LÉGIKÖZLEKEDÉS-BIZTONSÁGI KUTATÁSOK

NKE GINOP-2.3.2-15-2016-00007 PROJEKT EREDMÉNYKOMMUNIKÁCÓS KIADVÁNY

SZÉCHENYI 2020

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális Fejlesztési Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
LUDOVIKA

LÉGIKÖZLEKEDÉS-BIZTONSÁGI KUTATÁSOK

Szerkesztette: Palik Mátyás

IMPRESSZUM: A kiadvány az az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával készült.
Projektazonosító: 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)

LÉGIKÖZLEKEDÉS-BIZTONSÁGI KUTATÁSOK

NKE GINOP-2.3.2-15-2016-00007

A PROJEKT EREDMÉNYEIT BEMUTATÓ KIADVÁNY

A LÉGIKÖZLEKEDÉS-BIZTONSÁGHOZ KAPCSOLÓDÓ INTERDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOS POTENCIÁL NÖVELÉSE ÉS INTEGRÁLÁSA A NEMZETKÖZI KUTATÁS-FEJLESZTÉSI HÁLÓZATBA A NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEMEN (VOLARE)

Szerzők
Bottyán Zsolt, Dunai Pál, Kavas László, Palik Mátyás

Szakmai lektor
Dr. Óvári Gyula

© Kiadó, 2021
© Szerzők, 2021

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

TARTALOM

BEVEZETŐ 7

PROJEKT ISMERTETŐ 9

1. Bevezetés és pályázati előzmények 9
2. A Projekt tervezése, kialakításának lépései 12
3. A projekt kiemelt céljai 12
4. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom, főbb célok 13
5. Pályázati források felhasználása 16
6. Résztvevők, együttműködők 18
7. Nyilvánosság, konferenciák utazások 19
8. Indikátorok, eredménytermékek 21
9. A projekt menedzsment 22

AZ AVIATION_FUEL KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI 25

1. A kiemelt kutatási terület célja 25
2. Mérföldkövek 27
3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom 28
4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program 30
5. Tudományos konferenciák és rendezvények 41
6. A beszerzett kutatási infrastruktúra és felhasználása 42
7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények 44
8. Indikátorok 44
9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői 49

AZ AVIATION_HUMAN KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI 55

1. A kiemelt kutatási terület célja 55
2. Mérföldkövek 56
3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom 56
4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program 57
5. Tudományos konferenciák és rendezvények 72
6. A létrehozott kutatási infrastruktúra 73
7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények 75
8. Indikátorok 76
9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői 79

AZ UAS_ENVIRON KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI 83

1. A kiemelt kutatási terület célja 83
2. Mérföldkövek 84
3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom 84
4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program 86
5. Tudományos konferenciák és rendezvények 98
6. Beszerzett kutatási infrastruktúra és felhasználása 98
7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények 99
8. Indikátorok 100
9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői 103

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 109

BEVEZETŐ

Tisztelt Olvasó!

Ön annak a négy és fél éves tudományos kutatási projektnek a záró kiadványát tartja kezében, melynek egyik célja az volt, hogy a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának Szolnokon lévő tanszékei – korábbi tudományos kutatási eredményeikre alapozva – megteremtsék a feltételét a repüléstudományhoz kapcsolódó komplex, nemzetközi kutatásoknak, mindezek mellett tudományos eredményeket, produktumokat mutassanak fel. A fejlesztések stratégiai céljai a repülést és a légiközlekedés-biztonságot magasan a kutatások gyújtópontjába helyező, hazai és nemzetközi együttműködésben megvalósuló, kutatásfejlesztési és innovációs folyamatokból álltak. Az NKE szolnoki kampuszán lévő oktatási és kutatási egységek korábban is nagy hasznosítással bíró, komoly gyakorlati haszonnal kecsegtető egyéni és csoportos kutatásokat folytattak a fenti területeken, így joggal volt elvárható, hogy a 755 millió forint összköltségvetésű, 100%-os támogatottságú projekt elért eredményeivel valójában hozzájárulhat a légiközlekedés-biztonság növeléséhez.

A Kar kiváló munkatársai által vezette Kiemelt Kutatási Területeken, széles spektrumban vizsgálták légiközlekedés-biztonság különböző területeit. Az egyiken az alternatív üzemanyagok repülésben való alkalmazhatóságát, a „zöld légiközlekedés" különböző témaköreit vizsgálták. Egy másik csoport mélyreható vizsgálatokkal elemezte a repülés emberi tényezőit, melyben a pilóták, az irányítók és a drónkezelők humán tevékenységével kapcsolatos területeken folytattak átfogó kutatásokat. A harmadik kutatási területen a légiközlekedés egy új és meghatározó szereplőjének a pilóta nélküli repülésnek a repülésmeteorológiai területen történő felhasználási lehetőségeit vizsgálták, kifejlesztettek különböző típusú, légköri mérésekre alkalmas drónokat és egy komplex repüléstámogató alrendszert.

A projekt kiváló partnerségben valósult több hazai felsőoktatási és kutatóintézet, valamint különböző kormányzati szerv, közép és nagyvállalat kutatóival és szakértőivel. A viszonylag hosszú projektidőszak kiemelkedő eredményekkel zárult. A kutatásokban részt vevő munkatársak – nemzetközi szinten is jegyzett – tudományos eredményeikkel erősítették a Kar és az Egyetem e területen történő megismertetését, a fenti kutatási területeken való elismertségének növelését.

Külön öröm számomra, hogy az elért eredmények és a beszerzett kutatási infrastruktúra közvetlenül is hasznosul a szolnoki tanszékek által folytatott felsőfokú képzésekben. A kampuszon korábban is meglévő kutatási infrastruktúra, a jól megtervezett pályázati források felhasználásával beszerzett eszközrendszerekkel bővítve, olyan további tudományos eredmények elérését képes biztosítani, mely belátható időn belül további – akár nemzetközi szinten is figyelemre méltó – elismertséget hozhat. A kísérleti sugárhajtómű és az ahhoz kialakított mérőrendszer, vagy a humán teljesítménydiagnosztikai és pszichológiai labor, illetve a komplex pilóta nélküli légijármű üzemeltetési rendszer képesség mind olyan komoly erőforrás, mely szakértő kezekbe adva, megfelelően kialakított intézményi támogatással, megbízható üzemeltetési feltételek fenntartása mellett hosszú távon is kamatoztatható képességekkel erősíti a kutatásokat.

A projekt indulásakor, 2016 szeptemberében valamennyien azt vártuk, hogy a jól eltervezett pályázati célok elérésével, valamint a pályázati források hatékony felhasználásával a repüléshez kapcsolódó kutatás-fejlesztési központtá válik a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának akkori Katonai Repülő Intézete. Mára kijelenthető, hogy a Kar szolnoki tanszékei nem csak a magyar felsőfokú repülőszakemberképzés legkomplexebb oktatási szervezeti egységei, hanem a projekt során kialakított, nemzetközi eredmények elérésére alkalmas, összetett repüléstudományi kutatócsoporttal és a hozzátartozó színvonalas kutatási infrastruktúrával a hazai és a kelet-közép európai felsőoktatási és repüléstudományi kutatásokat folytató intézmények között előkelő helyen rangsorolt kutatóhely.

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar valamennyi munkatársa, valamint a magam nevében gratulálok a projektcélok eléréséhez a Projektben részt vevő munkatársaimnak, az együttműködő kutatóknak, szakértőknek, és adminisztratív támogatóknak. Szívből kívánok számukra a jelenlegi projekthez hasonlóan tartalmas és tudományos eredményekben gazdag pályázatokban való részvételt a jövőben.

Dr. Pohl Árpád dandártábornok
dékán

Dr. PALIK MÁTYÁS[1]

PROJEKT ISMERTETŐ

Az eredménykommunikációs kiadvány a GINOP-2.3.2-15-2016-00007azonosító számú, „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen – Volare" című projekt kitűzött céljait, a négy és fél éves fizikai megvalósulásának folyamatát, életútját és a legfontosabb eredményeit tartalmazza.

1. Bevezetés és pályázati előzmények

A légiközlekedés kiemelten fontos eleme az európai kohéziónak és gazdaságnak. A COVID világjárvány kitöréséig megfigyelt trendek szerint, a következő húsz év során a légiközlekedés volumene több mint kétszeresére, egyes régiókban háromszorosára nőhet. A jelenlegi légiforgalmi szolgáltatások többsége elavul, igényként jelenik meg a hatékony, megfizethető és biztonságos légiközlekedés, beleértve annak környezetvédelemi aspektusait (üzemanyag takarékosság, káros anyag és zajkibocsájtás csökkentés stb.), a pilóta nélküli repülő eszközök integrálását, és a légiközlekedés emberi tényezőinek szerepét a repülésbiztonság valamennyi területén.

Amennyiben ezek a trendek folytatódnak, az elkövetkező 15-20 év alatt akar 30-40%-al is nőhet a legiforgalom nagysága, és ekkor még csak az utasforgalomról beszeltünk. Ha a légiforgalmi szolgáltatás rendszere jelenlegi formájában üzemel tovább, a járat kiesésekből kifolyólag a szolgáltatók költsége akar 30-50%-al is nőhet.

A fenti gazdasági kihívásokra az Európai Unió közel két évtizede, 2004-ben útjára indította az Egységes Európai Égbolt kezdeményezést, melynek célja egy olyan, az államhatárokhoz nem igazodó egységes légtér létrehozása, amelynek megvalósulásával:

- a biztonság szintje tízszeresére nő;
- a légtér kapacitása megháromszorozódik;
- a légi közlekedés irányítási költségei 50%-kal csökkennek;
- a környezetre gyakorolt káros hatás 10%-kal csökken.

Ezekhez a nemzetközi trendekhez kapcsolódóan a kormány felkérésére 2011-ben elkészült Nemzeti Légiközlekedési Stratégiában az alábbi megállapítások olvashatók: *„A légiközlekedés teljes hatása a világ GDP-jére közel tíz százalékos gazdasági potenciált jelent, amelynek szerepe rendkívüli … magasan fejlett technológiát használ, melyben folyamatosan új rendszerek, forradalmian új eszközök jelennek meg, amely csúcstechnológia megalkotása és üzemeltetése rendkívüli tudást, szervezést és magasan képzett szakemberek szorosan összehangolt, együttes munkáját igényli."*

[1] Egyetemi docens, projekt szakmai vezető; e-mail Palik.Matyas@uni-nke.hu, ORCID https//orcid.org/0000-0003-0729-2774

A fenti kiemelt megállapítás alapján, világos kormányzati szándék mutatkozik a repüléshez kapcsolódó tudományterületeken megvalósuló interdiszciplináris kutatások ösztönzésére. Az ilyen típusú kutatások megkövetelik a különböző tudományterületeken dolgozó szakemberek hazai és nemzetközi kutatócsoportokban történő együttműködését.

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának Szolnokon lévő, közel 55 éves felsőoktatási és kutatási múlttal bíró szakmai tanszékei két jól körülhatárolható területen (Műszaki-technikai, Humán-alkalmazói) folytatnak évek óta előremutató kutatásokat. Ezekben meghatározó, hogy mindenkor a légiközlekedés- és a repülésbiztonság áll a kutatások fókuszába.

A két – jellegét tekintve – műszaki tanszék a Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék és a Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék az alábbi kiemelt területeken folytat kutatásokat:

- Repülőeszközök energetikai és üzembentartási rendszerei, kiszolgálási elvei;
- villamos hajtóművek - megújuló energia;
- korszerű üzemeltetés és diagnosztika;
- számítógépes analízis és működési szimulációk;
- gazdaságossági és hatékonysági kérdések;
- alternatív repülő-tüzelőanyagok alkalmazása.

1. ábra
A műszaki-technikai területen folyó kutatások fokuszában álló kérdések Forrás: *Palik - Projekt Nyitókonferencia előadásból*

A pilóták és a repülésirányítók képzésért felelős Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék a humán és alkalmazói területeken végez tudományos kutató munkát, melyek közé tartoznak többek között a:

- Pilóta nélküli repülés többszempontú vizsgálatai;
- repülésmeteorológiai célú kutatások;
- repülésbiztonsági terület kutatásai;
- a légiközlekedés humán tényezőinek szerepének vizsgálata és
- a légiközlekedési rendszerek modernizációjával kapcsolatos kutatások végzése.

A felsorolt kutatások legtöbbje – szakmai-műszaki tartalmukkal – a Kar Katonai Műszaki Doktori Iskolájának 8. számú, Légiközlekedés és repülőtechnika kutatási területén belül is megjelennek, lehetőséget adva az érdeklődő szakemberek számára tudományos fokozatszerzésre.

A Volare projektünkhöz kapcsolódó, meghatározó pályázat volt az Óbudai Egyetem és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem konzorciumi megállapodásában, 2012-2014 között futó *„Kritikus*

infrastruktúra védelmi kutatások". A szolnoki tanszékek kutatóiból állt össze az a szakmai csapat, mely a GIGA-nak becézett közel egy milliárd Ft-os támogatottságú pályázat *„Adatintegrácó"* alprogramjában, az alábbi három kiemelt kutatási területen dolgozott:

- A pilóta nélküli légijárművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai;
- A pilóta nélküli repülőeszközök komplex meteorológiai támogatási rendszerének kidolgozása;
- A pilóta nélküli légijárművek alkalmazásának humán aspektusból történő vizsgálata és a szabályozói környezet meghatározása.

2. ábra

A humán-alkalmazói területen folyó kutatások fokuszában álló kérdések Forrás: *Palik - Projekt Nyitókonferencia előadásból*

Ez a projekt volt az első, amely során valójában megérezték a szolnoki kutatók, hogy milyen az, amikor célzott támogatási forrásokkal, tudományos kutatásokat lehet folytatni, a kitűzött vállalásokat időre el kell érni, eredményeket kell produkálni. Természetesen azt is megérezték, hogy a támogatott projekt jellegű tudományos kutatások milyen támogatással járnak az egyének és a szervezet számára. Kitárultak előttük az addig zárt kapuk és lehetőségük nyílt – ugyan kisebb mértékben – kutatási infrastruktúra beszerzésére, publikálási lehetőségek támogatására, hazai és nemzetközi konferenciákon részvételre, illetve hazai konferenciák szervezésére.

A projekt a konzorciumi partnerek sikeres együttműködésének köszönhetően mind szakmailag, mind pénzügyileg kiemelkedő eredményt ért el. A projekt eredmények között számos kiemelkedő publikáció és fizikailag megvalósult eredmény keletkezett. A projekt sikeresnek volt mondható. Ebben a pályázatban sok tapasztalatot szereztünk, mely jó alapul szolgált későbbi pályázatokban.

Az NKE konvergencia régióban lévő akkori Katonai Repülő Intézetének szakmai tevékenysége szorosan kapcsolódott az interdiszciplináris kutatási potenciál további fejlesztéséhez.

Ennek eredményeképpen új kutatócsoportok jöttek létre és további K+F projektek (hazai és nemzetközi szinten) előkészítése történt meg:

- TÁMOP-4.1.1.F-15/1/Konv: „A hazai, pilóta nélküli légijármű rendszerek többszintű oktatási struktúrájának kidolgozása a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen és a Szolnoki Műszaki Szakközépiskola és Szakiskolában";
- TÁMOP-4.2.2.D-15/1/Konv: „A repüléshez kapcsolódó interdiszciplináris tudományos kutatási potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen".

A fenti projektek végül nem valósultak meg - utóbbit támogatásra érdemesnek értékelték, de forráshiány miatt nem kezdődhetett meg a végrehajtása - mégis jelentős epizódjai voltak a jelen pályázathoz kapcsolódó felhívásra történt sikeres kandidálásnak, melynek eredményeképpen 2016-ban megkezdhettük a projekt végrehajtását.

2. A Projekt tervezése, kialakításának lépései

Ezek voltak azok a nemzetközi és hazai hatások, amelyeket megérezve a szolnoki tanszékek kutatói Magyarország Kormányának Felhívására, a konvergencia régióban megvalósuló GINOP-2.3.2-15 „Stratégiai K+F műhelyek kiválósága" című pályázati felhívásához projektjavaslatot dolgoztak ki. A felhívással Magyarország meg kívánja valósítani a kiemelkedő kutatóhelyek nemzetközi színvonalra történő fókuszált fejlesztését, az EU fejlettebb országaitól színvonalában elmaradó kutatási infrastruktúra kiválóságot előtérbe helyező erősítését, illetve a szükséges háttér megteremtését. A Pályázati forrást elnyerő szervezetek pedig vállalták, hogy projektjük megvalósításával hozzájárulnak nemzetközileg magasan jegyzett, kiemelkedő színvonalú kutatási eredmények megszületéséhez, kiválósági műhelyek („center of excellence") fenntartható működtetéséhez.

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézete a fenti felhívására kidolgozta, majd rektori jóváhagyás után 2015. november 30-án benyújtotta *„A légiközlekedésbiztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen - Volare"* című pályázatát.

A projektjavaslatot az Irányító Testület 2016. január 14-n hozott döntésével „KFI szakpolitikai szempontból támogatható"-nak minősítette. Ez év március 7-én benyújtásra került a végleges pályázati anyag, melyet a Hatóság befogadott. Ezt követően március 25-én valamint május 26-n kapott hiánypótlás és a tisztázó kérdések időben megválaszolásra kerültek.

A Gazdaságfejlesztési Programok Végrehajtásáért Felelős Helyettes Államtitkárság 2016. augusztus 1-n kelt dokumentumában arról tájékoztatta az Egyetemet, hogy a fenti felhívására benyújtott támogatási kérelmet a Gazdaságfejlesztési Programok Végrehajtásáért Felelős Helyettes Államtitkárság vezetője 755 710 123 Ft összegű támogatásra érdemesnek minősítette.

3. A projekt kiemelt céljai

A szóban forgó projektünk végrehajtása illeszkedve pályázatban megfogalmazott elvárásokhoz arra irányul, hogy hazánkban megteremtse a feltételét a repüléstudományhoz kapcsolódó komplex, interdiszciplináris nemzetközi kutatásoknak és magas szinten jegyzett tudományos eredményeket, produktumokat mutasson fel. Magyarországon ezen a területen jelenleg, ilyen komplex megközelítésben nem alakultak ki kutató csoportok, csak szűk szegmensekben valósulnak meg a területet érintő fejlesztések, annak ellenére, hogy ezeket valójában csak szinergiára épülő, koherens kutatási tevékenységet folytató csoportok képesek létrehozni.

A projekt stratégiai célkitűzése az NKE konvergencia régióban lévő tanszékei – akkori Katonai Repülő Intézet – szakmai tevékenységéhez szorosan kapcsolódó interdiszciplináris kutatási potenciáljának további fejlesztéséhez szükséges tevékenységek megvalósítása, melynek során új kutatócsoportok kerülnek kialakításra és további végrehajtandó K+F projektek (nemzetközi is) előkészítése történik meg. A kidolgozott projekt gyújtópontjában a légiközlekedés

biztonsága áll, annak emberi és technikai-technológiai kérdéseivel, beleértve a felkészítés-végrehajtás és a működés-üzemeltetés biztonságosabbá tételét.

A projekt további fontos célkitűzése, hogy a kutatásokba bevonásra kerüljenek a hazai repülőipar területén tevékenykedő KKV-k külső szakértői, valamint fiatal kutatók, doktoranduszok és egyetemi alap és mesterképzésben tanuló hallgatók is. A pályázatban résztvevő kutatók célként tűzték ki, hogy a kutatás során feltárt tudományos eredményeket nagyszámú nemzetközi és hazai szinten magasan jegyzett cikkben és tanulmányban teszik közzé.

További fontos eredménynek tekinthető, hogy a kutatási célra beszerzett infrastruktúra közvetlenül is hasznosul az oktatásban, az alap, amestere és a PhD képzésekben egyaránt. A projekt önállóan, konzorciumi partnerek bevonása nélkül hazai és külföldi felsőoktatási és kutató intézmények kiemelkedő tudományos kutatási tapasztalattal rendelkező szakembereinek bevonásával valósult meg, ezzel erősítve a tudományos kooperációt, mely stratégiai célként került meghatározásra.

A pályázati célkitűzések megvalósulása esetén a kialakítandó kutató csoportok hazánkban jelentős kapcsolódási lehetőséget biztosítanak az repülő és az egyre fejlődő drón-iparágat, az informatikát, az elektronikát, a gépészetet, a robotikát, a térinformatikát, a távközlést tanuló felsőfokú képzésekben részt vevő hallgatók, fiatal kutatók és doktoranduszok számára is.

A szolnoki campuson korábbi beszerzések és fejlesztések eredményeként már részben adottak voltak a megcélzott kutatási célok elérését biztosító infrastrukturális támogatói háttér elemek. A korábbi kutatásokban „edződött" szekértőgárda erősítette a projekt személyi (kutatói, szakértői) hátterét. Mindezek és a pályázati célok megvalósuláshoz szükséges, betervezett kutatási infrastruktúra, valamint a projekthez kapcsolódó együttműködő partnerek, a kutatás-fejlesztést végző szervezetek szakértőivel kiegészülve biztosították a projekt célok megvalósulását. Ezzel egyben komoly lehetőség mutatkozott arra, hogy az akkori Intézet akár a térség a repüléshez kapcsolódó kutatás-fejlesztési központjává váljon.

4. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom, főbb célok

A kiemelt kutatási célok eléréshez három önálló, új célzott alapkutatással foglalkozó kutatócsoport került kialakításra. A közreműködők a szakterületükön elismert, nemzetközi kapcsolatokkal rendelkező egyetemi oktatók, kutatók, gyakorlati tapasztalattal rendelkező mérnökök. Az összehangolt projektünk három területre fókuszál, melyek közös ismérve, hogy a légiközlekedés biztonságot állítják a kutatásaik középpontjába. A megvalósítást három Kiemelt Kutatási Területen (KKT) terveztük megvalósítani. A KKT-kban folyó munkát a szolnoki tanszékek szakterületükön elismert, hazai és nemzetközi tudományos kutatási eredménnyel bíró szakértői, mint kiemelt kutatási területvezetők (KKTV) irányítják. Az összes projektelem széles spektrumú, interdiszciplináris jellegű tudományos előkészítést igényelt a megvalósítás során.

A projekt tervezése során az alábbi főbb munka és kutatási-folyamatok elvégzésével terveztünk.

Az első év végére véglegesítésre kerülnek a kutatócsoportok részletes feladatai, a kutatók elemi tevékenységei. Kidolgozásra kerülnek a projekt adminisztratív munkájának eszközei, a kutatási-jelentési rendszer, az adminisztrációs és a beszerzési folyamatok. Beindulnak az eszközbeszerzések, a közbeszerzések, valamint a pályázat megvalósításához kapcsolódó előzetes tanulmányok előkészítése. Még ebben az időszakban megkezdjük a kutatásokat megalapozó, hazai és külföldi tréningeket, és szakmai felkészítéseket. Az első év végére pontosításra

kerül a kutatás-fejlesztéshez kapcsolódó partnerekkel történő együttműködési és feladatrendszer. A második év kezdetére a kutatásokat biztosító eszközrendszerek működésre, kutatások végzésére kész állapotban kerülnek, megindulnak rajtuk a tervezett kutatási feladatok.

A projekt második és a harmadik évben a kiemelt kutatási területeken, illetve azok al-kutatói csoportjaiban elvégzik megcélzott kutatásokat, előállítják a részeredményeket, elkészülnek a mérföldkövet lezáró jelentések. Az eredmények publikálására, további hazai és nemzetközi együttműködések kialakítására, valamint a nyilvánosság tájékoztatásának céljából megrendezésre kerülnek az évenkénti szakmai tájékoztatók és a betervezett konferenciák.

A pályázat utolsó, negyedik évben az eredmények szintetizálására és verifikációjának elvégzésére kerül sor, e közben összeállításra kerülnek a kutatási területek eredményeit összefoglaló stratégiai dokumentumok. Megvalósulnak a projekt fizikai megvalósulásának időpontjára vállat fizikai eredmények (prototípusok, komplex repüléstámogató alrendszer stb.). Folytatódik a kutatási rész eredmények publikálása és elkészül az eredménykommunikációs kiadvány. Megkezdődik a kutatási infrastruktúra fenntartási időszakban történő kutatási és oktatási célú felhasználásához kapcsolódó témák kiválogatása, a potenciális résztvevők körének és a tervezett feladatoknak a behatárolása.

A pályázati tervben szereplő feladatok végrehajtása időarányos volt a pályázat teljes időszakában, a projekt vezetőinek, és adminisztratív és kutatási területén dolgozó szakemberek lelkiismeretes munkájának köszönhetően.

A pályázati céljainkat az alábbi három kutatási területeken valósították meg a kutatók.

4.1 Aviation_Fuel kiemelt kutatási terület

A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői az egyes alternatív tüzelőanyag fajták repülésben való alkalmazhatóságának vizsgálatával, azok alkalmazási feltételeinek minél szélesebb körű feltárásával, a légijármű hajtóművek üzemére gyakorolt hatások tanulmányozásával és a felmerülő környezeti és gazdasági szempontok becslésével foglalkoznak. E mellett célirányos, a szakmai tevékenységhez elengedhetetlen interdiszciplináris kutatási potenciál fejlesztést, hazai és nemzetközi kutatócsoportokkal való együttműködést is folytatnak.

A kiemelt kutatási terület átfogó célkitűzése javaslatok kidolgozása egy olyan komplex probléma esetében, mint az alternatív tüzelőanyagok bevezethetősége, és a bevezetés által fellépő műszaki, környezetbiztonsági problémák megoldhatósága a repülésben. A kitűzött cél eléréséhez vezető folyamatban kidolgozásra kerül egy komplett javaslati dokumentum (felhasználási stratégia), három egyetemi jegyzet és egy tansegédlet (átfogó történeti áttekintés az eddig elért eredményekről, technológiákról), illetve két távoktatási tananyag.

