartó szakemberek véleménye szerint a vizsgált karbantartási, javítási szempontok milyen sorrendű és arányú fontossággal bírnak.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a páros összehasonlítás módszerét mutatja be, röviden. A 3. fejezetben az elvégzett felmérés általános ismertetése olvasható. A 4. fejezetben a Szerző összegzi munkáját.

A PÁROS ÖSSZEHASONLÍTÁS MÓDSZERE

A páros összehasonlítás célja egy kompromisszumos döntéseken alapuló, a vizsgált értékelési szempontok fontossági sorrendjét tükröző értékrend leírása. Jelen fejezetben a páros összehasonlítás módszerét Kavas [2] publikációjára támaszkodva röviden ismertetjük.

Az első az értékelési tényezők meghatározása. Ezeket a kérdőív elkészítésekor szakmai és gyakorlati tapasztalatok alapján vesszük figyelembe. Az értékelési szempontokat figyelembe véve elkészíthető kérdések száma:

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \tag{1}$$

ahol:

- n – az értékelési tényezők száma.

A párokba rendezett értékelési tényezők alapján a vizsgálatban résztvevők az általuk fontosnak ítélt szempontokra egyértelmű szavazatot adnak. Az így elvégzett páros összehasonlítás alapján készítjük el a preferenciatáblázatot, mely egy n×n méretű mátrix. A táblázat célja, hogy az egyes értékelési tényezőkhöz súlyszámokat rendeljük.

Több új oszlop felvezetése is indokolt a preferenciatáblázathoz, amelyek segítik a további elemzést. A preferenciák gyakoriságát az a oszlopban kell összesíteni.

Több döntéshozó, véleményező esetén a súlyozott pi preferenciaarányt a

$$p_i = \frac{a_i + \frac{m}{2}}{mn} \tag{2}$$

módon határozhatjuk meg, ahol:

- a_i – az i-edik sorban szereplő főszempont preferenciagyakorisága;
- m – szakemberek száma.

A következő oszlopban a preferenciaarányokat a standard normál eloszlás úgynevezett u értékeire transzformáljuk az alábbi összefüggés alapján

$$p_i = \Phi(u_i) \tag{3}$$

Annak érdekében, hogy egy 0 kezdőpontú és 100 végpontú skálán értékelhessük a kapott eredményeket, a következő transzformációt kell elvégezni:

$$Z_i = 100 \frac{u_i - \min(u_i)}{\max(u_i) - \min(u_i)} \tag{4}$$

Az adatok kiértékeléséhez és a diagramok illusztratív ábrázolásához szükséges a súlyszámmeghatározás:

$$S_i = 0{,}1 + \frac{0{,}1 \cdot Z_i}{25} \tag{5}$$

Az *S* értékek oszlopa után egy *S** nevű oszlop felvételét tettük meg, melybe az

$$S_i^* = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} \tag{6}$$

egyenlettel meghatározható úgynevezett normált-súlyértékeket határoztuk meg az eredmények további felhasználása érdekében.

A FELMÉRÉS

A felmérés elvégzéséhez egy kérdőívet készítettünk, melyet eljuttattunk különböző területein dolgozó karbantartó szakemberekhez egy web-címen keresztül [1].

1. ábra A kérdőív részlete

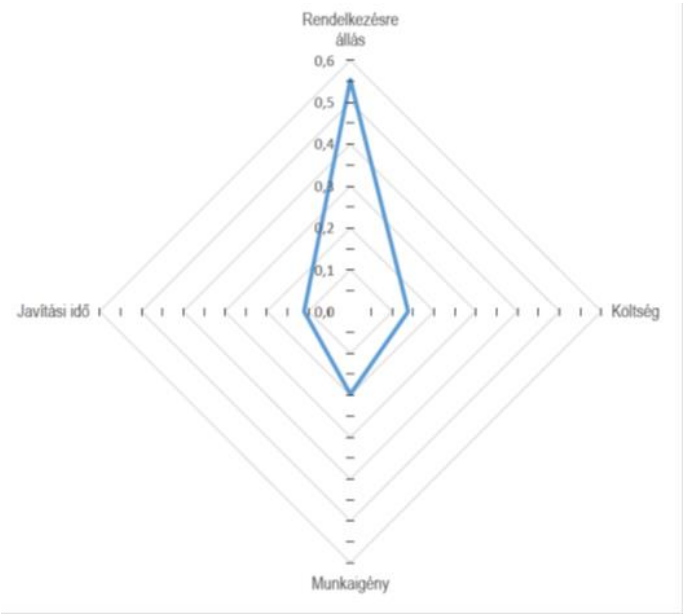
A kérdőív első kérdése a szakemberek szakterületenkénti csoportosításához szükséges. A többi kérdése tulajdonképpen ugyanazt az egy – a véleménynyilvánítás rangsorolását lehetővé tevő – kérdést tettük fel. A rangsorolandó szempontok az alábbiak voltak:

- az eszköz (üzemképes) rendelkezésre állása: F_1;
- karbantartási, javítási költség: F_2;
- karbantartási, javítási (munkaórában kifejezett munkaigény): F_3;
- karbantartási, javítási (naptári) időigény: F_4.

Vizsgálatunk első szakaszában a kérdőív kitöltésben összesen 129 karbantartó szakember vett részt az ország ipari és szolgáltatói szektoraiból.

	F_1	F_2	F_3	F_4	a	a^2	p	u	Z	S	S^*
F_1	0	122	107	114	343	117649	0,78973	0,8055	100	0,5	0,5537
F_2	7	0	64	67	138	19044	0,39244	-0,273	6,205	0,1248	0,1382
F_3	22	65	0	82	169	28561	0,45252	-0,1193	19,57	0,1783	0,1974
F_4	15	62	47	0	124	15376	0,36531	-0,3443	0	0,1	0,1107
$\sum$	44	249	218	263	774	180630	–	–	–	0,9031	1

1. táblázat Kitöltött preferencia táblázat



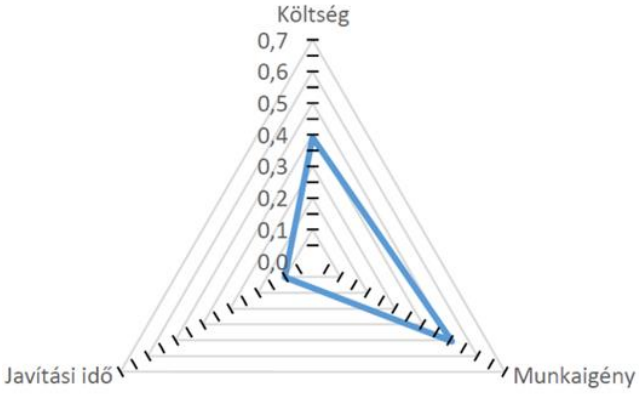
2. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei

A 2. ábra sugár diagramja alapján egyértelmű, hogy a karbantartó szakemberek véleményének kiemelkedően a rendelkezésre állás a legfontosabb szempont. A karbantartás-javítás hatékonyságának megítélése szempontjából elmondható, hogy az „átlagos” szakember ezt a szempontot tartja elsődlegesnek. Az összesített elemzés során kapott preferencia arányoktól egyes területekhez tartózó karbantartó szakemberek véleményei eltérhetnek. A következőkben erre fogunk példákat mutatni.

Tekintettel, hogy a legtöbb szavazatot az eszköz üzemképes rendelkezésre állása kapta, így a szakterületek összehasonlítása során ezt a szempontot nem vettük figyelembe. Ezért, a továbbiakban az F_1 szempont kimarad a szempontpárok összehasonlításából [6].

Termelő vállalatok karbantartói

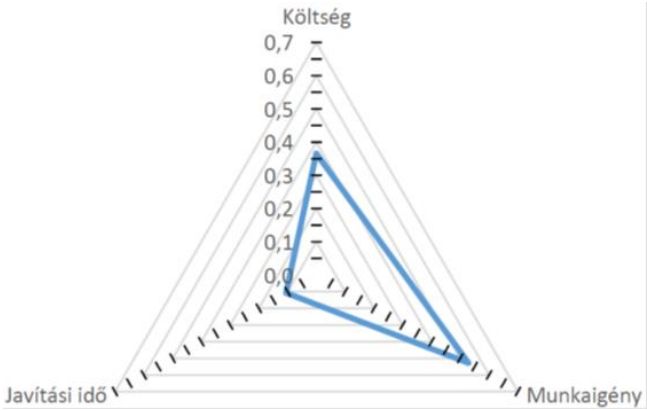
A termelő vállalatok esetén a karbantartásra, javításra fordított munkaórák számítanak a leglényegesebb szempontnak. Ezeknek a karbantartó szakembereknek a második legfontosabb célja az, hogy a javítási költségeket minél alacsonyabb szinten tarthassák. Jelentősen „lemaradva”, legutoljára a javítás naptári időben kifejezhető időigény fontosságát sorolták.



3. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei termelő vállalatok esetén

Erőművek karbantartó szakemberei

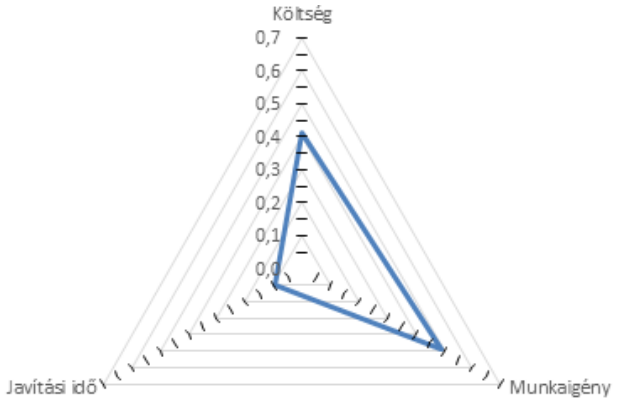
Az erőművekben dolgozó karbantartó szakember számára szintén a munkaórában kifejezett munkaigény a leginkább preferált karbantartási, javítási szempont. Számukra második helyen a javítások anyagi vonzata található. Az itt dolgozó döntéshozók a beérkezett szavazatok alapján szintén a javítás időkiesésére a legkevésbé érzékenyek.



4. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei erőművek esetén

3.3. Pályavasút karbantartása

A vasúti pálya karbantartása esetében a karbantartó szakemberek legfontosabb szempontnak a karbantartási munka munkaigényét tartják a legfontosabbnak. A beérkezett válaszok alapján látható, hogy számukra második legrelevánsabb szempont a karbantartásnál a költségek minél alacsonyabb szinten tartása. Ezen területen dolgozó szakemberek a legkevésbé lényegesnek a javítási időt tartották.

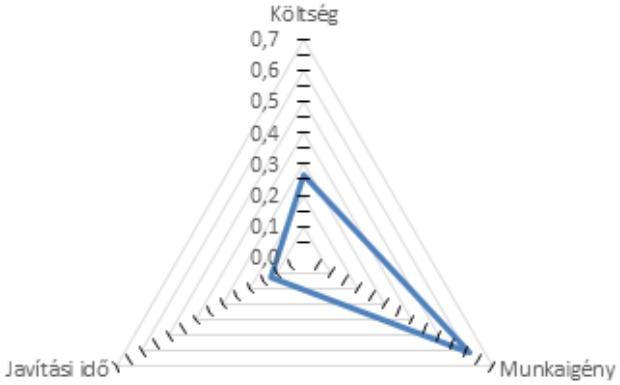


5. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei pályavasút esetén

Vasúti járművek karbantartása

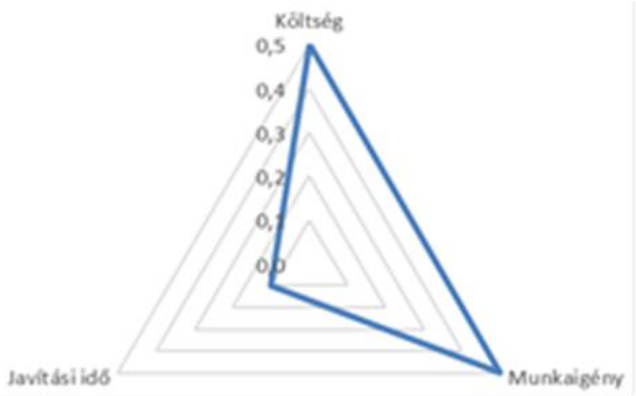
A vasúti járműveket karbantartó szakemberek véleményei némely szempontok szerint lefedi a vasúti pályák javítási, karbantartási munkáit irányítók véleményét. A járművek javítási-karbantartási hatékonyságához szintén fontos a munkaigény.

A költség szintén másodlagosan fontos értékelési szempont, a pályamunkák karbantartó szakembereinél ugyan alacsonyabb, de a javítási idő, amely szintén a harmadik helyen található fontossági szempont valamelyest nagyobb súlyozási értéket ért el.



6. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei vasúti járművek esetén

Villamos elosztó hálózatok karbantartása

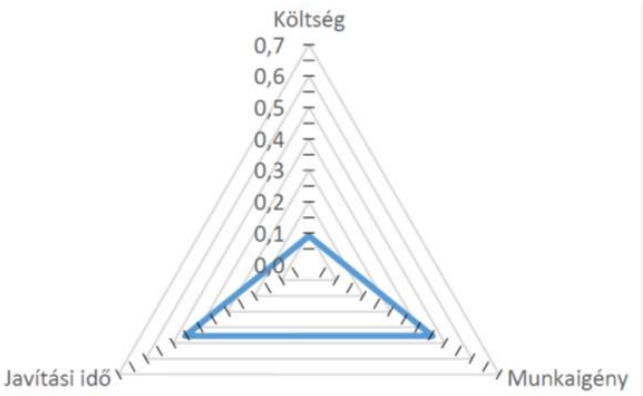


7. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei villamos elosztó hálózatok esetén

Válaszaik tükrében kijelenthető, hogy ők a legkevésbé lényegesnek a javítási időt tartották, mely a preferenciatáblázat súlyozott értékeinek oszlopából is jól látható. Az elektromos energia elosztó hálózatok karbantartása esetében a karbantartó szakemberek ugyanolyan fontosnak tartják a javítás, karbantartás munka-igényét és annak költségeit.

Katonai légijárművek karbantartása

Az előző területekhez képest jelentősen eltérő mutatók születtek a katonai repülés területén. Elmondható, hogy számukra a munkaigény mellett ugyanolyan súllyal releváns a karbantartás, javítás minél rövidebb idő alatt történő elvégzése. Ez a két szempont a repülés bármely területén dolgozó szakembernek és döntéshozóiknak kiemelkedően fontos, míg a rájuk szánt költségeket kevésbé relevánsnak jelölték meg, ezt mutatja, hogy ez utóbbi súlyozott értéke ötödét teszi ki az előző két szempontnak.



8. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei katonai légijárművek esetén

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során a karbantartó szakemberek véleményének összehasonlítását és elemzését végeztük el. A 3. – 8. ábrák összevetéséből egyértelműen jelentős különbség látszik a különböző karbantartási területek szakembereinek gondolkozásában. Mindegyik terület karbantartói számára fontos kérdés a javítás – munkaórában meghatározott – munkaigénye. Míg a katonai repülőműszakiak legfontosabb feladatuknak az időben mielőbbi hibajavítást tartják, addig a termelő vállalatok és erőművek karbantartóit már sokkal jobban érdekli a felmerülő költség kérdése.

A bemutatott elemzés igazolta, hogy a különböző üzemeltetési szakterületek szakterület számára az optimális karbantartási rendszerek, javítási technológiák nem egyeznek meg.

A Szerző további kutatásai során egy, az adott műszaki terület szakembereinek szemléletét tükröző, karbantartási rendszert optimáló modellvizsgálati eljárás kidolgozását tervezi.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Ágoston Gábor - Pokorádi László: Karbantartó szakemberek véleményeinek elemzése, A XXII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszak előadásai, 2017. pp. 59-62.

[2] Kavas, L.: A súlyszámok problematikája komplex rendszerek értékelése során, Repüléstudományi Közlemények 2007/2.

[3] Kindler, J. - Papp, O.: Komplex rendszerek vizsgálata, összemérési módszerek, Műszaki könyvkiadó, Budapest,1977.

[4] Pokorádi László: Karbantartás elmélet, Debrecen: Szerzői kiadás, 2002. 101 p.

[5] Pokorádi László: Karbantartási folyamat szimulációs érzékenységelemzése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2016/2, pp. 71–82.

[6] Pokorádi László - Ágoston Gábor - Fenyvesi Csaba: Karbantartó szakemberek véleményének elemzése a páros összehasonlítás módszerével, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai. 2017. pp. 379-386.

[7] Rohács József - Dr. Simon István: Repülőgépek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989.

[8] Szamosi Barna: Az emberi tényező szerepe a minőségfilozófiákban, A XVIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszak előadásai, 2013. pp. 375-378.

APPLICATION OF PAIRWISE COMPARISON TO INVESTIGATE TECHNICAL EXPERTS' OPINION

Maintenance management decisions characterize the departmentalism and moral scale of values of experts, in other words the way of their thinking. This paper presents the results of a micro experiment that is a part of a larger-scale analysis and the conclusions that can be drawn from them. The demonstrated results justify the hypothesis of the Author, as well as the basis for his further research.

Keywords: *subjectivity; decision-making; pairwise comparison; maintenance,*

Pokorádi László (CSc) egyetemi tanár Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887	László Pokorádi (CSc) Full professor Óbuda University, Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887

A kutatást a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló EFOP-3.6.2-16-2017- 00016: „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában" projekt támogatta.

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-08-0448_Pokoradi_Laszlo.pdf

Gajdács László, Major Gábor

Az UAV[1] ALKALMAZÁSÁNAK KOCKÁZATAI A BIZTONSÁGTECHNIKA TERÜLETÉN

Az elmúlt években, – többek között a repülőipar, a számítás- és az irányítástechnika rohamos fejlődésének következtében – az olyan eszközök mind szélesebb körű elterjedése is lehetővé vált, amelyeket azt megelőzően csak szűk, sajátos felhasználói réteg alkalmazhatott speciális feladatokra és megoldásokra. Elmondható, hogy a napjainkban ismert repülőeszközök közül (az űreszközöket ide nem sorolva) talán a legdinamikusabban a pilóta nélküli légijárművek fejlődnek. Ezen légi eszközök felhasználási körének fejlődése, bővülése az utóbbi évtizedekben is töretlen, sőt viharos gyorsaságú. Az alábbi publikációban a szerzők azt mutatják be, hogy egy speciális területen, mint a biztonságtechnika, milyen problémákkal szembesül a „drónhasználó". *A cikkből az olvasó megismerheti a biztonságtechnika területén alkalmazott UA[2] repüléskockázati elemeit, azok minimalizálásának szükségességét és lehetőségeit.*

***Kulcsszavak**: pilóta nélküli légijármű rendszerek, drón, biztonságtechnika, repülésbiztonság, jogi szabályozás, etikus használat*

BEVEZETÉS

Az utóbbi időben egyre nagyobb számban jelennek meg pilóta nélküli eszközök nem csak kutatási, hadiipari, hanem szerteágazó, akár polgári felhasználási területeken is. Egyre szélesebb körű az a piac, amit a gyártók próbálnak lefedni. Ezen eszközök elterjedése során számos kérdés merül fel a használatukkal, valamint az üzemeltetésükkel kapcsolatban. A biztonságtechnikai területén is újabbnál-újabb lehetőség mutatkozik ezen eszközök felhasználására.

A cikkben az UAV alkalmazások közül csupán néhány terület kerül érintésre a teljesség igénye nélkül. Ennek fő oka az, hogy a biztonságtechnikában még kezdetleges a pilóta nélküli légijárművek alkalmazása.

Egyre szélesebb körben történő alkalmazhatósága miatt azonban szükséges és nélkülözhetetlen az előforduló zavaró hatások vizsgálata, valamint lehetőség szerint azok kiszűrése, minimalizálása.

Mindennapi példák sorra bizonyítja, hogy bármilyen UAV, amit civil felhasználásra készítettek, értékesítettek a világon, a hagyományos szenzorjai helyett akár más eszközt (pl. fegyvert, robbanóanyagot, zavarókonténert) is hordozhat. Abból az elvből kiindulva, hogy ezek a légijárművek támadó eszközként is alkalmazhatók, az UAV-k fegyverhasználatának blokkolása szükséges mindaddig, amíg minden kétséget kizáróan nem szabályozható és/vagy nem tartható kézben a fegyveres pusztítás lehetősége [9].

A publikációban a szerzők arra keresik a választ, hogy a kereskedelemben forgalmazott pilóta nélküli légi eszközök mennyire zavarvédett rendszerek, ez összefüggésbe hozható-e repülés biztonsági

[1] Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Aerial System (pilóta nélküli légijármű/pilóta nélküli légijármű rendszer)
[2] Unmanned Aircraft (ICAO Circular 328)

kockázatával? További fontos, vizsgálatra szoruló kérdés, hogy hol, milyen szándékkal és milyen paraméterekkel rendelkező drón üzemeltetéséről beszélünk? A biztonság érdekében szükség van az eszköz és üzemeltetője feletti hatósági kontrollra? Az utolsó vizsgálati szempont, hogy az időjárási viszonyok ismerete, az időjárás pontos előrejelzése mennyiben nélkülözhetetlen kelléke egy alapos tervezési munkának, majd egy sikeres repülési feladat végrehajtásának?

REPÜLÉSBIZTONSÁGI KOCKÁZATOK AZ UAV-K HASZNÁLATA SORÁN

Az UAV-k repültetését alapvetően kétféle módon tudjuk végrehajtani. Az egyik irányítási mód a szabad szemmel látható, tehát a látóhatáron belül történő irányítás, a másik pedig a szabad szemmel nem látható, azaz a látóhatáron kívüli működtetése a légi járműveknek. Utóbbi repülési mód megjelenítőiről, mint például az FPV[3], Prof. Dr. Makkay Imre részletesen foglalkozik a Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek című könyvben, ahol leírja, hogy „a technikai korlátok megszűnte, még nem jelenti az alkalmazás teljes szabadságát." [10]. A pilóta nélküli eszközök mindkét módon történő repültetése előre prognosztizálható kockázattal jár a repülések biztonságát illetően. Ezeket a repülés során jelentkező kockázati tényezőket a következő elemek befolyásolhatják, amelyeket az 1. ábrán jelzett módon csoportosíthatjuk:

1. ábra A kockázatok csoportosítása (szerkesztette a szerző) [1]

Jogi szabályozás területe, jelenlegi helyzete, szükségessége

Az UAV eszközök használatának jogi szabályozása az eszközök megjelenése óta foglalkoztatja azokat a szervezeteket, hatóságokat, amelyek érdekeltek a biztonságos repülési körülmények megteremtésében és fenntartásában.

A rohamléptekben történő fejlődésének köszönhetően a távirányítható repülőgépek technikai színvonala napról-napra javul. Ezért, nem elegendő csupán – az EU és jelentősebb nemzetközi szervezetek által is sürgetett – a háborús területeken történő alkalmazásuk nemzetközi jogi szabályainak a kidolgozása, hanem az emberi és szabadságjogok egyéb területeinek korlátozását

[3] First Person View – a pilóta szemével látható kép

jelentő alkalmazások lehetőségeire is figyelemmel kell lenni, ami nap, mint nap új kihívások elé állítja a jogalkotást, jogértelmezést. A drónokkal, azok felhasználásával, üzemeltetésével kapcsolatos jogszabályok rendszerbe foglalása „fényévekre" lemaradt a technikai és technológiai fejlődéstől. Ez azt a veszélyt rejti magában, hogy a könnyen hozzáférhető, kettős felhasználású (katonai és polgári célú) UAV-k visszaélések elkövetésére is alkalmassá válhatnak [8].

A Magyarország felett elhelyezkedő légteret úgy a pilóta által vezetett, mint a pilóta nélküli repülőgépek is használják, használhatják. Ez a tény teszi fontossá, hogy az adott légtérhez való hozzáférés megfelelően szabályozva legyen, illetve megvalósítható legyen a rugalmas engedélyezési eljárás az UAV eszközök számára is. Ennek megteremtéséhez alapvetően az szükséges, hogy meghatározásra kerüljön, hogy milyen kategóriájú, milyen felszálló tömeggel rendelkező – ezen belül mekkora hasznos terhet szállítani képes – légijárműveknek kell az engedélyezési eljárásban részt venni. A jogi környezet mielőbbi megalapozása azért szükséges továbbá, mert az egyre szélesebb körben elterjedő UAV eszközök egyre szélesebb felhasználást eredményeznek. Ezáltal növekszik a különböző repülő események kialakulásának kockázata. Fontos és jelenleg még szabályozatlan területnek számít a pilóta nélküli eszközök felelősségbiztosításának a kérdése. Ez azért meghatározó terület, mivel sem a magyar, sem pedig az európai légtérben nem lehet olyan légijárművel repülni, amelyre a fenntartója nem kötött megfelelő biztosítást. Viszont a jelenlegi, ezzel foglalkozó szabályozások nem kötelezik az eszköz fenntartóját ilyen vagyoni, kár okozási jellegű biztosítás megkötésére. Éppen ezért fontos ezt a területet szabályozni, mivel egy esetleges UAV lezuhanásakor a földön lévő környezetben is okozhat károkat [3].

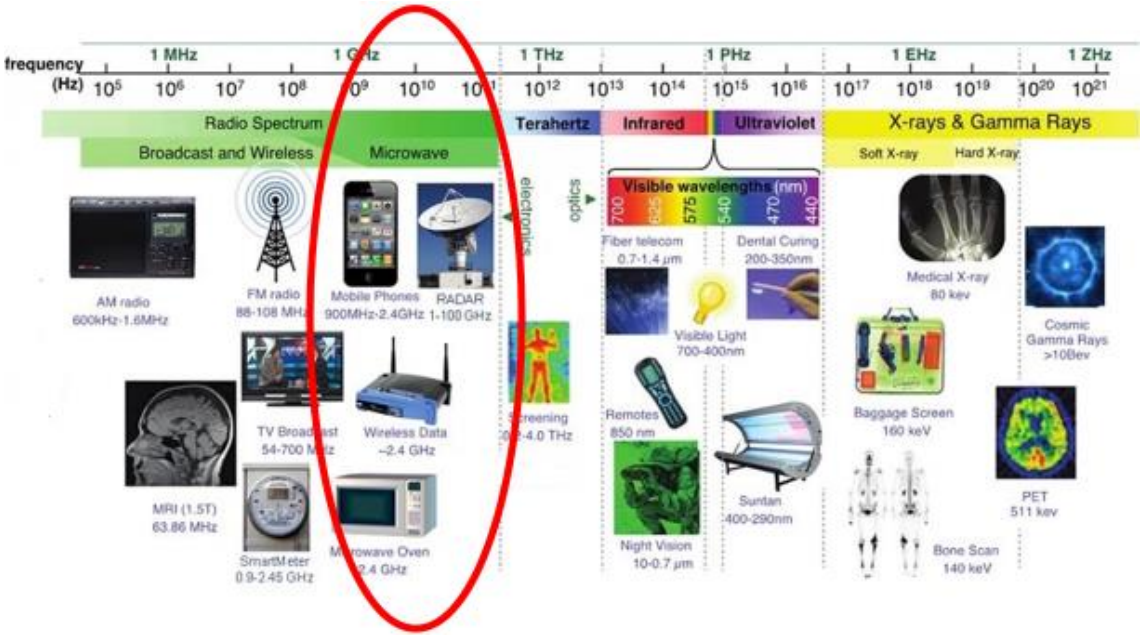
A jogi, etikai szabályozás további területe a fedélzeti kamerával rögzített videók, képek megfelelő adatkezelése, mivel ezek hanyag vagy szándékos, nem körültekintő felhasználása adatvédelmi törvényeket, személyiségi jogokat is sérthet.

Általánosságban kiemelendő azonban, hogy nem ezeknek a speciális személyzet nélküli légi járműveknek a használata jelent adatvédelmi problémát, hanem az ezen eszközökre szerelhető kiegészítőkkel megvalósuló atipikusnak[4] mondható adatkezelés. A legfőbb eltérés az eddigi adatkezelésektől az, hogy még a rendeltetésszerű használat is nagyon erős behatolást jelenthet a személyek magánszférájába, hiszen az eszköz képes arra, hogy válogatás nélkül gyűjtsön adatokat mindenről, ami a látókörébe kerül. Ez a látókör, az eddigi hasonló technológiák használati tapasztalataival összevetve szokatlanul széles és igen gyorsan változtatható. Ha nincs rá irányadó szabályozás (szemben egy helikopterre szerelt kamerával, vagy egy fix vagyonvédelmi kamerarendszerrel), képes arra, hogy mozgó személyeket, tárgyakat kövessen, anélkül, hogy erről az érintetteknek tudomása lenne. Ezen új technológia segítségével az adatkezelő könnyen képessé válhat rejtett megfigyelésre, hiszen a szállító légi eszköz mérete, amely a megfigyelést lehetővé teszi, egészen kicsi is lehet. Nehezen, vagy egyáltalán nem észlelhető továbbá gyors, sok esetben észrevétlen helyváltoztatásra képes [8].

Műszaki megoldások vizsgálata, fejlődésének szükségessége

[4] Nem tipikus, ritkán előforduló.

Napjainkban a pilóta nélküli eszközök a 2,4 Ghz-es frekvencia tartományban kommunikálnak (FHSS[5] modulációt használva) a távvezérlővel. A problémát viszont az jelenti, hogy a társadalomban is széles körben használt vezeték nélküli eszközök (vezeték nélküli telefon; Wi-Fi eszközök) többsége is ebben a frekvencia sávban működik, ahogyan a 2. ábrán látható. A kommunikációs technológia rohamos fejlődése miatt egyre több eszköz, rendszer használja ezt az ISM[6] frekvencia sávot, amely így lassan telítődésbe kerül és óhatatlanná válik, hogy az eszközök egymást zavarják. Az irányítás elvesztése egy eszköz felett akár ideiglenesen, akár véglegesen mindenképpen kockázattal járó helyzet. Erre példa, egy 2006-ban, az őcsényi repülőtéren történ eset, amikor nemzetközi repülő-modellező bemutatón egy több mint két méteres repülőgépmodell a nézők közé zuhant. Négyen könnyebben megsérültek, két ember pedig azonnal életét vesztette. Vélhetően egy, a rádió adó-vevőjét használó taxis vagy CB-rádiós okozhatta azt a rádiófrekvenciás zavart, amely miatt a baleset bekövetkezett [15]. Nem véletlen, hogy az UAV gyártók, az eszköz használati leírásában álltalában ajánlják a felhasználónak, hogy az okos telefont repülő üzemmódban használják a repülés folyamán, ha az közvetlenül csatlakozik a rendszerhez (pl.: videó rögzítése esetén) [5].



2. ábra Az elektromágneses sugárzás spektrumképe a zsúfolt ISM sávval (szerkesztette a szerző) [14].

A pilóta nélküli légijárművek esetében úgy, mint az ember által vezetett repülőgépek esetében is, a robotpilóta is szerves része lehet a jármű rendszereinek. Ez szükséges a pontos útvonal tartásában, ám hibás adatok (pl. GPS adatcsomag zavarás), vagy a navigációs rendszer vétel kiesése esetén, hiba lehet a döntési folyamatban, aminek következtében az eszköz akár lezuhanhat, megsemmisülhet, kárt okozhat épületekben, szélsőséges esetben az emberi életet is veszélyeztetheti [13].

[5] Frequency Hopping Spread Spectrum – Frekvenciaugratásos kiterjesztett spektrum – modulációs technika, kódosztásos többszörös hozzáférésű (CDMA) rendszer.

[6] ISM (Industtrial-Science-Medical) – Ipari, tudományos és orvosi területen működő eszközök rádió frekvencia sávjai. A Nemzetközi Távközlési Konferencia (ITU) 1947-ben határozta meg.

A repülésbiztonságot befolyásoló tényező még a drónok[7] műszaki, időszakos karbantartása is, amelyről csupán ajánlások vannak a gyártók részéről, de ezeknek a betartása minden felhasználó saját felelőssége. Így teljes mértékben az üzemeltetőre van bízva, hogy milyen munkálatokat mikor végez el. Ebből adódik, hogy nem megfelelő karbantartás is eredményezhet repülő eseményeket.

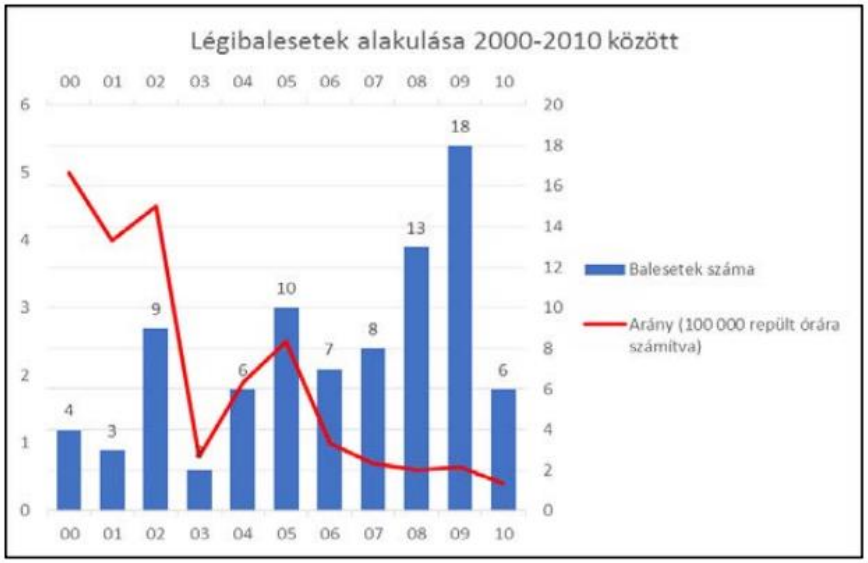
Emberi tényező

Nem mindegy, hogy a légijárművel történő repülését ki, hol és milyen szándékkal készül végrehajtani. Ha az ártó szándéktól még el is tekintünk, az emberi hibalehetőség spektruma még így is széles marad, ami jelentős kockázati tényezőt hordoz magában. A 3. ábrán egy FPV-s repülés látható mikor a kezelő akár egy helyiségben ülve, a monitor képernyőjén megjelenő adatok alapján „vezeti" az eszközt, a valós légihelyzetet nem pontosan ismerve. Ez magában hordozhat nagyon sok rizikófaktort, ui. a kamera felbontásának elégtelensége, vagy az adatátvitel gyengébb sebessége okán akár végzetes helyzetek is kialakulhatnak vagy az információ hiánya miatt a pilóta rossz döntéseket hoz, hozhat.

3. ábra Az emberi faktor [2]

Akár az előző kockázatot alapul véve, az UAV légibalesetek („A" osztályú[8] légi katasztrófa gyakorisága) 2000–2010 közötti kimutatása alapján egyértelműen megállapítást nyert az a tény, hogy az emberi hiba nagy százalékban (80–90%) játszik szerepet a katasztrófák kialakulásában és megtörténtében. Ezt alátámasztva a 4. ábrán kerül bemutatásra, hogy miként alakultak az UAV katasztrófák.

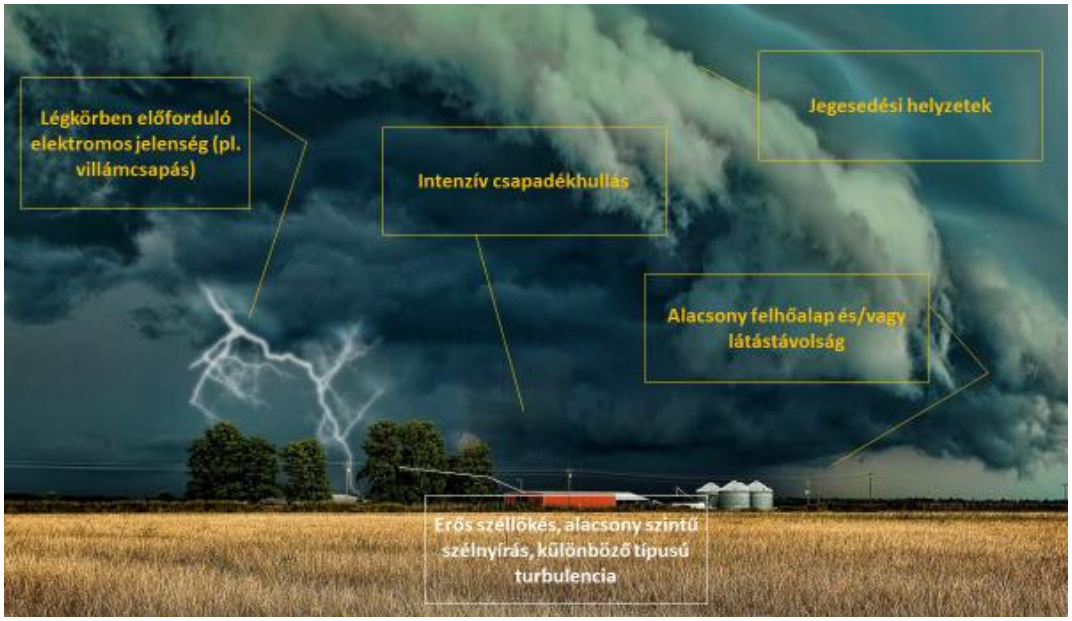
[7] A köznapi használatban a pilóta nélküli légijárművekre (UA – Unmanned Aircraft) használt kifejezés.
[8] „A" osztályú az az esemény, ha halált, rokkantságot, vagy totálkáros megsemmisülését okozza a technikai eszköznek.



4. ábra UAV eszközökkel történt légi balesetek gyakorisága [10]

Az időjárás repülést befolyásoló hatása

Ebbe a kockázati kategóriába sorolható az emberi tényező mellett az időjárás szerepe is, melynek néhány eleme az 5. ábrán kerül szemléltetésre. A szabadtéren történő használat során számos olyan meteorológiai helyzet alakulhat ki, amelyet nem ismerve, végső soron az eszközünk megsemmisülését is eredményezheti. Ezeknek a légköri viszonyoknak az előrejelzése, megismerése a repülési terv átdolgozását, felelős tervezést igényel, amely a repülési kockázatokat nagymértékben csökkenti, minimalizálja [10].



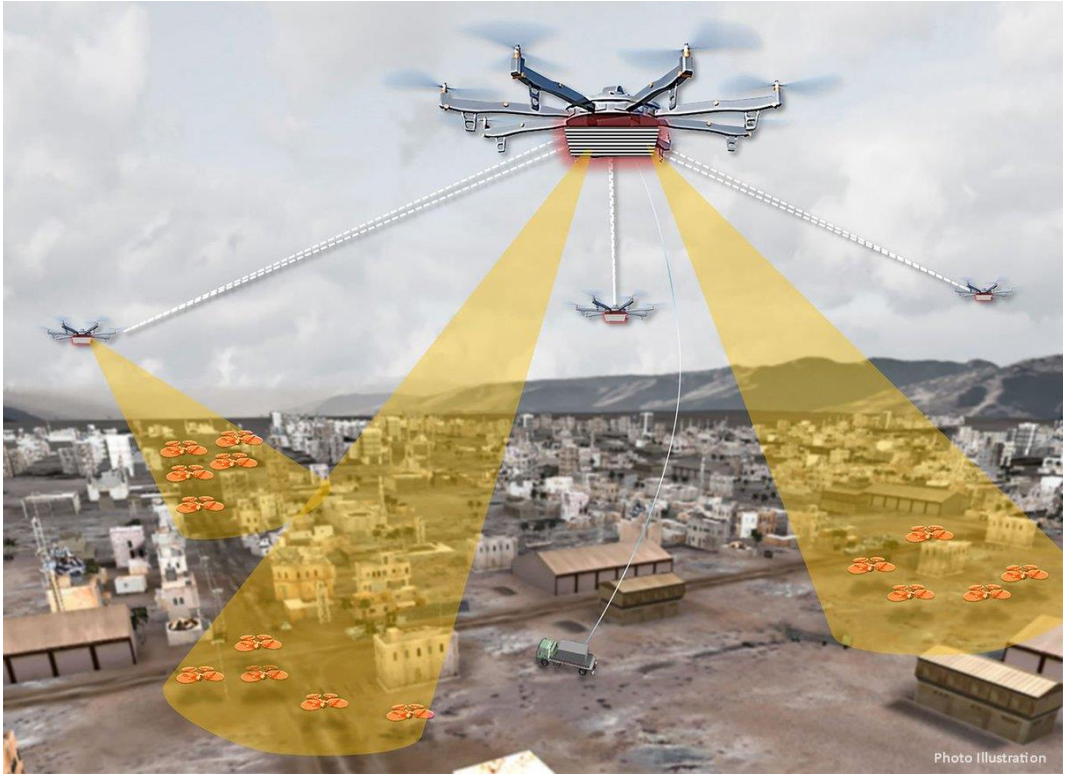
5. ábra Az UAV-ra veszélyes időjárási jelenségek (szerkesztette a szerző)

UAV ESZKÖZÖK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI A BIZTONSÁGTECHNIKA TERÜLETÉN

Az UAV-k felhasználását tekintve egyre inkább szélesedik az a piac, ami ezeket az eszközöket alkalmazza nem csak katonai vonatkozásban, hanem számos civil területen is. Ide sorolható a biztonságtechnika területe is, aminek legfőbb célja valaminek a megelőzése azáltal, hogy fenntart egy biztonságosnak kijelenthető állapotot. Ebben a fejezetben olyan speciális alkalmazási területeket mutatunk be, ahol a pilóta nélküli légijárművek felhasználása intenzívebb, amely előre vetíti a hasznosításuk egyre nagyobb szükségességét.

Telephelyek területvédelme

Ide olyan objektumok tartoznak, amelyek fallal, vagy kerítéssel körülhatárolt területet jelentenek és ezen belül helyezkednek el a védendő személyek, létesítmények, raktárak, gyárak. A meglévő, vagyonvédelmi rendszer mellett, vagy akár teljes egészében helyettesítve azt, sokkal pontosabb nyomon követést lehet megvalósítani az elkövetőkkel szemben. Így egy esetleges támadási, illetve behatolási kísérlet esetén sokkal több információval lehet szolgálni a behatolást és az azt követő folyamatot figyelemmel kísérve a levegőből. A riasztott fegyveres biztonsági őrség, vagy rendőrség helyszínre történő kiérkezéséig valós időben és biztonságosan lehet megfigyelni, követni az elkövetők mozgását infra-, vagy hőkamera segítségével [6].



6. ábra Telephelyek területvédelme drónokkal [12]

Elsősegélynyújtás levegőn keresztül

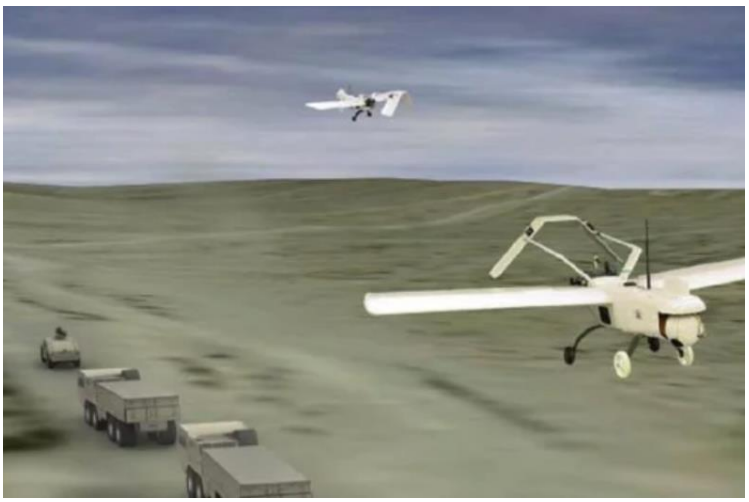
Ezt a megoldást nagy területen elhelyezkedő gyárak, üzemek esetében lehet alkalmazni abban a formában, hogy például egy baleset esetén az egészségügyi csomagot a sérülthöz lényegesen gyorsabban lehessen eljuttatni, mint földi úton, a mentők helyszínre érkezéséig.

Másik lehetőségként a különböző magassági viszonyok leküzdésére történőnő alkalmazása lehetséges, például hegymászó táborokból egy esetleges balesetet szenvedetthez való egészségügyi felszerelés eljuttatása, amellyel jelentős idő spórolható meg, így adott esetben emberéletet menthet meg.

7. ábra Elsősegélynyújtás levegőn keresztül drónokkal [4]

Szállítmányok őrzése, légi biztosítása

Ebben az esetben a nyilvánvaló cél egy „A” pontból kiinduló és „B” pont felé tartó szállítási feladat biztosítása, amelyben fontos személyek, veszélyes-, radioaktív anyagok, hulladékok stb. szállítása történik, vagy akár egy katonai műveleti területen (missziós területen) végrehajtott szállításai feladat kiegészítő biztosítása is lehet a levegőből [6].



8. ábra Szállítmányok őrzése, légi biztosítása drónokkal [11]

Aknamentesítés emberi áldozat nélkül

Egyes becslések szerint több mint 100 millió akna van telepítve szerte a világon, amelyek minden évben megközelítőleg 20 000 embert sebesítenek vagy ölnek meg. Az UAV alkalmazásával közel 20-szor gyorsabban megtisztíthatók lennének ezek a területek. A becslések szerint kevesebb, mint tíz év alatt mentesíteni lehetne ezeket az elaknásított területeket a 9. ábrán látható módszerrel, eljárással. Nem csak hogy gyorsabb eljárás a pilóta nélküli eszközök alkalmazása, de olcsóbb és legfőképpen biztonságosabb is [7].

9. ábra Aknamentesítés emberi áldozat nélkül drónokkal [7]

KONKLÚZIÓ

A publikációban megfogalmazott kockázatok figyelembevételével és a lehetséges felhasználási módokat szem előtt tartva, a biztonságtechnika területén az UAV légijárművekkel szemben több, az emberi élet megóvása és az eszköz épségének biztosítása érdekében számos követelményt kell lefektetni.

A repülések biztonságosabbá tétele érdekében az egyik ajánlásunk, hogy emberi távirányítás és autonóm repülés esetén is, a földi állomás és az UAV közötti kommunikációs kapcsolatot úgy kell megvalósítani, hogy ne lehessen szándékosan zavarni, törekedni kell a leginkább zavarvédett állapotra.

Az eszköz oldaláról megvizsgálva, úgy kell megválasztani az adott cél érdekében a légijárműveinket, hogy a különböző időjárási viszonyoktól függetlenül, a biztonságos „hazatéréshez" elegendő „energiatartalékkal" rendelkezve, szabad téren való felhasználás esetén se veszélyeztesse sem a repülés-, sem pedig a feladat pontos végrehajtásának biztonságát.

Az írásunk elején célként fogalmaztuk meg, hogy válaszokat keresünk arra a kérdésre, hogy vajon a jelen kor pilóta nélküli eszközeinek zavarvédettsége mennyire fejlett? Megállapítható, hogy a kereskedelemben forgalmazott eszközök nagy része nem maradéktalanul zavarvédett rendszer, ami jelentős repülés biztonsági kockázattal jár. Természetesen az említett kockázati tényező jelentősen függ a pilóta nélküli légijármű műszaki és technikai paramétereitől.

Másik fontos felvetés az volt, hogy az üzemeltetők feletti ellenőrzés mennyire időszerű? Ebben az esetben a jogalkotás során célszerű mérlegelni, hogy milyen szándékkal, földrajzilag, mely terület felett és milyen kategóriájú eszközzel történik a repülés. Mindebből az következik, hogy bizonyos osztályú eszközök esetében szükséges és nélkülözhetetlen az eszköz és üzemeltetője feletti hatósági kontroll. Mindez természetesen akkor válik egzakt módon kivitelezhetővé, amennyiben megalkotásra kerülnek a jog által lefektetett kategória meghatározások és az eszköz besorolások.

Az utolsó vizsgálati szempontot értékelve kijelenthető, hogy az időjárási viszonyok ismerete, az időjárás pontos előrejelzése nélkülözhetetlen kelléke egy alapos tervezési munkának, majd egy sikeres repülési feladat végrehajtásának.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] A kockázatok csoportosítása https://trackimo.com/new-drone-laws-may-disagree-faa-rules/

[2] Az emberi faktor, url: http://www.assureuas.org/newsStory.php?d=577

[3] Bali Tamás: Ajánlások az UAV-k biztonságos légi és földi üzemeléséhez szükséges (repülési) szabályokra url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2013_3/2013-3-01-Bali_Tamas.pdf, pp. 3-5

[4] Elsősegélynyújtás levegőn keresztül, http://www.unmannedsystemstechnology.com/2018/02/cybaero-uas-selected-search-rescue-sweden/

[5] Hell Péter: Drón-rendszerek biztonságos kommunikációja url: http://acta.bibl.u-szeged.hu/48074/1/vikek_019_020_169-175.pdf, pp. 4-5

[6] Kovács Tibor-Viplak Armand Máté Drónok a biztonságtechnikában, url: http://hadmernok.hu/172_01_kovacs.pdf, (pp. 8-12.) XII. Évfolyam 2. szám-2017. június

[7] Land mine-hunting drone aims to rid the world of EVERY ground explosive in under 10 years, url: http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3734014/Land-hunting-drone-aims-rid-world-ground-explosive-10-years-Firm-claims-20-times-faster-traditional-techniques.html

[8] Major Gábor: Ésszerű szabályozás vagy tiltás, avagy mit lehet kezdeni a drónokkal? Repüléstudományi közlemények XXVII. évfolyam, 2015. 1. szám, pp. 168-169. HU ISSN 1789-770X

[9] Major Gábor: Etikus-e a drónok használata? Honvédségi Szemle 144: p.105. HU ISSN 2060-1506

[10] Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, Második, javított kiadás, Dr. Palik Mátyás (szerk.), ISBN 978-615-5057-64-9, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2015. pp. 160-161, 199, 226-227

[11] Szállítmányok őrzése, légi biztosítása drónokkal, url: https://newatlas.com/go/3844/#p9231

[12] Területvédelem: url: http://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-27/issue-11/special-report/the-dawn-of-counter-drone-technologies.html

[13] Wührl Tibor: GPS navigációs problémák UAV alkalmazásokban, url: http://hadmernok.hu/kulonszamok/robothadviseles6/wuhrl_rw6.html

[14] https://www.tmtechnologies.com/technology-backgrounders/what-are-bandwidth-and-spectrum-deficit-and-crunch/

[15] http://www.origo.hu/itthon/20060513modellrepulo.html

RISKS OF UAV APPLICATION IN THE FIELD OF SECURITY

In recent years, due to the rapid development of the aviation/aerospace industry, computing and control technology - it become possible to apply these devices in a wide range, previously it could only be applied to specific tasks and solutions before a narrow, specific user layer. It can be said that most of the aircraft known today (the space devices not listed here) might be the most dynamic in the development of unmanned aerial vehicles. The conditions of use of the air devices are rapidly evolving and expands in the recent decades. In the following publication, the authors demonstrate the problems that the "drone user" is facing in a special area such as security technology. From this article, the reader will learn about elements of the UA flight risk in the field of Security Technology and the need to minimize their potential.

Keywords: unmanned aviation systems, drone, security technology, flight safety, legal regulation, ethical use

Gajdács László gyakorlati oktató Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859	László Gajdács Instructor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of On-Board Systems gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859
Major Gábor tanársegéd Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X	Gábor Major Assistant lecturer National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of On-Board Systems major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-09-0497_Major_Gabor-Gajdacs_Laszlo.pdf

Szilágyi Dénes

PA-46-350P REPÜLŐGÉP AERODINAMIKAI SZÁMÍTÁSA

A légijárművek normál hatótávolságának megnövelése minden esetben részletes teljesítményszámításokat követel az üzemanyag mennyiség pontos meghatározásához, mely nélkül nem lehet kezelni az üzemanyag elhelyezés technikai, súly – súlypont meghatározási és az esetlegesen felmerülő szilárdsági kérdéseket. Ezen felül a repülés biztonságos végrehajtásához feltétlenül szükséges sebesség és fogyasztás adatok megadása a hajózó személyzet részére, hiszen a repülési súly üzemanyag fogyás miatti jelentős változása megköveteli a repülési paraméterek ennek megfelelő beállítását a gyakorlat szempontjából megfelelő egy órás időközönként.

***Kulcsszavak**: hatótávolság-növelés, teljesítményszámítás, repülési paraméterek.*

BEVEZETÉS

Célkitűzés, egy ilyen repülőgép normál hatótávolságának 1345 nm értékről 2090 nm értékre növelése. Ennek megfelelően a szükséges kiegészítő üzemanyag mennyiségének és elhelyezésének meghatározása, a követendő repülési eljárás kidolgozása.

A számításokat a hatósági engedélyezéshez végzem el. Az átalakítás után a számítások helyességét és a beépített rendszer működőképességét repülési próbával szükséges bizonyítani. A számításokhoz a repülőgép Légiüzemeltetési utasítását (a továbbiakban POH) [1] és a repülőgép motorjának Üzemeltetési kézikönyvét (a továbbiakban LOM) [2] használtam fel.

A kiinduló adatok:

- a szárny fesztávolsága b = 13,11 m;
- húrhossz a szárnytőben cr= 1,61 m;
- húrhossz a szárnyvégen ct= 0,87 m;
- szárnyfelület S=16,3 m2;
- a szárny karcsúsága $AR = \frac{b^2}{S} = 10{,}55$;
- a repülőgép üres tömege [3] 3106,3 lbs[1] = 1409 kg;
- a két pilóta tömege: 375 lbs = 170 kg;
- a mentőfelszerelés tömege: 44,1 lbs = 20 kg;
- a normál tüzelőanyag tömege: 732 lbs (122 USG[2]) = 332,4 kg.

A kiegészítő tüzelőanyag becsült tömege az előzetes számítások alapján a legnagyobb hatótávolságot adó (LRC) üzemmód esetére: 466,5 lbs (77,76 USG) = 211,64 kg, amire még rájön a tartályok tömege [4] is.

A fentiekkel a maximális felszállótömeg 4744,3 lbs = 2152 kg lenne. A gép hivatalos MTOM[3] értéke 4340 lbs = 1968,6 kg (W = 21045,66 N). Így az MTOM túllépés ezen az üzemmódon

[1] Pounds – 0,45359237 kg
[2] USA Gallon – 3,785412 L
[3] Maximum Take-off Mass – Maximális szerkezeti felszállótömeg

8,86% lenne, amely az ilyen esetekben általában a hatóságok által engedélyezett 10% -os maximális növekmény alatt maradna.

RÉSZLETES SZÁMÍTÁS

A részletes számításokhoz szükséges a repülőgép polárisának és a szükséges teljesítmény görbéknek a meghatározása.

A motor maximális teljesítménye 350 LE = 257,3 kW nmax = 2500 1/min értéknél. A Hartzell HC-I3Y1R-1N légcsavar adatai csak a típusalkalmassági bizonyítvány adatlapján [5] álltak rendelkezésre (3 tollú állítható D = 80' = 2032 mm). A gyártó a hatásfok görbékre vonatkozó kérésemet elhárította, de azért megadta a maximális légcsavar hatásfokot amely η=0,86. A POH tartalmazza az átesési sebességet (v_s = 69 KIAS = 35,5 m/s) tengerszinten ISA[4] kondíciók mellett az MTOM esetére, amelyből a maximális felhatjóerő tényező meghatározható:

$$C_{Lmax} = \frac{2\,W_{MTOM}}{\rho_0\,S\,v_s^2} = 1{,}542$$

A szárny felületi terhelése MTOM esetére:

$$\frac{W_{MTOM}}{S} = 1189{,}7\ N/m^2$$

És a túlterhelt gépre:

$$\frac{W_{max}}{S} = 1296{,}4\ N/m^2$$

Ezzel az átesési sebesség tengerszinten a túlterhelt gépre:

$$v_s = \sqrt{\frac{2W_{max}}{\rho_0 S c_{Lmax}}} = 37{,}05\ m/s$$

Az utazóteljesítmény adatok a POH 5-31, 5-33, 5-35 diagramjaiban MCM[5] = 3900 lbs tömegre vannak meghatározva. A szárny felületi terhelése ekkor:

$$\frac{W_{MCM}}{S} = 1069{,}08\ N/m^2$$

A repülőgép káros ellenállás értékének meghatározásához a POH 5-27 oldalán található fogyasztás adatokat, az 5-31 utazóteljesítmény diagramot, és a LOM 3-5 teljesítmény görbéit használtam fel. Az 1. táblázatban összesítettem a kinyert adatokat a 3 lehetséges utazó üzemmódra és magasságra.

Érdekes, hogy az SFC[6] a nagy hatótávolságú üzemmódon nagyobb, mint a nagyobb teljesítményt igénylő többi üzemmódon. Ennek oka az lehet, hogy az eredetileg 350 LE teljesítményű motort 126 LE teljesítményen már nem olyan gazdaságos járatni, mert erősen folytani kell és így a turbótöltők (2 van belőle) nem tudnak olyan hatásfokkal dolgozni. A táblázatban láthatóak

[4] International Standard Atmosphere – Nemzetközi egyezményes légkör
[5] Mean Cruise Mass - Közepes utazórepülési tömeg
[6] Specific Fuel Consumption - Fajlagos üzemanyag fogyasztás

az előrehaladási fok függvényében becsült légcsavar hatásfok értékek. A teljes számítást a két esélyes üzemmódra az LRC[7]-re és az EC[8]-re végeztem el.

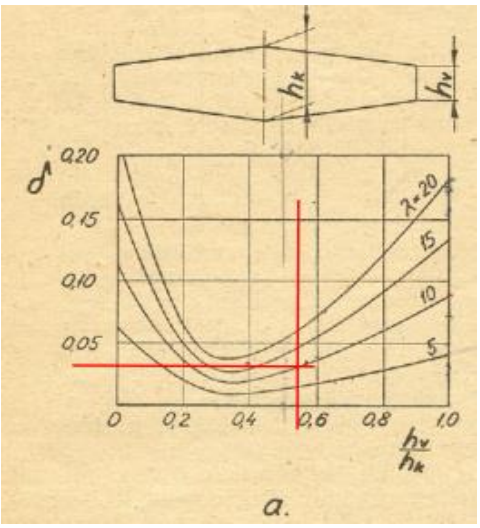
Üzemmódok	RPM	MAP ["Hg]	BHP	FF [GPH]	FF [kg/h]	P_{eff} [W]	SFC [kg/Wh]	η_{lcs}	P_r [W]	v_{TAS} [kt]	v_{TAS} [m/s]	SR [nm/USG]
Long range cruise at 9000' (LRC)	2200	20	126	11	29,94	92647,06	0,000323136	0,82	75970,59	128	65,85	11,64
Economy Cruise at FL200 (EC)	2200	26	199	15	40,82	146323,53	0,000278998	0,84	122911,76	178	91,62	11,87
Normal Cruise at FL200 (NC)	2400	30	245	18	48,99	180147,06	0,000271938	0,86	154926,47	195	100,37	10,83

1.táblázat Fő paraméterek

Az LRC üzemmód számítása

A repülési magasság ennél az üzemmódnál H = 9000’ (ez adja a legkedvezőbb hatótávolságot 1345 nm értéket ISA szerint szélcsendben 8,25 USG navigációs tartalékkal). Az adatok MCM = 3900 lbs értékhez vannak megadva. A sűrűség ISA szerint ρ=0,9334 kg/m^3. Az utazósebességet az 1. Táblázat tartalmazza. Ezekkel az adatokkal az MCM-hez tartozó felhajtóerő tényező meghatározható az alábbi összefüggéssel:

$$c_{L\,LRC} = \frac{2W_{MCM}}{\rho S v^2} = 0{,}528$$



1.ábra Oswald tényező

Az indukált ellenállás tényező meghatározásához szükség volt a trapézviszony figyelembevételére is. A húrhossz értékeket gépadat híján, a sárkányszerkezeten mértük le. A h_v = 0,87 m és a h_k = 1,61 m értékű, amelyekkel a trapézviszony AR = 0,54 értékű. A [6] szakirodalom 22. ábrája, itt 1. ábra alapján az Oswald tényező értéke δ = 0,032. Így az indukált ellenállás tényező értéke LRC üzemmódon MCM tömegnél:

[7] Long Range Cruise – Nagy hatótávolságú utazórepülési üzemmód
[8] Economy Cruise – Gazdaságos utazórepülési üzemmód

$$c_{Di} = (1 + \delta)\frac{c_{L\,LRC}^2}{\pi AR} = 0{,}008694$$

A rendelkezésre álló teljesítmény értékeket (P_r=P_{eff} η) az 1. táblázat tartalmazza. Az LRC üzemmódhoz tartozó ellenállás értéke az alábbi összefüggéssel számítható egyenes vonalú vízszintes repülés esetére (P_r = $P_{szüks}$):

$$D = \frac{P_r}{v} = 1153{,}71 \text{ N}$$

Az egész gép ellenállástényezője kifejezhető az alábbi összefüggéssel:

$$c_D = \frac{2\,D}{\rho\,S\,v^2} = 0{,}034974$$

A nulla felhajtóerőhöz tartozó ellenállás tényezője:

$$c_{D0} = c_D - c_{Di} = 0{,}02628$$

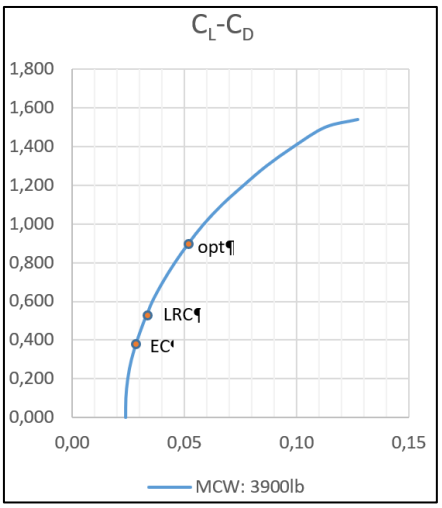
A repülőgép szárnyprofil adatai csak annyiban állnak rendelkezésre, hogy a tő (NACA[9] 23015) és a vég (NACA 23009) profiljai vannak megadva. A számítás során a (légcsavar hatásfok után) következő közelítés az volt, hogy az egész szárnyat az átlagnak megfelelő vastagságú NACA 23012 profillal helyettesítettem. A [7] szakirodalom 1. ábrája alapján a c_{LLRC} felhajtóerő tényezőhöz tartozó profilellenállás értéke c_{DPR} = 0,0097. Ezzel az értékkel a káros ellenállás tényező értéke:

$$c_{Dk} = c_{D0} - c_{DPR} = 0{,}016581$$

A számítás pontosságának növelése érdekében elvégeztem a másik két üzemmódra is a c_{DK} értékek meghatározását (2. táblázat) a fentebb leírt módon.

Üzemmódok	c_L	c_D	c_{Di}	ε	c_{D0}	c_{DPR}	c_{DK}
LRC at 9000'	0,528265344	0,0349745	0,008693933	0,066206304	0,026281	0,0097	0,016580563
EC at FL200	0,390259907	0,0300439	0,004744822	0,07698442	0,025299	0,0092	0,016099111
NC at FL200	0,325180668	0,0288035	0,003294287	0,088576885	0,025509	0,009	0,016509203

2.táblázat Az egyes üzemmódokhoz tartozó aerodinamikai paraméterek



2.ábra A repülőgép polárisa a nevezetes pontokkal

[9] National Advisory Committee for Aeronautics – Nemzeti Légiközlekedési Tanácsadó Testület

Az így kapott 3 c_{DK} érték számtani átlagával végeztem a további számításokat (c_{DK} = 0,016396). Ezekkel az adatokkal már lehetővé válik a repülőgép polárisának (2. ábra) és a szükséges teljesítmény görbék megrajzolása.

A V_{opt} számítása

A V_{opt} meghatározása lényeges abból a szempontból, hogy meg lehessen ítélni a POH által az egyes üzemmódokhoz feltüntetett sebességértékek hogyan viszonyulnak hozzá. A klasszikus megközelítés szerint a V_{opt} esetén a c_{Dopt} = 2 c_{D0}. Ennek megfelelően felírhatjuk, hogy

$$c_{D0} = c_{Di} = (1+\delta)\frac{c_{Lopt}^2}{\pi AR}$$

amelyből a c_{Lopt} és a hozzá tartozó v_{opt} kifejezhetők az alábbi módokon:

$$c_{Lopt} = \sqrt{\frac{c_{D0}\pi AR}{1+\delta}} \text{ és } v_{opt} = \sqrt{\frac{2W}{\rho S c_{Lopt}}}$$

A 3. táblázat tartalmazza az értékeket mindhárom vizsgált üzemmódra.

Üzemmódok	c_{Lopt}	v_{opt} [m/s]	v_{TAS} / v_{opt}
LRC at 9000'	0,91846225	49,9394616	1,318574265
EC at FL200	0,901148998	60,2936516	1,519572179
NC at FL200	0,904882992	60,16912231	1,668145213

3.táblázat V_{opt} értékek a különböző üzemmódokhoz

Megjegyzés: A közelítés (C_{Di}=C_{D0} és C_{D0}-nál figyelembe vettem a C_{Dpr} változását a C_L változásakor) miatt tér el kismértékben a C_{Lopt} értéke a három üzemmódban.

A POH 5-31 grafikonja alapján a sebesség értékek az 1. táblázat v_{TAS} oszlopában szereplő értékekhez képest jóval magasabbak. Ezek arányát mutatja a 3. táblázat utolsó oszlopa. Mivel az LRC üzemmód adja a legnagyobb hatótávolságot, ezért az ε=0,0662 értéket fogjuk célként tartani, amely ehhez az üzemmódhoz tartozik.

A hatótávolság számítása LRC üzemmódon

A POH 5-33 a hatótávolság maximumát LRC üzemmódon 9000ft magasságban lehet elérni, és amely érték ISA kondíciók mellett L_{LRC}=1345 nm. Ehhez a repülési időtartam a POH 5-35 grafikonja alapján 10,3 h. Ezzel az átlagsebesség 130,58kts = 67,2137 m/s értékre adódik. Ebben benne van az emelkedés és a süllyedés és még marad 8,25 USG tartalék üzemanyag. Ezzel a felhasználható üzemanyag mennyisége 120 – 8,25 = 111,75 USG. A POH 5-27 és 5-37 grafikonjaiból ki lehet szerkeszteni az emelkedéshez és a süllyedéshez szükséges üzemanyag mennyiséget, időt és a levegőhöz képest megtehető távolságot. A 4. táblázat tartalmazza ezeket az értékeket.

Részletes tervezés LRC / 9000' ISA / 120 USG	Fuel [USG]	Time [min]	Distance [nm]
CLB from SL to 9000' at ISA (POH 5-27)	9,00	10,50	23,00
DESC to SL from 9000' at ISA (POH 5-37)	4,30	12,50	37,00
Összesen	13,30	23,00	60,00

4.táblázat LRC emelkedési és süllyedési adatok

Ebből látható, hogy a vízszintes repülésre felhasználható üzemanyag mennyisége:

$$120 - 8{,}25 - 13{,}3 = 98{,}45 \text{ USG}$$

A vízszintesen megtett távolság értéke:

$$1345 - 60 = 1285 \text{ nm}$$

Ezekkel a vízszintes szakasz fajlagos hatótávolsága:

$$SR_{LRC} = \frac{1285\ nm}{98{,}45\ USG} = 13{,}052\ nm/USG$$

A szükséges távolság, amelyet le kellene repülni 2090 nm, amely ΔL = 805 nm távolsággal nagyobb vízszintes repülést jelent. Az SR_{RLC} segítségével a szükséges további üzemanyag:

$$\Delta V = \frac{\Delta L}{SR_{LRC}} = 61{,}675\ USG$$

Ezzel a teljes szükséges üzemanyag mennyiség:

$$120 + 61{,}675 = 181{,}675 \text{ USG}$$

értékre adódik.

Ezzel a mennyiséggel meghatározott felszállótömeg TOM_{LRC}[10]=4654,7 lbs = 2111,3 kg, ami csak ΔTOM = 317,7 lbs = 142,75 kg értékkel (7,25%-kal) nagyobb az MTOM-nél. Tehát az LRC üzemmódon 9000' magasságban a feladat végrehajtható és az eredetileg tervezett 3 db 33 USG térfogatú puhafalu póttartály helyett elegendő lenne 2 db elhelyezése a törzsben.

A fajlagos hatótáv ellenőrzése LRC üzemmódon

A MCM = 3900 lbs közepes utazórepülési tömegre az 1. táblázatban levő fajlagos hatótávolság SR_{LRC} = 11,6364 nm / USG értékét össze kell hasonlítani az L_{LRC}=1345 nm és a felhasználható 111,75 USG üzemanyag mennyiség segítségével számított SR értékkel, amely kiszámítható az alábbi összefüggéssel:

$$SR = \frac{1345\ nm}{111{,}75\ USG} = 12{,}036\ nm/USG$$

A különbség 3,4% ami jó egyezésnek minősíthető.

Az utazórepülés számítási koncepciója, hogy tartani kellene a 2. táblázatban szereplő C_L és ε értékeket. Ennek megfelelően az üzemanyagfogyással csökkenő gépsúly miatt csökken annak ellenállása is a D = ε W összefüggésnek megfelelően. Igy csökken a repülési sebesség is az alábbiak szerint:

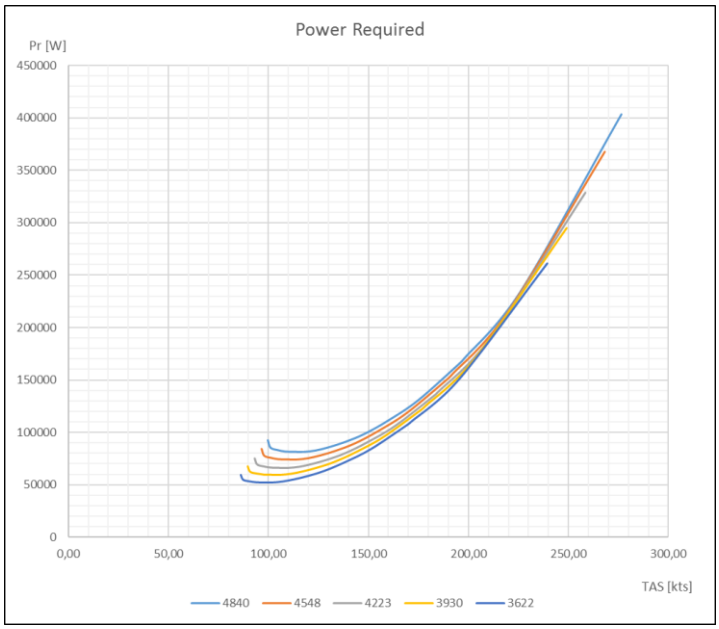
$$v = \sqrt{\frac{2\ W}{\rho\ S\ c_L}}$$

A repülési sebesség csökkenése miatt a szükséges teljesítmény P_{sz} = D v értéke is csökken. Ezt elfogadva az óránkénti üzemanyag fogyasztás is csökkenni fog a következő összefüggés szerint:

[10] Take-Off Mass – Aktuális felszállótömeg

$$\mathrm{FF} = \mathrm{SFC}\ \mathrm{P}_{eff} = \frac{SFC\ P_{sz}}{\eta_{lcs}}$$

Ezzel a gondolatmenettel óránként kiszámítom a fogyasztást, a W változását és a tartandó sebességet. A 3. ábra mutatja a P_{sz} alakulását a tömegcsökkenés következtében.



3.ábra A szükséges teljesítmény a tömeg függvényében

Az LRC üzemmódon a részletes számítások az eredeti 128 KTAS[11] átlagsebességhez képest, a nagyobb tömeg miatt nagyobb 130,6 KTAS átlagsebesség tartozik. Az átlagos fogyasztás utazórepülés közben az eredetileg a FOM 5-27 oldalán lévő 11 USG/h értékhez képest 11,6 USG/h értékre adódott. Így az LRC üzemmódon az eredetileg kalkulált üzemanyag mennyiség nem elegendő a feladat végrehajtásához (további legkevesebb 16,9 USG kellene), nem is beszélve a 15:59 repülési időtartamról, amitől a leendő személyzet határozottan elzárkózik… Az LRC üzemmód elvetése mellett szól még az is, hogy az előzőekben említett okok miatt az SFC itt 15,8%-kal (!) nagyobb, mint az EC üzemmódon.

Az EC üzemmód számítása

A hatótávolság számítása EC üzemmódon

A POH 5-33 a hatótávolság maximumát EC üzemmódon FL200[12] magasságban lehet elérni, és amely érték ISA kondíciók mellett L_{EC}=1156 nm. Ehhez a repülési időtartam a POH 5-35 grafikonja alapján 6,5 h. Ezzel az átlagsebesség 177,85kts = 91,54 m/s értékre adódik. Ebben is benne van az emelkedés és a süllyedés és szintén marad 8,25 USG tartalék üzemanyag, tehát a felhasználható üzemanyag mennyisége most is 111,75 USG. A POH 5-27 és 5-37 grafikonjaiból ki lehet szerkeszteni az emelkedéshez és a süllyedéshez szükséges üzemanyag mennyiséget, időt és a levegőhöz képest megtehető távolságot. Az 5. táblázat tartalmazza ezeket az értékeket.

[11] Valós légsebesség tengeri mérföld per órában kifejezve
[12] Flight Level – Repülési szint 1000 ft értékben kifejezve a 1013,25 hPa izobár felülethez képest.

Részletes tervezés LRC / FL200 ISA / 120 USG	Fuel [USG]	Time [min]	Distance [nm]
CLB from SL to FL200 at ISA (POH 5-27)	16,50	25,00	64,00
DESC to SL from FL200 at ISA (POH 5-37)	7,75	25,00	83,00
Összesen	24,25	50,00	147,00

5. táblázat EC emelkedési és süllyedési adatok

Ebből látható, hogy a vízszintes repülésre felhasználható üzemanyag mennyisége:

$$120 - 8{,}25 - 24{,}25 = 87{,}5 \text{ USG}$$

A vízszintesen megtett távolság értéke:

$$1156 - 147 = 1009 \text{ nm}$$

Ezekkel a vízszintes szakasz fajlagos hatótávolsága:

$$SR_{EC} = \frac{1009\ nm}{87{,}5\ USG} = 11{,}53\ nm/USG$$

A szükséges távolság, amelyet le kellene repülni 2090 nm, amely ΔL = 1080,2 nm távolsággal nagyobb vízszintes repülést jelent. Az SR_{EC} segítségével a szükséges további üzemanyag:

$$\Delta V = \frac{\Delta L}{SR_{EC}} = 93{,}67\ USG$$

Ezzel a teljes szükséges üzemanyag mennyiség:

$$120 + 93{,}67 = 213{,}67 \text{ USG}$$

értékre adódik.