Hosszú távú cél, hogy a megszerzett ismeretek birtokában, tanácsadói oldalról segítse a légiközlekedésben érintett szervezeteket, vállalkozásokat az alternatív tüzelőanyagok alkalmazására való átállásában, a környezetkímélő és gazdaságos repülő üzemeltetési rendszer megvalósításában. A megszerzett ismeretek alkalmazása és a gyakorlatba történő átültetése révén a repülésből eredő környezetszennyezésihatások jelentős csökkenése várható.

4.2 Aviation_Human kiemelt kutatási terület

A kiemelt kutatási terület a repülés humán tényezőinek integrált alkalmazására vonatkozó vizsgálatokra fókuszál, melyek a pilóták mellett az egyre elterjedtebb pilótanélküli légijárművek kezelőire és a légiforgalmi irányítókra is kiterjednek. A kutatás magába foglalja az adat-

gyűjtést és elemzést, új mérési és vizsgálati protokollok kidolgozását és tesztelését, a gyakorlati alkalmazás eredményeinek összesítését és mindennapokban zajló alkalmazás lehetőségei módszertanának kialakítását. A kutatási eredmények alapján összeállított vizsgálati módszerekkel egzaktabban tesztelhető a repülésben résztvevők teljesítménye, növekszik a lehetséges beválás prediktív validitása. Teljeskörűen diagnosztizálhatók a várható egyéni teljesítmény jellegzetességei, az egyének stressz reakcióinak sajátosságai a regenerációs folyamatok lefolyásának függvényében.

Vizsgálatra kerülnek a repülőorvostan, repülőélettan, teljesítmény-diagnosztika, a munka és repülőlélektan, valamint a rehabilitációs orvostan kérdései. Az emberi tényező vizsgálatára irányuló kiemelt kutatási terület a közszolgálati feladatokban (katasztrófavédelem, rendvédelem, honvédelem) és az egyéb szakterületeken (ipar, mezőgazdaság, közlekedés) dolgozó repüléssel foglalkozó szakemberek (pilóták, operátorok, légiforgalmi irányítók) kiválasztási, képzési és egészségvédelmi, regenerációs és rekreációs rendszereit vizsgálja és a fejlesztési lehetőségeinek módjait dolgozza ki és teszteli.

A kutatás eredményeképpen kialakításra kerül egy komplex vizsgálati és diagnosztikai rendszer, amellyel a repülés területén dolgozók aktuális teljesítménye folyamatosan értékelhető. A pályázati forrás felhasználása lehetőséget nyújt komplett fiziológiás stressz reakciók méréséhez, a regenációs folyamatok elemzéséhez szükséges berendezések, valamint szoftveres háttér támogatás beszerzésére, egy speciális teljesítménydiagnosztikai élettani laboratórium és egy pszichológiai vizsgáló laboratórium kialakítására.

4.3 UAS_Environ kiemelt kutatási terület

A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői a pilóta nélküli légijárművek felhasználását biztonságossá, rugalmassá és így valóban sok területen alkalmazhatóvá tevő komplex, repüléstámogató rendszer (szoftver) modelljét dolgozzák ki, majd annak fizikai megvalósítását, korszerű, felhőalapú informatikai rendszerbe történő beágyazását végzik el. A projekt befejezéséig a rendszer elsődleges tesztelése szintén végrehajtásra kerül. Ezzel párhuzamosan kutatják a pilóta nélküli légijármű rendszerek repülések tervezéséhez és végrehajtásához szükséges légiforgalmi tájékoztatások elemeinek a fenti rendszerbe történő integrálási lehetőségeit. További feladat a tervezett web alapú real-time (valós idejű) szolgáltatás informatikai hátterének a kialakítása.

3. ábra
A három kiemelt kutatási terület szimbóluma Forrás: *OPA Bt fotó*

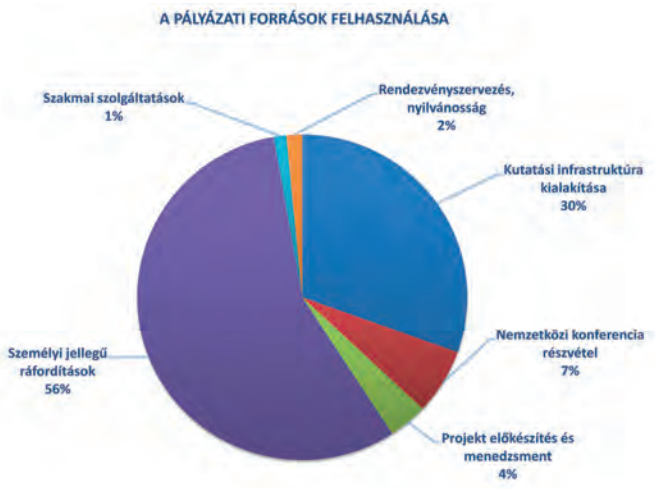
A kutatók egy-egy, merev- illetve multirotoros időjárás felderítő UA prototípust fejlesztenek ki, amelyek speciális levegőkémiai és időjárási mérésekre és real-time adattovábbításra egyaránt képesek. A kapott adatok fogadását és feldolgozását kiértékelő mobil modul is része a

rendszernek. Az időjárás felderítő UAS eszközökből származó valós idejű adatok felhasználásával a numerikus repülésmeteorológiai előrejelzések pontosíthatók. A több célú felhasználáshoz megtervezésre kerülnek 4D-s repülési módok, előre beépített, a nemzetközi szabványoknak megfelelő repülési és mérési scenariók. A kapott adatok felhasználóbarát, web alapú, valamint mobil applikációt magában foglaló grafikus felületen lesznek elérhetők.

A kutatások kiegészülnek az UAV eszközök repüléséhez köthető környezeti faktorok (meteorológiai, szabályzói, felhasználói, informatikaistb.) szerteágazó vizsgálatával.

5. Pályázati források felhasználása

A projekt első mérföldkövéig, 2018 év közepére az összes közbeszerzési eljárás sikeresen befejeződött. A KKT-k alapvető kutatási infrastruktúrája így már rendelkezésre állt a kutatások végzéséhez. A pályázati források közel egyharmadából, 230 MFt-ból kutatási eszközöket, teszthajtóművet, diagnosztikai eszközöket, merev- és forgószárnyas pilóta nélküli repülőgépeket, meteorológiai szenzorokat szereztek be. Kialakítottak és berendeztek egy humán pszichológiai és fiziológiai vizsgálólaboratóriumot, annak teljes műszer és eszközparkjával. A projekt informatikai biztosításához és az adatfeldolgozáshoz szükséges számítástechnikai eszközök, nagy teljesítményű szerverek és szimulátorok, valamint speciális szoftverek, nagyteljesítményű nyomtatók és plotter is beszerzésre kerültek. Ezekkel az eszközökkel jelentős kutatási kapacitás-növekedés valósult meg. A beszerzett és felépített kutatási eszközrendszer hosszú időre biztosítani képes az új tudományos eredmények elérését, de e mellett áttételesen hozzájárul a hazai polgári és a katonai repülés, ezen belül a Magyar Légierő képességeihez, fejlődéséhez is. Részben azáltal, hogy a modern kutatási eszközrendszerek a felsőfokú képzésekben is felhasználásra kerülnek, illetve a kutatás-fejlesztési eredmények közvetlenül támogatják a felhasználókat. Ez a modern eszközpark a 2018-ban indult Állami légiközlekedési szak oktatás-technológiai és kutatási eszközrendszerét is erősíti.



4. ábra

A pályázati források felhasználásának százalékos kimutatása Forrás: *készítette a szerző*

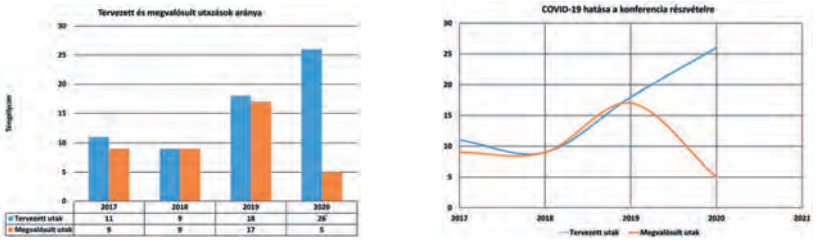
A projekt céljaihoz kapcsolódó európai és tengerentúli nemzetközi és hazai konferenciákon történő részvételre (regisztrációs díjak, szállás és útiköltségek) közel 50 MFt-ot terveztünk.

Ezzel kívántuk részben nemzetközi tapasztalatokat szerezni, részben új együttműködéseket kialakítani és fenntartani, valamint tudományos eredményeinket nemzetközi szinten megismertetni. A COVID helyzet kitöréséig nemzetközi szervezésű konferencián 40 helyszínen (37 külföldi, 3 hazai) vett részt 79 fő részvételével kutatócsapatunk. A nemzetközi tudományos konferenciákra jellemzően Európában utaztak nagyobb számban kollégáink, de ezen kívül megfordultak szakértőink az amerikai kontinensen, és Ázsiában is több, valamint Ausztráliában is egy alkalommal.

5. ábra
Nemzetközi konferenciák workshopok célállomásai Forrás: *készítette a szerző*

A projekt előkészítésre (előzetes tanulmányok, közbeszerzési költségek) és a projektmenedzsmentre (projekt koordinátor és pénzügyi vezető munkabére) összesen 29 MFt-ot fordítottunk. A pályázati költségvetés legnagyobb tételét, 426 MFt-ot a szakmai megvalósításban közreműködő munkatársak (kutató és segédszemélyzet) személyi jellegű ráfordításai (bér, napidíjak és járulékaik, több mint 61 300 munkaóra!) tették ki. A szakmai megvalósításhoz kapcsolódó szakmai szolgáltatásokra (rezsi, anyag, szakértői szolgáltatás stb.) 9 MFt-ot terveztünk. Míg a fentebb részletezett kötelezően előírt és nem kötelezően előírt szakmai rendezvények szervezésére és a kötelezően előírt nyilvánosság biztosítására több mint 11 MFt-ot fordítottunk.

Sajnos a COVID helyzet elrendelt korlátozásai miatt, a projekt utolsó másfél évében tervezett hazai és nemzetközi rendezvények elmaradtak, vagy online formában kerültek megtartásra. Ezekre az eseményekre tervezett források nem kerültek felhasználásra.



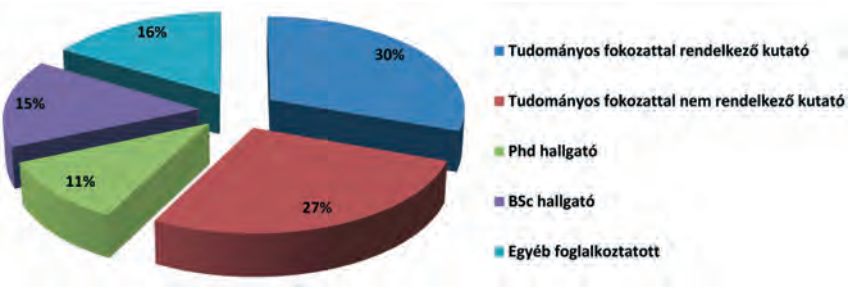
6. ábra
Nemzetközi utazásaink és a Pndémia azokra gyakorolt hatása Forrás: *nemzetközi utazások tervéből készítette Törőcsik Tímea*

A kutatások lehetséges kiszélesítése, új, illetve nagyobb számú kutatási adat és kutatási eredmény elérése céljából kezdeményeztük a támogatási szerződés módosítását, hogy további

kutatási infrastruktúrát szerezhessünk be az elmaradt utazásokra szánt támogatási források terhére. A támogatási szerződésünk elfogadásáról e tanulmány megírásáig még nem kaptunk hivatalos tájékoztatást.

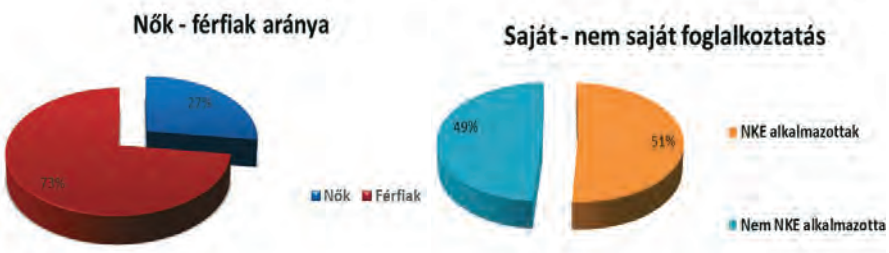
6. Résztvevők, együttműködők

A projekt önállóan, nem konzorciumi formában került benyújtásra. Megvalósítására jellemző volt a magas szintű együttműködésben végzett munka, mely időnként kihívás elé állította a vezetőket, hiszen az NKE kutatóin kívül több tíz, más felsőoktatási- és kutatóintézet kutató-fejlesztő munkatársa vett részt. Az eredmények elérésében egyetemi oktatókon és kutatókon kívül a hazai repülőipar területén tevékenykedő KKV-k külső szakértői, valamint doktoranduszok és egyetemi hallgatók is részt vállaltak.



7. ábra
A pályázatban foglakoztatottak megoszlásának százalékos aránya Forrás: *készítette a szerző*

A projekt interdiszciplináris jellegét kifejezően mutatja, hogy a közreműködők között a szakterületükön elismert, nemzetközi kapcsolatokkal rendelkező egyetemi oktatók, kutatók, légiközlekedési és repülő-műszaki szakértők, hajtóműves és üzemanyag szakértők, meteorológusok, UAS szakértők, nagy gyakorlati tapasztalattal és több szakvizsgával rendelkező repülő orvosok, pszichológusok, humán kineziológusok, szak mérnökök, szakasszisztensek vettek részt. A projekt célokhoz kapcsolódóan a kutatásokba alap, mester és PhD hallgatók is bevonásra kerültek, asszisztensi és kutatás-segítői feladatokra.



8. ábra A pályázatban foglakoztatott nők-férfiak (bal) valamint az NKE-külső szervezetek résztvevői (jobb) megoszlásának százalékos aránya Forrás: *készítette a szerző*

A projekt négy és fél éve alatt 92 fő került foglalkoztatásra. A pályázat előkészítésben és megvalósításban résztvevő, szakterületükön elismert, hazai és nemzetközi kapcsolatokkal rendel-

kező több mint 50 fő tudományos kutató-fejlesztő és több mint 20 fő kutatási-segédszemélyzet részvételével kialakítandó három kutatócsoport, 2016. októberi kezdéssel, négy éves időtartamban, a 100%-os támogatottságú pályázati forrás felhasználásával minőségi ugrást kíván elérni a kutatás, a technológiai fejlesztés és innováció erősítésében. A kutató munkát további, nem állandó jelleggel adminisztratív területen további 15 fő segítette.

A szolnoki tanszékek és az Egyetem oktatóin és kutatóin kívül a pályázatban az alábbi legjelentősebb, hazai partner intézmények munkatársainak együttműködésével terveztük és hajtottuk végre a projektcélok megvalósítását:

- BMGE Vasúti járművek- Repülőgépek- és Hajók Tanszéke;
- ELTE Meteorológiai Tanszék;
- ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar Egészségfejlesztési és Sporttudományi Intézet;
- Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály;
- HungaroControl Magyar Légiforgalmi Zrt.;
- Időkép Kft;
- Közlekedéstudományi Intézet;
- Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat;
- Magyar Honvédség Légijármű Javító Üzem;
- Magyar Honvédség Repülőorvosi, Alkalmasság vizsgáló és Gyógyító Intézet;
- MTA SZTAKI;
- Nemzeti Közlekedési Hatóság;
- Testnevelési Egyetem Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszék.

A kutatásokban az alábbi külföldi felsőoktatási és kutatóintézetek, mint együttműködő partnerek jelentek meg:

- PBS Velka Bítes (cseh);
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe (német);
- Columbia Weather Systems, Inc (USA);
- GRAW Radiosondes GmbH (német);
- First Pavlov State Medical University of St. Petersburg (orosz).

7. Nyilvánosság, konferenciák utazások

A projekt a nemzetközi együttműködés kialakítására és fenntartására is kiváló lehetőséget teremtett. A résztvevők európai és tengerentúli, valamint hazai konferenciákon is szerezhettek tapasztalatokat, illetve osztották meg az elért eredményeiket.

Sajnos a projekt utolsó évére tervezett, főként az elért tudományos eredmények bemutatását célzó konferenciák és workshopok a COVID világjárvány hatásait csökkentő, és bevezetett járványügyi korlátozások és intézkedésesek miatt elmaradtak, így ezekre az eseményekre tervezett pályázati források megmaradtak. A járvány miatt a projekt központi intézkedésre további három hónappal meghosszabbításra került.

A projekt négy éves időszakában két ünnepélyes, sajtónyilvános rendezvényt terveztük. A projektindító rendezvény 2017. április 4-én, Szolnokon, 150 fő jelenlétében tartottuk meg. A megnyitó ünnepség az Egyetem kiemelt rendezvénye lett, melyet jó sajtóvisszhang is kísért.

A fizikai megvalósítás időszakában további három tudományos szakmai konferenciát, egy workshopot és egy országos, középiskolások részvételével megvalósuló UAV verseny lebonyolítását is terveztük. A három szakmai konferenciából a 2018-ra és 2019-re tervezettek nagy szakmai sikerként kerültek megtartásra Szolnokon, az április Repüléstudományi Konferenciákkal egybekötve. Ezeken a rendezvényeken a projekt kutatói beszámoltak a KKT-k addig elért eredményeiről, munkáiról.

9. ábra
A projektnyitó konferencia képei, Szolnok 2017. április 4. Forrás: *OPA BT fotó*

2018. június 7-én fejeződött be az országos, közel fél éves időtartamú középiskolások részvételével megvalósuló UAV verseny. A verseny ismeretterjesztő céllal került megtervezésre, mellyel a drón repülés és annak, szabályainak, valamint lehetséges alkalmazási lehetőségeinek és technológiájának széles körű megismertetése volt a célunk. A verseny döntőjébe két online forduló után öt csapat került. A döntőnek a repüléstörténet fellegvára, a szolnoki RepTár és Repülőmúzeum adott otthont, ahol elméleti és gyakorlati drón kezelői ismeretekből adtak számot a csapatok.

10. ábra
A UAV verseny képei, Szolnok 2018. június 7. Forrás: *OPA BT fotó*

2018. december 14-én közel 80 fő részvételével a tervezett workshop kiemelkedő szakmai sikerrel megrendezésre került. A munkanapon a három kiemelt kutatási terület témájához kapcsolódó területekről kértünk fel szakértőket a témához kapcsolódó előadások megtartására, melyet a KKT-k szakmai munkájának bemutatása és értékelése követett. Az előírt nyilvánosság biztosítását, az előírt kommunikációs elemek kihelyezésén, illetve rendezvények megtartásán kívül egy a projektet, valamint annak eredményeit bemutató weblap üzemeltetésével is elősegítettük.

A projekt indulásakor, a projektindító rendezvényre és az első mérföldkövet lezáró szakmai nap időszakára ütemezve a nyilvánosság biztosításának emelése céljából tájékoztató füzeteket készíttetünk, és osztottunk meg a nyilvánossággal. A pályázat eredménykommunikációs kiadványt szakértői céljára nyomtatott, valamint a széleskörű tájékoztatás érdekében elektronikus formában is elkészítjük.

A fent említett COVID világjárvány miatt a 2020-ra tervezett harmadik hazai szakmai konferencia elmaradt. A sajtónyilvános, ünnepélyes projektátadó konferenciánkat 2021. április 11-én, közel 200 fő jelenlétével online formában megtartottuk.

8. Indikátorok, eredménytermékek

A kutatások részeredményeként nagyszámú nemzetközi és hazai szinten jegyzett cikk és tanulmány készült el, ezeket a kutatások során publikálták is a résztvevők. A projekt első két évében elkészült 10 előtanulmány, 1100 oldalnyi terjedelemben, melyek a szakmai kutatások alátámasztására, tervezésére lettek felhasználva.

Monitoring mutogatók	Vállat	Megvalósult
• A kedvezményezett szervezetnél a beszerzett eszköz oktatási célú felhasználása	3 (2023.12)	1
• A kutatási projekt által generált hazai kutatási, vállalati együttműködések száma	3 (2021.12)	3
• A kutatóhelyre eső kiemelkedő minőségű publikációk száma	4 (2021.12) 2 (2023.12)	3 (2021.12) -
• A kutatóhelyre eső publikációk száma	45 (2021.12) 15 (2023.12)	120+ (2021.12) -
• A projekt megvalósítása során, a projekt témájához köthető értekezéssel tudományos fokozatot szerző kutatók száma	2 (2023.12)	2
• Kutatási lehetőség biztosítása külső kutatócsoportok számára, illetve kapcsolódás a gazdasági szféra szereplőihez	3 (2023.12)	-
• Kutató-fejlesztői létszám (16)	2 (2021.12)	2

11. ábra

Kimutatás a monitoring mutatókról Forrás: *szerkesztette a szerő*

A projekt során az előzetes kutatási eredmények publikálását több mint 120, lektorált, nagyobbrészt magyar, kisebb részben idegen nyelvű tudományos szakcikkben publikálták kutatóink. A monitoring mutatókat ezen a területen jóval felül múltuk, hiszen az abban tett vállalásunk 2021. december 31-ig 45, 2023. december 31-ig további 15 szakmai cikket tartalmazott. Kutatóink tulajdonképpen megkétszerezték a vállalt mutatót. A négy év alatt elkészült 15 Tudományos Diákköri Konferencia pályamunka, közülük több országos konferencián is megjelent. Kutatóink több mint 50 konferencia előadást tartottok hazai és nemzetközi tudományos rendezvényeken.

Kiemelt pályázati cél volt, hogy projekt megvalósítása során, a projekt témájához köthető értekezéssel tudományos fokozatot szerző kutatók száma legyen. A projekt fizikai befejezéséig a tervezett 2 főt elértük, rajtuk kívül egy éven belül további két fő szerezhet tudományos

fokozatot a foglalkoztatottjaink közül. Nem szerepelt a monitoring mutatók között, de a fentieken kívül további három fő szerzett a kutatási időszakban habilitált doktori címet.

További monitoring mutató (vállalás) volt részünkről a kutatóhelyre eső kiemelkedő minőségű publikációk száma, melyből összesen 6-ot vállaltunk úgy, hogy 2021. december 31-ig 4, 2023. december 31-ig további 2 minőségi szakmai cikket készítünk e. A projekt fizikai befejezéséig ezekből 3 elkészült egy befogadás alatt áll, így a 2021 év végéig vállalt mutató teljesítettnek látszik.

A kedvezményezett szervezetnél a beszerzett kutatási eszköz oktatási célú felhasználására és külső kutatócsoportok számára, kutatási lehetőség biztosítására illetve kapcsolódás a gazdasági szféra szereplőihez való kapcsolódásra három vállalást tettünk, melyek a teszt-hajtómű, az teljesítmény diagnosztikai és pszichológiai labor, valamint az UAS szimulátor voltak.

A kutatási projekt által generált hazai kutatási, vállalati együttműködések száma 2021. december végére, három vállalt tevékenységet fogalmazott meg. Mindhárom monitoring mutató többszörösen is teljesítésre került. Az tudományos célú együttműködő partnerek közül ki kell emelni a BMGE Vasúti járművek- Repülőgépek- és Hajók Tanszékét, az ELTE Meteorológiai Tanszékét, az ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar Egészségfejlesztési és Sporttudományi Intézetét, Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatát, Magyar Honvédség Légijármű Javító Üzemet, a Magyar Honvédség Repülőorvosi, Alkalmasság vizsgáló és Gyógyító Intézetét és a Testnevelési Egyetem Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszékét. Ennek a monitoring mutatónak az alátámasztó indikátorai a közös kutatások eredményeit tartalmazó előtanulmányok, és tudományos szakmai publikációk.

9. A projekt menedzsment

Dr. Palik Mátyás, hivatásos katona, ezredes, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar katonai repülési dékánhelyettese, a Repülésirányító és Repülő hajózó Tanszék egyetemi docense. Egyetemi tanulmányait a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Repülő és légvédelmi haderőnemi szakán végezte. Fő kutatási területei közé tartozik a modern légiforgalmi szolgáltatás rendszerében megvalósuló folyamatok, valamint a pilóta nélküli légijárművek rendszerek alkalmazásával kapcsolatos kérdések vizsgálata. Ez utóbbi témában végzett kutatásait közel harminc éve kezdte, PhD dolgozata is e témában íródott. 2007-től a hadtudomány PhD fokozatosa. Eddig közel 90 publikációja jelent meg hazai és külföldi tudományos szaklapokban, az ezekre kapott független hivatkozásainak száma közel 220. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat, „Adatintegráció” alprogram- és „A pilóta nélküli légijárművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai” nevű kiemelt kutatási terület vezetője. 2016-tól a kormány GINOP-2.3.2-15 „Stratégiai K+F műhelyek kiválósága” című felhívásra az NKE szolnoki kutatócsoportja által elkészített „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen VOLARE” című nyertes pályázat szakmai vezetője, valamint az UAS_ENVIRON kiemelt kutatási terület alkalmazott kutatója (légiközlekedési szakértő). Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Műszaki Doktori Iskolájának Légiközlekedés és repüléstechnika kutatási terület vezetője, egyben témahirdető oktatója. Témavezetettjei közül egy fő fokoza-

tot szerzett, négyen abszolutóriummal rendelkeznek, és rajtuk kívül további egy fő PhD-s felkészülését irányítja. Több hazai tudományos társaság és szervezet (MTA IX. osztály HTB, MTA DAB, MHTT stb.) aktív tagja.

dr. Csanády Szabolcs projekt jogi vezető A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen - annak indulásakor - jogi osztályvezetőként kezdtem el tevékenységemet, azóta folyamatosan a jogi területen dolgozom, jelenleg jogi irodavezetői beosztásban. Folyamatosan vettem és veszek részt az Egyetem által megvalósított projektek jogi támogatásában, több projekt jogi vezetője vagyok jelenleg is (KÖFOP, EFOP stb. projektek). A GINOP-2.3.2 VOLARE projekt 2016. évi indulása óta annak jogi vezetője vagyok, megtisztelő, hogy felkérést kaptam e feladatra.

Endrédi Gábor A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen munkatársa vagyok a 2014 év elejétől, először, mint a Közbeszerzési csoport, majd a későbbekben mint a Közbeszerzési Osztály vezetője. Azóta sok olyan élményben volt munkám a során részem, melyekre igazán szívesen emlékezem vissza. Többek között ezek egyike volt a „A GINOP-2.3.2-15-2016-00007 azonosítószámú projekt közbeszerzési szempontú felügyelete, a projekt beszerzéseit jogszabályok (Közbeszerzési törvény és végrehajtási utasításai) által megszabott keretek közé szorítva. Mint magánember is érdekelt a téma, például a merevszárnyú repülőgépek, a különböző orvosi laborokba beszerzendő komplex mérőműszerek, a teszthajtómű technológiája. Magam is IT mérnöknek tanultam, majd okleveles közgazdász diplomát szereztem, és kiegészítettem a munkámhoz szükséges jogi ismeretekkel. Rendkívül segítőkész kollégákkal ismerkedtem meg Szolnokon, remélem, lesz még a jövőben közös munkánk.

Gajdács-Balog Ilona, szerződéses katona, a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen Hadtudományi és Honvédtisztképző Ka Szolnoki tanszékeinek tanfolyamszervező tisztje vagyok. A VOLARE projektben 2016-tól a szakmai vezető asszisztenseként – annak operatív munkája támogatása céljából adminisztrációs (szakmai jelentések, projektbeszámolók, kimutatások, feljegyzések, kalkuláció és pénzügyi dokumentáció készítése, valamint levelezés végrehajtás) és szervezési feladatokat láttam el. A pályázat ideje alatt elkészítettem a megbízási szerződéseket és a teljesítés igazolásokat, lefolytattam a támogatási szerződésben szereplő beszerzéseket. Folyamatosan tartottam a kapcsolatot a KKT vezetőkkel, az időszakos jelentések, beszámolók összeállítása - a szakmai vezető rendszeres és megfelelő tájékoztatása céljából.

Gajdács Réka A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen dolgozom, jelenleg a Közbeszerzési Osztály vezetőjeként. A GINOP projekt keretében lebonyolított közbeszerzési eljárásokban aktívan részt vettem az elmúlt évek során. A Közbeszerzési Osztály munkatársaival együtt az eljárások közbeszerzési, jogi, műszaki oldalról történő támogatásáért voltunk felelősek. Örülünk annak, hogy eredményesen zárultak a megindított eljárásaink, melynek következtében sikerült olyan eszközöket, termékeket beszerezni és olyan szolgáltatásokat megrendelni, melyek a projekt célját szolgálják. Köszönjük, hogy a szolnoki csapat munkatársaiban igazán segítőkész embereket ismerhettünk meg.

Szabó Nikoletta – A projektben 2017 és 2018 években, mint a Drónfoglaló verseny egyik szervezője vettem részt. Feladataim közé tartozott többek között a verseny online fordulóiban a feladatok kiértékelése, kapcsolattartás a versenyzőkkel, a döntő feladatinak összeállításában való részvétel. 2019-től a projekt zárásáig a pénzügyi adminisztrációt segítettem, mint projekt pénzügyi vezető asszisztens. Ez időszak alatt összeállítottam a Bérköltség elszámoló csomagot, részt vettem az kifizetési kérelmek előkészítésében, belföldi kiküldetésekhez kapcsolódó adminisztrációban.

Törőcsik Tímea – projekt menedzser Először a Drónfoglaló című, középiskolásoknak hirdetett, ismeretterjesztő, a pilóta nélküli repülőeszközöket népszerűsítő verseny szervezőjeként vettem részt a projektben. A vetélkedő lebonyolításának minden lépésében közreműködtem úgy, mint, a tervezés, célcsoport bevonása célzott hirdetésekkel, egyes fordulók feladatainak összeállítása, döntő lebonyolítása. 2019-től én láttam el a projektmenedzseri feladatokat is. Feladataim közé tartozott, hogy biztosítsam a pályázat szerződésszerű lefutását, a keletkezett dokumentumok szabályszerűségét, továbbá a kapcsolattartás a pénzügyi és a szakmai vezetés között. Kiemelt figyelmet fordítottam a projektben résztvevők külföldi kiküldetéseinek biztosítására.

Vida Gabriella – projekt pénzügyi vezető Főiskolai tanulmányait a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen végezte. 2012 óta foglalkozik projektek tervezésével megvalósításával, illetve pályázatok beadásával. Jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Gazdasági Hivatal, Költségvetési Iroda, Pályázati pénzügyi Osztály munkatársa. A 2012-2015 időszakban az egyetemen több sikeres projekt projektmenedzsere. A teljesség igénye nélkül, csak a kiemelteket említve: TÁMOP 4.2.1B; TÁMOP 2.2.2B valamint a TÁMOP-4.2.3 projektek. 2017 szeptemberétől pályázati pénzügyesként látja el feladatait. A GINOP-2.3.2-15 projekten kívül számos hazai és nemzetközi projekt pénzügyi vezetője, mint például B.B.A.5.2.2. és a B.B.A 2.4.2, valamint ÚNKP, CEJI és a sokak által felsőoktatás kapcsán közismert Erasmus program és Erasmus Stratégiai Partnerség.

Németh Szilvia – pnzügyi vezető asszisztens

Dr. Kavas László[1]

AZ AVIATION_FUEL KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI

1. A kiemelt kutatási terület célja

A repülés olyan húzóágazat, mely kiváló indikátora egy ország, térség vagy piac fejlettségi szintjének, hiszen a polgári és kereskedelmi repülések száma egyértelműen jelzi az adott térség gazdasági fejlettségét, annak növekedését. A már most is jól kiépült és fejlett piacoknak számító USA illetve EU légiforgalma nem kiemelkedő, de stabil növekedést mutat, viszont ezt egy igen magas járatszám mellett képes produkálni. Az igazi „robbanást" a légiforgalom terén a távolkeleti országokban bekövetkező fejlesztések fogják meghozni, így például 2030-ra várhatóan Kína lesz a legnagyobb piac, és India szorosan követni fogja. Figyelembe véve, hogy az ázsiai és óceániai régió már most is a légi utasforgalom több mint 40%-át adja, a légiforgalom tüzelőanyag felhasználása sosem látott magasságokba fog emelkedni. Ahhoz, hogy a polgári és kereskedelmi repülés tüzelőanyag igényét ki lehessen elégíteni, folytonos utánpótlásra van szükség, mely napjainkban több szempontból is nehézkesnek bizonyul.

A repülőiparban használt tüzelőanyagok alapanyaga a kőolaj, egy természetes eredetű, élő szervezetek bomlása során képződő ásványi termék, mely a Föld szilár kérgéből termelhető ki. A kőolaj nagy részét folyékony állapotú szénhidrogének teszik ki, de előfordulási helyétől függően, akár gáz vagy szilárd halmazállapotú szénhidrogéneket is tartalmazhat kisebb-nagyobb mennyiségben. Komplex vegyület lévén megtalálhatóak benne kénnel, oxigénnel, nitrogénnel képzett vegyületek, nyomokban víz és szilárd ásványi szennyezőanyagok, akár nagyobb mennyiségben is. Tekintve magas energiatartalmát, viszonylag olcsó kitermelési, szállítási és tárolási költségeit, szinte egyeduralkodónak tekinthető, ugyanakkor a limitált rendelkezésre állás miatt az 1970-es évek óta világos, hogy a folytonosan növekedő légiforgalom (karöltve a világ kőolajon alapuló energiafogyasztásával) rövidesen elfogyasztja a rendelkezésre álló kőolajat.

A kőolaj/repülőgép tüzelőanyag világpiaci ára szintén fontos katalizátora az új, alternatív tüzelőanyagok kutatásának, tesztelési folyamatának. Mivel a nyersolaj ára nagyon sok összetevőre érzékeny, például a világpolitikai helyzetre, egyes vezető országok gazdasági növekedésére, a fő kitermelő országok külkapcsolati rendszerének működésére, így a pontos előrejelzés különösen nehéz. A kőolaj árának folytonosnak tekinthető emelkedése, a meglévő propulziós rendszerek hatásfokának javítása mellett, a hagyományos tüzelőanyagok szükséges mennyiségének visszaszorítását is magával vonja.

A hosszú távú előrejelzések szintén a növekvő trendet erősítik, 2036-ig a kőolaj hordónkénti ára várhatóan akár több mint duplájára is emelkedhet. Mindezekből következően a repülőiparnak (és a teljes járműiparnak) hamarosan szüksége lesz eleinte komplementer alternatív

[1] Egyetemi docens, kiemelt kutatási terület vezető; e-mail Kavas.Laszlo@uni-nke.hu, ORCID https//orcid.org/0000-0002-7375-3527

tüzelőanyagokra, de hosszú távon várhatóan muszáj figyelembe venni a fosszilis energiahordozók teljes kiszorulását, kivonását a világpiacról. Ezt az „űrt" hivatottak betölteni az alternatív tüzelőanyagok.

A mostani szénhidrogén alapú tüzelőanyagok kiváltására szánt anyagoknak – hasonlóan a repülőbenzinhez és kerozinhoz – igen szigorú követelményeknek kell megfelelniük, hogy először versenyképesek legyenek, majd kiválthassák kőolaj alapú elődjeiket. Ezen követelmények egy része az égési folyamatokat elsődlegesen meghatározó tényezők, más része környezetvédelmi megfontolás, de fontos szerepet töltenek be az üzemeltetési körülmények okozta különleges környezeti feltételek is.

A projekt célkitűzése egy javaslat megfogalmazása az állami légiközlekedési szektor számára, a kőolaj alapú tüzelőanyag teljes vagy részleges kiváltásának módjáról úgy, hogy lehetőleg minimális szerkezeti átalakítással legyen lehetséges a jelenleg alkalmazott repülőeszközök, és hajtóműveik működtetése. Ennek eléréséhez gazdaságossági, környezetvédelmi és repülőgép üzembentartói szempontok alapján vizsgáljuk a lehetőségeket, továbbá olyan megoldásokon is dolgozunk, amelyek környezetkímélőbbé tehetik a földi (repülőtéri) üzemeltetést.

A jelenleg használatos légi járművek hajtóművei szinte kivétel nélkül szénhidrogén alapú folyékony tüzelőanyagokkal működnek (benzin, kerozin). Ma már közismert tény hogy, a Földön rendelkezésre álló és kitermelhető folyékony szénhidrogén készletek csak korlátozott ideig elégségesek, és további kutatási hajtóerő a tüzelőanyagok árának folyamatos növekedése.

A vonatkozó kutatások eredményeként megerősödött és megkerülhetetlenné vált a környezettudatos szemléletmód. A széndioxid kibocsátás fő forrásai az ipar és a közlekedés. A 2010-es évek elején készült becslések szerint, a légköri szennyezés 2%-áért felelős a repülés, - mely prognózisok szerint, évi 5%-os légiforgalmi növekedést feltételezve, körülbelül 2025-re már elérheti a 3%-ot – ezért csak olyan korszerűsítések, alternatív és/vagy átmeneti tüzelőanyagok alkalmazás valósulhat meg, amelyek nem terhelik a környezetet, nem járulnak hozzá további széndioxid kibocsátással az üvegházhatás fokozódásához.

Mindezek ésszerű és gazdaságos műszaki fejlesztést tesznek szükségessé, mely révén az olyan nemzetbiztosági kiemelt szempontok sem sérülnek, mint például a honvédelem elvárt harckészültségi szintjének biztosítása, ugyanakkor megalapozza a hagyományos kőolajalapú repülőgép tüzelőanyagok fokozatos kiváltását más, megbízható, hosszú távon is folyamatos utánpótlást biztosító üzemanyaggal. Meghatározó szempont a folyamatosság, hiszen a rendelkezésre álló, változatos korú légijármű park legújabb, legkorszerűbb - ezáltal legdrágább - példányai csak most kezdik 30-50 év időtartamra tervezett szolgálatukat. Ezért elengedhetetlen megtalálni az üzemeltetés gazdaságos módját (szintetikus és/vagy a jelenlegi sárkány-hajtómű konfigurációhoz is alkalmazható alternatív üzemanyagokkal) tervezett üzemidejük végéig. A megcélzott kutatás végeredményeként olyan ajánlás kerül kidolgozásra a légijármű üzemeltetők, üzembentartók felé, mely a fent vázolt szükségszerű fejlesztési folyamat alapját képezheti. A tanulmányt hasznosíthatja minden állami, vagy nem állami célú légiközlekedést, repülést folytató szervezet is, pl. Magyar Honvédség, a Készenléti Rendőrség Légirendészeti Szolgálata, vagy az Országos Mentőszolgálat légimentő szervezete.

További célunk, hogy szakmai kapcsolatok erősödése révén közös projekteket valósítsunk meg a hazai és nemzetközi repülésben kutatást és fejlesztést végző felsőoktatási és kutatásfejlesztési intézményekkel, gyártókkal és egyéb szervezetekkel

A fentiek alapján, pályázatunk céljai a repüléshez kapcsolódó interdiszciplináris részterületekhez kapcsolódnak, melyeken belül az AVIATION_FUEL KKT az alábbi kutatási feladatokat tűzte ki:

- az egyes alternatív tüzelőanyag fajták repülésben való alkalmazhatóságának vizsgálatát, valamint azok alkalmazási feltételeinek minél szélesebb körű feltárását;
- a szóba jöhető alternatív tüzelőanyagok használatához kapcsolódóan a légijármű hajtóművek üzemére gyakorolt hatások tanulmányozását;
- az alternatív tüzelőanyagok bevezetésével felmerülő környezeti és gazdasági szempontok becslését;
- kiegészítő vizsgálatok, melyek alapján ajánlások fogalmazhatók meg, miként javíthatók a repülőterek energia felhasználási és környezetvédelmi (azaz költséghatékonysági) mutatói a repülőgépek földi üzembentartási munkafázisaiban.

A kutatások során keletkezett tapasztalatokra, ismeretekre támaszkodva a következő eredményeket tervezzük:

- összefoglaló komplett javaslati dokumentáció (felhasználási stratégia), mely felöleli az egyes alternatív tüzelőanyag fajták repülésben való alkalmazhatóságát, az alkalmazási feltételeket, és tüzelőanyagok használatának a hajtómű üzemére gyakorolt hatását, valamint a kapcsolódó környezeti és gazdasági szempontok becslését.
- 3 egyetemi jegyzet és 1 tansegédlet a kutatási eredmények alapján;
- 2 távoktatási anyag a repülőműszaki szakterület számára;
- A fentebb felsoroltakon túlmenően, kifejlesztésre kerül a teszthajtómű és próbapad rendszer, mint komplett mérőrendszer. A rendszer többféle tüzelőanyaggal is működhet, így széleskörű vizsgálatokat tesz lehetővé. A kutatói tevékenységen túl, kiválóan alkalmazható a légiközlekedés szakterületén repülő-műszaki ismeretkörben hajtómű elmélet, hajtómű szerkezettan, mérés- és szabályzástechnika, légijármű üzembentartás, tananyagok oktatásában, mind demonstrációs, mind labormérési eszközrendszer. A hajtómű és a hozzá kapcsolt mérőrendszer az oktatás korszerűsítésében is jelentős lépés.

2. Mérföldkövek

A pályázati struktúrához, és a többi KKT-hez igazodva, két mérföldkő került meghatározásra a projekt tervezésekor.

1. mérföldkő - 2018. március 02.
   - Az alternatív tüzelőanyag fajták feltárásának folyamata lezárul, részletes adatok állnak rendelkezésre a tüzelőanyag fajták gyártási folyamatáról, a tüzelőanyagok legfontosabb fizikai, kémiai jellemzőiről. Információk állnak rendelkezésre azok repülésben történő felhasználási sajátosságaikról, a tüzelőanyagok tárolási, repülés előtti bevizsgálásnak folyamatáról.
   - A hajtóművek működésének termikus vizsgálata folyamatban van, megkezdődött a szimulációk kidolgozása.

- A teszthajtómű beszerzés sikeresen lezárult, a hajtómű szükséges átalakítási munkái alapvetően befejeződtek, a hajtómű üzemeltetési dokumentációja megalkotásra került, a tesztelésekhez szükséges üzemmód grafikonok kidolgozásra kerültek, a hajtómű próbák végrehajtása körülbelül a félidejéhez ért.
- A tüzelőanyag fajtákról összeállított ismeretanyagra alapozva a multimédiás tananyag elkészül.
- A mérföldkő elérési dátumáig legalább 2 nemzetközi konferencián, publikációval képviselteti magát a kutató csapata. Ezen felül legalább 4 hazai tudományos rendezvényen is részt vesznek a kutatóink, valamint publikációkat készítenek és prezentálnak.

2. mérföldkő - 2021. március 31.

- A teszthajtóművel végzett hajtómű próbák befejeződnek, a különböző tüzelőanyag fajtákkal a mérések lezárulnak, hajtómű üzemére vonatkozó eredmények rögzítésre és validálásra kerülnek. Megvalósul a hajtóműből kiáramló gázok mintavételezése, és a gázok összetételének meghatározása.
- Elkészülnek a környezetvédelmi és gazdaságossági becsléseket tartalmazó anyagok.
- A repülőeszközök repülőtéri üzemeltetésének gazdaságosabb megvalósítását célzó vizsgálatok befejeződnek, a konklúziók, és javaslatok rögzítésre kerülnek. Elkészül a földi kiszolgáló eszközök gazdaságos üzemeltetéséről szóló tanulmány.
- Befejeződik a sárkányszerkezeti elemek tüzelőanyag állósági vizsgálata, és elkészül az eredményt bemutató oktatási anyag.
- Elkészülnek a tananyagok.
- Megjelentetésre kerül további 4 nemzetközi publikáció, valamint a lehetőség szerinti minél több, de legalább 8 hazai cikk, konferencia előadás.
- Elkészül a kutatás szakmai eredményeit közzé tevő tanulmány.

3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom

A hajtóművek működésének termikus vizsgálata, a szimulációk előkészítése

Az ANSYS CFX kereskedelmi szoftver alkalmazható a gázturbinás hajtóművek égéstereiben lezajlódó komplex fizikai és kémiai folyamatok modellezésére, ezáltal alkalmas volt jelen kutatás céljaira, mely az alternatív tüzelőanyagok hatását vizsgálta, alapvetően a gázturbinás hajtómű termodinamikai viselkedésének oldaláról. Az ANSYS multifizikai szoftverrel azoknak a gázturbinás hajtóműveknek a numerikus analízisét végeztük el, melyek a magyarországi állami légiközlekedésben jelen vannak. A szoftver több munkaállomásos hozzáférési lehetőséggel rendelkezik, melyet hálózati kapcsolaton keresztül értünk el.

A projekt során beszerzésre került egy, a PBS Velká Biteš által gyártott TJ100 A típusú gázturbinás sugárhajtómű, melyen a szimulációk validálása is végrehajthatóvá vált, ezért kezdeti lépésként indokolt volt ennek a hajtóműnek az égésterét a numerikus áramlástani számításokban alkalmazni, tehát az égéstér geometriáját modellezni először. Ugyanakkor a Szolnokon, a repülőműszaki oktatáshoz rendelkezésre álló nagyszámú szemléltető eszközök között megtalálható hajtómű elemek segítségével, viszonylag könnyen meg lehetett kezdeni a TV2-

117 helikopter hajtómű égéstéri szimulációk felépítését is. A későbbi időszakban a vizsgálódást kiterjesztettük az AN-26 repülőgép AI-24VT hajtóművére, majd az Airbus A-319 repülőgép CFM56-5B hajtóművére is.

A szimulációs folyamatban célszerűségből a hagyományos JET A-1 tüzelőanyagot használva, referencia mérést végeztünk a TJ100-A teszthajtóművel, mellyel a CFD szimuláció validálható, illetve az adott fajtájú tüzelőanyaghoz a megfelelő porlasztás- és égésmodellek kiválaszthatók. Ezzel a referencia méréssel a hálófüggetlenség-vizsgálat is megvalósítható, tehát megállapíthatóvá vált, milyen finomságú hálóra van szükség a megbízható eredmények érdekében, illetve az adott geometria ismeretében hol lehetnek kritikus zónák (pl. sarkos kialakítás, stb.), amelyeknek elhanyagolása, illetve elnagyolása jelentős zavart okoz a végeredmények alakulásában. Ezt követően kerülhetett sor a további tüzelőanyagok égésfolyamatának szimulációjára, mellyel párhuzamosan folyhattak az ezekkel végzendő mérések előkészületei. A kutatás következő fázisában a létrehozott hajtómű égéstér modellek pontosításához, az alternatív tüzelőanyagok és a JETA-1 tüzelőanyag különböző mértékű keverékével ellenőriztük a hajóművek égőtéri viszonyait, illetve a hajtóműből kiáramló gázok kémiai összetételét vizsgáltuk.

Gázturbinás sugárhajtómű tesztpadi képesség létrehozása és a korszerű mérőrendszer kialakítása

A pályázat keretében megvásárolt kisteljesítményű sugárhajtóművet beszerzési, és üzembehelyezési állapotában csak egy ún. „üzemeltetetési készlettel" szállították. Ez a készlet csupán led kijelző panelt tartalmaz, mely fordulatszám és gázhőmérséklet megjelenítő képességekkel rendelkezik, a teljes spektrumú tesztpadi mérések kivitelezésére nem alkalmas. Már a pályázat benyújtásakor eleve a tervek között szerepelt a megfelelő tesztpadi mérési képesség és pontosság létrehozása, valamint az adatgyűjtés és megjelenítés feladatának szükségessége és kialakítása, a beszerzett sugárhajtómű konstrukciója és érzékelőkkel való gyári ellátottsága függvényében.

A tesztpad fejlesztés megvalósítása több lépésben történt. A teszthajtómű üzemeltetése környezetvédelmi, zajvédelmi és balesetmegelőzési szempontok alapján, valamint a gyártói üzembehelyezési elvárások szerint egy „Tesztcellaként" működő, két különálló (üzemi és vezérlő) konténerből álló egységben történhetett. Az egyik konténerben került elhelyezésre maga a teszthajtómű és a hozzá tartozó próbapadi egység, továbbá a működtetéséhez szükséges elektromos rendszer és tüzelőanyag rendszer. A hajtómű üzemeltetési konténere elől és hátul is nyitható-zárható kivitelű, biztosítva a hajtómű működtetéséhez szükséges zavartalan levegő bevezetést, ugyanakkor annak hűtése is így a legjobb.

A másik konténer szolgált a mérésben részt vevő személyek biztonságos és zajvédett munkahelyéül. Itt került kialakításra a hajtómű vezérlő berendezése, az adatgyűjtő, megjelenítő, és tároló feladatokat ellátó elemek. Mivel mindkét tároló fémszerkezetű falakkal rendelkezik, a tesztek során a hajtóműre vizuális rálátás nem volt a kezelők teréből. A hajtómű környezetének és működésének vizuális ellenőrzése érdekében első fejlesztési lépésként egy ipari kamera rendszer beszerzése és telepítése történt meg.

A második fejlesztési fázisban a konkrét sugárhajtómű típus üzemi paramétereinek a tesztek szempontjából szükséges gyakorisággal való mérése, az adatainak feldolgozása, megjelenítése és tárolása érdekében egy olyan korszerű, komplex adatgyűjtő, megjelenítő és a hajtómű vezérlő rendszerével kétirányú kapcsolatot tartani tudó teszt rendszert alakítottunk ki, mely a kívánt pontossággal, időbeni késleltetés nélküli adatmegjelenítési képességgel működött.

A hardverelemek megléte azonban nem elegendő a mérések elvégzéséhez, a mérőjelek értékeinek láthatóvá tételéhez, a mérések értékelhetőségéhez szükségessé vált egy alkalmazói szoftveres felület kidolgozása is. A LabVIEW grafikus programrendszer a virtuális műszerkoncepcióra épülve lehetőséget teremtett az alkalmazói szoftver implementálására, és így egy mérő PC-t alkalmassá tehettünk tetszőleges mérési, ill. jelfeldolgozási feladatok végrehajtására. Kutató csoportunk létrehozta a saját fejlesztésű adatfogadó, feldolgozó és továbbító programot a LabVIEW felületen, és az adatok kijelzésére egy „virtuális műszerfal" is megalkotásra került.

4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program

Az aktuális kutatási feladatra az „alternatív tüzelőanyagok felhasználása" témában a meglévő saját, valamint az együttműködésen alapuló más kutatóhely szakértőiből állt össze célorientált kutató csapat. A létrejött humán kapacitás egy nagy projekt (alternatív repülőgép tüzelőanyagok alkalmazhatósága) és három részkutatási terület kidolgozását tette lehetővé. A kutatást végző team még napjainkban is rendelkezik azokkal a korábban már említett együttműködési lehetőségekkel, amelyek révén a megfelelő szakemberek bevonásra kerülhetnek a kutatói csapatba.