Ezzel a mennyiséggel meghatározott felszállótömeg TOM_{EC}=4839,5 lbs = 2195,19 kg, ami csak ΔTOM = 499,49 lbs = 226,57 kg értékkel (11,51%-kal) nagyobb az MTOM-nél. Az EC üzemmódon FL200 magasságban már szükséges az eredetileg tervezett 3 db 33 USG térfogatú puhafalu póttartály a törzsben.

A fajlagos hatótáv ellenőrzése EC üzemmódon

A fajlagos hatótáv ellenőrzése az LRC üzemmóddal azonos módon történik. A MCM = 3900 lbs közepes utazórepülési tömegre az 1. Táblázatban levő fajlagos hatótávolság SR_{EC} = 11,87 nm / USG értékét össze kell hasonlítani az L_{EC}=1156 nm és a felhasználható 111,75 USG üzemanyag mennyiség segítségével számított SR értékkel, amely kiszámítható az alábbi összefüggéssel:

$$SR = \frac{1156\ nm}{111{,}75\ USG} = 10{,}344\ nm/USG$$

A különbség 12,5% ami már jelentős. E különbséget a jóval nagyobb magasságba történő emelkedés és a POH szerinti jelentős teljesítménnyel (megegyezik az EC utazó rezsimmel) végrehajtott süllyedés okozza.

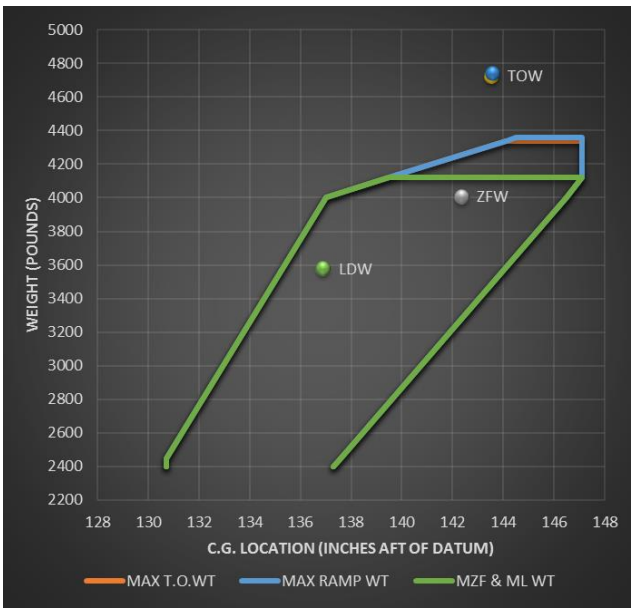
A részletes számítás menete megegyezik az LRC üzemmódnál ismertetett módszerrel. A nagy magasságra való tekintettel a TOM_{EC}/MTOM = 1,115 tömegaránnyal megnöveltem az emelkedéshez szükséges időt és üzemanyag mennyiséget. Az eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

ECON CRZ	DEP-TOC	TOC - 1:00	1:00 - 2:00	2:00 - 3:00	3:00 - 4:00	4:00 - 5:00	5:00 - 6:00	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 10:59	TOD - 11:24	DEST
Mass [lbs]	4839,5	4729,1	4665,2	4548,2	4435,5	4327,0	4222,5	4121,7	4024,5	3930,7	3840,2	3752,8	3668,9	3622,4
W [N]		21044,9	20760,4	20239,6	19738,3	19255,5	18790,2	18341,8	17909,3	17492,0	17089,2	16700,3		
D = ε W		1620,1	1598,2	1558,1	1519,5	1482,4	1446,6	1412,0	1378,7	1346,6	1315,6	1285,7		
v [m/s]		100,7	100,0	98,7	97,5	96,3	95,1	94,0	92,9	91,8	90,7	89,7		
Peff [W]		194195,5	190270,0	183155,4	176392,8	169960,6	163838,7	158008,6	152453,0	147156,0	142102,6	137278,9		
FF [kg/h]		54,2	53,1	51,1	49,2	47,4	45,7	44,1	42,5	41,1	39,6	38,3		
FF [USG/h]	32,0	19,9	19,5	18,8	18,1	17,4	16,8	16,2	15,6	15,1	14,6	14,1	18,6	
Fuel [USG]	18,40	10,7	19,5	18,8	18,1	17,4	16,8	16,2	15,6	15,1	14,6	14,0	7,8	
v [kts]	153,6	195,6	194,3	191,8	189,4	187,1	184,8	182,6	180,5	178,3	176,3	174,3	199,2	
Dist [nm]	64,0	104,7	194,3	191,8	189,4	187,1	184,8	182,6	180,5	178,3	176,3	173,1	83,0	
IAS/FL200	125	143	142	140	138	137	135	133	132	130	129	127	165	
ETE	0:27	0:32	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	0:59	0:25	
ETA	0:27	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	10:59	11:24	
Fuel Rem [USG]	213,67	195,28	184,62	165,11	146,34	128,25	110,83	94,04	77,84	62,21	47,12	32,56	18,58	10,83

6.táblázat Részletes repülési terv adatok EC üzemmódra

A sárgával kiemelt sorok, amelyek a hajózószemélyzetnek igazán fontos. A modell alapján a közelítő számítások szerinti 12,57 óra helyett 11,4 órát kell repülni a 2090 nm megtételéhez. Ez már lényegesen jobban megfelel a hajózószemélyzet elképzeléseinek. Látható az is, hogy az eredetileg tervezett 8,25 USG tartalék helyett a célállomáson 10,8 USG marad a tartályokban. Ennek az LRC üzemmódhoz képest lényegesen jobb teljesítménynek az oka az EC üzemmód 15,8%-kal jobb SFC értéke, és az itt 2%-kal jobb a légcsavar hatásfok is.

A szükséges 93,67 USG kiegészítő üzemanyag mennyiség elfér a tervezett 3 db 33 USG térfogatú puhafalu tartályban, melyet a törzsben kell elhelyezni. A tartályok és azok kiegészítői rendelkeznek bizonyítvánnyal, illetve hasonló installáció rendelkezik hatósági engedéllyel Ausztráliában. A rendszer hivatalossá tétele EU tagállamban még a jövő zenéje, mert u.n. egyszerű változtatásként (CS-STAN alapján) nem kivitelezhető, tehát hatósági engedély köteles. Az installáció, ráadásul módosítja a gép karbantartási programját, a repülésvégrehajtási eljárásokat, továbbá természetesen a rendszer működését és a számítás helyességét repülési próbával ellenőrizni kell. Amennyiben a szakhatóság nem járul hozzá a 11,5% MTOM növekményhez, akkor az útvonalat a kb. 80 USG mennyiségű kiegészítő üzemanyaggal lehet lerepülni LRC üzemmódon, ami 8,9%-os MTOM növekedést jelent.



4.ábra Súlyponthelyzetek EC üzemmódon

Tekintettel arra, hogy ez az installáció csak egyetlen útra szükséges, reményeim szerint a szakhatóság engedélyezi a 10% fölötti tömegnövekedést. Bármely két üzemmódot nézzük, további probléma, hogy a súlyponti burkológörbén jelentősen kívülre esik a TOM és a hozzá tartozó súlyponthelyzet, melyet a 4. ábra mutat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Piper Malibu Mirage G1000 Information Manual 767-082 Issued 26.10.2009
[2] Operator's Manual Lycoming TIO-540-AE2A Series 60297-27 Issued November 2006
[3] A 4636499 gyári számú repülőgép súlymérési jegyzőkönyve 2014.09.05.
[4] Turtle-Pac Drum 25-33 Installation Overview
[5] FAA type certificate data sheet No. P33EA June 13, 2016
[6] Rácz Elemér A repülés mechanikája, Tankönyvkiadó Budapest, 1953
[7] NACA Technical Report No 530

PERFORMANCE ANALYSIS OF THE PA46-350P AIRCRAFT

Any extension of the range of an aircraft need detailed performance analysis for definition of the accurate quantity of fuel without that the technical questions related to the placement of the fuel the mass and balance and the strength analysis occasionally required cannot be handled. Furtherly for the safe operation the flight crew needs the indicated airspeeds and fuel consumptions because of the significant change in the mass of the aircraft due to the fuel consumption requires the adjustment of this essential flight parameters practically hourly manner.

Keywords: *extension of the range, performance analysis, flight parameters*

Dr. Szilágyi Dénes (PhD)	Dénes Szilágyi (PhD)
főiskolai docens	college associate professor
Nyíregyházi Egyetem	University of Nyíregyháza
Közlekedéstudományi és Infotechnológiai Tanszék	Department of Transportation and Infotechnology
szilagyi.denes@nye.hu	szilagyi.denes@nye.hu
http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm	http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm
orcid.org/0000-0001-6055-0010	orcid.org/0000-0001-6055-0010

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-10-0450_Szilagyi_Denes.pdf

Bali Tamás

SZEMÉLYMENTÉSI ELJÁRÁS VAGY KUTATÁS-MENTÉS?

Jelenkorunk műveleteit elemezve egyre többször találkozhatunk a személymentéssel mint fogalommal, mely több olyan eljárást foglal magában, amelyek lehetőséget teremtenek egy fogvatartott személy kimenekítésére. A fogalom azonban nem csupán katonai eljárásokat takar. Megjelenhetnek akár diplomáciai és pénzügyi módszerek is. Mindezek mégis – hangsúlyozottan – a katonai műveletekkor kerülnek aktivizálásra. Ennek ellenére a kutatás-mentés nem jellemzően a harci műveletek kiegészítője, mint inkább a békeidős légiforgalom támogató eleme. Sokan ezt a két fogalmat összemossák, keverik. Tanulmányomban a fogalmakat összetevőikkel együtt elemzem.

Kulcsszavak: *kutatás-mentés, személymentés, helikopter, elszigetelt személy*

BEVEZETŐ

Napjaink egyre komplexebb világában kiemelkedő fontosságúvá vált, hogy kontrasztos különbséget tudjunk tenni az amúgy egymáshoz hasonlatosnak tűnő folyamatok, és ezzel együtt az azokhoz kapcsolódó fogalmak között. Megnőtt a jelentősége annak, hogy a mára gyűjtőfogalommá vált kifejezéseket részterületekké bontsuk és azokat önmagukban, mint önálló területeket vizsgáljuk.

Plasztikusan megközelítve: Az ejtőernyőzés fogalmi szinten a második világháborút követő időszakig körkupolás ernyők alkalmazásával a pilótamentést, illetve a lövész katonák kijuttatását szolgálták. Az ezt követő időszakban megjelentek azok a légcellás ejtőernyők (az ún. paplanernyők), melyek a kialakításuk okán lényegesen kisebb süllyedési sebességgel, de sokkal jobb siklószámmal[1] rendelkeznek a körkupolásoknál. Ezek az ejtőernyők újabb alkalmazási módozatokat nyitottak az ejtőernyőzésben. Lehetőség nyílt a nagytávolságú rajtaütési bevetésekre úgy, hogy a nagymagasságon repülő szállítórepülőgépből kiugró ejtőernyősök az ugrást követően szinte azonnal nyitják a kupolát. Ezt követően a műholdnavigációs eszközeik segítségével elnavigálva a leszállópontjukra siklanak, ahol az éjjellátóik segítségével leszállnak. Ez a különleges műveleti eljárás jelenkorunk műveleti területein mindennapossá vált. Érthető tehát, hogyha az ejtőernyőzésre mint fogalomra tekintünk akkor meg kell említeni a körkupolás ernyő alkalmazását pilótamentésre, nagyszámú lövészkatona kijuttatására kismagasságból, teherdobásra, harcászati repülőgépek fékezésére, a légcellását különleges műveletek támogatására vagy éppen kutató-mentő erők kijuttatására.

Nincs ez másképp a tanulmány témájával sem. Jelenkorunk műveleteit elemezve egyre többször találkozhatunk a személymentéssel mint fogalommal, mely több olyan eljárást foglal magában, amelyek lehetőséget teremtenek egy fogvatartott személy kimenekítésére. A fogalom azonban nem csupán katonai eljárásokat takar.

[1] Siklószám: a légijárműveknél használatos kifejezés, mely a hajtómű használata nélküli siklórepülésben megtett út és az elveszített magasság hányadosa. Másképp: egységnyi magasságról kezdve a siklást, a kiindulási ponttól hány egységre lehet eljutni az adott repülőgéppel.

Megjelenhetnek akár diplomáciai és pénzügyi módszerek is. Mindezek mégis – hangsúlyozottan – a katonai műveletekkor kerülnek aktivizálásra. Ennek ellenére a kutatás-mentés nem jellemzően a harci műveletek kiegészítője, mint inkább a békeidős légiforgalom támogató eleme. Sokan ezt a két fogalmat összemossák, keverik.

SZEMÉLYMENTÉSI ELJÁRÁSOK

Ha az elmúlt időszak háborús eseményeit és az azokhoz kapcsolódó médiamegjelenéseket tekintjük, akkor mindenki előtt nyilvánvalóvá válik, hogy micsoda negatív propaganda értéke van annak, ha egy katonát az ellenséges erők elfognak és fogva tartanak. Mely mértékben képes az befolyásolni egy adott nemzet politikai döntéshozatali folyamatát és mennyire képes negatívan hatni a stratégiai célok elérésében. Éppen ezért, a NATO tagországok haderejei ütőképes, a személymentésben jól képzett erőket tartank fenn annak érdekében, hogy minél előbb képesek legyenek beazonosítani az elfogott személyeket, vagy éppen azokat, akik elszigetelődtek a saját erőktől. A Személymentés, mint gyűjtőfogalom, ezt a folyamatot és ezzel együtt ezt a képességet szimbolizálja.

A személymentési eljárás (a továbbiakban: PR[2]) magába foglalja mindazon katonai, diplomáciai, gazdasági erőfeszítéseket, melyek biztosítják (a műveleti területen) a saját erőktől elszigetelődött személyek mentését és katonai rendszerbe történő teljesértékű visszaillesztését [1]. Ezt kiegészítve az Obama adminisztráció kijelentette, hogy a személymentésnek magába kell foglalnia mindazokat a megelőző tervező folyamatokat is, amelyek lehetővé teszik a katonák, katonai csoportok megóvását az elszigetelődéstől [2]. Ugyanebben a dokumentumban megerősítette, hogy e tevékenységben a katonákon túl részt kell vennie a társadalom pénzügyi, diplomáciai és a civil szegmenseinek is.

A PR több részre bontható, úgymint a műveleti viszonyok közötti, alkalmi harci kötelékben teljesülő Harci Kutatás-mentés (a továbbiakban: CSAR[3]), a műveleti poszttraumás stressz oldását követő Reintegrálás (a továbbiakban: CR[4]) és a nem konvenciális erőkkel támogatott személymentés (a továbbiakban: NAR[5]) [3].

A PR műveletekben a szállítóhelikopterek kutatási és mentési-, a harci helikopterek pedig azok közel légitámogatását hajtják végre.

De kit kell elszigetelt személynek tekinteni: Ilyen lehet az katona vagy civil személy, aki különvált azon (al)egységtől vagy szervezettől, amelynél szolgálatot teljesített vagy amellyel együtt dolgozott, ezzel együtt olyan helyzetbe került, amely megkívánja, hogy kimenekítéséig a túléléséért küzdjön [3].

Ez a definíció mind a NATO, mind pedig az EU haderejeinél közösen elfogadott és összességében azt jelenti, hogy ha valaki képtelen folytatni a számára meghatározott feladatot és nem képes visszatérni a saját csapatához (szervezetéhez) az előre megtervezett eljárással, akkor elszigetelt személyként kell a továbbiakban rá tekinteni [4].

[2] PR – Personal recovery [4 p. 30]
[3] CSAR – Combat Search and Rescue [14 p. 97]
[4] CR – Combat Recovery [14 p. 95]
[5] NAR – Non-conventional Assisted Recovery [5 p. 16]

A személyi mentési eljárás alapvetően a NATO és EU haderőhöz katonákra, illetve közvetlenül a haderők tevékenységét támogató szervezetek személyeire vonatkozik, azonban megtörténhet az is, hogy olyan magánszemélyek mentését is teljesítik, akiknek munkája szintén közvetlenül kapcsolódik a haderő feladatrendszeréhez. Ezt az eljárást nevezik ún. Nem-harcoló személy Kimenekítési Műveletének (a továbbiakban: NEO[6]).

A hadművészetben az elmúlt időszakban új eljárások/trendek jelentek meg és ezek hatással voltak és vannak jelenleg is a személymentési eljárásokra is. A múltban, a hidegháború időszakának végéig egy konfliktusban pontosan meghatározható volt az a két ország, az a két haderő, amely egymással szemben állt. Ezek a haderők a felépítésüket és fegyverzetüket tekintve hasonlatosak voltak egymáshoz. Mára ez megváltozott. Olyan erők állnak egymással szemben, amelyek felépítése, fegyverzete és harcmodora teljes mértékben eltér egymástól. A hadviselés aszimmetrikus jellegűvé változott. Mára, alapvetően gazdasági okokra visszavezethetően, megnőtt a jelentősége a koalíciós műveleteknek. A jelenlegi harctevékenységek több nemzet összefogásával, (rész)képességeik „összegyúrásával" valósulnak meg. Azoknak a nemzeteknek az összefogásával, akik elszántak és képesek arra, hogy megvívják a harcot az adott műveleti területen. Nyilvánvalóan, amikor több nemzet együttműködik egy cél érdekében, megnő a jelentősége annak, hogy ezek a haderők és a haderőnemekhez tartozó katonák egységes elvek alapján hajtsák végre feladataikat. Egységesen értelmezzék a fegyverhasználat szabályait, a harceljárásokat. Képesek legyenek az interoperabilitásra. A többnemzeti végrehajtás nagymértékben fokozta a katonai műveletek komplexitását, olyan sztenderdeket kellett kidolgozni, amelyek egységesen értelmezhetők a nemzetek számára. Olyan fegyverzet-technikai eszközöket kell használni, melyek kompatibilisek egymással, amelyek kommunikálni képesek egymással.

A nemzetek politikai vezetői, illetve a műveleteket irányító parancsnokok felismerték a magas költségen képzett, motivált katonák fontosságát. A sok esetben nehéz pótolhatóságuk miatt általában véve megnőtt a jelentősége ezeknek a jól képzett katonáknak, ezzel együtt fokozódott a fontossága a mentésükre irányuló eljárásoknak. Mindamellett, a nyugati kultúrkörben – a média folyamatos jelenléte mellett – a társadalom számára elfogadhatatlanná vált (ennek eredményeként politikailag felvállalhatatlannak minősül) egy elfogott katona hátrahagyása. A parancsnokok a veszteségek minimalizálására törekszenek, így minden erőfeszítést megtesznek annak érdekében, hogy az elszigetelt személyeket kimenekítsék.

KUTATÁS-MENTÉS

A továbbiakban a békeidős, nemzeti keretek között megvalósuló Kutatás-mentést (a továbbiakban: SAR[7]) tárgyalom.

Katonaként mindenekelőtt azt kell megemlíteni, hogy a NATO a kutatás mentés tekintetében is kidolgozott egy szabályrendszert, melyet az ATP[8]-10 elnevezésű dokumentumban fektetett le. Ebben, a kutatás és mentés fogalma a következőt foglalja magában: Légijárművek, földfelszíni vagy akár tengeralattjáró eszközök és a fedélzetükön lévő mentőerők alkalmazása annak

[6] NEO – Non-combatant Evacuation Operation [13 p. 148]
[7] SAR – Search and Rescue [13 p. 183]
[8] ATP – Allied Tactical publication [14 p. 57]

érdekében, hogy felkutassák és megmentsék a vészhelyzetbe került személyeket mind a szárazföldön, mint pedig a vízen [5].

Az ATP-10 dokumentumot több alkalommal felülvizsgálták, így 17 év kidolgozói munka eredményeként 1995-ben kiadták „D" (azaz negyedik) változatot. 2005-ben megkezdődött a dokumentum felülvizsgálata, mely a nemzetek közötti nézeteltérések következtében eredménytelenül zárult. Mivel újabb változat végül nem került elfogadásra, ezért ma is az ATP-10D a NATO-n belül a kutatás-mentést szabályzó hatályos dokumentum [6].

Mindezek előtt még 1944-ben a Nemzetközi Polgári Légügyi Szervezet (a továbbiakban: ICAO[9]) Chicagói alakuló tanácskozásán az alapító tagállamok megállapodtak arról, hogy minden aláíró nemzet felelős a területe és a felségvizei fölötti légi kutatás-mentésért. Ez tekinthető az ICAO első vállalkozásának a tengerentúli háborús szolgálatban lévő nagyszámú szövetséges repülőgép biztonsága, egyszersmind a légi kutatás-mentés beindítása érdekében [7]. Magyarország 1969 óta tagja az ICAO-nak és a szervezet ajánlásainak megfelelően építette fel kutató-mentő tevékenységét. 1971-ben adták ki a 25. számú törvényerejű rendeletet, amely a Nemzetközi Polgári Repülésről szóló, 1944. december 7-én aláírt Chicagói egyezmény 12. függeléke alapján határozta meg a légi kutatás-mentés feladatait.

Az 1990-es évek végén az ICAO elismerte, hogy a kutatás-mentés kapcsán hiányosságokkal rendelkezik, így egy kidolgozói munkacsoportot állított fel annak érdekében, hogy részleteiben kidolgozzák a polgári kutatás-mentési eljárásokat, a koordinálásuk rendjét. Ennek a munkának az eredményeként adta ki az ICAO 1998-ban a Légiközlekedési és Tengerészeti Kutatás-Mentési Kézikönyvet (a továbbiakban: IAMSAR[10] kézikönyvet). Az előzőekben vizsgált ATP-10D dokumentum nagyon sok részben támaszkodik az ICAO által kiadott IAMSAR kézikönyvre. Éppen ezért, a NATO és az ICAO dokumentumai messzemenően harmonizálnak az eljárások területén.

2008-ban az Egyesült Királyság azt a beadványt nyújtotta be a NATO-nak, hogy az ATP-10D-t töröljék el, és a továbbiakban a kutatás-mentésre csupán az ICAO által kidolgozott IAMSAR dokumentum legyen érvényben. Az angolok beadványát 2009. július 07-én tárgyalta meg Brüszszelben a NATO katonai tanácsa, melyet követően Belgium, Hollandia, Anglia és az Egyesült Államok az ATP alkalmazás alóli kivonása mellett döntött. Ők már áttértek az ICAO-nál leírt eljárásrendre. Ha ez a folyamat a kutatás-mentés területén tovább erősödik (azaz több ország is áttér a polgári eljárás követésére), akkor értelmét fogja veszíteni a mostani NATO szabályzás.

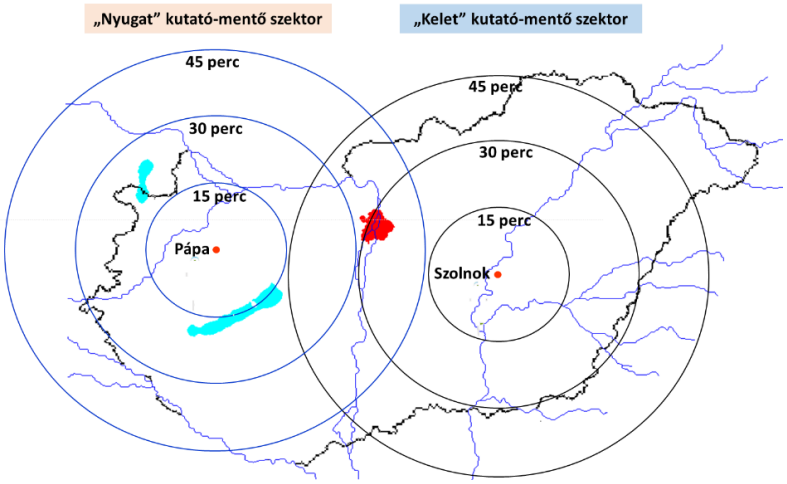
Az érvényben lévő ICAO előírásoknak megfelelően minden egyes nemzetnek rendelkeznie kell saját, e célra kijelölt és kiképzett kutató-mentő erőkkel és eszközökkel. A SAR erők alkalmazási körzeteinek egybe kell esniük az ICAO által meghatározott légi tájékoztatási körzetekkel. Így van ez hazánkban is. Ahogyan létezik keleti és nyugati légi tájékoztató körzet, úgy létezik keleti és nyugati kutató-mentő körzet is.

A NATO haderőknél a katonai kutatás-mentési képesség nem rendelkezik külön parancsnokságokkal, jellemzően minden egyes nemzet haderejében megvan a kutatás-mentést koordinálni képes vezető szerv. Ez hazánkban a veszprémi székhelyű Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ.

[9] ICAO – International Civil Aviation Organisation [14 p. 151]
[10] IAMSAR – International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual [12 p. 15]

A hazai kutatás-mentés rendszerét az 267/2011. (XII. 13.) Kormány rendelet és az arra épülő Magyar Honvédség Összhaderőnemi parancsnoki 121/2012. számú intézkedése – és az azt módosító 196/2012, 442/2012, 57/2013 számú intézkedések szabályozzák. A végrehajtás részleteit a Magyar Honvédség 86. Szolnok Helikopter Bázis (a továbbiakban: MH 86. SzHB) parancsnokának 95/2013. és az MH 86. SzHB és a Magyar Honvédség Pápa Bázisrepülőtér (a továbbiakban: MH PBRT) parancsnokának 22/2014. számú együttes intézkedései szabályozzák. Ezek alapján a légi kutató-mentő készenléti szolgálat rendeltetése a Magyarország államhatára által körülhatárolt területen, illetve légtérben, valamint nemzetközi szerződés vagy felkérés alapján a szomszédos országok területén és légterében bajba jutott légijárművek légi kutatása és mentése, a katasztrófák elleni védekezéssel és mentéssel összefüggő, valamint az alaprendeltetésből adódó feladatok végrehajtása [8].

Mint ahogy már a korábbiakban említettem a szolgálat (a továbbiakban: MH LKMKSz[11]) két felelősségi körzetben tevékenykedik: KELET SZEKTOR a Duna folyó középvonala és Magyarország keleti államhatára által bezárt terület, illetve külön engedély vagy felkérés alapján a szektorral szomszédos országok légtere – mint másodlagos felelősségi körzet. NYUGAT SZEKTOR: Magyarország Duna folyó középvonalától nyugatra eső területe. Itt is külön engedély vagy felkérés alapján a szektorral szomszédos országok légtere – mint másodlagos felelősségi szektor [9]. A felelősségi szektorok elosztását mutatja be az 1. ábra.



1. ábra Kutató-mentő felelősségi körzetek/szektorok

Légi kutatás-mentési feladat végrehajtásába – szükség szerint – mindkét szektor erői és eszközei egyaránt bevonhatók, egymás tartalékát képezve. Az MH LKMKSz külön intézkedés szerint más repülőtéren és területen (például lőtéren) is létrehozható, illetve a meglévő áttelepíthető.

A hazai légi kutatást-mentésben több irányító, koordináló, végrehajtó szerv vesz részt. A kutatásra vagy mentésre vonatkozó igény a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságának ügyeletére fut be. Abban az esetben, ha légi eszközök bevonására van szükség a kárhelyszín megközelíthetőségének nehézségei vagy éppen a kutatás és/vagy mentés gyorsítása miatt, akkor felkérés érkezik a Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ Hadműveleti Központjának Műveleti Irányítási Központjához (a továbbiakban: MH LVIK HK MIV). Innen a riasztást vagy KELET-, vagy pedig NYUGAT körzet kutató-mentő alegysége

[11] MH LKMKSz – Magyar Honvédség Légi Kutató-Mentő Készenléti Szolgálat [9 p. 1]

kapja meg a vélt vagy valós kárhelyszín elhelyezkedésének figyelembe vételével. A felszállási parancs és riasztási fokozat elrendelésére az MH LVIK HK MIV váltásparancsnoka, és a váltásba beosztott Kutató-Mentő Koordinátor jogosult [10].

Ennek megfelelően az MH LKMKSz alkalmazását közvetlenül elrendelheti a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság főigazgatója, a Kutatás-Mentést koordináló Központ Vezető ügyeletese, az MH Összhaderőnemi Parancsnokság parancsnoka, az MH ÖHP Légierő Haderőnem főnöke és az MH Légierő Ügyeletes parancsnoka.

ÖSSZEGZÉS

A katonák mentésének jelentősége napjaink modern hadműveleteiben, a különböző békefenntartó műveletekben kiemelkedő fontosságú.

Könnyen előfordulhat, hogy egyes katonák vagy kisebb csoportok, például egy kényszerleszállást végrehajtott légijármű személyzete és utasai elszakadnak saját csapataiktól és hosszú utat kell megtenniük, hogy visszatérjenek az alakulatukhoz, vagy akár napokat kell a bázisuktól távol, ellenséges területen elszigetelve eltölteniük, hogy végül kimentsék őket. Fontos, hogy az elszigetelt személyek el tudjanak rejtőzni, vagy menekülni az őket kereső, üldöző ellenséges erők elől és elkerüljék a fogságba esést. A megfelelő szintű túlélőkiképzésen rész vett személyek, katonák, civilek túlélőképessége megnő, képesek együttműködni a PR feladatban részt vevő mentőegységekkel, így visszatérésük vagy kimentésük esélye is magasabb [11]. A PR feladat általában összhaderőnemi, máskor összfegyvernemi szinten valósul meg, azonban annak támogatásában megjelennek diplomáciai és gazdasági erőfeszítések is. A kimenekítésben általában a légierő légijárművei, illetve a különleges erők katonái vesznek részt.

Más a helyzet a Kutatás-mentéssel, ahol békeidős körülmények között, fenyegetettség nélküli környezetben kutatnak fel általában légiközlekedési események kapcsán bajba került katona vagy polgári személyeket majd a speciálisan képzett szakszemélyzet segítségével mentik meg őket. A szakszemélyzet itt – a helikopter gépszemélyzetén kívül – egészségügyi felcsert és elsősegélynyújtásban képzett ejtőernyősöket foglal magában.

Tanulmányomban megpróbáltam tisztázni a különbséget a nemzeti Kutatás mentés és a műveleti Személymentési eljárás között. Tettem ezt az azok végrehajtásait szabályzó okmányok, azok tartalmának részletezésén keresztül. Mindezek ellenére még ma is több helyen és több alkalommal a fogalmak összekeverednek. Történik ez azért, mert a fogalmakat keverő személyek a végrehajtás körülményeit nem vizsgálva arra fókuszálnak, hogy mindkét feladatnál emberek életét mentik meg katonák. Ez a zavar bizonyos esetekben még szabályzói szinten is megjelenik.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] BI-SC Joint Operational Guidelines 11/01 Joint Personnel Recovery, NATO Allied Command Transformation, 2011. január 28., p 30,

[2] Presidential Policy Directive – Hostage Recovery Activities PPD-30, https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/06/24/presidential-policy-directive-hostage-recovery-activities,

[3] Personnel Recovery, That Others May Live to Return With Honour A Primer, Joint Air Power Competence Center, 2011. január,

[4] BI-SC Joint Operational Guidelines 11/01 Joint Personnel Recovery, NATO Allied Command Transformation, 2011. január 28., pp 30

[5] Personnel Recovery, That Others May Live to Return With Honour A Primer, Joint Air Power Competence Center, 2011. január, p 07.,
[6] ATP-10D, NATO Military Agency for Standardization, 1995. január 10, p 29.
[7] Dudás Zoltán: Légi kutatás-mentés és a COSPAS SARSAT rendszer, Repüléstudományi Közlemények, XIII. évfolyam 33. szám, 2001/2, p. 29,
[8] 267/2011. (XII. 13.) Kormányrendelet a bajba jutott légi járművek megsegítését, valamint a katasztrófák elleni védekezéssel és a mentéssel összefüggő tevékenységet ellátó légi kutató-mentő szolgálat szervezetéről, működésének, fenntartásának, riasztásának és a mentéssel járó költségek viselésének rendjéről, e tevékenységek engedélyezésére vonatkozó szabályokról,
[9] Magyar Honvédség Összhaderőnemi parancsnokság parancsnokának 121/2012. számú intézkedése, Kiadó: Magyar Honvédség Összhaderőnemi parancsnokság, Kiadva: 2012,
[10] A MH 86. SzHB parancsnokának 95/2013., és az MH 86. SzHB és a MH PBRT parancsnokának 22 /2014. számú együttes intézkedései, Kiadó: MH 86. SzHB, Kiadva: 2013, 2014,
[11] Simon Zsolt: Légijármű személyzetek szárazföldi túlélő kiképzése, Repüléstudományi Közlemények, XXIX. évfolyam 2017/2, p. 353,
[12] International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual, International Civil Aviation Organisation IAMSAR, 2001. november 30.
[13] AAP-06, NATO Glossary of Terms and Definitions, NATO Standardization Office, 2015,
[14] AAP-15, NATO Glossary of abbreviations used in NATO documents and publications, NATO Standardization Office, 2015. december 17.

PERSONAL RECOVERY OR SEARCH AND RESCUE?

Analyzing the present operational environment, we can encounter Personal Recovery as one of the most frequently used terms, which involves several procedures that provide the possibility of evacuating isolated personnel. However, the term itself does not comprises only military actions. There can also appear diplomatic and financial methods. Nonetheless, these are mainly activated with military operations. Search and Rescue operation isn't typically a compliment to a military operation, rather than a supplementary element of a peacetime air traffic. Most of a people tend to blend these terms. In my study, I analyze the concepts together with their constituents.

Keywords: *search and rescue, personal recovery, helicopter, isolated personnel*

Dr. Bali Tamás ezredes	Col. Tamás Bali Ph.D.
Bázisparancsnok helyettes	Deputy base commander
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis	HDF 86th Szolnok Helicopter Base
bali.tamas@hm.gov.hu	bali.tamas@hm.gov.hu
orcid.org/0000-0001-6098-8602	orcid.org/0000-0001-6098-8602

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-11-0471_Bali_Tamas.pdf

Juraj Vagner, Edina Jenčová, Stanislav Szabo

OPTIMIZATION OF THE AIRCRAFT GROUND HANDLING PROCESS

Aircraft ground handling is a process that includes all the operations that must be performed on an aircraft when parking on a stand. The aim of the article is to discuss the optimization possibilities of the aircraft ground handling process. The core of the contribution consists of a description of the activities carried out during the aircraft ground handling process, their timing and order. In the aircraft ground handling process, it is also important to determine the factors that affect the performance of these processes. Finally, the problem solution is outlined using a network analysis method and changing the constraints to optimize the aircraft ground handling process for the Boeing 737-300 aircraft and creating a timetable of activities with their timing and exact order.

***Keywords**: optimization, aircraft, ground handling, process, in-block, off-block*

INTRODUCTION

The issue of optimization of the aircraft ground handling system is currently the subject of interest to several airlines, handling providers and, last but not least, the airports themselves. Airports as the main providers of these services are dealing with it on a daily base. The diversity of aviation technology and equipment of airlines, the rapid development of technologies, the reduction of waiting hours, the high occupancy of airports are one of several factors influencing the effectiveness of aircraft handling process at the airport. It is about designing procedures to optimize the use of available resources to increase the efficiency of the aircraft ground handling system. Network analysis methods allow, in particular, an analysis of the continuity of activities and the time reserves that occur in them. On the basis of such an analysis, it is possible to find the optimal distribution of the available resources to ensure the timely follow-up of the activities in order to avoid unjustified delays and to achieve the objectives set in the shortest possible time with the given resources and means. We chose one of the most widespread used types of Boeing 737-300 aircraft to optimize the ground handling process. We will focus on factors influencing the aircraft operating system and their likelihood of occurrence.

ACTIVITIES CARRIED OUT DURING THE AIRCRAFT GROUND HANDLING PROCESS

Aircraft ground handling is a process that includes all the operations that must be performed on an aircraft when parking on a stand. These actions must be performed from in-block time to off-block time. Figure no. 1 shows an overview of all services and corresponding equipment involved in the aircraft ground handling process [4].

The following vehicles and equipment are located around the aircraft on a stand:

- Push-back vehicle;
- Vehicles for catering;
- Vehicles for unloading and loading cargo and mail;

- Luggage trailer;
- Fuel Tank;
- Maintenance vehicle (cabin cleaning);
- Vehicle with drinking water and toilet vehicle;
- Entry/boarding pass for passengers/Staircases for passengers' departure/arrival;
- Electricity Source – power unit [4].

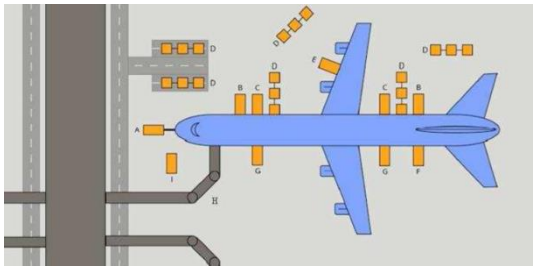


Figure 1. The deployment of ground handling equipment

The exact number and location of these vehicles and equipment depends on the type of aircraft and aircraft stand (remote stand, stand at the entrance). Next, we will deal only with one type of aircraft, namely the Boeing 737-300, which is one of the most frequent types used by aircraft by air carriers. It is clear that planning processes are used to ensure that these activities are carried out at the right time and without interfering with each other.

Figure no. 2 shows an overview of the ground handling service flow between the moment of arrival to the stand and the departure of the stand. In this process, ground handling services were divided into four different parallel flows:

- luggage and cargo;
- passengers and cabin;
- fueling;
- technical aircraft services.

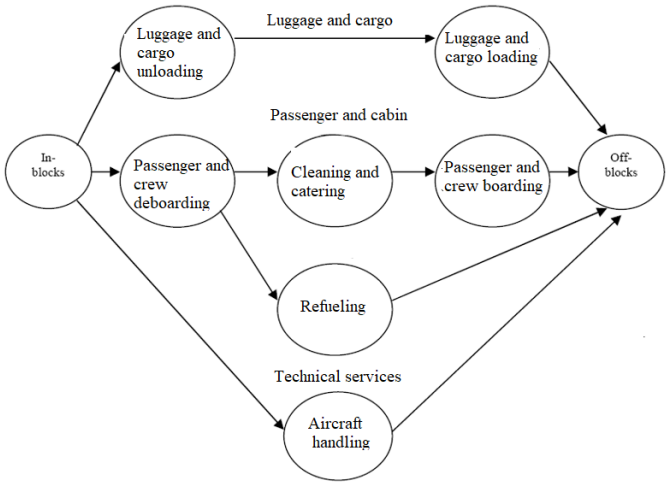


Figure 2. Division of ground handling services

Most of these activities can be performed at the same time. Importantly, these processes need to be further subdivided into one or more partial processes. The arrows in Figure no. 2 show the required order and continuity of activities.

The above processes may be further subdivided according to whether they refer to the arrival or departure of the aircraft from the stand. In this way ground services can be divided into:

- Arrival:
  - parking;
  - passengers and crew deboarding;
  - luggage and cargo unloading;
  - safety;
- Departure:
  - cleaning;
  - refuelling;
  - catering;
  - luggage and cargo loading;
  - passengers boarding;
  - safety and security;
  - aircraft control;
  - push-back from the stand.

Each type of aircraft has a defined minimum time required to ensure complete ground handling. The time depends on the number and complexity of the processes that need to be done. Operations time will be longer for larger aircraft or airlines providing additional passenger services (eg magazines, newspapers, catering, etc.). Before we get into the details between ground handling and other airport operations, it must be emphasized that ground handling does not have the space to perform its own resource planning. The ground handling of the aircraft should take place throughout the aircraft handling process, which means that all ground services should be planned from the time of leaving the stand to arriving at the stand (within the on - and off - block time of the aircraft). Ground handling must stick to these times. It is advantageous for ground handling to be involved in decision-making on the allocation of aircraft stands. It means that they can best evaluate the situation in ground handling. Planning of aircraft handling is the main process in airport planning. Ground handling of aircraft is considered to be the most common and important reason for delays in aviation.

The efficiency of the handling process has a strong impact on the punctuality of aviation activities. Punctuality strongly influences passengers when selecting a particular airline and thus plays an important role in the success of airlines. By improving ground handling activities we hope to increase the accuracy of the entire aviation system. This will certainly have a positive impact on the operation of the airport and all the partners involved.

When optimizing aircraft handling at the airport we will focus on handling luggage, cargo and mail. The unloading and loading of luggage, cargo and mail is one of the most time consuming tasks, given the large volume of cargo that has to be unloaded and loaded over a short period of time. The ways of solution are taken in two parallel ways. One of them is the development of powerful mechanical means for horizontal and vertical cargo transportation. Simplifying material (cargo) handling goes through palletization and containerization, which are re-adapting means of mechanization.

Another important element of optimization in the contribution will be filling with aviation fuels. Fuel filling is carried out from mobile tanks or the hydrant system of the airport by means of pumping vehicles (dispensers). The actual filling of fuel (refueling) into aircraft tanks can be performed in larger aircraft in two ways:

- gradient from the top of the wing (top filling);
- pressure by means of a pressure filling connection (lower filling).

Before refueling the aircraft, it is necessary to check the grounding of the aircraft, the fuel tank and the filling quick coupler. Refueling must not be started when there are no fire-fighting equipment on the stand. When refueling the aircraft only performing workers may be present. In the case of a storm refueling of aircraft is banned.

PROPOSAL FOR THE OPTIMIZATION OF THE AIRCRAFT GROUND HANDLING PROCESS

In this part of the contribution, there is a simple example that serves to demonstrate how simple the ground handling process can be streamlined. The example is a step-by-step approach and includes a set of variables, available resources, and time constraints. Next, the network is constructed from nodes that represent variables, and the edges between the nodes represent limitations (constraints).

Let's imagine the following simplified part of the aircraft stand deployment plan:

- Aircraft: KLM 310, type B737-300, stand 1, in-block 12:00, off-block 13:15.

We also have technical information about the required aircraft handling time and the corresponding ground handling activities times for a specific aircraft type. This information can be divided into two groups. In the first group, there are information and times defined by the airport (as the check-in time and the duration of the individual ground handling services). This is the so-called "standard times, which are the same for most airports and for most airlines and include minor service delays that may occur in the operating phase. In the second group there are the minimum times of handling services provided by the aircraft manufacturer.

For example, for the aircraft Boeing 737-300 the normative times for the performance of activities are determined by the airport for 3 types of services for which it will be set:

- Total check-in time: 55 min.
    1. Refueling: 25 min. (plus added time of 12 minutes for possible delay), this activity starts at 8 min. after the in-block time of the aircraft;
    2. Cargo: 46 min, starts at 4 min. after the in-block time of the aircraft;
    3. Boarding: 15 min. (plus added time 3 min for eventual delay) starts at 32 min. after the in-block time of the aircraft.

On the contrary, Boeing states the following times for the aircraft type B737-300:

- Total check-in time: 38 min.
    1. Refueling: 10 min;
    2. Cargo: 30 min;
    3. Boarding: 5 min [6].

For the flight of KLM310, we take the following steps:

We create variables for each sub-activity that will indicate its start and end (e.g., variable x2 will indicate the start of the KL310 refueling). We specify for each variable that indicates either the start or end time of the activity according to given time limits:

- the start or end time of an activity that corresponds to the normative time specified by the airport for a given activity;
- the start or end of the activity time, which corresponds to the minimum time set by the aircraft manufacturer.

Variable	**Aircraft type**	**Aicraft stand**	**In/off - block time**	**T_{start} (Norm)**	**T_{end} (Norm)**	**T_{start} (Min)**	**T_{end} (Min)**
X_1 (in-block)	B737-300	No. 1	12:00				
X_2 (start of refuelling)	B737-300	No. 1		12:08		12:08	
X_3 (end of refuelling)	B737-300	No.1			12:45		12:18
X_4 (start of loading)	B737-300	No.1		12:04		12:04	
X_5 (end of loading)	B737-300	No.1			12:50		12:34
X_6 (passenger boarding)	B737-300	No.1		12:32		12:32	
X_7 (end of passenger boarding)	B737-300	No.1			12:50		12:37
X_8 (off-block)	B737-300	No.1	13:15				

Table 1 Catalog of ground handling activities

Table no. 1 is constructed in the following manner. Flight KLM310 is operated by Boeing 737-300 aircraft. In the corresponding Boeing service manual, it is stated that the fuel can first be refuelled 8 minutes after the in-block time, which is 12:00. The refuelling takes at least 10 minutes (according to the Boeing Manual), so the first end of refuelling under this document is 18 minutes after the in-block time of the aircraft. Since the in-block time is 12:00, then T_{start} (min) will be 12:08 and T_{end} (min) will be 12:18. We can do the same for the standard times given for this type of aircraft and for all other flights. It is important to note the time difference between the minimum end time of refuelling given by the airport (T_{end} (Norm)) and Aircraft Manufacturer (T_{end} (Min)). (T_{end} (Norm): 12:45 and T_{end} (min.): 12:18) [6].

In determining the minimum time of completion of activities we have to realize that it is not always appropriate to carry out all activities as soon as possible and as quickly as possible. When we finish the handling of the aircraft and all passengers are on board half an hour before the off-block time, the passengers are becoming impatient. Therefore, it is necessary to set restrictions for certain activities, such as the boarding and deboarding of passengers. Passenger deboarding should start as soon as possible after the in-block time and the boarding of passengers should start not too soon before the off-block time of the aircraft. In our example, we assume that passengers will not wait more than 15 minutes before the off-block time of the aircraft [6].

Unlike limited time limits that determine when, before or after which time the activity is performed, there are also limitations on the order of the tasks performed. These restrictions create a procedure for the provision of services at the airport. We can include such limitations as:

- in-block occurs before all other activities;
- deboarding of passengers must be completed before boarding, catering, cleaning;
- placing the entrance / exit bridge must be done before performing any other activities;

- the cabin must be cleaned only after the passengers deboarding or before the passengers boarding;
- for several types of aircraft, airports, airlines, fuel refueling should not be performed during boarding / deboarding of passengers if there is no presence of firefighters;
- aircraft off-block is only performed after all other activities have been completed [4].

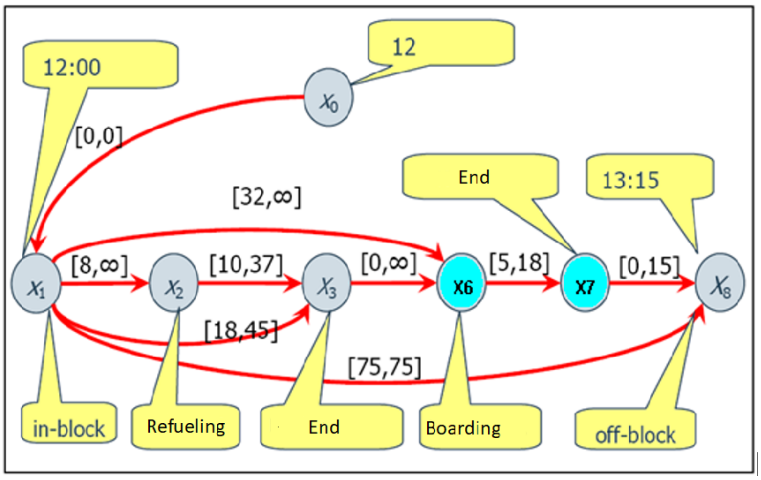


Figure 3 Aircraft ground handling activities

In figure 3, we used 6 variables from table no. 1: X_1, X_2, X_3, X_6, X_7, X_8. Note that restrictions on the order of performance of activities determine the precise sequence according to which variables are deployed. In addition, we added a reference variable X_0 for which we set time 12:00. The minimum and maximum time between variables X_0 and X_1 is [0.0]. The next activity X_2 is refueling. The time limit [8, ∞] between variables X_1 and X_2 indicates that refuelling can begin earliest 8 minutes after the in-block time and there is no upper limit for this activity.

The refueling may take up to 10 minutes (time determined by the manufacturer) up to (25 minutes + 12 minutes time reserve = 37) 37 minutes (normative time determined by the airport). Therefore, the transition between refueling X_2 with the end of refueling X_3 is limited by times [10, 37]. The transition between the in-block time X_1 and the end of the refueling X_3 should be somewhere between T_{end} (Min) and the later T_{end} (Norm) or [18, 45]. Another limit [32, ∞] means that the boarding of passengers X_6 cannot begin earlier than 32 minutes after the in-block time of aircraft designated by X_1.

The boarding of passengers may take at least 5 minutes (T_{end} (Min)) and maximum 18 minutes (T_{end} (Norm)), thus creating a limit [5, 18]. After the passengers boarding, there should be time for other services that we have not included in our example. That's why we've added the variable X_7 (indicating that the boarding is over). As we said that passengers should not wait more than 15 minutes before the off-block time of the aircraft between variables X_6 and X_7, we added a limit of [0.15]. The off-block of the aircraft should be executed exactly at 13:15, therefore we added a [75.75] limit between the in-block time of the aircraft $X_1$and the off-block time of the aircraft X_8. The variable X_8 eventually marks the end of the handling process. We can still add the process cargo loading/unloading to the overall process.

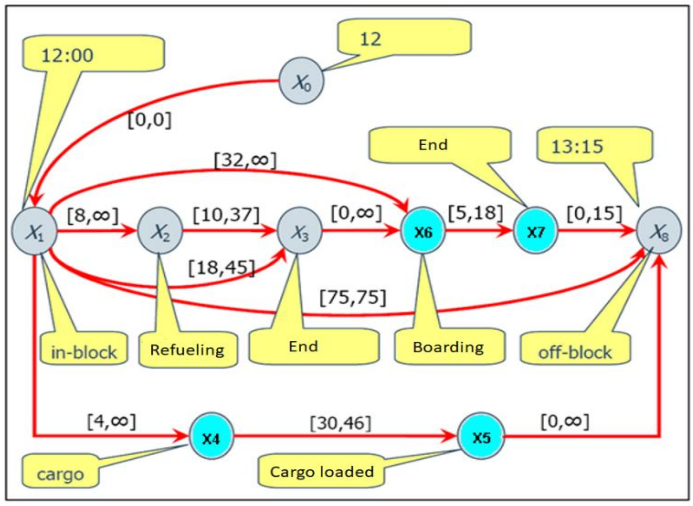


Figure 4 Aircraft ground handling activities

In Figure 4, the X_4 and X_5 variables were added for the beginning and end of cargo loading/unloading. From Figure 6, we can see that cargo loading and unloading can first begin 4 minutes after the in-block time of the aircraft, and the whole activity requires at least 30 and at most 46 minutes. This procedure illustrates the ideal course of ground handling of the Boeing 737-300 aircraft.

CONCLUSION

The contribution addresses the broad issues of optimization of the aircraft ground handling system at the airport. Before optimization is started, it is always necessary to know the equipment and the situation at a particular airport. It is also necessary to know the available means of aircraft handling, the entire aircraft handling process, the individual activities to which it is necessary to focus on optimizing the use of available resources. Another part consists of the optimization of the aircraft handling process of a particular aircraft, Boeing 737-300.

REFERENCES

[1] MACÁŠKOVÁ, Erika: Riešenie úloh dopravnej logistiky s využitím MS excel1. In: Logistika v teórií a praxi [online]. Uherské Hradište: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíne, 2011. s.64 [cit.2012-04-22].

[2] Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity: Lineárne programovanie [online]. Žilina: FSI, s. 42-58. [cit. 2012-4-22]. url: <http://fsi.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/OA/Skriptum/4_Linearne%20program ovanie.pdf >.

[3] STACHO, Milan: Operačná analýza. [online] Žilina: 2010. [cit. 2012-4-22]., url: <http://fpedas.uniza.sk/~stacho/OA1_01_2010.pdf>.

[4] Bačík, J. Operačná a systémová analýza. Bačík, J. 2009. Košice: Aprillas.r.o. ISBN 978-80-89346-17-2

[5] Leeuwen van L.: Modelling the turnaround process. [online] Delft: 2007. 51 s. url: <http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/ public/ projects/CARE/CARE_INO_III/CAED_D2_v2.0.pdf>.

[6] The Boeing company: Terminal servicing [online]. Chicago: 2009 [cit.2012-4-22] url: <http://www.boeing.com/commercial/airports/acaps/ 777rsec5.pdf>.

[7] NOVÁK, M., HOSPODKA, J., a ENDRIZALOVÁ, E. Implementation of the NDT into the Approved Maintenance Organization according to the Regulation (EU) No 1321/2014. In: OSTAŠEVIČIUS, V., ed. Proceedings of 20th International Conference Transport Means 2016. 20th International Conference Transport Means 2016. Juodkrante, 05.10.2016 - 07.10.2016. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. 2016, s. 180-184. ISSN 1822-296X

REPÜLŐGÉPEK FÖLDI KISZOLGÁLÁSI FOLYAMATÁNAK OPTIMIZÁLÁSA

A repülőgép földi kiszolgálása olyan folyamat, amely magában foglalja az összes olyan műveletet, amelyek az állóhelyen kerülnek végrehajtásra. A cikk célja, hogy megvitassa a repülőgép földi kiszolgálási folyamatának optimalizálási lehetőségeit. A hozzájárulás lényege a légi jármű földi kiszolgálásának folyamata során elvégzett tevékenységek leírása, időzítése és rendje. A légi jármű földi kiszolgálási folyamatában fontos meghatározni azokat a tényezőket is, amelyek befolyásolják ezen folyamatok hatásfokát. Végül a probléma megoldást hálózati elemzési módszerekkel vázoljuk fel, és megváltoztatva a szűk keresztmetszeteket a Boeing 737-300 repülőgép földi kiszolgáló folyamatának optimalizálása érdekében, és létrehozzuk a tevékenységek ütemezését időzítésük és pontos sorrendjük alapján.

***Kulcsszavak**: optimalizálás, repülőgépek, földi kiszolgálás, folyamat, fékrögzítés, fékoldás*

Juraj Vagner (PhD., ING PAED-IGIP) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Flight Preparation juraj.vagner@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2387-8812	Juraj Vagner (PhD., ING PAED-IGIP) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülőhajózó Tanszék juraj.vagner@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2387-8812
Edina Jenčová (PhD) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management edina.jencova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2737-0119	Edina Jenčová (PhD) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék edina.jencova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2737-0119
Stanislav Szabo (Dr.h.c., doc., PhD., MBA, LLM) Dean of the Faculty of Aeronautics Technical University in Košice Faculty of Aeronautics stanislav.szabo@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-1488-871X	Stanislav Szabo (Dr.h.c., doc., PhD., MBA, LLM) Repüléstechnikai Kar dékán Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar stanislav.szabo@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-1488-871X

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-12-0473_J_Vagner_E_Jencova_S_Szabo.pdf

Daniel Blaško, Iveta Vajdová, Edina Jenčová, Lucia Melníková, Vladimír Němec

TACTICS OF GROUND DEPLOYMENT OF FORCES AND RESOURCES USED FOR THE TRAINING OF RESCUE UNITS FOR FIRES OCCURRING IN THE NATURAL ENVIRONMENT

Aviation accidents and incidents in the natural environment belongs to one of the most difficult adverse events from the perspective of firefighting and the saving of human lives. As these undesirable occurrences often occur in inaccessible terrain, they record large numbers of losses on life, property and the environment. This article deals with the practical training of rescue units for undesirable events in the natural environment. The article discusses the focus of practical training, tactics of ground deployment of forces and resources, and the practical benefits of the training.

***Keywords**: air accident / incident, natural environment, training of rescue units, tactics of deploying forces and resources*

INTRODUCTION

An aviation accident or incident may occur at or outside the airport and often in inaccessible areas overgrown with trees, dry grass, and the like. Liquidation of these fires takes place in different ways. The most severe firefighting in a natural environment occurs when such a fire occurs predominantly in a rugged and difficult to reach terrain where the availability of fire-fighting equipment is difficult or totally impossible. In order for the intervention to be as effective as possible and for the fire units to perform these activities in a coordinated manner, such activities must be exercised in advance. For these complex activities, rescue units are also being prepared with regard to the rescue and firefighting equipment. Firefighters are prepared with the help of fire-fighting tactics in the natural environment and with the use of material means and new fire-fighting equipment. An important part of this preparation is also the supply of water to difficult or inaccessible terrain, by methods known to date and by combination thereof. The outcome of such exercises and training is to provide knowledge and correct deployment of forces and resources as well as co-ordination of rescue and fire-fighting units.

PRACTICAL TRAINING OF RESCUE UNITS FOR FIRES OCCURRING IN NATURAL ENVIRONMENT

Practical training performed during rescue exercises is a response to the emerging fires of aircraft in the natural environment and the difficulty in handling them. It is designed for all rescue units to gain and deepen knowledge and practical skills in this area [1].

Practical training is focused on:

- firefighting aircraft in the natural environment and natural fires, the most commonly used methods using large amounts of technical and material means put into use in the conditions of the Fire and Rescue Service;

- to transport the extinguisher to an inaccessible upper terrain by means of a hose line (serial connection of pumps: pump - pump, pump - tank);
- pointing to the basic need - requiring a greater number of fire extinguishers (shuttle, parallel pump connection);
- the organization and co-operation of members of staff in the interference of a larger scale;
- provision of drinking regimen and diet for rescue units during prolonged interventions [1].

In training, is used differently the most commonly used methods of fighting such fires and transport of water:

- parallel connection of pumps to pumping position;
- serial connection of pumps by pump-tank system;
- serial connection of pumps by pump-pump system;
- a car designed for shuttle traffic in case of greater fire extinguishing consumption;
- pond system, self-propelled fire extinguishing;
- firefighting with GENFO bags;
- extinguish a grassland by means of Fire Beater [1].

Terrain for practical training

The best terrain for training firefighting aircraft in the natural environment is the field terrain, meadows, under the wooded part and in the forested part. This part is choose so that the altitude of the place where the base was at the same time as the pumping position was about 380 m above sea level. There may or may not be a fire tank to pump water. Camber from the pumping position to the last lake under the forest we simulate at the 74 meters (altitude 460 m above sea level) [1][2].

FORCES AND RESOURCES INVOLVED IN TRAINING

All affected rescue units should be involved in the training. The main tasks of the commander in this case include the command of intervention during training, the operation of CAS pumps and the theoretical training of rescue units. As the attempt to bring practical training as close as possible to reality, intervention sections are created and the activities distributed to the commander of practical training [7].

Intervention sections

Filling Position.

1. Intervention section – water transport from CAS 30 T-815/7 to PS 12.
2. Intervention section – stations for fighting of local fires (lakes).

Means used to train firefighting of aircraft in a natural environment

In the case of aircraft fires in natural environments as well as other fires, the amount and quality of technical and material means many times decides on the success of their handling in view of the difficult terrain, weather conditions and the rapid spread of fire. The Fire and Rescue Corps currently has a large number of quality moving and stationary technical means. During the training, is used the means most frequently used for adverse events and extraordinary events in the natural environment [1].

The used means:

1. Technical means:
    - Movable technical means:
        - CAS 30 IVECO TRAKKER,
        - CAS 30 TATRA T-815/7,
        - CAS 30 TATRA T-815.
    - stationary technical means:
        - PS 12,
        - the HONDA pump to the lakes,
        - Floating pump HONDA.
2. Material means:
    - lakes 4 pieces,
    - pressure hoses type B,
    - pressure hoses type C,
    - allocators,
    - overpressure valve,
    - D-type streamers,
    - Combined type C streams.
3. Auxiliary material:
    - Pressure hose sleeves.

Procedure for distribution of forces and means

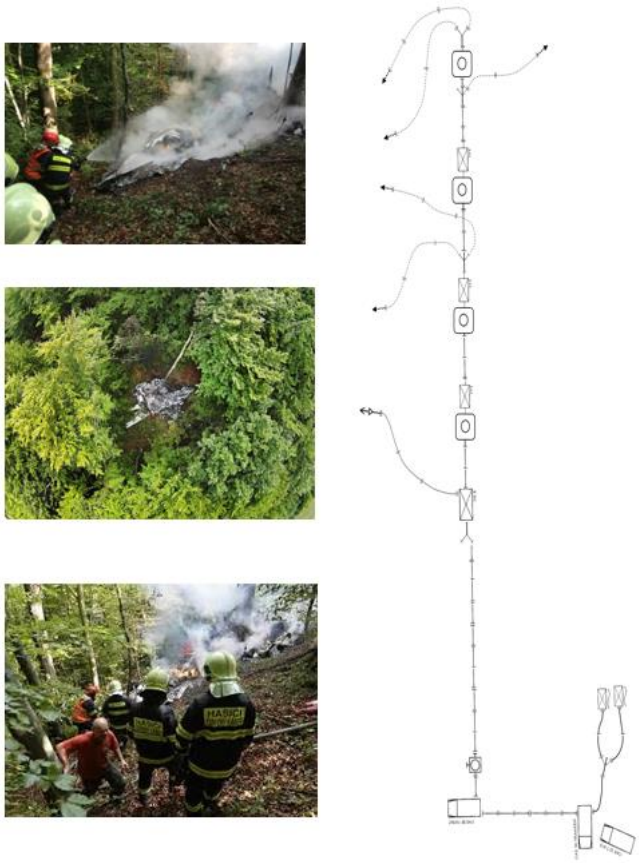


Figure 1. Distribution of forces and resources

Organization of practical training of fire-fighting aircraft in the natural environment:

1. Arrival at the place of intervention - practical training,
2. Explain to rescue units problems of system involvement - exercisers,
3. Layout of the technique at designated locations,
4. Distribution of forces, stationary technical and material means,
5. Connecting the system using pressure hoses (Figure 1),
6. The connection of technical means and the introduction of a hose line connected to the supply of water to lakes and streamlines of types C, D,
7. Extinguishing of improvised fires imitated by smokers,
8. Ending water supply to the system,
9. Dewatering the system to minimize damage caused by the amount of water [3].

EVALUATION OF TRAINING AND BENEFITS FOR PRACTICE

Rescue units will acquire:

- practical skills of using parallel, serial, pendulum and combined water transport over long distances and the possibilities of fighting fire in the natural environment;
- practical skills in working with technical and material means in inaccessible terrain;
- practical knowledge of pressure losses on hose lines, material resources and the need for efficient deployment of fire pumps;
- knowledge in coordination with the participation of several fire brigades and rescue units.

Inclusion of new technologies into training:

- POLARIS quad bike - usage:
  - transferring the fire extinguisher to inaccessible terrain,
  - transfer of stationary technical and material means.
- Six-wheel driver – usage:
  - transport of heavier stationary technical means;
  - simulation of injuries to persons with their transport at the base.

CONCLUSION

Aircraft incidents and fires in the natural environment have been and are the cause of many disasters. As these catastrophic events come suddenly and unexpectedly, there is a great loss of life, property and the environment. In spite of the ever-evolving modern technique with which such a kind of undesirable event can be instantly eliminated, we cannot prevent its devastating effects.

When localization and liquidation of fires, rescue worker can lose orientation due to a smoke, darkness and poor visibility caused by fog and haze, ignorance of the terrain in which it is located, as well as its segmentation. Localization and destruction of fires is very complicated and costly. Rescue teams must take care to be adequately prepared to deal with such incidents. For the preparation of these units, practical training is provided in a natural environment where it is possible to simulate the occurrence of an undesirable event as best as possible. The aim of these training is to provide the best possible preparation of the rescue teams for these undesirable events from the point of view of their coordination, the use of appropriate techniques, procedures and the like.

REFERENCES

[1] Poledňák, P.: Riešenie krízových situácií prírodných. Prednáška 9 – Prírodné požiare, FŠI Žilina 2006.
[2] Blaško, D.; Možnosti synchronizácie zásahu protipožiarnych jednotiek na teritóriu Košice mesto pri leteckej nehode. VLA - DP Košice 2002.
[3] Maďar, J.; Koordinácia záchranných a likvidačných prác pri leteckej mimoriadnej udalosti. VI. Medzinárodná konferencia FIRECO 2005.
[4] Kosturko, J.: Metodika zdolávania lesných požiarov. Absolventská práca, SŠPO MVSR 2004.
[5] Marman, M.: Metodika zdolávania prírodných požiarov. Absolventská práca, SŠPO MVSR, 2010.
[6] Chromek, I.: Likvidácia lesného požiaru pomocou leteckej techniky s dôrazom na súčinnosť zučasných jednotiek, 8.medzinárodná vedecká konferencia, Žilina 2003.
[7] Palúch, I.: Využitie leteckej techniky Aero Servis, a.s., Košice na hasenie lesných požiarov, 2001
[8] Zbierka pokynov P HaZZ č.20/2007 – Rozkaz prezidenta HaZZ o vydaní Takticko- metodických postupov vykonávania zásahov.
[9] Zbierka pokynov P HaZZ č.47/2009 – Rozkaz prezidenta HaZZ, ktorým sa mení rozkaz prezidenta HaZZ č.20/2007 o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov.

ÉLŐ ERŐK ÉS ERŐFORRÁSOK TELEPÍTÉSÉNEK TAKTIKÁJA MENTŐ EGYSÉGEK KÉPZÉSÉNEK CÉLJÁBÓL TERMÉSZETI KÖRNYEZETBEN BEKÖVETKEZETT TŰZESETEK ELHÁRÍTÁSÁRA

A légi közlekedési balesetek és események bekövetkezése a természeti környezetben az egyik legnehezebb feladat a tűzoltás és az emberi élet megmentése szempontjából. Mivel ezek a nemkívánatos események gyakran a megközelíthetetlen terepen következnek be, nagymértékű veszteséget okoznak emberi életben, anyagi javakban és a környezetben. A cikk foglalkozik a mentési egységek gyakorlati képzésével a légiközlekedési eseményeknek a természeti környezetben való bekövetkezésének esetére. A cikk tárgyalja a gyakorlati képzést, az élő erők és az erőforrások telepítésének taktikáját, valamint a képzés gyakorlati hasznát.

***Kulcsszavak**: légiközlekedési baleset, esemény, természeti környezet, mentési egységek képzése, élő erők és erőforrások telepítésének taktikája*

Daniel Blaško (PhD., MBA) Research Worker Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management daniel.blasko@tuke.sk blasko.ke@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-3655-8327	Daniel Blaško (PhD., MBA) kutató Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék daniel.blasko@tuke.sk blasko.ke@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-3655-8327
Iveta Vajdová (PhD.) Research Worker Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management Iveta.vajdova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-1231-8492	Iveta Vajdová (PhD.) kutató Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék Iveta.vajdova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-1231-8492
Edina Jenčová (PhD) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management edina.jencova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2737-0119	Edina Jenčová (PhD) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék edina.jencova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0003-2737-0119
Lucia Melníková (PhD) Assistant Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Air Traffic Management lucia.melnikova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0001-7720-4210	Lucia Melníková (PhD) tanársegéd Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülésirányító Tanszék lucia.melnikova@tuke.sk https://orcid.org/0000-0001-7720-4210
Vladimír Němec (doc., PhD.) Associate Professor Technical University in Košice Faculty of Aeronautics Department of Flight Preparation vladimir.nemec@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-9491-8490	Vladimír Němec (doc., PhD.) egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repüléstechnikai Kar Repülőhajózó Tanszék vladimir.nemec@tuke.sk https://orcid.org/0000-0002-9491-8490

Acknowledgement: This article is published within the project VH20172019027 "Simulace zásahů u leteckých nehod".

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-13-0474_Daniel_Blasko_et_al.pdf

Szabó Sándor András

ORVOSBIOLÓGIAI MONITORIZÁLÁS JELENE ÉS JÖVŐJE A KATONAI REPÜLÉSBEN

(különös tekintettel a stressz okozta szívfrekvencia variabilitás és agyi vérátáramlás variancia jellemzésére)

A katonai repülés dinamikus fejlődése, mely a hidegháború lezárásával és az aszimmetrikus hadviselés műveleti igényeinek figyelembevételével ma is töretlen, egyértelműen a humán faktort teszi a repülésbiztonság leggyengébb láncszemévé. A nagy manőverezőképességű repülőeszközök a magassági és gyorsulási sebességi paraméterek széles határok közötti biztosítását is lehetővé teszik, ez viszont együtt jár az emberi cselekvőképesség és élettani tűrőképesség szélsőséges repülési viszonyok közötti fenntartásának követelményével. Ez viszont előre nem látható kockázatot és kihívást jelent még a legkorszerűbb vadászgépek pilótái számára is, ami fokozott stresszt és alkalmanként a stressz reakció okozta korlátozott szenzoros érzékelést, téves helyzetértékelést és hibás fizikai válaszreakciót eredményez, ami önmagában újra stresszt, akár pillanatnyi cselekvőképtelenséget okoz pszichés alapon. Ehhez járul a kifáradás ütemének és a hatékony regeneráció megítélésének fontossága, amely a hosszútávú munkaképesség megőrzése, a kiégés megelőzése céljából alapvető érdek. Célunk földi körülmények között, speciális VR (virtual reality) szimulációs berendezések alkalmazásával a hadműveleti körülmények között várható fizikai és mentális terhelés okozta stressz kapcsán az élettani stresszreakció mind teljesebb körű jellemzése és előrejelzése, elsősorban az agyi keringés változásának regisztrációjával INVOS NIRS cerebrális pulzoximetria révén és Firsbeat Bodyguard által biztosított pulzus variancia mérésekkel illetve a mérőműszerek lehetséges adaptációjával valós repülési körülmények között.

***Kulcsszavak**: repülésélettani stresszorok, EKG monitorizálás, hypoxia és gyorsulás-túlterhelés okozta pulzus variancia, térbeli dezorientációs stressz és pilótahiba, NIRS technológia INVOS, Firsbeat Bodyguard, VR (virtual reality) repülés*

BEVEZETÉS

A repülés elmúlt száz évében érvényesülő alapvető repülésbiztonsági tendencia, hogy kibernetikai-rendszerelméleti oldalról nézve nőtt a repülés technikai biztonsága, a rendszerek megduplázásával, sőt triplázásával a biztonsági tartalék (redundancia) jelentősen fokozható. Ugyanakkor a pilóta, mint ember élettani esendősége, korlátozott cselekvőképessége előtérbe került. A II. világháborút követő évtizedekben a nagysebességű, nagymagasságú és nagy túlterhelésekkel járó repülések igénye miatt mind a kiképzés, mind a műveleti/harci bevetések során komoly repülésbiztonsági kockázatok jelentkeztek az oxigénhiány, túlterhelés, térbeli tájékozódó képesség elvesztése miatt (1. ábra).

Ezek a kockázatok maguk után vonták a – pilóták magas szintű képzésének részeként – a repülőorvosi demonstrációk, tréningek tökéletesítését is, azzal a céllal, hogy a pilóta felismerje élettani korlátozó tényezőit, cselekvőképességének határait. Ez folyamatosan megkövetelte a pilóta tényleges élettani (testi-fizikai) és szellemi (agyi kognitív, mentális) teljesítményéről tájékoztató orvosbiológiai információ folyamatos nyomon követését, felvetette a monitorizálás szükségességét.

A kapott adatok felhasználása kétirányú: egyrészt a földi, szélsőséges, de standardizált körülmények között egy repülésélettani stresszor vagy mentális funkció változását követjük nyomon meghatározott időtartamban és ennek eredményeit vetítjük ki a valós repülés sokkal

szélsőségesebb viszonyaira. A másik megközelítés, amikor – részben a földi repülést is szimuláló környezetben szerzett kezdeti adatokra, mérési elvekre, esetleges technikai hardver lehetőségekre támaszkodva – a valós repülés körülményei között teremtjük meg a hosszútávú orvosbiológiai adatgyűjtés lehetőségét és egyéb repülési technikai paraméterekkel együtt értékelve értékeljük a pilóta tényleges teljesítményét.

1. ábra Rövid és hosszútávon ható repülésélettani stresszorok

Annyi általánosságban előre bocsátható, hogy a földi szimuláció alapvetően standardizált, előíró jellegű, akár a mérési eszközökre, akár a mérés időtartamára, akár a mérési eredmények felhasználására vonatkozóan, egy adott longitudinális adatbázis felépíthető, és az újabb mérési eredmények ehhez viszonyíthatók, akár minősítési jelleggel. Reális repülés viszonyai között, inkább az őrzésen, a légiközlekedési esemény kapcsán a retrospektív értékelésen és a repülésbiztonsági jelentőség megítélésén van a hangsúly. A két mérési módszer összehasonlítását az 1. táblázat tartalmazza.

Az orvosbiológiai monitorizálás egy szegmense mindkét módszertanban megjelenik, a földi szimuláció ***vagy*** a valós repülés ***után*** a szervezet szintű regeneráció megítélése, a kifáradás-kimerülés lehetséges mérhető és kvantitatíve megítélhető paramétereinek azonosításával, melynek nagy szerepe lehet majd a harckészültség objektív elbírálásában és a légibalesetek kivizsgálásában, a humán faktor teljesítményének, vészhelyzeti stressztűrő képességének értékelésében.

Az űrrepülés során szükséges élettani monitorizálás speciális, mind a munkaképesség fenntartása, mind értékelése szempontjából alapvetően kísérleti stádiumban van, jövőbeli (interplanetáris, vagy hosszú földkörüli) űrutazások kapcsán megvalósuló komplex terhelések (vagy éppen inaktivitás) során várható kóros szív-érrendszeri, csontváz és izomrendszeri eltérések (kondícióvesztés, csont- és izom leépülés) megelőzését célozza, speciális edzések alatti monitorizálással, mely meghaladja jelen publikáció kereteit.

A mai technikai fejlettség mellett természetes, hogy a repülőfedélzeti monitorizálás alapvetően digitális, magas transzferigényű információ szolgáltatással járó formája (telemedicina) jóval költségesebb, de pl. a nanotechnológia innovatív fejlesztésének hatalmas lökést adhat a korszerű technológiák eme mozgó platformokra telepítése.

VÁLTOZÓK	FÖLDI SZIMULÁCIÓ	FEDÉLZETI MONITORIZÁLÁS
HELY	*barokamra vagy centrifuga, vagy GYRO forgó kabin (esetleg Desdemona)*	*repülőfedélzet (kabinban vagy környékén elhelyezett szenzorokkal)*
IDŐ	*előírt (gyakran éves alkalmassági vizsgálat vagy rendszeres, NATO Egyezményben előírt repülőorvosi kiképzési program keretében*	*folyamatosan, kiképzési vagy hadműveleti repülés közben, automatikusan*
VIZSGÁLT STRESSZOR	*előírt, egy kiemelt paraméter (hypoxia vagy gyorsulás, vagy dezorientáció, vagy értelmi jellemzők)*	*bármelyik (többféle kombinációban, akár provokáló jelleggel, szimultán és szinkronizált)*
TECHNIKA	*klinikumban használt, normál méretű, legfeljebb kalibrálást és validálást igénylő orvostechnikai eszközök (pl. EKG, EEG, pulzoximéter)*	*miniatürizált, speciálisan kalibrált és validált (légialkalmassággal rendelkező)műszerek speciális kombinációja*
ADATKÖZLÉS/ TÁROLÁS MÓDJA	*analóg/digitális jelleggel, online biztosítható*	*digitális jelleg és telemedicina transzfer szükséges*
Értékelés	*adott esetben buktató (pass-fail) NATO előírás szerin, kiértékelés szükséges*	*kiértékelés esetleges, repülésbiztonsági konzekvencia (légiközlekedési esemény) esetén*

1. táblázat a földi szimuláció és a fedélzeti monitorizálás alapelveinek összehasonlítása

A számítástechnika és a mobiltechnológia rendkívül dinamikusan fejlődik, új infokommunikációs technológiák folyamatosan jelennek meg az egészségügy különböző szektoraiban. A trend eredményeként az egészségügyi fejlesztések nagy része mára már elképzelhetetlen az infokommunikációs technológiák széleskörű használata nélkül. Az American Telemedicine Association szerint a telemedicina „az orvosi információk egyik helyről a másikra továbbítása elektronikus hírközlés útján, melynek célja, hogy a páciens egészségével kapcsolatos szolgáltatásokat nyújtson.” [1]

Tágabb értelemben véve a *Telemedicina* olyan strukturált egészségügyi szolgáltatás, ahol az ellátásban részesülő és az ellátó személy közvetlenül nem találkozik, a kapcsolat valamilyen távoli adatátviteli rendszeren keresztül jön létre. Infó-kommunikációs eszközzel támogatott diagnosztikus vagy terápiás-, távfelügyeleti eljárás, amelyben az egészségügyi szakszemélyzet szükségszerű beteg melletti jelenlétét online elektronikus kapcsolaton keresztül távolról pótolják. Tágabb definíció szerint olyan esetek is a telemedicina tárgykörébe tartoznak, amikor egymástól távol tevékenykedő egészségügyi szakemberek cserélnek egészségügyi adatot egy adott személy jobb ellátása érdekében (pl. táv-konzílium). Ennek alkalmazási lehetőségeit a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Védelem-egészségügyi Igazgatósága is folyamatosan keresi [2].

A katonai repülés feltételrendszerében csak a leggazdagabb országok légiereje engedheti meg magának, hogy a földi szimulációs berendezések teljes tárháza (és zöldmezős beruházásban közel 100 millió dolláros költsége) mellett a fedélzeti monitorizálást is alkalmazza. Az amerikai repülőorvosi intézet külön ezredet tart fenn a Raptor (F-22) kapcsán felmerülő élettani problémák elemzésére[1]. Az új kutatási eredmények bemutatásához a 2017-es AsMA repülőorvosi kongresszuson és az ICASM felhasználói konferencia legfrissebb előadásain elhangzott és megjelenített információkat is felhasználtam[2].

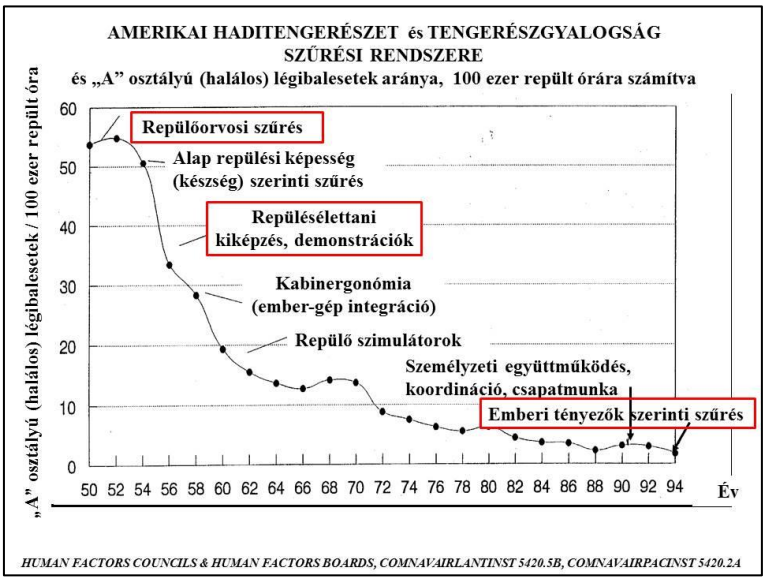
[1] Wright-Patterson AFB, Ohio; Department of Aeromedical Research, USAF School of Aerospace Medicine, Human Performance Wing, Raptor Data Library

[2] AsMA: Amerikai Repülőorvosi Társaság (Aerospcae Medical Association éves kongresszusa 2017 Denver, US illetve 6th User Meeting of ICASM (International Congress of Aviation Medicine), Graz, Ausztria, 2017 szeptember

REPÜLÉSÉLETTANI PARAMÉTEREK FÖLDI MONITORIZÁLÁSA

Az orvosbiológiai monitorizálás a klasszikus repülés-élettani kihívások okozta testi (elsősorban szív-érrendszeri) és mentális-kognitív (pszichológiai tesztekben mérhető) teljesítmény rögzítésével indult, földi, szimulált stressz helyzetben. Ennek elsődleges formái a barokamrai és centrifuga edzések voltak, ahol a rövidtávon ható, pillanatnyi cselekvőképtelenséget okozó környezeti stresszorok, mint az oxigénhiány és túlterhelés-gyorsulás tág határok között változtatható kontrollált körülmények között. A vizsgálatok elsődleges hozadéka a repülésbiztonság növekedése volt (a valós repülési paraméterekhez igazodó, akár gyorsütemű vagy robbanásszerű nyomásváltozással, akár a centrifuga gyors felpörgetésével), ami növelte a pilóta hypoxia tudatosságát, gyakoroltatta vele a túlterhelés kivédésére szükséges Valsalva (légzésvisszatartás haspréssel) és alsóvégtagi izomfeszítés manőverét, és ezzel együtt növelte önbizalmát a fenti stresszorok káros hatásának kivédésére vonatkozóan.

A javuló baleseti statisztika a legsúlyosabb „A” osztályú repülési katasztrófák területén látványos volt mind a repülőorvosi (élettani szűrés), mind a repülésélettani edzések (demonstrációk) bevezetésének köszönhetően, napjainkban pedig az emberi tényezők szerinti szűrés kapcsán a stressztűrő és regeneráció képesség megítélése került napirendre. (2. ábra) [3]



2. ábra Repülésbiztonsági mutatók a szűrési-kiképzési rendszerben [3]

Fenti repülésélettani tényezők ugyanis az élő szervezetben adaptív választ, alkalmazkodási reakciót, azaz stresszt okoznak. Ez a stressz reakció, mint reflexszintű tevékenység sokszor lassúbb és relatíve elégtelen, mint ami a háromdimenziós térben, időkényszerben végzett repülés okozta pillanatnyi szükséglet. A bekövetkező vérkeringés változás révén azonnal, akut hatásmechanizmussal olyan kórélettani válaszreakciót válthatnak ki, melynek következménye az agyi keringés, ill. oxigénkínálat (tágabb értelemben oxigénhasznosulás) gyors ütemű csökkenése (akár pillanatnyi megszűnése). Ennek következtében hirtelen cselekvőképtelenség alakul ki. Mivel e folyamatok az emberi szervezet számára váratlanok, az evolúció során sem alakult ki megfelelő adaptációs mechanizmus, akut szív-érrendszeri reflexek csak korlátozottan képesek kompenzálni a hatását. Ezért kritikus lehet a folyamatok bevezető, kezdeti jeleinek felismerése és a kompenzáló-elhárító aktív tevékenység (önmentés és hasprés+izomfeszítés)

együttes alkalmazása. (Ennek teljes, az orvosbiológiai hátteret és a fizikai teljesítőképességgel fennálló kapcsolatát elemző részletezése, a hypoxia tudatosság és a G-LOC[3] megelőzési eszköztára más publikációkban rendelkezésre áll.) [4] [5].

Hypoxia orvosbiológiai monitorizálása

A monitorizálás elsődleges eszköze a szív-érrendszer vonatkozásában a vérnyomás, pulzus és a testfelszíni 12 elvezetéses EKG volt, amellyel a földi szimuláció során mind barokamrában, mind centrifugában rögzíthetők az esetleges keringési zavarra utaló repolarizációs és ritmuszavarok. Az előbbi a hypoxia okozta csökkent oxigén kínálat (és sejtszinten csökkent oxigénhasznosulás) kifejeződése a szívizomban, ill. annak elektromos aktivitását leképező EKG-n: ST szakasz megsüllyedése és T hullám negativitása előfordulhat, kóros koszorúérszűkület nélkül is. Ez előre jelezheti a vegetatív (zsigeri) idegrendszer megingási fogékonyságát, a pulzus lassulásra és vérnyomás esésre való hajlamot. Korábbi barokamrai gyakorlatunkban 5500 m-es vizsgálat közben (0,5 atm össznyomáson, felére csökkent, kb. 80 Hgmm parciális oxigén tenzió és 70–80 % közötti verőeres oxigén telítettség (szaturáció) mellett) az esetek 2–3 %-ában észleltük a keringés összeomlását, ájulást (kollapszust), azaz pillanatnyi cselekvőképtelenséget. (3. ábra)

Ehhez esetleg pitvari-kamrai ritmuszavar (SVES/VES korai ütés), koszorúér átmeneti keringési zavar (ST eleváció és depresszió, emelkedés és süllyedés) társulhat az egyébként kivizsgált és egészségesnek bizonyult fiatal pilótaállománynál, súlyos (de csak a hypoxia miatt kialakuló, tehát reverzibilis) keringési és repolarizációs zavarral, koszorú érgörcs talaján. Ennek az oxigénfegyelem előírásában (3000 m fölött előírt szigorodó oxigén használat, főleg éjszakai repülés körülményei között) lehet repülésbiztonsági jelentősége (4. ábra). A legtöbb légierő saját barokamrai protokolljaiban alkalmazza az orvosbiológiai monitorizálás eszköztárát, mely időben előre jelezheti a keringés megingás veszélyes, beavatkozás nélkül visszafordíthatatlan formáját is.

HYPOXIA ÉS A REPÜLÉS
BAROKAMRAI ROSSZULLÉTEK
RÉGI PROTOKOLL ALKALMAZÁSA MELLETT

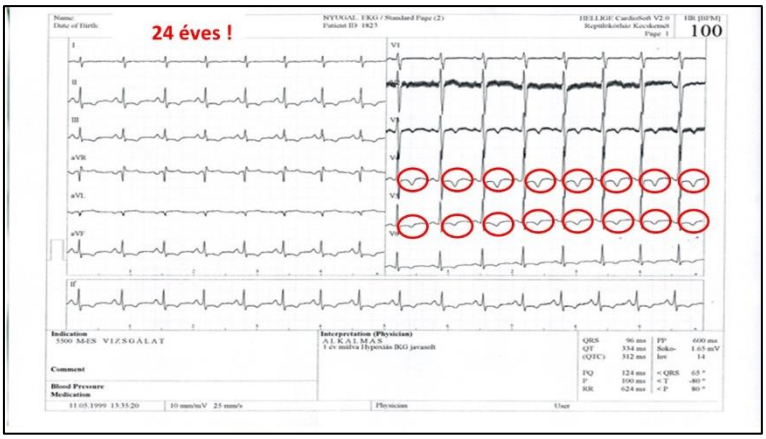
Vizsgálat éve	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Vizsg. személyek száma	622	786	768	929	840	735	650
Collapsusok száma	22	26	16	26	11	15	15
Collapsusok aránya (%)	3.5	3.3	2.1	2.8	1.3	2.0	2.3

	ST eleváció	/depresszió	SVES/VES		Vizsgált személyek száma
1991	1	7	2	5	622
1992	-	1	2	11	786
1993	-	4	2	21	768
1994	1	3	2	10	929
1995	6	2	3	6	840
1996	2	10	1	9	735
1997	-	1	2	8	650

Összesen: 5330

3. ábra Barokamrai orvosbiológiai monitorizálás eredménye
régi hypoxiás protokoll alkalmazása során

[3] G induced loss of consciousness, azaz túlterhelés okozta eszméletvesztés



4. ábra Barokamrai orvosbiológiai monitorizálás eredménye: súlyos EKG eltérés koszorúérgörcs talaján fiatal pilótánál

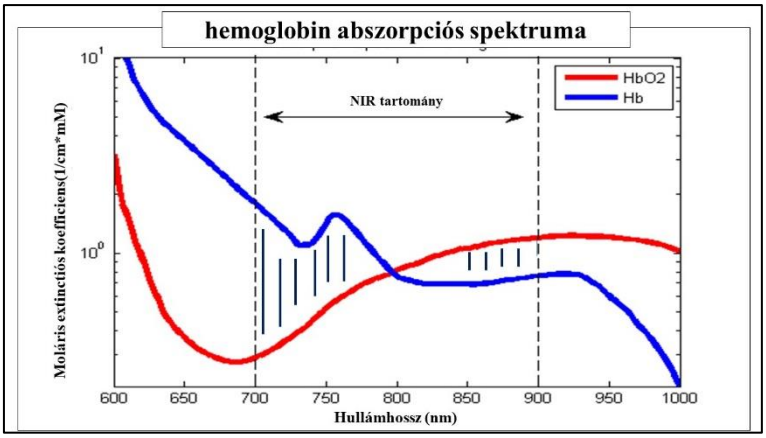
A Luftwaffe Német Légierő Repülőorvosi Központjában Dr. Wonhas orvos ezredes közölte tavaly egy 52 éves pilóta esetét, akinél barokamrai felszállás után, 7600 m-ről történő süllyedése közben, már javuló oxigén szint mellett következett be szívleállás, (csaknem normális 95%-os OxSat oxigén szaturáció, azaz telítettség!), mely teljes újraélesztést indokolt. A folyamatos EKG felvétel rögzítette a 30 mp-es szívleállást. A hypoxia mellett a hirtelen értágulat, a középfül barotraumája (nyomáskiegyenlítődés zavara miatti fájdalom) és a magassági meteorizmus (bélgáz képződés okozta hasi feszítő fájdalom) is felmerült hozzájáruló oki tényezőként. Harminc másodperces asystole (keringés leállás), megkezdett újraélesztés után a normális ingerképzés és (sinus) ritmus visszaállt, a barokamra biztonságban földet ért, a pilótát kórházba szállították. Az eset hátterében neurocardiogén syncopét (X. bolygó agyideg közvetítette ájulást és szívleállást) véleményeztek. (Korábban 4 ilyen ájulás/syncope epizódja volt, ebből egy repülés közben!) [6].

Az MH Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi, Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet (MH EK RAVGYI) barokamrájában 1992-ben fordult elő a leghosszabb asystolia (teljes szívleállás), a 35 s-ig tartó korai hypoxiás rosszullét az 5500 m-es felszállás 5. min-ben alakult ki. A leghamarabb (legrövidebb hypoxiás időtartam után) az 5500 m-es felszállás 3. percében (éppen repülőorvostan szakvizsgára készülő kollégánál), a legkésőbb pedig a 12. min-ben jelentkezett (civil vitorlázógép pilótánál). Valamennyit a folyamatos EKG monitorizálás során időben észleltük, a megkezdett újraélesztés sikeres volt.

Ahogy a keringés esetében a kisiklás a perifériás oxigén telítettség széles tartományában bekövetkezhet, úgy az agyi keringés direkt monitorizálásával, a cerebrális pulzoximetria (transzkután, tehát bőrön át mérő elektródák segítségével az INVOS készüléken történő) mérésével is jelentősen változó, homloklebeny kevert vénás vérében akár 20%-kal is csökkenő oxigén szintet észleltünk. A mérés élettani alapját az oxigént kötő és szabad vérfesték molekula (HbO_2 és szabad Hb) eltérő aránya és spektrális adszorpciós képessége közötti különbség képezi. (5. ábra).

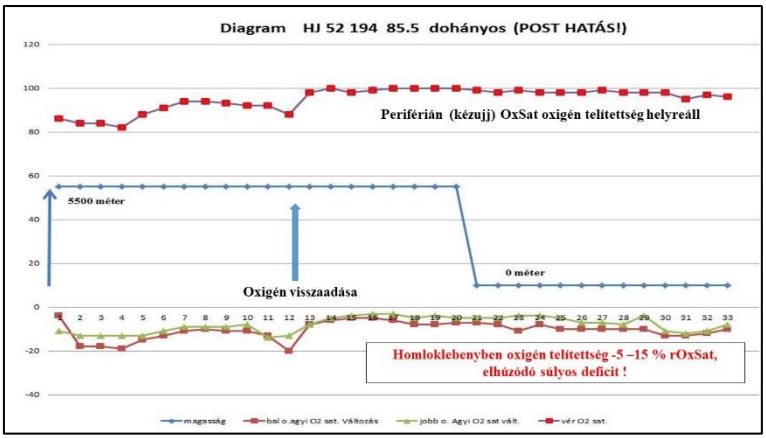
Megállapítottuk, hogy a hypobarikus hypoxia okozta tudatzavar mértékét a klinikumban általánosan használt perifériás vér O_2 telítettségének mérésével nem lehet korrekten megítélni, ugyanis a vér oxigén szintje mellett a vérben levő O_2 felhasználhatósága is jelentősen romlik. A Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi, Alkalmasságvizsgáló

és Gyógyító Intézetében NIRS technikával végrehajtott transcraniális agyi oximetria mérések[4] kapcsán azt találtuk, hogy az agyi vérátáramlás a centrális, a keringési központok szabályozása alatt álló perifériás keringéstől szétválik. [7] (6. ábra).



5. ábra Oxigénkötő (HBO_2) és szabad hemoglobin (HB) vérfesték molekula abszorpciós spektruma

A mért változások jól korrelálnak az egyéb testrészeken (fülcimpa, ujj) elhelyezett illetve más módszerrel (ki/belélegzett gázkoncentráció érzékelése) oxigénmérő eszközök által mért értékekkel [8]. Ezek a módszerek is elsősorban földi standardizált vizsgálati körülmények között alkalmazhatók, a NIRS kísérleti körülmények között viszont már repülőfedélzeten is jól vizsgázott, a repülés különböző fázisaiban nyomon követhető az agyi keringés változása. Egy komplett repülés során a NIRS regisztrátum hű képet ad a helikopter pilótát érő szellemi/kognitív és a fizikai környezeti faktorok okozta kombinált stresszről, a repülés egyes fázisaiban [9]. A talált agyi oxigénszint csökkenés kórjelző, az intenzív therápiában prognosztikai értékű (20%-nál nagyobb műtét alatti esése rontja a műtét utáni túlélés esélyét.)



6. ábra 5500 m-es hypoxia barokamrában és kognitív feladat okozta elhúzódó agyi oxigénszint csökkenés

Természetesen a kognitív feladat végrehajtásának teljesítménye is mérhető pszichológiai, pszichometriai műszeres tesztekkel a barokamrában. A nagy magasság okozta individuális keringési eltérések mellett azonban a mentális teljesítmény romlása is nagy egyéni varianciát mutat, utólag értékelhető csak az egyszerű és összetett reakcióidő hosszabbodása, a hibahajlam. Ezért a pszichológiai teszteket általában csak a hypoxia tudatosság fokozására, minősítési kötelezettség

[4] NIRS: near infrared spectroscopy: közel infravörös tartományban (800 nm) bőrön keresztül mért kevert agyi homloklebeny vér oxigén telítettsége.

nélkül alkalmazzák barokamrában. Fontos lehet a kutatási szempont, a kognitív válaszadás hypoxia érzékeny részfolyamatainak elemzése, melyre a kecskeméti intézet barokamrájában végzett kísérleteket a Magyar Tudományos Akadémia Pszichológiai Intézetének kutatócsoportja [10]. Egyéb, az agyi aktivitást és ébrenlétet jellemző monitorizálás (eye tracking – szemmozgatás sebessége, élénksége, gyakorisága) a közúti közlekedésben résztvevők (pl. kamionosok) esetében már bevezetés előtt áll, repülőfedélzeti alkalmazása még nem megoldott.

Gyorsulás-túlterhelés orvosbiológiai monitorizálása

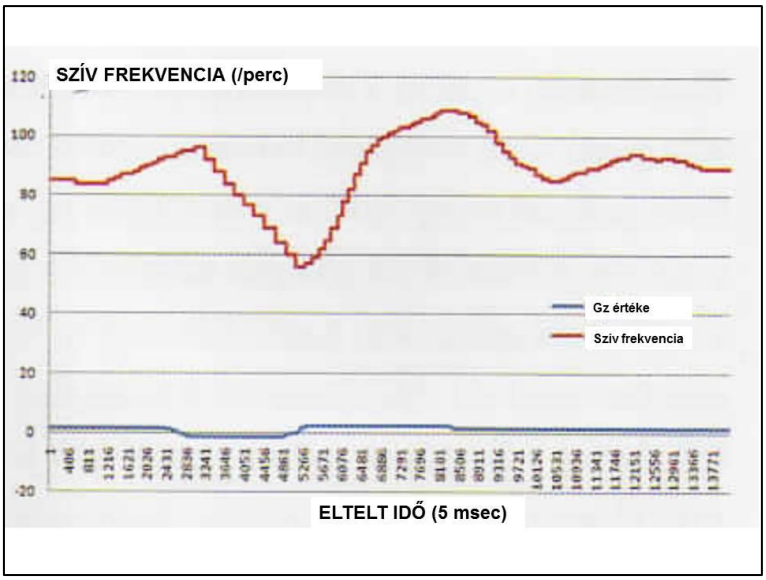
A centrifuga edzések során, a dinamikusan változó túlterhelés-mellett a standard EKG elvezetés rögzítése a folyamatos hasprés és izomfeszítési manőver miatt nagyon nehézkes volt a kezdetekben, az EKG „zajos" (műtermékkel, izomaktivitást jelző elváltozással) volt terhelt, kevésbé informatív, az RR távolságok (a szív kamrai összehúzódást kísérő elektromos főkilengések) alapján volt a szív frekvencia számítható. Inkább kísérleti jelleggel ütemről-ütemre (beat-to-beat) rögzíthető a vérnyomás alakulása, hasonlóképpen számítható a pillanatnyi pulzus. Ilyen mérések alapján értékelhető a gyorsulás fellépésének függvényében a G-LOC eszméletvesztés pillanatáig tartó időtartam, melybe beleszámít a bevezető szemtünetek (szürke- és feketefátyol) kialakulása. A perifériás látás ugyanis progresszíven esik az agyi vérnyomás csökkenésével: a feketefátyol (= blackout, amikor a perifériás látás 0-ra csökken) kb. 6 s-mal a legalacsonyabb vérnyomásérték után következik be. Utána a kompenzatorikus (vérnyomás stabilizáló) reakciók beindulnak és a vérnyomás és a látás helyreáll [11].

Fenti vérnyomás és pulzus reakció alakulását már viszonylag korán, telemetriás elven is megtudták mérni, a korai telemedicina eszközével, akár negatív (–1 G_z) túlterhelés közben, amikor a fenyegető pulzus lassulás repülés közben is detektálható volt [12]. A mai korszerű nagyteljesítményű centrifugákban az orvosi monitorizálás lehetősége már adott, a pillanatnyi pulzus szám az EKG alapján (milliszekundumos mintavételezés) számítható, ez alapján pl. a push-pull manőver (botkormány előre-hátra mozgatásával provokált pulzus lassulás, majd gyorsulás) is nyomon követhető [13] (7. ábra).

A korszerű EKG őrző rendszerek a túlterhelés-gyorsulás kapcsán gyakran fellépő egygócú kamrai korai extra-ütések (VES-ventricularis extrasystolia) számszerű jellemzésére is alkalmasak, közvetve hozzájárulhatnak a magassági és gyorsulás ellen védő technikai rendszerek élettani hatékonyságának jellemzéséhez. A Német és Svájci Légierőben tesztelt Libelle Plus folyadékkal telt magassági védőruha és a G-RAFFE cég által fejlesztett új típusú anti-G gyorsulás ellen védő ruha alacsonyabb pulzusszám mellett, tehát élettanilag komfortosabb és biztonságosabb zónában biztosítja a kellő vérnyomás és pulzus reakciót: nincs szükség folyamatos légzésvisszatartásra, izomfeszítésre, illetve túlnyomásos légzésre, kedvezőbb a szív-érrendszeri reakció, a hagyományos AEA[5] magassági védőruhával összehasonlítva.

Kísérleti jelleggel valós repülés közben NIRS cerebrális pulzoximetria alkalmazására is sor került, a szemgolyók magasságában elhelyezett külső elektródák a túlterhelés-gyorsulás alatti szemfenéki vérátáramlást (és fenyegető eszméletvesztést) rögzítették, de a rendszer még nem integrált vadászrepülőgép fedélzetére, előrejelzésre nem képes [14].

[5] AEA: Aircrew Equipment Assembly – pilóta teljes magassági védőfelszerelése



7. ábra Push-pull alatti orvosbiológiai (pulzus) monitorizálás

Térbeli dezorientáció orvosbiológiai monitorizálása

A térbeli dezorientáció esetében a pilóta hibásan érzékeli a helyzet- és a mozgásérzékelésben meghatározó látási (szemből eredő) és belsőfül egyensúlyozó szervből származó (esetleg izom és ízületi eredetű kiegészítő) információkat, és hamis képet alakít ki a test és a repülőgép térbeli mozgásáról, pozíciójáról, melyre alapozva hibás manővert hajt végre (pl. bedönti vagy dugóhúzóba viszi a gépet). Az ütköző szenzoros információk pedig dezorientációs stresszt is okozhatnak, mely miatt mentális zavar, „lefagyás” is bekövetkezhet, amely időkényszerben elégtelen válaszreakciót okoz. Kísérletes körülmények között földi alapú, GYRO forgó szimulált repülőkabinban a hirtelen cselekvőképtelenség veszélye elhanyagolható (legfeljebb mozgásbetegség jelentkezhet gyakorlatlan fiatal jelölteknél), a hangsúly az őrzés helyett a kísérő dezorientációs stressz reakció megítélésén lehet, mivel ez központi elem a térbeli tájékozódó képesség elvesztésének minden formájában, akár tudatosul a dezorientáció (I. típus), akár nem (II. típus), ami egyenesen vezet a repülőgép fölötti kontroll elvesztéséhez. A legújabb fejlesztésű, a Holland Királyi Légierő Soesterberg-i Repülőorvosi Intézetében található DESDEMONA platform egyesíti a rövid karú centrifuga és a forgó kabin által provokálható túlterhelési és dezorientációs ingereket és így új utat nyit a kombinált realisztikus repülési szimulátorok számára [11] [15].

A JÖVŐ TENDENCIÁI

Élettani paraméterek orvosbiológiai monitorizálása a fedélzeten

A harcmezőn, a szárazföldi hadműveletek során alapvető igény lenne arra, hogy a parancsnok információkkal rendelkezzen az alárendelt alegység-egység tagjainak szellemi-fizikai teljesítő képességéről, „fit” állapotáról. A szárazföldi műveletek során jelenleg az „okos ing” (smart T- shirt) fejlesztése folyik, beépített EKG elektródák segítségével (esetleg a légzés és a verejtékezés monitorizálásával kiegészítve), hogy a parancsnok tudjon a katonák pillanatnyi egészségi állapotáról.

A katonai repülésben a jelenleg földi körülmények között végzett, standardizált stresszhelyzetben (centrifuga, barokamra) folytatott, validált, élettani paraméterekre vonatkozó orvosbiológiai

monitorizálás célja a fenti áttekintés szerint az „őrzés” (veszélyes szív-érrendszeri és mentális teljesítmény megingás korai jelzése, és a repülőorvosi tréning félbeszakítása) és a szelekciós eljárás segítése (az abszolút „rossz tűrőképességet” mutató jelöltek „alkalmatlan” minősítése). A levegőben, a valós repülés viszonyai között a fenti szinguláris (kitüntetetten egy élettani paraméterre szűkülő) megítélés nem célszerű, az individuális összteljesítményre és a tartós cselekvőképességre, a stressztűrő képességre kell koncentrálni.

A MiG-29 repülőgépre, majd JAS 39 GRIPEN-re történő átképzés során minden pilóta reális repülés alatti HOLTER EKG (24 órás longitudinális Holter EKG felvétel 2 csatornás elvezetéssel) vizsgálaton esett át, a valós repülés körülményei között vetettük össze a pulzus reakciót, lehetséges ritmuszavart az objektív kontroll által biztosított grafikus megjelenítésű, a repülés technikai paramétereit demonstráló műszaki adatokkal. Később a Haditechnikai Intézettel és Aviatronics Kft-vel közös fejlesztésünkben megvalósult a fedélzeti technikai adatok („műszaki feketedoboz”) és a szív-érrendszeri paraméterek szinkron rögzítése. A MEDICINA majd TAGUÁN néven futó projekt során helikopter és kiképző repülőgép fedélzetén került elhelyezésre a műszer, melynek segítségével az orvosbiológiai adatok (EKG alapján számított pulzus és esetleges ritmuszavar, korai ütések QT diszperzió értékelése kapcsolási idő szórása szerint) valamint a technikai jellemzők által leírt repülési stressz szimultán elemezhetővé váltak. (8. ábra).

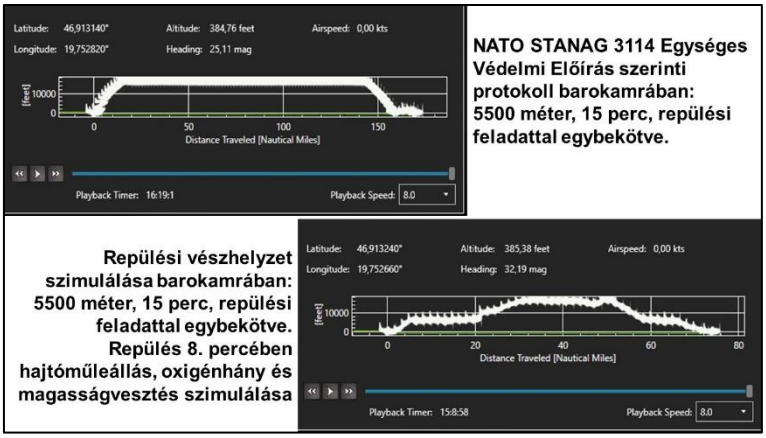
Élettani paraméterek orvosbiológiai monitorizálása VE-ben

Virtuális környezet (VE virtual environment vagy VR virtual reality) kialakításával olyan összszetett, realisztikus környezetet hozunk létre a földön, biztonságos körülmények között, ahol egyrészt a repülési feladat valósághűen, a teljes pilótafülke műszerezettségével és a külső környezettel megjeleníthető, másrészt a VR szemüveg révén a vizuális kép realisztikusan összekapcsolható egy (vagy több) élettani paraméter (pl. magasságfüggő hypoxia) barokamrában történő teljeskörű monitorizálásával. Így a repülés élménye (mentális teljesítmény), a kísérő pszichés stressz és az élettani stressz (hypoxia) összekapcsolható, az agyi keringés monitorizálásával és a szívfrekvencia variabilitás elemzésével.

8. ábra Real Holter alatti VES (kamrai korai ütések) orvosi értékelése
a repülési műszaki adatok (gyorsulás, magasság, sebesség) függvényében

Barokamrában NATO STANAG 3114 Egységes Védelmi Előírás szerinti magassági protokollban 5500 m-es vizsgálat közben hajtható végre a repülés „élethűen” vagy szimulálható a repülési vészhelyzet, a magasságvesztés és hypoxia együttes fennállásával. Ez a valóságban is könnyen előfordulhat, a hajtóművön átáramló lerekesztett légáram ilyenkor nem táplálja a fedélzeti oxigén generátor OBOGS[6] rendszeren átjutó hevített légáramot, nincs oxigén ellátás. Az OBOGS megbízhatatlansága miatt az utóbbi 5 évben megnégyszereződött az oxigénlégző rendszer hibájával kapcsolatos jelentések száma [16]. A repülési terv és a szoftveres fejlesztés kialakítása informatikus kolléga munkája, aki már megtörtént légibaleset modellezésére és sikeres elemzésére is hatékonyan alkalmazta a fedélzeti adatrögzítők és baleseti jegyzőkönyv adatait, két repülőgép repülési útvonalainak és légi összeütközésének rekonstruálására és vizuális megjelenítésére [17] (9. ábra).

A sisakra felhelyezett oxigén maszkot, a maszk fölé elhelyezett VR (Oculus Rift) szemüveget, az INVOS homloklebeny kevert vénás vértartalmát mérő NIRS spektroszkóp homlok elektródáit, valamint a kilélegzett levegő szén-dioxid tartalmát mérő kapnográf maszkba illesztett kanüljét (orrszondát) optimális helyzetben kellett rögzíteni, hogy a VR szemüvegen torzításmentesen jelenjen meg a kabinfülke (a szem fókuszáló elemeire merőleges síkban). Fenti mérő és szimulációs eszközöket szinkronban kellett futtatni a szívfrekvencia variabilitást mérő „Firsbeat” testszenzoros rendszerrel, előzetes időkalibráció alapján (10. ábra).



9. ábra Barokamrai normál felszállás és vészhelyzet magassági profilja

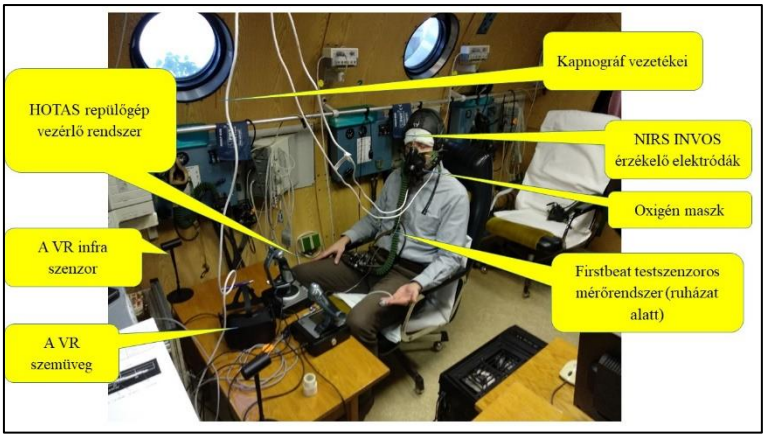
A Bodyguard 2 készülék a Firstbeat cég által fejlesztett testszenzoros pulzus variancia mérő rendszer a klinikai Holter (24-48 órás felvételre képes) EKG készülékhez viszonyítva is miniatürizált, ultrakönnyű, szinte észrevehetetlen testfelszíni elektródákkal rendelkezik, a kamrai elektromos aktivitást jelző fő kilengések, azaz az RR hullámok közötti távolságot elemzi, akár több napon keresztül (mintavételezés sebességétől függő bit tartalom mellett 5–6 napig). Ennek folyamatos változása (azaz a pulzus variancia, klinikai gyakorlatban HRV[7]) különböző frekvencia tartományokban a vegetatív dystonia, azaz a vegetatív idegrendszer gátló (paraszimpatikus, nervus vagus, azaz X. bolygó agyideg által közvetített direkt) és a szimpatikus idegrendszer diffúzabb, (nor)adrenalin által közvetített) stimuláló, izgalmi állapotára vonatkozó

[6] OBOGS: on-board oxygen generating system – fedélzeti szilárd fázisú (szilikát tartalmú) oxigén előállító rendszer, amely az oxigén és nitrogén eltérő átjutása és adszorpciója miatt közel 100%-os oxigén tartalmú gáznemű végterméket jelent.

[7] HRV: Heart Rate Variability – szív frekvencia változékonyság (variancia)

egyensúlyának elvesztésére, megingására utal. Ez a fajta dinamikus oszcilláció a vegetatív idegrendszer két ága között a homeosztázis (belső egyensúly) fenntartásának eszköze, mellyel a non-lineáris orvosbiológia foglalkozik (11. ábra).

A fokozott HRV (paraszimpatikus túlsúly) jelzi a kellő regeneratív képességet, amely csökkent szív-érrendszeri halálozással és megbetegedési mutatókkal párosul. A komplett rendszer Firstbeat által alkalmazott szoftvere (automatikusan tovább lépő idő és frekvencia keretek mellett, például Fourier analízis alkalmazásával idő és frekvencia domén szerint) elemzi a nyers adatok internetes honlapra történő feltöltése után az egész napi aktivitást. A Kanadai Fegyveres Erők keretében most kezdődött Fitness (edzettségi állapot felmérését célzó) Program tudományos elemzése pl. a haditengerészet katonáinak aktivitását követi 6 napon keresztül, összehasonlítva a stresszes munkanapok és a pihenőnap alatti pulzus varianciát, ebből következtetve a stressz reakció okozta eltérésekre és a regeneráció hatékonyságára [18].



10. ábra HRV és NIRS komplex alkalmazása barokamrában telepített VR/VE repülési szimulációhoz

SZÍV FREKVENCIA VARIABILITÁS (HRV) ÉS AZ AUTONÓM IDEGRENDSZER KAPCSOLATA

frekvencia tartomány (erő komponens)	*efferens vegetatív ideg*	*élettani szabályozó*
Ultra low frequency ULF : < 0,003 Hz	vagus, szimpatikus	renin-angiotenzin (RAS) rendszer
Very low frequency VLF: 0,003-0,04 Hz	?	?
Low frequency LF: 0,04-0,15 Hz	vagus, szimpatikus	baroreceptorok
High frequency HF 0,15-0,4 Hz	vagus	légzés
LF / HF	vagus, szimpatikus	baroreceptorok

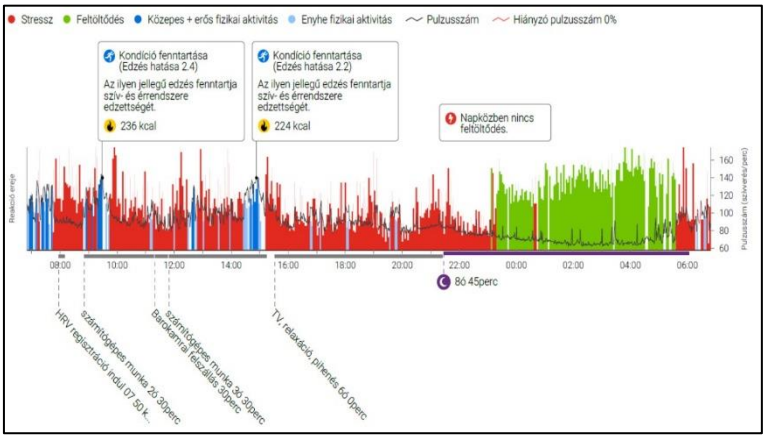
11. ábra HRV és a zsigeri autonóm vegetatív idegrendszer szabályozási kapcsolata

A közepes frekvenciás komponens (0,1 Hz körül, irodalomban gyakran ez az alacsony frekvenciás tartomány) az, ami a vazomotor rendszer vezérelte vérnyomás változásokkal, a baroreceptorok aktivitásával hozható összefüggésbe. Ebben a tartományban az oszcillációk mind a szimpatikus, mind a paraszimpatikus (X. bolygó agyideg, nervus vagus) rendszer által mediáltak.

Sayers vizsgálata alapján ez a frekvencia tartomány érzékenyen reagál szellemi munkára, valamint szenzitívebb erre a teljes spektrum varianciához képest [19]. A szellemi terhelés elnyomja az oszcillációt ebben a tartományban, továbbá a terhelés megszűntével egyféle visszacsapás jelenség figyelhető meg, utóbbi mértéke arányos a megelőző terhelés nagyságával. Másrészről, Izsó szerint, hosszabb ideig tartó, folyamatos terhelés során a középső frekvencia tartomány elnyomásának ingadozása az idő vetületében (szórás) arányos lehet a munkaterheléssel, amit egy adott feladat okoz az alanynak [20] [21].

A gyári program széleskörű elemzési lehetőséget kínál a beállított napszakokra és aktivitási-pihenési periódusokra is, ez a funkció egyfajta életmód felmérésre és az életmód objektivizált adatokon alapuló megváltoztatására szolgáló komplex tanácsadásra (fizikai aktivitás, napközbeni stressz periódusok, önsorsrontó abúzusok – alkohol – okozta kóros eltérések kiküszöbölése, alvás mennyiségi-minőségi javítása stb.) nyújt lehetőséget. [22]

Saját vizsgálati protokollunkban a standard barokamrai vizsgálat által megszabott időkeret között oxigén használat mellett és vészhelyzeti oxigén hiányt szimulálva, passzív (előre beprogramozott repülési terv) és aktív repülés (vészhelyzetben manuális újraindítási manőver előírt protokoll szerint a VE pilótafülkéjében) körülményei között, egyúttal a kognitív teljesítményt és agyi keringést agyi pulzoximetria[8] módszerével monitorizálva kerestük a HRV trendekben megjelenő esetleges elhúzódó stressz reakció jeleit. A Firstbeat Bodyguard 2 készülék minimum 2 nap-(2 éjszaka) volt felhelyezve, így biztosítottuk a „repülésmentes” napi aktivitással történő összehasonlíthatóságot (12. ábra)**.**



12. ábra szerző saját HRV monitorizálási eredményei első napon barokamrai passzív VR repülés, hypoxiás vészhelyzettel)

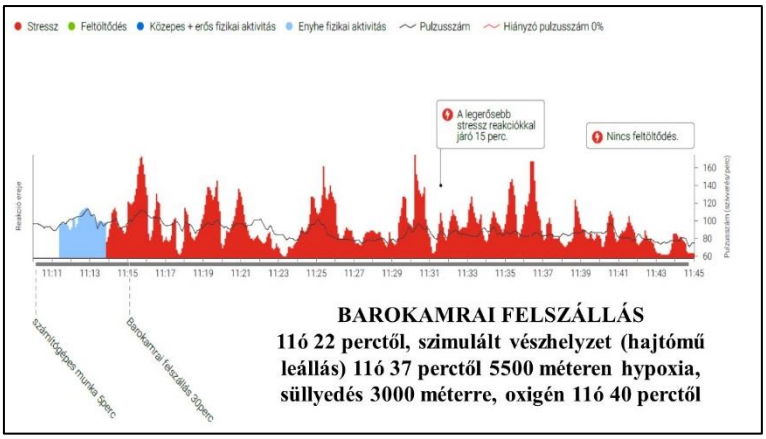
A barokamrai stressz helyzet kiemelése a nyers adatok feltöltése után, a szoftver által kínált plusz osztóvonalak (split) behelyezésével, speciális időtartamok kijelölésével válik lehetségessé. Így a barokamrai felszállás és hypoxia okozta stresszhelyzet pulzus görbéje „külön kinagyítva” is ábrázolható, mérhetők a szélsőséges pulzus reakciók. (13. ábra).

A módszer alkalmas lehet a hypoxia elhúzódó hatásainak elemzésére, a hypoxia és a „postexpozíciós” ***után hatást*** tükröző 1–2 órás felvétel szeparált elemzésére is, az agyi keringés és oxigén hasznosulás elhúzódó helyreállásának objektivizálásával, agyi pulzoximetria szimultán,

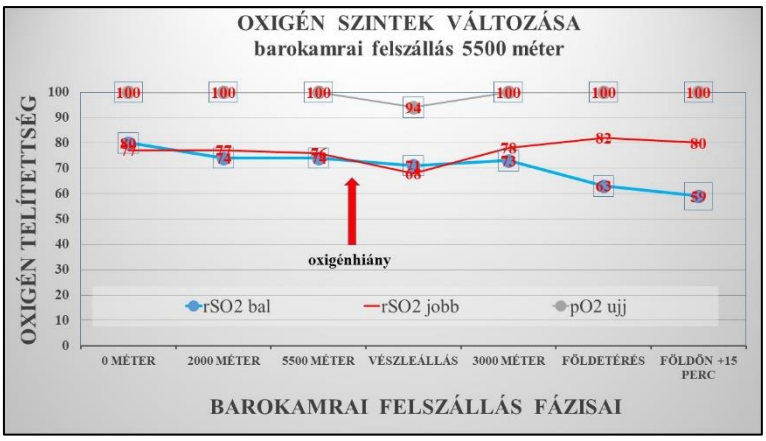
[8] MEDTRONIC Hungary Kft által forgalmazott, NIRS elvén működő INVOS cerebrális (agyi) pulzoxymeter készülék és kapnográf

szinkron értékelésével. A hypoxia hangover („másnaposság), mint elhúzódó mentális teljesítmény csökkenés lehetséges oka a közelmúltban merült fel [23]. erre vonatkozó kísérleteink még folyamatban vannak.

Esettanulmány szintjén szerző saját szinkronizált HRV és rOxSat agyi homloklebeny kevert vénás vér és perifériás (ujjon mért) oxigén telítettségi értékei hypoxiás demonstráció után rendelkezésre állnak. Feltűnő, hogy a korábban közölt (de csak kognitív feladat végrehajtása során, ***hypoxiás expozíció nélkül*** jelentkező) helyzethez hasonlóan a bal agyfélteke frontális keringésében elhúzódó hypoxaemia (kevert vénás vér csökkent oxigén telítettsége) észlelhető, még a folyamatos oxigénlégzés és tengerszinti nyomásra történő visszatérés után is [7] (14. ábra).



13. ábra szerző saját HRV monitorizálási eredményei barokamrai passzív VR repülés, hypoxiás vészhelyzettel



14. ábra szerző saját pulzoximetria monitorizálási eredményei barokamrai passzív VR repülés, hypoxiás vészhelyzettel

A HRV mérése (közepes frekvencia tartomány spektrál analízise) során a vazomotor („érszabályozó”) tónus ingadozása az autonóm idegrendszer egyensúlyi állapotának változását tükrözi. A kapcsolatot az autonóm idegrendszer, a központi idegrendszer valamint szellemi erőfeszítés (stressz) között Boucsein és Backs integrált modellje írja le, mely szerint az „erőfeszítés rendszer” az input-output össze- és szétkapcsolásáért felelős a kontrollált információ feldolgozás folyamata során, elősegíti az analízist (időt nyer szükség esetén szétkapcsolással) az agykérgi (és néhány fontos kéreg alatti) szinten és központokban. A hippocampus a fő idegrendszeri struktúra ahol ez megvalósul, és innen kerülhetnek ki az autonóm idegrendszert befolyásoló

ingerek is (a homloklebeny és a hipothalamusz egyes vegetatív magjai a hippocampusszal együtt a magasabb szintű szimpatikus központok közé tartoznak) [24].

A hypobáriás (magasságfüggő) hypoxia és a szívfrekvencia variabilitás összefüggése alacsonyabb magasságon, akklimatizáció után már ismert [25] [26] [27]. Ugyanakkor nem találtunk szakirodalmi forrást a stressz (szellemi munka), az akut gyors ütemű hypobáriás hypoxia és a pillanatnyi szívfrekvencia variabilitás kapcsolatáról. Több vizsgálat irányult a fizikai terhelés hatásaira, a szívfrekvencia variabilitásra hosszanható (10–30 napos) hypoxiás környezetben és akklimatizáció után [28] [29] [30]. Általánosságban elmondható a korábbi eredmények alapján, hogy a hypobáriás hypoxia deprimálja mind a középső, mind a magas frekvenciájú komponenseket, továbbá ezek aránya (LF/HF azaz közepes/magas) eltolódik a közepes felé. Ennek oka a hypoxia okozta szimpatikus aktiváció és a kompenzáló légzési aktivitás. Az akklimatizáció megszünteti a hypoxiának ezt a hatását. Jelen kutatásunk célja viszont olyan komplex szimuláció, ahol az akut hypoxia és a komplex szimulációs repülési stressz reakció együttes hatását tudjuk mérni a szívfrekvencia variabilitás középső komponensének spektrális változásaival, és az agyi keringés oxigénszintjének regionális csökkenésével.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Magyar Honvédség nagyléptékű átfogó modernizációját célzó **Zrínyi 2026** programban nagy hangsúlyt kap a pilótaképzés teljes önálló, nemzeti spektrumának megteremtése. A Nemzeti Közszolgálat Egyetem Honvédtisztképző és Hadtudományi Karán a Katonai Repülő Intézetben a Légiközlekedési Szak beindítása kapcsán szükség van a XXI. század katonai repülésében jelentkező repülésélettani kihívásoknak és információs stressz terhelésnek megfelelni képes jelöltekre.

A szelekció során a változatlanul magas szintű szenzoros képességek követelménye mellett a térbeli látás és tájékozódó képesség, a visuomotoros, kéz-szem koordinációs feladatok végrehajtási képessége és a multitasking (párhuzamos feladatok koordinált végrehajtása), a vészhelyzeti menedzselés hatékonysága, mindezek hátterében **a stressztűrő képesség megítélése** lehet fontos a jelöltek rangsorolásában.

A kiképzett pilótáknál pedig a fenti képességek terén a teljesítmény longitudinális követése (éves vizsgálatok során az adatbázis összehasonlítása) nyújt információt és visszajelzést a pilóta aktuális szellemi munkavégző képességéről és **stressztűrő képességéről**. Barokamrában hypoxiás felszállás során a kognitív teljesítmény kényszere szimulátoron végrehajtott repülési feladattal egybekötve még informatívabb lehet a tényleges szellemi teljesítőképességről

A repülésélettani kihívások hatását a stressztűrő képességre, a humán teljesítő képességre jelenleg kutatási projektben is vizsgáljuk, a GINOP-2.3.2-15-2016-00007 számú, „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (VOLARE)” projekt keretében. A kutatási projekt során megvalósuló, a pilóták éves repülőegészségügyi alkalmassági vizsgálataiba integrálódó funkcionális teljesítmény diagnosztikai vizsgálatok és a stressz monitorozást biztosító HRV készülék (Fusion Vital cég Firsbeat Bodyguard 2 szívfrekvencia varianciát mérő készüléke) együtt alkalmas lehet a pilótát érő repülés-élettani kihívások során a vegetatív idegrendszert érő akut hatások jellemzésére, a szív-érrendszeri

rezerv kapacitás és regeneráció megítélésére. A beállított mérési módszerek alkalmasak lehetnek a pulzuslabilitás mérésével a stressz reakció jellemzésére.

Ezt a vizsgálati területet kiegészítettük a MEDTRONIC Hungary Kft INVOS készülékének alkalmazásával, amely az agyi vérátáramlás változásának (az agy homloklebenyében a kevert vénás vér oxigén tartalmának) együttes mérésével objektivizálhatja a repülés-élettani kihívás okozta tudatállapot romlást és repülésbiztonsági veszélyt.

Köszönetnyilvánítás

Külön köszönetünket fejezzük ki Dr. Végh Tamásnak, a Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum (DEOEC) docensének, aneszteziológusnak, valamint Tusor Bernadettnek, az Inco-Med Kft. operatív igazgatójának és Makk László úrnak, a Covidien ECE, S.R.O. cég piacfejlesztési menedzserének *korábban nyújtott* szakmai segítségükért. *Jelenleg* pedig a hivatalos jogutód **MEDTRONIC HUNGÁRIA KFT** önzetlen támogatásáért tartozunk köszönettel, Dinóczkiné Kázmér Katalin és Hegyközi Bálint segítségéért, az **INVOS gyártmányú** NIRS készülék és a kapnográf rendelkezésre bocsátásáért a barokamrai kísérleti elrendezéshez. Hálás köszönetünket fejezzük ki Vada Gergely címzetes egyetemi docensnek, a Fusion Vital cég képviselőjének a **Firsbeat Bodyguard 2** készülék rendelkezésre bocsátásáért és szakmai tanácsaiért.

PRESENT AND FUTURE OF BIOMEDICAL MONITORING IN MILITARY AVIATION
(with special regard to the heart rate variabiliy and cerebral blood perfusion variance caused by stress)

The dynamic and unbroken development of military aviation after closing the Cold War era, even in the age of asymmetric warfare render the human factor to the most vulnerable link of the chain in flight safety. Highly agile manoeuvrable aircrafts showing broad range of altitude and acceleration parameters, requiring the sustained support for human working capability and physiological tolerance in extreme environmental settings. Nevertheless, it can provoke unforseenable risks and challenges even for the pilots of latest generation of combat aircrafts. resulting in augmented stress and occasionally limited sensorial perception, false situational orientation and erroneous physical response activity which can repeatedly lead to stress, even to momentary incapacitation with psychological background. The evaluation of fatigue (rate of exhaustion process) and assessment of efficient regeneration is also essential from the aspect of long-term working ability maintenance and prevention of „burn-out" syndrome. Analyzing the physical and mental burden provoked by military missions we are going to characterize the physiological stress responses in ground based VR (virtual reality) simulation environment in order to forecast them in real deployment settings. We are going to focus on registration of the altered perfusion of brain by means of NIRS (near-infrared spectroscopy) cerebral pulsoxymetry by INVOS and heart rate variance measurements by Firstbeat Bodyguard, considering their possible adaptation to real flight missions.

Keywords: *aeromedical physiological stressors, monitoring ECG, pulse variance related to hypoxia and G tolerance, spatial disorientation stress and pilot error, NIRS INVOS technology in cerebral pulsoxymetry, Firstbeat Bodyguard heart rate variablity, VR (virtual reality) flights*

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD mb. tanszékvezető, egyetemi docens Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő-és Űrorvosi Tanszék Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar sasi19620@gmail.com orcid.org/0000-0002-1362-4723	Dr. habil. Sándor (Alex) András (Andrew) Szabó, PhD Associate Professor, assigned head of Department University Szeged Faculty of Medicine Department of Aviation and Space Medicine Lecturer of Doctoral School of Military Engineering National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training sasi19620@gmail.com orcid.org/0000-0002-1362-4723

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

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_HUMAN" nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] "What is Telemedicine?". Washington, D.C.: American Telemedicine Association. url.: http://www.americantelemed.org/main/about/about-telemedicine

[2] Fejes Zsolt: Új lehetőség a védelem-egészségügyi ellátásban: TELEMEDICINA Hadmérnök, XI. évf. 1. sz. p. 233-239

[3] Human Factors Councils & Human Factors Boards: Comnavairlantinst 5420.5b, Comnavairpacinst 5420.2a https:// www. netc. navy. mil/nascweb/sas/files/54202.pdf

[4] Szabó Sándor András: A katonai repülő-hajózó állomány repülőorvosi minősítése és kiképzése a NATO standardizációs egyezmények szellemében. (Különös tekintettel a szív-érrendszeri adaptáció és readaptáció vizsgálatára komplex és szimulált repülési stressz környezetben) PhD dolgozat 2009 Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, p. 84-85

[5] Szabó Sándor András: A fizikai állóképesség és egészség-tudatosság repülésbiztonsági jelentősége. http://www. repulestudomany.hu /folyoirat/2017_1/2017-1-12-0379_Szabo_Sandor_Andras.pdf

[6] Nehring, M.: Cardiac Arrest During Hypobaric Chamber Training. előadás a 2017. évi AsMA amerikai repülőorvosi kongresszuson. Königsbruck Repülőorvosi Élettani Kiképző Központ, Luftwaffe, Németország. https://www.asma.org/asma/media/AsMA/pdf-meetings/2017%20Annual%20Meeting/posters-2017/201705_282 _Nehring.pdf

[7] Szabó Sándor András: Repülésélettani kihívások a hadműveleti tapasztalatok tükrében. Repüléstudományi Szemelvények 2017., pp. 159-196, ISBN 978-615-5764-80-6

[8] Phillips, J.B., Horning, D.S., Dory, R.E.: A Comparison Of Pulse-Oximetry, Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), And Gas Sensors For In-Cockpit Hypoxia Detection. Technical Memorandum Report Number 12-60. Naval Medical Research Unit– Dayton

[9] Azusa Kikukawa, Asao Kobayashi,, Yoshinori Miyamoto: Monitoring Of Pre-Frontal Oxygen Status In Helicopter Pilots Using Near-Infrared Spectrophotometers. Dynamic Medicine 2008, 7:10 doi:10.1186/1476-5918-7-10 , Research url.: https://dynamic-med.biomedcentral.com/articles/10.../1476-5918-7-1

[10] Takács E, Czigler I, Pató LG, Balázs L.: Dissociated Components Of Executive Control In Acute Hypobaric Hypoxia. Aerosp Med Hu Perform. 2017; 88(12):1081–1087.

[11] Gradwell, D.P., Rainford, D.J.: Ernsting's Aviation Medicine, London: Hodder Arnold, cop. 2006. 4. kiadás (145., 436 o.) ISBN 978 0340 81319 5

[12] Banks r.d, Gray g.: "Bunt Bradycardia": Two Cases Of Slowing Of Heart Rate Inflight During Negative Gz. Aviat Space Environ Med. 1994 apr; 65(4):330-1.

[13] Binu Sekhar,M., Sharma, S.K., Agarwal, A., Nataraja, M.S., Renjhen, P.; Indian Journal Aerospace Med. 55(1), 2011, 1-7.o. url: http://medind.nic.in/iab/t11/i1/iabt11i1p1. pdf
[14] Ryoo HC, Hrebien L, Shender BS: Noninvasive Monitoring Of Human Consciousness By Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) During High +Gz Stress. Biomed Sci Instrum., 2002;38:1-7. url.: http://europepmc.org/abstract/med/12085583
[15] NOOIJS.: SD-Training In Desdemona In Royal Netherlands Air Force, TNO Human Factors, Soesterberg, 2nd Flight Physiology User Meeting Zágráb, 2009. szeptember 04-06
[16] Tomlinson, L.: Navy-Instructor-Pilots-Refusing-To-Fly-Over-Safety-Concerns., April 04, 2017 http://www. foxnews.com/politics/2017/04/04/navy-instructor-pilots-refusing-to-fly-over-safety-concerns-pences-son-affected.html
[17] Domján, Károly: A légierő számára kialakítható moduláris szimulációs környezet kialakításának lehetőségei, képességek megszerzéséhez, fenntartásához és eljárások tökéletesítéséhez. Repüléstudományi Közlemények, 2017 (XXIX évfolyam 2. szám), p. 401-413, http://www.repulestudomany.hu/folyoirat /2017_2/2017-2-27-0375_Domjan_Karoly.pdf
[18] Martin, J., Spivock, M: Firsbeat Brings Scientific Perspective To Canadian Armed Forces Fitness Study. https://www.Firsbeat.com/en/news/caf/
[19] Sayers, B (1973): Analysis Of Heart Rate Variability. Ergonomics, 16, 17-32.
[20] Láng E. (2001). Szívperiódus variabilitás. Oktatási segédanyag. Munka- és szervezetpszichológia. Budapesti Műszaki Egyetem. Retrieved from url: http://www.erg.bme.hu/szakkepzes/fiziologia/001szpv.pdf
[21] Izsó, L Developing Evaluation Methodologies For Human-Computer Interaction Ch 3 p: 11-43., Ch 4. p 88 Delft University Press, Delft, The Netherlands. (2001)
[22] Fusion Vital SCIENCE, https://www.Firsbeat.com/en/blog/beyond-heart-rate-heart-rate-variability/, és Life Style Assessment
[23] Tuomo Leino; Normobaric Hypoxia Training In Tactical F/A-18C Hornet Simulator. 2017. szeptember 17. előadás, Graz 6th User Meeting
[24] Bocsein, W, Backs RW (2000): Engineering Psychophysiology As A Discipline: Historical And Theoretical Aspects. In Engineering psychophysiology: issues and applications Backs, RW, Boucsein, W (Eds). Publisher: Lawrence Erlbaum Associates. Place of Publication: Mahwah, NJ. Publication Year: 2000. pp: 6-7. letöltve: http://www.questia.com/PM.qst?a=o&d=97191094
[25] Trimmel, K.: Sensitivity Of HRV Parameters Including Pnnxx Proven By Short-Term Exposure To 2700 M Altitude. Physiol. Meas.2011. 32: 275
[26] Zuzewicz, K at al.: Heart Rate Variability In Exposure To High Altitude Hypoxia Of Short Duration. Int J Occup Saf Ergon. 1999. 5(3):337-46.
[27] Luciano, at al: Breathing Patterns And Cardiovascular Autonomic Modulation During Hypoxia Induced By Simulated Altitude. Journal of Hypertension, 2001, 19: 5:947-958
[28] Perini, R at al: Effects Of High Altitude Acclimatization On Heart Rate Variability In Resting Humans. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 1996. 73: 6:521-528.
[29] Yamamoto,Y at al: Effects Of Acute Exposure To Simulated Altitude On Heart Rate Variability During Exercise. Journal of Applied Physiology 1996. 81: 3:1223-1229
[30] Povea, C at al: Effects Of Intermittent Hypoxia On Heart Rate Variability During Rest And Exercise. High Altitude Medicine & Biology. 2005. 6(3): pp. 215-225.

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-14-0457_Szabo_Sandor_Andras.pdf

Domján Károly

A VIRTUÁLIS VALÓSÁG HARDVERES ÉS SZOFTVERES KÖRNYEZET KIALAKÍTÁSÁNAK, FEJLESZTÉSÉNEK ÉS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK LEHETŐSÉGEI REPÜLŐORVOSI KÖRNYEZETBEN

A szimuláció egy merőben új kihasználási lehetőségeit tartogatja számunkra a Virtuális Valóság. A látszólagos valóságban a számunkra legmegfelelőbb virtuális környezetet teremthetjük meg, mely a szimulációs igényeinkhez a leginkább illeszkedik. A megfelelő hardver és szoftver konfiguráció képes biztosítani olyan szintű mesterségesen generált élményt, mely érzékszerveinket manipulálja. Ezen képességet a repülés szimuláció orvosi környezetbe történő beillesztésére terveztük. A VR[1] alkalmazásával speciális rendszerkörnyezetben valós időben vizsgálhatjuk a repülés közbeni stressz jellemzőit. A VR barokamrában történő alkalmazása sokoldalú, amivel egyszerre több érzékszervet is képesek vagyunk egyidejűleg manipulálni, így egyszerre képes hatni a látás a hallás és az érzékelés fiziológiai folyamatára. A VR képes elhitetni a vizsgált alannyal, hogy egy repülőgépben ülve hajt végre feladatot, a magasságváltozást pedig a barokamra adja. Vizsgálni tudjuk a hypoxiás tüneteket, annak elhúzódó alattomos hatásait, valamint a folyamatos stressz szintet.

Kulcsszavak: *virtuális valóság, környezet, VR, VE, légtér, szimuláció, repülés alatti stressz, hypoxia, barokamra, repülésbiztonság, Oculus Rift, globális, szimuláció, rendszerkörnyezet, az emberi élet védelme.*

A „VR” SZIMULÁCIÓS KÖRNYEZET ÁLTAL TEREMTETT LEHETŐSÉGEK

A virtual reality és a virtual enviroment[2] szimuláció

A szimulációról általánosságban

A szimuláció talán már a földi élet megjelenésével egyidős jelenség, melynek jelentőségét és kihasználhatóságát csak most kezdjük megérteni. Az élővilág törvényeinek köszönhetően, szinte minden élőlény kifejlesztett valamilyen szimulációs képességet, a fajfenntartás és a túlélés érdekében. Erre a képességre rengeteg példát találhatunk a természetben csak nyitva kell.tartanunk a szemünket. A kialakított, kifejlesztett szimulációs technikák egy része a zsákmányszerzés, a másik része pont a zsákmánnyá válás miatt alakult ki.

Az állatvilág a maga módján ugyancsak egyedülálló módon alkalmazza a szimulációt és ahogy a növények esetében is, akár már évmilliók óta színesítik a Földi élővilágot. Némely képviselője halottnak tetteti magát veszélyhelyzetben, míg más állatfajok a növényekhez hasonlóan színekkel vagy vegyi anyagokkal jelzik a ragadozók irányába, hogy elfogyasztásuk bizony veszélyes is lehet. Az egyik legismertebb állatfaj, amelyik messzemenően híres a rejtőzködő képességéről, az a kaméleon és a botsáska. Ezek speciális képességeikkel teljesen beleolvadnak a környe-

[1] VR – Virtual Reality – Virtuális valóság

[2] Virtual Enviroment – Virtuális környezet

zetükbe. A sort még hosszan folytathatnánk, de én feltétlenül megemlíteném az egyik kedvencemet, hiszen az ő szimulációs képessége nemcsak összetett, de egy bizonyos fokú intelligenciára is utal. A Szahara homokjában élő csörgőkígyó zseniális taktikát alkalmaz a szimuláció terén. Mivel az egyik zsákmányállatát –a gekkót-, nem egyszerű elkapni szimulációs trükkhöz folyamodik. Beássa magát a sivatag homokjába úgy, hogy csak a farka vége lóg ki, mely megtévesztésig hasonlít egy fűszálra. Ez miért is lehet érdekes? Mert mint említettem a szimulációs eljárás összetett. A gekkót ugyan a fűszál nem érdekli, de a hangyát annál inkább. A gekkó zsákmányállata azonban éppen a hangya. Ahogy a hangya észreveszi a fűszálat, azonnal célba is veszi, a gekkó pedig a hangyát. És ezzel a kör be is zárult, hiszen a csörgőkígyónak már csak el kell kapnia a gekkót. Ezek a megtévesztési formák is mind a szimuláció bizonyos fajtái.

A legtudatosabb faj révén, az ember tökéletesítette és folyamatosan tökéletesíti a szimulációt. Folyamatos modellezéssel és az azokon futtatott szimulációkkal, szinte minden szakterületen komoly lépéseket tett előre az emberiség, nagymértékben lecsökkentve ezzel a valós kockázatokat és ezzel együtt magasabb szinten kezelve az emberi élet védelmét. Komoly szimulációs eszközök és szoftverek láttak napvilágot, melyek segítségével tökéletesebbek lettek a szimulációs modellek. Említsük meg például a szélcsatornát, mely kezdetben, a repülőiparban, majd később a járműiparban és az építészetben is segítette a mérnökök munkáját. Manapság pedig már minden szakterület alkalmaz valamilyen szimulációs eljárást.

A mi esetünkben a repülésbiztonság növelésében már most is nagy szerepet játszik. Segítségével úgy vizsgálhatunk különleges eseteket, vagy tesztelhetünk új eljárásokat, hogy közben a legértékesebb dolog, azaz az emberi élet, a legkevésbé sincs veszélyben. E szabadság tudatában speciális szimulációkat tervezhetünk, amelyeket orvosi vizsgálati modellekkel ötvözhetünk, vagy teljesen új eljárásokat dolgozhatunk ki a stressz és a monotónia tűrésére, illetve azok objektív mérésére. Speciálisan ilyen célokra tervezett és megépített eszközökkel, valamint a már megalkotott vizsgálati modellekkel, akár forradalmasíthatjuk is az orvosi szakterületek némelyikét.

A Virtuális valóság és a virtuális környezet egyszerű bemutatása

Ahhoz, hogy megértsük miről is szól maga a „virtuális valóság”, illetve a „virtuális környezet”, mindenképpen tisztáznunk kell néhány fogalmat, ami csak az utóbbi időben alakult, ki a számítógép megjelenésével és a szoftverek fejlődésével. A szimuláció és a szimulációs környezetek is egyaránt hatalmas fejlődésnek indultak, és e fejlesztéseket szinte minden szakterület kihasználja, illetve külön modelleket, modellezési eljárásokat, struktúrákat építenek rá. Azonban az, hogy valami virtuális, az azt is jelenti, hogy nem egy létező, nem egy valós dologról beszélünk, hanem egy mesterségesen, általában számítógép által generált környezetet veszünk alapul. Ha már a fogalmakról beszélünk, nézzük meg sorba mit jelent az a szó, hogy Virtuális, Valóság, Virtuális valóság, valamint Virtuális környezet:

- ahogy már az előbb is említettem, a virtuális az egy nem létező, látszólagos, mesterségesen generált, és általában számítógéppel létrehozott valódi vagy kitalált világ másolata;
- a valóság megfogalmazása ennél már egy kicsit nehezebb, hiszen valódinak mondunk minden olyan tárgyat, érzést és/vagy jelenséget, amit érzékszerveink valamelyikével folyamatosan érzékelünk, hiszen ez az érzékelés teremti meg a kölcsönhatást a fizikai világgal. Ezen érzékelési formák lehetnek:
    - a látás;

  - a hallás;
  - a tapintás;
  - a szaglás;
  - vagy az ízlelés;
- a „Virtuális Valóság / Virtual Reality” (VR) éppen ezért egy olyan valósághű szimuláció, melyet ugyan nem létező dolgokból számítógép által generálunk, egy magunk által létrehozott teljesen mesterséges környezetben, de mégis valamelyik érzékszervünkre aktívan hatva, így megtévesztve azt. Ha érzékszerveinket mesterségesen manipuláljuk, vagyis átverjük saját érzékelésünket, akkor elhitethetjük szervezetünkkel, agyunkkal, hogy amibe bele csöppentünk, az bár nem létező és nem valóságos, mégis egy valódinak tűnő manipulált, generált valóság;
- a „Virtuális Környezet / Virtual Environment” (VE) a virtuális valóság egy speciális szegmense. A létrehozott, generált valóságban számtalan különálló kialakítású és feladatrendszerű környezet kaphat helyet. Azonban, hogy ne legyen ennyire egyszerű, minden virtuális környezet, önmagában is egy mikro virtuális világ.

A látszólagos valóság, illetve környezet létrehozásához feltétlenül szükségünk van néhány alapvető eszközre, ami ennek megteremtését képes számunkra biztosítani. A rendszer egyik eleme egy vagy több komoly számítógép, ami létrehozza, generálja számunkra a manipulált világot, amit nevezhetünk akár virtuális valóságnak is. A VR rendszer részét képezi egy olyan eszköz is, amely ezt a generált „álomvilágot” érzékszerveinkhez eljuttatja, azokat aktívan befolyásolja. Ez a „Virtual Reality Device” (VRD[3]), vagyis a mesterségesen előállított valóságot megjelenítő eszköz. A kimeneti és bemeneti csatornák összekötik a rendszer elemeit, mely így egy zárt kört alkot, aminek középpontja maga az ember, aki számára a virtuális valóság megteremtődik. Azonban ez a zárt világ mégsem zárt. Nyílt vagy zárt hálózatok segítségével a cyber teret egyidőben több résztvevő is megtöltheti, illetve használhatja. Egymással való kapcsolatuk és észlelésük valós idejű a generált téren belül. A hálózati támogatásnak köszönhetően akár közös munka vagy játék is megvalósítható a virtuális környezetekben. Erre az egyik legjobb példa Lockheed Martin Prepar3D szimulációs szoftver, mely nem kifejezetten csak a repülés számára terjeszti ki a számítógéppel generált teret, hanem olyan globális környezetet teremt, melyben a Földön, vízen, levegőben és a víz alatt is hajthatunk végre szimulált feladatokat. Minden résztvevő valós idejű vizuális és audio kapcsolatban áll egymással, sőt arra is van lehetőség, hogy egy légi járművet akár több személy is együtt vezessen egy valódi CREW-hoz hasonlóan. Lehetőség nyílik olyan jellegű repülésoktatásra is, melyben oktató és növendék, pilóta és repülés irányító, katonai légijárművek hajózó személyzetei és légvédelmi irányítók egy időben vesznek részt. Elhelyezkedésük és pozíciójuk a virtuális térben megfelel a valóságnak, de a fizikai szimulátor környezetek a világ bármely pontján lehetnek.

A Virtuális valóság és a virtuális környezet hardveres és szoftveres megteremtése

Az egyre népszerűbb VR alkalmazások, filmek és játékok, hatalmas lendületet adtak a gyártóknak és a fejlesztőknek, így az egészen egyszerű, házi kivitelezésűtől a legkomolyabb professzionális VR eszközökig szinte minden elérhető a kereskedelemben. Az eszközkészlet sokszínűség miatt

[3] VRD – Virtual Reality Device

nem egyszerű a megfelelő hardver kiválasztása. A virtuális eszközök beszerzésekor lépten nyomon kompromisszumokat kell kötnünk. Igen fontos szempont lehet a költséghatékonyság, bár az „olcsó húsnak híg a leve" mondás itt éreztetheti legjobban jelentését. Minél olcsóbb eszközöket szerzünk be, annál inkább rontjuk a VR élményt. Az ár-értékarányt figyelembe véve talán még azt se mondhatjuk, hogy az ár és az élmény lineáris kapcsolatban van, mert az eszköz gyengébb kivitele a virtuális élményt akár exponenciálisan is ronthatja. Kiváló megjelenítést érhetünk el a drágább VR eszközökkel, ám ezek kiszolgálásához a számítógépes hardver is már egy jóval magasabb költségű beruházást igényel. Nagy számítási teljesítményű processzor mellett, igen komoly teljesítményű videókártya szükséges, tekintélyes mennyiségű memóriával és rendszermemóriával, valamint az adattárolók sebességigénye miatt elhagyhatatlan az SSD[4]-k alkalmazása.

Az orvosi kutatásban használni kívánt virtuális valóság eszközöket tekintve alapvetően két típust vettünk alapul. Ezek közül az első egy költséghatékonyabb kivitelű, mobiltelefonos kijelzős VR szemüveg volt. A Blitzwolf cég által gyártott VRG[5]került elsőként kipróbálásra. Ez az eszköz ugyan magában hordozza a VR megjelenítési képességeket, azonban az audio ingert csak egy kiegészítő Headset-tel lehet a kívánt módon létrehozni. A vezetékek számának növekedése, az ergonómiai kialakítást nagymértékben megnehezíti. Ezen kívül a látott kép sem hozta azt a hatást, amit egy ilyen kutatási célra szánt VR eszköztől elvártunk. A két szem számára osztott kép a következő ábrán látható.

1. ábra A mobiltelefonos VR szemüveg látótérben észlelhető képe

A VR szemüvegben látott kép az agyunk képességeinek és a látási mechanizmusunknak köszönhetően válik egységes vizuális élménnyé, ugyanis a kijelzőn mindkét szem számára egy különálló kép kerül megjelenítésre. Ebből készít az agyunk egy normál állású 3D vizuális képet. Az általunk látott kép mérete 65"-nak azaz 164 cm átmérőnek felel meg. A szemüveg kialakításából adódóan ugyan kitakarja a valós fizikai világot, mégis azt az érzést kelti, mintha egy ablakon át néznénk a képet. Az mellett sem mehetünk el szó nélkül, hogy a kutatásunkhoz feltétlenül szükséges volt, hogy a P3D[6]-t futtathassuk az eszközön. A szimulátor futtatása már azonnal behatárolja, hogy milyen teljesítményű számítógépet szükséges biztosítanunk, a szimulátor szoftver akadásmentes futtatásához, és akkor még a használni kívánt mobileszköz teljesítménye sem mindegy. A látott kép elmozdulásának valószerűsége is függ a mobileszköz

[4] SSD – Solid State Drive azaz félvezető alapú meghajtó, illetve szilárdtest meghajtó

[5] VRG – Virtual Reality Glasses azaz virtuális valóság szemüveg

[6] P3D – Lockheed Martin Prepar3D szimulációs szoftver

giroszkópikus szenzorjaitól, és a processzor teljesítményétől. Bármelyik összetevő gyengébb teljesítménye óriási mértékben rontja a VR élményt. Az akadásmentes megjelenítéshez minimum Snapdragon 6xx szériás processzor szükséges, de a nyolcszázas sorozat sem árt.