A kutatási terület sajátossága, összetettsége indokolta, hogy a nagy átfogó témát, több kisebb, speciális irányban kutató csoportban vizsgáljuk. Ennek megfelelően a kutatási projekt oly módon került felépítésre, és a kutatók speciális ismeretei a felkészülés időszakában oly módon kerültek kialakításra, hogy a képességek biztosítsák:

- az egyes alternatív tüzelőanyag fajták repülésben való alkalmazhatóságának vizsgálatát, valamint azok alkalmazási feltételeinek minél szélesebb körű feltárását;
- a légijármű hajtóművek üzemére gyakorolt hatások tanulmányozását;
- a felmerülő környezeti és gazdasági szempontok becslését;
- azoknak a kiegészítő vizsgálatoknak a lehetőségét, melyek alapján ajánlások fogalmazhatók meg, miként javíthatók a repülőterek energia felhasználási és környezetvédelmi (azaz költséghatékonysági) mutatói a repülőgépek földi üzembentartási munkafázisaiban.

A teljes, átfogó programot három részterületre osztottuk és abban a következő kutatási munkafolyamatokat indítottuk el:

Az alternatív tüzelőanyagokkal kapcsolatos területen:

- nemzetközi kutatások, fejlesztések helyzetének áttekintése;
- alternatív tüzelőanyag fajták feltárása;
- az egyes alternatív tüzelőanyag fajták jellemzőinek, alkalmazhatóságának vizsgálata;
- a repülőgép hajtóművekhez alkalmazandó alternatív tüzelőanyag repülőgépen elhelyezésének vizsgálata;
- az alternatív tüzelőanyagok földi repülőgép kiszolgáló járműben való alkalmazásával és a kiszolgáló eljárások átalakításával elérhető gazdaságossági és környezetvédelmi előnyök vizsgálata.

A hajtómű vizsgálatok területén:

- ANSYS területen a hazai és nemzetközi helyzet áttekintése, felkészülés a program használatára;

- a hajtóművek működésének termikus vizsgálata az egyes alternatív tüzelőanyagok alkalmazása esetén;
- hajtómű próbák végrehajtása a beszerzett, és átalakított PBS TJ100-A teszthajtóművel;
- környezetvédelmi elemzések;
- gazdaságossági elemzések.

A teszthajtómű rendszer felépítése területén:

- a hajtómű modifikációhoz szükséges anyagvizsgálatok, és a teszthajtómű alkatrészeinek üzemi ellenőrzései, a lehetséges sárkányszerkezeti ellenőrzések;
- nemzetközi tapasztalatok beszerzése, konferenciákon részvétel;
- multimédiás tananyag, és tansegédletek készítése;
- eszközök, anyagok beszerzése;
- próba hajtómű átalakítási munkák;
- a mérőrendszer kezdeti változatának felépítése, majd a tapasztalatok birtokában annak korszerűsítése, fejlesztése;
- üzemeltetési és vezérlő konténerek kialakításához szükséges előírások irodalmának összegyűjtése, feldolgozása, tervezési és kivitelezési tevékenység.

4.1 A releváns szakirodalom gyűjtése, feldolgozása

A kutatási időszak kezdetétől minden részterület kellő időt fordított a vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalom feltérképezésére, feldolgozására. A megszerzett ismeretek birtokában, a kutatási tevékenység érdemi megkezdéséhez éves kutatói munkaterveket készített minden KKT tag. Ezzel a következő 12 hónapra egy jól behatárolt irányban folytatódott az egyes kutatók munkája. A szakirodalmi feldolgozás során kutatóink és hallgatóink közel 400 szakcikket, könyv fejezetet, könyvet, tanulmányt, ismertetető brossúrát tekintettek át, és ezekre a feldolgozott anyagokra támaszkodva, a KKT működése során 132 szakreferátum készült el. Ezek a megírt szakmai anyagok, és a hozzájuk köthető saját kidolgozói munkák az owncloud.szrf.hu szerveren hozzáférhetők.

4.2 Az alternatív tüzelőanyagokkal kapcsolatos kutatások

A pályázat fizikai megvalósulásának teljes, 4 és fél éves intervallumában nagy figyelmet szenteltek a kijelölt kutatók és hallgatók, és egy doktorandusz is. A kezdeti, 2016-os helyzetben az első generációs alternatív tüzelőanyagokat lehetett felfedezni a repülés területén. A fejlesztéseket, a gyártók és felhasználók által közreadott beszámolókat elemezve egy intenzív, folyamatos fejlődést követhettek végig kutatóink, így a 2020-as évben már a 4. generációs, piacképes tüzelőanyagok kerültek terítékre. A kutatásunk során feltártuk a lehetséges gyártási technológiákat, néhány publikussá tett tüzelőanyag jellemzőt, a felhasználó légitársaságok tömör tapasztalatait[2]. Ennek a csoportnak az egyik legfontosabb eredménye az új típusú

[2] Fehér Krisztina, Óvári Gyula: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának realitásai a repülésben, a XXI. század első felében, Repüléstudományi Szemelvények 2017. Szolnok, Magyarország: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet (2017) 220 p. pp. 113-158

tüzelőanyagok használatba vételéhez elengedhetetlen vizsgálati eljárások, szabványok, kötelező vizsgálatok feltárása[3], melyek Magyarországon még nem elterjedtek, de a várhatóan a jövőben alapvetően szükségesek lesznek.

Szabvány	Melléklet	Átalakítási eljárás	Rövidítés	Lehetséges nyersanyagok	Keverési arány térfogat	Kereskedelmi forgalomba hozatal/projektek
ASTM D7566	1	Fischer-Tropsch szintetikus paraffin kerozin hidrogénezéssel	FT-SPK	kőszén, földgáz, biomassza	50%	Fulcrum Bioenergy, Red Rock Biofuels, SG Preston, Kaidi, Sasol, Shell, Syntroleum
	2	Szintetikus paraffin kerozin hidrogénezett észterekből és zsírsavakból	HEFA-SPK	bio-olajok, állati zsiradék, újrahasznosított olajak	50%	World Energy, Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
	3	Szintetikus izoparaffinok hidrogénezett erjesztett cukrokból	SIP-HFS	biomassza cukor előállításra	10%	Amyris, Total
	4	Szintetikus kerozin aromás vegyületekkel, alkilezése útján nem ásványolaj forrásból származik	SPK/A	kőszén, földgáz, biomassza	50%	Sasol
	5	Alkoholból tüzelőanyag szintetikus paraffin kerozin	ATJ-SPK	biomassza etanol és izobutanol előállítására	50%	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, LanzaTech, Swedish Biofuels, Byogy
ASTM D1655	Melléklet	Melléktermék feldolgozás		zsiradékok, olajok kőolaj finomításból	5%	

1. táblázat

Alternatív tüzelőanyag minősítő eljárások Forrás: *Fehér Krisztina (Referátum, 2020. május 28.)*

Gyártó	Vásárló	Elhelyezkedés (repülőtér)	Átvételi megállapodás			Megjegyzés
			évente [millió gallon]	kezdete	hossza [év]	
Agrisoma	Qantas		52770	2020	N/A	
Air Total	Airbus/ China Airlines	Airbus - Toulouse	N/A	2017	5 db A350-900-hoz szállítva 10%-ban keverve	
AirBP	Airbus/Jet Blue	Airbus - Mobile	N/A	2018	1	5 db A321-hez 15%-ban keverve
	Avinor	Bergen	N/A	2017	N/A	

[3] Kovács Gábor Rómeó referátumok (2017/ 07, 08, 09)

	SAS, BRA,	Kalmar Repülőtér	0,026	2018	3	
Amyris/ Total	Airbus / Cathay Pacific		N/A	2016	2	48 db A350-hez 10%-ban keverve
Fulcrum	AirBP		50000	2020	10	
	Cathay Pacific		37500	2020	10	
	United		90000	N/A	10	
Gevo	Lufthansa		8000	N/A	5	
RedRock	FedEx		0,429	N/A	7	
	Southwest		3000	N/A	1	
SG Preston	Jet Blue		33000	2019	10	30/70-es keverék
	Qantas	LAX Nemzetközi Repülőtér	8000	2020	10	50/50-es keverék
World Energy (AltAir)	Gulfstream /World Fuel		N/A	2015	3	30/70-es keverék
	SkyNRG/ KLM	Los Angeles Nemzetközi Repülőtér	N/A	2016	3	
	SkyNRG/ KLM	Växjö Småland Repülőtér	0,032	2018	0,5	5%-os keverék
	Swedavia	Arlanda Repülőtér, Göteborg Landvetter Repülőtér, Bromma Stockholm Repülőtér,	0,148	2016	N/A	
	United	Los Angeles Nemzetközi Repülőtér	5000	2016	3	
World Energy (AltAir) / Neste	KLM/SAS / Lufthansa/ AirBP	Oslo Repülőtér	0,033	2016	3	
World Energy (AltAir)/Shell	SkyNRG, KLM, SAS, Finnair	San Francisco Nemzetközi Repülőtér	N/A	2018	N/A	

2. táblázat

Alternatív tüzelőanyag gyártók, felhasználók Forrás: *Fehér Krisztina (Referátum, 2020. május 28.)*

Ugyanilyen fontos eredményként könyvelhető el, hogy a légijárművek üzemeltetését végző szervezetek laboratóriumi tesztmódszereinek, lehetőségeinek ellenőrzését is sikeresen elvégezték kutatóink, és megállapították, hogy viszonylag egyszerűen, kis költséggel megvalósítható azok átállítása az új, környezetbarát tüzelőanyagok felhasználói ellenőrzésére. Az alter-

natív tüzelőanyagok használatához kapcsolódóan a tüzelőanyag tárolás, kezelés, szállítás biztonsági kritériumai is feldolgozásra kerültek[4]. A kidolgozott ismeretek összefoglalására elkészült az első multimédiás tananyag.

A témában vizsgálódás során még egy sor, légijármű meghajtási alternatíva tervezetre bukkantak kutatóink. Kiemelten vizsgálták még a cseppfolyósított földgáz alkalmazásának lehetőségét, feltételeit, a gyakorlati megvalósítás reális esélyét, de tanulmányozták a folyékony hidrogén, mint hajtóanyag felhasználhatóságának elvi előnyeit és technológiai nehézségeit, sőt a nukleáris meghajtású repülőgépek tervezeteit is felmérték. Nagy jelentőségű lehetőségek bontakoznak ki napjainkban az elektromos hajtású repülő eszközök területén. Jól érzékelhető e terület rendkívül dinamikus fejlődése, és ugyanakkor az alternatív tüzelőanyagok fejlesztési, elterjedése ütemének megtorpanása[5]. A téma időszerűségét és érdekességét az is jelzi, hogy a kutatói munkában részvevő hallgatók és a doktorandusz is ebben a témában publikáltak leginkább. A szakcikkeken és konferencia közleményeken túl négy TDK dolgozat, és egy doktori disszertáció munkahelyi vita anyaga is készült.

1. ábra
Az elektronikus tananyag borítóképe Forrás: *képernyőkép*

Szintén ennek a kutató csoportnak a munkásságát fémjelzi egy sor repülőtéri légijármű üzemeltetési lehetőség feltárása, amely révén a nemzetközi CORSIA kezdeményezésben feladatul megjelölt repülőtéri környezetszennyezés mértéke csökkenthető. A téma kutatása során a földi légijármű üzemeltetés és repülőtér üzemeltetési eljárások széles spektruma került feldolgozásra, bemutatásra. Az ide vonatkozó publikáció egy, már hivatkozott (1) tanulmánykö-

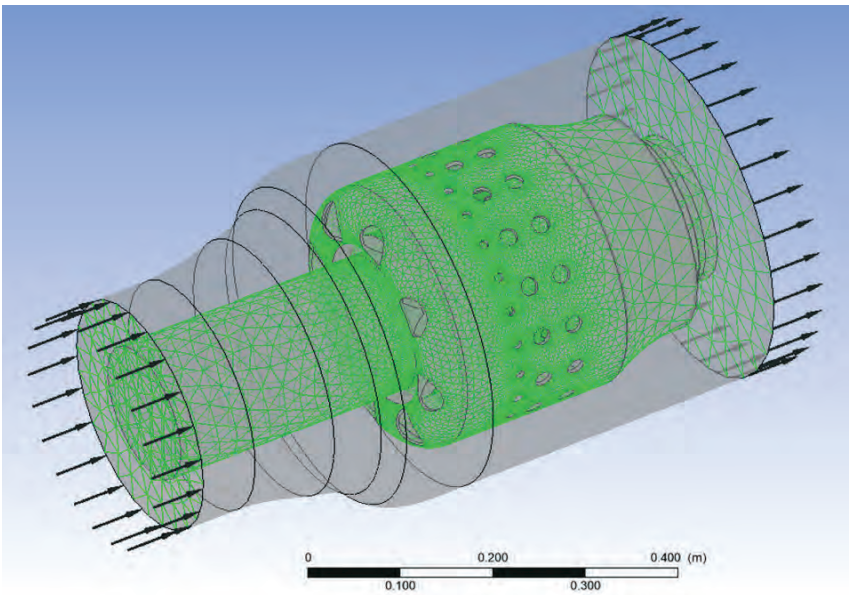
[4] Kálmán Dávid: Légijármű tüzelőanyagok vizsgálata, Tudományos Diákköri Dolgozat, 2018, NKE HHK ITDK

[5] Fehér Krisztina, Óvári Gyula: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának realitásai a repülésben, a XXI. század első felében, Repüléstudományi Szemelvények, 2017. Szolnok, Magyarország NKE KRI (2017) 220 p. pp. 113-158.

tetben került elhelyezésre. Nagy jelentőségűek azok a legutóbbi vizsgálatok, elemzések, amelyeket a kiemelten ezzel a területtel foglakozó kutatóink [6] a magyarországi közepes méretű repülőterek környezetkímélő üzemeltetésének stratégiai kérdései körében végeztek. A téma feldolgozása során 30-at meghaladó számú referátum készült, és a publikáció is megjelentetés alatt van.

4.3 A hajtómű vizsgálatok területe

A KKT második, nagy jelentőségű és erősen elméleti jellegű kutatási részterülete a hajtóművekben lejátszódó égési folyamat vizsgálatára irányult. A kérdés tanulmányozásában a súlyponti kérdés az égőtérben végbemenő tüzelőanyag-levegő keverék égési folyamata.



2. ábra
Az égőtér áramlástani szimulációs modellje Forrás: *képernyőkép (6. sz. lábjegyzetben megjelölt)*

A tüzelőanyag elégése során keletkező mechanikai hatások (turbina előtti nyomás, hőmérséklet, eróziós hatás) a hajtómű élettartamának meghatározó elemei, a keletkezett égéstermékek pedig a környezetbe jutó szennyezőanyagokat határozzák meg. A kutatócsoportban a vizsgálatok, szimulációk elvégzésében szintén részt vettek hallgatók is, de más egyetem (BMGE) kutatói is.

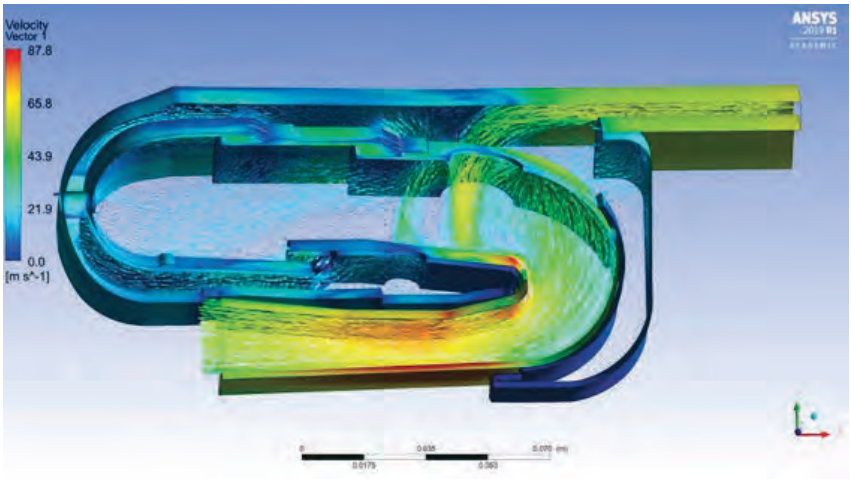
A megcélzott feladat, - a hajtómű égőterében kialakuló áramlástani folyamat-, költséghatékony, tanulmányozásához szereztük be az ANSYS CFX szimulációs szoftver és a futtatásához szükséges nagyteljesítményű számítógépet. A saját szimulációs rendszerünk kidolgozása előtt tanulmányoztuk a fellehető hazai és nemzetközi publikációkat, és néhány nemzetközileg is ismert kutatóval sikerült személyes konzultációkat folytatni az első romániai és bulgáriai konferenciákon. Az érdemi munka a TV2-117 hajtómű égésterének vizsgálatával kezdődött. Ez a kézenfekvő megoldás onnan származott, hogy ennek a hajtóműnek minden egyes részét jól

[6] Dr. Óvári Gyula, Dr. Rohács Dániel, Dr. Pogácsás Imre

ismerjük, rendelkezünk a kellő adatokkal, szerkezeti méretekkel. Ez a tény a szimulációhoz használható 3D-s égéstér modell pontos kidolgozását nagyban megkönnyítette. A modell pontossága nagyban meghatározza a szimulációs eredményeket, ezért is volt fontos egy jól tanulmányozható hajtóművet venni a kezdeti vizsgálódáshoz, mely munka eredményét TDK dolgozatban is megjelentettük[7]. Ezek a kezdeti lépések főként az áramlástani szimuláció felépítésének begyakorlását szolgálták.

A teszthajtómű beszerzés és üzembe helyezése után a kutatás ennek az eszköznek a vizsgálatára irányult. A KKT kutatási céljai között megfogalmazott szimulációs modell létrehozásához a feltételek megteremtődtek, és a modell validálás lehetősége is megvolt. Az vizsgált égőtér áramlástani szimulációs képe a 3. ábrán látható.

A hajtóműből kiáramló gáz égéstermék összetételének vizsgálatára a kutatási időszak utolsó hónapjaiban került sor, a modellnek ezen a területen pontosítása még folyik. Nem sikerült az alternatív tüzelőanyagok használatával ellenőrizni a hajtómű működését, és a modell helyességét. A bekövetkezett COVID-19 pandémia megakadályozta a tüzelőanyag beszerzés folyamatát. A szimulációs területtel foglakozó kutatók előkészítették még más, Magyarországon üzemeltett repülőgépek hajtóműveire készített szimulációkat is (AI24VT, CFM56-5B), de ezek validálása is halasztást szenved a jelen helyzetben.



3. ábra
A TJ100-A hajtómű égéstér áramlástani szimuláció Forrás: *Dr. Beneda Károly saját kép*

A hajtómű üzemi paramétereinek vizsgálata más számítógépes platformokon is folyik, ahol csak a különböző tüzelőanyagok használatával tapasztalható üzemi paraméterek (tolóerő, tüzelőanyag fogyasztás, gázhőmérsékleti értékek, nyomás viszonyok) elemzése valósul meg[8]. A

[7] Csató Péter: Gázturbinás hajtóművek égőterének numerikus szimulációja, tekintettel az alternatív tüzelőanyagok hatásaira, (konzulens: Dr. Tóth József), a dolgozat 2018. 05. 10.-én az NKE HHK ITDK-n bemutatásra került.

[8] B. Varga, L. Kavas, B. Békési, K. Fehér: Development of Thermal Mathematical Model for Turboshaft Engines, Transport Means 2019, 23rd Palanga, Litvánia)2019. 10. 02-04. (pp. 1323-1326)

kutatásban résztvevők a valós hajtóművek élettartamát meghatározó üzemeltetési tapasztalatokról tanulmányút keretében szakmai konzultációt is folytattak az RM 12 hajtóműveket nagyjavító GKN Aerospace cég szakembereivel.

Jelentős, és sok információt szolgáltató vizsgálatokat folytatunk laboratóriumi égőtérrel is, melyben a tűzcsövekben végbemenő égési folyamat minőségéről, a láng jellemzőiről, a keletkező égéstermékekről gyűjtöttek információt kutatóink. Természetesen ezeket a kutatásokat is a referenciaként tekinthető JET A-1 kerozin használatával kezdtük, és most az alternatív tüzelőanyagok beérkezésével folytatnánk[9].

A szimulációs tevékenységgel párhuzamosan egy másik kutatói team megkezdte, és most is folytatja az alternatív tüzelőanyagok használatba vételével összefüggő környezetszennyezési modell kidolgozását, mely a teszthajtóművel végzett károsanyag kibocsátási vizsgálatok eredményeire épül. Az állami célú repülések során jelenleg is keletkező károsanyagok kibocsátásának becslésére kezdeti lépésként egy normalizált hajtómű üzemeltetési profilt hoznak létre, melyhez hajtómű üzemmód és üzemidő adatokat az egyes légijárművek fedélzeti adatrögzítőjében tárolt paraméterek tanulmányozása révén állapítanak meg.

A hajtómű üzemeltetési profil pontosságának biztosítására egy-egy típus egy éves repülési teljesítményét dolgozzák fel. A megállapított üzemeltetési profilt a kutatás második lépéseként a teszthajtóművön alkalmazva, kimutathatók a hagyományos JET A-1 kerozin használatával és az alternatív tüzelőanyag használata során keletkező gázösszetétel különbségek.

Szintén e kutatócsapat végzi el a nemzetközi pénzügyi, gazdasági modellek használatával az alternatív tüzelőanyagok bevezetéséhez, használatához kapcsolódó költségek becslését és elemzését. A kapott eredmények szerves részét képezik a KKT által, az állami légiközlekedésben vezető szerepet betöltők számára készülő dokumentációnak.

4.4 A teszthajtómű rendszer megépítése

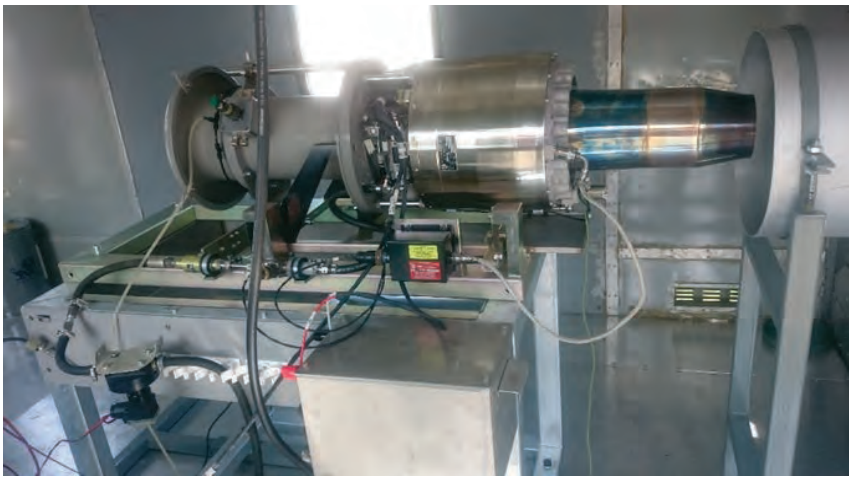
Kutatási tervünk meghatározó eleme a gázturbinás hajtóművek égéstereiben keletkező környezet szennyező égéstermék komponensek vizsgálata, melyeknek az alap körfolyamatban nincs szerepük, és valamilyen megfontolásból jelenlétük nemkívánatos.

Gázturbinák üzemeltetése során keletkező legfontosabb károsanyagok (melyekre nemzetközi szabályozás is érvényben van), a következők:

- szénmonoxid (CO);
- el nem égett szénhidrogének (az angol Unburned Hydro-Carbons rövidítéseként UHC);
- nitrogén-oxidok (általános képlettel NOx, tekintettel két lehetséges válfajára, a nitrogén-monoxidra – NO, illetve a nitrogén-dioxidra – NO_2);
- különböző kénvegyületek, SOx, H_2SO_4, amelyek nemcsak a humán egészségügyi problémák, hanem felszíni vizeink savasságának megváltoztatása, valamint az épületek anyagait roncsoló hatása miatt fontosak;
- szilárd szemcsék (korom, füst).

[9] D. Csemány, Gy Hideg, J.Tóth: Mixture TemperatureControlled Combustion of Various Conventional and Renewable Fuels [Virtual Conference: 6th International Conference on Low Carbon Asia & Beyond - ICLCA 2020, 1-3 September 2020, Shanghai, China

A kutatási tervek készítése során előzetesen tanulmányoztuk a kisteljesítményű gázturbinák terén – más egyetemek által – elért tapasztalatokat, különös tekintettel az üzemeltetés és a mérő-adatgyűjtő rendszerek kérdéseire. A megtervezett feladat sikeres teljesítéséhez egy, már meglévő kisteljesítményű gázturbinás sugárhajtómű koncepciót választottunk, mely hajtómű számára próbapadi környezetet terveztünk kialakítani. Ezzel a saját fejlesztésű mérőrendszerrel céloztuk meg a különböző alternatív tüzelőanyagokkal történő üzemeltetés mérhető, kimutatható tapasztalatainak meghatározását, rögzítését és publikációk formájában a szakmai fórumok elé tárását.



4. ábra
TJ100-A hajtómű Forrás: *OPA BT*

A beszerzésre kiválasztott TJ100-A hajtómű egy kellően kisméretű (272 mm × 675 mm), könnyen mozgatható (20,5 kg tömegű), egyszerűen kezelhető, modern elektronikus vezérléssel felszerelt sugárhajtómű. A sugárhajtómű hazai üzembe helyezését a gyár szakemberei végezték el, és eközben 5 fő részére kezelői felkészítést is tartottak. A hajtómű további üzemeltetését ezek a felkészített kutatók, technikusok végzik.