A **Trinus VR** alkalmazásával el lehetett érni, hogy a szimulátor képe megjelenjen a mobiltelefon kijelzőjén. Miután a rendszer stabilan összeállt bevittük a barokamrába, nagy magasságnak megfelelő légritkítás , hypobáriás körülmények közé, hogy teszteljük. Nem lehetett előre biztosan tudni, hogy a nyomásváltozás, a ritkább levegő és a levegő viszkozitásának a megváltozása, hogyan hat majd az eszközeinkre. A teszt alatt folyamatos hőmérsékleti kontrolt végeztünk, melyet rögzítettünk. Ebből tisztán kiolvasható volt, hogy mind a számítógép, mind pedig a mobileszköz tekintélyes mértékben melegedett.

2. ábra A Blitzwolf VR3 szemüveg

A Trinus VR futtatásához szükséges volt a számítógépen a Trinus VR Server futtatására. Ez a szoftver biztosította a megjelenítést a mobileszköz kijelzőjére. Stabilan csak a mikro USB kábellel lehetett működtetni, mert a vezeték nélküli adatátvitel kevésnek bizonyult. A mobiltelefon elhelyezkedése miatt a kábel kényelmetlenné tette az eszköz használatát. Ezen kívül a fejmozgást is csak késéssel tudta az eszköz lekövetni. Rendkívül fontos, hogy az alkalmazott VRD képes legyen a gyors fejmozgást is pontosan lekövetni, mert a repülés szimulációnál ez adatátviteli késés elveszi a repülés élményét, és rontja a szimuláció valódiságát.

3. ábra A Blitzwolf VR3 részei és a mobileszköz elhelyezkedése

A lencsék szemhez történő állíthatósága sem volt pontos, illetve bárhogy lett beállítva, a látható holtterek miatt, a szimulált repülés élmény leromlott. Otthoni használatra történő alkalmazása kielégítő lehet, de orvosi kutatáshoz ez a rendszer nem megfelelő.

Megkezdődött egy másik VR rendszer alkalmazásának a tervezése és beszerzése. Ez az eszköz lett az OCULUS RIFT[7]. Az alapkövetelmények ezzel az eszközzel kapcsolatban is ugyanazok voltak, mint a mobiltelefonos verzióval. Megfelelően gyorsnak kellett lennie a fejmozgást követve, és a látott kép frissítési frekvenciája is a megfelelő sávban kellett, hogy maradjon. Az Oculus Rift bekerülési költsége messze meghaladja az úgynevezett „egyszerűbb" VR eszközökét. A támogató hardver elemek, így például a számítógép sem az átlagár és teljesítmény kategóriába sorolhatók. Nagyon fontos a nagyteljesítményű processzor és a grafikus kártya. A szemüvegbe a kép HDMI[8] kábelen keresztül jut, ami egyben támogatja az audio jelátvitelt is. A Rift alapvető kialakítása olyan, hogy alapfelszereltségként magába foglal két hangszórót. Ezek természetesen levehetők, így külön Headset[9] is használható. A repülés szimuláció miatt erre az opcióra szükség is van, mert a virtuális légtér[10]ben végrehajtott repüléshez a Real Time audio kapcsolat feltétlenül szükséges. A HDMI kábel mellett még egy párhuzamosított USB 3.0 kábel is be van kötve a szemüvegbe, annak meghajtásához. A virtuális szemüveg tartalmaz mindkét szem számára egy- egy Full HD (FHD) felbontású kijelzőt, melyek felbontása 1920x1080 pixel. Ez az egyik alapvető különbség a mobiltelefonos VRD-hez képest. Az FHD felbontás még nem teljesen tökéletes, de a jelenlegi gyártástechnológia mellett nagyobb felbontás ekkora méretű LED kijelző esetében még nem lehetséges. Ez azonban csak idő kérdése. UHD 2K[11] felbontás felett a pixelsűrűség már akkora, hogy az emberi szem képtelen felfogni, vagyis a látott kép minősége egyre jobban megközelíti a fotorealisztikus[12] minőséget.

4. ábra Az Oculus Rift szerkezeti felépítése

Az Oculus Rift másik sajátossága, az a fejmozgás követés. Az alapcsomagban 2 darab optikai infra[13] kamera van, mely folyamatosan figyeli a szemüvegben lévő infra szenzorokat. Így a fejmozgást több mint 180 fokban képes igen nagy precizitással lekövetni. Amennyiben a későbbi kutatási tesztek igénylik, újabb 2 darab érzékelő beszerzésével a teljes 360 fokban történő mozgás is megoldható.

[7] OCULUS RIFT: Oculus által gyártott VR eszköz.
[8] HDMI: High-Definition Multimedia Interface
[9] Headset: Olyan fejhallgató, mely beépített mikrofont is tartalmaz.
[10] Virtuális légtér: Egy szerver által generált légtér, mely biztosítja a valós idejű vizuális és hangkapcsolatot a légtérben résztvevő kliensek között.
[11] UHD 2K: Ultra High Definition 2560*1440 pixel.
[12] Fotorealisztikus: A valódival szinte teljesen megegyező fotó minőségű megjelenítés.
[13] Infra: Infravörös tartományú.

5. ábra A szemüvegbe épített szenzorok és az érzékelő

A rendszer zavartalan működtetése érdekében, egy nagyteljesítményű asztali számítógépet alkalmaztunk, mely képes volt a VR eszközzel szemben támasztott igényeket kielégíteni. A tesztek alatt szerzett tapasztalatok azt mutatták, hogy egy véglegesen kialakítható vizsgálati rendszerhez, amit a barokamrában[14] is használni lehetne, nagyteljesítményű hordozható számítógépet kell betervezni. A barokamra speciális helyzeteket idéz elő működés közben, így például a levegő nyomásának lecsökkentése mellett, -az imitált magasságnak megfelelően-, a légritkítással csökken az oxigén résznyomása, és a levegő viszkozitását is. A hűtés hatásfoka is jobb lehet egy célirányosan GAMER[15] célra kialakított ROG[16] Notebook- kal, valamint a helykihasználtság is hatékonyabbá válik. A helytakarékosság igen fontos a vizsgálatok szempontjából, mert a VR rendszer helyigénye standard, így azon csökkenteni nem lehet, valamint a kiegészítő műszerek is helyet igényelnek.

Fontos, hogy a szimulált repüléshez használt HOTAS[17] vezérlők, Joystick[18], Throttle[19], Rudder Pedals[20], könnyen használhatók legyenek, mert a vizsgálatok hatékonyságát nagymértékben rontja, ha a vezérlők használatát csak hosszabb idő alatt lehet megtanítani. A tesztek alatt a Saitek X-52 vezérlőket alkalmaztuk, melyek beváltották ugyan az elvárt eredményeket, de egy végleges vizsgálati rendszerhez nem alkalmasak. A professzionális vezérlők esetében a Thrustmaster A-10 vezérlő szett, nagyságrendekkel hatékonyabb választás.

6. ábra Bal oldalon az X-52 vezérlőszett, jobb oldalon az A-10 HOTAS rendszer

A rendszer fejleszthetősége folyamatos lehet, mert a rendszer összetevők : tervezésekor figyelembe vettük azt a szempontot, hogy a később felmerülő igények is kielégíthetők legyenek. A

[14] barokamra: Alacsony nyomású speciális kamra
[15] GAMER – Kifejezetten játék kategória
[16] ROG – Republic of Game
[17] HOTAS – Hand on Throttle and Stick. A létfontosságú kapcsolók, gombok, a Joystick-on és a gázkaron legyenek elhelyezve. Így a repülés időtartamának nagy részében a vezérlőszerveket nem szükséges elengedni.
[18] Joystick – botkormány
[19] Throttle – (gázkar) HVK – hajtómű vezérlőkar
[20] Pedals – pedálok

vizsgálati rendszer mellé, egy speciális tesztrendszer is létrehozásra került, illetve a vizsgálatok és tesztek pontosabb nyomon követése, és kiértékelhetősége érdekében optimalizált adatbázis megtervezését kezdtük el. Ez az adatbázis szerver alapú lesz, így a bevihető rekordok száma is megsokszorozódik. Fontos szempont volt, ahogy azt az előzőekben már említettem, hogy a tesztek és vizsgálatok alatti adatbevitel gyors és irányított legyen, mert a későbbi kiértékeléseket csak így lehet nagy precizitással elvégezni.

A VR endszer barokamrás ötvözése szükségessé teszi a kamra modernizációját is, mert a rendszerrel olyan tesztek is létrehozhatók, melyek valósághű szimulációjához elengedhetetlen, hogy a barokamra folyamatosan képes legyen lekövetni a VR szimuláció nyomásváltozásait. Természetesen nem minden repülőgép követi le ezt a nyomásváltozást, hiszen a hermetizált túlnyomásos fülkék kivédik ezeket a hatásokat. Azonban számos olyan helyzet lehet, amikor ez a túlnyomás megszűnik, és a légijármű vezetője azonnal egy élettanilag nehezen, vagy egyáltalán nem tolerálható közegben találja magát. Megfelelő eljárások segíthetik a személyzetet abban, hogy a megfelelő módon reagáljon a vészhelyzetre és így járuljon hozzá a repülésbiztonság növeléséhez. Elektromágneses csapokkal, szelepekkel a nyomásváltozás gyorsan lekövethető, az automatizálás pedig létszükséglet. Egy közvetítő Interface képes lehet a rendszer gyors vezérlésére a VR szimulációból kapott kimenő jelek alapján. Túl nagy adatfeldolgozás a rendszer részéről nem szükséges, hiszen a kimenő adatok közül a magasság és a variométer[21] adatait kell feldolgozni, és ezek alapján a barokamra rendszerét vezérelni. A modernizálás a kamra belső terének jobb kihasználásához is feltétlenül szükséges. A hardvereknek kompatibiliseknek kell lenniük egymással. és moduláris felépítéssel kell azokat kialakítani. A VR rendszer tekintetében a helyzet kedvezőbb, mert moduláris, az elhelyezése és a telepítése standardizálható.

VR REPÜLÉSSZIMULÁCIÓ A REPÜLÉSÉLETTANI STESSZ JELLEMZÉSÉRE

A Virtuális valóságban létrehozott repülés, VR szimulációja

A speciális orvosi környezetek egyik lehetséges eleme tehát a barokamra, és kutatásunk mostani fázisában az itt végezhető tesztek és vizsgálatok állnak az első helyen, melyben egyre komolyabb és feladatspecifikus szimulációt alkottunk meg. Létrehoztunk egy olyan dokumentumot, melyben a hardverekkel, a szoftverekkel, és a teszteljárásokkal kapcsolatban minden lépést rögzítünk. Legyen ez a tervezés vagy akár a végrehajtás fázisa. Külön fejezetben tervezzük és tárgyaljuk, majd később kiértékeljük a teszteket. Mivel a tesztek felépítése pontosan követ egyfajta lépcsőzetességet és folyamatosságot, a „***Step by Step tesztsorozat”*** nevet kapta.

Az első repülési feladatot még úgy terveztük, hogy alapul vettük a standard barokamra tesztet. Ennek idővonalához igazodva terveztem egy olyan repülési feladatot, ahol egy JAS-39 Gripen típusú vadászrepülőgéppel, a kecskeméti repülőbázis 30-as kifutópályájáról felszállva, 50 m/s-al emelkedtem 5500 méterre. Ezen a repülési magasságon egy kiszélesített iskolakörrel 15 percet repültem, majd -50 m/s-al süllyedve leszálltam ugyancsak a kecskeméti RWY 30 futópályán. A teljes repülést rögzítettem mely képesség szintén a szimulátorprogram része. Ezzel már

[21] Variométer: Emelkedés, süllyedés mértékét kijelző műszer. (m/s, vagy feet/sec)

megvolt az első repülés szimuláció, amit bevihettünk a barokamrába, és kipróbálhattuk a VR-rel. Az első alkalommal még nem értük el azt a kívánt hatást, amit szerettünk volna, de ekkor még csak a mobiltelefonos VR kialakítást teszteltük.

A következő tesztnél már az Oculus Rift-et használva, a szimulációt pedig passzív módban futtattuk. Így élő repülést nem hajtottunk végre, és a vizsgált személy a VR rendszerben, viszszajátszásból volt részese a tesztnek. Ebben a tesztben még csak szaturációt[22] mértünk és a teszt teljes időtartama alatt 100%-os oxigént lélegeztünk.

Az eredményeket látva a következő tesztet már úgy terveztük meg, hogy a VR szimuláció alatt, több paramétert rögzíthessünk. Egy speciális műszer segítségével (NIRS[23]), a szaturáció mellett az agy jobb és bal féltekének homloklebenyén mérhető véroxigén szintet is mértük. A repülési feladat ekkor még ugyanaz volt, mint az előző tesztben és ugyanúgy passzív módban. Mivel tudjuk, hogy egy mérés nem mérés, és azt is, hogy egy mért eredményhez egy referencia mérésre is szükségünk van, megkezdődött egy sokkal összetettebb teszt program kidolgozása.

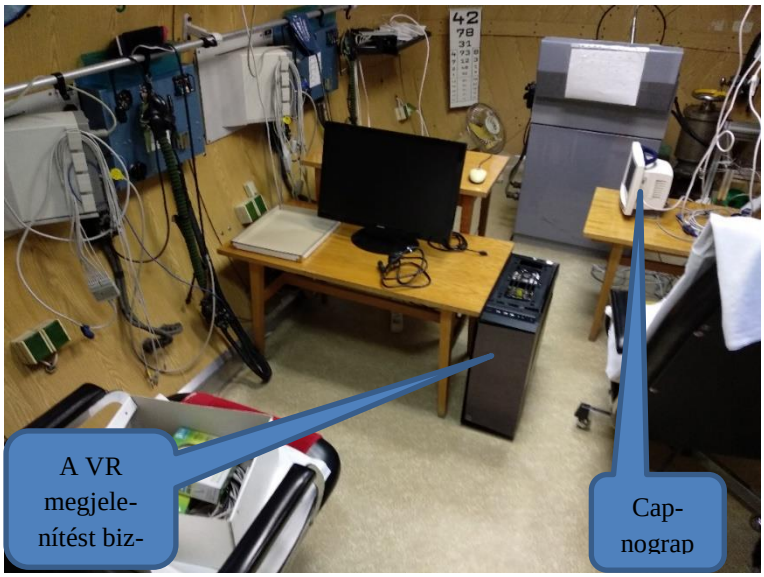
A „LIVE TEST" elnevezésű tesztnél figyelembe vettünk olyan lehetséges eseményeket is, melyek bekövetkezési valószínűsége ugyan alacsony, de kizárni soha nem lehet. Talán felesleges megemlíteni, de Murphy-től tudjuk, hogy „ami bekövetkezhet, az be is következik". Talán viccesnek tűnhet ez a megközelítés, de kockázatelemzési szempontból igen fontos. Az újabb generációs vadászrepülőgépek némely típusának fedélzetén ugyanis egy olyan eszközt találhatunk, mely közvetlenül a hajtómű segítségével állítja elő a fedélzeti oxigént a pilóta számára. Ez az OBOGS fedélzeti oxigénforrás. Ismerve ezt a tényt és a hypoxia alattomos jellemét, egy hajtómű leállásos vészhelyzetet építettünk a repülési programba. Az egész repülési feladat úgy lett tervezve, hogy -bár előre le lett repülve és rögzítve-, a vizsgált személy passzív repülési szimulációját követően én is ugyanazt lerepültem, de már „élőben", szimulálva a barokamrával a külső behatásokat. A pontosabb adatrögzítés szempontjából egyidőben használtuk a NIRS[24]-et, a homloklebeny oxigénszintjének mérésére, a Kapnográf-ot a kilélegzett széndioxid mérésére, és a Firstbeat Bodyguard 2[25] testszenzoros mérőrendszert a pulzusvariancia és a stressz rögzítésére. A passzív repülést végrehajtó személyre a Firstbeat mérőrendszert a tesztet megelőző napon már felrögzítettük, melyet a teszt napján és az azt követő napon is viselt. Így kaptunk egy tisztább képet az életvitelből adódó stressz szintre, annak kezelésére, a pihenési fázisok minőségére, majd a tesztet követő nap jellemzőire vonatkozóan. A teszt napján mindannyiunknál egy egészséges stressz szint növekedés volt feltételezhető, hiszen a vizsgálattal kapcsolatos mérések eredménye, a feladat végrehajtás újszerűsége, és a műszerek együttes használatából adódó feszültségek, nyilvánvalóan kihatnak a pulzusvarianciára.

[22] Szaturáció: a szervezet véroxigén szintjének az értéke.

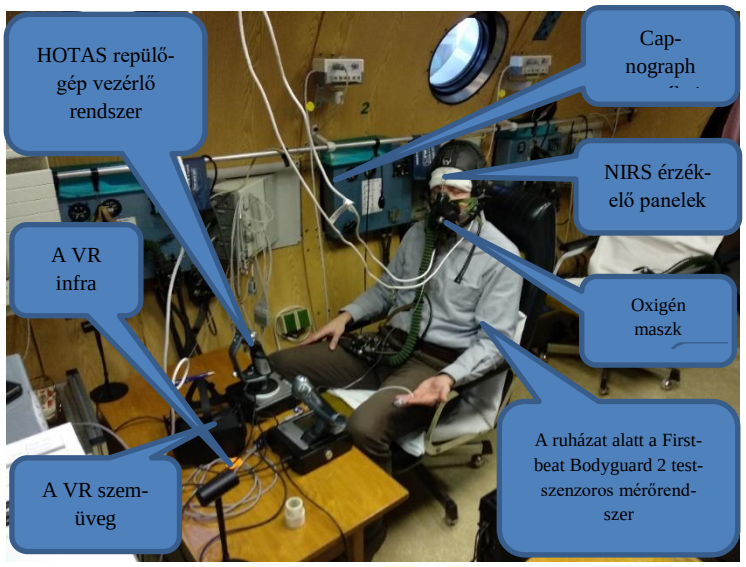
[23] NIRS – Near Infrared Spectroscopy – közel infravörös tartományban (800 nm) bőrön keresztül mért kevert agyi homloklebeny vér oxigén telítettsége.

[24] NIRS – Közel Infravörös Spektroszkópia

[25] Firsbeat – A Fusion Vital által kifejlesztett pulzusvariancián alapuló testszenzoros mérőrendszer.

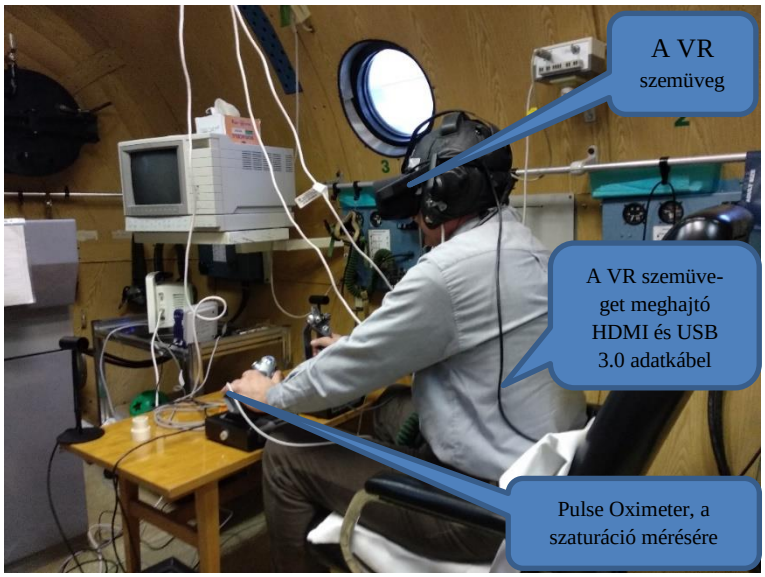


7. ábra A barokamra LIVE TEST összeállítása



8. ábra A passzív repülést végrehajtó vizsgálati személy tesztre történő előkészítése

9. ábra A LIVE TEST végrehajtása passzív módban



10. ábra Az aktív VR rendszer

A Firstbeat által regisztrált adatokat pontos naplózással rögzítettük, így a pulzusvariancián alapuló adatok kiértékelését, a többi műszer által mért paraméterekkel szinkronba tudjuk hozni, és egy adatbázisban tárolni. Az adatokból történő információ kinyerését a speciális lekérdezések biztosítják számunkra. A pontos adatgyűjtéshez a feladatnak is illeszkednie kellett. Kiszámoltuk, hogy optimálisan mennyi időt kell eltöltenünk hypoxiás környezetben és ehhez igazítottuk a repülés kezdő és befejező fázisát is. Az L-39 Albatros repülőgéptípust választottuk, mellyel a kecskeméti repülő bázis központi zónájából gurultunk ki a futópályára. RWY30[26] szerinti felszállás után emelkedtünk pályairányon, azaz 300 fokon, QFE[27] 2000 méterre. A szint elérése után jobb 180 fokos fordulót hajtottunk végre, majd tartva a 120 fokos irányt, emelkedtünk 5500 méterre. A tervezett idők tartásához ezen a magasságon nagyjából 3 percet repültünk, majd újabb jobb fordulóval visszafordultunk 300 fokra. Ezt követően történt meg a hajtómű leállás. Az oxigén betáplálás hiányának szimulálásához, az oxigén maszkot elvettük a vizsgált személytől. A repülőgép süllyedésben 300 km/h sebességre trimmelve haladt, miközben megkezdődött a hajtómű légi újraindítása. 3000 métert elérve a hajtómű újraindult és az oxigén betáplálás is helyreállt, vagyis a maszkot visszatettük. Ezt követően RWY30szerinti jobb iskolakörből megkezdtük a megközelítést, majd leszálltunk RWY30-ra.

11. ábra A VR rendszerben történő valós fejmozgáshoz tartozó látott kép, a két szemre lebontva. A repülés végső megközelítési fázisában

[26] RWY30 – Runway 30, azaz a kifutópálya 300 fokos iránya.
[27] QFE – A repülőtér saját tengerszint feletti magasságához igazított helyi légnyomás

Ezután következett az aktív repülés, a repülési ismeretekkel rendelkező szerző, mint alany „bedrótozásra" kerültem, -vagyis felrögzítésre került a NIRS és a Capnograph-, és elkezdtük a teszt második fázisát. A repülés a passzív végrehajtáshoz hasonlóan zajlott egészen a hajtómű leállásig, de a kiszámíthatatlansági tényezőknek köszönhetően a hajtómű indítása több időt igényelt, főleg azért, mert a hypoxiás környezetben oxigén nélkül, a látásélességem nem volt állandó. 2800 méteren indult újra a hajtómű, ás ettől kezdve már újra 100% oxigént lélegeztem be. Ugyanakkor a végső megközelítés fázisában, a kifutópályát többször is elmosódva láttam. A szimulált repülés végrehajtása sikeres volt, de a rögzített repüléshez képest okozott különbségeket. A tesztet követően szinte azonnal láthatóvá váltak a vizsgált személyek közti különbségek, de a teljes kiértékelés az agyi keringési paraméterek változására vonatkozóan a későbbiekben fog csak megtörténni.

A tesztsorozat a „Step by Step" nevet kapta, így figyelünk arra, hogy tartsunk egyfajta folyamatosságot, és a feladatok bonyolultságát tekintve is egy lépcsőzetességet. A LIVE TEST sorozatban olyan feladatokat is tervezünk, melyek végrehajtási ideje alatt több időt töltünk el 5500 méteren vagy hypoxiában, bonyolultabb látási viszonyokat teremtünk, műszeres repülési feladatokat állítunk össze valamint éjszakai NV[28] helyzeteket is szimulálunk. Alkalmazva a ma már szinte természetes elektronikai eszközöket, speciális feladatokat oldathatunk meg minden vizsgált személy esetében úgy, hogy közben kitéve őket a hypoxia hatásainak a Firstbeat testszenzoros mérőrendszerrel Real Time adatgyűjtést végezhetünk a pulzusvarianciára alapozva. A LIVE TEST-et követően a NETWORKING LIVE TEST sorozat kerül majd kidolgozásra, de ehhez alapvető hardver bővítés is szükséges lesz. A mért adatokból történő elemzés után már komplex eljárásokat és vizsgálati módszereket is kidolgozunk, melyek illeszkednek a NLT[29] sorozathoz.

Tudjuk azt, hogy a repülőgépvezetőkre milyen külső és belső ingerek hathatnak, melyek stresszszorokként értelmezhetők és közvetlenül befolyásolják a teljesítményt, illetve a cselekvőképességet, mindez arra ösztönöz bennünket, hogy a lehető legjobban ismerjük meg őket, és tanuljuk meg ezeket kezelni. Ugyan a VR szimulációk képtelenek minden ingert létrehozni, mely alapján a repülésélettani stressz vizsgálható, de mindazok az ingerek melyek ezzel a rendszerrel közvetlenül vagy közvetve létrehozhatók, közelebb visznek minket a valós jellemzők megismeréséhez. A stressz alattomos hatása individuális, egy bizonyos szintig még segíti is a cselekvőképességet, egy bizonyos szint után már meg is gátolja azt. Nagyon fontos, hogy a vizsgálati rendszerek úgy épüljenek fel, hogy a lehető legjobb közelítéssel a valós behatásokat tárják elénk, mert minden eljárás vagy segédeszköz használata, ami segíti a repülőgép személyzetét a cselekvőképesség megtartásában, közvetlenül kihat a repülésbiztonságra. Ahogy az informatikai eszközök, úgy a virtuális valóság és a virtuális környezetek is egyre fejlettebbek és élethűbbek lesznek. Ez pedig azt jelenti, hogy az idő nekünk dolgozik! Ha most megtanuljuk kihasználni a szimulációban rejlő lehetőségeket, később a technika fejlődésével, a modelljeink és az eljárásaink szinkronban fejlődnek. A VR repülésbiztonsági szerepe megkérdőjelezhetetlen, ugyanis a jövőben az utólagos balesetek kivizsgálásánál, bekövetkezett, vagy éppen be nem következett légiesemények elemzésénél, az Objektív kontroll egyik igen komoly eszköze. A szimulációs repülések alatt valós feladatok végrehajtását is előre megvalósíthatjuk, így előre

[28] NV _ Night Vision azaz műszeres éjjellátó képesség.
[29] NLT – Networking Live Test

lehet számolni bizonyos stressz összetevők megjelenésével, hatásával. A repülésélettani stressz tudatában, a kiképzésben vagy a feladatok végrehajtásában egzakt standart-ek dolgozhatók ki, melyek olyan mértékben csökkentik a repülő személyzetre ható stressz szintjét, hogy a biztonságos feladat végrehajtással, már ezzel is a repülésbiztonság egy magasabb szintjét képviseljék.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Lockheed Martin Prepar3D, (online) url: http://www.prepar3d.com

[2] Domján Károly. A légierő számára kialakítható moduláris szimulációs környezet kialakításának lehetőségei, képességek megszerzéséhez, fenntartásához és eljárások tökéletesítéséhez. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2017/2, hozzáférés: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-27-0375_Domjan_Karoly.pdf

[3] Domján Károly. Saját jegyzetek, szimulátoron szerzett tapasztalatok. Bővebb információk: +36303050173

[4] Szabó Sándor András PhD Értekezés 2008, A katonai repülő-hajózó állomány repülőorvosi minősítése, kiképzése a NATO standardizációs egyezmények szellemében. Hozzáférés: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/szabo_sandor_andras.pdf

CREATING, DEVELOPING AND APPLYING OF VIRTUAL REALITY OF HARDWARE AND SOFTWARE IN THE AEROMEDICAL ENVIRONMENT

The Virtual Reality a new form in using of possibilities. We have a special capability in the Virtual Environment creating. Correct hardware and software capability knows to create a Virtual Sceneries, which can manipulate our senses. We would like to use Virtual Environment in the flying with Aeromedical system. The Virtual Reality contain lot of possibilities for all of Medical specialization, but we now concentrate with the Aeromedical science. We use VR system in special environment, for example BAROCHAMBER, and we use this system here, because we get lot of capability, and we can manipulate visual, audio and body senses in Real Time. The VR system can create a photorealistic aircraft cockpit to the test person, so they can believe, that they sitting in the real cockpit, and they are parts of a real flying. So we can be monitoring the flight stresses, for example hypoxia. This science knows get some news Aeromedical procedures, and we can affect to the Flight Safety positively. The VR system will be part of Global Simulation Environment

Keywords: *Virtual Reality, Virtual Environment, Virtual Airspace, simulation, hypoxia, flying stress, training, oculus Rift, Flight Safety. VR system.*

Domján Károly MsC
Magyar Honvédség
Légi Vezetési és Irányítási Központ
Híradó Informatikai Osztály
domjan.karoly@mil.hu
orcid.org/0000-0002- 0349-0338

Károly Domján MsC
Hungarian Defence Forces
Air Command and Control Center
Signal and Information Technology Division
domjan.karoly@mil.hu
orcid.org/0000-0002- 0349-0338

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-15-0469_Domjan_Karoly.pdf

Kling Fanni, Papp Gábor, Rohács Dániel

SZIMULÁCIÓS KÉPESSÉGEK A HUNGAROCONTROL-BAN

Jelen cikk célja a HungaroControl – Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. szimulációs képességeinek részletes bemutatása. A légiforgalmi irányításban a szimuláció nélkülözhetetlen eszköz, egyrészről a képzések, másrészről az új koncepciók és rendszerek verifikációja és validációja miatt. A tanulmány egy rövid bevezetőt követően csoportosítja és kifejti az alapvető szimulációs eljárásokat. Az eljárásoknak megfelelő szimulációs infrastruktúra és módszertan ezután bemutatásra kerül, kiemelt hangsúlyt fektetve a szimulációs projektek általános életciklusára és a szakemberek feladataira egy sikeres szimuláció végrehajtásához. Végül a cikk betekintést nyújt konkrét szimulációs projektekbe, amelyek fókuszában új koncepciók validálása illetve az azokra való felkészítés álltak.

Kulcsszavak: Validáció, Valós idejű szimuláció, Gyorsított idejű szimuláció, Légiforgalmi irányítás, Szimulátor

BEVEZETÉS

A légiforgalmi irányításban a szimuláció Hopkins szerint nélkülözhetetlen eszköz [1], egyrészt a képzések, másrészt az új koncepciók verifikációja és validációja miatt. A szimulátorokat a legtöbb szolgáltató az új légiforgalmi irányító hallgatók gyakorlati képzésére használja, továbbá a szakszolgálati engedéllyel rendelkező irányítók felfrissítő, illetve kényszerhelyzeti szimulációira alkalmazza. Ehhez a felhasználási területhez nem feltétlenül szükséges nagy platform, ugyanakkor egyes központok kimondottan validációs szimulációra specifikálódtak, amelyben új koncepciókat, eljárásokat tudnak tesztelni [2].

A fent említett szimulációs eszközön végrehajtott valós-idejű szimuláció ugyanakkor Hopkins szerint amellett, hogy nélkülözhetetlen, túlhasznált módszer [1]. Leginkább azért, mert olyan célokra is alkalmazzák, amelyekre nem megfelelő, és léteznek egyéb, az adott célra jobban használható eszközök [3]. A különféle felhasználási terület miatt még az iparágban otthonosan mozgó szakemberek számára sem feltétlenül átlátható, hogy egyes problémákra milyen típusú szimulációs eljárás a legmegfelelőbb a megbízható eredmények, valamint a szimuláció igényeinek (pl. szimuláció időtartama, kidolgozottsága, költség- és humánerőforrás vonzata) kielégítése érdekében.

A jelen cikk célja a különböző szimulációs lehetőségek bemutatása, kifejezetten a HungaroControl – Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. szimulációs képességeinek részletes bemutatásán keresztül. Az átláthatóság érdekében a cikk számos hazai és nemzetközi projekt példáján keresztül taglalja a lehetőségeket.

ALAPVETŐ SZIMULÁCIÓS ELJÁRÁSOK

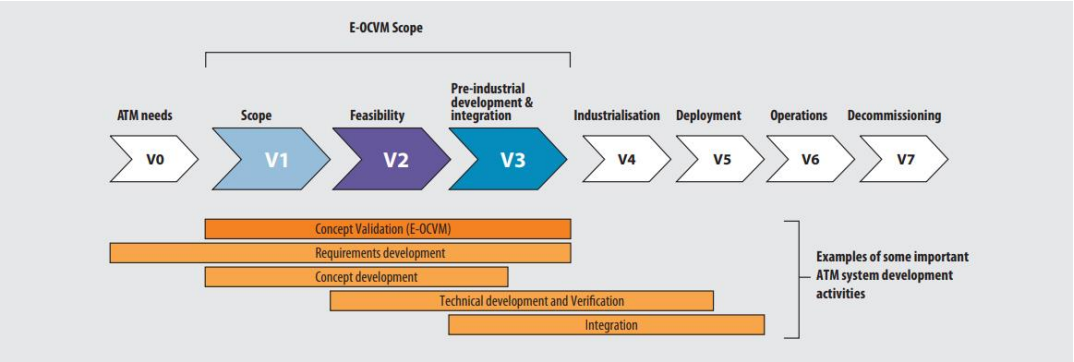
A szimulációs módszerek többféleképpen csoportosíthatók, amelyek közül az első legfontosabb és legkézenfekvőbb különbség a szimuláció sebessége, valamint az emberi interakció megléte. Ennek alapján elkülöníthető gyorsított idejű és valós idejű, humán operátor bevonásával alkalmazott szimuláció.

A gyorsított idejű szimulációk (un. Fast-Time Simulation: FTS) általában a valós idejű szimulációk előfutárai, ugyanakkor használhatóak teljesen önállóan is. Ebben az eljárásban gyorsított szimulációs idő, alacsonyabb kidolgozottság és részletesség alkalmazásával, valamint végfelhasználó (pl. légiforgalmi irányító) bevonásának mellőzésével történik szimuláció. Az eljárás lényege miatt legfontosabb előnyük, hogy viszonylag alacsony költséggel nagyszámú szcenárió futtatható le. Az adatok azonnal vizualizálhatók, a paraméterek az eredményeknek megfelelően módosíthatók. Az eredmények kiértékelése után kiválasztásra kerülhetnek a legkedvezőbbek, melyek végül jellemzően részletesebb, és valós szimulációs időben un. valós idejű szimulációs környezetben lehet tovább analizálni.

A valós idejű szimulációk (Real-Time Simulation, RTS) lényege, hogy valós szimulációs időben, részletesen, akár a valóságot teljes mértékben reprezentáló irányítói felülettel, és a légiforgalmat valós karakterisztikákkal (pl. pilóta-légiforgalmi irányító párbeszéd, légijármű repülési jellemzők) szimulálva, légiforgalmi irányító és pilóta bevonása mellett vizsgálható és validálható egy-egy új koncepció [4] [5] [6] [7] [8]. A szimulációkban kritikus szempont a realisztikusság, ezért érdemes hangsúlyt fektetni a légiforgalmi irányító munkahelyének bizonyos szintű replikálására [1]. Ebben segíthet az irányítói felület (Human Machine Interface- HMI) és a hangkommunikációs rendszer felületének lemásolása és integrálása a szimulátorba. A platform méretétől függően akár 20-30 légiforgalmi irányító egyszerre történő munkavégzése is vizsgálható [1]. A hangkommunikációnak köszönhetően az irányítók egymással és az álpilótákkal is interakcióban állhatnak. Az álpilóták tökéletesen ismerik a légiforgalmi szaknyelvet, az eljárásokat és a pilóta HMI felületet, így még életszerűbbé válhat a szimuláció. Míg a teljes szimuláció hossza projekttől függően pár naptól 2 hétig is tarthat, addig egy-egy szimulációs gyakorlat általában 1-2 óráig tart, majd rövid szünet után folytatódik.

A szimuláció alatt objektív és szubjektív adatok is mérhetők, szakértők megfigyeléseket végezhetnek, majd csoportos interjúkat vehetnek fel, amelyek aztán kiértékelésre kerülnek, és a projekt céljától függően kerülnek dokumentálásra, bemutatásra. Egy új fejlesztés, eljárás vagy légtérmódosítás tesztelése mellett ugyanakkor a platform alkalmas lehet irányítók kiválasztására és képzésére is, amelynek ütemterve hasonló logika mentén épül fel, ugyanakkor az adott szimulátor platform nem feltétlenül engedi meg a módosítható irányítói munkahelyeket.

Az emberi interakciótól eltekintve további fontos szempont, hogy a szimuláció milyen érettségű projekt teszteléséhez szükséges. A(z) European Operational Concept Validation Methodology (E-OCVM [9]) különböző érettségi fázisokat definiál a projekt életciklusára nézve (lásd 1. ábra); kezdve a koncepció kezdeti megfogalmazásától (V1 szint) a fejlesztés megvalósíthatósági tesztelésén át (V2) a pre-indusztriális fejlesztésig és integrációig (V3). Míg a korábbi V fázisoknál érdemes lehet FTS felhasználásával koncepciót validálni a költséghatékonysága miatt, addig egy nagy volumenű RTS komoly előnyt nyújthat bevezetéshez közeli érettségi fázisnál, ahol irányítók bevonásával tesztelhető a koncepció emberi tényezőkre és biztonságra vetett hatása. Ugyanakkor érdemes hangsúlyozni, hogy a kisméretű, irányítók bevonásával felvett („human in-the-loop”) szimulációk V fázistól függetlenül is felbecsülhetetlen előnyt jelentenek, hiszen már a fejlesztés elején hasznos visszajelzések nyerhetők a felhasználói felület és működési módszer adekvátságával kapcsolatban.



1. ábra Projekt életciklusainak V fázisai [9]

SZIMULÁCIÓS INFRASTRUKTÚRA A HUNGAROCONTROL – MAGYAR LÉGIFORGALMI SZOLGÁLAT ZRT. VÁLLALATNÁL

A fent említett szimulációs módszerek mindegyike kiemelt jelentőségű a HungaroControlnál. A szimulációs infrastruktúra gyorsított- és valós idejű szimulációs lehetőséget nyújt mind külsős megrendelők mind a HungaroControl belsős fejlesztéseivel és képzéseivel foglalkozó szakértői számára.

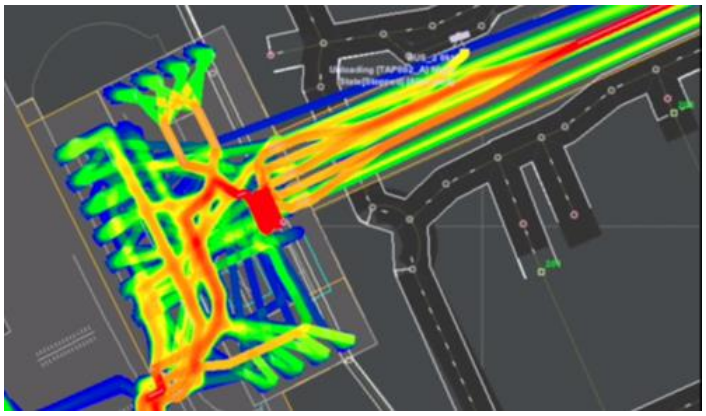
Gyorsított idejű szimulációk

FTS segítségével egy új koncepció vagy helyzet (pl. vulkáni hamufelhő kerülése [10], korlátozott légterek [11], pilóta nélküli légi járművek [12], optimalizált szektorizáció [13], érkezési eljárások [14] és földi mozgások [15]) kapacitásra [16], hatékonyságra, környezetre, biztonságra és munkaterhelésre való hatása vizsgálható. Különböző szoftverek állnak rendelkezésre, amelyek között lényegi különbségek vannak akár a beépített algoritmusok típusaiban, akár modulok kezelésében és a grafikus felhasználófelületben is [17]. A HungaroControl által használt AirTOp szoftver alkalmas távolkörzet, közelkörzet és toronykörnyezet szimulálásra is, nagymértékű flexibilitást biztosítva a módosítások hatásának tesztelésére [18].

Egy szimulációs projekt – akár FTS akár RTS – mindig igényfelméréssel kezdődik, amely során a célkitűzések definiálásra kerülnek. A célkitűzések az E-OCVM módszertant követve konkrét, mérhető hipotézisek formájában lebontásra kerülnek. A hipotézisek teszteléséhez a környezetre vonatkozó adatok (légtér, terminál, forgalom) bevitelét komoly ATM tudással rendelkező szakértők végzik. A munkafolyamat a szimuláció tárgyát képező szimulációs környezet és forgalom komplexitásától, az adatok elérhetőségétől és minőségétől függően akár 1,5–2 hónapig is eltarthat.

Az elemzés szempontjából szükséges mérések a szoftverbe már a szimuláció előtt beépítésre kerülnek, így a szimuláció futtatása alatt a paraméterek kiszámolásra kerülnek, majd exportálhatók statisztikai elemző szoftverekbe további feldolgozásra. Egyes mérések a szimuláció lefutása után azonnal vizualizálhatók (lásd 2. ábra).

Az adatok elemzése a projekt összetettségétől függően 3–4 hetet vesz igénybe. A kielemzett adatok eredményei és értelmezése a jelentésben kerül dokumentációra. Egy kizárólag Fast-Time szimulációra épülő jelentés elkészítése az elemzésen túl további 2 hétig tart, amelyet a szimulációs adatelemző végez.



2. ábra Az AirTOp gyorsított idejű szimuláció által generált hőtérkép az utasmozgásról a terminálon belül [18]

Valós idejű szimulációk

A különböző ATC környezet szimulálása érdekében, a HungaroControl több valós-idejű szimulációs platformot is üzemeltet, melyek a következő 4 alfejezetben kerülnek részletes bemutatásra.

CRDS

A CRDS (Centre of Research, Development and Simulation) 2011-ben került a HungaroControl tulajdonába, előtte az EUROCONTROL magyarországi ATC szimulációs központja volt, szintén CRDS névvel, de más jelentéssel (CEATS Research, Development and Simulation). Jelenleg a HungaroControl székházában, a tudásközpontban található, mintegy 360 m^2-en (lásd 3. ábra).

A nagy kapacitású, valós idejű szimulátor egyaránt alkalmas távolkörzet (Area Control Centre-ACC) és közelkörzet (Approach Control Centre - APP) környezet szimulációjára. A CRDS platform 34 irányítói pozícióból (CWP – Controller Working Position) és 27 álpilóta munkahelyből (PWP – Pilot Working Position) áll. A két tevékenység különálló helyiségben zajlik, így biztosítva a zavartalan szimulációt.

Az irányítói pultok (konzolok) fizikai kialakítása hasonló a valós irányító központban használtakhoz: a főképernyő egy 2K×2K-s (2048×2048 felbontású) légiforgalmi irányítói kijelző, melyet egy másodlagos monitor egészít ki. A pultba integrált nagyméretű érintőképernyő a kommunikációs rendszer kezelőfelülete, melyhez PTT (Push-To-Talk) nyomógombok és pedálok, headsetek, kézibeszélő egységek csatlakoznak. A konzolok és hardverek is újak: 2016 januárjában fejeződött be a teljes platform felújítása. Minden egyes irányítói és álpilóta pozíciót 1–1 számítógép szolgál ki. A szimulátor szoftvere az EUROCONTROL által is használt ESCAPE platform [2]. A rendszer minden komponense Linux alapú operációs rendszeren működik.

Egy adott RTS projekt munkafolyamata jól elkülöníthető részekre oszlik, amelyek részben átfednek az FTS folyamattal, ugyanakkor ki is bővítik azt. A szimuláció megtervezésében, lebonyolításában és elemzésében a különböző szakterületek képviselői jelen vannak, ugyanakkor nem folyamatosan; néha átfedően, de gyakran egymást váltva.

Valós idejű szimulációt érintő validációs projekt során a CRDS szimulációs csapata humán faktor elemző közreműködésével dolgozik. A legfontosabb feladata a tesztelt koncepció emberi munkaterhelésre és helyzettudatosságra vonatkozó kihívásainak vizsgálata az E-OCVM módszertant követve. Már a szimuláció tervezésénél fontos szerepet játszik, mivel a megrendelővel

vagy a projektmenedzserrel közösen definiálják a célkitűzéseket és hipotéziseket, majd a legfontosabb változókat figyelembe véve alakítja ki a szimulációs elrendezést, felhasználva a kísérleti pszichológia módszereit. Az erre dedikált workshopon természetesen operatív igények is megfogalmazásra kerülhetnek.

3. ábra Valós-idejű szimulátor a HungaroControlnál. A platform 34 irányítói és 27 álpilóta munkahelyből áll, fejlett ATM eszközökkel, SYSCO (rendszerek közötti koordináció) and Data-Link környezettel felszerelve

A szimulációs adatok bevitelét az operatív, ATM tapasztalattal és tudással rendelkező munkatárs végzi. A szimulációs adatok előkészítő szoftvere szintén a(z) EUROCONTROL által került kifejlesztésre, melynek használata szigorú szabályok és konvenciók betartását igényli. A munkafolyamat a szimuláció tárgyát képező légtér és forgalom komplexitásától, az adatok elérhetőségétől és minőségétől függően akár 1,5–2 hónapig is eltarthat.

Az HMI testre szabása egy nagyon fontos elem a szimulációk felhasználói élményét és validálhatóságát illetően. A szimuláció valósághűségét egyértelműen fokozza, ha az irányítók a megszokott rendszerhez hasonló módon tudják kezelni a szimulátort. Az HMI fejlesztési folyamata is többlépcsős, szoftverfejlesztői és ATM ismeretekkel rendelkező szakértő felelőssége. A reprodukálandó rendszer összetettségétől, a funkciók számától és megvalósíthatóságától függően egy teljesen új HMI leprogramozása 2-3 hónapot igényel.

Az irányítók és az álpilóták közötti kommunikációt a hangkommunikációs rendszer teszi lehetővé. A CRDS egy házon belül fejlesztett rendszert, a CAST nevű szoftvert használja. A szimuláció méretétől és egyéb paraméterektől függően egy új szimulációs konfiguráció elkészítése néhány nap, maximum 1-1,5 hét.

A platform előkészítése és a szimuláció telepítése konfigurációfüggő, de egy hét alatt általában megoldható. A szimuláció hossza attól függ, mennyire komplex környezetben hány scenario-t érdemes tesztelni a validációhoz, de általában 1,5–2 hétig tart a megfelelő adatmennyiség összegyűjtéséhez.

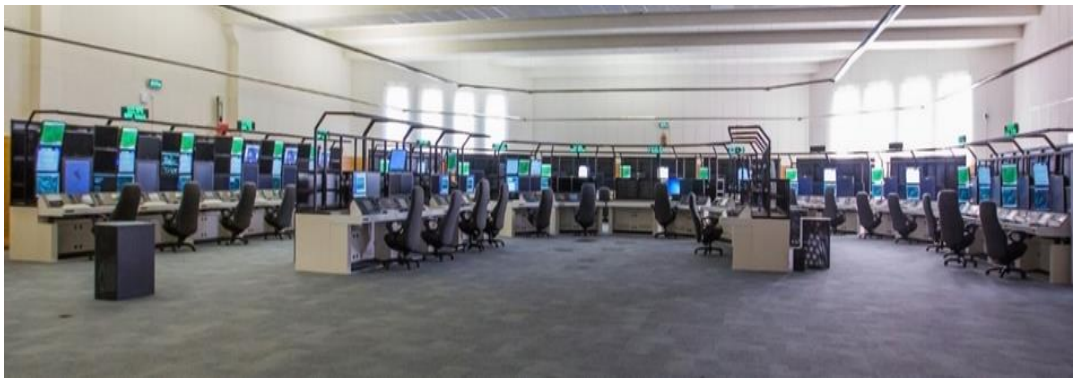
Utolsó lépésként a szimulációs adatok elemzése és a végső jelentés elkészítése történik. A projekt összetettsége hatással van erre a folyamatra is. Egy megfelelően igényes, részletes jelentés

elkészítése 2 hónapot vesz igénybe. Az adatok kiértékeléséért, dokumentációjáért és prezentációjárt a humán faktor elemző felel.

MATIAS-BEST

A MATIAS-BEST szimulátor tulajdonképpen a valós irányítóközpont kényszerhelyzeti központja a HungaroControl tudásközpontjában. Az irányítópultok teljes mértékben, funkcionalitásban és felhasználásukban is megegyeznek az ANS III-ban található berendezésekkel. A rendszer négy teljesen elkülönített, de összességében mégis egy rendszert képező területből áll. Jelenleg 28 db CWP és 34 db PWP munkahely áll rendelkezésre. Egy időben párhuzamosan 8 db gyakorlat futtatható, ha van elég rendelkezésre álló irányító és álpilóta munkahely.

A szimulátor rendszer alkalmas a magyar légtérben szolgálatot teljesítő ACC, APP, MIL és FIC (Flight Information Centre) területek és a Kosovo légtér KFOR szimulációira. Az infrastruktúra három főbb célra alkalmas. Egyrészt, a kezdő légiforgalmi irányítók képzése zajlik a platformon, másrészt a szakszolgálati engedéllyel rendelkező magyar légiforgalmi irányítók kezdő, kényszerhelyzeti, felfrissítő, szezonális és kompetencia megtartó szimulátoros képzéseire is felhasználható. Végül a magyar légteret érintő változások, fejlesztések bevezetése kapcsán szükségessé váló szimulátoros validációk, képzések is ezen a platformon történnek. A leírásból is látszik, hogy a MATIAS-BEST platform az egyik leggyakrabban kihasznált szimulációs infrastruktúra a HungaroControlon belül.



4. ábra A MATIAS-BEST szimulációs infrastruktúra

A MATIAS-BEST több részből áll. A MATIAS Contingency rendszer a valós irányító rendszer éles backup-ja. A szimulációk során a rendszer úgy működik, mint egy éles irányító rendszer csak valós adatok helyett stimulált adatokkal hajtja meg a BEST rendszer. A BEST rendszer a MATIAS rendszert hajtja meg nem valós adatokkal, így lehetséges a szimulációs funkciók elérése. Ehhez a rendszerhez tartoznak az álpilóta munkahelyek, ahol a szimulált pilóta utasítások kerülnek végrehajtásra. A FREQUENTIS által fejlesztett hangkommunikációs rendszer teszi lehetővé az irányító- irányító és az irányító- álpilóták közötti kommunikációt. Legvégül a pilótatájékoztató rendszer teszi lehetővé, hogy hogy az irányítók, pilóták, oktatók és a szimulátort használó személyzet naprakész információkat kapjanak a gyakorlatokról.

180°-os Toronyszimulátor

A torony szimulátor 5 felső LCD projektorból álló, 180 fokos képi megjelenítéssel rendelkező, a valóságot látványilag és funkcionalitásában leképező szimulátor (lásd 5. ábra). A helyiségben 3 irányítói munkahely mellett 1 gyakorlatvezetői és 6 álpilóta munkahely áll rendelkezésre. A rendszerben minden, a magyar légtérben előforduló polgári és katonai légi jármű modellje, valamint földi kisegítő jármű megtalálható, teljes funkcionalitásában. A modellek szabadon módosíthatók, így lehetőség van új modellek és festések elkészítésére, valamint a már meglévő repülőtereken új épületek megrajzolására, modellezésére.

5. ábra A 180°-os torony szimulátor

A megfelelő munkatechnológia alkalmazásával lehetőség nyílik, polgári (Budapest, Sármellék, Debrecen) és katonai (Szolnok, Kecskemét, Pápa) irányítók kiképzésére és továbbképzésére is. A rendszer rendelkezik egy fiktív repülőtérrel, aminek segítségével lehetőség nyílik alap irányítási feladatok gyakorlására is. A képzések során gyakorolhatók a vészhelyzetek (pl.: rádióhiba, beteg a fedélzeten, hajtómű- és futóműproblémák), speciális katonai és polgári feladatok, valamint lehetőség nyílik szakmai felfrissítő képzések megtartására is. A képzések folyamán bármilyen időjárási körülmény szimulálható (jég, szél, hó, eső) úgy, hogy az új körülmények hatással vannak mind a légi járművek, mind a repülőtér és környezete valós idejű tulajdonságaira. Az aktív toronyirányítók mindenkori képzésein túl a rendszer lehetőséget ad a Magyar Honvédség irányítói szakállományának felkészítésére, jártasságának fenntartására, illetve speciális repülésirányítói eljárások (pl. pilóta nélküli repülőgépek irányítása) gyakorlására.

A szimulátor a HungaroControl tulajdonában van, amely a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen került elhelyezésre.

Cessna Cockpit Szimulátor

A HungaroControl Zrt. rendelkezik Cessna C172-es repülőgép szimulátorral (lásd 6. ábra), amely a Tudásközpontban található. Ezt a szimulátort jelenleg kizárólag a kezdő légiforgalmi irányító képzésben használatos. A képzés során a leendő irányító kollegák képet kapnak arról, hogy a valóságban milyen hatással van a légi járművekre és azok személyzetére az irányítók által kiadott utasítás.

A rendszer a budapesti és a zürichi repülőtér teljes navigációs és 6 km-es körzetének vizuális elemeivel rendelkezik. Emellett európai repülőterekkel is fel van szerelve, de itt vizuális megjelenítés

nincs, csak a futópályák és gurulóutak helyzete és funkcionalitása felel meg a valóságnak. A képzések során gyakorolhatók a vészhelyzetek, polgári feladatok, valamint lehetőség nyílik szakmai felfrissítő képzések megtartására is. A képzések folyamán bármilyen időjárási körülmény szimulálható (jég, szél, hó, eső) úgy, hogy az új körülmények hatással vannak a légi járműre.

6. ábra A Cessna Cockpit szimulátor

SZIMULÁCIÓS PROJEKTEK A HUNGAROCONTROLBAN

A szimulációs képességek hatékonyabb ismertetése érdekében, az alábbi fejezetek több szimulációs példán keresztül taglalják a különböző szimulációs kompetenciákat, képességeket.

Controller-Pilot Data-Link Communications

A Controller-Pilot Data-Link Communications (CPDLC) technológia a jelenlegi élőszavas párbeszéd mellett olvasható üzenetek formájában történő adatcserét is alkalmaz a pilóták és a légiforgalmi irányítók között [19]. A fejlesztés célja a növekvő légi forgalom miatt egyre telítettebb rádiófrekvenciák használatának optimalizálásával a repülésbiztonság javítása és a légi navigáció kapacitásának növelése. Ugyanakkor a CPDLC repülésbiztonságra, emberi tényezőkre [20] és légtérkapacitásra gyakorolt hatásának megértésében a valós-idejű szimuláció hasznos módszer [19].

Így a CRDS-ben két szimuláció is zajlott a CPDLC témakörében. A DANUBE Functional Airspace Block (FAB) országainak – Románia és Bulgária – léginavigációs szolgáltatói validációs szimuláción vettek részt 2014-ben, amelynek eredményei bizonyították, hogy a CPDLC technológia használata csökkenti a frekvencia terheltséget. A szimuláció azért is különleges volt, mert a román és bolgár szolgáltató irányító rendszere (HMI) is le lett másolva a szimuláció valósághűségének érdekében. A másik szimuláció a magyar CPDLC bevezetésének tesztelésére és az irányítók felkészítésére szolgált 2015-ben, amelyben a humánfaktor vizsgálat szintén kiemelt szerepet kapott.

Performance Based Navigation

A BUD 2.0 keretein belül a HungaroControl új megközelítései és érkezési eljárásokat dolgozott ki. A változtatás célja az volt, hogy lehetővé váljon a „Performance Based Navigation (PBN) alapú eljárások alkalmazása, ezen felül olyan T-Bar alapú megközelítések kialakítása, melyek hatására minden megközelítési formára vonatkozóan tovább javul az egységes nyomvonalhasználat” [21].

Ennek megfelelően, a BUD 2.0 program első munkacsomagjában a budapesti közelkörzeti légtér szimulálásával a folyamatos süllyedést támogató T-bar alapú megközelítések hatása került

tesztelésre 2015-ben. Bár a szimuláció csupán 3 napig tartott, az eredmények fontos konfliktuspontokat tártak fel, amik a további biztonsági elemzésekhez jelentettek hozzáadott értéket.

Free Route Airspace

A Free Route Airspace (FRA) lényege, hogy az adott légtérben a ki és belépőpontok között a repülőgépek a lehető legrövidebb egyeneseken közlekedhetnek, szükségtelen töréspontok beiktatása nélkül [22]. Ebben a légtérben a légiforgalmi irányítók irányítása alatt állnak a repülőgépek. A FRA koncepció szignifikáns hatékonyságot, továbbá útvonal-választási flexibilitást biztosít a légtérhasználóknak.

Három jelentős szabad légtér szimuláció zajlott a CRDS-ben: a HUFRA, SEAFRA és a FAB CE Free Route Airspace Study. Az utóbbi két projekt is mutatja, hogy a Free Route Airspace koncepció az utóbbi években túlmutat az ANSP szintű implementáláson, és ANSP-ken átívelő, ú.n. Crossborder FRA-t látunk bevezetni több helyen (SEEN FRA, SEAFRA, SAXFRA, SECSI). A Single European Sky (SES) célkitűzéseinek és a légteret használók preferenciájának megfelelően igény van minél nagyobb légterek összekapcsolására, egy egységes szabad légtér koncepció kialakításához.

Ilyen nagy légtereket érintő szimulációhoz ajánlott először FTS alkalmazása, amely a konfliktuspontokra, szűk keresztmetszetekre hatékonyan rávilágít. Különböző szektorizációra, forgalom vizsgálatára nyújt lehetőséget, továbbá katonai légterek szimulálására is alkalmas. Ezáltal olyan teljesítménymutatók vizsgálhatók, mint a hatékonyság, kapacitás, vagy a (mesterséges) irányítói munkaterhelés.

Valós idejű szimulációval (RTS) további információ nyerhető az eljárás, irányítói segédeszközök, légtér adekvátságáról; a konfliktuspontok áthelyeződéséről és a koncepciónak az emberi tényezőkre való hatásáról (munkaterhelés, helyzettudatosság). Amennyiben határokon átívelő szabad légtér kerül szimulálásra, egyszerre több ANSP irányítói dolgozhatnak együtt, így minden érintett fél véleménye megismerhető.

A fent említett FAB CE Free Route Airspace Study projektben összesen 7 európai ország (Ausztria, Szlovénia, Csehország, Bosznia-Hercegovina, Szlovákia, Horvátország és Magyarország) ATM központjai (Austro Control, Slovenia Control, ANS CR, BHANSA, LPS SR, CCL, HungaroControl) vettek részt. A CRDS csapata a projekt folyamán fejlesztett CONOPS-ot (Concept of Operations) validálta. A validációhoz gyorsított idejű és valós idejű szimuláció került alkalmazásra 2016-ban. A gyorsított idejű szimuláció célja egyrészt a megfelelő RTS környezet meghatározása volt (szektorizáció, forgalom), másrészt a környezet alapján a teljesítménymutatók (horizontális és vertikális hatékonyság) kiszámítása. Az RTS célja a Crossborder FRA koncepció emberi tényezőkre és biztonságra való hatását vizsgálta, aminek során az egyik kondícióban specifikus Cross-border FRA eljárások kerültek tesztelésre (FIR határok menti felelősségre vonatkoztatva). További kondícióban egy magasabb forgalom került lejátszásra, amely kapacitáselemzésre szolgált, továbbá rávilágított arra, hogyan változhat meg az irányítói pár (végrehajtó és tervező irányító) közötti munkaterhelés egyensúlya.

Egy másik Cross-border FRA projekt szintén a CRDS szimulátor platformján került validálásra 2016 elején. A SEAFRA (South-East Axis Free Route Airspace) célja a 2016 decemberében bevezetésre került határokon átívelő szabad légtér koncepció potenciális következményeinek

tesztelése volt, továbbá annak fejlesztése az eredmények tükrében. Hasonlóan a FAB CE célkitűzéséhez, az ATM szakértőkkel együtt az irányítók különböző eljárásokat próbáltak ki a határ közelében jelentkező lehetséges konfliktusok megoldására, továbbá speciális forgalommal megvizsgálták a szektorokon belül csak kevés időt töltő vagy ismételten belépő gépek irányítói munkaterhelésre és helyzettudatosságra való hatását is. Ezen felül kiemelt hangsúlyt kapott a szektor konfiguráció adekvátságának a vizsgálata és azon konfliktuspontok azonosítása, amelyek nehézséget okozhatnak az irányító munkájában az új eljárás során.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk részletesen bemutatta a HungaroControl szimulációs képességeit annak érdekében, hogy az ATM területen dolgozó szakemberek, illetve a légiforgalmi irányítás felől érdeklődő szakértők pontosabb képet kaphassanak arról, hogyan integrálható a szimulációs módszertan képzésekbe, kutatás-fejlesztési és innovációs projektekbe.

A szimulációs módszertan több különböző platformot és szakértelmet foglal magában. A HungaroControl szimulációs infrastruktúrája lefedi a legkülönfélébb szimulációs igényeket, az irányítói (tovább) képzéstől egészen új eljárások teszteléséig. Mindez lehetőséget biztosít arra, hogy a HungaroControl kiemelkedő nemzeti/nemzetközi szerepkört töltsön be a légiforgalmi irányításhoz kötődő kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységekben, miközben a biztonságos és gördülékeny napi munkavégzést biztosítja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Hopkin, V. David: Human factors in air traffic control. CRC Press, 1995.

[2] EUROCONTROL: Eurocontrol: Simulation and Validation- Why and How? url: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/files/simulations-and-validation-factsheet_2.pdf

[3] Hopkin, VD, and AJ McClumpha: Real-time simulation: An indispensable but overused evaluation techique. AGARD Modeling and Simulation of Avionics Systems and Command, Control and Commun. 6 p (SEE N 80-19809 10-59) (1980).

[4] Nanaí, Katalin: How safe is your change? Safety and validation workshop in Budapest. Aviation Psychology and Applied Human Factors 6.1 (2016): 46.

[5] Kling, Fanni, et al: Integrating human factors in real-time simulations. Repüléstudományi Közlemények 2017. 3. szám

[6] Madson, Michael D: Air traffic controllers and real-time simulation: a powerful combination. Journal of ATC Jan–Mar (2004): 24-27.

[7] Herr, Stephan, Michael Teichmann, and Tim Gesekus: Development and Validation in Air Traffic Control by Means of Real-Time Simulations. Journal of Systemics 7.1 (2009): 77-84.

[8] Hopkin, V. David: An appraisal of real-time simulation in air traffic control. Journal of Educational Technology Systems 7.1 (1978): 91-102.

[9] EUROCONTROL: European Operational Concept Validation Methodology E-OCVM, 3rd Edition, February 2010

[10] Luchkova, Tanja, Sven Kaltenhaeuser, and Frank Morlang: Air traffic impact analysis design for a suborbital point-to-point passenger transport concept." 3rd Annual Space Traffic Management Conference ”Emerging Dynamics, (2016).

[11] Kreuz, Michael, Tanja Luchkova, and Michael Schultz: Effect of restricted airspace on the atm system. WTCR Conference 2016 (2016).

[12] Temme, Annette, and Stefanie Helm: Unmanned Freight Operations. Deutsche Gesellschaft für Luft-und Raumfahrt-Lilienthal-Oberth eV, 2016.

[13] Volf, Premysl, and Milan Rollo: Airspace sectorization optimization using fast-time simulation of air traffic controller's workload. Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), 2017. IEEE, 2017.
[14] Krishnamurthy, Karthik, et al: Fast-time evaluations of airborne merging and spacing in terminal arrival operations. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit. 2005.
[15] Griffin, Katy, et al: Evaluating surface optimization techniques using a fast-time airport surface simulation. 10th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference. 2010.
[16] Schinwald, Christoph, Kay O. Plötner, and Mirko Hornung: Using Airport Fast-Time Simulation Models to Increase the Quality of Airport Capacity Utilization Studies. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference. 2016.
[17] Inoue, Satoru and Mark A Brown: Modelling the Future Sky, url: http://www.jsst.jp/e/JSST2013/extended_abstract/pdf/Paper%2018.pdf
[18] Airtopsoft: Passengers Movements. e-doc, url: http://airtopsoft.com/airside-aircraft-movements/terminal-passengers-movement/
[19] Prinzo, O. Veronika: Data-linked pilot reply time on controller workload and communication in a simulated terminal option. Federal aviation administration oklahoma city ok civil aeromedical inst, 2001.
[20] Rehmann, Albert: Human factors recommendations for airborne controller-pilot data link communications (CPDLC) systems: a synthesis of research results and literature. No. DOT/FAA/CT-TN97/6. William J. Hughes Technical Center (US), 1997.
[21] HungaroControl: A légijárművek folyamatos süllyedését elősegítő új érkezési eljárások bevezetése. Tájékoztató a helyi média számára. 2016 url: http://www.ferencvaros.hu/doks/hirdetmenyek/hirdetm_160524_Hungarocontrol_M1.pdf
[22] HungaroControl: Európában elsőként a HungaroControl vezeti be a szabad légtérhasználat leghatékonyabb verzióját. url: http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/hungarian-free-route-airspace

SIMULATION CAPABILITIES AT HUNGAROCONTROL

The aim of this paper is to present HungaroControl's simulation capabilities. Simulation is a key assessment technique in air traffic control used for training programs and for the validation of new concepts. After a brief introduction the simulation techniques are grouped and described. Based on the technique the applicable simulation infrastructure and methodology are elaborated, with special attention to the project lifecycle and the subject matter experts involved. Finally, the paper outlines previous simulation projects that focused on (i) the validation of and (ii) the training on new concepts.

Keywords: *Validation, Real-Time Simulation, Fast-Time Simulation, Air Traffic Control, Simulator*

Kling Fanni Szimulációs adatelemző HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069	Kling Fanni Data Scientist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069
Papp Gábor Szimuláció és Validáció csoportvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711	Papp Gábor Head of Simulation and Validation Unit HungaroControl Hungarian Air Navigation Services gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711
Dr. Rohács Dániel, PhD Szakmai fejlesztési osztályvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417	Rohács Dániel, PhD Head of Research, Development & Simulation Dept. HungaroControl Hungarian Air Navigation Services daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-16-0456_Kling_Fanni_et_al.pdf

Dobi Sándor Gábor, Fekete Róbert Tamás, Rohács Dániel

AZ EURÓPAI UTM HELYZETE ÉS JÖVŐJE

Jelen cikk célja egy átfogó kép biztosítása az európai UTM – pilóta nélküli légijárművek forgalmi menedzsmentjét biztosító rendszerek – törekvésekről, jogi helyzet alakulásáról és az évek során a szegmenst formálni kívánó fiatal érdekvédelmi szervezetekről. Elmondható, hogy az iparág eszközgyártói és technológiai oldala jóval maga mögé utasítja a még kezdeti szakaszban járó, ezt szabályozni kívánó szabványosítást és jogalkotást. Egy magasszínvonalú minden igényt és biztonsági szempontot kielégítő és szem előtt tartó drón ökoszisztéma kialakításához és üzemeltetéséhez elengedhetetlen az említett környezet mielőbbi tisztázása és megléte, amire a későbbiekben hazai szinten is alapozni, valamint támaszkodni lehet. Jelenlegi állás szerint, még nincs végleges, a drónokat megfelelő mértékben figyelembe vevő európai rendelet és sztenderd környezet sem. A proaktív szerepvállalást és a magyarországi érdekeket szem előtt tartva a HungaroContol Zrt. aktívan tevékenykedik egy minden funkcionalitást lefedő, átfogó megoldáson.

***Kulcsszavak**: UTM, UAV, UAS, RPA, RPAS, U-Space, pilóta nélküli légijármű, JARUS, GUTMA, 216/2008, EASA, drón szabályozás*

BEVEZETÉS

A pilóta nélküli légijárművek rohamos kereskedelmi és rekreációs célú térhódítása méltán vehető az évtized legnagyobb technológiai vezértémái közé. A szegmens számtalan megválaszolásra váró kérdést és megfejtésre váró problémát vet föl, melyek mielőbbi feloldása kulcsfontosságú és globális érdek. Napjainkra a légtérben fellelhető kereskedelmi forgalomban, bárki által beszerezhető és használható drónok száma drasztikusan megemelkedett. A szegmens olyan ütemben növekszik és fejlődik, hogy azt ezt szabályozni kívánó rendszer csak igyekszik tartani a lépést a nap, mint nap megjelenő újabb típusokkal és felhasználási módokkal, képességekkel. Ezeknek az eszközöknek a megfelelő légtérbe illesztéséhez elengedhetetlen a megfelelő szabályozási és szabványosítási környezet kialakítása. A kielégítő sztenderdek a kapcsolódó rendszerek és a hozzájuk kapcsolódó funkciók bevezetését teszi egységesebbé és az érintettek számára átláthatóbbá és átjárhatóbbá. Mind ezek tudatában indult meg az U-space kezdeményezés a SESAR JU szárnyai alatt, melynek célja a drónok többek között gazdasági, biztonsági, felhasználási szempontok alapján történő, a hagyományos légiközlekedés értékeit szem előtt tartó rendszer kidolgozására európai szinten. Az U-Space célja, hogy lehetővé tegye összetett pilóta nélküli légijármű műveletek végrehajtását 500 láb alatti légtérben, hosszú távon magas szintű automatizáció biztosítása mellett. Jogalkotási oldalról az EASA folyamatosan publikált az évek során a 216/2008 Alaprendelet megújítását/leváltását szorgalmazó dokumentumokat, melyek a pilóta légijárműveket is erőteljesen figyelembe veszik, mint a légtérre igényt tartó szegmenst. A jogi és alkalmazási kezdeményezésekkel kapcsolatos kérdések megvitatására különböző, a témában jártas szervezetek jöttek létre, mint például a GUTMA, vagy a JARUS. A cikkben jelen felvetések kerülnek rövid, tömör és lényegre törő formában bemutatásra, annak érdekében, hogy a hazai légiközlekedési közösség a legaktuálisabb, de mégis bárki számára befogadható formában kapjon képet a jelenlegi európai helyzetről.

Dónok repülésének általános keretrendszere

A pilóta nélküli légijárművekkel (továbbiakban drón) kapcsolatos szolgáltatások iránt mutatkozó igény folyamatosan növekszik, mely megmutatkozik az újabb és újabb felhasználási területek és piaci szereplők felbukkanásán is. A szegmens megjelenése és dinamikus növekedése jelentős, a hazai és nemzetközi gazdaságot is élénkítő potenciállal, valamint társadalmi hozzáadott értékkel bír. Egy olyan megengedő keretrendszer kidolgozása a cél, ami elősegítője és nem pedig gátlója ezen iparági tulajdonságok kiteljesedésének, mindezt a jelenlegi légiközlekedési sztenderdek csorbulása nélkül, a harmonizációt elősegítve [1][2].

A U-space egy olyan keretrendszert igyekszik biztosítani, ami támogatja a rutinszerű drón repülési műveletek lebonyolítását, valamint egy hatékony és egyértelmű kapcsolódási felületet nyújt az ANSP[1]-kel, a hatóságokkal és a légiközlekedés további szereplőivel. A U-space-nek képesnek kell lennie biztosítani a drónok zavartalan működését – alapvetően, de nem csupán VLL[2] légtérben – minden *üzemeltetési környezetben*, bármilyen típusú *művelet* esetén, minden drón és drónfelhasználó részére egyaránt. Fontos ugyanakkor, hogy a U-space-re nem úgy kell tekinteni, mint egy előre definiált, fix határokkal rendelkező és elkülönített, egyedül drón felhasználásra szánt légtérre [1][2].

A népesség sűrűségétől függetlenül három *üzemeltetési környezet*et különböztetünk meg, mindegyiket a saját maga egyedi kihívásaival:

- városi;
- elővárosi;
- vidéki.

Az előbb említett művelettípusok alapvető csoportosítása:

- VLOS – Visual Line of Sight – Látástávolságon belüli repülések;
- E-VLOS – Extended-Visual Line of Sight – Bővített látástávolságon belüli repülések;
- BVLOS – Beyond Visual Line of Sight – Látástávolságon kívüli repülések.

U-Space alapelvek

Egy működőképes a hagyományos légiközlekedéssel és az azt kiszolgáló alágazatokkal is harmonikusan együttműködni képes U-space-hez a SESAR JU[3] az alábbi alapelveket állította fel.

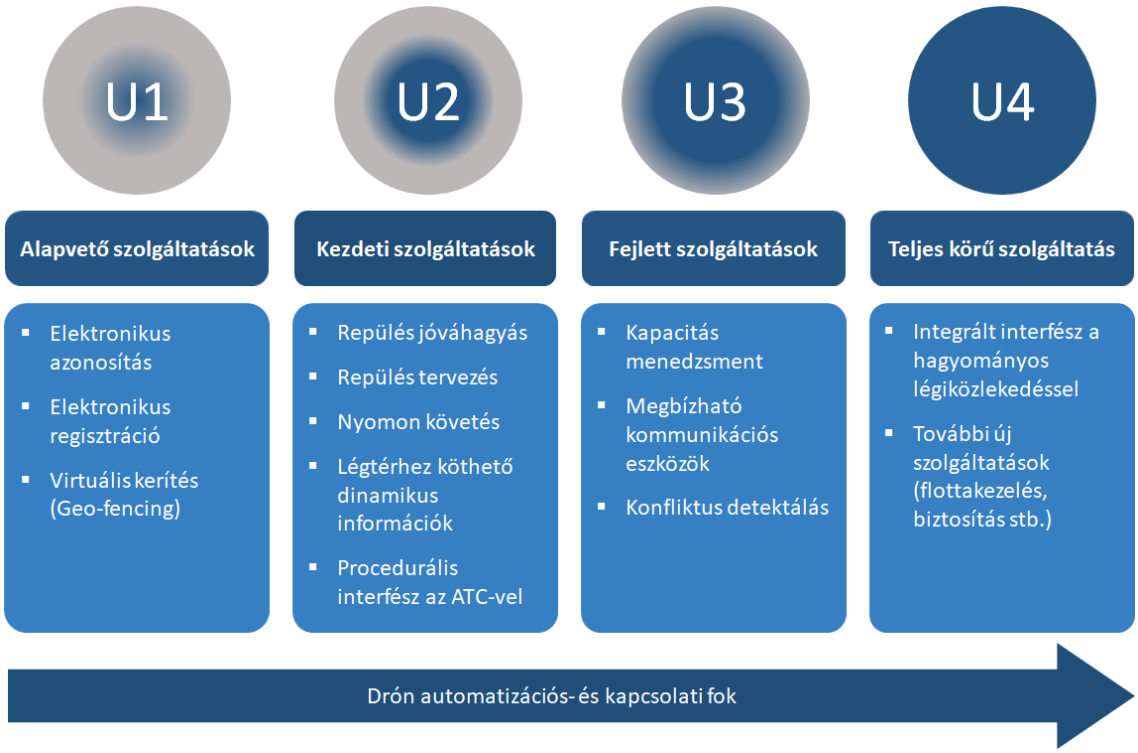
- Biztonságos és balesetmentes üzem biztosítása figyelembe véve az földfelszínen található embereket és tárgyakat egyaránt.
- Minden felhasználó számára egyenlő és egyforma hozzáférési biztosítása a légtérhez.
- Versenyképes és költséghatékony szolgáltatási előírások melyek támogatják az drónokhoz köthető üzleti modellek kialakulását.
- A rendszernek adaptívnak kell lenni, hogy lehetőség legyen megfelelően reagálni a különböző igényekkel, üzleti modellekkel vagy technologiával, volumennel kapcsolatos változásokra, nem kifelejtve az egyenletből a hagyományos légiközlekedést (manned aviation) sem.

[1] ANSP – Air Navigation Service Provider – Léginavigációs Szolgáltató
[2] VLL – Very Low Level – Nagyon alacsony magasságú, 500 láb alatti repülések
[3] SESAR JU – Single European Sky ATM Research Joint Undertaking

- Az adaptív képességek mellett a rendszer beruházási és üzemeltetési, fenntartási költségeit is minimalizálni kell.
- Törekedni kell arra, hogy a meglévő, például légiközlekedésben és telekommunikációban már jól bevált és használt infrastruktúrák és szolgáltatások, valamint az ezekhez kapcsolódó szabványok egyaránt felhasználásra és implementálásra kerüljenek.
- Nagy járatsűrűség mellett komplex műveletek lebonyolítása automatizált drónok segítségével flotta felügyelet mellett.
- Legmagasabb szintű biztonsági és védelemi követelmények szem előtt tartása. (pl. kibervédelem, adatvédelem, környezetvédelem, magántulajdon védelme, magánélet védelme stb.) [1][2]

Definiált szolgáltatások és bevezetési ütemezésük

Az egyes szolgáltatások fokozatos és átgondolt bevezetést kívánnak, sőt bizonyos elemek további részegységekre bonhatók a drónok automatizációs fokának függvényében. Az automatizáció folyamatos növekedésével a pilóták kezéből fokozatosan kerül ki az irányítás. Jelenlegi minden felelősség a pilótát terheli, minden döntéshozatallal kapcsolatos információt a drónfelhasználónak kell megkapnia, és ezek tudatában képesnek kell lennie arra, hogy elkerülje az esetleges veszélyeket. A bemutatásra kerülő U-space szolgáltatások jelenlegi formájukban csak a 250 gramm össztömeg feletti drónokra teljesül [1].



1. ábra U-space szolgáltatások lebontása [1]

- **U1 – Alapvető U-space szolgáltatások:** Ezek alá tartozik három már egyértelműen definiált szolgáltatás, az elektronikus azonosítás és –regisztráció, valamint a „virtuális kerítés" (továbbiakban geofencing). A kerítés határai GNSS[4] technológiával kerülnek meghatározásra.
- **U2 – Kezdeti U-space szolgáltatások:** Támogatja a drónokkal kapcsolatos műveletek kezelését, ide tartozik többek között a repülés jóváhagyás, repüléstervezés, nyomon követés, légtérhez köthető dinamikus információk kezelése is.
- **U3 – Fejlett szolgáltatások:** Komplexebb műveletek támogatása sűrűn lakott, beépített, akadályokkal teli területeken, ami alá tartozik a kapacitás menedzsment és a konfliktus detektálás is. Ebben a szakaszban olyan funkciók is elérhetővé válhatnak, amelyek már jelentősebb automatizációt igényelnek a jelenleginél, ami további kapacitásokat képesek teremteni.
- **U4 – Teljes körű szolgáltatás:** Integrált interfész kialakítása a hagyományos légiközlekedéssel magas fokú automatizációra támaszkodva. Folyamatos digitalizált valós idejű információ és adatkapcsolat a felhasználó a drón és a U-space rendszer között [1].

Európai jogi háttér

A drónok légtérbe illesztésének kritikus pontját képezi egy a megfelelő működésüket és üzemeltetésüket is szabályozni kívánó jogi környezet kialakítása, mely minden felhasználó számára igénybe vehetővé teszi a légteret és a versenyszférát sem folytja meg, mindezt a jelenlegi biztonsági és védelmi szint csorbulása nélkül.

A 216/2008 EASA[5] Alaprendeletben már a pilóta nélküli légijárművek említésre kerülnek, miszerint legfeljebb 150 kg üzemi tömeggel rendelkezhetnek. Az EASA több alkalommal módosította az alaprendeletet, de egyik sem érintette a drónokat. A rendelet e hiányosságai nem jelentettek komoly problémát eleinte, mivel nem voltak olyan létszámban ezek az eszközök, ami radiális változtatások eszközölését igényelte volna. Viszont az Európai Unió tagállamaiban elértek egy olyan gyakorisági szintet, amire szükséges reagálni, és nemcsupán az eddig definiált tömeg az egyetlen figyelembe veendő jellemző [8][11].

Rigai nyilatkozat

A drónokkal kapcsolatos nézetek megosztására szervezett találkozón részt vett az Európai Unió tagállamai mellett Örményország, Azerbajdzsán, Fehéroroszország, Moldova, Grúzia és Ukrajna is. Az országok mellett többek között az Európai Parlament az Európai Befektetési Bank és az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank is részt vett a csúcstalálkozón [3].

A légiközlekedési közösség az alábbi támogató elveket határozta meg az európai szabályozási keretrendszer kialakításához:

A drónok újfajta légijárművekként kezelendők.

A szabályoknak, egyszerűeknek és teljesítmény orientáltnak kell lenniük, hogy a kisebb vállalkozások vagy más egyének is alacsony kockázatú repüléseket tudjanak végezni alacsony magasságban [3].

[4] GNSS – Global Navigation Satellite System – Globális Műholdas Navigációs Rendszer
[5] EASA – European Aviation Safety Agency – Európai Repülésbiztonsági Ügynökség

Az Európai Uniós szabályok azonnali kialakítása biztonságos drónszolgáltatás nyújtásához.

Az alapvető követelményeket globális szinten a lehető legnagyobb mértékben harmonizálni kell lehetőség szerint, és teljes mértékben ki kell használni a JARUS[6] és az ICAO által megteremtett együttműködési lehetőséget. A repülésbiztonságra vonatkozó Alaprendelet felülvizsgálata az EASA által [3].

A megfelelő technológiák és szabványok kialakítása szükséges a drónok Európai légtérbe történő illesztéséhez.
Az iparág és az állami hatósági szervek egyaránt hangsúlyozták, hogy olyan technológiák fejlesztésébe kell befektetni, melyek a drónok légiközlekedési rendszerbe illesztéséhez szükségesek – SESAR[7] program [3].

A drónszolgáltatás növekedéséhez kulcsfontosságú a szegmensnek a nyilvánosság általi elfogadása.

Az állampolgárok alapvető jogait tiszteletben tartva, garantálni kell a magánélethez és a személyes adatok védelméhez kapcsolódó jogok továbbiakban is kielégítően történő biztosítását. A szabályoknak tisztáznia kell, hogy mi elfogadható és mi az ami nem, és hatékonyan kell őket érvényesíteni. Figyelembe kell venni mind ezek mellett az egyéb negatív externáliákat is, mint például a zajszennyezés, mely problémák feloldása az elfogadás egyik sarkalatos pontját képezhetik. A drónok továbbá védelmi (security) kockázatot is jelenthetnek. (kibervédelem vagy geofencing) A drónok rosszindulatú felhasználásával kapcsolatos kockázatok elkerüléséért a rendőrség és az igazságszolgáltatási rendszer felel [3].

A drón operátor felel az eszköz használatért.

A drónok tiltott légtérben, illegális és nem biztonságos módon történő felhasználásakor az illetékes hatóságoknak kellene eljárni az ügyben és felelősségre kell vonni a drónkezelőt. Ahol szükséges ott a nemzeti jogban tisztázni kell. Szükséges, hogy a tulajdonos vagy az üzemeltető mindig mindenkor azonosítható legyen a megfelelő szankcionálás érdekében. Fontos a drónokra vonatkozó biztosítási lehetőségek és a balesetek bejelentésével kapcsolatos kérdések tisztázásra kerüljenek [3].

A-NPA 2015-10

Az Európai Bizottság megbízta az EASA-t a drónokra vonatkozó európai szabályozás kialakításával. Mind ezek alapján kiadásra került az A-NPA[8] 2015-10 a drónok üzemeltetésére vonatkozó keretszabályozás kialakításáról. Ennek célja a meglévő légiközlekedési szabályozásban olyan változásokat eszközölni, melyeknek köszönhetően figyelembe lehet venni a drónokhoz kapcsolódó legújabb fejlesztéseket is. A dokumentumban jelentős hangsúlyt kap, hogy a biztonsági szabályozás a kereskedelmi és a rekreációs célú tevékenységekre is kiterjedjen. Három eltérő a kockázatokat figyelembe vevő felhasználási kategóriát vezet be. A dokumentum többek között definiálja a drónt, továbbá említést tesz a hozzájuk kapcsolódó ipari trendekről, és az eszközök társadalmi elfogadottságról is [7][8].

---

[6] JARUS – Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
[7] SESAR – Single European Sky ATM Research
[8] A-NPA – Advanced Notice of Proposed Amendment – Tájékoztató a szabályok javasolt módosításáról

Főbb komponensei alapján a UAS[9] magából a légi járműből (merevszárnyú, forgószárnyas, billenő rotoros stb.) a hozzá kapcsolódó vezérlő és irányító egységből (tablet, telefon, joystick stb.), az ezek közötti kommunikációt biztosító adatkapcsolatból (Wi-Fi, VHF stb.) és minden, a repülési művelet lebonyolításához köthető komponensből áll [7][8].

Alapvetően két eszközcsoportra bonthatók a drónok, az egyik csoport a távolról, ember által irányítottak, a másik pedig az autonóm eszközök melyek működésébe nem engedett meg az emberi beavatkozás.[10]

A drón kifejezés általános használata elfogadott az alábbi fogalom alapján: A drón egy olyan légijárművet jelent melynek fedélzetén nem tartózkodik pilóta és annak irányítása autonóm módon vagy távolról, a földről esetleg más járművőn lévő pilóta által történik [7][8].

2. ábra Tömegkategóriák [7]

Nyílt kategória (Open Category) – Alacsony kockázat

A nyílt (buy & fly) kategóriában, 150 méter tenger vagy földfelszín feletti magasság alatti üzemelés lehetséges a 25 kg-nál kisebb maximális felszállótömegű (MTOM) drónok esetében folyamatos szabadszemmel történő rálátás fenntartása mellett. Továbbá a földön tartózkodó személyi csoportosulásoktól és érzékeny területektől biztonságos távolság tartása, melynek támogatásához a geofencing funkció megléte is szükséges. Ez a kategória csak minimálisan válna érintetté a légiközlekedési szabályozási rendszer által és a fókusz elsősorban a műveleti kategóriákra és azok határainak definiálására korlátozódna. Nem szükséges jóváhagyás, jogosítás, tanúsítvány vagy bármilyen egyenértékű dokumentum, kivéve az ebbe a kategóriába még beleeső komplexebb műveletek esetében melyekhez jelentősebb ismeret és tudás szükségeltetik [7][8][12].

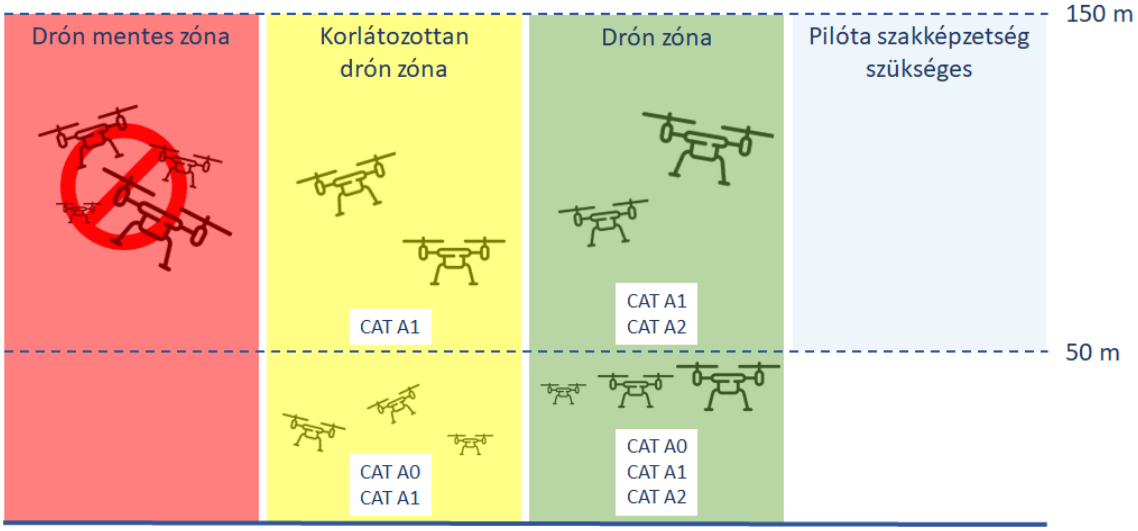
[9] UAS – Unmanned Aircraft System – Pilóta Nélküli Légijármű Rendszer
[10] ICAO Doc 10019 AN/507 'Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems'.

Különleges kategória (Specific Category) – Közepes kockázat

Az üzemeltető által végzett kockázatértékelés után a Nemzeti Közlekedési Hatóság (NAA[11]) engedélyeztetése szükséges. Minden olyan művelet beletartozik ebbe a kategóriába, amely kívül esik a „Nyílt" kategória korlátozásain. Látástávolságon kívülre eső repülések (BVLOS[12]), melyek esetében már a pilótától független fedélzeti berendezésekre kell hagyatkozni az elkülönítés biztosítása érdekében a biztonság bármilyen fokú csorbulása nélkül [7][8][12].

Minősített kategória (Certified Category) – Magas kockázat

Műveletek lebonyolításához szükséges tanúsítvány, ami az ezekhez a repülésekhez köthető magas kockázatból is eredeztethető. Amikor a pilóta nélküli légiközlekedés (Unmanned Aviation) kockázata eléri a hagyományos légiközlekedéshez köthető kockázati szintet akkor az a repülés minősített kategóriába sorolandó. A kapcsolódó szabályozás nagyon hasonló elveket követ a személyi közlekedésével. A különleges és a minősített kategóriák **tömeg** szerinti elhatárolás figyelembevételével történő elkülönítése nem egyértelműen kifejezhető, helyette inkább a kockázati szempontok értékelése kerül előtérbe [7][8][12].



3. ábra Zónák [7]

Varsói drón nyilatkozat

Hasonlóan a rigai csúcstalálkozóhoz Varsóban is jelentős számban vettek részt Európa minden tájáról a különböző országok érintettjei. A konferencián az alábbi fontosabb meglátások és tapasztalatok kerültek összegyűjtésre.

- A drónszolgáltatáshoz köthető piac megközelítőleg a 100 milliárd Eurós tartományban fog mozogni az elkövetkezendő években.
- A szegmens kibontakozását további fejlesztésekkel kell támogatni.
- Az EASA folytasson további vizsgálatokat a drónok és a hagyományos légiközlekedés közötti interakció fejlesztésével kapcsolatban.
- A légtér dimenzióira vonatkozó sürgős intézkedések szükségesek.

[11] NAA – National Aviation Authorities – Nemzeti Közlekedési Hatóság
[12] BVLOS – Beyond Visual Line of Sight

- A U-space koncepciójának fejlesztése, különösen a városi VLL légtér hozzáférés vonatkozásában.
- Sürgős, hogy az iparág olyan szabványokat fejlesszen ki, melyek támogatják a teljesítmény alapú szabályozás kialakítását.
- Az EASA azon kezdeményezésre hívta fel a figyelmet, hogy részletes szabályokat dolgozzon ki a már kialakulóban lévő keretrendszer alapján.
- Időtálló, egyszerű, a kockázattal arányos teljesítmény centrikus biztonsági szabályok.
- Védelmi (security & defence) kérdések feloldása, ideértve a kibervédelmet is.
- A SESAR JU-n keresztül folyamatos beruházás drónokkal kapcsolatos fejlesztésekbe.
- Képzéssel és biztonsággal kapcsolatos kampányok támogatása, ezzel növelve minden szereplő a tudatosságát, kifejezetten azok esetében, akik nem rendelkezne légiközlekedéshez köthető háttérrel [4].

EASA NPA-2017-05 (A) és (B)

Az „A” és a „B” dokumentum is az A-NPA 2015-10 alapjaira építkezik. Az „A” dokumentum tartalmazza a korábban már említett Nyílt- (Open) és Különleges (Specific) kategóriát, addig a „B” a Minősítettet (Certified).

A két legfontosabb biztonsági probléma, amely mindenképpen orvoslásra szorul:

- légi kockázat (ütközés más légijárművel);
- földi kockázat (ütközés személlyel vagy kritikus infrastruktúrával).

A kockázatértékelés három fő területet fedett fel:

- légi konfliktusok;
- drón feletti irányítás elvesztése;
- egyéb drónhoz kapcsolódó rendszer meghibásodása [9][10].

Drón zónák

Ha a UAS-műveletekhez kapcsolódó operatív vagy egyéb kockázatokat enyhítő intézkedéseket igényel, a tagállam kijelölhet légteret vagy különleges zónákat:

- ahol bizonyos UAS műveletek vagy hozzájuk köthető művelettípusok előzetes engedély nélkül, vagy egyáltalán nem engedélyezettek;
- ahol hozzáférés csak bizonyos UAS osztályok részére lehetséges;
- ahol hozzáférés csak olyan UAS-ek részére lehetséges melyek rendelkeznek elektronikus azonosítóval és/vagy geofencing rendszerrel;
- ahol UAS műveleteknek meg kell felelni bizonyos környezetvédelmi előírásoknak;
- ahol a UAS műveletek mentesülnek az e rendelet egy vagy több nyílt kategória követelményei alél, és ha a piaci szereplők nem kötelesek engedélyt kiadni vagy nyilatkozatot benyújtani [9][10].

Védelem és magánélet (Security & Privacy)

- **Regisztráció:** MTOM 250 gramm alatti drónokat nem szükséges regisztrálni, mivel e tömeg alatt az ütközés energia elhanyagolható kockázatot jelent. Az eszközök autonomitási foka további kockázatcsökkenési hozadékkal bír.
- **Elektronikus azonosítás:** Azok a drónok amelyek hangérzékelővel és/vagy legalább 5 megapixeles felbontású kamerával rendelkeznek és akár képesek valós időben hang- és

videóátvitelre, vagy bármilyen más szenzorral rendelkeznek, amelyek személyes adatokat képesek rögzíteni, azoknak felszereltnek kell lenni ezzel a funkcionalitással.

- **Geofencing:** Ez a funkcionalitás a 900 grammnál nehezebb eszközök esetében kell, hogy érvényesüljön.
- **Zónák definiálása:** Olyan területek kijelölése, ahol a drón repülés tiltott vagy korlátozott.
- Ahhoz, hogy a nyílt kategóriában üzemelni tudjon, a drónpilótának bizonyítania kell a tudását biztonsági, védelmi valamint magánéleti/adat védelmi előírásokkal kapcsolatban egyaránt.
- A drón pilóta felelőssége, hogy elkerülje a katasztrófaelhárítással kapcsolatos területeket.
- Az üzemeltető kötelezettsége, hogy megfeleljen a védelmi követelményeknek [9][10].

Modellrepülőgépek

A javasolt új EASA repülésbiztonságra vonatkozó alaprendeletben a UAS definíciója alapján a modellrepülőgépek is a drónok közé sorolandó légijárművek. Fontos azt is figyelembe venni, hogy a modell repülőgépeket használók jó biztonsági háttérrel rendelkeznek. A modellrepülők is a javasolt rendelet hatálya alá tartoznak, de mindezt úgy, hogy például a hozzájuk köthető egyesületek megőrizhessék jelenlegi működési környezetüket.

- A tömeggyártott modelleknek a következő oldalon látható kategóriatáblázat C4-es követelményeinek kell eleget tenni.
- A forgalomba kerülő modellek már most is rendelkeznek CE jelzéssel, vagyis hogy eleget tesznek a vonatkozó Európai Uniós előírásoknak [9]

Kategóriákat érintő alapvető kérdések

A nyílt kategória egyik alappillére az abban található alkategóriák definiálása, mindezt olyan formában, hogy megfelelő egyensúly legyen az alábbi elemek között.

- Védelem (Emberek és kritikus infrastruktúra védelme)
- Biztonság (Levegőben és a földön fellépő kockázatok)
- Magánszféra és adatvédelem (kibervédelem)
- Környezetvédelmi megfontolások
- UAS piac fejlesztése [9]

A **2. táblázat** több EASA szakértői csoportgyűlésen felvetett ötletek alapján született meg, mely több szempontból is túl komplexnek és a felhasználói kör számára bonyolultnak tekinthető. Született egy alternatív javaslat is, mely igyekszik egyszerűbb formára hozni ezeket az elveket az **1. táblázatban** szemléltetett formában, mely elsősorban a drónpilóta felelősségeire fokuszál és kevés vagy semmilyen műszaki követelményre vonatkozó kockázatcsökkentés kerül említésre.

Nyílt kategória – a kockázatokat figyelembe véve nem szükséges meghatalmazás a nemzeti hatóságtól sem nyilatkozat az üzemeltetőtől a repülés megkezdése előtt [9][10].

Különleges kategória – A kockázatokat figyelembe véve szükséges meghatalmazás az illetékes hatóságtól, valamint számításba veszi a működési kockázatbecslés során feltárt mérséklési intézkedéseket, kivéve bizonyos alapértelmezett forgatókönyveket, amelyek esetében a UAS üzemeltető nyilatkozata elegendő [9][10].

Minősített kategória – A kockázatokat figyelembe véve, szükséges tanúsítvány az üzemeltetőnek és magának a drónnak is egyaránt, valamint az esetleges hajózó személyzetnek is rendelkeznie kell a megfelelő engedélyekkel [9][10].

UAS alcsoport		MTOM (AIS*)	Személyektől való távolság	MHOO**	Alkalmasság	Pilóta kora	Elektronikus azonosítás, geofencing	Technikai követelmények
A1	**Személyek felett repül**	< 250 g vagy AIS < 3	Nincs limit	VLOS <30 m, alapesetben 120 m	Nem szükséges	Tagállamok döntése	Nem szükséges	Szükséges, ha AIS < 3, vagy 2009/48/EC Játékbiztonsági direktíva
A2	**Személyek közelében repül**	250 g és 25 kg között	Több mint 50 m-re a tömegtől		Online képzés		Igen, ha U-space elérhető	Nem szükséges
A3	**Személyektől távol repül**	250 g és 3 kg között	Kevesebb, mint 50 m-re, de nem közvetlenül tömeg felett		Vizsga mely tartalmaz elméleti és gyakorlati képzést			

*AIS - Abbreviated injury scale - Rövidített sérülési skála
(3 - komoly - nyílt felkarcsont törés - elhalálozás AIS valószínűsége: 8 - 10 %)
** MHOO - Maximum height of the operation

1. táblázat Nyílt kategória egyszerűsített csoportosítása [9]

Az illetékes hatóságok felelősségei

- Megvizsgálja a relevánsnak vélt a UAS műveletekhez, pilótákhoz és üzemeltetőkhöz köthető dokumentumokat, nyilvántartásokat és jelentéseket.
- Éves felügyeleti (auditok és ellenőrzések a kockázatok felderítésére) program kidolgozása a megfelelő engedélyek, jogosítások meglétének ellenőrzésére.
- A felügyeleti program hatáskörének meghatározásakor vegye figyelembe a múltbeli tevékenységeket és azok eredményeit.
- Tréning és egyéb támogató anyagok készítése a drónfelhasználó közösség részére, melyek a biztonságot promótálják, illetve a szabályozás frissítéseit disszeminálja.
- Olyan rendszer üzemeltetése, amely észleli, elemzi és jelzi a nem megfelelően bejelentett és engedélyezett vagy tanúsított drónüzemeltetőket.
- Egy vagy akár több nyilvántartást hoz létre és tart fent az üzemeltetési nyilatkozatok, engedélyek, pilóta alkalmasságik, illetve LUC[13]-ok számára.
- Korlátoz vagy tilt bizonyos légtereket, esetleg különleges zónákat jelöl ki, és az ehhez kapcsolódó információkat könnyen hozzáférhetővé teszi.
- Fenntartja, módosítja, felfüggeszti, korlátozza vagy visszavonja az engedélyeket, amelyek műveletek lebonyolításához szükségesen a Nyílt és Különleges kategóriában, és ha szükséges szankcionál és más egyéb intézkedéseket szab ki.

[13] LUC – Light UAS operator Certificate

- Szükség esetén ellenőrizze a pilóták, üzemeltetők és drónok szabályozásnak való megfelelését [9].

4. ábra Kategóriákra vonatkozó kulcsinformációk [9]

Különbségek a U-space tervezet és az EASA NPA között

Szolgáltatási rés akkor alakulna ki a U-Space és az NPA között, ha a U1 implementációs lépés során rögtön a dinamikus geofencing funkció kerülne bevezetésre. Feltételezhető, hogy a geofencing fokozatosan kerül majd bevezetésre, így az U1 szinten várhatóan a statikus geofencing lesz az alapkövetelmény, és U2-től jelenik meg a dinamikus légtérinformáció.

- Az NPA kizárja, hogy egy drónpilóta egyidőben több mint egy drónt koordináljon irányítson a Nyílt kategóriában, ez U2/U3 esetében várható.
- A nyomon követési információ hiányzik az NPA-ből, de az a U2-ben megtalálható.
- Az NPA nem feltételezi a kooperatív vagy nem együttműködő DAA[14] rendelkezésre állását.
- Az NPA a Nyílt kategóriában kifejezetten kizárja a BVLOS-t. Ha a U-space szolgáltatások elérhetővé válnak az EASA és az NAA-k fontolóra veszik a drónok Nyílt kategóriában BVLOS üzemben történő használatát.
- A U-Space potenciálisan nem disztingvál a különböző drónok között hanem az összest a UAS alá sorolja, mint a például a modellrepülőgépeket is [9]

Elmondható, hogy U1-es szintig nincsen különbség az NPA és az U-space tervezet között.

[14] DAA – Detect and Avoid – Észlelés és elkerülés

Helsinki drón nyilatkozat

2017. november 22-én Helsinkiben újabb drón találkozót szerveztek melynek keretében az alábbi konklúziók kerültek levonásra.

- Drónokra és a velük kapcsolatos műveletekre vonatkozó jogi követelmények kialakítása, hogy a légtér hatékony és biztonságos felhasználására kerüljön, valamint költséghatékony U-Space szolgáltatások bevezetése megkezdődhessen.
- További befektetések demonstrátorokba, hogy ezzel szisztematikusan segítve a drónpiac megnyitását, csak úgy, mint a hosszabb távú K+F projektekbe, hogy a nagyobb autonomitással rendelkező járművekre és forgalomra felkészüljünk.
- Hatékony szabványosítási ütemezési folyamat, ami igazodik a különböző gyorsan fejlődő technológiákhoz. A már létező, használható és elérhető szabványok adaptálása és felhasználása [5][6].

5. ábra Drón jogalkotási idővonal

Drónokkal kapcsolatos érdekképviseleti szervezetek

Jelenleg két kifejezetten pilóta nélküli légijárművek légtérbe illesztésére specializálódott globális szervezet üzemel a GUTMA[15] és a JARUS. A GUTMA elsősorban UTM rendszerhez kapcsolódó témában tevékenykedik és rendszeres konferenciák keretében történik az információmegosztás a tagok között. A JARUS a szabályalkotásban igyekszik az iparágat támogatni különböző témákra bontott munkacsoportok segítségével.

GUTMA – Global UTM Association

A GUTMA egy nonprofit konzorcium, amely globális szinten tömöríti a pilóta nélküli légijárművek forgalmi menedzsmentjével (UTM) foglalkozó érintetteket. Feladata és küldetése, hogy támogassa a drónok biztonságos és hatékony nemzeti légterekbe történő beillesztését. Ahhoz,

[15] GUTMA – Global UTM Association

hogy ez megvalósulhasson, a szervezet igyekszik egy olyan platformot teremteni, melyen keresztül az szegmenshez kapcsolódó fejlesztések gyorsabb és átfedőbb bevezetést tesznek lehetővé. A tagok 16 országból és 7 különböző területről tevődnek össze és több mint 50 szervezetet reprezentál, köztük az alábbiakat [15][16].

- ANSP – ENAIRE, ENAV, NATS, DFS, Skyguide stb.
- Infrastruktúra és adatszolgáltatók – NTT DATA, NEC, Hitachi, Gryphon sensors, stb.
- UAS gyártók – DJI, Parrot, Aerialtronics stb.
- UAS üzemeltetők – Colibrex, AGRO Fly stb.
- UTM szolgáltatók – AIRMAP, Altitude Angel, PrecisionHawk, Unifly stb.
- Szabályozói testületek – SITA, UK CAA, EASA, FAA, ICAO stb.
- Kutató intézetek – UPC, robotics, NASA [15][16].

A rendszer kielégítő működése miatt elengedhetetlen műszaki infrastruktúra:

- A biztosítja a UTM számára az adatátvitelt a különböző rendszerek között.
- *Navigációs infrastruktúra* biztosítja a drón számára a szüksége navigációs teljesítményt. Ilyen infrastruktúrák lehet például a műholdas rendszerek (GPS, GLONASS, GALILEO), földi és műholdas augmentációs rendszerek (SBAS[16], GBAS[17]), celluláris telekommunikációs hálózatok stb.
- *Felderítési infrastruktúra* biztosítja az együttműködő és nem együttműködi forgalom számára a különböző technológiákat. A megfelelő helyzettudatosság elérése érdekében szükség van követési információkra és felügyeleti jelentésekre egyaránt. A mindenki által ismert radarok mellett előtérbe kerülnek olyan technológiák alkalmazása, mint az ADS-B[18], WAM[19], MLAT[20], NFC[21] és a LoRa[22].
- *Térbeli adatokhoz köthető infrastruktúra* biztosítja az UTM megfelelő üzemeltetéséhez szükséges magas minőségű földrajzi adatokat.
- *Meteorológiai infrastruktúra* az UTM részére szolgáltatja a megfelelő minőségű releváns, az időjárással kapcsolatos információkat [16].

Rendszerkomponensek:

- A UAS a már említett módon alapvetően egy földi és légi komponensekből tevődik össze melyek között különböző csatornákon folynak a releváns információk. A földi komponensek továbbá különböző funkciókkal és képességekkel támogatják a pilótát és az üzemeltetőt a feladat végrehajtásában. (DAA, geofencing, navigáció stb.)
- UAS regisztrációs rendszer a nevéből fakadóan a drónok, pilóták és üzemeltetők regisztrációját és az ezekhez kapcsolódó információkat kezeli.

[16] SBAS – Surveillance Based Augmentation System
[17] GBAS – Ground Based Augmentation System
[18] ADS-B – Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
[19] WAM – Wide Area Multilateration
[20] MLAT – Multilateration
[21] NFC – Near Field Communication
[22] LoRa – Low Power Wide Area Network (LPWAN)

- UTM rendszer mely tartalmazza az áramlásszervezést (ASM[23]), a légtérgazdálkodást (UTFM[24]) és az irányítási rendszereket. A rendszer feladata, hogy folyamatos egyensúlyt tartson a kapacitások és az igények között, a szükséges jóváhagyások és tanácsok biztosításával [16].

JARUS – Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems

A JARUS egy a világ minden pontjáról szabályozási szakértőket tömörítő szervezet, melyet jelenleg 54 ország mellett az EASA és a EUROCONTROL alkot. Célja, hogy az RPAS[25] biztonságos működéséhez kapcsolódó technikai, biztonsági és üzemeltetési követelményeket javasoljon. A JARUS 2016 szeptemberében hét aktív munkacsoportot számlált, mindegyik más-más drónokat érintő releváns témát karol fel.

- WG1 – Hajózószemélyzet engedélyei;
- WG2 – Műveletek;
- WG3 – Légi alkalmasság;
- WG4 – Észlelés és elkerülés (DAA);
- WG5 – Vezérlés és irányítás (C2);
- WG6 – Biztonság és kockázatértékelés;
- WG7 – Üzemeltetési koncepció (CONOPs).

A JARUS minden CAA[26] és iparági szereplő részére nyitott, hogy javaslataival éljen műveleti, műszaki és hitelesítési követelményekre vonatkozóan. A tagok ismereteket osztanak meg egymással egy összehangolt követelményrendszer kialakításáért, hogy ez hozzájárulhasson a saját szabályozói keretrendszerük kialakításához [14].

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikk átfogóan bemutatta a pilóta nélküli légijárművekkel kapcsolatos európai jogalkotás aktuális helyzetét, folyományait és általános keretrendszerét (U-space). A drónok folyamatos terjedése új érdekvédelmi szervezetek megjelenését eredményezte, melyek közül a GUTMA az UTM fejlesztési témákkal foglalkozik, addig a JARUS a globális szabályalkotásba igyekszik aktívan bevonni érintetteket. Mind ezek tudatában indult meg a U-space kezdeményezés a SESAR JU szárnyai alatt, melynek célja a drónok többek között gazdasági, biztonsági, felhasználási szempontok alapján történő alacsony, alapvetően 500 láb alatti légtérbe történő hatékony beillesztése. Általánosságban elmondható, hogy a drónok rohamos elterjedés komplex új feladatok elé állítja a magyar légiközlekedéssel foglalkozó szakembereket és szervezeteket. Ezen kihívások áthidalására szükséges van/lesz:

- megfelelő szabályozási háttérre;
- megfelelő szabványosítási háttérre;
- egy megfelelő, minden igényt és funkcionalitást lefedő UTM rendszer kialakítására mely szem előtt tartja a hagyományos légiközlekedési értékeket egyaránt;

[23] ASM – Airspace Management
[24] UTFM – UAS Traffic Flow Management
[25] RPAS – Remotely Piloted Aircraft Systems
[26] CAA – Civil Aviation Authorities

- proaktív szerepvállalás és jelenlét a szegmensben
- a hazai szereplőket tömörítő közösség kialakítására.

Folyamatosan és élenjáróan képviselni kell a magyarországi drón és UTM helyzetet Európában, annak biztonságos, hatékony, interoperábilis, tervezhetősége érdekében. Jelentős hangsúlyt kap egy, ezeket az értékeket és elvárásokat hatékonyan teljesítő ütemezés kialakítása.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Európai Unió kiadványhivatala: U-space Blueprint; 2017. ISBN: 978-92-9216-086-9; doi: 10.2829/614891; MG-04-17-617-EN-C

[2] Európai Unió kiadványhivatala: European Drones Outlook Study – Unlocking the value for Europe; November 2016; ISBN: 978-9-9216-083-8; doi: 10.28.29/219851; MG-01-17-281-EN-C

[3] Riga Declaration on remotely piloted aircraft (drones) „Framing the future of aviation"; Riga – 6 March 2015; https://www.consilium.europa.eu/media/21526/riga-declaration-220515-final.pdf

[4] Warsaw Declaration – „Drones as a leverage for jobs and new business oportunites"; Warsay – 24 November 2016; https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/drones-warsaw-declaration.pdf

[5] Drones Helsinski Declaration; Helsinki – 22 November 2017; https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Helsinki%20declaration.pdf

[6] droneradart.eu; The Helsinki Declaration is signed – a summary of the High Level Conference on Drones 2017; https://droneradar.eu/blog/2017/11/23/the-helsinki-declaration-is-signed-a-summary-of-the-high-level-conference-on-drones-2017/

[7] EASA: Advanced Notice of Proposed Amendment 2015-10; 2017.7.31.; https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/A-NPA%202015-10.pdf

[8] EASA: Vorschriften für den Betrieb von Drohnen in Europa; https://www.easa.europa.eu/download/ANPA-translations/205933_EASA_Summary%20of%20the%20ANPA_DE.pdf

[9] EASA: Notice of Proposed Amendment 2017-05 (A); https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/NPA%202017-05%20%28A%29_0.pdf

[10] EASA: Notice of Proposed Amendment 2017-05 (B); https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/NPA%202017-05%20%28B%29.pdf

[11] EASA: Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council of 20 February 2008 on common rules in the field of civil aviation and establishing a European Aviation Safety Agency, and repealing Council Directive 91/670/EEC, Regulation (EC) No 1592/2002 and Directive 2004/36/EC (OJ L 79, 19.3.2008, p. 1) (http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1467719701894&uri=CELEX:32008R0216).

[12] EASA: Concepct of Operations for Drones – A risk based approach to regulation of unmanned aircraft; 01/05/2015

[13] EASA: 'Non-paper' Roadmap for drone operations in the European Union (EU) – The roll-out of the EU operation centric approach; www.rps-info.com

[14] JARUS: Who We Are & What We Do; 2017. november; http://jarus-rpas.org/

[15] GUTMA: For a safe and efficient UAS integration into civil airspace; http://gutma.org/

[16] GUTMA: UAS Traffic Management Architecture; http://gutma.org/

RECENT STATE AND FUTURE OF THE EUROPEAN UTM

The spread and fast development of the commercial use of unmanned aerial vehicles can easily named as one of the most important technological theme of the decade. The segment has countless key questions which needs to answered globally to provide as save and efficient solution as possible for manned and unmanned aviation. Nowadays, the technological and manufacturer part of the industry is well ahead of the legislative part, which would like to regulate and standardize it. The current article would like to give a complete overview about the recent state and future of the European UTM – Unmanned Aircraft Systems Traffic Management. The spread of different UTM services can give solution for most of the mentioned problems. These type of systems also requires a well-standardized and well-regulated environment to be as effective as it should be. The U-Space concept which initiated by SESAR JU would like make the airspace available for UAVs operating under 500 ft, supported with high level of automation.

Keywords: *UTM, UAV, UAS, RPA, RPAS, U-Space, unmanned aerial vehicle, JARUS, GUTMA, 216/2008, EASA drone regulation*

Dobi Sándor Gábor Junior Kutatás-fejlesztési szakértő HungaroControl Magyar Légiforgalmi Zrt. Üzletfejlesztési Igazgatóság Szakmai Fejlesztési Osztály Kutatás Fejlesztési Csoport sandor.dobi@hungarocontrol.hu	Sándor Gábor Dobi Junior Research and Development Specialist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services Business Development Directorate Research, Development and Simulation Department Research and Development Unit sandor.dobi@hungarocontrol.hu
Fekete Róbert Tamás (PhD) Szenior Kutatás-fejlesztési szakértő HungaroControl Magyar Légiforgalmi Zrt. Üzletfejlesztési Igazgatóság Szakmai Fejlesztési Osztály Kutatás Fejlesztési Csoport roberttamas.fekete@hungarocontrol.hu	Robert Tamás Fekete (PhD) Senior Research and Development Specialist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services Business Development Directorate Research, Development and Simulation Department Research and Development Unit roberttamas.fekete@hungarocontrol.hu
Dr. Rohács Dániel, PhD Szakmai fejlesztési osztályvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417	Rohács Dániel, PhD Head of Research, Development & Simulation Dept. HungaroControl Hungarian Air Navigation Services daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-17-0467_Dobi_Sandor_Gabor_et_al.pdf

Somosi Vilmos

INFORMATION INFRASTRUCTURES IN AIR TRAFFIC MANAGEMENT

The Air Navigation Service Providers (ANSPs) are facing new challenges of air transportation demand as a consequence of the global economic growth. The new concepts and developments however are envisaging a centralised environment of Air Traffic Management (ATM), where roles, responsibilities of critical infrastructure elements will definitely change. The envisaged integration and regionalization of services will also alter the information infrastructure of ATM.

Keywords: *data service provision, virtual centre, remote tower, liberalization of ATM, disruptive technologies*

INTRODUCTION

The Air Navigation Service Providers are facing new challenges of air transportation demand as a consequence of the global economic growth. According to the annual global statistics of the International Civil Aviation Organization (ICAO), 3.8 billion passengers travelled on scheduled flights in 2016, 53 million tonnes of freight were carried and 35.4 million aircraft movements were registered. As stated by ICAO long-term air traffic forecasts, cca. 10 billion passengers are expected to travel, while the number of aircraft departures is projected to 95 million by 2040. These estimates seem realistic, especially if we consider the fact that the world's major airframe manufacturers delivered 1520 new commercial aircraft in 2016 and recorded 1555 new orders from the airlines [1].

Moreover, the most compelling counterpoint is the raising demand pushing against the limits of the already saturated sky by the rapidly growing drone operations and unmanned passenger and freight transport, not only in en-route environment but also in the lower segments of the airspace [2].

This continuous augmentation is experienced in the European region, and this challenge can only be handled by developments of Air Navigation Service Providers (ANSPs) contributing to several programs to satisfy the extra capacity demand. These concepts and projects however are envisaging a new environment of Air Traffic Management (ATM) infrastructure, where ANSPs roles, responsibilities and their interrelations will definitely change when giving answers to these industrial challenges. The industrial reforms also raise the questions e.g. how the new players will fulfil the requirements of the critical infrastructures, will the new centralised systems be interoperable with all national assets, how the civil and military standards would accommodate to the new demand, and last but not least, what kind of contingency measures should be taken in order to provide service continuity for the European air traffic.

UNIFYING THE EUROPEAN AIRSPACE

The Single European Sky (SES) is an EU initiative launched in 2004 in order to improve Europe's airspace capacity and enhance the ATM services in a structured way. Its purpose is to modernise the European airspace structure, standardize and develop Air Traffic Management infrastructure (technologies, procedures, protocols, human resources competences etc.) so as to ensure forecast growth in air traffic can be met safely and sustainably, operational costs are reducing while environmental performance is improved. The SES ensures better usage of the saturated airspace and Europe's aviation industry can remain globally competitive. [3]

According to the latest statistics of the European Network Manager (EUROCONTROL) of 2017, 4500 airspace users generated 29.057 aircraft movements (3.49 million passengers) daily (average), operating in 43 states and 530 airports, and handled by 68 air traffic control centres. The annual 10.6 million flights (which is a 4.4% increase compared to 2016 statistics) suffered the average 0.88 minute/flight ATFM[1] en-route delay that should be further minimised or even eliminated [4].

The European Commission, in accordance with the major European airlines association[2], urges operational changes in Air Navigation Services and in particular Air Traffic Management, hence it is setting regulations to enforce member states and their ANSPs for enhanced service provision and, where applicable, to create unified environment. One example of this kind of compulsory collaboration is the Functional Airspace Block (FAB) "*where provision of air navigation services and related functions are performance-driven and optimised with a view to introducing, in each functional airspace block, enhanced cooperation among air navigation service providers or, where appropriate, an integrated provider*" [5].

Establishment of nine FABs (seen on Figure 1) raises the question to be answer foremost: what is the geographical scope where capacity enhancement is expected by implementation of regional and centralised functions and services. The Network Manager (EUROCONTROL) develops and runs the European ATM network (covering 43 countries) which is larger Area of Responsibility than the geographical scope of EU regulated FABs. Ukraine, Turkey and other Partner States of EUROCONTROL, who are also inevitable players of the pan-European en-route network and play significant role if harmonised ATM infrastructure consolidations is envisaged.

Unifying the European Airspace also means that procedures have to be standardized and systems should be integrated. There are different views and interpretations about services related to air navigation, namely whether these functions could ever be liberalized in a formulating competitive environment which also can result reduction of ANSPs as well as reforms of information infrastructure. The Air Navigation Service Provision and Air Traffic Management will change anyway as new players and challenges are already seen in the horizon: due needs of passengers (commuting in long distance, urban mobility) and the global economy growth, in the near future air vehicles will be more autonomous, more inter-connected and more intelligent, with faster speed and longer endurance. New assets such as drones (or as we should call

[1] Air Traffic Flow Management

[2] Airlines for Europe (A4E) founded by Europe's five largest airline groups (Air France KLM, easyJet, International Airlines Group, Lufthansa Group, Ryanair) that assures cca. 75% of the Europe's passenger journeys by 2,700 airplanes and 300,000 employees

them "robots with wings") will also claim their share of the airspace. New technologies e.g. Internet of Things, quantum computing, big data or artificial intelligence are opening a new epoch with many opportunities and challenges of the European aviation industry. [6] The present form of the ATM industry seem to face with a drastic (r)evolution by turning its services towards remote technologies or centralization.

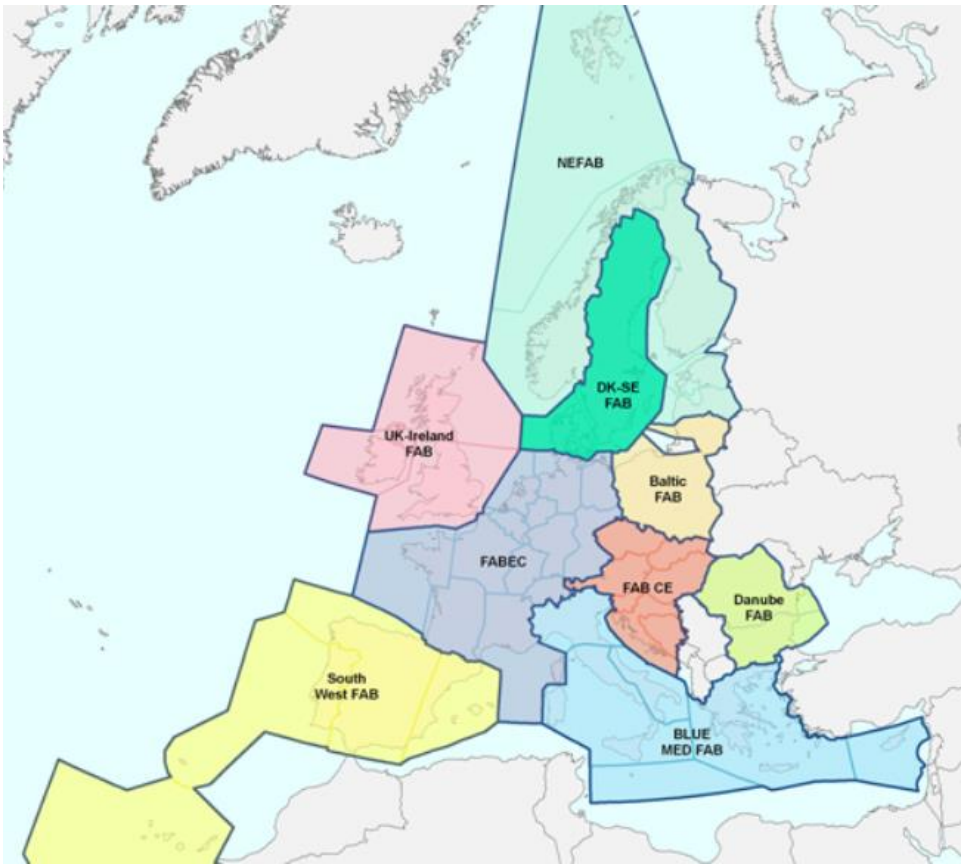


Figure 1. Functional Airspace Blocks [(Source: European Commission)

LIBERALIZATION OF EUROPEAN AIR NAVIGATION SERVICES

Expansion of the above mentioned new technologies and European Commission's reform intentions with more and more strict EU legislation (which is binding only for member states and countries who are committed to achieve SES goals) are changing the monopolistic Air Traffic Management industry to a competitive environment. Due to the slow progress and different behaviour of the member states, there are several scenarios how the aviation value chain would transform in the next 5-15 years. The challenges of ATM evolution seem to transform into a few possible scenarios (or theoretically, evolutional steps/milestones) in the next 25-35 year timeline.

Status quo

Number of ANSPs do not or slightly change (due to majority of the States opposing the EU ambition, only some company-fusion on a voluntary basis might occur), but the requested capacity development will be assured by investments of technology developments. Considering the slight air traffic growth rate in the next 10-20 years, ANSPs can gain extra capacity by

implementing new technologies and procedures (e.g. regional free route implementations) as well as harmonized ATCO and ATSEP trainings.

Regional consolidation

Several bi/multilateral collaboration where the number of stakeholders are reduced. This step would be achieved either by law enforcement (e.g. upgraded SES regulations, top-down legal environment for functional airspace blocks) or on a voluntary basis (as a deliberate 'runaway' of stakeholders who want to stabilize their position in their Area of Responsibility or even in the new market environment). The regional air traffic service provision projects consolidation of airspace architecture and procedures. There are already some international examples to the joint service provision in an integrated airspace:

- **United States of America**: the Federal Aviation Administration (FAA) provides Air Navigation Services in 22 Area Control Centres, 123 airport control towers and more than a hundred TRACONs[3] (133 TWR/TRACON, 27 TRACON) [7];
- **Africa**: an international public institution called ASECNA has been providing air navigation service provision since 1959 in 6 Flight Information Regions (FIRs) covering the territory of 16 African member countries[4] and Madagascar to establish a single African sky. ASECNA is managed with an active contribution of France [8];
- **Central America**: COCESNA is a non-profit public service organisation established by Costa Rica, Honduras, Guatemala, El Salvador and Nicaragua in 1960 (Belize acceded to COCESNA in 1995). It holds the exclusive rights for air traffic service provision, aeronautical telecommunications, NAVAIDS and Aeronautical Information Services over the territories of the member states and contracting parties [9].

It is important to highlight that the above mentioned examples are fundamentally different than the European progress: those working environments were developed as a joint service provision since the beginning, therefore the participating partners don't have the political or financial reason to position themselves due to lack of competition. However, the collaborating European states and their ANSPs are just about to find the way for the consolidation (so called liberalization) progress.

Nevertheless, to give European example, NUAC[5] establishment by Denmark and Sweden, where both parent ANSPs operations (LFV and NAVIAIR) were integrated into the joint enterprise in 2012. [10] However this entity still use the 3 centres of the parent companies, it is the first and very remarkable step towards consolidation.

In summary, the regional consolidation most likely can give a boost to the expansion of disruptive, remote or centralised technologies, since the joint service provision has to cover wider

[3] Terminal Radar Approach Control Facilitiy

[4] Benin, Burkina, Cameroon, Central Africa Republic, Congo, Ivory Coast, France, Gabon, Guinea, Guinea Bissau, Equatorial Guinea, Madagascar, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Chad, Togo, Union of Comoros

[5] from 1 july 2012 Nordic Upper Area Centre (NUAC) is running the three Air Traffic Control Centres in Copenhagen, Malmoe and Stockholm and provides en-route operations to DK-SE Functional Airspace Block

geographical scope by increased number of data sources transferred via multiple telecommunication links. This liberalized European ATM service chain would result reduction of providers i.e. ATS units (air traffic control centres) [11].

Expansion of disruptive technologies

Airframes are to be responsible for self-separation as well as auto-navigation, consequently fewer providers are to operate in the new service environment. Roles and responsibilities (operational profile) of service providers will also change significantly: satellite and (standalone or standby) ground based NAVAID providers[6], ATM data providers, Virtual Centres as new Air Traffic Service Providers would remain on the scene. This new stakeholder-classification definitely change playing field and re-position today's stakeholders (ANSPs), if they ever can remain. As a result of remote and centralised technologies, service provision will be independent from its original location. Air Traffic Management units will change their monolithic ATM system to service oriented architectures. In the future Virtual Centres controller working positions will be decoupled and separated from the ATM Data Service Provision (ADSP). ATM Data Service Provider hosting services will provide the necessary information one or more ANSPs' Virtual Centre. Virtual Centres subsequently will operate as ATM Data users [12]. Remote solutions in the future can replace the 'local' tower, approach or en-route air traffic services [13].

As an example, in the re-opened Kosovo upper airspace HungaroControl is providing en-route services since April 2014 by using surveillance, radio and flight data from the adjacent ANSPs. This solution can be used only with high number of available assets (providing redundancy in a certain region) and requires secured communication network. The telecommunication network is provided by commercial actors as it is the most convenient solution, while data encryption is the responsibility of the ANSPs [14].

Automated aviation and Air Traffic Management

The self-driven aircraft and auto-separation will eliminate today's ordinary Air Traffic Services. Only regional Air Traffic Flow Manager(s) would monitor and supervise the continental air traffic stream with a close cooperation of contingency units who would be responsible to handover the control of air traffic in a certain area in case of emergency situation (signal outage, loss of communication, on-board malfunction, etc.).

Automation in safety critical Air Traffic Management, and in particular Air Traffic Control, generates many advantages such as capability increase, workload reduction, complex computations and sophisticated conflict prediction, that overall can lead to an increased performance reliability. On the other hand, automation applications can have disadvantages e.g. partial or full loss of situation awareness for the air traffic controller. "*Being aware of the delicacy required to implement automation in the safety critical ATM environment, the understanding of the operators' acceptance mechanism in terms of which elements are actually driving the acceptance of automation and where along the various levels of automation user support 'tips' into scepticism or even refusal to cooperate, is seen as a critical contribution to automation implementation*" [15].

[6] companies providing Communication, Navigation, Surveillance services

The envisaged steps towards displacement, centralisation and automation will require proper change management in order to get a full support from involved staff. The new working environment will need secured and redundant data-communication network which is a high performance functional information infrastructure [16]. As of today, these systems and datalinks are often operated jointly (civil-military) due to economic and national security interests. Most likely the communication lines will be operated in the same way in the future. Consequently, stakeholders have to fulfil the civil and military requirements as well in case of centralised service provision.

INTERCONNECTIVITY, HYPERNET, DATA PROCESSING

These new technologies e.g. centralised functions, quantum computing, big data analysis, 4D flight trajectory management, artificial intelligence and remote control positions are fundamentally reforming the aviation sector as well as Air Traffic Management. The new solutions will require tremendous amount of data gathered from different (international) sources and high speed intra/internet connectivity with adequate cyber security protocols.

Nowadays, ANSPs usually operate a monolithic ATM system with few information services and infrastructure. Information is generated mainly individually, only the necessary data is shared and forwarded to the partners, like neighbouring ANSPs, the Network Manager (centralised unit located at EUROCONTROL Headquarters in Brussels responsible for the system-wide Air Traffic Flow and Capacity Management) and also the military (e.g. Command and Reporting Centre responsible for national/NATO Air Defence and Air Policing duties). Recognized air picture in the NATO Integrated Air Defence System is built up by using data received from military and civil sensors and flight information provided by ANSPs.

The very simple block diagram in Figure 2. shows the three main elements of a national ATM environment i.e. data sources, ATM data processing system and controller working positions.

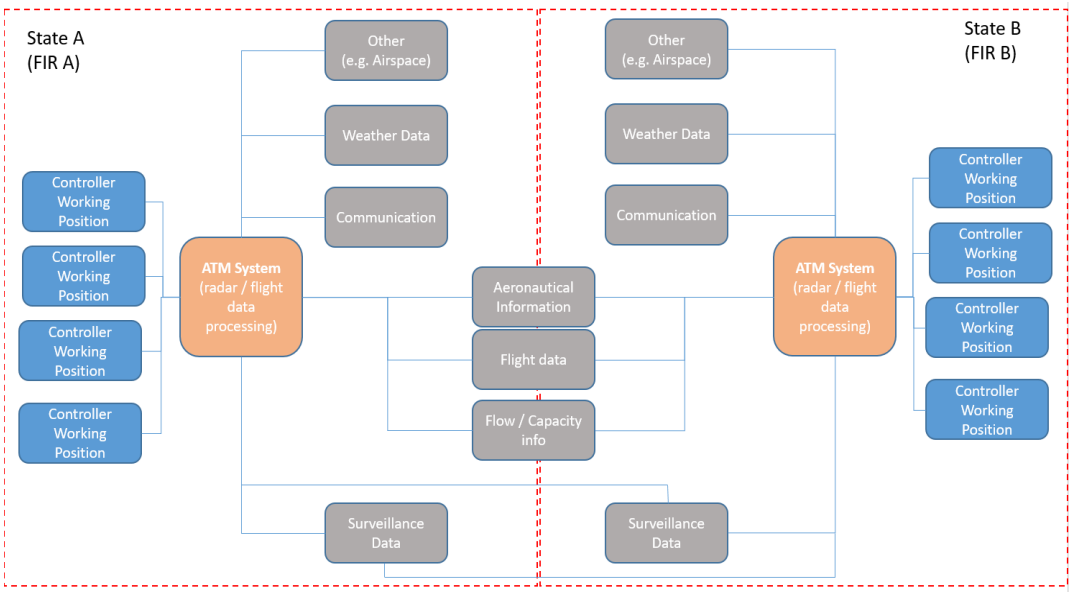


Figure 2. Monolithic civil ATM environments [Author]

As the Hungarian example of service provision in the relatively small Kosovo upper airspace demonstrates, multiple data sources (sensors) from the adjacent ANSPs, tripled air-ground radio

connectivity assure full coverage of the airspace and grant the non-stop (24/7/365) service continuity for the operations.

Duplicated ground-ground coordination lines between the designated ANSP (HungaroControl) and the adjacent area control units are also indispensable for the smooth traffic flow management and transfer of responsibility. [14] This solution shows in reality, that there is no limitation in distance between data sources and ATM data processing elements.

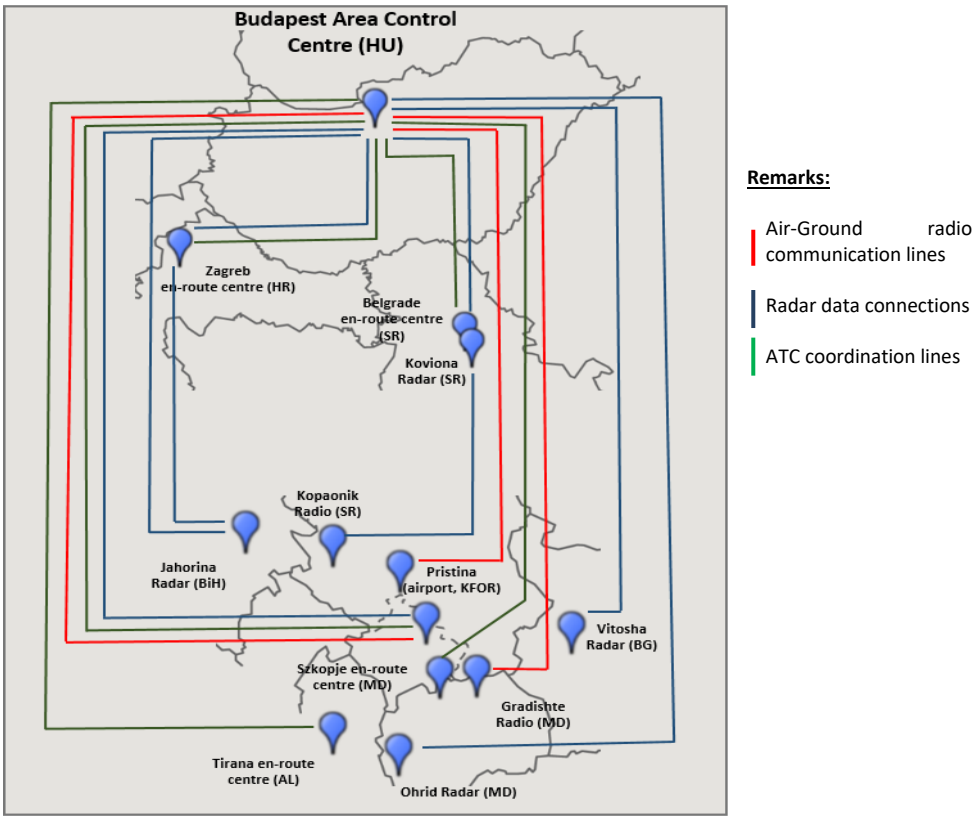


Figure 3: Datalinks for Kosovo Upper Area service provision [14]

Virtual Centre model is also focusing to geographical decoupling of ATM Data Service Provision (ADSP) from Air Traffic Service Units (ATSUs). In this concept ATM Data Service Provider hosts services by providing the necessary information to Virtual Centres (ATM Data users) and is responsible for ATS in their Area of Responsibility. [12] The first Virtual Centre demonstration[7] held in 2016 verified that necessary data (surveillance and correlation, flight data distribution and management, coordination and transfer by NATS[8] and EUROCONTROL) can be exchanged between different data service systems (i.e. ADSP) and controller working positions (CWPs in Brétigny) through a System-Wide Information Management broker (SWIM) [18].

Another virtual centre R&D activity is the EU co-financed[9] AdaaS (ATM Data as a Service) project with the collaboration of Slovenia Control and EUROCONTROL Maastricht Upper

[7] Project partners: EUROCONTROL (Brétigny), NATS (Southampton), Skyguide and SkySoft-ATM (Geneva and Vienna), Frequentis (Vienna)

[8] ANSP of the United Kingdom

[9] The 3 year long project (2015-2018) is co-financed by the European Union's Connecting Europe Facility (CEF)

Area Centre (MUAC). This activity also justifies that data processing can be decoupled from its original location (domestic data source and data usage). The study investigates the extent to which ATM data services can be provided by an ATM Data Service Provider's interoperable ATM system to one or more civil Air Traffic Service Units. Furthermore, the project aims to deploy new technologies and best practices to the concept of ATM Data Centres [17].

The AdaaS study focused to the assessment how an ANSP's information and communications infrastructure should be upgraded to receive data from an ATM Data Service Provider which is located from a long distance (in a non-neighbouring country). The demonstrator (Slovenia Control) received data from local radars, used tracking and safety net services, but these functions and systems were fed by remote flight data processing system services operated in the Netherlands (MUAC). In addition, the MUAC controller working positions and HMI (Human-Machine Interface) were also installed in Slovenia Control to demonstrate independency of the data sources, data processing and controller positions by using commercial communication network to establish interconnectivity among the essential parts of the system.

The remote Tower solution of HungaroControl demonstrates that Air Traffic Service provision can be independent from the local environment, with the support of a digital platform for visualization. Augmented reality is built up by information received from cameras located in the pre-identified hot spots around the airport. Air traffic controllers can monitor real-time images on a video wall that utilizes latest technologies: some cameras have a pan-tilt-zoom function and able to transit information in extreme weather conditions as well using infrared technology that provides enhanced visibility. In addition, the live picture is labelled with graphic symbols and data. These innovations can improve the situational awareness of air traffic controllers, thus aviation becomes even safer [19].

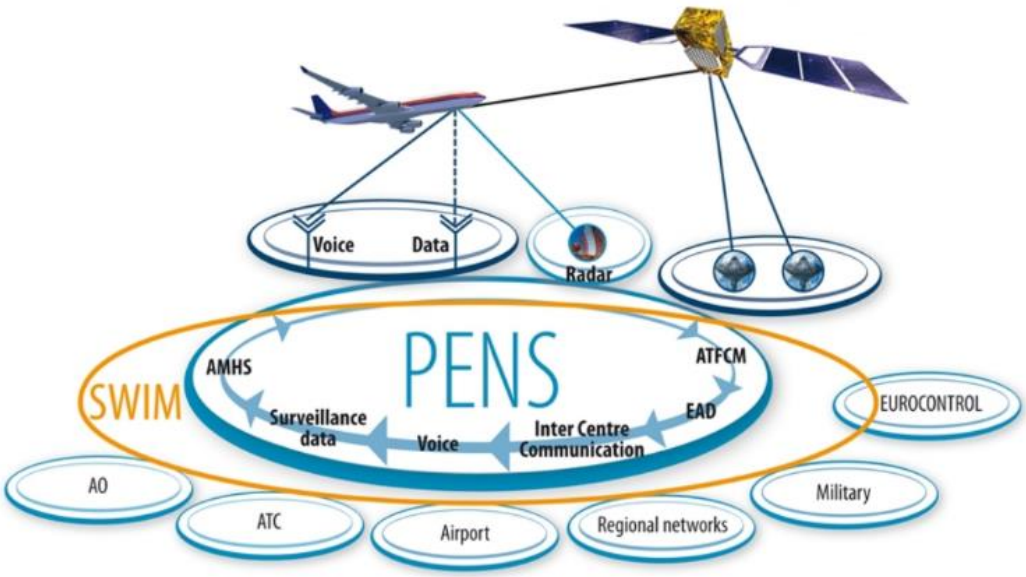


Figure 4: PENS and SWIM [21]

with 2.45 mioEUR and monitored by the Innovation and Networks Executive Agency (INEA)

Using the above mentioned technologies require secured and redundant intra/internet connections to share relevant, up-to-date and standardized data among stakeholders (in this context pilots, airport and airlines operations centres, ANSPs, meteorology service providers, military). The concept of the previously referred System Wide Information Management (SWIM) should cover a complete paradigm change of information management of the pan-European ATM environment (ATM systems, data domains and business trajectory phases (planning, execution, post-execution) managing aeronautical data, flight trajectory, aerodrome operations-related or meteorological information, air traffic flow, capacity and also surveillance data [20].

Together with SWIM concept, the pan-European network service (PENS) is an international ground/ground communications infrastructure initiative jointly implemented by EUROCONTROL and the European ANSPs with the aim to meet air traffic communication requirements. PENS will provide a common IP-based network service in Europe including voice and data communication and efficient support to existing and also to the new services [21].

RISKS AND CHALLENGES OF REMOTE TECHNOLOGIES

As of the European Council Directive 2008/114/EC on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection, air transport (thus the ATM systems too) are part of the national critical infrastructures. [22] By its definition critical infrastructure' means assets, systems which are substantial for maintaining the vital societal functions such as health, safety, security, economic or social well-being of people, and any destruction or disruption would cause a significant impact to the Member State. Disruption or destruction of the European Critical Infrastructure (ECI) would have a significant impact in a wider dimension (at least on two Member States). Therefore protection of national and Eureopan critical infrastructure shall ensure the functionality, continuity and integrity in order to deter, mitigate and neutralise a threat, risk or vulnerability [16].

Critical infrastructures catalyse economy and grant basic functions and service continuity that essential for a state's vitality. Furthermore, critical infrastructures shall contribute to public security and national defence [16].

Based of the above mentioned definitions exclusion of Air Navigation and Air Traffic Services from the scope of critical infrastructures is inconceivable, however it might be an antecedent of the market liberalization.

ATM environment ought to be considered as critical infrastructure, regardless of the configuration; whether it is monolithic or a centralised/decoupled structure as it is envisaged in the future system constellation. Any failure, outage or impact (natural disaster) to the ATM systems or air traffic service provision have serious consequences in the transportation and even the EU economy. For instance, the volcanic ash crisis in 2010 pinpointed the vulnerability of the pan-European air traffic network. According to the estimation of the International Air Transport Association (IATA), the airline industry worldwide lost €148 million a day during the disruption, and the total industry loss was aprox. €1.3 billion. [23] More than 95,000 flights were cancelled all across Europe during the travel ban but some figures suggested 107,000 flight cancellation in the eight-day period, accounting for 48% of total air traffic and roughly 10 million passengers [24] [25].

Another example is Zagreb Area Control Centre outage in 2014 (due to thunderstorm activity with heavy rain) when the lack of air traffic service provision caused capacity reduction of the Croatian airspace for 2 days. [26] This (very rare) situation also shows that any outage of a system (even if it is redundant) can cause a long-term capacity decrease in a large geographical area, not only in the affected zone, but also in the neighbouring Flight Information Regions as well, who had to take over the responsibility of the bypassing air traffic. This threat would increase the effects if it happens in centralised ATM data processing environment or at an integrated Air Traffic Service Provider.

The recent system error in EUROCONTROL's Enhanced Tactical Flow Management System on 3th April 2018 caused serious flight delays over Europe. The testing problem of the Network Managers' system – that originally helps to manage air traffic by comparing demand and capacity of air traffic control sectors – delayed aprox. 15.000 flight operations out of cca. 29.500 planned flights. [27] However it was only the second system failure in 20 years (the last happened in 2001) and EUROCONTROL Contingency Plan was immediately activated, this event also highlights that any malfunction or error in safety critical ATM can cause serious problems in the pan-European dimension.

The above mentioned situations emphasise that the future centralised ATM Data Provision and remote technologies have to be developed with appropriate redundancy and contingency, while the elements of the system (data sources, intra/internet connections, data processing computers, server centres and controller working positions), and all elements also shall be secured and protected (against cyberattacks and physical threats or even natural disasters). Expansion of centralised ATM data processing or integration of air traffic services in wider area of responsibility will increase the complexity (number of stakeholders i.e. involved countries and industrial partners, robustness of the system) of the new ATM infrastructure and also raise the risk of the system vulnerability. The potential threats shall be pre-assessed and corrective measures have to be adopted accordingly.

It is also important to recall the European Council Directive 2008/114/EC in the reforms of ATM domain, namely "*since various sectors have particular experience, expertise and requirements concerning critical infrastructure protection, a Community approach to critical infrastructure protection should be developed and implemented taking into account sector specificities and existing sector based measures including those already existing at Community, national or regional level, and where relevant cross-border mutual aid agreements between owners/operators of critical infrastructures already in place*" [22].

CONCLUSIONS

Remote and centralised ATM services will spread in the mid-term future around the World and catalyse the integration of (partially) independent national Air Traffic Services. The introduced new technologies and concepts definitely support the EU rule makers to change regulations and enforce stakeholders for a consolidation. However, instead of changing the status of air transport and the supporting ATM/ANS, specifications shall be defined.

However, Air Traffic Management should be kept as critical infrastructure, and the new service provision (whether it is remotely available or centralised) should accomplish the same requirements as for today's monolithic ATM systems. Nations who are favouring the new solutions (due to legal obligations or financial benefits) should receive grants and safeguards for service continuity in case of system malfunction, outage, or any times of crisis. As of the EU Directive and the above mentioned examples, any damage of ATM systems (which are essential for the maintenance of vital societal functions such as air transport), destruction or disruption by natural disasters, criminal activity, malicious behaviour or even terrorism would have a significant negative impact for the security of the nation and EU, as well as for the economy and well-being of its citizens.

REFERENCES

[1] ICAO: Annual Report 2016. Source: https://www.icao.int/annual-report-2016/Pages/the-world-of-air-transport-in-2016.aspx Downloaded: 04.2016

[2] Vas T., Palik M.: UAV operation in aerodrome safety and ACS procedures. The 7th International Scientific Conference "DEFENSE RESOURCES MANAGEMENT IN THE 21st CENTURY". Braşov, 15.11.2012

[3] European Commission: Single European Sky.: https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky_en

[4] EUROCONTROL: About the Network Manager. Source: https://www.eurocontrol.int/articles/about-network-manager Downloaded: 02.2018

[5] REGULATION (EC) No 1070/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 amending Regulations (EC) No 549/2004, (EC) No 550/2004, (EC) No 551/2004 and (EC) No 552/2004 in order to improve the performance and sustainability of the European aviation system

[6] SESAR Joint Undertaking: Digitalizing Europe's Aviation Infrastructure. Downloaded: 08.11.2017

[7] About FAA. Source: https://www.faa.gov/about/ Downloaded: 08.07.2017

[8] ASECNA. Source: https://www.asecna.aero/index.php/en/2014-03-31-16-47-52-fr/2014-03-31-16-53-9-en/etats-membres-en Downloaded: 02.02.2018

[9] CANSO: Corporacion Centroamericana de Servicios de Navegacion Area (COCESNA). Source: https://www.canso.org/cocesna

[10] LFV/NAVIAIR: NUAC. Source: http://www.lfv.se/en/partnership/nuac Downloaded: 01.07.2012

[11] IATA: A Blueprint for the Single European Sky (IATA-AEA-ERA). Source: https://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/blueprint-single-european-sky.pdf

[12] Szepessy K.: HungaroControl Disruptive technologies in Air Traffic Management. 8th Florence Air Forum 21.10.2016 Firenze

[13] Somosi V.: Questions of ANS industry liberalization. INAIR Conference. 10-11 Nov 2016 Vienna

[14] Pokoradi L., Somosi V.: A Koszovói magaslégtéri irányítási rendszer gráf-modellezése. Hadmérnök XII. évfolyam 4. szám 2017. december

[15] Bekier, M.: Automation Acceptance in Air Traffic Management. University of New South Wales Sydney, Australia, March 2013

[16] Haig Zs., Kovács L.: Kritikus infrastruktúrák és kritikus információs infrastruktúrák. Nemzeti Közszolgálati Egyetem 2012.

[17] EUROCONTROL: ATM Data as a Service (AdaaS) - Towards the concept of data centres. Source: http://www.eurocontrol.int/publications/atm-data-service-adaas-towards-concept-data-centres

[18] EUROCONTROL: A demonstration of the world's first Virtual Centre. Source: http://www.eurocontrol.int/news/demonstration-world-first-virtual-centre Downloaded: 29.07.2016

[19] Hangyál Gy.: HungaroControl Remote Tower Project. World ATM Congress 2018 Madrid. Source: http://en.hungarocontrol.hu/download/50c2d4610e416cc91db5d2b9cc609027.searidge-panel-discussion-hc-rtwr.pdf

[20] EUROCONTROL: System Wide Information Management (SWIM). http://www.eurocontrol.int/swim

[21] EUROCONTROL: Pan-European Network Services (PENS). Source: http://www.eurocontrol.int/articles/pan-european-network-services-pens

[22] COUNCIL DIRECTIVE 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection

[23] BBC News: Flight disruptions cost airlines $1.7bn, says IATA. 21.04.2010

[24] BBC News: Ash cloud chaos: Airlines face huge task as ban ends. 21.04.2010
[25] Bye, B.L.: Volcanic eruptions: Science and Risk Management. Science 2.0. 27.05.2011
[26] Network Manager: Monthly Network Operations Report. Analysis – July 2014.: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/performance/201407/network-operations-report-july-2014-analysis.pdf
[27] BBC: Half of European flights delayed due to system failure Source: http://www.bbc.com/news/world-europe-43633094
[28] EUROCONTROL: What are the FAB (Functional Airspace Blocks), (oline) url: https://www.eurocontrol.int/faq/what-are-fab-functional-airspace-blocks

A légiforgalom-szervezés információs infratrsuktúrái

A globális légiközlekedési igények új kihívásokat jelentenek a léginavigációs szolgáltatóknak (ANSP-k). Az új elgondolások és fejlesztések a légiforgalom-szervezés (ATM) egyes szolgáltatások központosítását is vizionálja, amelyben várhatóan megváltozik a kritikus infradtruktúra elemek felelősségi köre, funkciója. A bekövetkező integráció és regionalizáció ennek megfelelően az ATM információs infrastruktúra is hatást gyakorol majd.