A hajtómű használatba vételéhez első lépésként a kutató-fejlesztő csapatnak meg kellett terveznie és építenie a gyártó oldaláról is megfelelően biztonságosnak ítélt üzemetetési cellát. A tervezés elsősorban a hajtóműnek a konténerben történő rögzítését biztosító szerkezeti elemeket érintette, majd a hajtómű üzemeltetéséhez szükséges tüzelőanyag ellátó rendszert kellett kialakítani. Kihívást jelentett a hajtóműből kiáramló gáz elvezetésének megoldása, illetve a hajtómű működéséhez és hűtéséhez szükséges egyenletes levegőáram biztosítása. A feladatban résztvevők ezt az első kihívást sikeresen teljesítették, ezek a tesztcella elemek megbízhatóan működnek napjainkban is.

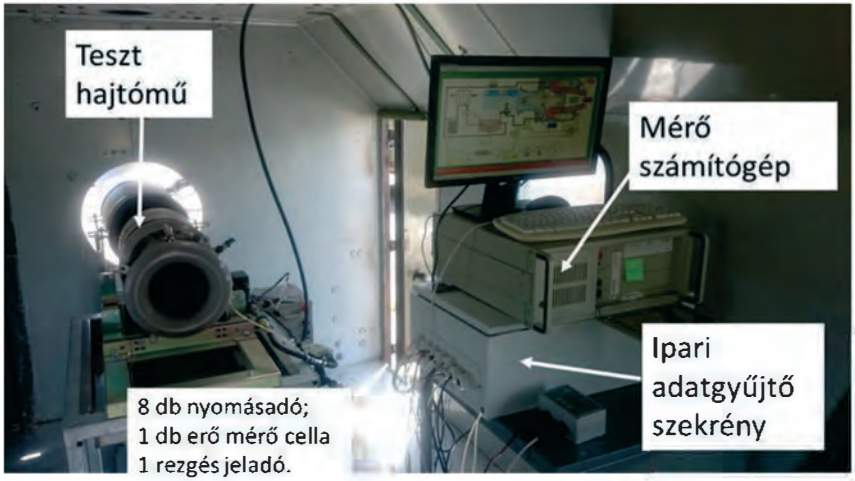
Azért, hogy a hajtómű a kutatási programban megfogalmazott mérésekre alkalmas legyen, újabb fejlesztési folyamat következett. A korábban megvalósult tanulmányutak tapasztalatait felhasználva tudta a csapat a kezdeti mérőrendszert összeállítani.

Üzemmód	Fordulat-szám [%]	Futási idő [perc]		Minimális tolóerő [N]		Max fajlagos fogyasztás [kg/Nóra]		Turbina utáni hőmérséklet [^{0}C]	
		TJ 100	TJ 100A	TJ 100	TJ 100A	TJ 100	TJ 100A	TJ 100	TJ 100A
Felszálló	100	5	5	1000	1100	0,107	0,111	680	730
Névleges	97	F[10]	30	870	1000	0,105	0,107	620	680
Utazó I.	91	F	F	620	740	0,106	0,105	520	560
Utazó II.	84	F	F	480	510	0,116	0,115	470	480
Alapjárat (földi)	50	F	F	140	150	0,24	0,24	450	450

3. táblázat

A TJ100-A hajtómű üzemeltetési adatai Forrás: *szerkesztette a szerző*

A mérésekhez a paramétereket a hajtómű tesztpadi részére erősített nyomásadók hőmérséklet adók, tolóerőmérő cella szolgáltatta, a kapott jelek gyűjtését, egy a tanszéken már meglévő ipari adatgyűjtővel oldottuk meg, míg az adatok vizuális megjelenítésére a Dr. Beneda Károly dolgozott ki programot.



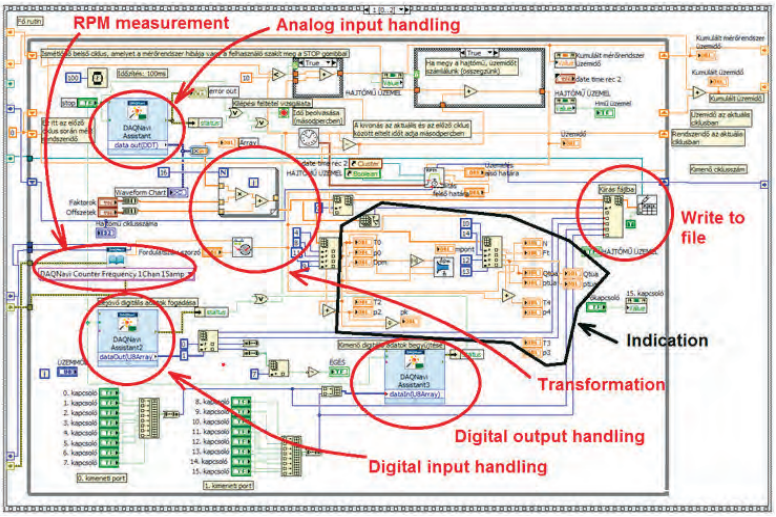
5. ábra

A kezdeti adatgyűjtő rendszer felépítése Forrás: *OPA Bt.*

A komplett teszthajtómű mérőrendszer, és a kutatói fejlesztések az alábbi ábrákon kerülnek bemutatásra. A rendszer kiépítése, kalibrálása után elvégeztük az első kísérleti méréseket, a teszthajtómű üzemi adatainak rögzítésére.

[10] F –folyamatos

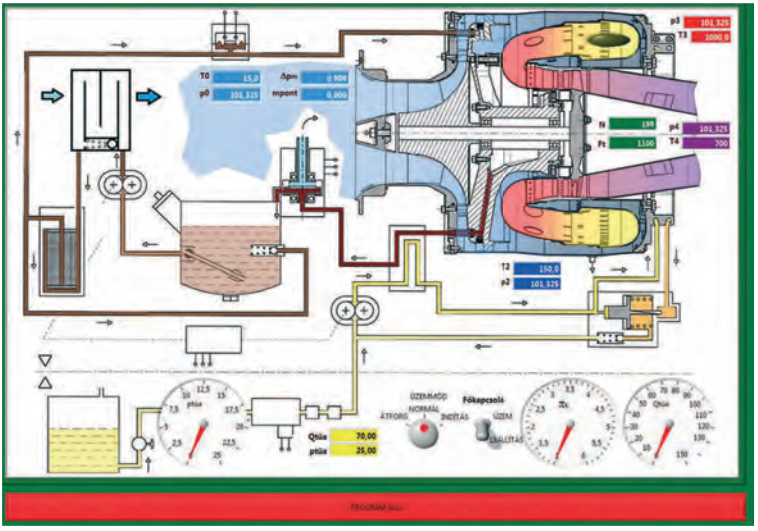
A mérési feladatok pontosabb megvalósításához újabb, korszerűbb érzékelőket szereltünk fel a hajtóműre, ezzel együtt az adatgyűjtő egységet is igazítani kellet az új jeladókhoz, mivel a régi kivitelű adatgyűjtő nem volt képes együtt működni az adókkal.



6. ábra

A mérőrendszer saját fejlesztésű, adatgyűjtésre programozott felülete Forrás: *saját kép*

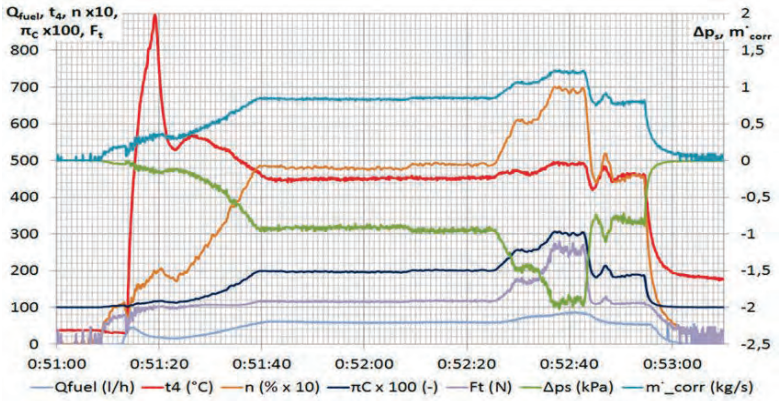
A kutató csoport tagjainak további feladatként jelentkezett egy hajtómű karbantartó és állapot ellenőrző eljárás kidolgozása, is mivel ezek a kisméretű hajtóművek nagyon érzékenyek a magas gázhőmérsékletekre, amelyek főként az indítási folyamatban következhetnek be.



7. ábra

A mérőrendszer saját fejlesztésű kijelző felülete Forrás: *saját kép*

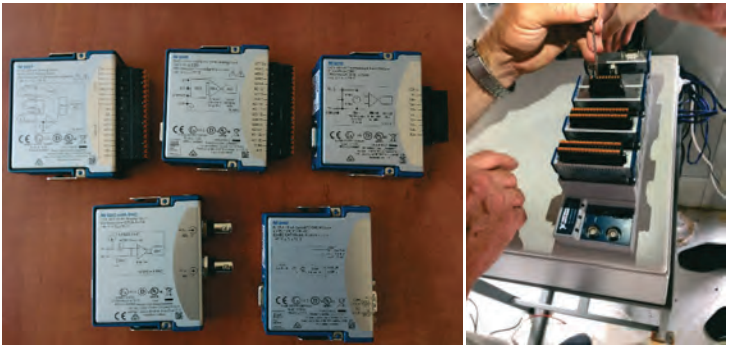
A probléma megoldására a National Instrument különböző adatgyűjtő kártyáit integráltuk be a rendszerbe, és egy korszerűbb, LabVIEW adatfeldolgozó szoftvert vettünk használatba. Az új elemekkel a mérési feladatok gördülékenyen megvalósíthatóvá váltak, a kijelző felületet változatlanul meghagytuk.



8. ábra

A teszhajtómű első változatú mérőrendszerében rögzített adatok Forrás: *saját kép*

Az így kialakított mérőrendszerrel sikeres hajtóműparaméter méréseket végeztünk, és a gázösszetétel mérési feladatokat is meg tudtuk kezdeni.



9. ábra

A Nationa Instrument gyártó adatgyűjtő kártyái és az üzemi foglaltban Forrás: *saját kép*

A megfelelő szakértőkből összeállított csapat kidolgozott egy turbina és kompresszor ellenőrzési endoszkópos technológiát, amellyel ha szükséges, az említett alkatrészek gyorsan, kevés megbontással, megbízhatóan megvizsgálhatók.

5. Tudományos konferenciák és rendezvények

1. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok: 2016, 2017, 2018, 2019;
2. Magyar Repüléstudományi Napok, Budapest, 2019;
3. Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban: 2017, 2018. 2019;
4. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia 2020;

5. Climatters 2018, Klíma ügyeink 2018, Országos fenntarthatósági szakmai nap, NKE Budapest, 2018. május 24;
6. Aviation Carbon 2017, London, Anglia;
7. CERC (STUDENTS' INTERNATIONAL CONFERENCE, Bukarest, Románia), 2017;
8. AFASES (Scientific Research and Education in the Air Force, Brassó, Románia) 2017, 2019;
9. WAT (Seminar of The Students' Association for Mechanical Engineering, Varsó. Lengyelország), 2018, 2019;
10. AFASTUD (Students' International Conference, Brassó, Románia) 2019;
11. BulTrans 2018, (International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies, Sozopol, Bulgária) 2018;
12. Transport Means (International Scientific Conference, Kaunas, Litvánia) 2018, 2019, 2020;
13. NTAD (New Trend in Aviation Technology, Kassa, Szlovákia) 2018, 2019, 2020;
14. ICMT (International Conference on Military Technology, Brno Csehország)) 2019;
15. International Conference on Low Carbon Asia & Beyond, Shanghai-China, 2020;
16. CNDCGS 2020 (Challenges To National Defence in Contemporary Geopolitical Situation, Vilnius, Litvánia) 2020;
17. RM 12 Engine User Conference, (Marstrand, Trolhattan, Svédország) 2018, 2019;

6. A beszerzett kutatási infrastruktúra és felhasználása

A projekt sikeres végrehajtásához a Repülő Sárkány-hajtómű Tanszéken már meglévő kutatói infrastruktúrán túl, néhány új eszköz, és szoftver beszerzésére volt szükség. A betervezett speciális kutatási feladatokat az alább felsorolt beszerzésekkel teljesítették a kutatók:

- ***ANSYS Academic Research CFD szoftver:*** A teszthajtóműben lezajló égési folyamatok matematikai modellezésére és a szerkezeti elemek véges-elemes igénybevételi ellenőrzésére, számításra alkalmazható szoftver. A program futtatásához egy nagy számítási teljesítményű munka állomást is beszereztünk. Az ANSYS szoftver felhasználásával olyan saját szimulációs rendszert hoztunk létre néhány már használatban lévő légijármű hajtómű típusra, mely segítségével bármely, jelenleg üzemeltetésben lévő hajtómű típus alternatív vagy hagyományos tüzelőanyaggal való üzemeltetéséhez a belső, égőtérbeli mechanikai, áramlástani viszonyokról, - viszonylag rövid adaptáció után - megfelelő, a gyakorlati szakemberek számára elégséges pontosságú és megbízhatóságú adatokat képes szolgáltatni. Ezen ismeretek birtokában bármely hazai üzembentartó szervezet gázturbinás hajtóművére olcsó, hatás-prognózist készíthető.
- ***PBS TJ 100 A sugárhajtómű:*** A beszerzett, és tesztelési célra felhasználhatóvá tett hajtómű a kutatási iránynak megfelelően, a repülésben alkalmazható alternatív tüzelőanyagoknak a hajtómű üzemére gyakorolt hatások felderítésére, ellenőrzésére szolgál. Alkalmas az indítási jellemzők, tolóerő jellemzők, gázhőmérsékleti jellemzők mérésére. A berendezés hagyományos vagy alternatív tüzelőanyaggal történő üzemeltetése lehetőséget biztosít a hajtóműben keletkező égéstermék károsanyag tartalmának mérésére is.

- ***Hajtómű próbapad:*** A próbapad a tesztek során használt PBS TJ 100 hajtómű biztonságos, a munka-, tűz- és környezetvédelmi előírásoknak megfelelő üzemeltetését, mozgatását, állagmegóvását biztosítja, mely a hajtómű geometriai és teljesítmény jellemzői szerint, egyedi gyártásban készült, úgy, hogy a megcélzott kísérleteket lehetővé tegye. A szerkezeti kialakítása biztosítja az érzékelő elemek hajtóműhöz közeli, stabil rögzítését, és a hajtómű biztonságos üzemeltetéséhez elengedhetetlenül szükséges elsődleges tüzelőanyag szűrő, elektromos tüzelőanyag csap, valamint az akkumulátorok megfelelő elhelyezését.
- ***LabVIEW 2019 szoftver:*** A megvalósult hajtómű beszerzés eredményeképpen rendelkezésre álló konkrét sugárhajtómű üzemi paramétereinek, és a tesztek szempontjából szükséges adatainak feldolgozására, megjelenítésére és tárolására kiválasztott program. Használatával azt céloztuk meg, hogy egy komplex adatgyűjtő, megjelenítő és a hajtómű vezérlő rendszerével kétirányú kapcsolatot tartani tudó teszt rendszert hozunk létre, mely a kívánt pontossággal, időbeni késleltetés nélküli adatmegjelenítési képességgel működik
- ***NI adatgyűjtő kártyák:*** A mérőelemek, mint jelszolgáltatók, és LabVIEW 2019 mint jelfeldolgozó és kijelző közé egy együttműködő, rendszer kompatibilis, mintavételező- jelátalakító (erősítő) alrendszert kellet beiktatni. E célra a National Instrument gyártmányait szereztük be. Az adatgyűjtőket feladat orientáltan, a jeladók által szolgáltatott kimeneti jelhez igazodva vásároltuk meg. Ezek között megtalálható egy 32 csatornás, 250 Ks/s mintavételi frekvenciájú, 16 bites modul, 16 csatornás, 500S/s mintavételi frekvenciájú 24 bites feszültség és áram bemenetekkel rendelkező modul, 2 csatornás, 102,4 KS/s/cs, mintavételezési frekvenciájú, 24 bites modul, és 4 csatornás, 14S/s mintavételi frekvenciájú, 24 bites modul. A kártyák üzemeltetéséhez egy befoglaló keret is tartozik, mely a tápfeszültséget szolgáltatja számukra. A adatgyűjtők megfelelősége tette lehetővé a mérendő paraméterek kellő gyakoriságú mintavételezését, így a teszthajtómű állandósult és átmeneti (indítás, gyorsítás, folytás) üzemmódjairól egyaránt kellően pontos adatokat kaptunk.
- ***Tesztpadi mérőelemek:*** A beszerzett, és a tesztelési céloknak megfelelően átalakított sugárhajtómű kiválasztott nyomás, hőmérséklet, tolóerő, levegő- és tüzelőanyag fogyasztások aktuális, a hajtómű üzemmódjait jellemző paramétereinek érzékelésére és a mérő-adatgyűjtő rendszer számára feldolgozható jelek előállítására beszerzett jeladók. Az általunk használt készlet pillanatnyilag 3 db nyomásadót, 1db hőmérséklet jeladót, 1 db Kistler 8714B500M5 vibrációs jeladót, 1db turbinás áramlásmérőt, és 1 db tolóerő mérő egységet tartalmaz. A készlet bővítésére lehetőség van a teszthajtómű oktatási célú felhasználása során
- ***Kamera rendszer:*** A hajtómű környezetének és működésének egy – vezérlési és mérési feladatokra alkalmassá tett különálló – konténerből történő vizuális ellenőrzése érdekében ipari kamera rendszer került telepítésre. A beszerzett 6 db AHD-ID-4MP-VF színes kamerából, tápegységekből képrögzítő berendezésből kiépített rendszer legfontosabb jelentősége, hogy lehetővé teszi a teszthajtómű üzemeltetését, és a mérési feladatok elvégzését, az üzemeltetési konténertől külön elhelyezett vezérlő konténerből. Ezzel a megoldással elértük, hogy a hajtómű kezelője ne tartózkodjon a hajtómű üzemeltetési konténerében, és ne legyen kitéve a hajtómű üzemével járó akár 130 dB zajterhelésnek.

Elektromos szerelvények: A teszthajtómű üzemi és vezérlő konténerében kiépítésre került egy-egy önálló elektromos hálózat az oda telepített számítógépek, kamerarendszer, világítás, hűtő ventilátorok üzemeltetésére. A beszerzés vezeték, fali kapcsoló, biztosító berendezés, konnektor, kábel csatorna, világító test anyagokat érintett.

Nem a pályázati támogatás terhére valósult meg, de kutatási támogatásként a Magyar Honvédség 2 db KF-2 konténert bocsátott rendelkezésünkre a teszthajtómű üzemeltetésének biztonságos, környezetkímélő megvalósításához, valamint a hajtómű üzemeltetését végző személyzet zajvédelmére. A konténerek átalakításának megtervezése, az átépítések kivitelezése a szintén a KKT foglakoztatott kutatóinak és hallgatóinak munkájával valósult meg.

7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények

A projekt végrehajtása során az 1. számú mérföldkőben vállalt feladatok megvalósultak. A 2018. év közepére a részterület kutatói befejezték az egyes alternatív tüzelőanyag fajtáknak és jellemzőiknek a feltárását, lezárult az alkalmazhatósági elemzések folyamata. Más kutató teamünk elvégezte a hajtóművek működéséhez kapcsolódó termikus elemzések módszerének kidolgozását. A KKT kutatási céljairól, és a kezdeti kutatási eredményekről mind hazai, mind nemzetközi tudományos konferenciákon nagy érdeklődéssel kísért előadásokban számoltak be delegált előadóink, ezáltal sokszorosan teljesültek a publikációk megjelentetésére tett vállalásaink. A pályázati anyagban megjelölt sugárhajtómű beszerzése megvalósult, és meg is kezdődött annak teszthajtóművé átalakítása. A hajtómű üzemeltetéséhez tervezett tesztcella megfelelően biztonságos kialakítása kis késéssel valósult meg, ezzel együtt a hajtómű próbák is csúszást szenvedtek az első mérföldkő kijelölt idejéhez képest. A hajtómű égőterében lezajló áramlástani folyamatok szimulációi szintén megkezdődtek ekkorra, a feladathoz szükséges hardver és szoftver rendelkezésre állt. Elkészült az erre az időpontra megcélzott multimédiás tananyag is „Az alternatív tüzelőanyagok szerepe a repülőiparban” címmel.

A 2. mérföldkő időpontjához kötött eredményeink közül elsőként említhető a komplett teszthajtómű és a hozzá csatolt mérőelemek rendszerének elkészítése és mind ezen elemeknek a korszerűsített adatgyűjtő rendszerhez csatolása. Szintén e folyamat részeként készült el a mért adatok vizuális megjelenítésére egy cél program. A betervezett tesztcella második elemeként a vezérlő konténer is létrejött, és a betervezett videokamera rendszer is megfelelően kiépült. A kutatás részterületeinek megfelelően jegyzetekben, tansegédletekben, és tanulmány formájában foglalják össze a kutatók négyéves munkájuk eszenciáját. A tudományos konferenciákon való aktív részvételt folytatva, a publikációs vállalásoknak eleget tettünk, és ez vonatkozik a KKT-ban résztvevő hallgatókra is. A kutatási terv teljes sikerességgel történő végrehajtása sajnos nem valósult meg, az utolsó évben az alternatív tüzelőanyagok beszerzése és az így tervezett hajtómű próbák elmaradtak, a COVID 19 helyzet okán a tüzelőanyag előállításával foglakozó európai cégek szüneteltették a gyártást.

8. Indikátorok

A kutató csapat 4 éves teljesítményéről tömören, összefoglaló módon adnak információt a pályázati anyagban megjelölt, vállalt indikátorok/a teljesített mutató számok:

1. Ajánlás a Magyar Honvédség számára az alternatív tüzelőanyagok bevezethetőségét illetően/1 db elkészült.
2. Katonai repülőeszközök alternatív tüzelőanyagai jellemzői. (egyetemi jegyzet)/1 db elkészült;

3. Az alternatív tüzelőanyagok hatása a katonai repülőeszközök hajtóművei üzemére. (egyetemi jegyzet)/1 db elkészült;
4. Az energiatakarékosság és környezetvédelem kérdései a légijárművek repülőtéri üzemeltetése folyamatában. (tanulmány)/1 db elkészült;
5. Multimédiás tananyag/1 db elkészült;
6. Az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának feltételei a katonai repülőeszközökben. (egyetemi tansegédlet)/1 db elkészült;
7. külföldi publikációk: 6 db/ 18 db;
8. hazai publikációk: 12 db/20 db

Tudományos Diákköri Dolgozatok és Szakdolgozatok

1. Hegedűs Krisztián: A hagyományos és az alternatív tüzelőanyagok alkalmazása a repülésben (konzulens: Rozovicsné Fehér Krisztina, Dr. Kavas László), a dolgozat 2017. 01. 26.-án az NKE HHK ITDK-n, majd 2017. 05. 25.-27.-én a XXXIII. OTDK Had- és Rendészettudományi szekciójában bemutatásra került
2. Csató Péter: Gázturbinás hajtóművek égőterének numerikus szimulációja, tekintettel az alternatív tüzelőanyagok hatásaira, (konzulens: Dr. Tóth József), a dolgozat 2018. 05. 10.-én az NKE HHK ITDK-n bemutatásra került.
3. Kálmán Dávid Attila: Légijármű tüzelőanyagok vizsgálata (konzulens: Rozovicsné Fehér Krisztina, társ konzulens: Dr. Kavas László) a dolgozat 2018. 05. 10.-én, az NKE HHK ITDK-n bemutatásra került.
4. Szűcs Eszter: Nemzetközi törekvések és lehetőségek a repülőgépek hajtóművei általi környezetszennyezés csökkentésére (konzulens: Dr, Kavas László, Fehér Krisztina) a dolgozat 2019. április 17.-én, a XXXIV OTDK Had és Rendészettudományi Szekció, Katonai közlekedés és katonai repülés tagozatban bemutatásra került.
5. Peres Zoltán: Fenntartható repülőgép tüzelőanyagok (SAF) és a repülésben történő alkalmazásuk (konzulens: Fehér Krisztina), a dolgozat 2020. szeptember 21.-én, az NKE HHK 2020 tavaszi ITDK 6. tagozatában bemutatásra került.

Nemzetközi hallgatói tudományos konferenciák

1. Krisztián Hegedűs: Alternative Aircraft Fuels and Their Effect on the Combustion Chamber, „Seminar of the Studets' Association for Mechanical Engineering" 2017. május 24.-26. Varsó, The Military University of Technology.
2. Németh Roland: Combustion Process in the Gas Turbine Engine Combustors, Students' International Conference „CERC 2017" Bukarest, 2017. május 11.-12. Romania Ministry of National Defence Military Technical Academy.
3. Csató Péter: Simulation of combustion process of alternative fuels in gas turbine engines, XXXVII. Seminar of The Students' Association for Mechanical Engineering, Varsó, 2018. 05.23-25. Lengyelország, University of Military Technology,
4. Eszter Szűcs, Zsolt Kardos: International aspirations and opportunities to reduce air pollution of the aircraft engines, AFASTUD 2019 Brassó, Románia, 2019. március 28-30, Air Force Academy "Henri Coanda" Brasov).

Diplomamunka

1. Német Roland: Repülőgép hajtómű égőterében lejátszódó égési folyamat aerodinamikai, termodinamikai és égéselméleti vizsgálata, Diplomamunka (MSc), NKE HHK KRI 2017 (Konzulens: Dr. Varga Béla).