Keywords: *légiforgalmi szolgáltatások integrációja, helyfüggetlen légiforgalmi szolgáltatások, remote torony*

Somosi Vilmos FAB program menedzser és polgári-katonai együttműködési koordinátor HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt vilmos.somosi@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4763-2174	Somosi Vilmos FAB Program manager and civil-military cooperation coordinator HungaroControl Hungarian Air Navigation Services vilmos.somosi@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4763-2174

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-18-0483_Somosi_Vilmos.pdf

Hegyi Norbert

KÖNNYŰ ÉS KÖZEPES SZEMÉLYZET NÉLKÜLI SZABAD BALLONOK NYOMKÖVETÉSÉNEK BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉRDÉSEI

A cikk a pilóta nélküli légi járművek és a személyzet nélküli szabad ballonokat csoportosítja, illetve UAS-ekről is beszámol. Bemutatja a jelenleg is előforduló drónokkal összeköthető veszélyhelyzeteket, valamint az ilyen eszközök mennyiségéből adódó várható helyzeteket is körvonalazza. Bemutatja a jelenleg használt és a fejlesztés alatt álló nyomkövető rendszereket, valamint az Európai Unió saját légterének jövőbeli biztosítását, illetve annak tervezetét is. Javaslatokat ír le a könnyű és a közepes személyzet nélküli szabad ballonok nyomkövetésének lehetőségeiről. Az új lehetőségeket feltárva szemlélteti a megvalósíthatóságot mind műszaki, mind költség szempontok alapján.

***Kulcsszavak**: UAV, UAS, személyzet nélküli szabad ballon, nyomkövetés, biztonság*

PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK ÉS SZEMÉLYZET NÉLÜLI SZABAD BALLONOK

Az olyan irányítható légi járműveket, melyeknek nincsen irányító személy a fedélzetén, pilóta nélküli légi járművekként nevezik meg, röviden UAV[1], illetve gyakran használják rájuk a drón kifejezést (1. ábra). Az UAS[2] ezekre a repülőeszközökre és az azok működését biztosító rendszerekre vonatkozik egészében. A jelenleg is kidolgozás alatt álló szabályozási, törvényjavaslatok zöme UAS-ekre vonatkozik, melyek magukban foglalják a drónokat is [1].

1. ábra Egy drón [2]

A személyzet nélküli szabad ballon (2. ábra) megnevezés, meghatározása szerint egy „hajtóművel nem rendelkező, személyzet nélküli, levegőnél könnyebb, szabadon repülő légi jármű” [3]. Látható, hogy ezek nem irányíthatók-vezérelhetők úgy, mint például egy vitorlázórepülőgép, és szükséges megállapítani, hogy nem tartoznak az UAV-k csoportjába.

[1] UAV – Unmanned Air Vechicle
[2] UAS – Unmanned Aircraft System

2. ábra Egy könnyű személyzet nélküli szabad ballon [4]

Biztonsági események

Európában, 2016-ban több mint 1200 biztonsági esemény történt drónok és személyzet által vezetett repülőgépek között, melyek között több ütközés közeli helyzet állt fenn [5].

Ezeknek a szituációknak főbb okai, hogy a drón kezelők a biztonságot figyelmen kívül hagyva „játszadoznak” az UAV-kel és sajnos a jelenleg használt primer és szekunder radarok, illetve a nemzetközi légiforgalomban rendszeresített ADS-B[3] rendszerek használata nem képes a túl kis radarkeresztmetszettel rendelkező ADS-B rendszerekkel nem felszerelt légi járművek nyomkövetésére.

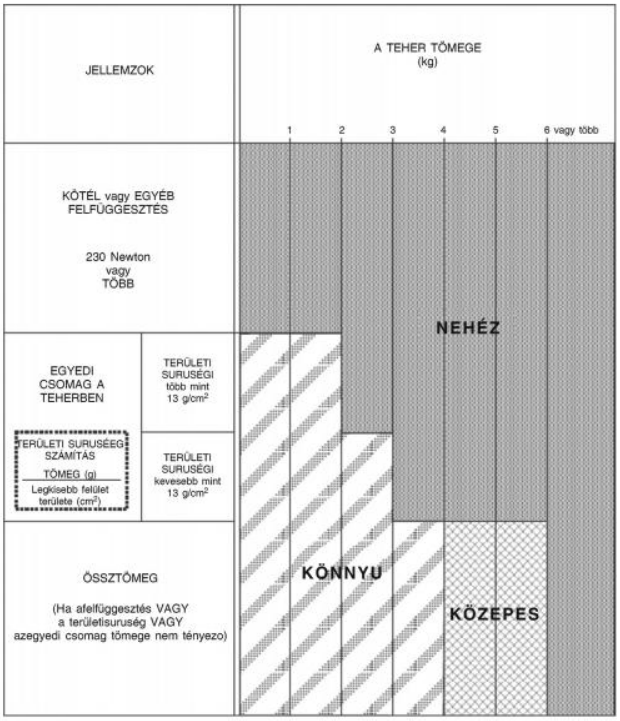
Általában 150 méter alatti repülési magasság engedélyezett a magáncélú kis drónok használata esetén. Az Európai Unióban 2030 után várható az első gazdasági szempontból meghatározónak tekinthető szállítmányozást végző UAV-k alkalmazása. 2050-ben pedig hozzávetőlegesen 7 millió hobbi, míg 400 ezer gazdasági és kormányzati célokból igénybe vett drón használatát prognosztizálják. Feltételezhetően ezek mind a városokban, mind vidéken egyformán működtetett légijárművek lesznek. A távvezérelhetőségükből és automatizálásukból következik, hogy

[3] ADS-B – Automatic Dependent Surveillance – Broadcast – automatikus helyzetjelentő rendszer

követlen vizuális alapú nyomkövetésük és irányításuk minimálisra fog csökkenni. Feltételezhető, hogy akár több ezer új fajtájú légi jármű kerül kifejlesztésre. Ezeket valószínűleg a jövőben a 150 m feletti légtérben is alkalmazni fogják [6].

A személyzet nélküli szabad ballonok

Az Európai Bizottság 923/2012/EU végrehajtási rendeletben áll, hogy „a személyzet nélküli szabad ballonokat – a 2. függelékben meghatározott feltételek mellett – olyan módon kell üzemben tartani, hogy azok ne veszélyeztessenek személyeket, vagyontárgyakat vagy más légi járműveket.” [3] Utóbbi elkerüléséhez a ballon és a szonda egység szerkezeti kialakításán kívül a megfelelő nyomkövetés is szükséges.



3. ábra Személyzet nélküli szabad ballonok csoportosítása [3]

A rendeletben a személyzet nélküli szabad ballonok osztályozásáról is szó esik. A 3. ábrán látható ezek csoportosítása. Természetesen nem csak az ábra sorolja be a ballonokat, hanem szöveges leírás is. E szerint [3]:

1. könnyű személyzet nélküli szabad ballon az, amely:
   1.1. egy vagy több darabból álló, 4 kg össztömeget el nem érő terhet szállít; vagy
   1.2. nem tartalmaz 3 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot; vagy
   1.3. nem tartalmaz olyan 2 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot, amelynek területi sűrűsége nagyobb, mint 13 g/cm^2; vagy
   1.4. a teher felfüggesztésére olyan kötelet vagy egyéb eszközt alkalmaznak, amelynél kevesebb, mint 230 N ütközési erőre van szükség ahhoz, hogy a teher leváljon a ballonról.
2. közepes személyzet nélküli szabad ballon amely:
   2.1. egy vagy több darabból álló, 6 kg össztömeget el nem érő terhet szállít; vagy
   2.2. nem tartalmaz 3 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot; vagy

2.3. nem tartalmaz olyan 2 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot, amelynek területi sűrűsége nagyobb, mint 13 g/cm^2; vagy
2.4. a teher felfüggesztésére pedig olyan kötelet vagy egyéb eszközt alkalmaznak, amelynél kevesebb, mint 230 N ütközési erőre van szükség ahhoz, hogy a teher leváljon a ballonról.

3. nehéz személyzet nélküli szabad ballon mely:
3.1. olyan terhet szállít, amely össztömege 6 kg vagy annál több; vagy
3.2. 3 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot tartalmaz; vagy
3.3. 2 kg vagy annál nagyobb tömegű csomagot tartalmaz, amelynek területi sűrűsége nagyobb, mint 13 g/cm^2; vagy
3.4. a teher felfüggesztésére olyan kötelet vagy egyéb eszközt használnak, amelynél legalább 230 N ütközési erőre van szükség ahhoz, hogy a teher leváljon a ballonról.

KÖNNYŰ ÉS KÖZEPES SZEMÉLYZET NÉLKÜLI SZABAD BALLONOK REPÜLÉSÉNEK BIZTONSÁGOS KÖVETÉSE

2017. március 27-én egy az Amerikai Egyesült Államokban, a New York államban lévő Honeoye településről bocsátottak fel egy kamerával felszerelt személyzet nélküli szabad ballont, mely látványos videófelvételt készített arról, ahogy 500 lábbal, azaz 152 m-rel felette haladt el egy Airbus A319 utasszállító repülőgép. Amennyiben létezne egy minden biztonsági szempontból fontos repülő jármű követésére alkalmas rendszer, úgy elkerülhetővé válnának a hasonló esetek [7].

Fontos figyelembe venni, hogy az utóbbi évtized folyamán is jelentősen megnőtt a Magyarország feletti légi forgalom. Bevezetésre került 2015-ben a HUFRA[4] koncepció, mely a szabad légtérhasználattal lehetővé teszik a légterünkben való legrövidebb repülési útvonalakat. Ezek szintén növelik az előbb említett veszélyhelyzetek előfordulásának valószínűségét [8].

Más a repülésbiztonsági témával foglalkozó szakemberekkel konzultálva meggyőződésemmé vált, hogy a jelen korunk műszaki adottságai és azok jelentősen alacsonyabb költségei lehetővé teszik akár a könnyű személyzet nélküli szabad ballonok jóval biztonságosabb használatát.

A motoros repülőgépekre jelenleg integrált ADS-B-hez is használt 200 W-os teljesítményű adók általában kb. 1 kg-os tömegűek, így ezeket vitorlázó repülőgépeken vagy kis UAV-ken nem igazán lehet alkalmazni [9].

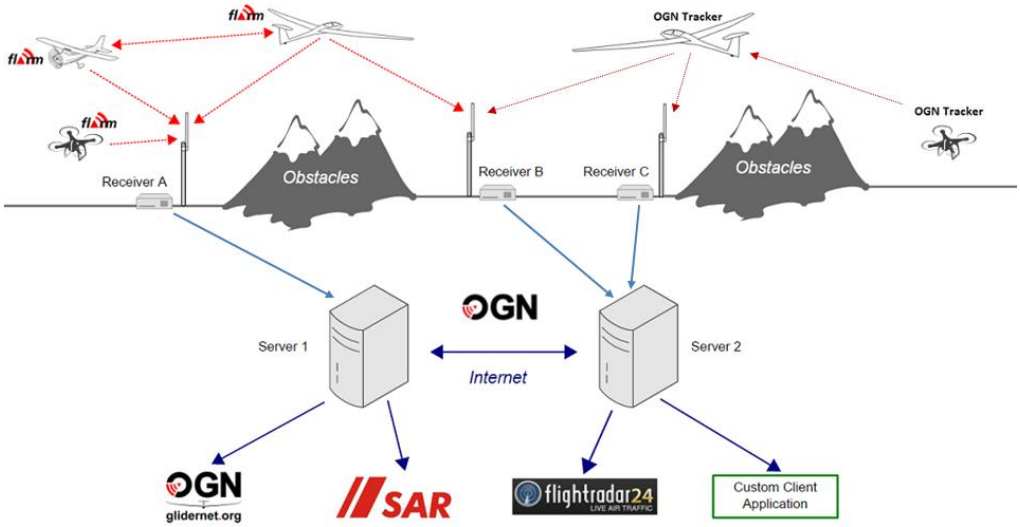
Megalapozottan kijelenthető, hogy egy 1 kg-os drónon, de ugyan így – az előző kategorizálás során bemutatott – 4 kg-os össztömegű könnyű személyzet nélküli szabad ballonon sem helyezhető el egy ilyen eszköz. Úgy vélem, hogy a néhány kilogrammos tömegű UAV-k vagy például a könnyű személyzet nélküli szabad ballonok esetében maximum 100–200 g-os nyomkövető készülékeket célszerű használni.

Ahogy az ADS-B esetében, úgy a fejlesztés alatt álló UAS rendszerekben is szükséges a megfelelő, közhiteles nyomkövetés a repülési forgalom biztonsága és szervezése érdekében. Nem csak egy adott drónt kell követni, hanem például az azt irányító személyt is be kell tudni azonosítani [10].

[4] angolul: Hungarian Free Route Airspace

OGN tracker és FLARM

Jelenleg is több privát üzemeltetés alatt álló repülésbiztonsági célt szolgáló nyomkövető rendszer üzemel. Talán a két legfontosabb és egyben legnépszerűbb az OGN tracker[5] és a FLARM[6]. Mindkét rendszert alkalmazza az Open Glider Network Project (OGN)[7], mely vitorlázó repülőgépek követésére és esetleges ütközéseik elkerülésére került kialakításra (4. ábra). Az OGN tracker és a FLARM különböző protokollokat használnak [11].



4. ábra – Az OGN hálózatának működése [11]

Az OGN tracker nyomkövetőt magán céllal fejlesztették ki, könnyen összeszerelhető otthon is és ára a FLARM-hoz viszonyítva jelentősen olcsóbb. Az alkatrészek költségétől függően 20–50 euró között készíthető el „barkácsolás” formájában vagy vásárolható félkészre szerelt verzióban. Az OGN trakcer elsődleges feladata a helyzetmeghatározás és nyomkövetés. Nyílt forráskódú, szabadon fejleszthető rendszer, további újítások céljával. A jeladó hatótávolsága az adás teljesítményétől függ, ami legalább 3–5 km, de akár jóval 50 km feletti is lehet. Egy OGN tracker-rel ellátott légijármű egy másik légijármű jeleit képes továbbítani. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a domborzati viszonyok nem teszik lehetővé a közvetlen rádiókapcsolatot a földi vevőkkel, akkor is lehetséges az Open Glider Network számára a nyomkövetés és megjelenítés. Ugyanez, a FLARM rendszerrel ellátott légi járművek esetében is lehetséges. Az Open Glider Network földi vevőegységei mind a két fajta jelet képesek venni, külön-külön dekódolni és végül az interneten megjeleníteni. Az OGN tracker alapjaira (és kódolására) fejlesztett, már félkészre szerelt könnyű személyzetnélküli szabad ballonokhoz használt „HABP 42 km”[8] két változatában 200 és 230 euró körüli árban szerezhető be [11] [12].

A legújabb fejlesztésű –EASA[9] által is engedélyezett– PowerFLARM rendszer már 10 km távolságon felül is képes más FLARM rendszerrel ellátott repülőgépek érzékelésére, és ADS-B jelek vételére is, illetve biztonsági figyelmeztetések megjelenítésére [13]. Ezeknek az ADS-B

[5]OGN – Open Glider Network – tracker
[6] FLARM – „flight” és „alarm”, azaz „repülés” és „riasztás” szavak kombinációja
[7] Nyílt Vitorlázórepülőgép Hálózat Projekt
[8] HABP – High Altitude Balloon Payload APRS Tracker System
[9] EASA – European Aviation Safety Agency

vétel funkció nélküli verziója 890 euró, míg az ADS-B jelek vételére képes beépíthető változatának és a hordozható változatának a lista ára a cikk írásakor Magyarországon az egyik forgalmazónál 1349 és 1999 euró.

Az előző három bekezdésben röviden a különböző eszközök beszerzési költségeit ismertettem. Ezek alapján látható, hogy a csak nyomkövető célt szolgáló eszközök töredékébe kerülnek az ütközés figyelő rendszerekhez viszonyítva. Utóbbi egy olyan hálózattal, mint az OGN a nyomkövetés gazdaságosan megvalósítható. A HungaroControl munkatársai jelenleg is foglalkoznak az OGN (OGN tracker és FLARM) alkalmazásának lehetőségeivel.

U-space

A SESAR[10] 2017-ben tette közzé a U-space Blueprint című közleményét, mely a U-space[11] rendszer megvalósítására való ötleteket adó vezérfonál feladatot tölt be.

A U-space a légtérfelhasználók biztonsága érdekében működne. Egy rugalmas, állítható rendszer kialakítását és üzemelését kellene biztosítani egy olyan kezelőfelülettel, amely igény szerint hozzáférhető a pilóta nélküli repüléssel és az emberes repüléssel való összehangolására. A különböző légijárművek egymással való kommunikációja is egy megvalósítandó cél, elvárások szerint költséghatékonyan és versenyképesen. Ezt a meglévő infrastruktúrák kihasználásával, illetve a jelenleg is létező technológiák alkalmazásával lehetne gazdaságosan kiépíteni, megvalósítani. Javaslat szerint, az U-space bevezetésének felgyorsítására más ágazatoknak a repülésirányítási rendszer számára megfelelő szabványait lehetne adaptálni. A kivitelezéshez természetesen szükség van a megfelelő biztonsági követelmények megvalósítására, mint például a számítógépes biztonság, a meghibásodások gyors kiküszöbölése vagy az adatvédelem. [14]

Az előzőekben megfogalmazottaknak megfelelően, a személyzet nélküli szabad ballonok nem tartoznak az UAV-k csoportjába. Ennek ellenére úgy vélem, hogy a U-space-hez hasonló törekvések a nyomkövetés és a légtér koordináció szempontjából e személyzet nélküli szabad ballonokat is integrálhatnák a programba.

KIVITELEZHETŐSÉG

Az UAV-k és a könnyű és közepes személyzet nélküli szabad ballonok fedélzetére elhelyezendő nyomkövető, akár közvetetten (egy webes felülettel kombinált) ütközésgátló, balesetmegelőző légtérkoordinációt segítő rendszer megvalósítása véleményem szerint költséghatékonyan kivitelezhető lesz.

1995-ben például az Egyesült Államokban gyártott Guidstar számítógépes útvonalnavigációs rendszer 1995 USD-ba került (mai árfolyamon 510 ezer forint), aminél a jelenleg 10 ezer forintos okostelefonokban lévő rendszerek már pontosabban és gyorsabban nyújtják ugyanazt a szolgáltatást [15].

[10] SESAR – Single European Sky ATM Research

[11] U-space - röviden összefoglalva: UAS és az emberes légiközlekedés légtérkoordinációjával együttműködő rendszer

Részben az U-space fejlesztését is az okostelefonok technológiájára lehetne építeni. Megállapítható, hogy az utóbbi 10 évben a műszaki teljesítmény szempontjából jelentősen csökkent ezeknek az eszközöknek az ára. (Ha azonban csak az utóbbit vesszük figyelembe a teljesítményük nélkül, akkor az új modellek drágábbak.)

A miniatürizálás is a megvalósíthatóság egyik feltétele. A jelenlegi nyomkövetésre és/vagy navigációra alkalmas kisméretű eszközök 50–150 g közötti tömegűek.

Bár a 923/2012/EU végrehajtási rendelet 2012-ben tették közzé, azt előtte több éven át dolgozták ki. Ezen túl figyelembe kell venni, hogy az eredeti jogszabályok – amelyekből ez származtatható – legalább 10–15 évvel korábbiak, így feltételezhető, hogy a könnyű és a közepes személyzet nélküli szabad ballonokra vonatkozó szabályozások nem változnak döntő mértékben a következő évek folyamán.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az UAS-eket, az UAV-ket, könnyű és közepes személyzet nélküli szabad ballonokat, azok nyomkövetésének lehetőségeit tanulmányoztam. Figyelembe vettem a jelenlegi és a fejlesztés alatt álló nyomkövetési és ütközésbiztonsági megoldásokat. Elemeztem azok lehetőségeit, a hasznosságukat, megvalósíthatóságukat a könnyű repülő járművek esetén. Arra a következtetésre jutottam, hogy költséghatékonyan kivitelezhető ebből következően megvalósítandó feladat a könnyű és a közepes személyzet nélküli szabad ballonok esetén is a fejlesztendő légtér koordinációs rendszerbe való integrálása.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Palik Mátyás: Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013, ISBN 978-615-5057-64-9

[2] url: https://store.dji.com/product/mavic-air?vid=38961 – kép szerkesztve (2018.03.10.)

[3] 923/2012/EU végrehajtási rendelet, - A Bizottság 923/2012/EU végrehajtási rendelete, Európai Bizottság, 2012. szeptember 26. - e-dok. url: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0923&from=HU, (2017.06.06.)

[4] saját fénykép

[5] European Commission - Press release - Drones: fresh efforts by the Commission to put safety first. Brussels, 2017. szeptember 29., url: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-3401_en.pdf (2018.01.10.)

[6] SESAR European Drones Outlook Study - Unlocking the value for Europe. 2016. november, e-dok. url: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European_Drones_Outlook_Study_2016.pdf (2018.02.28.)

[7] url: http://www.overlookhorizon.com/flight-5 (2018.02.28.)

[8] url: http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/hungarian-free-route-airspace (2017.10.10.)

[9] Makkay Imre: Ütközések elkerülési kisgépes és a pilóta nélküli repülésben. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2017/1, pp. 59-66., e-dok. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-04-0378_Makkay_Imre.pdf

[10] Bódi Antal, Szabó Tivadar, Wührl Tibor: Drónok követési közhiteles módon. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2017/2, pp. 111-118., e-dok. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-10-0374_Bodi_A-Szabo_T-Wuhrl_T.pdf

[11] Open Glider Network hivatalos weblapja, url: http://wiki.glidernet.org/ (2017.12.10.)

[12] HABP 42 + logger nevű eszköz hivatalos dokumentuma, e-dok. url: http://www.jaeger-edv.de/Downloads/index.php?dir=APRS+Tracker%2FHABP+APRS+Payload%2F (2017.09.10.)

[13] PowerFLARM nevű eszköz hivatalos dokumentuma, e-dok. url: https://flarm.com/wp-content/uploads/man/PowerFLARM-EN.pdf (2018.01.10.)

[14] SEASAR Joint Undertaking: U-space Blueprint – 2017. e-dok. url: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF (2018.01.10.)
[15] John Holusha: DRIVING SMART; Lost in Yonkers? An Olds Option Could Be a Guide. New York Times – National Edition, 1994. november 27., e-dok. url: https://www.nytimes.com/1994/11/27/automobiles/driving-smart-lost-in-yonkers-an-olds-option-could-be-a-guide.html

SAFETY ISSUES FOR LIGHT AND MEDIUM UNMANNED FREE BALLOONS

The article classifies unmanned aerial vehicles and unmanned free balloons and reports about UASs. It presents the dangers that can be connected to the currently drone users. It also describes the quantitative and the resulting situations in cause of the divergence of future drones. It also presents the currently used and developed tracking systems. It presents the future safety plan of the European Union's own airspace. It provides recommendations on how to trace light and medium unmanned free balloons. Exploring the new possibilities, it illustrates the feasibility on both technical and cost basis.

Keywords*: UAV, UAS, unmanned free balloons, tracking, safety*

Hegyi Norbert	Norbert Hegyi
doktorandusz	PhD aspirant
Széchenyi István Egyetem	Széchenyi István University
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola	PhD Programme of Engineering
hegyi.norbert@sze.hu	hegyi.norbert@sze.hu
orcid.org/0000-0002-4569-2675	orcid.org/0000-0002-4569-2675

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-19-0477_Hegyi_Norbert.pdf

Barna Péter, Nagy Rudolf

AZ APOLLO 1 ŰRHAJÓ TŰZESETE

Az 1960-as években az Amerikai Egyesült Államok hatalmas energiát és pénzt fektetett abba, hogy az űrversenyben utolérje és megelőzze a Szovjetuniót. Jurij Alekszejevics Gagarin első emberként hajtott végre űrutazást 1961. április 12-én a Vosztok-1 űrhajó fedélzetén. A nemzete büszkeségének helyreállítása érdekében John F. Kennedy 1961. május 25-i beszédében jelentette be, hogy az USA az évtized végéig embert juttat a Holdra. A NASA a rendelkezésére álló 9 év alatt tervezte teljesíteni a kitűzött célt. A Mercury és Gemini-program tapasztalataira hagyatkozva hozták létre az Apollo-programot, melynek űrhajóival az idegen égitestre történő landolás volt a kitűzött cél. A kísérleti repüléseknél gyakran fordulnak elő balesetek, nem tervezett veszélyhelyzetek. Ezek nem kerülhették el az amerikai űrprogramot sem. Az Apollo 1 fedélzetén kialakult tűz három asztronauta életét követelte és másfél évvel késleltette az Apollo-program első repülését. A tűzeset vizsgálata arra keres választ, hogy miként történhetett meg ez a tragikus baleset a szigorúan ellenőrzött körülmények ellenére.

Kulcsszavak: *űrverseny, tűzeset, túlnyomásos kabin, oxigénindex, turbulens áramlás, anyagok éghetősége*

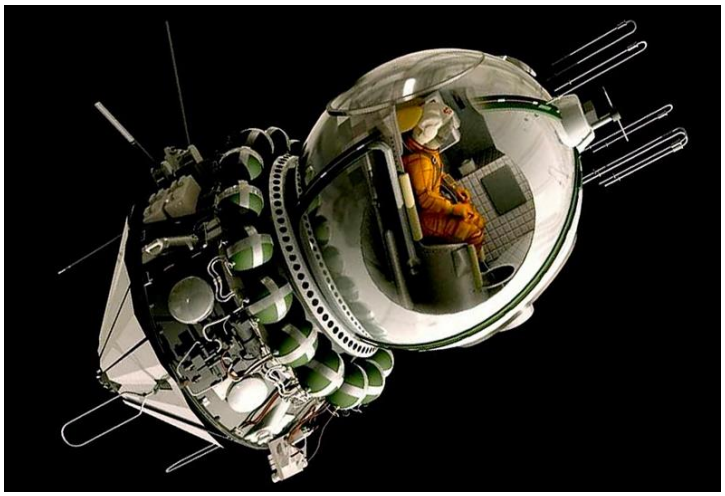
AZ ŰRVERSENY

Németország 1945. május 8-i kapitulációjával Európában véget ért a II. világháború. Az amerikai és szovjet haderő sietve kezdte begyűjteni egymás elől a Wehrmacht hátrahagyott kísérleti fegyvereit és az azokat kifejlesztő tudósokat. Ekkor került az Egyesült Államokba Wernher von Braun és az általa tervezett V-2 rakéta. Az új folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek segítségével 1947. október 14-én Charles E. "Chuck" Yeager lépte át elsőként a Bell X-1 típusú repülőgépével a hangsebességet. Amerika ekkor úgy érezte, hogy technológiai fölényt sikerül kialakítania az általa visszamaradottnak vélt szovjet iparral szemben. 1949-ben viszont a CIA[1] titkos szovjet atomrobbantást észlelt, és jelentéseik szerint ennek az új fegyvernek a hordozására az orosz tudósok egy interkontinentális ballisztikus rakéta fejlesztésébe kezdtek. Az új fenyegetésre válaszul a Pentagon von Braun-t bízta meg azzal a feladattal, hogy a V-2 továbbfejlesztésével hozzon létre egy hasonló fegyvert. Az amerikai atomfegyverek hordozására szolgáló B-36 Paecemaker és B-47 Startojet stratégiai bombázókat végül a Redstone ballisztikus rakéták váltották fel [1][2].

A Redstone rakéta repülési pályája elérte az űr elméleti határát és ez egy új gondolatot ébresztett az amerikai tudósokban. Dwight D. Eisenhower elnök bejelentette, hogy az USA 1957 és 1958 között a Vanguard-program keretében egy műholdat fog juttatni a világűrbe. Ekkor már a CIA tudott a szovjet ballisztikus fegyverek fejlettségéről, de semmi jel nem utalt arra, hogy azokkal lenne a kozmoszt megcélzó bármilyen tervük. 1957. október 4-én azonban ők állították földkörüli pályára a világ első műholdját a Szputnyik 1-et. A gömb alakú űreszköz antennáiból egyszerű rádiójeleket bocsátott ki, miközben 98 percenként kerülte meg a földet. Ezzel a világ tudtára adták, hogy atomfegyvereikkel képesek elérni a bolygó bármely pontját. Amerika válaszul 1957. decemberében indította volna el a Vanguard-ot, de az az indítóállványra visszazuhanva felrobbant. 1957. november 3-án Lajka kutya űrrepülésével a szovjetek bizonyították, hogy az

[1] CIA- Central Intelligence Agency- Központi Hírszerző Ügynökség

életkörülmények fenntartására képes űreszközt is létre tudnak hozni. Végül az USA 1958. január 31-én jutott fel az űrbe az Expolorer 1 nevű mérőműszereket szállító műholdat, majd ezt követően hozta létre 1958. október 31-én a NASA-t[2]. Ennek célja az volt, hogy a források és szakértelem központosításával a leghatékonyabban szerezzék meg az előnyt az űrversenyben, és hogy elkerüljék a párhuzamos fejlesztésekből adódó hátrányokat [1].



1. ábra Gagarin és a Vosztok-1 űrhajó [3]

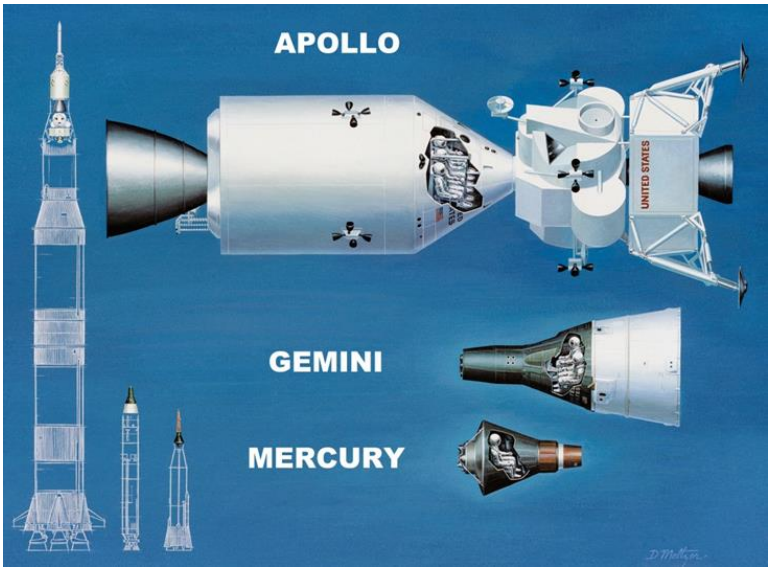
Jurij Gagarin, a szovjet kozmonauta által 1961. április 12-én végrehajtott első sikeres földkörüli pályán történt űrrepülés elkápráztatta az egész világot (1. ábra). Ez az esemény egyben ráébresztette az Amerikai Egyesült Államok vezetőit, köztük John F. Kennedy amerikai elnököt, hogy a hidegháborús ellenfelük tetemes előnnyel rendelkezik a kozmosz meghódításáért folytatott versenyben. 1961. május 5-én Alan Shepard volt az első amerikai, akinek sikerült űrugrást végrehajtania a Mercury-Redstone-3 „Freedom 7”[3] nevű űrhajójának fedélzetén, de ennek mértéke nem vetekedett Gagarin orbitális pályán történt repülésével. Kennedy 1961. május 25-i kongresszusi beszédében jelentette be, hogy az USA az évtized végéig embert szándékozik juttatni a Hold felszínére, ezzel helyreállítva a nemzet büszkeségét és előnyét az űrversenyben. A beszéde így szólt: „*Úgy döntöttünk, hogy eljutunk a Holdra. A Holdra szállunk még ebben az évtizedben, azután továbblépünk. Nem a dolgok könnyebb végét fogjuk meg, hanem a nehezebbet*” [1][4].

A NASA első lépése az űr felé az 1958. október 7-én kezdődő Mercury-program volt. A fő céljuk, hogy embert juttassanak a világűrbe a szovjetek előtt, de Jurij Gagarin repülése és John F. Kennedy bejelentése után ez tapasztalatgyűjtésre módosult a későbbi Apollo-program számára. A huszonhat tesztrepülés során hat alkalommal vittek embert a fedélzeten a McDonnell Repülőgépgyár által létrehozott Mercury kapszulák. Az első húsz pályára állítás vagy üresen, vagy állattal a fedélzeten történt. Az űrugrásokhoz a NASA a fentebb említett Redstone hordozórakéta módosított változatát használta, a földkörüli pálya eléréséhez pedig az erősebb Atlas rakétát. A Mercury-Atlas-6 „Friendship 7” fedélzetén John Glenn volt az első amerikai asztronauta, akinek sikerült orbitális pályára állnia 1962. február 20-án. A program utolsó repülését 1963. május 15-én Gordon Cooper hajtotta végre a Mercury-Atlas-9 „Faith 7” fedélzetén [1][4].

[2] NASA – National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal

[3] A Mercury űrhajók elnevezése: Program-Hordozórakéta-Sorszám „A kapszula pilótától kapott neve”

A Gemini-program 1961. december 7-én kezdődött. A cél tapasztalatgyűjtés volt a párhuzamosan folyó, és a Holdat megcélzó Apollo-program (2. ábra) számára az űrben elvégzendő bonyolultabb műveletekről. A McDonnell Repülőgépgyár a Mercury űrhajók tapasztalatai alapján fejlesztette ki a két személyes Gemini kapszulát. Az orbitális pálya eléréséhez a Titan II interkontinentális hordozórakéta módosított változatát használták. A program elsőként az űrséták lebonyolításával kísérletezett, melynek során az asztronauták az űr vákuumában hajtanak végre műveleteket az űrhajón kívül. A Szovjetunió tartotta az előnyét az űrversenyben, mivel 1965. március 18-án Alekszej Leonov már végrehajtotta egy ilyen a feladatot, melynek során 12 percet töltött a világűrben elhagyva Voszhod-2 űrhajóját. A NASA a Gemini 4 küldetésén végezte el első űrsétáját, hogy a szovjetek diktálta tempót tarthassa. Az 1965. június 3. kezdődő 4 napos küldetés során James McDivitt parancsnok és Edward White pilóta tartózkodott a kétszemélyes űrhajó fedélzetén. Az utóbbi hajtotta végre az első amerikai űrsétát a repülés első napján, továbbá ő volt az Apollo 1 személyzetének egyik tagja, aki a baleset során az életét vesztette. Második lépésként egy sikeres űrrandevú lebonyolítása volt a program célja, melynek során két űrjármű irányítottan találkozik a világűrben. Több kudarcba fulladt próbálkozás után 1965. december 15-én a Gemini 6 sikeresen megközelítette a Gemini 7 űrhajót, végrehajtva a világ első irányított űrrandevúját. Ezzel az USA utolérte és megelőzte a Szovjetuniót a versenyben. Tizenkettő Gemini űrhajót juttattak az űrbe, amiből tíz fedélzetén repült ember. Az űrsétákról és az űrrandevúkról szerzett tapasztalatok nagyban hozzájárultak az Apollo-program sikeréhez [1][4], mely John F. Kennedy bejelentését követően 1961-ben kezdődött, és a Holdról hazatérő Apollo 17 1972. december 17-én történt sikeres visszatérésével zárult.



2. ábra A Mercury, Gemini, Apollo konstrukciója[4] [5]

Az űrhajó építésével egyszerre több beszállító céget bíztak meg. A NASA célja az volt, hogy biztonságosan embert juttasson a Hold felszínére, és onnan vissza a Földre. Elsőként az Apollo 11 leszállóegységének sikerült ez a manőver 1969. július 20-án. Neil Armstrong lépett ki elsőként a Sas elnevezésű kompból, és ekkor hangoztak el híressé vált szavai: „*Kis lépés ez egy embernek, de óriási ugrás az emberiségnek*” [6]. A küldetések során tizenhét Apollo űrhajót juttattak a világűrbe.

[4] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

Ebből hatnak sikerült végül landolni a Holdra, és onnan biztonságosan hazatérnie. Tizenkét amerikai asztronauta léphetett az idegen égitest felszínére, akik felbecsülhetetlen értékű kőzetmintákkal és mérési eredményekkel tértek vissza, ezekkel segítve a tudomány fejlődését.

A program egy tragédiával kezdődött, melynek során az indítóállvány mellett álló Apollo 1 űrhajón végrehajtott tesztek során a parancsnoki modulban tűz ütött ki, ami a három űrhajós életét követelte. A későbbi repülések során a feltárt hibákat kijavították, de így is következtek be nem tervezett események. Közülük a legsúlyosabb az Apollo 13 balesete, melynek során egy hibás tekercselés miatt került veszélybe a legénység élete. Az űrrepülések során a pilóták életének védelme a legfontosabb. Ennek érdekében a NASA mindent meg is tett, de ezek az űrutazások többnyire kísérleti repüléseknek voltak tekinthetők, így előfordulhattak olyan események, amikre a jól képzett szakemberek sem lehettek felkészülve [1][2][4].

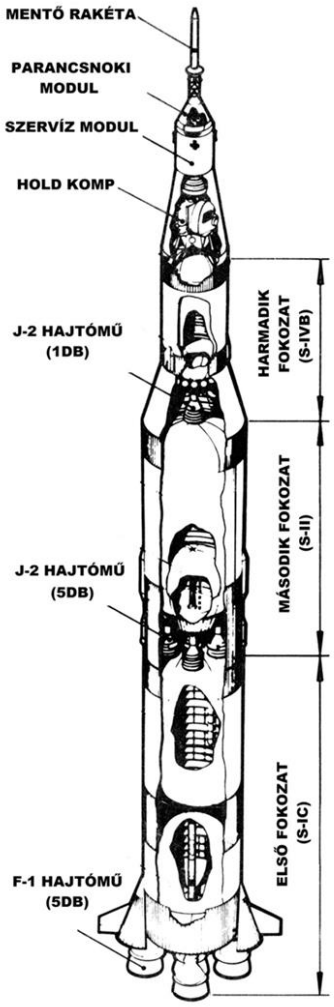
AZ ŰRHAJÓ ÉS HORDOZÓRAKÉTÁJA

Az Apollo űrhajók földkörüli, majd a Holdat célzó pályára állításához a NASA-nak ki kellett fejleszteni egy megfelelően nagy, mégis hatékony hordozóeszközt. Wernher von Braun-t bízták meg a feladattal, aki Kennedy 1961-es beszéde után hozzá is látott a munkához. A korábbi tapasztalatok alapján épült kétfokozatú Saturn I rakéta először 1961. október 27-én emelkedett a levegőbe. Ennek továbbfejlesztése már 1962-ben megkezdődött. A Saturn IB az elődje módosított hajtóműveivel már képes volt az Apollo parancsnoki és szerviz moduljának űrbejuttatására. A kivitelezés elhúzódása, és a fellépő problémák miatt az első felszállásra csak 1966. február 26-án került sor. A Holdat megcélzó Saturn V a rakétacsalád korábbi fokozatainak összeépítéséből született (3. ábra). A 111 m magas hordozórakéta 2 800 000 kg-ot nyomott és három fokozattal 43 500 kg hasznos terhet tudott a Holdra szálláshoz az űrbe juttatni. A rakéta felépítésének részletes megismerésében a Holdséta című könyv [1] és a Gépek a Holdon című sorozat [2] voltak segítségemre. A rakéta tulajdonságainak és repülési karakterisztikájának pontosításához a NASA hivatalos weboldalán található információkra hagyatkoztam [7][8].

Az első S-IC fokozat a korábbi Saturn IB rakéták első fokozatával volt megegyező. 5 db F-1 hajtóműve 34 046 kN tolóerőre volt képes. Működése során 1 311 160 l kerozint és 805 709 l folyékony oxigént égetett el az indítást követő 2,5 percben. Ez idő alatt 61 km-es magasságig jutatta az űreszközt, majd leállása után robbanótöltetekkel vált le az űrhajó többi részétől. A fokozat célja légkör sűrű, alsó légrétegein történő átjutás volt.

A következő S-II fokozat 5 darab J-2 hajtóműve 4 982 kN tolóerőt biztosított a pályára állítás második, 6 perces fázisában. Eközben 1 069 586 l folyékony hidrogént és 325 443 l folyékony oxigént égetett el. Működésének 6 perce alatt az űrhajót 6,84 km/s-es sebesség fölé gyorsította és 185 km-es magasságig emelte. A hajtóművek leállása és az űrhajóról történő leválás után fékezőrakéták indultak be. A lassítás nélkül az elhasznált fokozat ballisztikus pályán elérhette volna Európát, de így az Atlanti óceánba zuhant. A fokozat az elért magassággal túlhaladt az űr 100 km magasan elhelyezkedő hivatalos határán. Ezt az elméleti magasságot Kármán Tódor határozta meg, és az ő tiszteletére Kármán-vonalnak nevezték el. A FAI[5] az e fölött végzett repülést végrehajtókat ismeri el űrhajósként.

[5] FAI – Fédération Aéronautique Internationale- Nemzetközi Repülősport Szövetség

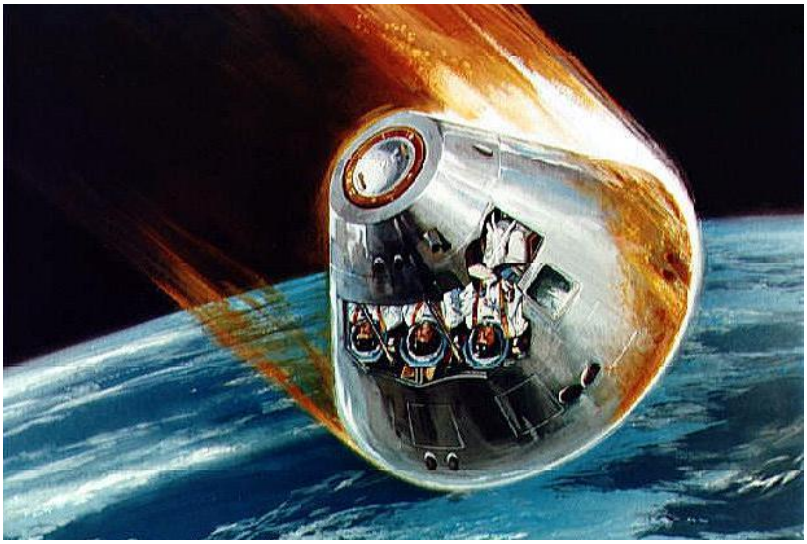


3. ábra A Saturn V rakéta [9]

Az utolsó S-IVB fokozat már csak egy darab J-2 hajtóművet használt. Ennek feladata a 7,91 km/s első kozmikussebesség elérése volt, mellyel az űrhajó stabilizálta a Föld körüli pályáját. A hajtómű konstrukciója lehetővé tette annak újraindítását, és másodszor a Föld-Hold pályára történő átállás során indították be. A kívánt irányváltoztatás után a meghajtás leállt, elengedte a holdkompot, és a parancsnoki és szerviz modult. A feleslegessé vált fokozatot a Hold vagy a Nap felé irányították, és adatok gyűjtésére használták fel annak pusztulásáig. A konstrukciót korábban már a Saturn I rakétákon is használták.

A rakéta tetején kapott helyet az Apollo űrhajó és alatta a holdkomp. A Föld körüli pályát elhagyva levált róluk a védőborítás és az űrkabin elején található mentőrakéta, melynek feladata a parancsnoki modul katapultálhatóságnak, és a hangsebesség feletti optimális áramlási viszonyok biztosítása volt. Ezután 180°-os fordulatot téve csatlakozott az űrhajó a leszálló egységhez, és így folytatták útjukat a Hold felé. Az űrhajó két részből állt. Az elején volt a kúp alakú parancsnoki modul, ahol az asztronauták az indítás és a visszatérés idején tartózkodtak. E mögé a hengeres szerviz modult rögzítették. Ebben a részegységben volt elhelyezve a Hold körüli pályája elhagyásához szükséges hajtómű és hajtóanyag, a kéthetes küldetés során a három asztronautát életben tartó rendszerek és az elektromos ellátást biztosító üzemanyagcellák. Az összekapcsolódás után az erre alkalmas parancsnoki modulból tudott a legénység egy dokkoló

alagúton keresztül átszállni a leszállóegységbe.[6] A holdkomp feladata volt, hogy két asztronautával biztonságosan landoljon a Hold felszínén, majd onnan felszállva és Hold körüli pályára állva űrrandevú során csatlakozni a parancsnoki egységhez. A szervizmodul és a holdkomp üzemanyagául hidrazin és nitrogén-tetroxid szolgált.



3. ábra A légkörbe visszatérő parancsnoki modul [10]

A Hold hatásszféráját elhagyva majd a Föld orbitális pályáját ismét elérve a parancsnoki modul levált az űrhajó többi részéről és megkezdte a visszatérést. A magukra hagyott részegységek a Föld légkörébe érve elégtek. Visszatéréskor a légkör súrlódásából adódó magas hőmérséklet (4. ábra) veszélyeztette az űrhajó szerkezeti szilárdságát, ezért az Apollo parancsnoki moduljait hővédőpajzzsal borították. A fenolgyantából készült pajzs szublimációja során hőt vont el, így akadályozta az űrkabin túlmelegedését. A sűrűbb légrétegeket elérve érve stabilizáló és fékező ernyők lassították tovább az űrkabint. A vízreszállást követően az Amerikai Haditengerészet egyik kijelölt repülőgép-hordozójának fedélzetére emelték az asztronautákat és a parancsnoki egységet.

Az előrehaladott rakétafejlesztések korlátozták a mérnökök tervezési szabadságát. A már meglévő hajtóművek és fokozatok teljesítménye meghatározta a Saturn V rakéta által hordozható maximális terhet. Emiatt a mérnökök az Apollo űrhajó kialakításánál a tömegtakarékos megoldásokat preferálták.

AZ ŰRHAJÓSOK ÉS A BALESET RÖVID BEMUTATÁSA

Az űrhajósok

A három asztronauta (5. ábra), aki a baleset során életét vesztette, hatalmas repülési tapasztalattal és műszaki tudással rendelkezett. A kimagasló képességeik alapján válogatták be őket az amerikai űrprogramba. Az első legénység, amely az új Apollo űrhajót tesztelhette, úgy lett kiválasztva, hogy az asztronauta képzés mind három fázisából kerüljön egy pilóta a kabinba. A veterán űrhajósok így átadhatták tapasztalataikat a frissen kiképzett Apollo kadétoknak.

[6] Az Apollo 9 előtti parancsnoki modulokon még nem volt kialakítva dokkoló gyűrű, mivel azok még nem vittek magukkal holdkompot.

4. ábra Az Apollo 1 személyzete: Ed White, „Gus” Grissom, Roger Chaffee [14]

A Virgil Ivan „Gus” Grissom 1923. április 3-án született Mitchellben, Indiana államban. 1944-ben lett a légierő pilótája, majd a koreai háború során F-86 Sabre vadászrepülőgépen több mint 100 bevetésen vett részt. 1956-ban szerzett tesztpilótai jogosítást az Edwards Légibázison. A következő évben a Wright-Patterson támaszponton kezdte meg tesztpilóta szolgálatát. 1958-ban választották be a Mercury-program űrhajósai közé. Ő volt a második amerikai, akinek sikerült szuborbitális pályára állnia a Mercury-Redstone-4 „Liberty Bell 7” fedélzetén. Később ő volt a parancsnoka a Gemini-3 repülésének, és a Gemini-6 tartalékparancsnokaként számított rá a NASA [11].

Edward Higgins White, II 1930. november 14-én San Antonio-ban született. 1952-ben végzett a West Point Akadémiáján, majd repülőmérnöki diplomát szerzett. A légierőnél pilótaként szolgált a Német Szövetségi Köztársaság területén F-86 és F-100 típusú repülőgépeken. 1959-ben végezte el a tesztpilóta képzést az Edwards Légibázison, később a Wright-Patterson támaszponton teljesített szolgálatot. 1962-ben beválogatták a Gemini-program űrhajósai közé, és a Gemini 4 fedélzetén ő hajtotta végre a NASA első űrsétáját [12].

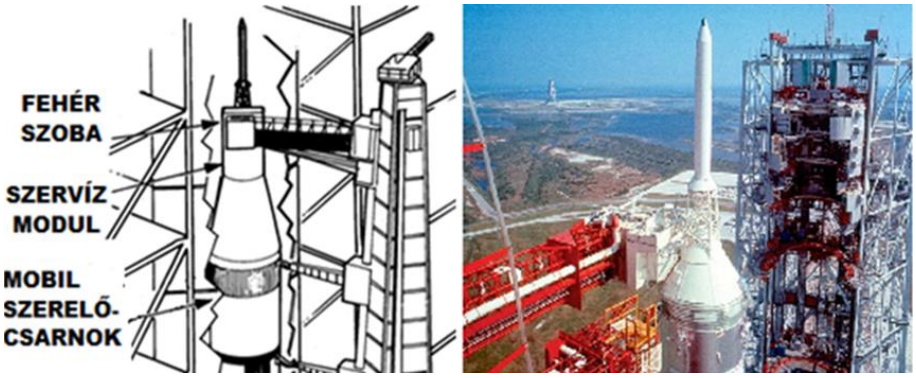
Roger Bruce Chaffee 1935. február 15-én született Grand Rapids-ban. A Purdue Egyetemen szerzett repülőmérnöki diplomát, majd 1957-ben az Egyesült Államok Haditengerészetének tisztje lett. RA-3 Skywarrior felderítőgépen szolgált, majd a kubai rakétaválság idején végrehajtott felderítő repülései, és az itt készített felvételek bizonyították kiváló képességeit. 1963. 10. 17-én választotta ki a NASA az Apollo-programba [13].

A baleset

A baleset egy tesztsorozat alatt következett be. 1967. január 27-én a NASA repülésirányítói, mérnökei és technikusai dolgoztak a NASA John F. Kennedy Űrközpontjának 34-es indítóállásán (6. ábra).

A vizsgálat rutineljárásnak számított a korábbi űrprogramok alapján. A plombás-próba célja az volt, hogy ellenőrizzék a már beszerelt rendszereket az indítás előtti időszakot szimulálva, amikor az űrhajó és az állvány között megszűnik minden közvetlen összeköttetés. A három asztronauta az ebédet követően elkezdett beöltözni az űrruhájába. Helyi idő szerint tizenhárom óra után értek az indítóállványhoz, ahol egyből be is fektették őket az üléseikbe. A parancsnoki modul lezárása után megkezdődött a kabin és az űrruhák feltöltése tiszta oxigénnel. Ez a lépés

azért volt fontos, mert a világűrben is ilyen környezetben kellett mindennek működnie. Az előzetes jelentésekből már kiderült, hogy a hajó 88 alrendszere még nem működött teljesen hibátlanul, ennek ellenére belekezdtek a kísérletsorozatba. Az űrhajósok sikeresen végigmentek az ellenőrző listán, és várták a szimulált visszaszámlálás megkezdését. Ekkor jelentkeztek az első problémák. A kommunikációs rendszerben fellépett hiba miatt akadozott a vétel a torony és parancsnoki modul között, de a hajó többi rendszere a műszerek szerint hibátlanul működött. A NASA emberei nehezen találták meg a hiba okait, ezért a kísérletek elhúzódtak. A technikusok óránként váltották egymást, hogy folyamatosan kipihent állapotú szakemberek foglalkozhassanak a felmerülő problémákkal, de az űrhajósoknak erre nem volt lehetőségük. Nekik az üléseikbe szíjazva kellett feküdniük a tesztek végéig [1][4].



5. ábra Az Apollo indítóállása és a mobil szerelőcsarnok[7] [16]

Helyi idő szerint 18:30-kor „Gus” Grissom gúnyosan meg is jegyezte: „*Hogyan akarunk a Holdra menni, ha két vagy három épület között sem tudunk kommunikálni?!*”[8] Ekkor még a műszerek normális paramétereket mutattak. Közben már úton voltak a technikusok a 34-es torony teteje felé, akiknek a teszt befejezése utáni teendőket kellett volna ellátniuk [1][4].

18:31-kor a rádión újra Grissom hangja hallatszott. Kétségbeesetten kiáltotta: „*Tűz van idebenn!*”[9] Ekkor észlelte a legénység először a tüzet. A kabin belsejében elkezdett nőni a hőmérséklet és a nyomás. A torony karján álló két szakember döbbenten vette észre az égett szagot és a lángokat a kabin belsejéből. Rögtön segítségért kiáltottak. A kétségbe esett Roger Chaffee rádiózása hallatszott: „*Hatalmas tűz a kabinban*”[10] Az űrhajó rázkódott a személyzet mozgásától. Vészesen ingadozott a kabin és az űrruhák oxigénellátása. Roger Chaffee ekkor rádiózott utoljára: „*Égünk, vigyetek ki minket!*”[11] Ezután a rádió összeköttetés megszakadt [1][15].

A kabint körülvevő szerelőcsarnokban tartózkodó szakemberek a tűz észlelése után rögtön riasztották a repülésirányítást, és megkezdték a pilóták mentését. A parancsnoki modul külsejét is elborító tűz és füst ellen a fehérszobából[12] tudtak kézi oltókészülékeket és gázálarcokat magukhoz venni. A lángok és az égéstermékek a mentést végzőkre is veszélyt jelentettek. Rövid időközönként el kellett hagyniuk a mentés területét, hogy friss levegőhöz jussanak. A kabin

[7] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.
[8] Idézet: [1], 140 p.
[9] Idézet: [1], 140 p.
[10] Idézet: [15], 50 p.
[11] Idézet: [15], 50 p.
[12] Fehérszoba: A kilövőállás felső rámpája végén lévő helyiség, amelyből a legénység beszállását felügyelik.

külső burkolatának eltávolítása és az ajtók külső nyitása a riasztás után körülbelül öt és fél perccel sikerült. Az érkező további technikusok, mentők és tűzoltók ekkor már semmit sem tehettek. Az orvosok megállapították a pilóták halálának beálltát [1][4].

ÉGÉSELMÉLET

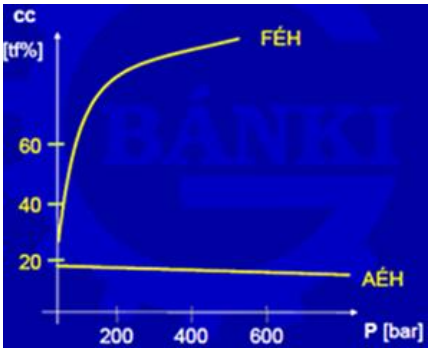
A tűzeset vizsgálatához elengedhetetlen az Apollo 1 kabinjában kialakuló speciális viszonyok égéselméleti hátterének ismerete. Az égés alapfeltétele, hogy az éghető anyag, az oxidálószer és a gyújtóforrás térben és időben egy helyen legyenek. A továbbiakban éghető anyagként a műanyagokat, gyújtóforrásként az elektromos szikrákat és ívet vizsgálom, valamint a tiszta oxigénes légkör és a turbulencia égésre gyakorolt hatásait elemzem.

Az égés definíciója

Az égés definícióját a tudomány fejlődése során különböző módok és elvek alapján fogalmazták meg. A tűz- és robbanásvédelem szempontjából az égés leírását legpontosabban annak károsító hatásai szerint érdemes meghatározni: „*Az égés a tüzelőanyag és oxidálószer kölcsönhatásának hőfelszabadulással és fényjelenséggel együtt járó összetett fizikai-kémiai folyamata*” [17][18]. ISO szabvány szerit a gyorségés tulajdonságai alapján: „*Olyan égés, amely térben és időben szabályozatlanul terjed*” [19] Az égés és robbanás során hasonló kémiai és fizikai folyamatok zajlanak le, de különbözőségeik alapján érdemes külön kezelni ezeket a jelenségeket. Az égés lángterjedése 1 m/s alá tehető, míg a robbanás ezt minden esetben meghaladja. Hozzá kell tenni, hogy a robbanások lejátszódhatnak kémiai folyamatok nélkül, csupán fizikai jelenségként is [17].

A gyulladás

A gyulladás az égés folyamatának első tapasztalható jelensége. A szilárd anyagok így a műanyagok égése során egyszerre jelentkezik homogén és heterogén égés. A gyulladás legtöbbször homogén gáz állapotban következik be. Lánggal történő égés esetén tehát a műanyag felmelegedéséből származó bomlásgázok és égést tápláló gázok keveréke gyullad meg, de csak egy meghatározott intervallumban, melynek kezdeti és végpontja az alsó és felső gyulladási koncentrációhatár. Az ezt befolyásoló tényezők közé tartozik a keverék kezdeti nyomása és hőmérséklete, a gyújtóforrás teljesítménye és inert gázok hozzáadása. A nyomás vagy a hőmérséklet emelkedése a gyulladási koncentrációhatárt kiszélesítheti (7. ábra) [17][20].



6. ábra A nyomás hatása a gyulladási koncentrációhatárra[13] [21]

[13] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

A gyulladás kétféleképpen következhet be. Öngyulladásnak nevezzük, ha egy éghető rendszerben lejátszódó hőtermelő folyamat miatt következik be gyulladás. Kényszergyulladáskor pedg az éghető rendszer külső hőhatására kap lángra. Az anyagok meggyulladási hajlandóságát az ahhoz szükséges legkisebb hőmérséklet, az un. gyulladáspont jellemezi [20].

Az égés fennmaradása

Az égés fennmaradása és kiterjedése abban az esetben lehetséges, ha az abból származó energia egy részét képes a még nem égő anyagrészekbe visszatáplálni, és így meggyújtani azt. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a meggyulladás után az anyag akkor is tovább ég, ha a gyújtóforrást eltávolítjuk. Továbbterjedéséről pedig akkor beszélhetünk, ha az anyag azon része is elég, melyet a gyújtóforrás nem melegített előzőleg fel. A lángterjedés sebességét az égéstermékek kezdeti hőmérséklete növelheti. A fennmaradáshoz éghető anyag, elegendő oxigén és megfelelő hőmennyiség szükséges. Utóbbi helyett gyakorlatban az égéshőmérséklet mérhető. A rendelkezésre álló oxigén mennyiségét pedig az anyagot körülvevő légkör határozza meg [17][20].

Kialvás és oltás

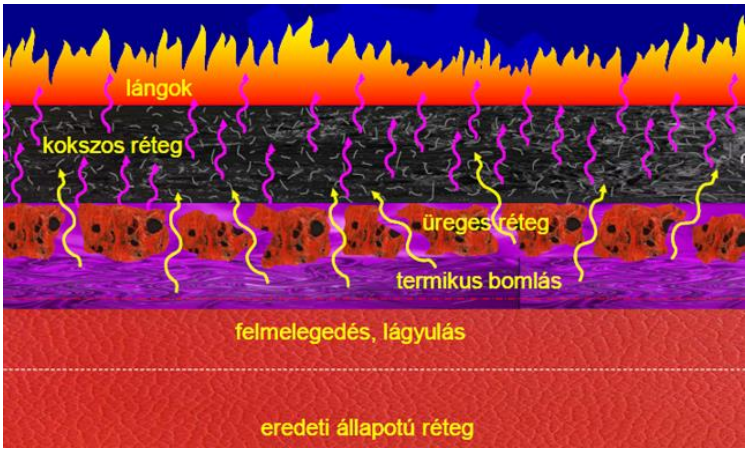
A kialvás fázisában a fennmaradásához szükséges tényezőkből egyre kevesebb fog az égés rendelkezésére állni. Oltáskor az égés alapfeltételei közül legalább egyet meg kell szüntetni.

Elektromos szikra és ív, mint gyújtóforrás

A elektromos szikra és ív a legtöbb esetben villamos készülékek és eszközök meghibásodásakor, vagy ritkább esetben azok üzemszerű működésénél jelentkezik. Ezen kívül létrejöhetnek természetes módon is, például villám vagy statikus kisülés hatására. Gyújtóforrásként alapvetően kétféleképpen viselkedhet. Villamos ív és szikra képződésével, valamint a melegedő készülék falának érintkezésével [20].

Műanyagok égése

A műanyagok égése során azok rétegeiben egyszerre jelennek meg az égés különböző szakaszai (8. ábra).



7. ábra A műanyagok égésének rétegei[14] [22]

[14] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

A legalsó réteget még nem éri olyan mértékű hőhatás, hogy abban az égés szempontjából meghatározó változás jöhessen létre, ezért ez a kezdeti anyaggal megegyezőnek tekinthető. A felette elterülő rétegben megkezdődnek a fizikai változások, mint a felmelegedés és a lágyulás. A következő a termikus bomlás zónája, amely közvetlen kapcsolatban áll a rajta elterülő durva üreges résszel. Ezekben a pórusokban gyűlnek össze bomlástermékek és a felettük lévő finom porózus, kokszos rétegen keresztül haladva és azzal reagálva jutnak az égő felületre. Ez a felső zóna a szilárd maradékból áll. A kokszosodás mértéke nagyban függ az égés körülményeitől, mint például a rendelkezésre álló oxigén mennyisége és a felmelegedés sebessége. A műanyagok égése során többnyire egyszerre figyelhető meg a szilárd fázisú parázslás és a gáz fázisú lánggal égés [17][20].

A hagyományos műanyagok hőállósága és éghetősége elkülönül egymástól. A vizsgálati hőmérséklet az előbbinél 60–250 °C közé, míg utóbbinál 250 °C fölé tehető. A hőálló műanyagoknál ez a két érték nem különböztethető meg. Ezeknél a vizsgálatoknál a hőmérséklet a normál műanyagokhoz képest többszörös is lehet. A teszt során az anyag tömegének és mechanikai tulajdonságainak változását figyelik [17].

A műanyagok égése során felszabaduló mérgező gázok

A műanyagok égésének egyik legveszélyesebb járulékos jelensége a hőbomlásból származó füstképződés. „A füst szerves anyagok égésekor lejátszódó kémiai és fizikai folyamatok eredményeképpen keletkező gázok, folyékony és szilárd részecskék levegővel alkotott elegye.” [15] Ezek az égéstermékek leronthatják a látási viszonyokat, ezzel akadályozva a menekülést és mentést. A bennük megtalálható még éghető anyagok okozhatnak további tűz és robbanásveszélyt. A tűzesetek többségében az áldozatokkal nem a közvetlen tűzzel való érintkezés végez, hanem a füstmérgezés [17].

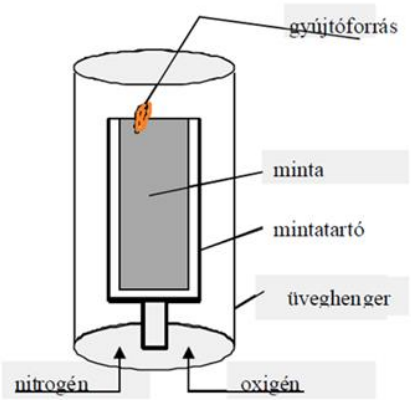
A műanyagok égése során a bennük található szén (C) és hidrogén (H), bizonyos fajtáinál klór (Cl), bróm (Br), kén (S) és nitrogén (N), oxigénnel (O) és egymással egyesült részecskéi szabadulnak fel. A szén elégésekor oxigén dús környezetben szén-dioxid (CO_2) keletkezik. Ez az anyag nem közvetlenül mérgező, viszont növeli a légzésszámot, ami miatt más mérgező anyagok belélegzésének intenzitása nőhet. A 10% fölé növekedett szén-dioxid szint hipoxiához vezethet. Tökéletlen égés során szén-monoxid (CO) keletkezik. Ez az anyag gátolja a vér oxigénfelvételét, így oxigénhiányos állapotot és fulladást okozhat. A kén-dioxid (SO_2) nagy koncentrációban bőrirritáló hatású, és károsíthatja a légutakat. A hidrogén-cianid (HCN) az egyik legerősebben mérgező hatású anyag, amely műanyagok égése során felszabadulhat. Megjelenése felgyorsíthatja a légzésszámot, és így a mérgezés bekövetkeztét. Idegbénító és sejtlégzést gátló hatása miatt, megakadályozhatja a tüdőt az oxigénfelvételben. Belégzése zavartságot, fejfájást, hányingert, görcsöket, eszméletvesztést és végül halált okoz. Hidrogén-klorid (HCL) és –bromid (HBr) a légutakat irritálja, nagyobb mennyiségben megbéníthatja a légzőrendszert [17].

Oxigénindex

Az oxigénindex mérése az anyag tulajdonságát jellemző olyan módszer, amely annak éghetőségét a légköritől eltérő atmoszférában vizsgálja. Elsősorban a szabadlevegőn rosszul éghető műanyagok mérhetőségére fejlesztették ki. Az oxigénindex azaz LOI[16] azt a minimális oxigén

[15] Idézet: [17], 241p.
[16] LOI – Limited Oxigen Index

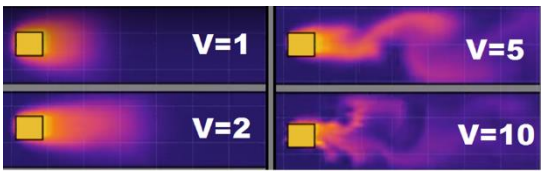
arányt mutatja meg egy nitrogén-oxigén atmoszférában, ahol a vizsgált anyag minimum 3 percig ég, vagy legalább 5 cm hosszon elég. A meghatározás módszerét az MSZ 10200-1989, ISO 4589 és ASTM 2863 szabványok írják le. A vizsgálat egy hőálló üvegből készült edényben történik (9. ábra). Az edény alján szabályozható módon történik a nitrogén és oxigén adagolása. Az elegy elkeveredését az edénybe töltött gázelosztó töltet biztosítja, amire helyezhető rácsos talpú tartóba helyezik a próbatestet, majd gázégővel meggyújtják. Fóliák és textíliák vizsgálatához speciális keret alkalmazható. A megemelkedett oxigénszint növeli az anyagok gyúlékonyságát, valamint javítja az égés minőségét [23].



8. ábra LOI vizsgálat berendezései [23]

A gázok turbulens áramlásának hatásai az égésre

A folyadékok és gázok részecskéinek mozgásától függően két féle áramlás alakulhat ki. Lamináris áramlás során a közeg végtelen számú rétegre oszlik, melyeknek mozgása rendezett, és iránya az áramlással párhuzamos. Turbulens áramlás során ezeknek a rétegeknek az áramvonala rendezetlenné és örvénylővé válik. A kétfajta áramlás jellege a Reynolds-számmal határozható meg. Ez egy viszonyszám, amely zárt térben áramló közeg esetén a vizsgált cső átmérőjének, a közeg sűrűségének és sebességének szorzatával egyenesen arányos, valamint annak viszkozitásával fordítottan arányos. Jelölése Re. Amennyiben a lángok körül kialakuló áramlásokat vesszük figyelembe és Re < 1100, akkor az áramlás jellege laminárís, amennyiben Re > 2300, akkor az áramlás turbulens (10. ábra) [20].

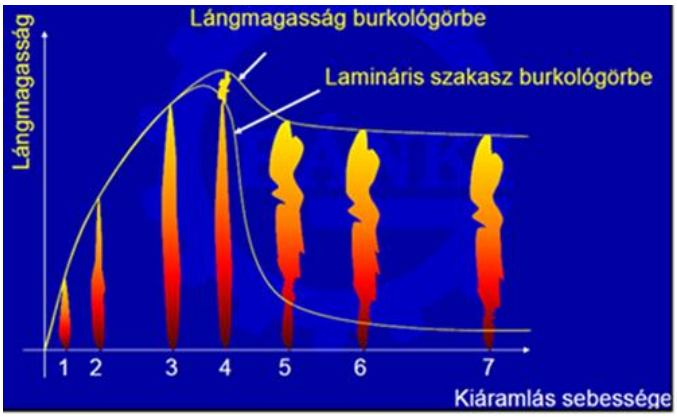


9. ábra A turbulencia kialakulása a sebesség függvényében[17] [24]

Lánggal égéskor az oxigén reakciózónába áramlásának két fajtája különbözethető meg. *Kinetikai*, vagyis kevert égés esetén, az éghető és az égést tápláló gázok tökéletesen elkeverednek a gyulladást megelőzően. Ez legtöbbször robbanásoknál figyelhető meg. *Diffúziós égéskor* e a feltételek nem teljesülnek, az éghető anyag gázait és gőzeit az oxigéntartalmú légkör veszi körbe. Ilyenkor a gyulladást követően az oxigén utánpótlás ellenáramlásban történik az égés

[17] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

fennmaradásához a felszabaduló égéstermékekkel szemben. Ez a folyamat végbemehet laminárisan, a réteges diffúziós láng esetében és turbulens módon, az örvénylő diffúziós lángok kialakulásakor. A Reynolds-számot befolyásoló tényezőkből látható, hogy egy adott anyag meghatározott légkörben történő égése során a diffúz láng jellegét és annak magasságát az áramló gázok sebessége fogja meghatározni [20].



10. ábra A lángmagasság változása különböző áramlási viszonyok között[18] [25]

AZ APOLLO 1 BALESETÉNEK VIZSGÁLATA

A plombás próba bevett eljárásnak számított az űrhajók tesztjei során. Korábban alkalmazták azt a Mercury és Gemini-programban is. A tesztek során a visszaszámlálás közbeni állapotokat szimulálták. A hermetikusan lezárt kabinban kialakult tűzeset, és a bent lévő űrhajósok halála megdöbbentette a közvéleményt. A berepülések során a tesztpilótákkal ebben az időben aránylag gyakran előfordultak balesetek. Viszont a földi tesztek során bekövetkező tragédia korábban elképzelhetetlen volt a holdprogramban résztvevő szakemberek számára. A baleset elemzése során főként a Holdséta [1] című könyvre hagyatkoztam, és a NASA weboldalán megtalálható vizsgálati anyagokat [26] dolgoztam fel.

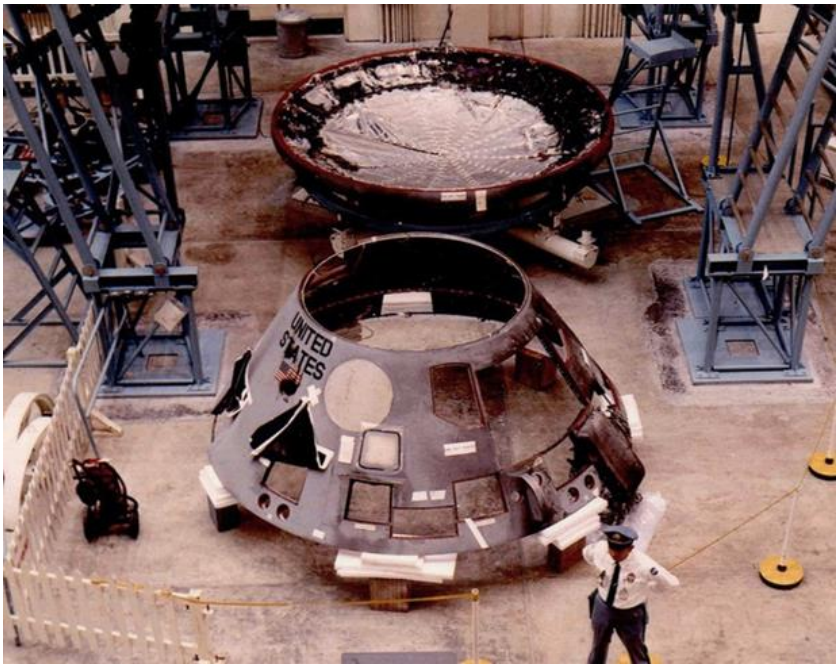
A NASA belső vizsgálata

A tesztsorozat megkezdésekor a szervizmodul és a hordozórakéta nem voltak feltöltve üzemanyaggal, mivel azokat csak a indítást megelőző órákban tankolták fel. A Grumman Aircraft által gyártott holdkomp ekkor még nem készült el, így az nem volt a hordozórakétán. Tehát a fedélzeten ekkor nem voltak üzemanyag, így az legalább nem is súlyosbíthatta a baleset kimenetelét.

A vizsgálatokhoz a kiégett modult a NASA John F. Kennedy Űrközpontjának egyik hangárjába szállították és ott a NASA mérnökei, asztronautái és a gyártó North American Aviaton szakemberei szétszerelték azt (12. ábra). A kiszerelt alkatrészeket egyesével műanyag tasakokba helyezték és lefényképezték, közel 5000 kép készült a vizsgálat során. Ekkor találtak a gyártótól származó csőkulcsot az egyik oldalsó rekeszben, amely hónapok óta ott hevert. Ebből a tényből kikövetkeztethető, hogy a NASA által szabott szűk határidők miatt az ellenőrzések szigorúsága nem mindig érte el az elvárt szintet. A North American emiatt gyakran keveredett nézeteltérésbe a NASA-val, mert többször előfordult, hogy az előírásokat és határidőket a gyártás közben

[18] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

módosította a megrendelő. Az űrhajósok többször jelezték, hogy az igényeiket nem minden esetben voltak hajlandóak megvalósítani [4].