Konferencia előadások

1. Dr. Óvári Gyula: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazási lehetőségei a katonai repülésben, a XXI. sz. első felében, Csopak, Repülőműszaki továbbképzés, 2017. 09. 12.-13.
2. Dr. Óvári Gyula: Alternatív energiaforrások alkalmazásának lehetősége a repülésben, MTÉKMR 2018 Tudományos konferencia, Szolnok, 2018. május 31.
3. Dr. Óvári Gyula: A kerozin kiváltásának lehetőségei a XXI: század első felében, Csopak, 2018. 09. 12.-13.
4. Dr. Kavas László: A GINOP AVIATION FUEL KKT kutatási eredményeinek bemutatása, Repüléstudományi Konferencia és GINOP szakmai nap, Szolnok, 2018. 04. 14.
5. Dr. Kavas László: Az alternatív tüzelőanyagok bevezetésének gyakorlati kérdései a katonai repülőeszközök esetében, Budapest, 2018. november 23.
6. Dr. Kavas László: Repülőgép hajtóművek tesztelése, Kutatók Éjszakája 2018, Szolnok
7. Dr. Óvári Gyula: Az elektromos meghajtású repülés lehetőségei, MH Repülőműszaki továbbképzés, (Csopak), 2019. 09. 11-12.;

Tudományos cikkek, publikációk

1. Beneda Károly Tamás, Rohács Dániel, Kavas László, Óvári Gyula: Mérő-adatgyűjtő rendszer kiválasztása alternatív tüzelőanyagok vizsgálatára készülő mikrogázturbinás próbapadhoz, Repüléstudományi Közlemények 2017. 1. szám, pp. (95-112), (e-doc), url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-08-0376_Beneda_Karoly_et_al.pdf
2. Varga Béla, Kavas László: Gázturbinás hajtóművek égőterei és nyomásveszteségük becslése, Repüléstudományi Közlemények 2017. 2. szám, pp. (85-94), (e-doc), url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-07-0381-Varga_Bela-Kavas_Laszlo.pdf
3. Fehér Krisztina, Óvári Gyula: A mikroalgák felhasználási lehetőségei a biodízel üzemanyagok előállításában, Repüléstudományi Közlemények 2017. 2. szám, pp. (119-136), (e-doc), url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-11-0402_Feher_Krisztina-Ovari_Gyula.pdf
4. Hegedűs Krisztián: Változások a repülőgép meghajtások területén, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai, ISBN 978-963-7064-35-7, (e-doc), url: http://tab.mta.hu/files/2315/0355/4583/DAB_Muszaki_Tudomany_az_eszak_Kelet_Magyarorszagi_Regioban_2017_Konferencia_Kiadvany.pdf
5. Németh Roland: A repülőgép hajtóművek égőtereiben lejátszódó folyamatok elemzése, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai, (pp.340-347) ISBN 978-963-7064-35-7, (e-doc), url: http://tab.mta.hu/files/2315/0355/4583/DAB_Muszaki_Tudomany_az_eszak_Kelet_Magyarorszagi_Regioban_2017_Konferencia_Kiadvany.pdf

6. Varga Béla, Óvári Gyula, Kavas László: Gas Turbine Engine Combustors and The Estimation of Their Pressure Loss, (e-doc), AFASES 2017 Volume I. (pp. 337-344), url: http://www.afahc.ro/afases/volum_afases_2017_I.pdf
7. Tóth József, Fehér Krisztina: Methodological Questions of Cost–Benefit Analysis for Projects Connected with Application of Alternative Fuels in Public Aviation, AFASES 2017 Volume II. (pp. 225-230) (e-doc), url: http://www.afahc.ro/afases/volum_afases_2017_II.pdf
8. Fehér Krisztina: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazása a repülésben. Műszaki Katonai Közlöny, XXVIII/2., (2018), pp. 43-56;
9. FEHÉR Krisztina: A repülésben használható korszerű bioüzemanyagok, Hadmérnök, XII. Évfolyam 2. szám;
10. Fehér Krisztina, Óvári Gyula: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának realitásai a repülésben, a XXI. század első felében, Repüléstudományi Szemelvények, 2017;
11. Fehér Krisztina: Eredmények és lehetséges irányok a katonai műszaki kutatások területén, 2017. November 9. Doktorandusz Konferencia,
12. Béla VARGA, Gyula ÓVÁRI, László KAVAS: Theoretical maximum of Turbine Inlet Temperature considering the Thermal Efficiency improvement of Gas Turbine Engines, BulTrans 2018, International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies, Sozopol, (Bulgária), 2018. 09. 15.-17.
13. B. Varga, L. Kavas, K. Beneda, K. Fehér: Development of concentrated parameter distribution-type model for the examination of gas turbine engines supplied by alternative fuels, Proceedings of 22th International Scientific Conference. Transport Means. 2018, Trakai, (Litvánia), 2018. 10.3-5.
14. Dr. Varga Béla, Dr. Tóth József: Crusade against the carbon dioxide or how the civil aviation industry tries to rein its ever increasing carbon dioxide emission (Keresztes-háború a széndioxid ellen, avagy mit tesz a polgári repülés az egyre növekvő széndioxid kibocsátásának megfékezésére), Climatters 2018/Klíma ügyeink 2018 Országos fenntarthatósági szakmai nap, NKE Budapest, 2018. május 24.
15. Karoly Beneda, Laszlo Kavas and Bela Varga: Development of a Micro-Turbojet Test Rig for Investigating Effects of Alternative Fuel, NTAD 2018 08.30-31. Kassa,
16. B. Varga, L. Kavas, K. Fehér, K. Beneda: Development of Concentrated Parameter Distribution-Type Model for the Examination of Gas Turbine Engines Supplied by Alternative Fuels, Transport Means 2018, Trakai, Litvánia, 2018. október 3-5.
17. SZŰCS Eszter , KARDOS Zsolt, PALIK Mátyás, ÓVÁRI Gyula: Alternatív tüzelőanyagok megjelenése a repülésben, Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2019 Konferencia kiadvány, Miskolc, 2019. május 29, (pp 381-383).;
18. Dr. Óvári Gyula, Dr. Békési Bertold, Fehér Krisztina: Az elektromos meghajtású repülés lehetőségei, Eötvös Loránd Tudományegyetem Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ, Szombathely, 2019. május 18.
19. Károly Beneda, László Kavas, Béla Varga: Development of data acquisition system and hardware simulator for turbojet engine test bench using alternative fuels. International Conference on Military Technology 2019, Brno, (Csehország), 2019. május 30-31.;

20. Jozsef Toth, Bertold Bekesi: The importance of life-cycle analysis in economic analysis of environmental impact of alternative aircraft fuel, Henry Coanda Airforce Academy, Brassó, 2019. május 31-június 2.;
21. Jozsef Toth, Gyula Ovari, Imre Pogacsas: Estimation of helicopter turboshaft engines' emission using flight data recorder archives, Transport Means 2019, 23rd Palanga, (Litvánia) 2019. 10. 02-04. (pp744- 747);
22. B. Varga, L. Kavas, B. Békési, K. Fehér: Development of Thermal Mathematical Model for Turboshaft Engines, Transport Means 2019, 23rd Palanga, (Litvánia) 2019. 10. 02-04. (pp1323-1326);
23. K. Beneda, L Kavas, B Varga: Advanced Data Acquisition System for Alternative Fuels Micro Turbojet Engine (New trends in aviation development 2020. 18.09.2020 – The High Tatras, Grand hotel Starý Smokovec, Poster session)
24. B. Varga, L. Kavas, K. Beneda: "What is the way forward? Or what kind of challenges the engine manufacturers of international aviation industry have to face" (24th international scientific conference TRANSPORT MEANS 2020, 2020 szept 30-okt 2, as a virtual event)
25. D. Csemány, Gy Hideg, J.Tóth: Mixture TemperatureControlled Combustion of Various Conventional and Renewable Fuels [Virtual Conference: 6th International Conference on Low Carbon Asia & Beyond - ICLCA 2020, 1-3 September 2020, Shanghai, China
26. Tóth, József ; Kavas, László ; Rózsa, Benjámin: Helicopter Turboshaft Engine Emission Estimation Based on Standard Flight Profile, (Challenges to National Defence in Contemporary Geopolitical Situation 2020 (CNDCGS`2020)), 14 – 16 October, 2020,Vilnius, Lithuani 4 p. ISSN: 2538-8959;

Befogadott publikációk (megjelenés alatt)

1. Varga Béla, Kavas László, Rózsa Benjamin: Repülőgép hajtóművek hatásfokai, és hatásuk a széndioxid kibocsátásra, Repüléstudományi Közlemények 2021
2. Sári János-Dr. Beneda Károly-Dr. Kavas László: Repülőgép hajtóművek égéstereinek áramlástani vizsgálata számítógépes szimulációban, Repüléstudományi közlemények, 2021
3. BARTA Gábor, VARGA Béla: Az Arriel 2e turboshaft hajtómű termikus elemzése, Repüléstudományi Közlemények,2021.

Fokozatszerzések a projekt időtartama alatt

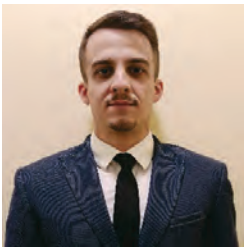
1. ***Fehér Krisztina*** A katonai légijárművek üzemeltetési hatékonyságának, gazdaságosságának javítási lehetőségei az üzembentartás eszközeinek, eljárásainak korszerűsítésével, valamint alternatív energiaforrások alkalmazásával munkacímmel munkahelyi vita anyagát összeállította a projekt befejezés időszakára, a fokozatszerzési eljárás katonai műszaki tudományok tudományterületen valósul meg várhatóan még 2021. évben.

9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői

Dr. Kavas László egyetemi docens, hivatásos katona, jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék oktatója és vezetője. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen végezte, okleveles gépészmérnök. PhD tudományos fokozatát a katonai műszaki tudományok tudományterületen szerezte 2009.-ben, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolában. Tudományos munkássága során, eddig 59 közleményt publikált. Kutatási területe a katonai légijárművek műszaki, technológiai és gazdaságossági szempontú vizsgálata, az MH repülőeszközein alkalmazható karbantartási, javítási módszerek elméleti lehetőségei és gyakorlati megoldásai. Kutatói tevékenységében kiemelt hangsúlyt kap a magyar légierő technikai korszerűsítésével együtt járó üzembentartási technológia váltás folyamatának optimalizálása, és a bevezetendő új karbantartási elemek vizsgálata. Az utóbbi években szerkesztőbizottsági tag a Repüléstudományi Közlemények folyóiratnál, és tudományos közéleti tevékenységként az MTA DAB Műszaki Szakbizottsága, Repülőműszaki Munkabizottság titkára, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Légierő Szakosztály egyik titkára. 2016-tól a „VOLARE" pályázat AVIATION_FUEL kiemelt kutatási terület vezetője és alkalmazott kutatója (repülőgépek műszaki üzembentartása szakértő).

Dr. Békési Bertold hivatásos katona, alezredes, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék egyetemi docense. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Műszer- és Irányítástechnikai szakán végezte. 2016-tól a KKT „alternatív üzemanyag" kutatójaként a repülésben használható egyes alternatív tüzelőanyag fajták jellemzőinek feltárására irányuló kutatások eredményeinek szintetizálásában, feldolgozásában, megjelenítésében vett részt. A „Gázturbinás hajtóművek alternatív tüzelőanyagai" című elektronikus tananyag szerkesztője. A TJ100 teszthajtómű kiképzett szakembereként közreműködött a teszthajtóművel végzett kísérleti mérésekben, a mérési eredményeket rögzítő mérőrendszer üzemeltetésében, az eredmények feldolgozásában, üzemeltetésében valamint publikációk készítésében.

Dr. Beneda Károly Tamás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen Repüléstudományi és Hajózási Tanszék adjunktusa. PhD disszertációját 2013-ban centrifugálkompresszorok pompázs elleni védelmének újfajta eszközökkel címmel írta. Tudományos munkássága elsősorban gázturbinás hajtóművek elektronikus szabályozására és mérő-adatgyűjtő rendszereire terjed ki. A projektben a repülőgép-hajtóművek alternatív tüzelőanyaggal való üzemeltetésének vizsgálatát szolgáló gázturbinás próbapad, valamint annak mérőrendszerének létrehozásában vett részt, továbbá a gázturbinák égésterében lezajló folyamatok numerikus áramlástani modellezését végezte, amelyből oktatási segédanyag létrehozása is a feladata volt.



Csemány Dávid A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szereztem gépészmérnöki oklevelet. Jelenleg PhD tanulmányaimat folytatom, kutatási területem az alternatív folyékony tüzelőanyagok párolgásának modellezése és kísérleti vizsgálata, ennek hatása a modern tüzelőberendezésekben lezajló hő-és anyagátadási folyamatokra. A projektben végzett munkám szorosan kapcsolódik ezen témakörhöz. A projekt keretein belül oktatási segédanyagot készítettünk hallgatók számára, repülésben alkalmazható tüzelőanyagok termofizikai tulajdonságait vizsgáltuk, támogatva a kísérleti tüzelőberendezéses teszteket, valamint égőtéri numerikus hő-és áramlástani modellezést végeztünk. Az eredményeket nemzetközi konferencián, valamint rangos tudományos folyóiratban publikáltuk.

Fehér Krisztina 2013 szeptemberében kezdtem az oktatást a Repülő Sárkány-hajtómű Tanszéken mérnöktanárként, majd később egyetemi tanársegédként folytattam. Doktori tanulmányaimat befejeztem, jelenleg az értekezésemet írom, amelynek témája több ponton is kapcsolódik a pályázathoz. A projektben elsődleges feladataim közé tartozott a repülésben alkalmazható alternatív tüzelőanyag fajtáinak feltárására irányuló kutatások folytatása, az e téren fellelhető hazai és nemzetközi tapasztalatok gyűjtése, feldolgozása. Részt vettem a Katonai repülőeszközök alternatív tüzelőanyagai jellemzői című jegyzet kidolgozásában. Kutatási témámban TDK-kat és szakdolgozatokat konzultáltam, illetve a projektben résztvevő hallgatók pályázati munkáját segítettem.

Tóthpálné Hidegh Gyöngyvér A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékén harmadéves doktorandusz. Kutatásaimban folyékony és gáznemű üzemanyagok tüzeléses kísérleti vizsgálatával foglalkozom, amely célja a napjainkban is alkalmazott stacionárius tüzelőberendezések optimalizálási lehetőségeinek feltárása mind az alkalmazott tüzelőanyag oldaláról, mind a károsanyag kibocsátás és az akusztikai zaj csökkentése szempontjából. A GINOP projektben részt vettem lángspektroszkópiai és károsanyag kibocsátás mérések elvégzésében, az eredmények feldolgozásában és publikációk készítésében, továbbá a hallgatói jegyzet tüzeléselmélettel és –technikával foglalkozó egyes fejezeteinek elkészítésében.

Dr. Józsa Viktor a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék egyetemi docense, a BME Combustion Research Group (crg.emergia.bme.hu) kutatócsoport vezetője. Gázturbinákhoz és stacionárius tüzeléshez kötődő kutatásokat 2010 óta folytatok, 2020-ban a tudományos eredményeimet Junior Prima díjjal ismerték el. Ennek az egyik sarokköve egy új tüzelési koncepció kidolgozása volt, mely a jelenleg alkalmazott technológiákhoz képest több mint 50%-os NOx csökkenést eredményez. A VOLARE projektben 2020-tól kalorikus gépek szakértőként vettem részt ,tüzeléstechnikai szakmai anyagok, szimulációk és méréseken alapuló publikációk készítésében.

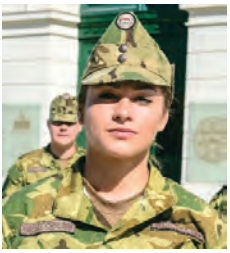
Kovács Gábor Rómeó Alkalmazott kutatóként (légijárművek javítása szakértő) feladatom volt a repülésben használatos alternatív tüzelőanyagok kutatása, hajtómű modifikációval kapcsolatos műszaki tervezési és kivitelezési tevékenység, továbbá a szükséges műszaki és üzembentartási dokumentációk elkészítése. A kivitelezés magába foglalta a kiválasztott hajtómű próbapadjának megvalósítását, a szükséges anyagok beszerzését, a környezeti infrastruktúra felmérését és kiépítését a biztonságos üzemeltetési szempontokat figyelembe véve. Ezen tapasztalatok segítségével sikerült a gyakorlati megvalósítás mellett elméleti szakanyaggal is gazdagítanom a projektet, melyek hivatkozási alapként szolgáltak a leendő repülőgépmérnökök számára.

Dr. Pogácsás Imre Szakmai pályafutásomban meghatározó volt a Kilián György Repülőműszaki Főiskola 1985-ös elvégzése, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen 1997-ben megszerzett gépészmérnöki diploma, illetve a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen 2013-ban a repülőeszközök mérnök-műszaki biztosításával összefüggő doktori (PhD) fokozat megszerzése. Szakmai tapasztalataimat felhasználva, oktatóként részt veszek az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar tisztjelöltjeinek, hallgatóinak képzésében. A Pályázat keretében az AVIATION FUEL nevű kiemelt kutatási terület foglalkoztatott kutatójaként, a repülésben használható alternatív tüzelőanyagok alkalmazhatósága mellett, kutattam a környezetvédelemhez kapcsolódó, alternatív energetikai megoldásokat, valamint azok implementálási lehetőségeit a katonai repülés területén, melynek eredményeiről készítettem publikációimat.

Pálfi János őrnagy, hivatásos katona A Magyar Honvédség Légijármű Javítóüzem állományában a Műszaki Fejlesztési és Technológiai Osztálynál, mint Sárkány-Hajtómű főtechnológus teljesít szolgálatot. A repülőműszaki pálya megismerését Szolnokon a Kilián György Repülőműszaki Főiskolán kezdte meg 1995-ben. Tanulmányait a BME Közlekedésmérnöki Kar repülőgépész szakirányán folytatta, ahol egyetemi végzettségét 2004-ben szerezte meg. A GINOP-2.3.2-15 AVIATION_FUEL kutatási területen a TJ100 típusú repülőgép hajtómű alternatív tüzelőanyagok vizsgálatára készülő próbapad tervezésében és kialakításában alkalmazott kutató, kivitelező.

Dr. Rohács Dániel tanszékvezető, egyetemi docens Repüléstudományi és Hajózási Tanszék, a BGM-en. PhD tanulmányait az EUROCONTROL Experimental Centerben végezte, a Sorbonne és a Princeton vendéghallgatójaként. Elvégezte az MIT VMS programját. Az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottság, ITM Légiközlekedési és Repülőgépipari munkacsoport, ACARE, IFAR, IFAR ATM, IFAR sustainability WG, és számos további nemzeti és nemzetközi tudományos bizottság tagja. Kiemelkedő tapasztalat a nemzeti és nemzetközi (FP6, FP7, H2020, SESAR) kutatás-fejlesztési projektírás, projektkoordináció és projekmenedzsment területén. Főbb kutatási témák: előrejelző és üzleti modell definiálás, innovatív működési koncepciók analízise, definiálása, vizsgálata, autonóm légi eszközök tervezése, innovatív támogató rendszerek tervezése, környezetvédelmi elemzések. A GINOP projektben alternatív meghajtások, környezetvédelmi megoldások analízise témában kutatott.

Sári János 2017 óta a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Üzemeltetés Alapképzési szak hallgatója. 2019.11.27.-2020.03.31. közötti időintervallumban végzett kutatásom során az „AVIATION_FUEL KKT" keretein belül elsajátítottam az ANSYS szoftver alapvető kezelését, majd tudásom elmélyítését követően egy létező helikopter égőtér CAD modelljét tanulmányoztam. Módosításokkal, kiegészítésekkel az égőtérben kialakuló áramlási viszonyokat szimuláltam. Továbbá részt vettem az alternatív tüzelőanyag használatához kapcsolódó környezetvédelmi és gazdaságossági elemzések elkészítésében, valamint a KKT kutatási feladatit segítő szakirodalom kutatásában, illetve publikáció készítésben.



Stodola Eszter 2017 óta a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Katonai üzemeltetési szakirány hallgatója. 2019.11.27.-2020.03.31. közötti időintervallumban végzett kutatásom során az „AVIATION FUEL" keretein belül a repülésben használható alternatív üzemanyagok feltárására irányuló kutatásokban, valamint a repülőtereken alkalmazható környezetkímélő üzemeltetési lehetőségeket és a légijárművek repülőtéren megvalósuló üzemeltetési fázisainak környezetkímélő eljárásait tanulmányoztam. Részt vettem a repülőterek energia felhasználási szükségleteinek tanulmányozásában, továbbá szakdolgozatomat is kutatási területemen megszerzett tapasztalataim és tudásom alapján alapján készítem. Ezen felül részt vettem KKT kutatási feladatait segítő szakirodalom kutatásában, illetve publikáció készítésben.

Dr. Tóth József, hivatásos katona, alezredes. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék adjunktusa. Egyetemi tanulmányait Moszkvában a Zsukovszkij Repülő Mérnöki Akadémia sárkány-hajtómű szakán végezte, majd 2000-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerezett MBA fokozatot. 2018-ban a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájában szerzett PhD tudományos fokozatot. A KKT kutatójaként az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásával járó környezeti és gazdasági hatások értékelésére alkalmas módszerek kutatását és felhasználását végezte a teljes életciklus elemzés és a szcenário technikák nyújtotta lehetőségek figyelembevételével. Külön foglalkozott a helikopter hajtóművek károsanyag kibocsátásának a repülési adatok felhasználásával történő meghatározásával.

Dr. Varga Béla, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi docens. A katonai felsőoktatásban 1982 óta veszek részt. A fő kutatási területem a gázturbinás hajtóművek optimális munkapontjainak és az égőterekben lévő folyamatok vizsgálata, modellezése. A GINOP-2.3.2-15-2016-00007 projektben az AVIATION_FUEL kiemelt kutatási terület kutatójaként vettem részt. A projekt során foglalkoztam a gázturbinás hajtóművek égőtereinek kialakításával és veszteségeinek becslésével. Elemeztem, hogy ezek a veszteségek milyen hatással vannak a gázturbinás hajtóművek üzemére. Vizsgáltam az alternatív tüzelőanyagok gázturbinás hajtómű termikus hatásfokára és fajlagos hasznos munkájára kifejtett hatását. 11 cikkben dolgoztam, mint társszerző (ebből 9 angol nyelvű) és részt vettem 7 külföldi konferencián.

Prof. Dr. Óvári Gyula okl.repülőmérnök, egyetemi tanár A katonai felsőoktatásban 37, a BME-en 26 éve oktat repülőgép szerkezettan, repülőgép rendszerek és speciális légijárművek tantárgyakat. Több országos és egyetemi tudományos társaság, szervezet tagja és/vagy tisztségviselője (MTA IX. osztály HTB, MTA DAB, MHTT stb.). Doktori témavezetettjei közül eddig 11-en védték meg értekezésüket. A GINOP pályázatban döntően a repülőterek, a légijárművek műszaki kiszolgálásának, valamint a guruló utakon történő mozgásának megújuló energiákkal történő biztosítási lehetőségeit kutatta, illetve publikált. Irányításával egy fő doktorandusz áll védés előtt a pályázathoz szorosan kapcsolódó témában.

Bozóki János – légijárművek javítása

Joó Béla – megbízott műszerész

Krutilla András István – hallgató-asszisztens

Rózsa Benjamin – hallgató-asszisztens

Susa Gábor – foglalkoztatott kutató

Tóth Nóra – hallgató asszisztens

Dr. Dunai Pál[1]

AZ AVIATION_HUMAN KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI

1. A kiemelt kutatási terület célja

A repülés napjainkra tömegközlekedéssé vált. Évente több milliárd ember választja ezt a közlekedési ágat, amely a leggyorsabban és a legbiztonságosabban szállítja az utasokat, az árut és postát a világ bármelyik részébe, óriási hatást gyakorolva a globalizációs folyamatokra, a kontinensek és régiók gazdasági, társadalmi, kulturális és környezeti fejlődésére. Ezek a hatások rendkívül sokrétűek és nagy jelentőséggel bírnak.

A légiközlekedés magasan fejlett technológiát használ, melyben folyamatosan új rendszerek, forradalmian új eszközök jelennek meg, amely csúcstechnológia megalkotása és üzemeltetése rendkívüli tudást, szervezést és magasan képzett szakemberek szorosan összehangolt, együttes munkáját igényli.

A fentiek alapján, pályázatunk céljai a repüléshez kapcsolódó interdiszciplináris részterületekhez kapcsolódnak, melyeken belül az alábbi megvalósítandó feladatokat tűztük ki:

- a nemzetközi és hazai tapasztalatok elemzése, a hazai és nemzetközi szakirodalom legújabb eredményeinek feldolgozása;
- adatgyűjtés és elemzés, új mérési protokollok kidolgozása és tesztelése;
- a gyakorlati alkalmazás eredményeinek összesítése és módszertanának kialakítása;
- a repülésben résztvevők teljesítményének egzakt tesztelése, a beválás-vizsgálatok prediktív validitásának növelése, pontosítása;
- tematikák, a képzési- és szemléltető anyagok kidolgozása, és az alkalmazható eredmények beépítése az Nemzeti Közszolgálati Egyetem keretein belül folyó képzés rendszerébe (NFTC, Állami Légiközlekedési szak állami légijárművezető és katonai repülésirányító szakirányok);
- az ismeretanyag bővítésével és korszerűsítésével új vizsgálati és értékelési kompetenciák kialakítása;
- a pályázat keretében a 21. század színvonalának megfelelő kutatási infrastruktúra létrehozása.