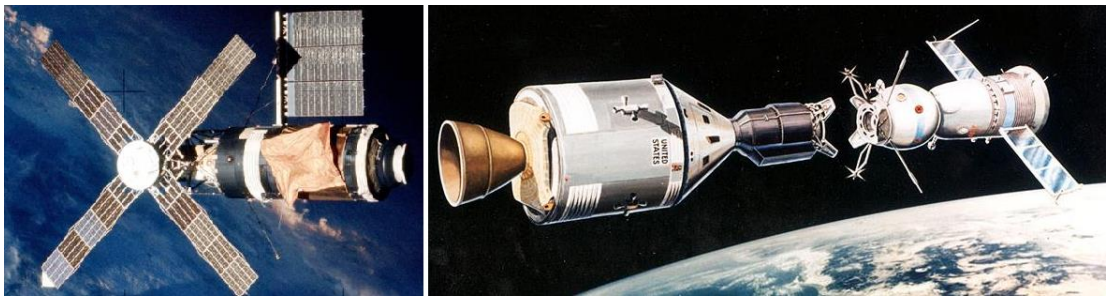
11. ábra A szétszerelt kabin [27]

A kabin levegőellátása

A holdprogram űrhajóit a NASA úgy tervezte, hogy azok küldetéseik során tiszta oxigén biztosítsa az asztronauták számára a légzést. Az űrruhák légzőpalackjait is ugyanezzel töltötték fel a felszállás és az űrhajók elhagyása idején történő használatra. A NASA praktikusan azért választotta ezt a megoldást, – ismerve fokozott tűzveszélyességét is – mivel levegő összetevőiből (21% oxigén, 78% nitrogén és 1% egyéb gázok) a létfenntartáshoz csak az oxigén szükséges. Ráadásul így elég a földfelszini14.8 psi[19] légköri nyomás helyett annak csak parciális oxigén összetevőjét, 5 psi-t nyomás biztosítani. E megoldással számottevő szerkezeti tömegcsökkenés volt elérhető, mivel az űrhajónak nem kellett magával vinnie felesleges gázokat. Elegendő volt egy kisebb szerkezet alkalmazása, amely kiszűrte az űrhajósok által kilélegzett szén-dioxidot és vízpárát. A kisebb belső nyomás miatt elegendő volt vékonyabb fülke-falvastagság alkalmazása is. Így tehát nőtt a hordozórakéta által szállítható hasznos teher. Másik előnye a tiszta oxigénes környezetnek, hogy nyomáscsökkenés esetén nem kellett tartani a keszonbetegség veszélyeitől. Nitrogénes légkör alkalmazása során külön nyomáskiegyenlítő kamrát kellett volna létrehozni az űrhajó és a holdkomp fedélzetén. A Holdra lépés előtt hosszú időt vett volna igénybe a vérben oldott nitrogén eltávolítása. A tűzveszély elkerülése érdekében a nyomás alatt lévő kabinokban a NASA megrendelésére kevésbé tűzveszélyes anyagokat alkalmaztak a beszállítók, és betartották a gyújtóforrásoktól való biztonsági távolságot. A szovjet mérnökök a kezdetektől fogva, a NASA az Apolloprogram végétől kezdte a földihez hasonló légkör alkalmazását az űreszközökön. Az 1973-ban kezdődő Skylab-program, és az 1975-ben megvalósult Szojuz-Apollo küldetés lebonyolításához a NASA a korábban leállított holdprogramból megmaradt öt Apollo űrhajót alkalmazta a

[19] 1 bar = 760 Hgmm = 29,92 Hginch = 101325 Pa ≈ 14 psi (psi – Pounds per square inch – font per négyzethüvelyk)

repülésekhez.[20] Mindkét esetben el kellett hárítani a belső nyomáskülönbségből és a nitrogén jelenlétéből származó problémákat. A Skylab-nál ezt a fedélzeten kialakított nyomáskiegyenlítő kamrával, míg a Szojuz-19 esetében a holdkomp helyén szállított zsilipkamraként is szolgáló dokkoló modullal oldották meg (13. ábra).[21] A NASA az űrsiklói és a Nemzetközi Űrállomás amerikai moduljainak tervezésekor már eleve a földivel megegyező légkörrel számolt [15].

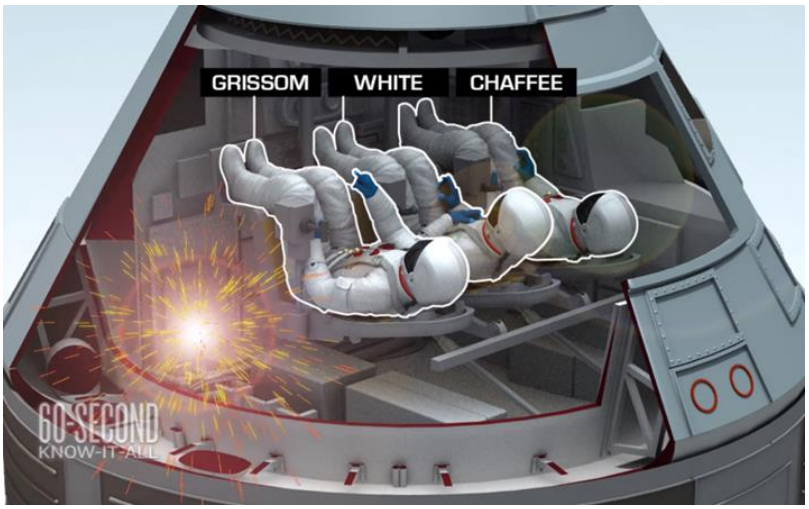


12. ábra A Skylab és a Szojuz-Apollo küldetés[22] [28]

Az űr vákuumában tehát 5 psi nyomású tiszta oxigén terheli az Apollo parancsnoki moduljának belső falát. A kísérletek viszont tengerszintnek megfelelő 14,8 psi nyomáson történtek. Ahhoz, hogy a külső és belső nyomáskülönbséget szimulálni tudják, a NASA szakemberei 17 psi-re növelték az oxigénnyomást a parancsnoki modulban, ami így az abban elhelyezett anyagok gyulladási hajlandóságát tovább növelte.

„A tűz”[23]

A tűz az űrkabin bal oldalán keletkezett. Az itt található külső szerelőnyílás mögött egy kábelköteg volt, aminek ajtaját tesztek során többször kinyitották és becsukták. Feltehetően ekkor sérült meg az egyik kábel teflon szigetelése. Ez viszont teljes bizonyossággal nem megállapítható. Következtetni abból lehet erre, hogy a tűz itt okozta a legnagyobb sérülést a kabinban, tehát feltehetően itt állt fenn a legtovább. A megsérült kábel szikrája, vagy elektromos íve lehetett a gyújtóforrás.



[20] 3 Apollo űrhajót a Skylab programhoz használtak fel, 1-et 5 személyes mentőhajóvá alakítottak át, 1-et a Szojuz-Apollo küldetéshez használtak fel.

[21] A tervezésénél meg kellett oldani, hogy a modul mindkét fajtájú Szojuz kabin ajtajával kompatibilis legyen.

[22] Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán.

[23] A NASA-nál egy ideig nagybetűvel emlegették az esetet. „The Fire” [1]

13. ábra A gyújtóforrás és a pilóták elhelyezkedése a kabinban [29]

Helyi idő szerint *18 óra 31 perc 12 másodperckor* jelentek meg az első lángok a baloldalon, Grissom lábánál. A parancsnoki modul műszerei szerint ekkor még a tűz nem volt túl intenzív, de a belső nyomás és a hőmérséklet lassú emelkedett. A gyújtóforrás közelében kevés éghető anyag volt, így a lángok kezdetben lassan fejlődtek, illetve emelkedtek és a kabin fala mentén. Amint a legénység észlelte a tüzet, megkezdte a vészelhagyási folyamatot. Grissom parancsnok feladata volt ilyenkor a baloldalon található külső nyomáskiegyenlítő kapcsoló működésbe hozása, ám ekkora azt már lángok borították. Számítások szerint a nyomáskiegyenlítéssel is csak másodperceket nyerhettek volna, mivel a szellőzés mértéke jóval a belső nyomásfejlődés alatt volt. Az elhagyási folyamat részeként White felkelt a középső üléséből és megkezdte a belső ajtó nyitását. Ez az ajtó befelé nyílt, így a bent lévő megemelkedett nyomás miatt azt lehetetlen volt kinyitni. A hibás konstrukciót szerencsétlen módon Grissom javasolta a kivitelezőnek. A „Libert Bell 7" vízreszállásakor az ajtajában lévő biztonsági robbanózár spontán módon lépett működésbe és az űrkabint elárasztotta a víz. Grissom-ot még éppen sikerült helikopterrel kimenteni, mielőtt az űrruhája is megtelt volna. Az Apollo 1 esetében, a szemtanúk állításai szerint az ajtó ablakán keresztül, a tűz árnyékában az űrhajósok mozgását lehetett látni. Ezt a tényt a belső navigációs rendszer adatai is alátámasztják. A kabin kilengését az asztronauták mozgása okozta. Chaffee az ülésébe szíjazva várta, hogy társai végrehajtsák a zár nyitását (14. ábra).

18 óra 31 perc 19 másodperckor a nyomás megrepesztette a parancsnoki modul burkolatát a jobb oldalon. A sérüléskor a kabinban uralkodó nyomás elérte a 29 psi-t[24]. A lángok a nyomáskiegyenlítődés során létrejövő turbulens áramlás miatt terjedhettek át a tűz kiindulási pontjától a jobb oldalra. Ezt alátámasztja az a tény, hogy baloldalon található gombok és kapcsolók teljesen szétolvadtak, míg az ellenkező oldalon lévők csak deformálódtak. A hőség akkora volt, hogy megolvadtak tőle a szkafanderek oxigénellátását biztosító alumínium csövek. A tesztek során, az űrhajó padlóján alkalmazott műanyag védőhálók mentén gyorsan terjedt a tűz[25]. Ugyanebben az időben kapott lángra a kabin belsejében található Velcro[26] is. Ez egy nejlon alapanyagú tépőzár (15. ábra), amely normál légköri viszonyok között nem éghető. Felhevül és megolvad, de közvetlen tüzet nem okoz. Oxigén indexe 24–29 közé tehető. Tiszta oxigénes környezetben viszont erősen tűzveszélyessé válik. Ilyenkor a kialakításából adódóan nagyobb veszélyt jelenthet a megszokotthoz képest. A rajta megtalálható kis szálak nagyobb olvadási felületet képeznek, mint a hagyományos műanyagok. A kabinban ekkor a hőmérséklet meghaladta az 500 °C-t.[27] A megnövekedett nyomás, magas hő és oxigénszint kiszélesítette a bomlásgázok gyulladási határát. A turbulencia miatt az égést tápláló és éghető gázok örvényszerűen keveredtek el egymással. Az így megnövekedett diffúziós felület is hozzájárult a Velcro meggyulladása után tapasztalható gyors és heves lángterjedésnek. A tépőzárak esetében ugyan megvolt az elektromos gyújtóforrásoktól való 4 inch[28] biztonsági távolság, de az előírásokhoz képest sokkal többet helyeztek el belőle a kabin belsejében. Az űrhajósok kérésére 500 inch^2 helyett 5000 inch^2

[24] 29 psi = 2 bar

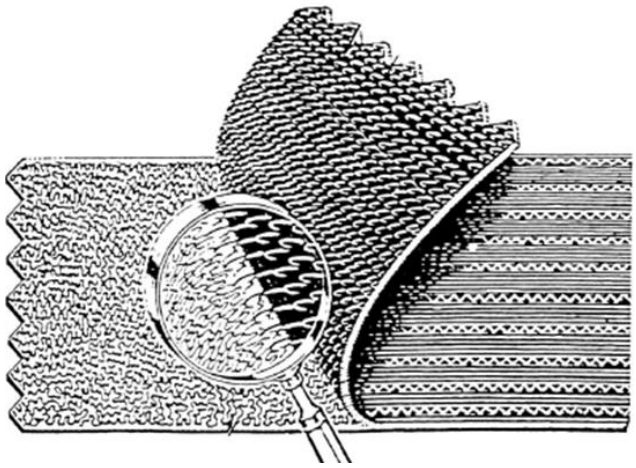
[25] Ezeket a nejlon védőhálókat a tesztek a során a kabinba eső tárgyak ellen alkalmazták.

[26] Velcro – tépőzár, a gyártó után kapta a nevét

[27] A pontos érték csak becsülhető, mivel a tűzben megsérültek a kabinban lévő műszerek [14].

[28] 1 inch (hüvelyk) = 2,54 cm, 4 inch=10.16 cm

került belőle a kabinba[29]. Erre szerintük azért volt szükség, mert a súlytalanság állapotában a lehető legtöbb mindent rögzíteni akartak, hogy azok lebegése ne zavarja őket a munkájuk során.



14. ábra A velcro szerkezete [30]

18 óra 31 perc 25 másodperc körül állt meg a kabin nyomáskiegyenlítődése. Ekkorra már az oxigén ellátó rendszer tönkrement. Az égést tápláló gáz és a nyomás lényegesen lecsökkent a tűz korábbi szakaszaihoz képest. Az így kialakuló tökéletlen égés szén-monoxid és korom képződéshez vezetett. A megolvadt űrruhájú asztronauták számára ez a folyamat végzetes volt. Az oxigénellátó rendszer sérülésein keresztül a szkafandereikbe csak a parancsnoki modulban tomboló füstöt tudták belélegezni, és ez a fulladásukhoz vezetett. Nagyjából 5 másodperccel a füst megjelenése után a tűz kezdett kialudni. Az utolsó égő rész a tűz keletkezési zónája közelében lévő környezet szabályozó rendszer volt. A korom lerakódás is jól szemléltette a tűz terjedésének irányát és időtartamát. Bal oldalon a tűz keletkezésének helyén volt a legvastagabb a lerakódott koromréteg. A középső és jobboldali ülés alatt lényegesen kevesebb égéstermék volt található.

A kabin mellett lévő fehér szobából a 34-es torony vezetője, egy rendszer technikus és egy műszaki technikus hallotta a segélykiáltásokat, ezért értesítették a repülésirányítást a vészhelyzetről. Négyen siettek az asztronauták mentésére, de addigra a nyomás és hőmérsékletnövekedés miatt megsérült űrkabin lángokba borult. Ketten visszarohantak kézi oltókészülékekért és gázálarcokért. A pilóták megközelítéséhez ki kellett nyitniuk a külső ajtót, de előtte el kellett távolítani róla a védőborítást (16. ábra). A fehérszobát elöntötte a hő, a füst és a forróság. A mentést végzőknek a nehéz körülmények mellet öt és fél perc eltelte után sikerült kinyitni a kabint. Időközben megérkeztek a lifttel a technikusok, és további szakemberek próbáltak segíteni a bajbajutott űrhajósokon. A felnyitott kabinból ömlő füstben mozgás ekkor már nem volt látható. Egy mentős próbálta kitapogatni a pilótákat, de ő sem észlelt életjeleket. Az érkező tűzoltók már nem tudtak segíteni. További öt perc telt el, mire eloszlott a füst annyira, hogy biztonságosan megközelíthessék az űrkabin belsejét. Grissom és White felismerhetetlené szenesedett űrruháját találták az ajtó alatt, Chaffee az ülésébe szíjazva feküdt. A riasztás után tizennégy perccel is érkeztek segítők, de hiába. Az orvosok ekkorra megállapították a halál beálltát. A holttesteket csak nehezen sikerült elszállítani, mivel az űrruhák a nagy hőtől hozzáolvadtak a padlóhoz. A boncolás során megállapították, hogy a halál oka a füstmérgezés volt.

[29] 1 inch^2 (négyzethüvelyk)=6.45cm^2, 500 inch^2=0.32 m^2, 5000 inch^2=3.23 m^2

15. ábra A kiégett parancsnoki modul ajtaja a fehérszobából [31]

Utóhatások

A három űrhajóst katonai tiszteletadás mellett temették el. Az AS-204 jelzésű űrhajó ekkor kapta meg az Apollo 1 elnevezést és a pilóták tiszteletére a NASA hivatalos repüléssé nyilvánította a balesetet. A katasztrófa után az USA űrrepüléseit szüneteltették. Sokan gondolták az Egyesült Államok Kongresszusából, hogy az űrprogram csak pénzkidobás. A tárgyalások során sem a NASA-t, sem a kivitelező North American Aviation céget nem találták felelősnek. Végül az Apollo-program másfél év csúszással indult újra. A vizsgálatok során feltárt hiányosságokat és konstrukciós hibákat orvosolták. A már félkész űrhajók miatt a tisztaoxigénes légkört használták továbbra is, viszont a földön a nagy nyomás alatt végzett tesztekhez már nitrogén-oxigén légkört alkalmaztak. Végül 1969. július 20-án az Apollo 11 sikeres leszállást hajtott végre a Hold felszínére, ezzel teljesítve John F. Kennedy ígéretét. Az Apollo űrhajókat követő konstrukciókban a földivel megegyező összetételű légkört alkalmaztak a továbbiakban [4].

KÖVETKEZTETÉSEK

Az 51 éve történt tragédia tanulságos lehet napjaink mérnökei számára is. Bizonyítja a hamis biztonságérzetből fakadó veszélyeket, hiszen még egy olyan jelentős szaktudással rendelkező szervezetnél is, mint a NASA, bekövetkezhetnek a szigorúan ellenőrzött körülmények ellenére is nem várt események. A balesethez több, magában mérsékelten kockázatosnak megítélt körülmény szerencsétlen együttállása vezetett. A John F. Kennedy által meghatározott 9 éves határidő feszített munkatervet, tömegtakarékos megoldásokat, és a megrendelő és kivitelező közötti nézeteltéréseket eredményezett. A baleset egyik fő oka az előbb említett tényezőkből fakadó rossz kommunikáció volt. A kivitelezés során a North American Aviation mérnökei számára nehézséget jelentettek a NASA által sűrűn változtatott repülési előírások és az űrhajósok igényei. A gyakori módosítások miatt előfordult, hogy a már meglévő kialakítások tucatjait kellet módosítani egy frissen érkező utasítás miatt. Ez feszültséget okozott a gyártó és az amerikai űrügynökség között, ami miatt olyan javaslatok találtak süket fülekre mindkét fél között, amelyek megelőzhették volna az űrhajósok halálát. Az űrkabin kivitelezésében több olyan hiba is észrevehető, amely

a pilóták kérései alapján módosított előírások miatt felelhetett meg a NASA követelményeinek. A befelé nyíló ajtó, az űrhajóban lévő tiszta oxigénes nagynyomású belső légkör külön-külön megfelelt az érvényben lévő előírásoknak. Az asztronauták utasítására elhelyezett nagymennyiségű Velcro nem okozhatott volna problémát, mivel a vélt gyújtóforrásoktól a tépőzáraknak megvolt a biztonsági távolsága. A tényezők különleges együttes hatása vezetett oda, hogy ez az ártalmatlannak vélt eszköz lángba boríthatta az egész kabint, és égésgázaival megfojthatta a pilótákat. A vizsgálatokban résztvevő Frank Borman[30] asztronauta szerint, a szerencsétlenséget a képzelőerő hiánya okozta. Az űrhajók kialakításánál az űrben bekövetkező tűzesetek megelőzésével számoltak. Az senkinek sem jutott eszébe, hogy a Földön a szakemberekkel körülvett asztronautákkal is történhet olyan vészhelyzet, ahol a beavatkozás lehetetlen. A hivatalos vizsgálatok során is kiderült, hogy a szakemberek nem hibáztak. A baleset a körülmények szerencsétlen alakulásának lett betudva. A vizsgálatok végeztével az Apollo-program folytatódott [1][4].

Az űrverseny során létrejött innovációk napjainkban is tetten érhetők az űrrepülésben. Az orosz és kínai űrprogram a mai napig az akkor tervezett Szojuz űrhajók modernizált változatait használja. Az Apollo-program számára kifejlesztett technikák, (mint a több fokozatú hordozórakéta és az űrrandevú) segítettek a Skylab és a Nemzetközi Űrállomás létrehozásában. A szovjet Buran és az amerikai Űrsikló-program az űrutazás történetében zsákutcának bizonyult. A Challenger 1986-ban történt balesete során az indítást megelőző hideg időjárás miatt az egyik szilárd hajtóanyagú rakéta rideggé vált szigetelése mellet kitörő csóva miatt robbant fel. A Columbia 2003-ban a légkörbe való visszatérése során égett el a belépőélén megsérült hőpajzs miatt. Az űrrepülőgépek hasán elhelyezett hőálló szilícium-dioxid csempék túl sérülékenynek bizonyultak egy többször felhasználható űreszközhöz. Az ellenőrzésük és karbantartásuk túl sok időt vett igénybe, így ez is fokozta az amerikai űrrepülőgépflotta gazdaságtalanságát. A program 2011. július 21-i leállítása után a NASA az Orion űrhajók (17. ábra) létrehozásával kíván a jövőben újra, saját, ember szállítására alkalmas űreszközt kifejleszteni. Ehhez Apollo űrhajók számos tapasztalatát, műszaki megoldását hasznosítják[31].

16. ábra A NASA Orion űrhajójának látványterve [33]

A XXI. században a magánszektor egyre nagyobb szerepet kíván vállalni az űrutazásban. Az űrturizmus megjelenése hasonló veszélytényezőkkel jár, mint amelyek az Apollo-program során is

[30] A kivizsgálásba bevont asztronauta. Korábban a Gemini 7 parancsnokaként járt az űrben. Később az Apollo 8-cal sikeresen megkerülte a Holdat. [1][4]

[31] Az Orion űrhajóról bővebben: [32]

felléptek. A dollármilliókat fizető utasok türelmetlensége, és az őket elcsábítani képes konkurencia siettetheti a gyártókat. A cégek haszonelvűségük miatt hajlamosabbak lehetnek a költséghatékonyabb megoldások preferálásában. A még kipróbálatlan anyagok és technikák veszélyt jelenthetnek a fedélzeten tartózkodókra. A Virgin Galactic cég SpaceSchipTwo kísérleti űrrepülőgéppel több tucat sikeres repülés után történt emberéletet követelő baleset 2014. október 30-án [34]. Az Antares 130 és SpaceX Falcon magánűrrakétákkal előforduló balesetek során több tonnányi tudományos műszer és felszerelés semmisült már meg, melynek úti célja a Nemzetközi Űrállomás lett volna [35]. Az utóbbi vállalat felajánlotta a NASA számára, hogy módosított Dragon teherszállító űrhajóival szállítson asztronautákat a Nemzetközi Űrállomásra az Orion űrhajók 2021 utánra tervezett üzembeállításáig. A hordozórakétájukon nem tudták biztosítani, hogy annak feltöltése biztonságosan megvalósítható legyen a legénység beszállása előtt órákkal, mivel nem rendelkeztek a folyékony hajtóanyagok szakszerű tárolásához szükséges technológiával [36]. Emiatt az amerikai űrhajósok napjainkban az orosz Szojuz rendszereket kénytelenek igénybe venni. A felsorolt esetek alátámasztják, hogy a magán szektornak még sokat kell fejlődnie, amíg eléri az állami űrügynökségek technológiai, biztonsági színvonalát. Az űrverseny során történt balesetek vizsgálati anyagai jó alapul szolgálnak arra, hogy mely kockázati tényezők azok, amelyek esetlegesen elkerülhették e magánvállalatok a figyelmét.

Polgári repülőgépeken bekövetkezett fedélzeti tüzeknél több olyan eset is előfordult, amely során az Apollo 1 kabinjához hasonló végzetes körülmények alakultak ki. 1980-ban a Canadair 797-es járatának túlnyomásos kabinjában a műanyagok égéséből származó forró füst a vészkijáratok nyitása után gyulladt meg, a beáramló friss levegő biztosította a műanyag égésének oxigénellátását. Számos utas halálát ugyanúgy a füstmérgezés okozta, mint az Apollo űrhajó esetén. [37] 2016-ban az Emirates Airlines Boeing 777-300 típusú repülőgépe gyulladt ki a leszállást követően. A kanadai esethez hasonlóan a kabint itt is sűrű füst borította el. Az azóta fejlődött vészelhagyási és a repülőtéri tűzoltási folyamatoknak köszönhetően, itt az összes utast sikerült még időben kimenekíteni. [38] A modern repülőgépeken a dúralumínium szerkezeti elemeket egyre gyakrabban váltják fel a modern kompozit anyagokból készült helyettesítőik. Ezen elemek égése során keletkező bomlásgázok megjelenése az utastérben okozhat a jövőben az említett balesetekhez hasonló vészhelyzeteket. Mindezek tanúságai a hazai és NATO repülési és űrorvostani tudományban is markánsan megjelentek [42].

A kíváncsiság következtében a felfedezők olyan körülmények közé merészkedhetnek, amely veszélyesek számukra. Az Apollo 1 balesete előtt „Gus” Grissom-mal készült interjúban elhangzottak tökéletesen jellemzik az űrhajósok hozzáállását az előre nem látható veszélyekhez: „*A program megvalósítása nem késhet. A világűr meghódításáért még az életemet is kockára tenném. Az Úr adta kíváncsiság kényszerít, hogy magunk menjünk, ugyanis kizárólag ember tudja úgy leírni a Holdat, hogy azt a többi ember is megértse.*” [4] A földi élettértől a lehető legkülönbözőbb környezet a világűr. Az ezt kutató pilóták ennek tudatában is vállalják útjaikat, hogy az emberiség számára értékes tudományos felfedezésekkel térhessenek vissza a Földre.

17. ábra A pilóták emlékére [39]

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Dancsó Béla: Holdséta. Novella Kiadó, 2004.
[2] Discovery Science: Gépek a Holdon – Saturn V. Eredeti cím: Moon Machines - Saturn V. Angol dokumentumfilm, 2008.
[3] https://cs4.pikabu.ru/post_img/big/2016/07/29/6/146978628915440116.jpg
[4] HBO: A végtelen szerelmesei - Az Apolló-program. Eredeti cím: From earth to the Moon. Amerikai filmsorozat, 1998.
[5] https://archive.org/download/S64-22331/S64-22331.jpg
[6] https://www.youtube.com/watch?v=a48XIQYYSTo
[7] JOHNSON SPACE CENTER: (nasa.gov) SATURN V LAUNCH VEHICLE. (online) url: https://www.jsc.nasa.gov/portal_pdfs/saturnV.pdf
[8] W. David Woods- Kenneth D. MacTaggart- Frank O'Brien: (nasa.gov) The Apollo 11 Flight Journal. 2016.03.01. (online) url: https://history.nasa.gov/afj/ap11fj/index.html
[9] http://heroicrelics.org/info/saturn-v/saturn-v-general/saturn-v-apollo-4-press-kit.jpg, Szerkesztették a szerzők a forrás nyomán
[10] http://www.mysocalledsensorylife.com/wp-content/uploads/2011/02/apollo-re-entry-702078.jpg
[11] Mary C. White: Detailed Biographies of Apollo I Crew - Gus Grissom. (online) url: https://www.history.nasa.gov/Apollo204/zorn/grissom.htm
[12] Mary C. White: Detailed Biographies of Apollo I Crew - Ed White. (online) url: https://www.history.nasa.gov/Apollo204/zorn/white.htm
[13] Mary C. White: Detailed Biographies of Apollo I Crew - Roger Chaffee. (online) url: https://www.history.nasa.gov/Apollo204/zorn/chaffee.htm
[14] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/16216814090_874868c8f6_o.jpg
[15] Remes Péter: Űrbalesetek, űrkatasztrófák- 3. rész. Aranysas, 2015/11, pp. 50-55.
[16] https://motherboard-images.vice.com//content-images/contentimage/41597/1485470896702592.png, http://apollolaunchcontrol.com/v20test/http___www.apollolaunchcontrol.com_/Mobile_Service_Structure_files/MSS%20Skylab%202%20with%20Skylab%201%20in%20background%20mssarrive.jpg
[17] Dr. Pál Károlyné, Dr. Macskásy Hugó: A műanyagok éghetősége. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
[18] Hamburger W: Möglichkeiten zur Einschränkung der Brandgefahren bei der Verwendung von Plastwerkstoffen. Plaste und Kautschuk, 24, Nr. 3. 163-168. (1977).
[19] Glossary of Fire Terms and Definitons Guide 52 (1stedn.) ISO and IEC. Geneva, Switzenland, 1990.
[20] Dr. Kompolthy Tivadar- Szalay László: Tűz és robbanásvédelem. Műszaki Könyvkiadó, Budapest,1990.
[21] Beda László, Kerekes Zsuzsanna: Égés és oltáselmélet II. Főiskolai jegyzet, 2006, ISBN 978-963-9483-21-2, 22 p.
[22] Dr. Pál Károlyné, Dr. Macskásy Hugó: A műanyagok éghetősége. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980, p 65.
[23] Dr. Kerekes Zsuzsanna: Oxigénindex szerepe az oxidált-és szénszálak éghetőségében. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, 2012, pp. 39-40.
[24] https://www.youtube.com/watch?v=LylMRupw4iE
[25] Абдурагимов I. М.: Процессы горения, высшая инженерная пожарно-техническая школа, Москва 1984, 136р.

[26] NASA Historical Reference Colletion: (nasa.org) Apollo 204 Review Board Final Report Table of Contents/Part V. Investigation and Analyses. (online) url: https://history.nasa.gov/Apollo204/invest.html
[27] http://www.spacesafetymagazine.com/wp-content/uploads/2015/01/apollo-1-disassembly.jpg
[28] https://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full_width/public/sl2-7-633a.jpg?itok=u5tPcSWy,
[29] http://today-trivia-puzzles-sudoku.com/content/Apollo_Soyuz.jpg
[30] https://www.youtube.com/watch?v=7cN6P1xtdz8
[31] Sandra L. Olson- Raymond G. Sotos: Combustion of Velcro in Low Gravity. Lewis Research Center, Cleveland- Ohio, 1987, 10p.
[32] http://www.spacesafetymagazine.com/wp-content/uploads/2015/01/apollo-1-interior-after-fire.jpg
[33] Flint Wild: (nasa.org) What Is Orion? (online) url: https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-orion-k4.html
[34] https://liquidat.files.wordpress.com/2016/02/orion-568635.jpg?w=825&h=510&crop=1
[35] Indóház: (iho.hu) SpaceShipTwo: pilótahiba, konstrukciós probléma (online) url: http://iho.hu/hir/spaceshiptwo-pilotahiba-konstrukcios-problema-150730
[36] Indóház: (iho.hu) Elveszett űrhajó, letartóztatott űrfőnök, van-e összefüggés? (online) url: http://iho.hu/hir/elveszett-urhajo-letartoztatott-urfonok-van-e-osszefugges-161202
[37] Indóház: (iho.hu) Ősszel üresen, jövőre már emberekkel indulna a Dragon űrhajó. De előbb át kell tervezni a tüzelőanyag-tartályokat és az indítási eljárást is (online) url: http://iho.hu/hir/visz-e-jovore-utasokat-a-sarkany-a-nasa-aggodik-170116
[38] National Geographic: Légikatasztrófák (Tűz a fedélzeten) s04 e03. Eredeti cím: Air Crash Investigation (Disaster in the Air)
[39] Bödör Balázs: A Forrestal tűzeset vizsgálata és a hazai reptéri mentő-tűzvédelmi feladatok. Szakdolgozat, Óbudai Egyetem - Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2017
[40] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/s67-19766.jpg
[41] Barna Péter: Az Apollo 1 űrhajón bekövetkezett tűzeset vizsgálata. Tudományos Diákköri Konferencia dolgozat, Óbudai Egyetem - Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2017.
[42] Barna Péter: A repülésbiztonság tűzvédelmi kérdéseinek vizsgálata az Apollo 1 űrhajó balesetének tükrében. Szakdolgozat, Óbudai Egyetem - Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2018.
[43] Szabó Sándor András: A NATO repülőorvosi harmonizációs törekvései a hadműveleti tapasztalatokés a repülésbiztonsági adatok tükrében. Repüléstudományi Közlemények 2010/2. p. 21.
[44] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Szabo_Sandor.pdf

THE FIRE ACCIDENT OF THE APOLLO 1 SPACECRAFT

In the 1960s, the United States of America invested a huge amount of money and energy in the Space Race, to catch and outrun the Soviet Union. 12 April 1961 Yuri A. Gagarin performed a space travel on the board of Vostok-1 as the first man in space. The Soviet's lead shocked the US public opinion. For the pride of the United States 25 May, John F. Kennedy announced in his congress speech that by the end of the decade, the United States will send people to the Moon. The first step was the Mercury-program, after that the Gemini-program, and for approaching and landing on the Moon, the Apollo-program. During experimental flights many accidents happen, non-planned emergency situations. These accidents could not be avoided by the Apollo-program. In the Apollo 1 fire 3 astronauts lost their lives, and the first Apollo flight was delayed for 1.5 year. This paper reveals the answer how these losses, which were the heaviest in NASA's history, could happen despite the well-regulated environment.

Keywords: *Space Race, fire accident, cabin pressure, oxygen index, turbulent flow, combustibility of materials*

Barna Péter (BSc) hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449	Barna Péter (BSc) student Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Faculties Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering barna.peter08@gmail.com orcid.org/0000-0001-9781-5449
Dr. Nagy Rudolf (PhD) adjunktus Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0001-5108-9728	Dr. Nagy Rudolf (PhD) adjunct Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Faculties Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0001-5108-9728

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-20-0455_Barna_Peter-Nagy_Rudolf.pdf

Ozsváth Sándor

A FIAT CR.42 VADÁSZREPÜLŐGÉP JELLEMZŐINEK EGY MÚZEUMI PÉLDÁNYON TÖRTÉNŐ BEMUTATÁSA

A Fiat Cr.42 típusú vadászrepülőgép nemcsak a magyar, hanem a nemzetközi repüléstörténet méltatlanul elfelejtett típusa. Szerkezeti felépítésében, kialakításának jellemzőiben egy közel három évtizedes fejlesztési korszak legutolsó képviselői közé tartozik. A hazánkban is rendszeresített típus jó szolgálatot tett a Magyar Királyi Légierőben, azonban tárgyi emlékek, vagy roncstöredékek nem maradtak az utókorra. A cikk írójának 2017-ben lehetősége volt az egyik utolsó Fiat Cr.42-es közelebbi vizsgálatára, így közvetlenül tudta tanulmányozni technikai, szerkezeti részleteit. A Brit Királyi Légierő Gyűjteményében található példány igen autentikusnak mondható, gyártását tekintve a magyar példányokkal megegyező.

***Kulcsszavak**: Magyar Királyi Légierő, Fiat Cr. 42, vadászrepülőgép, repüléstörténet*

GAZDASÁGI, KATONAPOLITIKAI VISZONYOK A FIAT CR. 42 VADÁSZREPÜLŐGÉP LÉTREJÖTTEKOR

A Magyar Királyi Légierő eszközbeszerzése a két háború között sajátos kényszerpályán mozgott. A rejtett légierő struktúrája, és a külpolitikai elszigeteltség miatt nem volt lehetséges az élvonalbeli repülőgépek beszerzése. Különösen érzékenyen érintette a fegyvernemet, hogy a 30-as évek második felében egyre gyorsult a technológia fejlődése, így az élvonalbeli eszközök terén a minőségi hátrány is egyre fokozódott. Ebben az időszakban jelentek meg az üzembiztosan használható fedélzeti rádió berendezések, a nagy teljesítményű vízhűtéses repülőgépmotorok, a harci repülőgépek között pedig egyeduralkodó lett a nagy felületi terheléssel járó monoplán elrendezés.

Az egyre nehezebbé váló nemzetközi helyzet ellenére mégis sikerült olyan repülőgépek beszerzése, amelyek bár nem tartoztak az élvonalhoz, jó szolgálatot tettek a szárnyait bontogató Magyar Királyi Légierőnek. Ezek közül a vadászrepülőgépeket tekintve a két legmeghatározóbb a Fiat CR.32-es és a Fiat CR.42-es, melyek közül az utóbbi méltatlanul elfelejtett típus a magyar repüléstörténetben. Sajnos szokásos módon pár megsárgult fényképen és iraton kívül semmilyen jelentősebb tárgyi emlék sem maradt fenn a Magyar Királyi Légierőben rendszerbe állított 68 darab repülőgépből.

Cikkemben be kívánom mutatni a típus rendszerbe állításának történeti hátterét, kifejlesztésének körülményeit, valamint főbb technikai jellemzőit. Rendhagyó módon nem csak műszaki rajzokra és a repüléstörténeti forrásokra kívánok támaszkodni, hanem személyesen is tanulmányozom a világ négy megmaradt Fiat CR.42-esének egyikét, amely a Royal Air Force (RAF) gyűjteményében található Londonban.

Olaszország az „elégedetlen győztes” számára a háború lezárása számos bel és külpolitikai válságot, feszültségeket eredményezett. A belpolitikai problémák a gazdaságban is kifejtették hatásukat, aminek köszönhetően az olasz gazdaság résztvevői nem tudtak olyan mértékben bekapcsolódni a kereskedelmi repülőgépek gyártásba, mint az Egyesült Királyság, Németország vagy Hollandia repülőgépgyártói. Mivel a hazai katonai megrendelések erősen lecsökkentek,

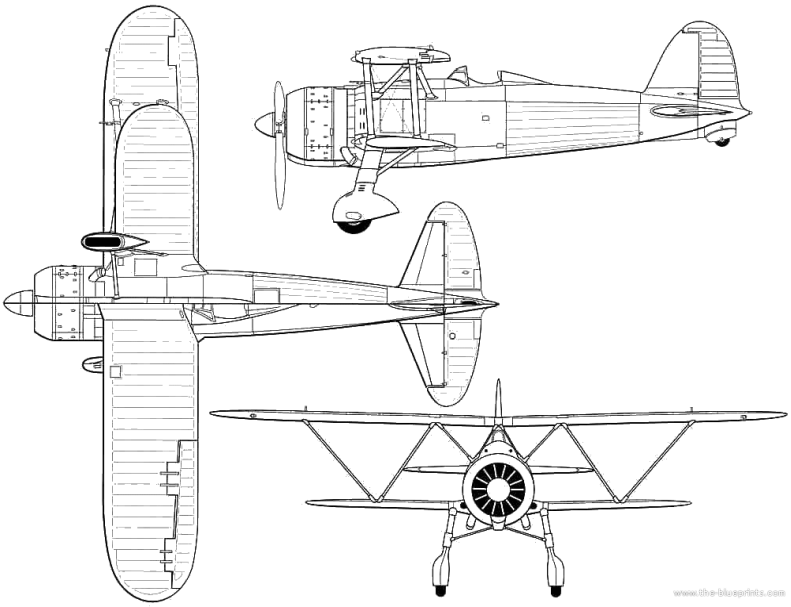
az olasz repülőgépgyártók így nem voltak képesek átfogó fejlesztések végrehajtására, ami különösen igaz volt a repülőgépmotorok terén. Mégis volt pár mérnök, aki olyan repülőgépeket alkotott, amelyek a 20-as 30-as évek nemzetközi sportrepülésében váltak meghatározóvá. Olaszországban nagy népszerűségnek örvendett az egyéni és kötelék műrepülés. A máig számontartott „olasz iskola” végtelenül finom, lágy, vezetett stílusa érdekes módon a repülőgépek tervezésére is hatással volt, hiszen a kor minden műrepülésre alkalmas olasz repülőgépe súlypontilag jól eltalált, harmonikusan vezethető repülőgép volt. A Fiat CR. 42-est repülők visszaemlékezései közül szinte mindenki kiemeli a gép harmonikus vezethetőségét. Tobak Tibor a Pumák földön-égen című könyvében [3], valamint egy 1995-ben vele készült TV interjúban külön kiemeli: „Mint repülőgép, mint madár a Fiat CR.42-es volt a kedvencem”.

A típus tervezője, Celestino Rosatelli

Érdekes módon ennek a kiváló repülőgépnek a tervezője nem a repülés világában kezdte pályafutását. A kiváló mérnök matematikai képességeivel már gyermekkorában is kitűnt társai közül. Tartományi ösztöndíjjal sikerült felvételt nyernie az Olasz Királyi Mérnöki Iskolába, ahol 1910-ben szerzett építészmérnöki diplomát. Szakterülete a feszített szerkezetek és a kábelhidak tervezése, amely mellett tudományos kutatótevékenységet is végzett. A kiváló képességekkel rendelkező fiatal mérnök 1915-ben kapott munkát a FIAT műveknél. A húszas években számos repülőgép tervezésében vett részt, a Schneider Trophy-n résztvevő versenyrepülőgépektől, a távolsági rekordrepülésekre kialakított gépekig.

Saját munkásságáról viccesen így vallott: „A legnagyobb hiba az életemben az volt, amikor elkezdtem repülőgépeket tervezni. A hidak tervezőire ugyanis még 150-200 évvel később is emlékeznek, míg a repülőgépek tervezőit az emberek hamar elfelejtik” [2].

A Málta fölött harcoló brit pilóták a CR.42-essel szemben vívott légi harcokat viszont egyáltalán nem találták viccesnek. Az első összecsapások alatt megmutatkozott, hogy mennyire jól manőverezhető, és sérülésálló ez a repülőgép. Furcsa módon azonban a RAF szakemberei nem Máltán, hanem a szigetországban tudták alaposabban megvizsgálni a típust.



1. ábra A Fiat CR.42-es vadászrepülőgép három nézeti rajza

Általános kialakítás

A Fiat CR.42-es vadászrepülőgép fémvázas, részben vászonnal fedett konstrukció. Kialakítását tekintve „másfél" biplán, azaz az alsó szárny jóval kisebb, mint a felső. A felső szárny fesztávolsága 9,7; az alsóé pedig 6,5 m. A belépő élek fémborításúak, a szárny többi része, valamint a kormányfelületek vászonnal fedettek. A törzs hossza valamivel több, mint 8 méter, szerkezetét tekintve térhálós-rácsos. Erre a rácsos szerkezetre került felépítésre a hajlított lemezborítás, amely így természetesen nem önhordó. Merev futóműve áramvonalazott, a pilótafülke pedig nyitott. A repülőgép üres tömege 1780 kg. amivel, valamivel nehezebb a Gloster Gladiatortól, viszont még több mint 800 kg-al könnyebb, mint a Hawker Hurricane. A Fiat CR.42-est az Olasz Légierőn kívül rendszeresítette a Belga Légierő, Luftwaffe, Magyar Királyi Légierő, Svéd Királyi Légierő, Iraki Légierő, Dél-Afrikai Légierő [4]. A legyártott gépek száma 1784 db. [4].

Hossz	8,245 m
Fesztáv	9,7 m
Üres tömeg	1780 kg
Maximális felszálló tömeg	2330 kg
Üzemanyagtartályok kapacitása	Főtartály 350 l, melléktartály 110 l
Maximális sebesség földközelben	350 km/h
Maximális sebesség 4200 m-en	420 km/h
Leszállósebesség	122 km/h
Emelkedés 1000 m-re	1 min 12 s
Emelkedés 6000 m-re	8 min 30 s

1. táblázat A Fiat CR.42 vadászrepülőgép méret és teljesítményadatai [4]

A Fiat CR.42-es a háború első szakaszában számos légi harcban felbukkant. Az Anglia ellen vívott háború érdekes epizódja volt, amikor 1940 őszén az Olasz Légi Hadtest (Corpo Aero Italiano) is bekapcsolódott az angliai csatába. Az olasz repülők szereplése felemásnak volt mondható, hiszen a megbízható rádió berendezések, és a fejlett harcászati eljárások hiányában az expedíciós erő nem volt képes a németek által elvárt hatékonysággal harcolni. Mégis több alkalommal sikerült meglepni a RAF pilótáit, jellemzően olyan szituációkban, amikor az angolok is belementek a fordulóharcokba. A Fiat CR.42-es ugyanis még a legjobban forduló Mk II-es Hawker Hurrican-okat is képes volt azonnal lefordulni. Az angolok gyorsan megtanulták a leckét, és igyekezetek nagy magassági fölénnyel, általában a Belgiumba való visszarepülés során megtámadni a duplaszárnyúakat.

Az olasz pilóták helyzetét tovább súlyosbította a Fiat és Piaggo motorok megbízhatatlansága, továbbá a csatorna fölött uralkodó, mediterrán éghajlattal össze sem vethető időjárási körülmények. A kontingens repülőgépei gyorsan elhasználódtak, és 1940 őszére a műszaki hibák mindennaposak voltak. Egy ilyen műszaki hibának köszönhetően maradt az utókorra az egyik legeredetibb állapotban megőrzött CR.42-es.

A VIZSGÁLT REPÜLŐGÉP TÖRTÉNETE

1940. november 11-én Pietro Salvadori őrmester olasz bombázók kíséretét látta el, amikor Suffolk fölött légi harcba keveredett három Hawker Hurrican-al. A rövid küzdelem során Salvodori őrmester érezte, hogy a motorja beráz, és a sérült géppel nincs esélye átrepülni a csatornát. A part mentén igyekezett egy kényszerleszállásra alkalmas területet keresni. A CR.42-essel

végül az Orforness Világítótorony melletti területen ért földet [1]. Sikerült a gépet jól kilebegtetni, azonban a kifutás utolsó szakaszában, laza talajra érve a gép az orrára billenve állt meg.

2. ábra A RAF gyűjteményében található repülőgép helyszíni vizsgálata 1940 novemberében [6]

A repülőgépet már a helyszínen megvizsgálták a RAF szakemberei. Úgy döntöttek, hogy a kijavítás után alkalmas lehet átfogó földi és légi vizsgálatokra, ezért vasúton november 27-én Farnborough-ba szállították [1], ahol a Royal Aircraft Establishment szakemberei kezdték meg a munkát. A motor megbontása során kiderült, hogy a motor üzemzavarát nem találat, hanem egy olajcső törése idézte elő. Mivel Salvadori őrmester alapgázon siklott, földet érés előtt pedig a motort leállította, az alsó hengerekben maradt annyi olaj, hogy a motor ne ragadjon meg, így annak újbóli üzemképessé tétele nem igényelt nagyjavítást. További szerencsés körülmény volt a kényszerleszállás során, hogy a gép nem vágódott át, hanem csak egészen kis sebességnél billent az orrára. Ennek köszönhetően a főtengely nem sérült meg, „csupán” a légcsavartollakat kellett újra legyártani és azokat az agyba visszaépíteni.

3. ábra A RAF gyűjteményében található repülőgép részlegesen átfestve, tesztelés alatt. A felvétel valószínűleg Farnborough-ban készült 1941 elején

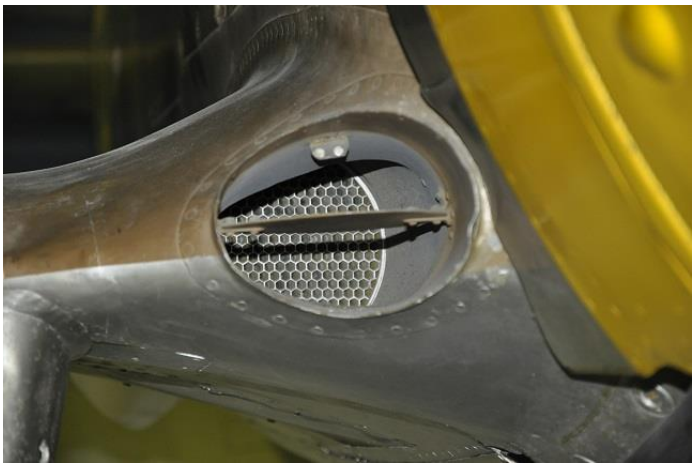
A repülőgép sárkánya alig szenvedett károkat, így a gépet viszonylag gyorsan újra repülőképes állapotba hozták. Egy részleges átfestés után BT474-es oldalszámmal látták el és 1941 tavaszán repülési teszteknek vetették alá [1]. Megkezdték az összehasonlító teszteket és a megfelelő

taktikai eljárások kidolgozását is, azonban 1941 nyarára már nyilvánvalóvá vált, hogy a háború elkövetkező részében nem lesz meghatározó ellenfél a CR.42-es, ezért a vizsgálatokat más zsákmányolt típusokkal folytatták. A gép közel három évtizedet töltött különböző raktárakban, majd 1970-es években került a hendoni múzeum gyűjteményébe.

A RAF MUSEUM GYŰJTEMÉNYÉBEN TALÁLHATÓ REPÜLŐGÉP BEMUTATÁSA

A cikk szerzőjének 2017 áprilisában volt lehetősége egy napot a MM5701/8468M gyári számú 13-95-ös oldalszámú gép vizsgálatával eltölteni, ami már önmagában is egy érdekes élmény volt műszaki és hadtörténeti szempontból is.

A RAF birtokában megmaradt repülőgép megjelenését tekintve autentikusnak mondható. A brit szakemberek ugyanis nem követték el azt a gyakori hibát, hogy tökéletesen szalon állapotúra újítanak fel egy repülőgépet. A vizsgált példányt az 1970-es években festették vissza az eredeti színeire. A festés során hasonló eljárásokat alkalmaztak, mint annak idején az olasz repülőgépiparban. Az alkalmazott színek is közel helytállóak, azonban kicsit sötétebbek, mint az eredetiek. A minták sablonokon keresztül történő felfújása során az egyes oldalak beszóródtak, míg mások egyenesek, így ugyan azok a hibák lelhetők fel, mint az eredeti festésű gépeken. A vásznazást régi típusú, „nitro”-val feszített technológiával készítették el, és az eltelt négy évtized ellenére is igen jó minőségű. Mivel a gép nincs kitéve UV sugárzásnak, ezért a repülőgép festése repedésmentes és egységes. Az eredeti lajstrom mellett felfestették a századjelvényt is, amelyben olaszul a „OCIO CHE TE COPO” („Vigyázz, megöllek”, velencei szleng [1]) felirat olvasható.

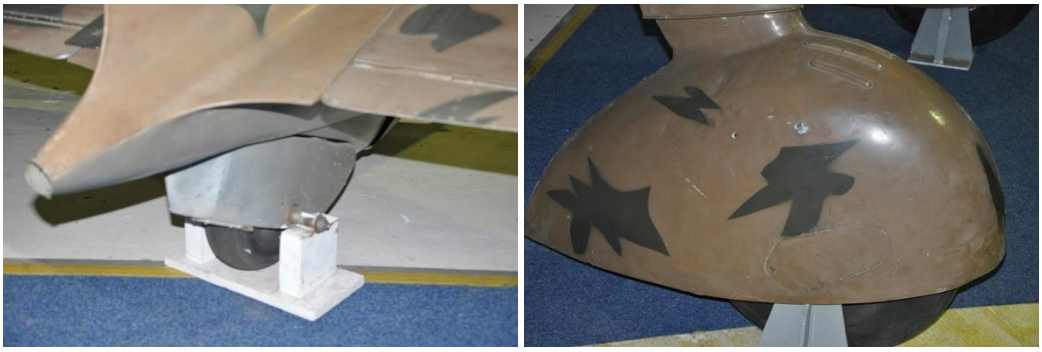


4. ábra Szárnytőbe épített olajhűtő. Az olaj gyors melegítését, valamint a visszahűlés lassítását egy egyszerű pillangószelephez hasonló takarólemez segíti

A Bristol Bulldog-hoz és a Gloster Gladiator-hoz képest a felületek meglehetősen simák, minőségüket tekintve az olvasók nagy része által jól ismert Zlin Trener gépcsaládéhoz tudnám hasonlítani. Kiálló szegecsek, vagy elnagyolt részletek sehol sem lelhetők fel, az egyébként igen nagyméretű repülőgépen. A kiállításban a CR.42-es mellett egy Me 109E3 látható, amely magasságát tekintve 2/3-a a CR.42-nek. A Fiat CR.42-est felületesen szemlélő gyakran párhuzamot von az első világháború technológiájával készült repülőgépekkel. Erről azonban szó

sincs. Ez a repülőgép egy korszakot lezáró, sok aerodinamikai finomsággal rendelkező szerkezet, amely nem csak jól néz ki, de jól is repül. Rosatelli a biplán elrendezés és a csillagmotor kombinációjából aerodinamikailag a lehető legtöbbet hozta ki. Munkájára, a részletekre való odafigyelés jellemző. Ennek egyik kiváló példája az olajhűtő elhelyezése, amelyet az alsó szárnytőbe építettek be.

Az aerodinamikai részletekre való odafigyelés másik példája a futómű, különösen a farok futó burkolata. A CR.42-es esetében ezek nem csak amolyan díszek, hanem igen erősen megtervezett elemek, amelynek köszönhetően magasabb fűben történő fel és leszállás előtt nem kell a burkolatokat leszerelni, mint sok „papucsos” gép esetén. A főfutó burkolatain még csúszásgátló bordák is találhatók, mivel a műszakiak erre fellépve tudják a tankolást végrehajtani. Szintén ebbe a burkolatba van beleépítve egy ellenőrző nyílás, amelyen keresztül ellenőrizhető a kerékcsapágy vagy fújtatható fel a kerék. A papucs és a futószár burkolatai teleszkópikusan csúsznak egymásba, így nincsenek szabadon álló nem áramvonalazott felületek.



5. ábra Áramvonalazott burkolatok a farok és a főfutókon

6. ábra A Fiat CR.42-es aerodinamikailag igényesen megtervezett részletei

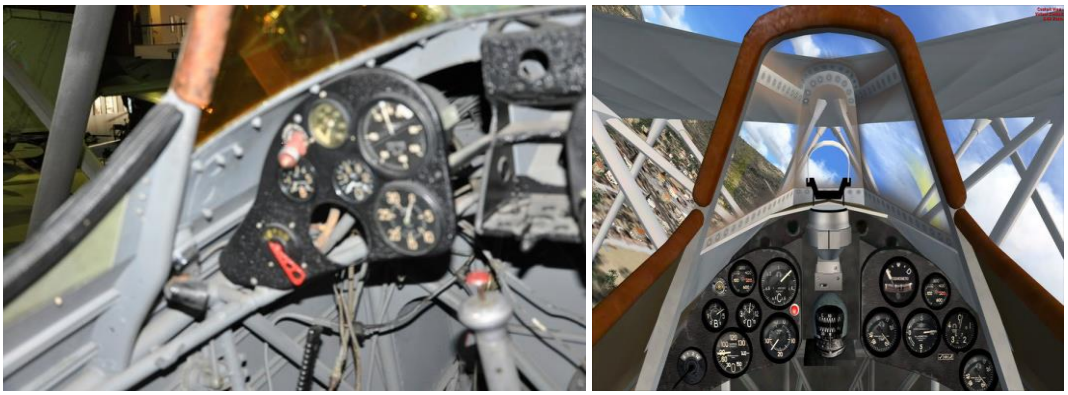
Szintén hasonlóan áramvonalas burkolatokat kaptak a dúcok, és azok bekötési pontjai is. Ezek külön álló áramvonalas burkolatot képeznek, akárcsak napjaink UL repülőgépei esetén. Az,

hogy nem egy darabból vannak gyártva, lehetővé teszi, hogy a lehető legerősebb és egyben aerodinamikailag a leg kedvezőbb forma kerüljön kialakításra. Szintén ez a gondosság érvényesült a csűrők himbáinak, valamint a pozíciólámpák kialakítása során is. Különösen érdekes a hátsó pozíciólámpa elhelyezése, amely a farok rész egy meghosszabbított, kifejezetten erre a célra kiképzett részében kapott helyet.

A Fiat CR.42-es az utolsó olyan harci repülőgépek közé tartozik, amely nyitott kabinnal épült. Tervezésének idején már rendelkezésre állt a plexi torzításmentes hajlításának technológiája, azonban ez az eljárás igen drága és korlátozott volt. A harmincas években csak kis szögben és apróbb felületeket tudtak torzításmentesen hajlítani, így csak sok részből összeépített, rossz kilátást biztosító kabintetőket tudtak gyártani. Rosatelli elvetette a rácsozott kabintetőt, ezért úgy tervezte meg a nyitott kabint, hogy az szinte teljesen körbeöleli a pilótát, annak gyakorlatilag csak a fejét hagyva szabadon. Ez az elrendezés nem egyedi, hiszen hasonló kabint alakítottak ki a kor másik olasz vadászrepülőgépén a Macchi C.200-on, valamint a szovjet I-16-on. A jó kilátás ebben az estben a repülőgép korlátait is jelentette, hiszen a nagy magasság és sebesség erősen megviselte a pilótákat, az időjárás viszontagságairól nem is beszélve.

7. ábra A kabin kialakítása során törekedtek rá, hogy a nyitott építés ellenére a pilótát a lehető legjobban védjék az időjárás viszontagságaitól

A kabinban a 20-as évek színvonalának megfelelő műszerek kerültek elhelyezésre. Érdekességképpen említhető meg, hogy a műszerfal két, egymástól teljesen különálló panelből áll. Ennek a kialakításnak az oka az iránytű elhelyezésében keresendő. Mivel a CR.42-es törzse acélcsövekből épül fel, a folyadékos iránytűt, vagy a térhálón kívülre a kabin fölé, vagy a kabinba „belógatva” lehet elhelyezni. Rosatelli az utóbbi megoldást választotta, így lehetősége volt a célzó berendezést a pilóta fejmagasságában, a lehető legoptimálisabban elhelyezni. A baloldalon kaptak helyet a motorellenőrző műszerek, valamint erről a panelről lehet kapcsolni a gyújtásköröket is. Ehhez a panelhez közel, egy külön konzolon került elhelyezésre a trimm és a gázkar is, amely mint minden régi olasz gépen fordítottan működik. Ez a kialakítás az export gépeken is megmaradt, amely számos problémát okozott a vásárló országok légiereinél. A főleg leszállás során bekövetkező géptörések miatt a Magyar Királyi Légierőnél külön képzést indítottak, amit a pilóták és a műszakiak egyszerűen csak „gázkar átképző tanfolyam”-nak neveztek. A műszerfal jobb oldali panelján találjuk a repülésellenőrző műszereket. A műszerezettséget tekintve a CR.42-es műhorizonttal nem rendelkezik, azonban a legyártott gépek nagy részébe beépítettek elfordulás jelzőt. Akárcsak a baloldalon, a jobboldalon is kialakítottak egy külön konzolt, amelyen az üzemanyag csapot, valamint a töltésjelzőt helyezték el.



8. ábra Osztott műszerfal, a baloldalon a motorellenőrző, a jobboldalon pedig a repüléshez köthető műszerekkel. A CR.42-es napjaink kedvelt számítógépes játékaiban is megtalálható

A botkormány igen hosszú, így valószínűleg a gép egészen apró mozdulatokkal volt vezethető. Az ülés magassága állítható. Az oldalkormánynak papucsai nincsenek, maga a pedál egy kereszt alakú himbán került elhelyezésre. Az ergonómiát tekintve a CR.42-es egy egyszerű, de jól megtervezett fülkével rendelkezik. A vizsgált múzeumi példány kabinjában az eredeti szürke festés található, amely hasonlít a mai „légifólény szürke” árnyalathoz. Meghagyták az eredeti plexiket, hevedereket, valamint a szélvédő keretére szerelt párnázott, bőr ütközésvédőt is. Az utóbbinak az volt a rendeltetése, hogy egy esetleges kényszerleszállás esetén meggátolja a fej sérülését. Erre azért volt szükség, mivel más régebbi biplán elrendezésű gépekhez képest a CR.42-es fülkéjének felső része szinte körbeöleli a pilótát, így a szélvédő nagyon közel van a fejhez.

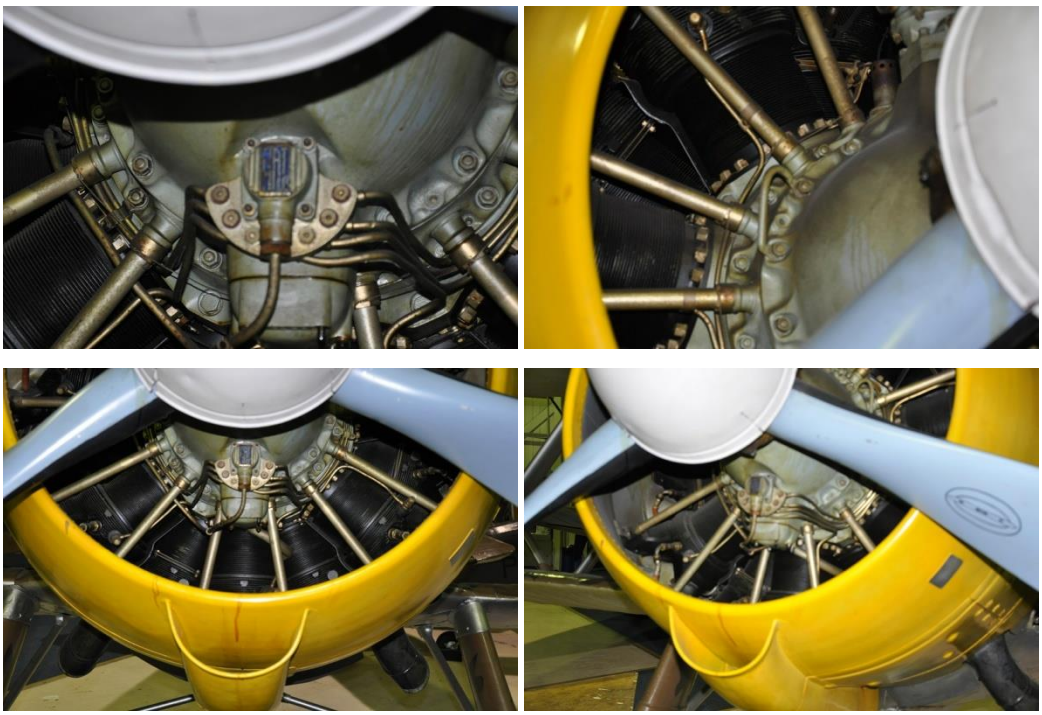
9. ábra A repülőgép pilótafülkéje egyszerű és ergonomikus. Az ülés magassága állítható. A jobb oldali felvételen a Svéd Királyi Légierő gyűjteményében megmaradt repülőgép kabinja látható

A Fiat CR.42-es leggyengébb eleme a motor. A vizsgált múzeumi példány fennmaradása is a motor megbízhatatlanságának köszönhető, hiszen a kényszerleszállás oka nem találat, hanem anyagfáradásból eredő törés volt [1]. A 14 hengeres kétsoros Fiat A.74 RIC38 motor megszületése egy kényszermegoldásnak nevezhető, mivel a tervezéskor nem állt rendelkezésre olyan soros, vagy V12-es motor, amellyel elérhető lett volna az 1000-1200 lóerő. A Fiat A.74-es motor alkalmazása során ugyan azok a problémák jelentkeztek, mint a Caproni Ca. 135-ből ismert Piaggio P.IX RC40 csillagmotorok esetén. Sok esetben a meghibásodások oka nem is a tervezési hibákban, hanem a gyenge anyagminőségben, és az elégtelen minőségellenőrzésekben keresendők. Az alapvetően mediterrán időjárási körülményekre tervezett motor nehezen bírta a hidegindításokat, és különösen az első sorba beépített hengerek érzékenyek voltak nagyobb zuhanásokra, valamint a hosszabb ideig tartó süllyedések során fellépő visszahűlésre. Az említett műszaki problémák nem csak az olasz, hanem a svéd, illetve a magyar exportra gyártott gépek

esetén is jelentkeztek [2]. A Cr.42-es fejlesztése során annyira súlyossá vált a motorok megbízhatatlansága, hogy később kísérleti jelleggel a német DB.601-es V12-es vízhűtéses motor beépítéssel is megpróbálkoztak [4]. A vizsgált példány motorja viszonylag jó állapotban van, a múzeumi elhelyezés előtt üzemképesen lett leállítva. A konzerválás során a hengerek nem kerültek felöntésre olajjal, a szelepek egy része nyitva van, így a légcsavar még ma is átforgatható.

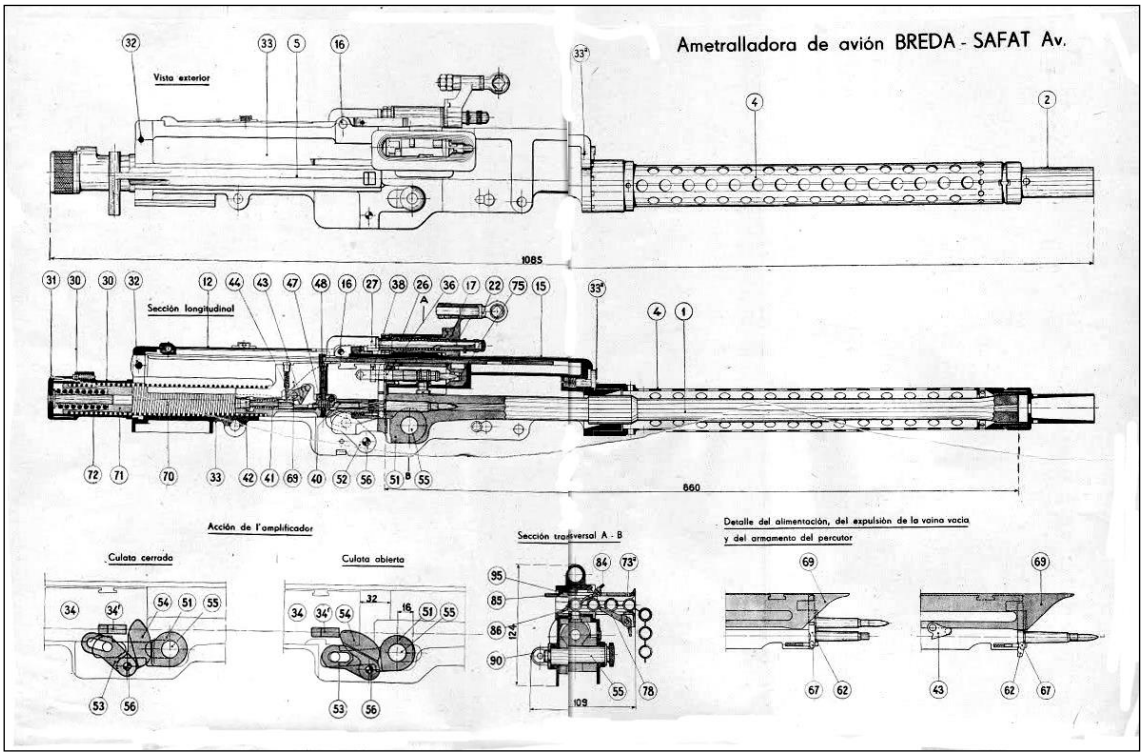
A Fiat CR42. motorjának főbb adatai	
Motor típusa	Fiat A.74 RIC38
Elrendezése	Kettős csillagmotor egy Zenith porlasztóval
Hengerek száma	14
Teljesítménye	840 LE
Súlya	575 kg.
Üzemanyag	87 oktánszámú könnyűbenzin + 8% ólom-tetraaethil
Kenőanyag	Ricinusolaj

2. táblázat A Fiat CR.42 motorjának főbb adatai



10. ábra 14 hengeres, kétsoros Fiat A.74 RIC38 csillagmotor, NACA áramlássegítő gyűrűvel

A Fiat CR. 42-es fegyverzetét tekintve a 20-as 30-as évek elvárásainak megfelelően, gépágyú nélkül, 7,7 majd 12,7 mm-es géppuskával készült. Mindkét géppuska Breda-SAFAT típusú, szerkezeti kialakításukat és működési elvüket tekintve azonosak. A nagy hagyományokkal rendelkező olaszországi fegyvergyártó vállalat a 30-as évek elején kezdte meg kifejleszteni ezt a könnyű géppuskát, amely később a kor összes olasz gyártású katonai repülőgépébe beépítésre került. A kései CR.42-es Breda géppuskája tűzgyorsaságát tekintve elmaradt kisebbik testvérétől, azonban a 12,7×81 mm-es lövedék gyorsabb, és ami fontosabb jóval nagyobb tömegű volt, mint a 7,7×56 mm-es. A beépített 12,7-es géppuska gyakorlati tűzgyorsasága a légcsavar forgásából eredő szinkronizálás miatt 572 lövés/min. A múzeumi példány vizsgálata során a fegyverzetet takaró burkolatok eltávolítására nem kaptam engedélyt, a repülőgépben azonban hatástalanított állapotban mindkét Breda géppuska megtalálható.



10. ábra Breda SAFAT géppuska metszeti ábrázolása

Összességében elmondható, hogy a RAF szakemberei példaértékű munkát végeztek ezen a ritka repülőgépen. Igyekeztek minden részletében az eredeti állapotot megőrizni vagy visszaállítani, így a gép olyan benyomást kelt, mint ha 1,5–2 éves intenzív használatnak lett volna kitéve. A 13 95-ös oldalszámú Fiat CR.42-es valószínűleg még sok évtizeden keresztül a Brit Királyi Légierő Múzeumának legféltettebb kincsei közé fog tartozni.

11. ábra A vizsgált múzeumi gép 1:48 méretarányú makettje

A cikk elkészítéséért külön köszönet a RAF Museum gyűjteményvezetőjének, Andrew Simpson úrnak. Special thanks for Mr. Andrew Simpson.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Andrew Simpson: Fiat Cr. 42 Individual History url:https://www.rafmuseum.org.uk/documents/collections/78-AF-952-Fiat-CR42-Falco.pdf
[2] Nicola Ravaioli: Celestino Rosatelli
[3] url: https://rietinvetrina.it/arte-cultura/personaggi-della-memoria-di-rieti/celestino-rosatelli/
[4] Tobak Tibor: Pumák földön-égen. Háttér könyvkiadó, Budapest, 1992.
[5] William Pearce: Fiat Cr. 42 DB Fighter
[6] url:https://oldmachinepress.com/2016/07/13/fiat-cr-42-db-fighter/
[7] Bonhardt Attila-Sárhidai Gyula-Winkler László: A Magyar Királyi Honvédség fegyverzete. Zrínyi Katonai Könyv –és Lapkiadó, 1992
[8] Kenneth Munson: A II. világháború repülőgépei. Műszaki Könyvkiadó, 1995

AN OUTLINE OF THE FIAT Cr.42 FIGHTER'S CHARACTERISTICS, USING A PLANE PRESERVED IN A MUSEUM

The Fiat Cr.42 is a type in Hungarian and international aviation history that was undeservedly forgotten. As to the characteristics of its design and structure, it is one of the last examples of a period of development that spanned almost three decades. It entered service in Hungary, among other countries, and it performed well in the Royal Hungarian Air Force. However, there are no extant planes, pieces of wreckage of it preserved in Hungary. In 2017 he writer of this article had the opportunity to examine in detail one of the last surviving Fiat Cr.42s, and was able to study its structural and technical details. The plane in the collection of the Royal Air Force of the United Kingdom is authentic, and its build is identical to the ones which were used in Hungary.

Keywords: *Royal Hungarian Air Force, Fiat Cr. 42, fighter plane, biplane, aviation history*

Ozsváth Sándor százados	Capt. Sandor Ozsvath
Századparancsnok	Squadron leader
MH. 24. Bornemissza Gergely Felderítő Ezred	MH 24th Bornemissza Gergely Reconnaissance Regiment
Piótanélküli Felderítő Század	UAV Squadron
ozsvath.sandor@mil.hu	ozsvath.sandor@mil.hu
orcid.org/0000-0002-1043-7076	orcid.org/0000-0002-1043-7076

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-21-0475_Ozsvath_Sandor.pdf

Beneda Károly, Ladislav Főző

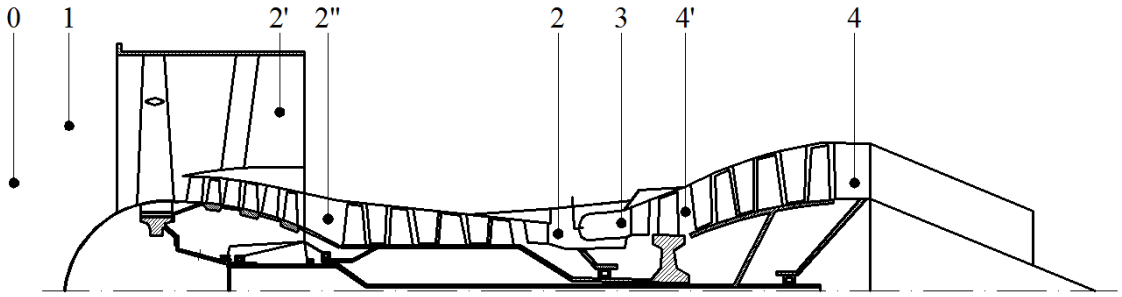
A CFM LEAP-1A HAJTÓMŰ KÖZELÍTŐ TERMODINAMIKAI ANALÍZISE

Napjaink hajtóművei az egyre kisebb tüzelőanyag-fogyasztás miatt folyton növekvő kétáramúsági fokkal és kompresszor nyomásviszonnyal rendelkeznek. Előbbi a propulziós, utóbbi pedig a termikus hatásfok javításáért felelős. Míg az egy-két évtizeddel ezelőtt fejlesztett polgári gázturbináknál a nyomásviszony a 30…35 közötti tartományban volt jellemző, miközben 5…6 környéki kétáramúsági fokok domináltak, addig napjainkra ezek az értékek számottevően megemelkedtek. Az utasszállító repülőgépek piacán az egyik legkelendőbb típus az Airbus egyfolyosós családja, az A320. Ennek az újrahajtóművezését a „new engine option" rövidítéséből származó „neo" megnevezéssel illetik, és két nagy hajtóműgyár, a Pratt & Whitney, valamint a CFM International kínál hozzá jelentősen továbbfejlesztett erőforrásokat. Az utóbbi termékét, a CFM LEAP-1A termodinamikai elemzését mutatjuk be ebben a cikkben, összehasonlítva a gyár korábbi hajtóművével, a CFM56-5B-vel.

***Kulcsszavak**: ultranagy kétáramúsági fok, gázturbinás sugárhajtómű, CFM LEAP-1A, Airbus A320neo, termodinamikai analízis, LabVIEW*

BEVEZETÉS

Napjaink utasszállító repülőgépeinek jelentős része nagy kétáramúsági fokú gázturbinás sugárhajtóművekkel van felszerelve, ahol a kedvező propulziós hatásfokot úgy lehetséges elérni, hogy a hagyományos egyáramú sugárhajtóművekhez képest létrehoznak egy másodlagos levegőáramlást is, amely mérsékeltebb felgyorsítást szenved a külső áram fúvócsövében, ezáltal csekélyebb energia befektetést igényel [1]. Cserébe jelentős mennyiségű levegőt kell megmozgatni, ezt az 1. ábrán lehet nyomon követni, ahol egy tipikus nagy kétáramúsági fokú gázturbinás sugárhajtómű metszeti képe és jellegzetes keresztmetszetei láthatóak. Ezek alapján a kétáramúsági fokot, amelyet ebben a cikkben α-val jelölünk, a külső és a belső áramba kerülő tömegáramok viszonyaként definiálhatjuk, ahogyan azt az (1) egyenletben olvashatjuk.



1. ábra Nagy kétáramúsági fokú gázturbinás sugárhajtómű hosszmetszete a jellegzetes keresztmetszetek megnevezésével

$$\alpha = \frac{\dot{m}_{II}}{\dot{m}_{I}} \tag{1}$$

Az elmúlt évtizedekben számos különböző kivitel készült eltérő kétáramúsági fokokkal, amelyeknek összefoglaló leírását az 1. táblázatban láthatjuk.

Kétáramúsági fok tartománya	Megnevezés	Alkalmazás
0	egyáramú sugárhajtómű	alárendelt célokra (célrepülőgépek, vitorlázó repülőgépek segédhajtóműve, stb.)
0,2–3	kis kétáramúsági fokú sugárhajtómű	katonai hajtóművek, nagy repülési Mach-számok
4–6	nagy kétáramúsági fokú sugárhajtómű	általánosan elterjedt polgári repülőgépek, ill. katonai szállítógépek meghajtására
8–12	ultranagy kétáramúsági fokú sugárhajtómű	napjaink újonnan fejlesztett hajtóművei csökkentett fogyasztással és károsanyag-kibocsátással

1. táblázat Különböző kétáramúsági fokok tartományai

Mivel a kétáramúsági fok szoros összefüggésben áll a propulziós hatásfokkal, ennek a jellemzőnek a növelése kívánatos a hajtóműgyártók számára. Viszont meg kell említeni, hogy természetesen hátrányokkal is jár a megnövelt érték alkalmazása, mert a nagyobb méretek miatt nehezebb hajtóművet kapunk, továbbá a nagyobb ventilátor teljesítményigényét a turbinának fedeznie kell. Ezért nem lehetett egy-két évtizeddel ezelőtt még ilyen hajtóművek széleskörű elterjedését tapasztalni, mert először a technológiának kellett elérnie azt a szintet, ahol a fentebb említett követelményeknek már eleget lehet tenni. Ettől függetlenül ki kell jelenteni, hogy bár a hajtómű fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása jóval kedvezőbb lesz elődjeinél a megnövelt kétáramúsági fok hatására, de a repülőgéppel egybeépítve, rendszerként szemlélve egységüket már nem ilyen egyértelmű a helyzet. A nagyobb felületek növelik a légellenállást, az emelkedő tömeg pedig a repülésmechanikai tulajdonságokra van káros hatással. Tehát jóval nagyobb ugrást kell elérni a fajlagos fogyasztás csökkentésében, hogy a szükségképpen előálló káros tendenciák nagyságrendje ne legyen számottevő.

A CFM LEAP[1]-1A RÖVID ISMERTETÉSE

A CFM International cég az amerikai General Electric és a francia SNECMA[2] (ma a Safran Group tagja) közös vállalkozásaként jött létre még az 1970-es években, amikor az első, CFM56-2 típusmegjelölésű hajtóművet létrehozták. Ennek nem volt számottevő sikere, csupán régebbi repülőgépek korszerűsítésénél használták a régi, kis kétáramúsági fokú hajtóművek lecserélésére [2].

Az átütő siker az 1980-as években következett be, amikor a Boeing gyár a B737 új szériájának ezt az erőforrást választotta (ez volt a CFM56-3 változat, kissé csökkentett méretekkel). Ez még a hagyományos hidromechanikus szabályozással rendelkezett, némi elektronikus rásegítéssel, de az első teljes hatáskörű, digitális szabályozásra (FADEC[3]) még az 1980-as évek végéig kellett várni, amikor az Airbus A320 típuscsaládon bevezették a CFM56-5 sorozatot. Egy további fejlesztés az 1990-es évek második felében jelent meg, CFM56-7B néven, a Boeing B737 Next Generation repülőgépek számára.

Az elmúlt két évtizedben a gyár nem készített új változatot, más futó típusok (pl. GE90, GEnx, vagy a Pratt & Whitney-vel közösen fejlesztett GP7200) alapján technológia-transzfert

[1] LEAP: Leading Edge Aviation Propulsion, fejlett repülőgép-hajtómű
[2] SNECMA: Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'aviation
[3] FADEC: Full Authority Digital Electronic Control, teljes hatáskörű digitális elektronikus (hajtómű) szabályozás

valósítottak meg, azaz kisebb módosításokat vezettek be a már gyártásban lévő változatokon, hogy azok teljesítményét és gazdaságosságát fokozni lehessen. Ahogy az új típus elnevezése, a LEAP betűszó eredeti jelentése is sejteti, itt nagyobb ugrás várható a korábbi fejlesztésekhez mérten, és emiatt szakítottak a korábbi típusmegjelöléssel. Magának a gázturbinának a leírása meghaladja e cikk kereteit, így a rövid bemutatást követően most csak a termodinamikai számítást részletezzük.

A CFM LEAP-1 hajtóműcsalád három különböző változatban készül, az –A verziót az A320neo, a –B variánst a Boeing B737MAX, végül pedig a –C változatot a kínai COMAC C919 repülőgépek meghajtására szánják [3]. Ez a rövid leírás most a LEAP-1A modifikációt mutatja be vázlatosan.

Ahogy az fentebb már elhangzott, a típus az ultranagy kétáramúsági fokú hajtóművek jelenleg még nem túlzottan népes családjába tartozik, a maga $\alpha = 11:1$ értékével a korábbi típusoknak közel kétszeresét képviseli. A javuló propulziós hatásfok mellett fontos a termikus hatásfok javítása is, emiatt a kompresszor nyomásviszonyát is növelték, ez ebben az esetben $\pi_K^* = 40:1$. Fontos megjegyezni, hogy a nagynyomású kompresszor tekintetében értek el igen jelentős előrelépést, a régi CFM56 gázgenerátora ugyanis 11:1 nyomásviszonyt ért el kilenc fokozattal, most 10 fokozat hoz létre 22:1 nyomásviszonyt [4].

A konstrukció tekintetében megtartották a CFM56 családnál jellemző két forgórészes kialakítást, ami a kisnyomású kompresszort kedvezőtlenül érinti, hiszen nagy az átmérőbeli különbség az együtt forgó ventilátor és az utána következő belső árambeli fokozatok között, ez utóbbiak (a buszter fokozatok) jóval kisebb kerületi sebességgel mozognak, következésképpen kisebb nyomásviszonyt tudnak létrehozni. A fenti adatok tükrében könnyen kiszámítható, hogy a ventilátor és a 3 buszter fokozat alkotta kisnyomású kompresszor mindössze 1,82:1 nyomásviszonnyal rendelkezik.

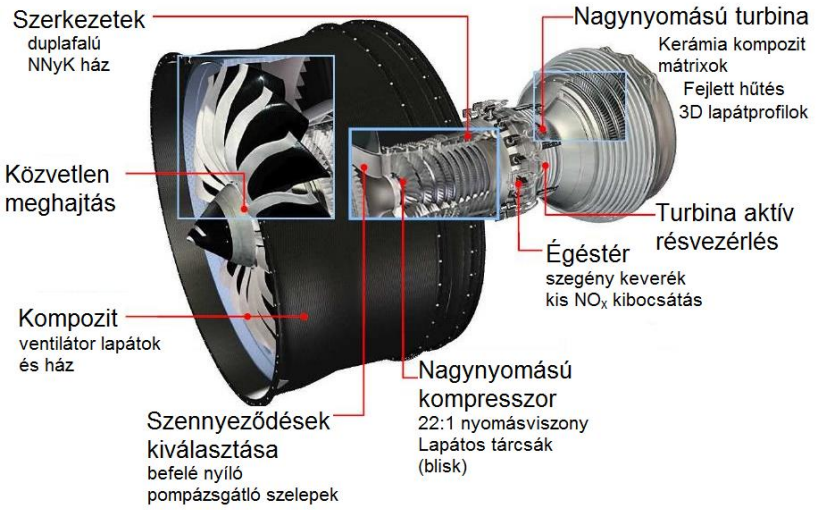
A ventilátorban kompozit lapátokat és házat alkalmaznak, amely jelentős tömegcsökkenést eredményez a hagyományos fémépítésű szerkezetekhez képest [3], bár így is közel 500 kg növekedés könyvelhető el a megnövekedett méretek miatt (a CFM56-5 2500 kg-ról [5] a LEAP-1A 3008 kg-ra nőtt [6]).

A nagynyomású kompresszorban előszeretettel alkalmazzák a lapátos tárcsákat (blisk[4]), ami tömegcsökkentést eredményez, mert a lapátnak nem kell a tárcsában való rögzítését megvalósítani, hiszen egy anyagból készülnek, ezáltal a lapátgyök elhagyható, a konstrukció egyszerűsödik. Természetesen sérülés esetén nem lehet egyedi lapátokat cserélni, ezért kulcsfontosságú, hogy szennyeződés, szilárd testek ne kerülhessenek be a nagynyomású kompresszorba. Erről a módosított pompázsgátló szelepek gondoskodnak, amelyek a LEAP hajtóműveken már befelé nyílnak, ezáltal jobban „kiemelik” az áramlásból az oda nem illő szennyeződéseket.

Nagy előrelépést jelent az égéstér, amely előkeveréses kétkoszorús kialakítással rendelkezik, ezáltal számottevő mértékben csökkenthető a károsanyag-kibocsátás, mert kizárólag szegény keverékkel történő égés zajlik [7]. Az elnyújtott, kettős égési zóna, valamint a tüzelőanyag előkeverése jobb égési hatásfokot, ezáltal tovább javuló tüzelőanyag-felhasználást eredményez [8].

[4] blisk: bladed disk, lapátos tárcsa

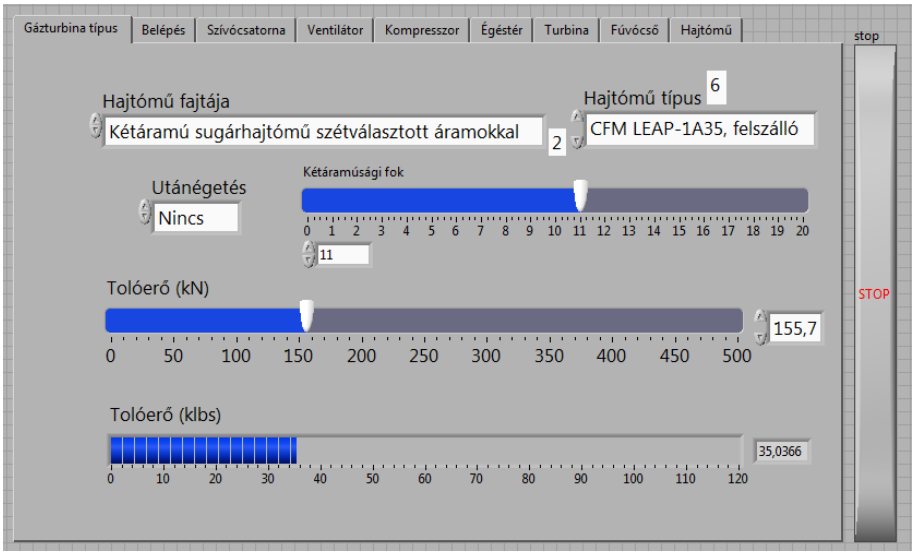
A turbinában alkalmazott háromdimenziós lapátprofilok jobb hatásfokot biztosítanak, miközben az alkalmazott kerámia kompozit mátrixok pedig a turbina előtti hőmérséklet növelését eredményezik. Sajnos a CFM International nem közölt efféle értékeket, így számításainkban más, napjainkbeli fejlesztés hasonló adataira kell támaszkodnunk.



2. ábra A CFM LEAP-1A főbb jellemzői ([9] nyomán)

A CFM LEAP-1A KÖZELÍTŐ TERMODINAMIKAI VIZSGÁLATA

A termodinamikai vizsgálatot a LabVIEW grafikus fejlesztőkörnyezetben létrehozott szoftverrel végeztük el. Ebben szabványos egydimenziós egyszerűsített képleteket alkalmazunk, amelyek részletes leírása a következőkben olvashatóak. Mivel elemzésünkben tengerszinti statikus állapotot vizsgáltunk felszálló üzemmódon, ez jelentősen egyszerűsítette a számítási algoritmust is, bár a program maga képes lenne ettől eltérő (pl. utazó) körülmények figyelembe vételére is, egyelőre ilyen adatok még nem állnak rendelkezésre, így esett a választás a felszálló tolóerő esetére.



3. ábra A LabVIEW szoftver fő képernyője

Tekintettel arra, hogy a cikk terjedelme nem teszi lehetővé a LabVIEW program részletes ismertetését, itt csupán egy rövid vázlatos bemutatásra szorítkozunk. A szoftver részben még fejlesztés alatt áll, későbbiekben többfunkciós kialakításban többféle gázturbina típus számítására is képes lesz, jelen állapotban az egy- és kétáramú sugárhajtóművek számítása megoldott.

A kezdőképernyőn egy lapozható nézetet láthatunk, amint azt a 3. ábra. ábra illusztrálja. Ezek közül az első lapon található a lényegi beállítás, hogy milyen hajtóművet szeretnénk számítani.

Amint kiválasztottuk a kívánt típust (az alapértelmezett beállítást a szabadon választható paraméterek jelentik), a számítás automatikusan megkezdődik, és a további fülekre kattintva az adott gépegység részletei jeleníthetőek meg.

A szívócsatorna számítása

A fentebb említett tengerszinti statikus állapot azt jelenti, hogy a szívócsatorna előtti statikus és torlóponti állapotjelzők megegyeznek, és a Nemzetközi Egyezményes Légkör értékeivel számolunk.

$$\begin{aligned} p_0 &= p_0^* = 1{,}01325\,bar \\ T_0 &= T_0^* = 288\,K \end{aligned} \tag{2}$$

A szívócsatornára legjellemzőbb mennyiség az össznyomás-visszanyerési tényező, amely megmutatja, hogy a belépő torlóponti nyomásnak mekkora hányada hasznosítható a kilépésnél. Mivel a szívócsatorna nagyon rövid (lásd 4. ábra), keresztmetszete kellően nagy, ezáltal számottevő tömegáram bevezetését teszi lehetővé minimális veszteségekkel, 99%-nyi értéket választottunk:

$$\sigma_{sz} = \frac{p_1^*}{p_0^*} = 0{,}99 \rightarrow p_1^* = 0{,}99\,p_0^* = 1{,}003\,bar \tag{3}$$

4. ábra A CFM LEAP-1A szívócsatornája (a szerzők felvétele)

A ventilátor számítása

A ventilátorról termodinamikai oldalról sajnos semmilyen információ nem áll rendelkezésre, nem közöltek még sem nyomásviszonyt, sem pedig hatásfokot. Ezért a következő feltételezésekkel kell élnünk:

- a nyomásviszony a korábbiakhoz képest csökkenő tendenciát kell mutasson, bár a technológia egyre nagyobb kerületi sebességeket és fokozati nyomásviszonyokat tenne lehetővé (pl. a Rolls-Royce Trent 700 hajtómű ventilátorának 1,8:1 nyomásviszonya van egyetlen fokozatból), de a növekvő levegőátfutás nem teszi lehetővé, mert a turbinának egyszerűen nem lenne elégséges rendelkezésre álló teljesítménye. A választott becsült nyomásviszony $\pi_V^* = 1{,}4{:}1$, mert
  - a CFM56-5 ventilátorának kerületi sebessége a 68,3 hüvelyk átmérőből és 5200 1/min fordulatszámából adódóan:

$$u_{1k} = \frac{D\pi n}{60} = \frac{\left(68{,}3\,inch \cdot 0{,}0254\,\frac{m}{inch}\right)\cdot \pi \cdot 5200\,\frac{1}{\min}}{60\,\frac{s}{\min}} = 472{,}3\,\frac{m}{s} \tag{4}$$

  - Ezzel a kerületi sebességgel az elért nyomásviszony 1,55:1 [10].
  - A CFM LEAP-1A maximálisan megengedett kisnyomású forgórész fordulatszáma 3894 1/min, 78 hüvelykes ventilátor átmérő mellett:

$$u_{1k} = \frac{D\pi n}{60} = \frac{\left(78\,inch \cdot 0{,}0254\,\frac{m}{inch}\right)\cdot \pi \cdot 3894\,\frac{1}{\min}}{60\,\frac{s}{\min}} = 403{,}9\,\frac{m}{s} \tag{5}$$

  - Ez közel 14,5%-os csökkenést jelent (az eredeti 85,5%-ára), de tudjuk, hogy a kialakuló nyomásnövekedés közelítőleg a kerületi sebesség négyzetével arányos, így arra a CFM56-5-éhez képest 73%-nyi nyomásnövekedés várható:

$$\Delta p_{v,CFM56} = 0{,}65\,bar \rightarrow \Delta p_{v,LEAP} = 0{,}55\,bar \cdot 0{,}73 = 0{,}4015 \rightarrow \pi^*_{v,LEAP} = 1{,}4 \tag{6}$$

- A ventilátor politrópikus hatásfokára 92%-ot választottunk, mert jóval korábbi dokumentumok [11] is említenek 92%-nyi politrópikus hatásfokot a ventilátorban.

Ezáltal a ventilátor kilépő paraméterei:

$$p^*_{2'} = p^*_1 \pi^*_{v,LEAP} = 1{,}003\,bar \cdot 1{,}4 = 1{,}404 \tag{7}$$

$$T^*_{2'} = T^*_1 \left(\pi^*_{v,LEAP}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa \eta_p^K}} = 288\,K \cdot (1{,}4)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4\cdot 0{,}92}} = 319{,}7\,K \tag{8}$$

A LabVIEW program automatikus iterációt használ az adiabatikus kitevő változása miatt. A számítások szerint a ventilátorban bekövetkező hőmérséklet-változás hatására a κ = 1,39997 értéket vesz fel, ezért itt még a névleges 1,4-es értékkel számoltunk.

A kompresszor számítása

A kompresszor számítása lényegében azonos az előzőével, itt kiindulásként a teljes sűrítés 40:1 nyomásviszonyának és a ventilátor nyomásviszonyának hányadosa marad fenn:

$$\pi^*_{k,LEAP} = \frac{\pi^*_{teljes,LEAP}}{\pi^*_{v,LEAP}} = \frac{40}{1{,}4} \approx 28{,}6 \tag{9}$$

Egy további fontos nyomásviszony a nagynyomású kompresszoré, ebből pedig megállapítható a kisnyomású kompresszor buszter fokozatainak hatása:

$$\pi^*_{buszter,LEAP} = \frac{\pi^*_{k,LEAP}}{\pi^*_{NNyK,LEAP}} = \frac{28,6}{22} \approx 1,299 \tag{10}$$

Bár három kompresszor fokozatról van szó, a csekély nyomásviszonyt mégis reálisnak ítélhetjük, tekintettel a kis fordulatszámra, amellyel a kisnyomású kompresszor forog, és a kis átmérőre a nagyméretű ventilátor mögött.

Ezek alapján a kisnyomású kompresszor kilépésénél mérhető értékek:

$$p^*_{2''} = p^*_{2'}\pi^*_{buszter,LEAP} = 1,404\,bar \cdot 1,299 = 1,823\,bar \tag{11}$$

$$T^*_{2''} = T^*_{2'}\left(\pi^*_{buszter,LEAP}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa\eta^K_p}} = 319,7\,K \cdot (1,299)^{\frac{1,399-1}{1,399\cdot 0,92}} = 346,7\,K \tag{12}$$

Ebben a lépésben már csekély mértékben változó adiabatikus kitevőt tapasztalhatunk.

A nagynyomású kompresszor kilépésénél már sokkal nagyobb értékeket találunk:

$$p^*_2 = p^*_{2''}\pi^*_{NNyK,LEAP} = 1,823\,bar \cdot 22 = 40,12\,bar \tag{13}$$

$$T^*_2 = T^*_{2''}\left(\pi^*_{NNyK,LEAP}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa\eta^K_p}} = 346,7\,K \cdot (22)^{\frac{1,375-1}{1,375\cdot 0,92}} = 863,7\,K \tag{14}$$

A kompresszor kilépő hőfoka $t_2^* \in 590°C$-ot jelent, de ez napjainkban teljességgel megszokott érték.

Az égéstér számítása

Az égéstérben szintén nehézségekbe ütközik a számítás, hiszen alapvető információk híján csupán becsléseket végezhetünk. Megfontolásaink a következőek voltak:

- a turbina előtti gázhőmérséklet a korszerű repülőgép-hajtóművekben elérheti az 1550°C-ot is [12], bár várhatóan ennél a típusnál NEL körülmények között ez még nem alakul ki, így a számításunkban valamelyest kisebb értéket tartottunk reálisnak:

$$T^*_3 = 1773\,K \rightarrow t^*_3 = 1500\,°C \tag{15}$$

- Az égéstér nyomásvesztesége a kompresszor kilépő nyomásához képest a repülőgéphajtóművekben 4–7% szokott lenni. Itt a veszteség alsó határát feltételezve, az égéstér össznyomás-visszanyerési tényezője:

$$\sigma_{é} = 0,96 \tag{16}$$

- A névleges égési hatásfokot a TAPS égéstérben 99,5%-nak vettük, vagyis mindössze 0,5%-nyi elégetlen szénhidrogénnel számolunk:

$$\eta_{é} = 0,995 \tag{17}$$

Ezek alapján meghatározható az égéstérből kilépő nyomás, valamint a relatív tüzelőanyag-hányad (q_T). Ezekben a kerozinra jellemző fűtőérték 42 MJ/kg, az elméleti levegőmennyiség pedig L_0 = 14,72 $kg_{levegő}$ / $kg_{tüzelőanyag}$ értékkel került figyelembe vételre. A közölt izobár fajhő értékeket a program határozta meg az adott hőmérséklet-tartományokra, a mindenkor érvényes tüzelőanyag-mennyiség figyelembevételével. Mivel előre nem lehet tudni, hogy mekkora tüzelőanyag-betáplálásra van szükség, a nevezőben ezért választjuk szét a tiszta levegő és a

sztöchiometrikus keverési arányhoz (γ = 1) tartozó hőmennyiségeket, hiszen abban biztosak lehetünk, hogy az égésgáz ideális viszonyok között éppen annyi levegőt használ fel, amennyit a tüzelőanyag kémiai összetétele megkíván.

$$p_3^* = p_2^* \sigma_{é} = 40{,}11\,bar \cdot 0{,}96 = 38{,}52\,bar \tag{18}$$

$$q_T = \frac{\dot{m}_{tüa}}{\dot{m}_2} = \frac{c_{p,lev}\Big|_{T_0}^{T_3^*} T_3^* - c_{p,lev}\Big|_{T_0}^{T_2^*} T_2^*}{H_a \eta_{é} - (1+L_0)\cdot c_{p,\gamma=1}\Big|_{T_0}^{T_3^*} T_3^* + L_0 c_{p,lev}\Big|_{T_0}^{T_3^*} T_3^*} = \tag{19}$$

$$= \frac{1{,}1325\,\frac{kJ}{kgK}\cdot 1773\,K - 1{,}050\,\frac{kJ}{kgK}\cdot 863{,}7\,K}{42000\,\frac{kJ}{kg}\cdot 0{,}995 - (1+14{,}72)\cdot 1{,}256\,\frac{kJ}{kgK}\cdot 1773\,K + 14{,}72\cdot 1{,}1325\,\frac{kJ}{kgK}\cdot 1773\,K} = 0{,}0277$$

Mivel a fajlagos tüzelőanyag-hányad 2,77%-ot tesz ki, a szokásos értéke pedig 2 és 3% közé szokott esni, teljességgel reálisnak nevezhető a kapott eredmény.

A turbina számítása

A turbina számítását két részletben végezzük el, hogy a hajtómű által a kisnyomású turbina belépésénél mért gázhőmérséklettel összehasonlítást tehessünk. A turbinában, mivel a terjeszkedés folyamata során a viszonyok éppen fordítottak a kompresszoréhoz képest, a politrópikus hatásfok alacsonyabb értéket képvisel, és minél nagyobb a nyomásviszony, annál csekélyebb lesz. Mivel itt a megnövekedett ventilátor teljesítmény jelentősebb nyomásviszonyt kíván, jelen számításban 87,5%-os értékkel számolunk, emellett a kompresszorból összesen 10%-nyi levegőelvételt veszünk figyelembe, amelyből 7,5%-nyit használhat a hajtómű belső hűtőlevegőként (tekintettel az alkalmazott új kerámia anyagokra, a szokásoshoz képest néhány százalékponttal csökkentett adatokat vettünk):

$$\eta_p^T = 0{,}875; \qquad \delta = 0{,}1; \quad \delta_h = 0{,}075 \tag{20}$$

Ahhoz, hogy a turbina energiamérlegét felírjuk, szükségünk van a kompresszorok fajlagos teljesítményszükségletére. Ebben meg kell különböztetnünk a belső áramot, illetve a ventilátort, mert ez utóbbinak jóval nagyobb a levegőátfutása, aminek teljesítményigényét viszont a turbina kisebb tömegáramból kell fedezzen.

$$w_K = c_{p,lev}\Big|_{T_{2'}^*}^{T_2^*}\left(T_2^* - T_{2'}^*\right) = 1{,}053\,\frac{kJ}{kgK}\left(863{,}7\,K - 319{,}7\,K\right) = 572{,}448\,\frac{kJ}{kg} \tag{21}$$

A ventilátor fajlagos teljesítményigényénél tehát figyelembe kell venni, hogy rajta a belső áramhoz képest (1 + α)-szoros levegőmennyiség halad át, a fajlagos munkát is ekképpen kell számítani:

$$w_V = (1+\alpha) c_{p,lev}\Big|_{T_1^*}^{T_{2'}^*}\left(T_{2'}^* - T_1^*\right) = 12\cdot 1{,}005\,\frac{kJ}{kgK}\left(319{,}7\,K - 288\,K\right) = 382{,}391\,\frac{kJ}{kg} \tag{22}$$

Jelen vizsgálat szempontjából fontos a nagynyomású kompresszor munkája is, ami azonban a buszter fokozatok csekély nyomásviszonya miatt nem sokkal marad el a belső áram teljesítményigényétől:

$$w_{NNyK} = c_{p,lev}\Big|_{T_{2''}^*}^{T_2^*}\left(T_2^* - T_{2''}^*\right) = 1{,}055\,\frac{kJ}{kgK}\left(863{,}7\,K - 346{,}7\,K\right) = 545{,}299\,\frac{kJ}{kg} \tag{23}$$

Ebből fakadóan a teljes turbinaegység kilépésénél mérhető paraméterek a következőképpen határozhatóak meg. A (25)-ös képletben a ζ a fajlagos teljesítményelvételt jelenti a segédberendezések számára. Ennek értékét becsülhetjük, a [6] alapján a maximális generátor teljesítmény 129 kW, a hidraulika szivattyúnak pedig a maximális nyomatéka 14,7 m·daN, miközben az áttétele a nagynyomású forgórészhez képest 0,211:1. Így a belőle származó teljesítményigény:

$$w_{hidr} = M_{hidr} \cdot \omega_{hidr} = 147\,Nm \cdot \frac{16645\,\frac{1}{\min} \cdot 0{,}211 \cdot 2\pi}{60} = 54{,}1\,kW \tag{24}$$

A két repülőgép által igényelt segédberendezés meghajtása tehát nem igényel több teljesítményt, mint 200 kW. Amennyiben a gázturbina olaj- és tüzelőanyag szivattyúinak teljesítményigényét szeretnénk meghatározni, tipikus nagyságrendjük 10–20 kW szokott lenni, tehát azt mondhatjuk, hogy ha ezen segédberendezések együttes teljesítményigényét 50 kW-nak feltételezzük, az minden bizonnyal fedi a valóságot. A teljes segédberendezés teljesítményigény nagyságrendje tehát közel 250 kW, a turbina teljesítménye előreláthatólag az 50 MW nagyságrendbe fog esni, így a segédberendezések fajlagos teljesítményfelvételét 0,5%-ban határoztuk meg.

Egy további problémát jelent a közepes izobár fajhőnek a meghatározása, azonban egy becsült kezdő T_4^* kilépő hőfok felhasználásával iterációt hozhatunk létre, amelyet a LabVIEW program valósít meg. A (24) egyenletben látható értékek az iteráció végeredményeit mutatja be.

$$T_4^* = T_3^* - \frac{w_V + w_K}{(1-\delta)(1+q_T)(1-\zeta)c_{p,gáz}\Big|_{T_4^*}^{T_3^*}} = 1773\,K - \frac{954{,}839\,\frac{kJ}{kg}}{(1-0{,}1)(1+0{,}0277)(1-0{,}005)1{,}25\,\frac{kJ}{kgK}} = 895\,K \tag{25}$$

Ez a végérték a turbina kilépésénél t_4^* = 622 °C hőmérsékletet jelent, amely teljességgel megfelel a napjainkban szokásos értékeknek. Ezt követi az a számítás, amely a két turbina egység közötti hőmérsékletet határozza meg a nagynyomású kompresszor teljesítményigénye alapján:

$$T_{4'}^* = T_3^* - \frac{w_{NNyK}}{(1-\delta)(1+q_T)(1-\zeta)c_{p,gáz}\Big|_{T_{4'}^*}^{T_3^*}} = 1773\,K - \frac{545{,}299\,\frac{kJ}{kg}}{(1-0{,}1)(1+0{,}0277)(1-0{,}005)1{,}279\,\frac{kJ}{kgK}} = 1282\,K \tag{26}$$

A nagynyomású turbina kilépésénél, ahol a CFM LEAP-1A hajtómű kilépő gázhőmérséklet érzékelői találhatóak, az EASA típusalkalmassági bizonyítvány [6] adatai alapján a maximálisan megengedett gázhőmérséklet 1060 °C. Jelen számítás által adott eredmény pedig $t_{4'}^*$ = 1009°C-ot jelent. Ez szintén megfelel az elvárásoknak, hiszen nem a maximálisan megengedett környezeti hőmérsékletnél végezzük a vizsgálatainkat, hanem a NEL szerinti névleges értéken, ez értelemszerűen némi csökkenést eredményez.

A turbinaegységek kilépő nyomásait az alábbi egyenletekkel kaphatjuk meg:

$$p_4^* = p_3^* \left(\frac{T_4^*}{T_3^*}\right)^{\frac{\kappa_g}{(\kappa_g - 1)\eta_p^T}} = 38{,}52\,bar \cdot \left(\frac{895\,K}{1773\,K}\right)^{\frac{1{,}299}{0{,}299 \cdot 0{,}875}} = 1{,}52\,bar \tag{27}$$

Ezzel a teljes turbinaegység nyomásviszonya:

$$\pi_T^* = \frac{p_3^*}{p_4^*} = \frac{38{,}52\,bar}{1{,}52\,bar} = 25{,}34 \tag{28}$$

A nagynyomású turbina kilépő nyomását hasonló elven az ott érvényes hőmérsékletviszonyból és adiabatikus kitevőből határozhatjuk meg:

$$p_{4'}^{*} = p_3^{*}\left(\frac{T_{4'}^{*}}{T_3^{*}}\right)^{\frac{\kappa_g}{(\kappa_g-1)\eta_p^T}} = 38{,}52\,bar \cdot \left(\frac{1282\,K}{1773\,K}\right)^{\frac{1{,}291}{0{,}291\cdot 0{,}875}} = 8{,}046\,bar \tag{29}$$

Így tehát a nagynyomású, valamint a kisnyomású turbinák nyomásviszonyai:

$$\pi_{NNyT}^{*} = \frac{p_3^{*}}{p_{4'}^{*}} = \frac{38{,}52\,bar}{8{,}046\,bar} = 4{,}787 \rightarrow \pi_{KNyT}^{*} = \frac{\pi_T^{*}}{\pi_{NNyT}^{*}} = \frac{25{,}34}{4{,}787} = 5{,}294 \tag{30}$$

Fúvócsövek számításai

Mivel a hajtómű szétválasztott áramokkal rendelkezik, ezáltal két hasonló jellegű számítást kell elvégeznünk, amelyeket itt táblázatos formában közlünk. A külső áram, valamint a turbina utáni diffúzor össznyomás-visszanyerési tényezőjét viszonylag nagyra választottuk, tekintettel arra, hogy nincsenek jelentős akadályok egyik áramlás útjában sem, csak a belső felületek súrlódásából adódó veszteséget kell számításba venni. A fúvócső hatásfokot szintén hasonló megfontolások alapján nagy értékeket határoztunk meg; mivel a fúvócső izentrópikus hatásfoka a sebességtényező négyzete, a választott értékek közel 1%-nyi sebességveszteséget jelentenek. Mivel a kritikus nyomásviszony az anyagjellemzőktől függően 1,85–1,89 tartományba szokott esni, megállapítható, hogy mindkét fúvócső messze a kritikus alatt, teljes expanzióval dolgozik, és kizárólag konfúzoros geometria indokolt. Mivel a fúvócsövek teljes expanziót valósítanak meg, emiatt tolóerő csakis a sebességekből fakad.

Jellemző	Külső áram	Belső áram
Össznyomás-visszanyerési tényező	$\sigma_{II} = \frac{p_{6'}^{*}}{p_{2'}^{*}} = 0{,}995$	$\sigma_{TUD} = \frac{p_6^{*}}{p_4^{*}} = 0{,}995$
Fúvócső hatásfok	$\eta_{s,F2} = 0{,}98$	$\eta_{s,F1} = 0{,}98$
Fúvócső belépő torlóponti nyomás	$p_{6'}^{*} = p_{2'}^{*}\sigma_{II} = 1{,}397\,bar$	$p_6^{*} = p_4^{*}\sigma_{TUD} = 1{,}512\,bar$
Fúvócső rendelkezésre álló nyomásviszony	$\pi_{FRÁ'} = \frac{p_{6'}^{*}}{p_0} = 1{,}379$	$\pi_{FRÁ} = \frac{p_6^{*}}{p_0} = 1{,}492$
Kilépő sebesség	$c = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1}RT^{*}\left[1-\left(\frac{1}{\pi_{FRÁ}}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right]\eta_{s,F}}$	
	$c_{8'} = 235\,\frac{m}{s}$	$c_8 = 438{,}6\,\frac{m}{s}$
Fajlagos tolóerő	$F_{tf,II} = \frac{\alpha}{1+\alpha}c_{8'} = 215{,}4\,\frac{m}{s}$	$F_{tf,I} = \frac{1}{1+\alpha}c_8 = 33{,}8\,\frac{m}{s}$
	$F_{tf} = \frac{\alpha}{1+\alpha}c_{8'} + \frac{1}{1+\alpha}c_8 = 249{,}2\,\frac{m}{s}$	

2. táblázat A fúvócsövek számítása

A hajtómű kimenő jellemzői

Mivel a maximálisan előállítható tolóerőt a gyártó 35 000 fontban határozta meg, ez metrikus mértékegységekben 155 744 N-nak felel meg. Ezt a számításokban 155,7 kN-nal közelítjük. Ebből rögtön meghatározható a belépő tömegáram, valamint a kétáramúsági fok ismeretében a belső és külső áramok is.

$$\dot{m}_0 = \frac{F_t}{F_{tf}} = \frac{155700\,N}{249{,}2\,{}^{Ns}\!/_{kg}} = 624{,}7\,kg \rightarrow \begin{cases} \dot{m}_I = \dfrac{1}{1+\alpha}\dot{m}_0 = \dfrac{1}{12}624{,}7\dfrac{kg}{s} = 52{,}1\dfrac{kg}{s} \\ \dot{m}_{II} = \dfrac{\alpha}{1+\alpha}\dot{m}_0 = \dfrac{11}{12}624{,}7\dfrac{kg}{s} = 572{,}6\dfrac{kg}{s} \end{cases} \tag{31}$$

Ismervén a hajtómű kompresszorából kilépő tömegáramhoz viszonyított fajlagos tüzelőanyag-hányadot, ezen adatok ismeretében kiszámolható a fajlagos fogyasztás, valamint a szükséges tüzelőanyag tömegáram is:

$$b_{fajl} = \frac{q_T(1-\delta)}{F_{tf}(1+\alpha)} = \frac{0{,}0277\cdot(1-0{,}1)}{249{,}2\,\frac{Ns}{kg}(1+11)} = 8{,}337\cdot 10^{-6}\,\frac{kg}{Ns} \tag{32}$$

$$\dot{m}_{tüa} = b_{fajl}\cdot F_t = 8{,}337\cdot 10^{-6}\,\frac{kg}{Ns}\cdot 155700\,N = 1{,}298\frac{kg}{s} \tag{33}$$

Ezzel a hajtómű termikus hatásfoka meghatározható az expanzió és kompresszió teljesítmények különbségének, mint rendelkezésre álló teljesítmény, valamint az égéstérben egységnyi idő alatt felszabaduló hőmennyiség, mint betáplált energia hányadosaként:

$$P_{\exp} = \dot{m}_3 c_{pg}\Big|_{T_4^*}^{T_3^*}\left(T_3^* - T_4^*\right) + \dot{m}_6 c_{pg}\Big|_{T_8^*}^{T_6^*}\left(T_6^* - T_8^*\right) + \dot{m}_{II} c_{pl}\Big|_{T_{8'}^*}^{T_{6'}^*}\left(T_{6'}^* - T_{8'}^*\right) = 50208\,kW + 20821\,kW = 71029\,kW$$

(34)

$$P_{komp} = \dot{m}_0 c_{pl}\Big|_{T_1^*}^{T_{2'}^*}\left(T_{2'}^* - T_1^*\right) + \dot{m}_I c_{pl}\Big|_{T_{2'}^*}^{T_2^*}\left(T_2^* - T_{2'}^*\right) = 19918\,kW + 29801\,kW = 49719\,kW \tag{35}$$

$$\eta_{term} = \frac{P_{\exp} - P_{komp}}{H_a \dot{m}_{tüa}} = \frac{71029\,kW - 49719\,kW}{42000\,\frac{kJ}{kg}1{,}298\,\frac{kg}{s}} = \frac{21309\,kW}{54521\,kW} = 39{,}1\% \tag{36}$$

Ez az érték nem túlzottan nagy, de tekintettel arra, hogy dinamikus kompresszió nincs a statikus helyzet miatt, és ebből fakadóan a nyomásviszony még nem túlzottan nagy, elfogadhatónak tűnik. Továbbá hozzá kell tenni, hogy az ideális viszonyok között megismert egyenlet (37) a gázturbinás sugárhajtómű termikus hatásfokára csak állandó adiabatikus kitevő mellett és egyáramú hajtómű számítására alkalmas.

$$\eta_{term,id} = 1 - \frac{1}{\pi_K^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \xrightarrow{\kappa=1{,}4;\,\pi_K=40} \eta_{term,id} = 65{,}1\% \tag{37}$$

ÖSSZEGZÉS

Mint minden számítást, természetesen valamilyen szinten ellenőrizni szükséges. Jelen esetben sajnos még hosszú időt kell várni, hogy a gyártó részletesebb adatokat is nyilvánosságra hozzon azokon túl, amelyek pl. a típusalkalmassági bizonyítványban feltüntetésre kerültek. Emiatt tehát ismét rendelkezésre álló adatokkal való összehasonlítást próbálunk végezni. Erre pedig

legalkalmasabb a CFM56-5B, amely az A320ceo, vagyis „classic engine option”, azaz régi hajtóművváltozata.

Az eredményeink azt mutatják, hogy a tömegáramban közel 37%-os növekedés állt be, a CFM56-5B maximálisan 439 kg/s tömegáramot képes szállítani [10]. Mindeközben ha a felületek arányait vesszük, akkor csupán 30%-ot tesz ki a nagyobb szívócsatorna többlet keresztmetszete, tehát valamelyest gyorsabban kell a beáramlást megvalósítani.

Legfontosabb, amit több forrás is megemlít [13], [14], hogy közel 15%-nyi fajlagos fogyasztás csökkenés várható az új hajtómű technológia révén. A rendelkezésre álló adatok alapján a CFM56-5B fajlagos fogyasztása felszálló üzemmódon 0,343 lb/lbh. Ezt a nem metrikus mértékegységek miatt először konvertáljuk teljes fogyasztásra, amit a tolóerővel való beszorzással tehetünk meg:

$$\dot{m}_{tüa,CFM\,56} = b_{fajl,CFM\,56} \cdot F_{t,CFM\,56} = 0{,}343\,\frac{lb}{lbh} \cdot 33000\,lb = 11319\,\frac{lb}{h} = 5134\,\frac{kg}{h} = 1{,}426\,\frac{kg}{s} \tag{38}$$

Bár már rögtön látszik, hogy nagyobb a fogyasztás, azt is meg kell említeni, hogy ezt ráadásul kicsivel kevesebb tolóerő létrehozása mellett biztosítja a régebbi erőforrás, tehát a fajlagos jellemzőkben bizonyosan további romlást fogunk tapasztalni. Mivel 33 000 lb = 146 844 N, így tehát a fajlagos fogyasztása a CFM56-5B-nek:

$$b_{fajl,CFM\,56} = \frac{\dot{m}_{tüa,CFM\,56}}{F_{t,CFM\,56}} = \frac{1{,}426\,\frac{kg}{s}}{146844\,N} = 9{,}711 \cdot 10^{-6}\,\frac{kg}{Ns} \tag{39}$$

Ezek alapján már megállapítható az eltérés a két különböző fejlettségű hajtómű között:

$$\frac{b_{fajl,LEAP}}{b_{fajl,CFM\,56}} = \frac{8{,}337 \cdot 10^{-6}\,{}^{kg}\!/_{s}}{9{,}711 \cdot 10^{-6}\,{}^{kg}\!/_{s}} = 0{,}8585 \approx 86\% \rightarrow \Delta b_{fajl} \approx 14\% \tag{40}$$

Mivel a közelítő számításunkat olyan paraméterek feltételezésével végeztük el, amelyek napjaink korszerű hajtóműveire általánosságban jellemzőek. Így eredményként megkaptuk azt a fajlagos fogyasztásban mutatkozó előnyt, amellyel már érdemes az új technológiát repülőgépre építeni. Mert bármennyire is tökéletesítik a gázturbinát, az mindenképpen a repülőgéppel egybeépítve rendszerként kell működjön, tehát ha tömegében, méreteiben növekvő tendenciát mutat, akkor más előnyei ellenére a sárkány-hajtómű együttes hátrányait is le kell küzdeni. Ekkora ugrásra tehát mindenképpen éveket, évtizedeket kellett várni, amikor a gázturbina több rendszerében előálltak olyan fejlesztések (pl. ventilátor, kompresszor, új égéstér, kerámia anyagok a turbinában stb.) amelyek együttesen emelték a technológiát arra a szintre, hogy ilyen nagy mértékű előrelépés megtehető legyen.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Andreas Linke-Diesinger: Systems of Commercial Turbofan Engines. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008. ISBN 978-3-540-73618-9.

[2] CFM56: Engine of change. Flight International, 1999. May 19-25, pp. 4-35.

[3] CFM LEAP-1 brosúra. e-dok. url: https://www.cfmaeroengines.com/wp-content/uploads/2017/09/Brochure_LEAPfiches_2017.pdf

[4] Bill Brown: CFM Technology. e-dok. url: http://atwonline.com/site-files/atwonline.com/files/archive/atwonline.com/sites/files/misc/BillBrown_Presentation_062410.pdf

[5] CFM56-5 EASA típusengedély. e-dok. url: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/TCDS%20E.003%20issue%2004_20170928.pdf

[6] LEAP-1A EASA típusengedély. e-dok. url: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA%20E110%20TCDS%20Issue%206%20LEAP-1A-1C.pdf

[7] TAPS II Combustor Final Report. FAA / GE, 2013. e-dok. url: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/aircraft_technology/cleen/reports/media/TAPS_II_Public_Final_Report.pdf

[8] Hukam Mongia és Willard Dodds: Low Emissions Propulsion Engine Combustor Technology Evolution Past, Present and Future. ICAS 2004 konferencia, e-dok. url: http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2004/PAPERS/609.PDF

[9] GE analysis post Farnborough. Leeham News and Comment. 2014, e-dok. url: https://leeham-news.com/2014/07/28/ge-analysis-post-farnborough/

[10] CFM56-5B Maintenance Training Manual, AEROK Kft., 2016.

[11] Philip Ruffles: The Rb.211 – The first 25 years. Rolls-Royce, Derby, 1992. e-dok. url: http://dspace.rri.res.in/bitstream/2289/5433/1/1992_31%20St%20Short%20Brothers%20Commemorative%20Lecture.pdf

[12] Peter Spittle: Gas Turbine Technology. Journal of Physics Education, Vol. 38 (2003), No. 6, pp. 504-511. e-dok. url: http://stacks.iop.org/0031-9120/38/i=6/a=002

[13] Airbus A320 Neo vs Boeing 737 MAX. Aviation Voice, 2016-02-12, e-dok. url: https://aviationvoice.com/airbus-a320-neo-vs-boeing-737-max-2-201602121522/

[14] No plateau on 737NG: Boeing. Leeham News and Comments. 2012. e-dok. url: https://leeham-news.com/2012/07/05/no-plateau-on-737ng-boeing/

APPROXIMATE THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE CFM LEAP-1A TURBOFAN ENGINE

Up-to-date turbofan engines have increasing bypass ratio and compressor pressure ratio in order to achieve better fuel consumption. These parameters are responsible for increasing propulsive and thermal efficiencies, respectively. While in the recent decades civil turbofans had pressure ratios about 30…35:1 and bypass ratios around 5…6:1, today these values have significantly rised. One of the best selling passenger aircraft is the single aisle Airbus A320. It was re-engined recently labelled as „new engine option" abbreviated as „neo", and it has two advanced engine options from Pratt & Whitney and CFM International. This paper is intended to provide and approximate thermodynamic analysis of the latter, CFM LEAP-1A and it also offers a comparison with the CFM56-5B.

Keywords: *ultrahigh bypass ratio turbofan, gas turbine engine, CFM LEAP-1A, Airbus A320neo, thermodynamic analysis, LabVIEW*

Beneda Károly (PhD) mérnök-tanár AEROK Repülésműszaki Oktató és Szolgáltató kft. karoly.beneda@aerok.eu orcid.org/0000-0003-1900-7934	Károly Beneda (PhD) maintenance training engineer AEROK Aviation Technical Training Centre karoly.beneda@aerok.eu orcid.org/0000-0003-1900-7934
Ladislav Főző (PhD) Egyetemi docens Kassai Műszaki Egyetem Repülő Kar Repülőmérnöki Tanszék ladislav.fozo@tuke.sk orcid.org/0000-0003-4772-1051	Ladislav Főző (PhD) Associate professor Technical University of Košice Faculty of Aeronautics Department of Aviation Engineering ladislav.fozo@tuke.sk orcid.org/0000-0003-4772-1051

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-22-0463-Beneda_Karoly-Ladislav_Fozo.pdf

Major Gábor

DOES AN AUTONOMOUS DRONE RETURN HOME AT ALL TIME?

One of the aims of the introduction of unmanned aerial vehicles (UAV) was to protect the most valuable combat instrument, the human factor. Human life had to be protected and it also had to be protected against dangerous factors. For this purpose, in the beginning, robots for ground forces and later aerial robots were established. The aim was to deploy them in situations considered dangerous. Initially, this equipment was cable-operated, and then remotely controlled. Today, according to the fast evolution of IT and control technologies, intelligent autonomous systems have been promoted and taken their place. In this article, the author is introducing various types and forms of UAV control and will illustrate with examples the possibilities of their appearance in the field of an unmanned flight. With the assistance of a generic model system the reader can understand the basic on-board devices responsible for the flight of the UA[1]. Finally, the author is proposing suggestions with regard to the prevention and elimination of disclosed risks to have the drone return safely when its task has been already achieved.

***Keywords**: Unmanned aerial vehicle/system, drone, control, autonomous mode.*

INTRODUCTION

„Flight is as incredible as its past was....Soon there will be unmanned aerial vehicles patrolling the skies above our cities"
(Philip J. Jarret[2])

In the past few years, as a result of the rapid improvement of flight industry, IT and control technology, the use of such equipment by a small and specific fraction of the society has started to spread. Today, and not counting space instruments, improvement of unmanned aerial vehicles is the most dynamic among aircrafts. Hardly a day goes by when we cannot read topics about their innovations and innovative possibilities of their application. Evolution of unmanned aerial vehicles has been continuous in the past decades too, we can say stormy. Fixed wing, rotary wing and even flapping-wing (ornithopters) have been created. One type can fly faster than the speed of sound, another on weighs only a few grams and a third is capable to depart with several tonnes of take-off mass, another one can only fly few hundred meters from the base of its operation and there are types capable to fly across continents.

They can fly autonomously[3] or can be remotely controlled by a human being, or these two can be combined. Common features of these constructions: the necessary presence of human factor during their planning and construction period and their operations in the air and also on the ground all along their life cycle [4].

The improvement of UAV/UAS[4] technology applied in the civil sector with the ever decreasing size of control equipment and the decreasing construction costs, remote controlled and autonomous unmanned aerial systems are available to all. Civilians and companies widely

[1] Unmanned Aircraft (ICAO Circular 328)
[2] Philip J. Jarret: A repülés története page 140.
[3] Greek originated word to express individuality, independent, arbitrary (Bakos: Idegen szavak és kifejezések)
[4] Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Aerial System

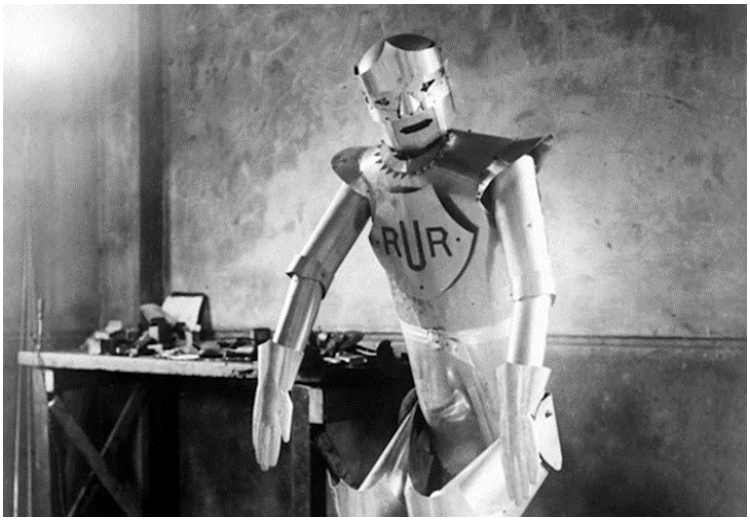
favour operations of UAVs to shoot pictures or videos or to deliver packages, not to mention military and disaster management tasks [14].

Is that true, that all that is needed is a decrease in the size of control tools and construction costs, and then anything can happen? Do we need human control if ability of self-control autonomy comes true? Is it not important to have the possibility of human intervention during the entire flight if needed?

ROBOTS AND THEIR IMPLEMENTATION METHODS

Before the examining its control possibilities, it is appropriate to review fields and forms of this technical solution and it is worth to review the world of ROBOTS referred to in the introduction. The aggregation motive of the appearance of unmanned aerial vehicles was to protect the life of the most valuable combat asset, the life of human beings, to protect them in danger. In the beginning, the intention was to first create ground robots and then aerial robots to deploy them to avoid risks of human loss in dangerous situations.

The expression of robots or, rather Robotics is originated from Asimov[5]. He used these words not knowing that he created them, he thought that this was the summary expression for hydraulics, mechanics and other related sciences. The original word robot is rooted in the Czech language, where the meaning is forced labour, and it was first applied by a novelist Karel Čapek in his book R.U.R. (**R**ossum's **U**niversal **R**obots).



Picture 1. ERIC[6] the first robot [6] in 1928

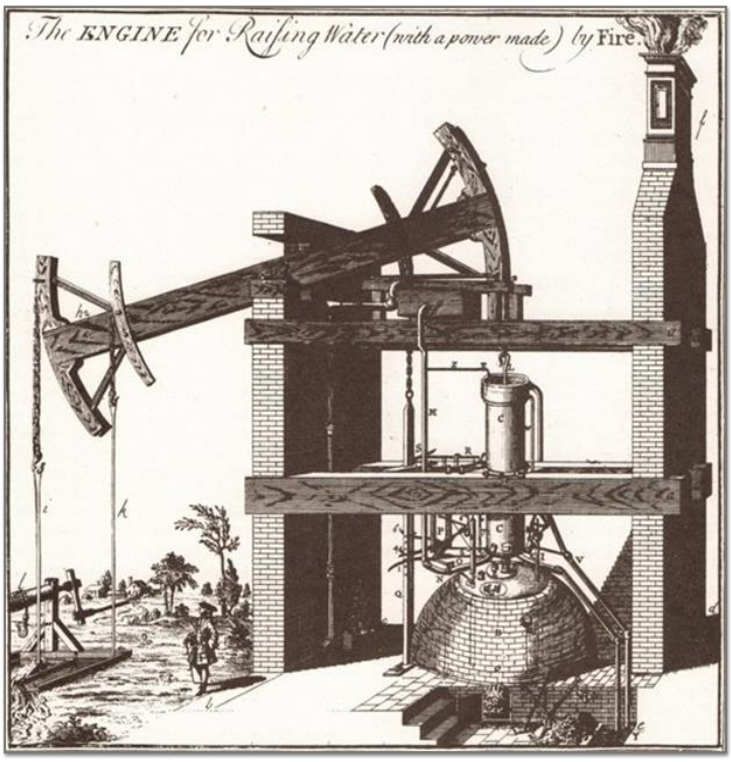
In literature, also in engineering and technical literature, the meaning of this word is a tool or piece of equipment that conducts physical or intellectual work similar to human activities. Therefore, we expect such properties in robots applied in production and in scientific researches

[5] Isaac Asimov (2 January 1920 Petrovicsi, Russia – 6 April 1992 New York, USA) Russian originated but american writer and biochemist. His science fiction novels and his science popularize made him well known. He was really famous and an exceptionally prolific writer.

[6] This 45 kg weigh humanoid aluminium robot was created by two British, Captain William H Richards and Alan Reffell. It could stand and could move its limbs and also could turn its head and speak. It could not perform useful work, just appeared as a display item. It disappeared in 1930. The Science Museum in London has launched a project in 2016 to reconstruct it. The planned budget exceeded the amount of 35.000 Pounds [16]

that make them capable to correct or supervise their own activities in greater or lesser extent. In other words, they have to fulfil the basic requirements of intelligence, e.g. perception, information processing, knowledge and memory, learning skills and communication-based activities [1].

In a different approach, robots are controlled mechanic systems that can be re-programmed between two projects. Remote programming can be also executed while the equipment is in deployment. It can move on pre-programmed routes and all along it can execute its tasks.



Picture 2. Outline [17] of the first steam engine by Thomas Newcomen[7]

Looking back in history, we can see that mankind has always tried to avoid doing dangerous and unpleasant tasks and to have them carried out by others. During the first Industrial Revolution in the 18th century, machines have appeared. From this point on, mankind gradually withdrew itself from executing hazardous and monotonous tasks.

Whereas the first machines, such as the steam engine shown in picture 2, were producing textile, machines today are produced by machines. To reach this possibility, the mechanical device is not enough anymore on its own, a control unit is needed. With pre-programmed data, machines are even capable to execute different tasks autonomously. It can be the construction of a vehicle, opening a door, hovering, cutting grass or taking off to execute different aerial assignments. They can work under human supervision or under the control of a computer [18].

The aim of this article is not to explain in detail the evolution and development of ground robots, because it can be in itself the subject of a separate study, but to introduce the control procedures of aerial vehicles and to highlight the possibilities of their supervision.

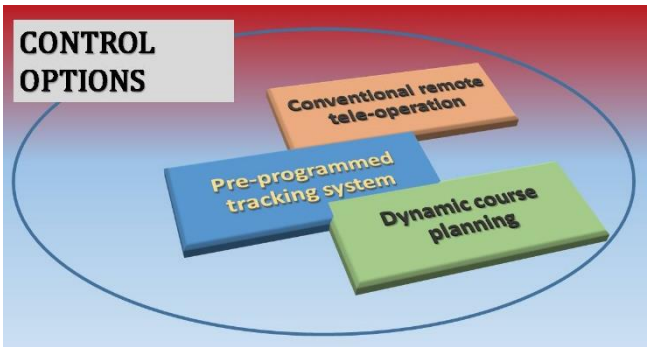
[7] Thomas Newcomen (Darthmouth, United Kingdom, 24 February 1664–5 August 1729). He was a smith, a plumber, a crimper and a laic Baptist preacher and an inventor. He invented the first operable steam engine in 1711.

ROBOT CONTROL

According to their movement competencies robots can be divided into two main groups:

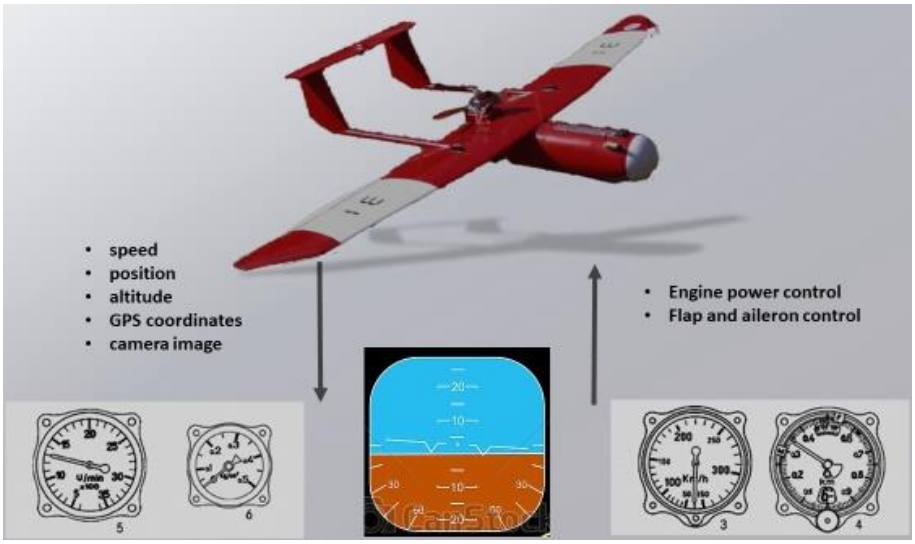
- Fixed (immobile, standing);
- Mobile (capable of movement).

Control of fixed robots is easily achievable via cable control, whereas with mobile robots it can be complicated because of the complex transmission between their applied system elements.



Picture 3. Control possibilities (edited by the author)

Mobile robots which are capable to change their position, such as ground wheeled vehicles or airborne moving drones are controlled by a specific computer and able to execute autonomous movements. These help those in the implementation of control possibilities as is highlighted in picture 3.



Picture 4. Schematic illustration of conventional control (edited by the author) [19]

During the application of conventional remote control tele-operation the movement of the equipment is controlled under visual signals by an operator. It can be executed in two forms. In the first form, our equipment may not leave the visual range[8], in the second form the equipment is applied with imaging and image transmission systems, which are essential for the safe control[9]. In this case, we may not talk of autonomous robots, because these are controlled via

[8] Visual Line Of Sight (VLOS) operations
[9] Beyond Visual Line Of Sight (BVLOS or BLOS) operations

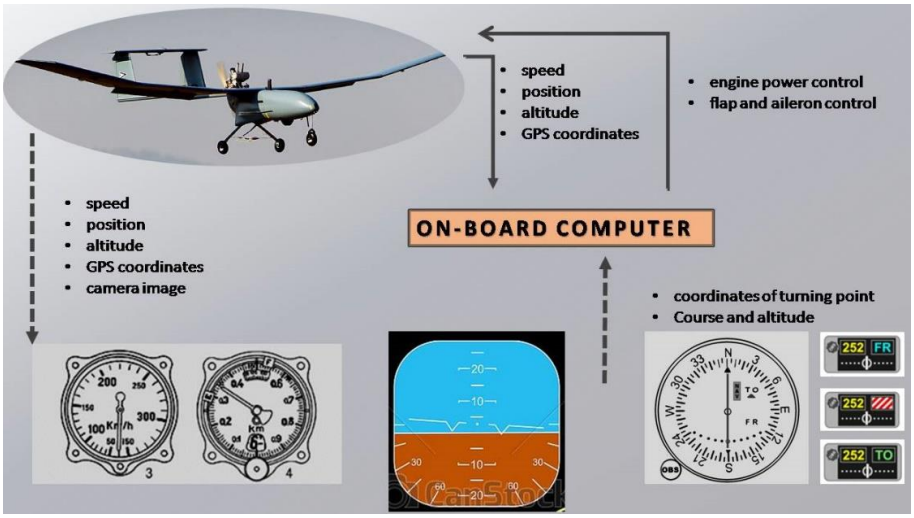
an open system. Control of this kind requires professional knowledge and continuous attention from the operator. During the management of the drone, the operator has to be continuously informed on the current position and flight parameters of the aerial vehicle. It is also important to know that in practice, the operator controls the UAV from a cockpit deployed on the ground.

Online operational processes of current flight parameters are usually carried out by a sensor operator who is sitting in a separate workplace, and not by the flight operator. Processing the data received from the UAV and its flight requires continuous connection and requires the full attention of the operators. The conventional model of this operation method is highlighted in picture 4.

Pre-programmed flight path: the UAV has to pass pre-programmed ground or three-dimensional points in its duty environment. It occurs by point to point regulation or by path tracking method on pre-planned turning points. During the execution of these tasks it is required to apply a barrier detection system on the UAV such as ultrasound or proximity sensors to avoid without problem any unforeseen barriers.

Control-based on dynamic path planning essentially requires the exact coordinates of the target. Application of an on-board computer on the UAV significantly changes the control situation. During its path from the take-off point to the destination it identifies the terrain and sets up its own orbit. Camera, image processing, ultrasound or laser rangefinder, digital course meter, and currently measured GPS coordinates support its navigation and sensing. It is significant to program the take-off point just the same as the destination point. Target is just an intermediate location. In case we can dynamically upload target coordinates during the execution of the exercise, there is no need for concordant take-off and destination points.

The evolution of IT, control and production technologies have made it possible to create smaller and smaller computers and miniaturisation was also feasible. Programming of small UAVs was not a problem anymore. On-board flight data transmission between the UAV and the ground control are mostly to inform the operator and not to confirm the control itself. It can occur because orders of the operator are simplified and consist of flight direction only and the desired target coordinates. Such a computer system is highlighted in the following picture.



Picture 5. Schematic illustration of computer-based control (edited by the author) [19]

Thanks to this scheme we can avoid a number of difficulties. From now on, UAV operators should execute the tasks of a flight controller and not the tasks of a pilot. Because of the stormy

evolution of related technologies the UAV is now capable to execute take-off and landing procedures individually. The operator sitting in a distant and safe control station introduces only the flight path and monitors the execution of the mission. If these criteria are met, one operator will be capable to control the flight of several UAVs simultaneously. On-board computers will be responsible for the security of the airborne UAV and will manage the correct maneuvers.

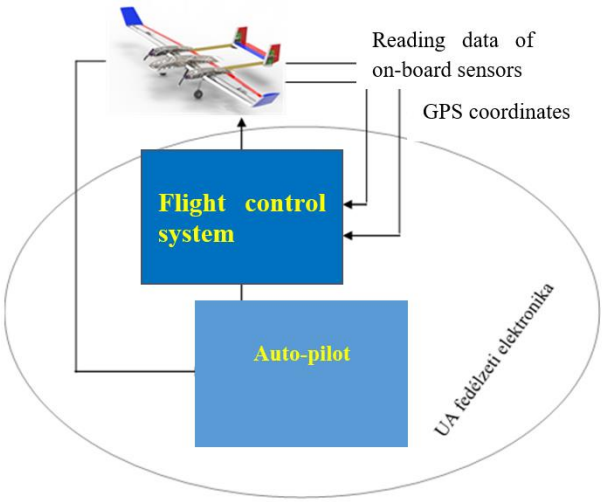
It is essential to gain concordance among the ground sub-systems and the aerial sub-systems. To achieve this goal, continuous and standing communication is needed to ensure efficient cooperation [15]. In the next chapter I will introduce the possibilities of control and I will examine how parameter influencing affects on-board devices.

DESIGN OF ON-BOARD SYSTEM

As is clear from the overview of devices of unmanned aerial vehicles, I will summarise functions of flight related on-board instruments and their operational creditability.

The design, number and quality of on-board instruments can differ significantly by category. In the following case, quality means system security established by redundant elements.

When we speak about unmanned aerial vehicles we should not forget that referring to pilot-controlled aircrafts and their operations, we already have a mature technical manual and regulation, however, not for drones. During the planning phase and the construction phase of UAVs, regulations approved for the operation of conventional aircrafts must be fundamentally applied.



Picture 6. Simplified on-board system model [5]

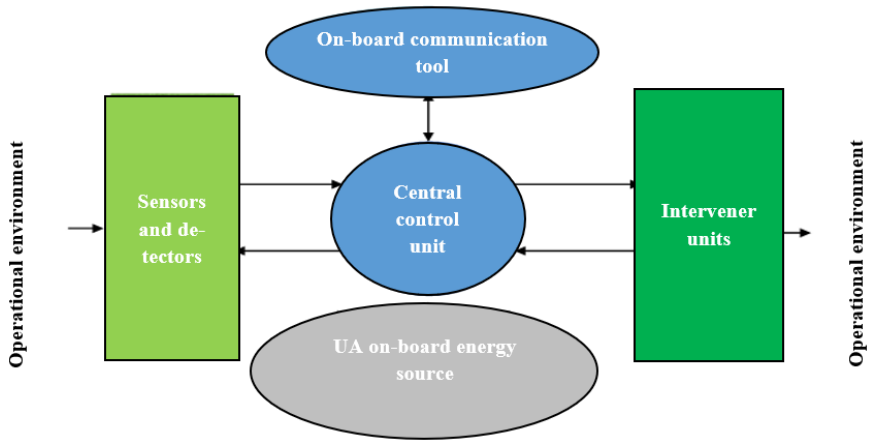
In the general design system, electronic components responsible for the flight of a UAV can be divided into three main blocks. These are the equipment itself with the applied sensors and interveners, the flight control unit and the auto pilot. The simplified system consists of two tied circuits as highlighted in picture 6. The inner tied circuit ensures the stability of flight characteristics like altitude and flight positions like pitch angle. This circle is responsible for flight control. Furthermore, its task is to avoid the consequences of disturbances which appear during the flight like, turbulence, gusts and shifts in density. Flight data, like speed and altitude is measured by sensors and transmitted as electronic signal to the electronic process circuit. The flight control system transmits the setpoint generated by the auto pilot and the actual sensor

data to the intervener units. After the shift in the course of the feedback, measurement result is provided by the intervener units [4].

Reliable and persistent operations of the aerial vehicle are determined by many features such as its airframe, engine, certain interveners, on-board electronics and the reliability of electric supply circles. Flight parameters and location of the UAV is measured by several sensors. Data received from the sensors are stored in the central control unit. This data is autonomously compared with the setpoint (desired basic flight data) and then considering the system`s characteristics the intervener sign will be calculated. According to their function, on-board electronics responsible for automatization can be divided into two groups. Flight control circles are responsible for the stability of the flight, for the desired altitude and its holding. They are also responsible for proper turning and angle. The signal transmitted to the interveners is produced by the auto-pilot module. At present, decisions are taken in accordance with the standing task and the data, mainly position coordinates, measured [5].

To proceed in the presentation of on-board systems in picture 7 I highlight the connection between certain blocks. This should help to understand the complete structure and the main operational functions. We can conclude, that partial or complete malfunction of certain components might cause complete dysfunction.

If the operation of a component is limited, for example because of a malfunction, control of the UAV can be lost. It is expedient to minimize the probability of the complete malfunction of certain units. There are some very important criteria in regard with the planning, construction and operations period of a UA. On the one hand, complete failure of sensors, detectors and the auto-pilot is not permitted. On the other hand, reduced functionality is acceptable in case of a malfunction and certain functionalities have to be interchangeable.



Picture 7. Hardware system – feasibility model [4]

Flight safety shall not be violated, conditions must be harmonized accordingly. We cannot expect full functionality from the UAV in case of an unexpected malfunction. It may mean that the UA is not capable to achieve its current task, but still capable to avoid crash. It also can perform emergency landing with maximum security and can activate the operator`s remote control option too. The establishment of a temporary security status may also be configured like circling in a given altitude.

CONCLUSIONS

At the beginning of this article I have attempted to find answers to the following questions: what happens in case of the malfunction of certain sensors required for safe flight? What happens with our unmanned system in case of an enemy or allied interference or jamming?

In the light of the above, it was clearly visible and understandable that in the case of malfunction of an essential flight system like altimeter, the autonomous UA must be able to hand over its control to the ground control unit. It may mean a safe option for the ongoing operation. It also reflects to that fact, that this kind of aerial vehicle can be deployed only within the visibility of the control personnel. However, if the deployment of the equipment is required beyond the visibility, we have to forget this kind of error management. When facing larger expectations, the critical systems of the deployed equipmenthave to be equipped with parallel units, which are capable to substitute each other.

During its flight, a system of this kind is much better protected against temporary malfunction of the transmission channel. The on-board computer can be prepared by pre-processed algorithms on how to act in case of an enduring loss of communication. We can also refer to an additional problem, the security of terrain-following and low-altitude flights. Because of the much shorter reaction time, the possibility of an unexpected injury is much larger during the execution of these tasks.

Nevertheless, in accordance with the stormy evolution of unmanned aerial systems their operation is in a shift in the direction of individual decision making. It does not only apply to the selection of their flight course, but also for their combat application.

Instead of answering we may form another question. Namely, how wide autonomy can be given to robots and what kind of conditions do we have to establish for their use of weapons and for their rules of engagement? It is impossible to find the correct and exact answer today and it also might be irresponsible. Certainly, human beings will use all advantages of privilege services and improvements in the IT section provided by robotic appliances. Such a case can be to leave our UA in autonomous mode while deployed. Therefore, the operator of the UA will be able to operate several UAs in line, because thealready "grown-up" aerial vehicle will not require permanent supervision.

Finally, it is useful to think about the questions, when can we completely release our ground or aerial robot to control itself? When can we let it live its independent life?

We can also compare the above mentioned capabilities with artificial intelligence researches. Can we implement these autonomous characteristics into our equipment as discussed earlier? It is still a complicated task and really difficult to achieve. However, there are progressive improvements in ethology, genetics, neurobiology, evolution biology, anthropology and robotics. For the time being, science is not capable to create the robot with individual thought and reasoning. The lack of analytic and assessment capabilities is also an ongoing barrier. Although, we have achieved very good results in the above mentioned sciences, but we still cannot implement human conscience, perception, faith, desire and will or intention.

BIBLIOGRAPHY

[1] A robot fogalma: https://mialmanach.mit.bme.hu/eloadasanyagok/a_robot_fogalma

[2] Bakos Ferenc: Idegen szavak és kifejezések, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006. ISBN 963 05 8390 9

[3] Dr. Galántai Zoltán: A csapkodószárnyas repülőgépek története.http://mek.oszk.hu/03600/03639/03639.htm

[4] Dr. Palik Mátyás (szerk.): Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek: Második, javított kiadás, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2015, p.8, 113. ISBN 978-615-5057-64-9,

[5] Dr. Wührl Tibor: Kisméretű moduláris UAV fedélzeti robotika, online, url. http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2008_cikkek/Wuhrl_Tibor.pdf

[6] Live Science: Retro Robot from the 1920s May Get 2nd Chance at Life, online doc; url: https://www.livescience.com/54993-london-museum-rebuilding-eric-the-robot.html

[7] Horváth Zoltán: Kis- és közepes méretű pilóta nélküli repülő eszközök autonóm feladat-végrehajtásának támogatása digitális domborzat modell alkalmazásával,http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2006/1/11_Horvath_Zoltan.pdf

[8] International Civil Aviation Organization: Circular 328 Unmanned Aircraft Systems, 2011, ISBN 978-92-9231-751-5, online, url: http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf

[9] Isaac Asimov-Karen A, Frenkel: Robotok: az emberformájú gépek (Fordította Pálinkás János); Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992; pages: 26-28.

[10] Kovács László-Ványa László: Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon; Hadtudomány, 2007. 2. szám. pp. 50-61.

[11] Philip J. Jarret: A repülés története. Panemex, Budapest, 2001. p.140. ISBN 963 9090 58 1

[12] In: Rohács József, Gáti Balázs: Palik Mátyás: Pilóta nélküli repülőgépek üzemeltetésének légiközlekedés-biztonsági szempontjai, XVII. Magyar Repüléstudományi Napok. Budapest, 2010. Budapest, BME Repülőgépek és Hajók Tanszék. Paper 6. 16 p., ISBN:9789633130322

[13] Robottörténelem: http://people.inf.elte.hu/kogqaai/robot/tortenelem.html

[14] Vránics Dávid, Üveges András: Pilóta nélküli légi járművek fejlődése, Felderítő szemle, 2015. p. 124. ISSN 1588-242X

[15] In: Rohács József, Gáti Balázs (szerk.): Pilóta nélküli repülőgépek üzemeltetésének légiközlekedés-biztonsági szempontjai, XVII. Magyar Repüléstudományi Napok. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2010.11.11-2010.11.12. Budapest: BME Repülőgépek és Hajók Tanszék, 2011. p.16 ISBN 9789633130322

[16] BBC News – Technology: Assembling Eric: Bringing back the UK's first robot, online doc; url: https://www.bbc.com/news/technology-36285648

[17] National Geografic: Az első gőzgép megalkotója, online doc; url: http://www.ng.hu/Tudomany/2013/02/az_elso_gozgep_megalkotoja

[18] People.Inf.ELTE.hu: Robottörténelem, online, url: https://people.inf.elte.hu/kogqaai/robot/tortenelem.html

[19] Horváth Zoltán: Kis- és közepes mérető pilóta nélküli repülı eszközök autonóm feladat-végrehajtásának támogatása digitális domborzat modell alkalmazásával, Bolyai szemle 2006, online doc, url: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2006/1/11_Horvath_Zoltan.pdf

AZ AUTONÓM DRÓN[10] MINDIG HAZATÉR?

A pilóta nélküli járművek megjelenésének egyik előidézője az a tézis volt, hogy a legdrágább „harci eszközt", az embert, annak az életét, miként lehet megóvni a veszélyes körülményektől. Ennek érdekében sorra készültek különböző földi-, majd később légi robotok, amelyeket egy-egy veszélyesnek ítélt helyzetben bevethettek. Ezeknek a szerkezeteknek az irányítása a kezdetekben vezetékes-, majd a vezeték nélküli távirányítással történt. A számítás- és irányítástechnika rohamos fejlődése következtében napjainkra az autonóm, intelligens rendszerek kerültek előtérbe. Az alábbi publikációban a szerző az irányítás különböző formáit, területeit mutatja be, majd ezek előfordulási lehetőségeit példák segítségével illusztrálja a pilóta nélküli repülésben. A cikkből az olvasó megismerheti az UA[11] repüléséért felelős, alapvető fedélzeti berendezéseket egy általános rendszermodell segítségével. Végezetül a feltárt kockázatok elhárítására, kiküszöbölésére tesz javaslatot a cikk szerzője, azért, hogy a drónunk mindig biztonságosa térjen vissza a számára meghatározott feladat végrehajtását követően.

***Kulcsszavak**: pilóta nélküli légijármű rendszerek, drón, irányítás, autonóm üzemmód.*

Major Gábor	Gábor Major
tanársegéd	Assistant lecturer
Nemzeti Közszolgálati Egyetem	National University of Public Service
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	Faculty of Military Science and Officer Training
Katonai Repülő Intézet	Institute of Military Aviation
Fedélzeti Rendszerek Tanszék	Department of On-Board Systems
major.gabor@uni-nke.hu	major.gabor@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0003-2927-127X	orcid.org/0000-0003-2927-127X

http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-23-0499-Major_Gabor.pdf

[10] An expression used in everyday language to express unmanned aircraft (UA)
[11] Unmanned Aircraft (ICAO Circular 328)