A fejlesztéseink célcsoportjai, az érintettek köre, a fejlesztések hatásterülete

A fejlesztések eredményeként kialakított kutatócsoportokban közreműködő szakemberek a saját tudományterületükön nemzetközileg elismert egyetemi oktatók és kutatók, akik a projekt megvalósításában a repüléshez kapcsolódó tudományterületeken tevékenykedő KKV-k külső szakértőit, valamint fiatal kutatókat, doktoranduszoknak és egyetemi hallgatókat foglalkoztattak az alábbiak szerint:

[1] Egyetemi docens, kiemelt kutatási terület vezető; e-mail Dunai.Pal@uni-nke.hu, ORCID https//orcid.org/0000-0001-8583-0799

- oktatók, kutatók, doktoranduszok, hallgatók Nemzeti Közszolgálati Egyetem,
- további együttműködő partnerek Testnevelési Egyetem, Eötvös Lóránd Tudományegyetem Pedagógiai és Pszichológiai kar, Magyar Honvédség Repülő Alkalmasság Vizsgáló és Gyógyító Intézet (MH RAVGYI, Országos Sportegészségügyi Intézet szolnoki sportorvosi intézet, Heténi Géza Kórház Kardiológiai osztály;
- a pályázathoz kapcsolódó tárgyi eszközökre kiírt közbeszerzési eljárásokon nyertes cégek.

Külföldi kutató partnerek

- FIRSTBEAT testszenzor diagnosztikai rendszer (Finnország);
- Aerospace Medical Association (AsMA) (USA);
- Kirov Katonaorvosi Akadémia (Szentpétervár, Oroszország);
- Orosz Föderáció Orvostudományi Akadémia (Moszkva, Novoszibirszk, Oroszország);
- Tulane Egyetem (Louisianna New Orleans, USA).

A megvalósuló fejlesztések hatásterületei elsősorban a nemzetközi és hazai kutatói közösségek, kutatói hálózatok lesznek.

2. Mérföldkövek

1. mérföldkő - 2018. március 02.
   - Kialakítjuk és berendezzük a teljesítmény-diagnosztikai és a pszichológiai laborokat;
   - befejeződik a műszerek és berendezések tesztüzeme, a szakszemélyzet felkészítése, kalibrálásra kerülnek a mérési protokollok és a szükséges pályatesztek rendszerei, ellenőrizzük a tesztek validitását;
   - a testszenzoros mérések eredményeit feldolgozzuk, elemezzük és publikáljuk.
2. mérföldkő - 2021. március 31.
   - Az adatgyűjtés és elemzés után megtörténik az új mérési protokollok kidolgozása és tesztelése, valamint a gyakorlati alkalmazás eredményeinek összesítése, elemzése és alkalmazási módszertanának kialakítása.

3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom

A megcélzott kutatási területeken a következő K+F feladatok valósultak meg, az alábbi módszertant követve:

Pilótás repülések területén

- repülőorvostan, repülőélettan, teljesítmény-diagnosztika, a munka és repülő-lélektan, valamint a rehabilitációs orvostan kérdései;
- a közszolgálati (katasztrófavédelem, rendvédelem, honvédelem) és az egyéb területeken (ipar, mezőgazdaság, közlekedés) dolgozók kiválasztási, képzési és egészségvédelmi, regenerációs és rekreációs rendszereinek vizsgálata és a fejlesztés lehetséges módjainak kidolgozása és tesztelése.

UAV repülés

- személyzet kiválasztási protokoll elkészítése;
- elméleti és gyakorlati képzési program kidolgozása;
- hatósági engedélyezési követelmények meghatározásának szakmai támogatása;
- Szimulátor alkalmazásának vizsgálata az UAV személyzet képzésében.

Légiforgalmi irányítók tevékenységéhez kapcsolódó kutatások

- hosszantartó szolgálatok, különböző napszakokban, nem egyenletes terhelési és pihenési szakaszokkal;
- aktív motoros tevékenység hiánya (hipokinézis) és kényszertesttartás a berendezések, lokátorok, képernyők előtt;
- az érzékszervek (látás, hallás) magas fokú terhelési szintje;
- az állandó készenlétből eredő pszichés terhelések.
- idegrendszeri megbetegedések;
- hipertóniás megbetegedések;
- depresszió;
- érzékszervi túlterheltség és az ebből adódó megbetegedések, elváltozások.

A vizsgált terület rendkívüli összetettsége és interdiszciplináris jellege miatt a KKT-n belül négy kutatócsoportot alakítottunk ki.

A kutatói team-ek összetétele

Repülőorvosi vizsgálatok - magasságélettani; funkcionális diagnosztikai vizsgálatok és szívfrekvencia variabilitási (Heart Rate Variability) vizsgálatok – vezetője Dr. habil. Szabó Sándor András;

*Teljesítmény-diagnosztikai vizsgálato*k – ergometria, spirometria, kardiológia, vérkémiai vizsgálatok és egyéb labor vizsgálatok – vezetője Dr. Györe István;

Alkalmasság vizsgálati pszichológiai és pszichofiziológiai tesztek - percepció (látás, hallás, vesztibuláris rendszer, szomatoszenzórium, a mozgató rendszer), memória, érzelmi folyamatok és stressz - vezetője Prof. Dr. Bárdos György

Testszenzoros vizsgálatok és pálya-tesztek - kondicionális állapot vizsgálatok, koordinációs funkció vizsgálatok, terheléses vizsgálatok HRV regisztrációval – vezetője Dr. Dunai Pál.

4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program

A korábban jelzett, megcélzott kutatási területeken a következő K+F feladatok kerültek megvalósításra, az alábbi módszertant követve:

- Keresztmetszeti vizsgálatot végeztünk, a vizsgálatnál kontroll csoporttal dolgoztunk, a vizsgálatokat a vizsgálati időszak alatt kétszer megismételtük.
- A felmérés alanyai minden adatfelvételnél ugyanazok voltak.
- A végső adatfeldolgozásban csak azok adatait dolgoztuk fel, akiknek minden felmérési adata rendelkezésünkre állz
- A környezeti, létesítménybeli, eszközbeli, pihentségi feltételek azonosak voltak.
- Transzferhatás és a gyakorlási effektus nem volt befolyásoló tényező.

Az adatfeldolgozás matematikai-statisztikai módszerei

- A mért adatok átlagszámítása;
- az átlag szórásának számítása;
- egymintás "t"- próba;
- szórásszámítás;
- variációs együttható számítása;
- korrelációszámítás;
- megbízhatósági intervallum, szignifikancia számítása.

4.1 Szakirodalmi feldolgozás és az irodalmi forrásművek hátterének kialakítása

A szakirodalmi feldolgozás során több mint 100 szakcikket, könyv fejezetet, könyvet, tanulmányt gyűjtöttünk össze, a KKT működése során több mint 60 szakreferátum készült el, melyek az adott szakmai anyag rövid összefoglalóját tartalmazzák és – tematikusan szervezve – az owncloud.szrf.hu szerveren hozzáférhetők.

A KKT által a projektben vállalt mérföldkövekből adódó feladatokhoz kapcsolódóan két fontos eredménytermék vált elérhetővé a 2. mérföldkő időpontjáig

1. Létrehoztunk egy olyan kutatóbázist a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Szolnoki Campusán, amely a régió meghatározó tudományos műhelye a repülés humán faktorának vizsgálata területén;
2. A kidolgozott vizsgálati módszerek alkalmazásával teljeskörű információt nyerünk a vizsgálatokba bevont állami légiközlekedésben dolgozó merev- és forgószárnyas repülőeszközökön dolgozó pilóták, légiforgalmi irányítók és UAV operátorok teljesítményprofiljáról és pszichés állapotváltozásaikról, és ezt összefüggésben vizsgáljuk alaptevékenységük értékelésével. Az elemzések eredményeképpen lehetővé válik azoknak a képességeknek és tulajdonságoknak meghatározása, melyek segítségével a lehetséges szakmai beválás egzakt előrejelzése. Ezzel lehetővé válhat az adott tevékenységre felkészítendő személyek kiválasztásának pontosítása, és így a költségek csökkentése, racionalizálása is.

4.2 Repülőorvosi vizsgálatok kutatócsoport

A földi szimulált stresszhelyzetben (alapvetően hypobárikus hypoxiában) gyakorlati szinkronizált tesztméréseket hajtottunk végre. Mértük a bekövetkező agyi és tüdőkeringési változásokat és ennek nyomán az agyi oxigén kínálatot és oxigénhasznosulást, értékeltük a vegetatív idegrendszer stresszhelyzetben bekövetkező egyensúlyvesztését.

A KKT kutatási programjában résztvevőknek több alkalommal munkaértekezletet szerveztünk a barokamrai élő kutatási protokoll bemutatásával Kecskeméten LIVE teszt Barokamrában VR[1] és NIRS teszttel[2] cerebrális oxymetria, közel infravörös spektroszkópia elvén működő cerebrális pulzoxymetria, azaz agyi oxigénszint mérési eljárással) egybekötve, 2000-3500/4000 méteren 30-50 perces aktív repülés és 5500 méteres oxigénlégzéses teszt alatt.

[1] Virtual Reality repülési program

[2] Near-Infared Spectroscopy – non-invazív transcután (bőrön át mért)

A hypoxiatűrő képesség és stressz tolerancia jellemzése céljából elvégeztük a NIRS és HRV paraméterek összehasonlító értékelését is[3]. Kalibrációs méréseket folytattunk különböző magasságokban, a perifériás és direkt cerebrális oxigén szaturáció összehasonlító elemzésére, barokamrában hypoxiában és oxigénlégzéses teszt alatt[4].

Értékeltük a MEDTRONIC INVOS NIRS és kapnográf készülék adatait fenti tesztek során, a barokamrai új MINDRAY orvosbiológiai monitorizáló rendszer telepítése után, elemeztük az integrált NIRS és kapnográf modulok alkalmazásának lehetőségét, és adatbázis építésének lehetőségét a szimultán jelfeldolgozás megkönnyítésére. Az egyik kutató kollégánk ötletét megfordítva hoztuk létre a „Vigyük ki a labort a valóságba!" helyett, a „Vigyük be a valóságot a laborba! / Let's take the Real World into the Special Aero Medical Lab" kutatóhelyünket.

Az új őrzőrendszerrel beállítási méréseket hajtottunk végre (perifériás pulsoxymeterrel), az adatok exportálását sikeresen kiviteleztük, és a grafikus megjelenítést is egységesítettük. A 2019 decemberében érkezett és telepített MINDRAY NIRS/EEG panellel páciensen EEG asszisztens segítségével tájékozódó méréseket végeztünk. A beérkezett NIRS/EEG panellel saját magunkon végeztük el a kísérleti előkészületeket. A MH Egészségügyi Központ Etikai Bizottságától 2020 augusztusában megkaptuk az engedélyt a használatra.

Folytattuk a vizsgálati adatok teljeskörű online számítógépes rögzítését és statisztikai feldolgozását támogató ACCESS adatbázis rendszer kialakítását. Jelenleg az adatszinkronizáció csak kézi adatbevitellel valósul meg, az előjelfeldolgozott (digitális) és analóg jelek összehangolása nehézkes. Stabil intranet hálózati kapcsolatot hoztunk létre a VR repülési feladat és a virtuális repülésirányítás közötti kommunikáció érdekében. Közvetlen vezetékes (HDMI) kapcsolat pedig a barokamra hermetikus tömbszelencéjén keresztül biztosítja a biztonságos jelátvitelt külső LED TV-re.

A 2019 szeptemberében megtartott mindkét repülőorvosi konferencián a KKT több tagja sikeres előadással vett részt[5] és a szeptember 13-15. közötti 7. User Meeting[6]. Közvetlen szakmai megbeszéléseket folytattunk, hivatalos meghívással és együttműködésre szóló ajánlattal az FAA CAMI[7] igazgatójától és az USAF Amerikai Légierő Wright-Patterson AFB légibázison működő kutatóintézet vezetőjétől, illetve a STO Scientific and Technological Organization projektjeiben történő együttműködésről. Felkészültünk a 2020. évi AsMA Amerikai Repülőorvosi Társaság kongresszusán történő megjelenésre is, de ez a COVID-19 világjárvány miatt elmaradt.

A nemzetközi repülőorvosi kongresszusokon megtartott sikeres előadások és szakfolyóiratokban megjelent cikkek alapján hypotézisünk az agyi hypoxia és hypobaria, hypokapnia (széndioxid vesztés) egymástól független hatásmechanizmusáról az oxigén hasznosulás folyamatában nemzetközi érdeklődést váltott ki („hypoxia like incidensek" halmozódása kapcsán). A Bodyguard2 HRV készülék lehetséges alkalmazását repülési környezetben nemzetközi kongresszuson tartott előadással (Helsinki) bizonyítottuk. A készülék lehetővé teszi a pilóták (esetleg repülési váltás alatti) munkavégzésének jellemzését, ezen túlmenően repülésirányítók, pilóta

[3] Szívfrekvencia variabilitás mérése Fusion Vital Bodyguard 2 készülékkel)

[4] Saját magunkon, és a légiközlekedési szakirányon tanuló önkénteseken

[5] 2019 szeptember 08.-12. közötti repülőorvosi világkongresszus (IAASM - International Academy of Aviation and Space Medicine repülőorvosi akadémia - ICASM International Congress of Aviation and Space Medicine - Nemzetközi Repülő- és Űrorvosi Kongresszus)

[6] Európai katonai repülőorvosi konferenciája, a Tudományos Bizottságba is delegáltunk tagot és szekcióelnököt, az utóbbin a kongresszus társelnöki tisztét is a KKT kutatója, Dr. habil. Szabó Sándor András töltötte be.

Amerikai Légügyi Hivatal Repülőorvosi Intézet, Oklahoma City

nélküli repülőeszközök operátorai hosszú távú megfigyelésére is alkalmas. Napi bontásban – tevékenységnaplóval – kiegészítve elemezhető a pihenés aránya, az alvás mennyisége, a rege-neráció minősége.

Prof. Dr. Bodó Mihály[8] által vezetett kutatócsoporttal nemzetközi együttműködésben folyó vizsgálatot terveztünk az agyi autonóm keringés szabályozás elemzésére REG (rheoencephalogramm), a Magyar Tudományos Akadémia DOMUS Alapítványának támogatásával. Mind a GINOP pályázat, mind később a magyar űrhajósjelölt válogatási programjában közös orosz-amerikai fejlesztés lehetőséget kínál, a NASA felé korábban tervpályázatban szerepelő űrhajó fedélzeti mérőeszköz koncepciója.[9] Az ESA Európai Űrkutatási Ügynökség felé közös pályázat beadása is megtörtént, a pályázat „archiválásra került", jelenleg nem biztosított rá költségvetési támogatás, illetve a Magyar Tudományos Akadémia DOMUS Alapítványától pályázati összeget nyert, melynek keretösszegét barokamrai NIRS és REG vizsgálatokra ill. fMRI vizsgálatok elvégzésére fordítja.[10] Jelenleg a magyar-orosz űrkutatási vegyesbizottság által összeállított űrkutatási program egyik lehetséges projektjeként kidolgozás alatt áll a REG, NIRS (esetleg) EEG ISS űrállomás fedélzetén történő alkalmazása, magyar fejlesztésű, integrált eszközként.

Összegzés

A pályázat teljes időtartama alatt kutatási cél volt, a földi szimulált stresszhelyzetben (alapve-tően hypobárikus hypoxiában) gyakorlati szinkronizált tesztmérések végrehajtása. Ezt megva-lósítottuk barokamrában 3500-4000-5500 méteren a repülési szimulátor, VR virtuális szemüveg és laptop hardver fizikai működési tartományának meghatározására, a NIRS cerebrális agyi vérátáramlás és regionális oxigénszint mérés (pulzoxymetria) mérésére és értékelésére, összekötve a stressz szint jellemzésére alkalmas HRV szívfrekvencia variabilitás mérésekkel.

A szakirodalom áttekintése alapján megállapítható, hogy a pályázatunk fő kutatási irányai[11] integrálhatók a nemzetközi trendekbe, értékes információt és nóvumot jelentenek a repülésélettani stresszorok kutatásában, a vegetatív idegrendszeri válaszreakció jellemzésében. Napi bontásban – tevékenységnaplóval - kiegészítve elemezhető a pihenés aránya, az alvás mennyisége, a regeneráció minősége, az általános és speciális stressztűrő képesség.

Több olyan kutatási téma van – pl. közel eszméletvesztés (almost loss of consciousness-A-LOC) utáni teljesítménycsökkenés, hypoxia hangover/másnaposság akut oxigénhiányt követő tartós fáradtság és teljesítménycsökkenés, dezorientációs stressz –, ahol a beállított mérési módszerek alkalmasak lehetnek a pulzuslabilitás mérésével a stressz reakció jellemzésére, az agyi vérátáramlás változásának együttes mérésével objektivizálhatják a repülésélettani kihívás okozta repülésbiztonsági veszélyt.
A Firstbeat technológia alkalmas nyugalmi és terheléses vizsgálatok végzésére, a stressz helyzetek regisztrálására elemzésére. Lehetővé teszi a feladatok végrehajtása során a szervezet válaszreakciójának és az elért teljesítmény összefüggéseinek vizsgálatát. Saját esettanulmányunk – amely alapján jelenleg standardizált barokamrai felszállási protokoll kialakítása folyik – azt mutatja, hogy a szimulált barokamrai VR repülési vészhelyzet közben a HRV-monitorizálás hasznos lehet a stressz-szint jellemzésére. Ezzel párhuzamosan valós repülési

[8] Tulane Egyetem, Louisianna New Orleans

[9] Vírusjárvány miatt halasztva 2021. júniusig, az MTA engedélye alapján.

[10] A COVID-19 okozta világjárvány miatt mindkét kutatás valószínűleg későbbre tolódik

[11] Agyi keringés vizsgálata NIRS +/- REG műszerekkel és HRV vizsgálata Bodyguard 2 HRV mérőeszközzel

helyzetben is mértük a HRV-trendeket, elsődlegesen felmérve a Bodyguard 2 készülék gyorsulás-túlterhelés tűrőképességét és összehasonlítva a repülésmentes (felkészülési vagy pihenőnap) és az operatív kiképzési nap – pl. GRIPEN harci repülőn pilóta műrepülése és hivatásos ejtőernyős beosztásban lévő ejtőernyős ugrása – alatti szívfrekvencia-modulációt.

Megállapítható, hogy tapasztalt, a repülési/ugrási feladatra kiválóan képzett hajózó, illetve ejtőernyős számára az „éles bevetés" limitált időszaka nem jelent extrém megterhelést, még a normális fizikai kiképzés (konditerem) fizikai terheléséhez képest sem, utána pedig kellő ütemű a regeneráció. Ugyanakkor a 9 Gz (fej-láb irányú) túlterheléssel végrehajtott műrepülés alatti túlnyomásos légzéses rezsim vagotóniára (fokozódó paraszimpatikus tónusra) gyakorolt hatása is felismerhető vagotóniára utal a fokozott pulzusvariancia, amely az AGSM légzésvisszatartás és izomfeszítés folyamatos kényszere miatt itt nem a stressz oka, hanem élettani következménye. A G (túlterhelés) tűrőképesség megítélésére viszont a HRV-görbe jól használható, amely alapján a bradycardia hajlam – pulzuslassulás rossz tűrőképességgel – időben felismerhető.

A VR szimulált repülések során NIRS technikával végrehajtott transcraniális agyi oximetria mérések kapcsán azt találtuk, hogy, az előzetes kisebb mértékű, esetlegesen a szabályzatok által még oxigén légzést el nem rendelő magasságon történő tartózkodás és az ezt követően a nagyobb magasságba történő emelkedés nagymértékben lerövidíti a kritikus mértékű agyi hypoxia kialakulásának idejét, a közvetlen, erre a nagyobb magasságra emelkedéskor kialakult agyi hypoxia kialakulásának idejéhez képest. Ezt a negatív változást a kisebb magasságon történő oxigén légzéssel nem lehet kivédeni.

Hypobáriás hypoxiában kellő mértékű parciális nyomással használt oxigén lélegeztetéssel sem lehet feltétlenül biztosítani a hypobáriás expozíció előtti, a tengerszinti levegő belégzésével elért normális agyi oxigén szintet.

Ezen túlmenően, csupán a tengerszintinek megfelelő légnyomás és oxigén résznyomás önmagában nem korrigálja 100%-ban az agyi keringést a hypobarikus expozíció után. Valószínűleg a megváltozott sav-bázis egyensúly miatt az agyi oxigenizáció még akár 10-20 perc után sem tér vissza a behatás előtti szintjére, (miközben az ujjbegyen mért szaturáció már teljes, 100% értéket mutat). A kb. 10% –15%-os agyi oxigén deficit komoly idegrendszeri funkcionális kiesést jelenthet, ami a hypoxia másnaposság („post hatás") részjelensége lehet. Helyesebb lenne a hypobarikus oxigénutilizációs zavar elsődlegességét hangsúlyozni.

Ez az „utóhatás" a fiatalokon, a kis vagy normális BMI index-szel rendelkező (sovány) pácienseken (vagyis a pilóta populáció preferált testalkatára is vonatkozóan) jól megfigyelhető, és jól korrelál a hypoxia hangover/másnaposság okozta tünetekkel és panaszokkal.

Saját megfigyeléseink szerint maga a kognitív terhelés barokamrai kontrollált körülmények mellett is befolyásolja a kevert agyi hajszáleres vér oxigénszintjét. A stressz, a légzésvisszatartás és felületesebb légzés a figyelem maximalizálása és összpontosítás mellett csökkenti az effektív légzés hatékonyságát, esik az agyi oxigénszint (és a feladat befejezése után is csak lassan normalizálódik). Az oxigénhiány okozta veszély (bár csak 18 000 láb/5500 m fölött válik percekben-másodpercekben mérhető cselekvőképtelenségi veszéllyé), kisebb magasságon is ronthatja a hadműveleti körülmények között nélkülözhetetlen új feladat tanulási képességet (navigáció, üzemanyag számítás, rövid-távú memória használat kapcsán).

Ezek alapján felmerül a hypobarikus hypoxiában kialakuló mechanizmusok újra gondolásának a szükségessége, s ebből fakadóan a repülésben alkalmazott oxigénrendszerek funkcionalitásának az újragondolása, sőt újra tervezése.

Elvégzett vizsgálataink pedig arra is rámutatnak, hogy az agyi keringés változása, az oxigén hasznosulás kritikus csökkenése hosszabb távon, a földi tengerszinti nyomás helyreállítása után akár órákig befolyásolhatja a mentális teljesítményt.

A KKT interdiszciplináris kutatási projektjéből fakadóan még szélesebb, tudományos bázisra és intézeti szintű kooperációra van szükség, a repülőorvosi specifikációt jelentő MH Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi, Alkalmasságvizsgáló, és Gyógyító Intézettel az együttműködés intézeti szintű partneri kapcsolatra emelésével.

5. ábra

Az adatbázis eredményei kiegészítve a FIRSTBEAT testszenzoros mérőrendszer adataival Forrás: *képernyőkép a Step by Step vizsgálati rendszer adatbázisából*

Problémát jelent, hogy jelenleg a mért adatok szinkronizációja még csak manuális úton hajtható végre, szükség van a műszerek által mért paraméterek és eredmények rögzítése érdekében egy speciális adatbázis szoftver létrehozására, mely pillanatnyilag a V2.1 továbbfejlesztett verziónál tart, és remélhetőleg közös időbélyeg alkalmazásával (teljes szinkronizációval) láthatóvá teszi a tendencia függvények ábrázolásával a hypoxia kialakulását és a szervezetre gyakorolt elhúzódó hatását.

Egyéb digitalizált pszichológiai tesztbattériával együtt alkalmazva a szimulátor repülések végrehajtása a pilóta jelöltek szelekciója során validált prognosztikai értékkel bírhat, akár a régi (Struktúra Instrument Kft.) műszereken nyújtott eredményekkel összevetve, de célszerű lenne a beszerzett számítógép alapú VIENNA tesztbattéria egyes tesztjeit barokamrában is futtatni, hogy a kognitív teljesítményszint (és stressz tűrőképesség) jellemzése objektívebb legyen.

Szükség van a realisztikus megjelenítést lehetővé tevő VR Ready Notebook, asztali számítógép és OCULUS RIFT VR rendszer beszerzésére és tartós telepítésére a barokamra térben, mert a kutatásban elérhető tesztek, a jelenlegi eszköztámogatással, csak egy bizonyos szintig valósíthatók meg. Célszerű lenne a Lifestyle Assessment/Fusion Vital céggel a Bodyguard 2 készülékek használatának megújítása szerződéssel, újabb mérések végrehajtására valós repülési/ejtőernyős ugrási körülmények között.

A „VR” technológia alkalmazásában rejlő lehetőségek túlléphetik a repülésbiztonság területét, és újabb kutatásokkal kiterjeszthetővé válhatnának akár a komplett közlekedésbiztonságra. Így már nem csak a legiközlekedésben, hanem a kötöttpályás illetve földi közlekedésben is biztonságosabbá lehetne tenni a körülményeket, minden résztvevő számára (a VR program bemeneti szimulációs követelményeinek meghatározásával).

4.3 Teljesítmény-diagnosztikai vizsgálatok kutatócsoport

Első lépésként szükségessé vált a megfelelő terhelésdiagnosztikai helyiség kialakítása – világítás, szellőzés, higiéniai feltételek, betegvizsgáló ágy, informatikai háttérberendezések, monitorok, nyomtatók, szkennerek, laptopok, defibrillátor, egyéb a reanimációhoz szükséges eszközök és gyógyszerek. Személyi feltételek az alábbiak voltak orvosok (sportorvos), kardiológiai és spirometriai szakasszisztensek, technikus.Teljesítményélettani vizsgálatok jellemzői

6. ábra

Kutatói jelentés Forrás: *Domján Károly kutató Elérhető: NKE HHK Repülőműszaki szakgyűjtemény*

Az általános orvosi vizsgálatok kiegészítéseként elvégezhető vizsgálatok összessége, amely az alapvető fizikális vizsgálatokon felül olyan komplex eszközös vizsgálatokat foglal magába, amellyel a fizikai terhelés hatására kialakult különböző szervrendszereket érintő működési változások válnak megfigyelhetővé és megítélhetővé tehetik a repülési munkára való alkalmasságot.

A teljesítményélettani vizsgálatok célja

A fizikai igénybevétel hatására (repülés élettani körülmények) kialakult élettani változások követése, a szervrendszerek alkalmazkodóképességének megítélése, az adott vizsgálat alatt nyújtott teljesítmény monitorizálása, és az elvégzett előző vizsgálat vagy vizsgálatok között eltelt idő alatt bekövetkezett változások észlelése, és így a változások hatására bekövetkezett teljesítményjavulás nyomonkövetése.

A teljesítményélettani vizsgálatok használata

Specifikus kiválogatás, edzéstervezés, formaidőzítés, felkészülés nyomonkövetése, betegségből, sérülésből való felépülés nyomonkövetése, edzéstípus váltást követő monitorizálás.

Az alkalmazott terhelések jellege

Lépcsőzetesen emelkedő és maximális terhelésig típusúak.

A vizsgált paraméterek

Testtömeg, testösszetétel (zsír, víz, izom, csont), testmagasság, aerob állóképesség (maximálisoxigén felvétel- abszolút és relatív), laktát küszöb, maximális vérnyomás érték, maximális pulzus érték.

Méréseink

Cardiorespiratoricus állóképesség mérése Összességében az egyén oxigénfelvevő és oxigénszállító kapacitásának mérése során leggyakrabban a VO_2max (maximális oxigén felvétel) és a laktát vagy ventillációs küszöb mérése történt meg. A laktát küszöb a VO2 max értéknél jobb előre jelzője az állóképességnek. A VO_2max az egyén maximális cardiorespiratoricus kapacitását tükrözi, ez az az oxigénfelvétel, amely elérhető a fizikai terhelés alatt. Mindösszesen egy percig tartható fenn, mivel közben kialakul a metabolikus acidózis, az izomfáradtság és a centrális fáradtság. A maximális oxigénfelvétel mérése közvetlenül a terhelés alatti kilégzett levegő mérésével végezhető. Meghatározása lépcsőzetes terheléssel érhető el, 8-12 perc közötti időtartamokkal.

Fontos, hogy a terhelés alatt a VO_2 (oxigén felvétel) elérjen egy maximumot, ami után már nem detektálható újabb növekedés. A számolt respirációs quotiens nagyobb legyen, mint 1,1, és a pulzusszám elérje az életkorhoz elvárható maximális értéket. (220 - életkor). Amennyiben korlátozó betegség vagy a kifáradás miatti terhelés megszakítás miatt nem adható meg a VO_2max, akkor a terhelés során mért legnagyobb VO_2 értéket adjuk meg eredményként. A VO_2max-ot meg lehet becsülni különböző standard specifikus egyenletek alapján, a laktát küszöböt pedig szubjektív kimerülésérzésre vagy a pulzusszámra alapozó tesztek alapján. A terhelés alatti meredekség növelésével a láb izmainak elfáradásával csökkenthető a terhelés időtartama. Szívbetegeknél, nagy rizikójú betegeknél ez az alkalmazandó terhelési módszer.

Laktát- és légzési küszöb mérése Invazív módszerrel kapilláris (újbegy vagy fülcimpa) vérből történt. Fontos, hogy mivel ennek az értéke helyenként változó, így minden esetben ugyanarról a helyről történjen a mintavétel az adott terhelés alatt és két különböző terhelés elvégzése esetében is. Az összehasonlítás csak ugyanazon körülmények esetében értékelhető. A laktát küszöb ábrázolása grafikon segítségével történt, minimum 8 pont meghatározásával. A VO_2, Watt vagy futási sebesség és az adott intenzitáshoz tartozó laktát érték feltüntetésével. Non-invazív módszerrel A lépcsőzetes terhelés során mért gázcsere adatok felhasználásával történt meg. Lényegében a ventillációs küszöb meghatározásával. A laktát küszöb annál az intenzitásnál látható, ahol a percventilláció növekedésének mértéke meghaladja a VO_2 növekedésének a sebességét. Pulzusszám mérésével is történhet, amikor azt vesszük alapul, hogy az erőkifejtés intenzitása és a pulzusszám emelkedése között lineáris összefüggés van.

Cardiorespiratórikus és izom-állóképesség becslése Szubmaximális VO_2 (oxigén felvétel) becslése futószalag, kerékpár ergometriával, lépcsőzetes teszt során végzett terhelés után, specifikus egyenletekkel lehetséges. Abban az esetekben alkalmazható, amikor a maximális terhelésnek valamilyen akadálya áll fenn.

Anaerob kapacitás becslése

Lényegében a vázizom ATP regenerációs képességének becslése, amely feltételezhetően tükrözi a mitokontriumon kívül zajló anyagcsereutakat. Az intenzív izommunka során a glikolízis közti termékei (pl. a laktát) felhalmozódik és így tükrözi a glukóz-6-foszfát áramlását. Így ebből megbecsülhető az ATP regeneráció. Egy glukóz-6-foszfát – laktát átalakulásból három ATP keletkezik.

A testösszetétel meghatározása A testösszetétel a víz, a fehérje, az ásványi anyagok és a zsír relatív arányát mutatja. A testösszetétel vizsgáló módszerek valójában a test zsírtömegét és test zsírmentes tömegét határozzák meg.

A vizsgálatok során vezetett jegyzőkönyvek adatai

Név, születési idő, maximális teljesítmény, testtömeg, testmagasság, testösszetétel, BMI, nyugalmi vérnyomás, nyugalmi pulzus, nyugalmi tejsavszint, nyugalmi vércukor, nyugalmi légzésszám, lépcsőnkénti vérnyomás, lépcsőnkénti pulzus, maximális vérnyomás, maximális pulzus, maximális légzésszám, maximális oxigén felvétel (abszolút, relatív), laktát szint terhelési lépcsőnként, anaerob átmenet, terhelés megszakításának indoka, korábbi eredményekkel való összehasonlítás eredménye, szöveges értékelés, javaslatok a további terhelésre.

A vizsgálat menete

Első lépésként a testi adottságok felmérése történt. Testsúlya, testmagassága, testzsír összetétele került meghatározásra. A morfológiai adatok felvételét követően a funkcionális vizsgálatok elvégzése következett. A nyugalmi értékek rögzítése után kerülhetett sor a terhelés alatti adatrögzítésre, folyamatos megfigyelés alatt a szív- és légzőrendszer működésének vizsgálatára, metabolikus paraméterek ellenőrzésére. A mozgás futópadon, kerékpáron történt. A terhelés növelése a mozgás sebességének változtatásával volt fokozható. Az aktív terhelés teljes időtartama alatt rögzítésre kerül a szív működése, a pulzus és vérnyomás aktuális állapota, a kilégzett oxigén és szén-dioxid mennyisége és a vér laktát szintje.

A vizsgálat értékelése

Az adott vizsgálat alatt készült jegyzőkönyv értékei alapján a terhelést végző orvos által írásban kiadott és szóban elemzett értékelés. A mért és számított eredmények alapján az aktuális állapot elemzése, az elvégzett előző vizsgálat vagy vizsgálatok között eltelt idő alatt bekövetkezett változások kiértékelése, és így a bekövetkezett teljesítmény javulás vagy annak elmaradásának megállapítás.

Összefoglalás

Az általános és specifikus terhelésdiagnosztikai tesztek segítségével kiválasztódhatnak azok a fiatalok, akik potenciálisan a legalkalmasabbak a repülési munkára, majd a rendszeres és tervszerű edzésmunkával elősegíthető a megfelelő fejlődésük. A kiválasztási folyamatban nagyon nagy jelentőséggel bír a terhelésdiagnosztika.

4.4 Alkalmasság vizsgálati pszichológiai és pszichofiziológiai tesztek kutatócsoport

Tevékenységünk bemutatásakor – a zavaró terminológiai és technikai részletek mellőzésével – a munkánk lényegét szeretnénk röviden megragadni annak érdekében, hogy a társszakmákban, illetve más technikai területeken dolgozó kollégákkal az együttműködésünk a továbbiakban is zökkenőmentes legyen – ahogyan azt az eddig tartó közös munka során is megtapasztalhattuk. Ehhez két dolog szükséges egyrészt törekednünk kell az érthetőségre, másrészt legalább a legfontosabb gondolatok erejéig érintenünk kell azt a fejlődési utat, amelyet a [1] szakma, és benne [2] mi magunk is bejártunk.

[1] Amennyiben a repüléssel kapcsolatos területeken tevékenykedők kompetenciáit a – napjainkban egyre fontosabbá váló – CRM[12] szempontjából tekintjük, akkor a szükséges képességeket általános és feladatspecifikus, valamint csoportspecifikus jellemzőkkel írhatjuk le. Az általános kompetenciák tudás és képesség, valamint attitűd jellemzőkre oszthatók. A légiközlekedésben általánosan elfogadott nézet, hogy a biztonságra a csapatmunka komoly hatással

[12] Crew Resource Management

bír. Ennek megfelelően a légiközlekedésben dolgozók tudása és képességei akkor támogatják jól a csoportban végzett tevékenységeket, ha a képességek fejlettek az alkalmazkodás, a megosztott helyzettudat, a teljesítménykövetés és visszajelzés, a személyközi kapcsolatok, a koordináció, a vezetés és irányítás, a kommunikáció, valamint a döntéshozatal területein. Ezen – aktuális – szakmai nézőpont a kiválasztási módszerek történelmi fejlődésének egyfajta logikus következményeként is értelmezhető, ha az e téren tapasztalható fejlődést az alkalmazott kritérium rendszer, a munkakörelemzés, illetve a munkaköri beválás prediktorai, mint a legalapvetőbb tényezők szempontjából elemezzük. Az említett „szakmai nézőpont" a hosszú fejlődése során jutott el arra – a gyakorlatban is egyre inkább érvényesülő - megállapításra, hogy a jelöltek pszicho-motoros és érzékelési, valamint kognitív képességei mellett a döntéshozatali, szociális és kommunikációs, valamint stressz megküzdési képességek is nagy jelentőséggel bírnak az alkalmasság és a hosszú távú beválás szempontjából.

[2] A fent megfogalmazott gondolatok a kutatási csoportunk számára olyan kiindulópontként szolgáltak, amire felépítve a tevékenységünket, azt három pólus köré szervezhettük 1 - elméleti keretek kialakítása (Budapest – Prof. Dr. Bárdos György) 2 – a közeljövő kihívásai (Szolnok – Repülésirányító és Repülő-hajózó tanszék), illetve 3 – az aktuális, illetve az el nem hanyagolható, hagyományosnak tekinthető elvárásoknak való megfelelés (RAVGYI). Ebben a megközelítésben – az inkább gyakorlatorientált – 2-es és 3-as pólus könnyebben értelmezhető.

[a] Szolnokon a közeljövő szakembereinek szakmai felkészítése, kiképzése folyik, amelynek eredményeként az érintettek kompetens résztvevőkké válhatnak a rájuk váró korszerű technikai, technológiai körülmények által meghatározott munkahelyeken. A mérnöki tudományokat képviselő munkatársak számára szükségtelen bemutatni azt a fejlődést, amit a modern merev- és forgószárnyas technikák megjelenése hozott. Ahogyan jól érzékelhető – szakmai nézőpontoktól függetlenül - az is, hogy a kialakult helyzet mennyiben más, esetenként a korábbiaktól akár gyökeresen eltérő kompetenciákat igényel. A Szolnokra / szolnoki tanszékre koncentrált tevékenységünk során éppen ezen új kompetenciák mérési és vizsgálati lehetőségei adták a fő hangsúlyt, kiegészítve azzal, hogy a hagyományosan (is) fontosnak ítélt sajátosságok mérésére új, a korábbiakhoz képest nagyobb objektivitással bíró eszközök kerülhessenek be a kialakulóban lévő, s a közeljövő igényeihez jobban illeszkedő vizsgálati protokollokba. Mindezt egy egyszerű példa jól szemléltetheti a repüléshez hasonlóan minden olyan munkahelyen, ahol az ott folyó munkának „nagy a tétje", kiemelt jelentőségű a kockázatvállalásra való hajlam, illetve képesség mérése. Hagyományosan ezt a pszichológia különböző olyan - un. papír-ceruza - tesztekkel méri, amelyeknek az eredménye a kitöltők szempontjából viszonylag könnyen befolyásolható. A korszerű vizsgálati eljárások viszont olyan elemi döntési szituációk kialakítását teszik lehetővé – hatékony észlelést és gyors reagálást igénylő teszthelyzetben – ahol a vizsgálati személynek lehetősége van a számára legoptimálisabbnak tűnő viszonyok kialakítására. A vizsgálati személy az optimális viszonyokat a számítógépes tesztprogram beállításainak a megváltoztatásával érheti el – ezen jól paraméterezett beállítások viszont a kockázatvállalási hajlam és az ide kapcsolódó készségek tekintetében objektív eredményekként jelenhetnek meg az értékelő szakemberek számára.

[b] Kecskeméten, az alkalmasság- és szűrővizsgálatok keretei az előzőkkel részben ellentétes érdekek mentén szerveződnek, míg a képzés rendszerében az erőteljes újítási igényen van a hangsúly, addig az alkalmasság-vizsgálatok esetében egyfajta állandóságra van szükség – könnyen belátható, hogy a napi gyakorlatban alkalmazott protokoll nem változtatható meg egyik napról a másikra. Ezért a kecskeméti munkacsoport feladata a hagyományos vizsgálati lehetőségek kiegészítése olyan eszközökkel, amelyek a meglévő struktúra keretei között alkalmazva, új adatok kinyerését teszik lehetővé. Az elméleti bevezetésben említettek közül

mindez egy fontos területhez kapcsolódik a kognitív képeségek és készségek felmérését szolgáló teszthelyzetekben, az adott tevékenységet kevéssé zavaró módon, a kiváltott pszichofiziológiai reakciók rögzítésével felmérhetővé tehetjük a vizsgálati személy un. stressz-toleranciájához köthető aktuális állapotát. Mindezt a „közepes szívfrekvencia variabilitás" monitorozásával értük el.

Természetesen a röviden érintett két oldal szorosan egybefonódik, egyrészt a hosszútávú beválás tekintetében, másrészt az imént említett – a stressztoleranciában megmutatkozó – aktuális állapot valós értelmezésére csak akkor kerülhet sor, ha lehetőség van annak hosszútávú monitorozására, alkalmanként ismételt visszaellenőrzésére a kecskeméti vizsgálati laboratórium keretein kívül is.

A közös munkánk eddigi legfontosabb tanulsága – az előzőekhez hasonlóan – tömören összefoglalható a továbbiak során nem csupán az egyes – az adott szakmára korlátozódó - kutatóhelyek közötti (egyre szorosabb) együttműködésre van szükség, hanem arra is, hogy a társterületek szakértőivel is a lehető leggyorsabban tudjuk megosztani tapasztalatainkat és a felmerülő igényeket egyaránt. Elég csak arra gondolni, hogy milyen ugrásszerű fejlődésen ment át az alkalmazható méréstechnológia, vagy az adatok értelmezését segítő adattudományos háttér már a projekt kezdete óta eltelt rövid időben is.

4.5 Testszenzoros vizsgálatok és pálya-tesztek kutatócsoport

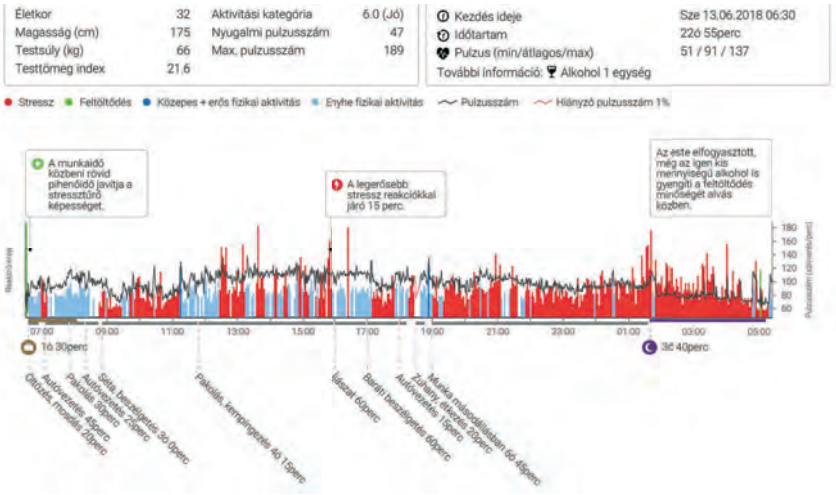
A kutatás kitűzött fő céljai:

- a világ legfejlettebb pulzusvariancia (Firstbeat HRV) mérés alapú algoritmusának és a kapcsolódó hardverkörnyezetnek az integrációja a védelmi célú kutatásokba;
- HRV-mérésre alkalmas testszenzoros mérési környezet kialakítása és működtetése;
- tanácsadási- és támogató feladatok;
- publikációs tevékenység nemzetközi és hazai szakmai fórumokon.

A megvalósításhoz szükséges fontosabb feladatok:

- a humán fiziológiás stressz és egyéni regenerációs sajátosságok vizsgálata különféle katonai repüléshez kapcsolódó területeken (pl. pilóta, repülésirányítás, ejtőernyős ugrás, alkalmasság vizsgálatok, repülésorvoslás…);
- a kipihentség és az egyéni kognitív vagy fizikai képességek összefüggéseinek vizsgálatát célzó feltáró jellegű HRV-mérések végzése, mérési adatbázis létrehozása és benchmarking-ra való alkalmassá tétele.
- az adatgyűjtésen és elemzésen felül, új mérési és vizsgálati protokollok kidolgozása és tesztelése, a gyakorlati alkalmazás eredményeinek összesítése és a mindennapokban zajló alkalmazási lehetőségek módszertanának kialakítása;
- részvétel az AMIH pilóta sisak prototípusának tervezéséhez, valamint az eszköz laboratóriumi tesztjéhez kapcsolódó feladatokban;
- a programban szerzett tapasztalatok alapján részvétel a HM Modernizációs Intézet Digitális Katona Programjának projektjeiben;
- testszenzor eszközök használatához kapcsolódó oktatások és a felhő alapú szerverkörnyezet biztosítása, karbantartása;
- kutatói képzések tartásával szakértői bázis kialakítása;

- a laboratóriumi eszközös kutatói- és tesztkörnyezet kiépítésében (szolnoki teljesítménydiagnosztikai laboratórium, kecskeméti RAVGYI-LPC kabin), valamint azok üzemeltetésében való részvétel;
- testszenzoros mérések, illetve a kapcsolódó összetett mérési programok kivitelezése, a mérési adatok elemzése, mérési eredmények értelmezése, a hozzájuk kapcsolódó szakértői feladatok;
- a mérési adatok felhasználásának szabályozását biztosító GDPR-folyamatokban való közreműködés;



7. ábra

HRV értékelési riport-1 Forrás: *FirstBeat BodyGuard2 mérési jegyzőkönyvek*

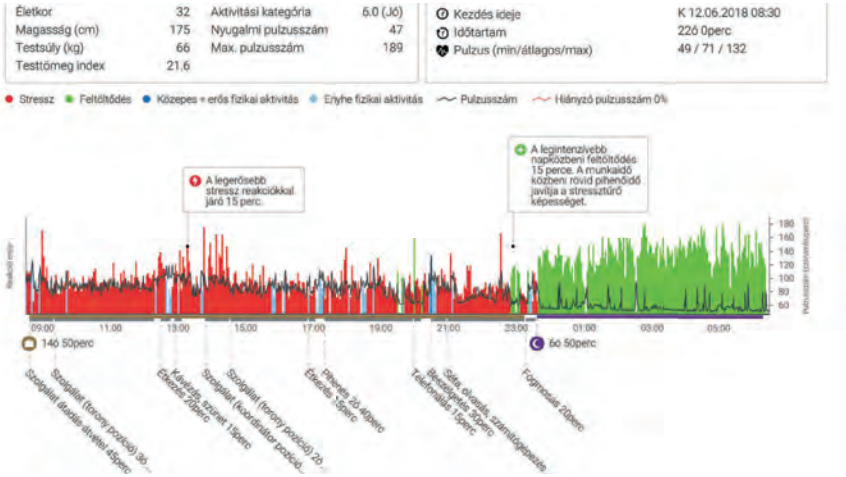
- kapcsolattartás a Firstbeat fejlesztői és support területével;
- egyéni mérési eredményekre épülő személyes tanácsadás;
- csoportos mérésekre épülő összetett programok (szolnoki és pápai katonai repülésirányítói mérések projektjeinek tervezése, kivitelezése), illetve a hozzájuk kapcsolódó csoportos vagy személyes tanácsadások;
- repülésélettani, repülésbiztonsági, terhelésélettani, kognitív képességvizsgálati, valamint virtuális valósághoz kapcsolódó kutatási témákban szakértői tevékenység;
- fiziológiás stressz-regenerációs mérésekhez kapcsolódó egyéb kutatások támogatása, valamint hallgatói diplomamunkákhoz és TDK dolgozatokhoz kapcsolódó konzulensi tevékenység;
- publikációs tevékenység nemzetközi és hazai szakmai fórumokon (konferenciák, szaklapok).

A legfontosabbnak tartott eredmények

Eddigi tudásunk alapján megközelítésünk komplexitása nemzetközi szinten is egyedülálló, hiszen egyidejűleg találhatóak válaszok azokra a kihívásokra, amelyekkel eddig esetlegesen, vagy csak külön-külön foglalkoztak.

A kutatás eredményeképpen kialakításra kerül egy komplex vizsgálati és diagnosztikai rendszer, amellyel a repülés területén dolgozók aktuális teljesítménye folyamatosan értékelhető, azaz lehetővé válik:

- a repülésben résztvevők teljesítményének egzakt módon való tesztelése (repülésorvoslás, repülésélettan, humán fiziológia illetve kognitív képesség méréseken keresztül);
- növelhető a lehetséges beválás prediktív validitása, a bevethetőség eredményének előre jelzése;
- teljes körűen diagnosztizálhatók a várható egyéni teljesítmény jellegzetességei;
- feltárhatók az egyének stressz reakcióinak sajátosságai a regenerációs folyamatok lefolyásának függvényében, továbbá;
- előre vetíthető az állomány általános egészségi állapotának javulása.



8. ábra

HRV értékelési riport-2 Forrás: *FirstBeat BodyGuard2 mérési jegyzőkönyvek*

A projektelem lehetővé tette

- a terhelésélettani funkciók monitorozáshoz szükséges legmodernebb eszközpark beszerzésén és speciális teljesítmény-diagnosztikai élettani laboratórium felszerelésén túl;
- a szakszemélyzet kiképzését és a megszerzett széleskörű tudás alkalmazását;
- a humán pszichológiai felmérésekhez, alkalmasságvizsgálatokhoz szükséges egyedi módszertani portfólió összeállítását és pszichológiai vizsgáló laboratórium felállítását;
- a Virtuális Valóság szimuláció üzemeltetéséhez szükséges eszközpark és tudás biztosítását;
- illetve rövid- illetve hosszútávú humán felmérésekhez, életviteli monitoringhoz, komplett fiziológiás stressz reakciók méréséhez, a regenációs folyamatok elemzéséhez szükséges testszenzoros technológiák, valamint szoftveres háttér támogatás

üzembe állítását is. Nem jelen projekt keretein belül, de megtörtént a tesztek helyszínéül szolgáló RAVGYI barokamra kisebb körű felújítása, továbbá a VR-környezet továbbfejlesztése is.

A projektelem teljesített lépései

Felállt a tesztrendszer, amely a diagnosztikai-, módszertani-, infrastrukturális (eszközök es berendezések)-, és informatikai teszt környezet megteremtését foglalja magában.

A hajózó személyzet élettani monitorozásához szükséges speciális eszköz prototípusa elkészült (pilóta sisakba épített érzékelők), továbbá a szükséges barokamrai technikai átalakítások, műszerezettség, illetve a VR-szimulációs környezet (hardver/szoftver) felállítása is megtörtént

A humán körülmények biztosítottak

- tudományos megalapozottság terén speciális és különösen erős kompetenciákat sikerült felépíteni, továbbá;
- azzal, hogy az oktatások és üzemeltetési képzések megfelelő számú közreműködő számára megtörténtek, a szakértői kapacitás is megfelelő.

A teszt mérések első fázisán már túl vagyunk, a rendszer kalibrálása megtörtént, a mérési folyamatok-protokollok kialakultak, az adatbázis alapok struktúrába rendezettek, az első benchmark értékek is rendelkezésre állnak.

Az első eredmények tudományos publikációi (hazai és nemzetközi fórumokon, úgymint repülő orvosi kongresszus, repülésbiztonsági- és repüléstudományi konferenciák, nemzetközi HRV pulzusvariancia Summit, OTDK) nagyon kedvező visszhanggal megtörténtek.

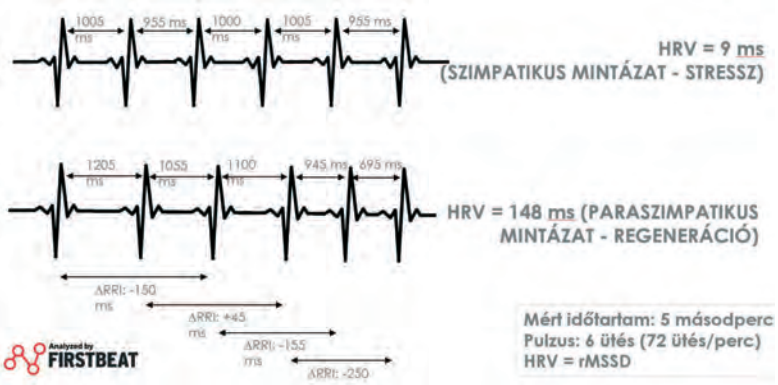
A repülésirányítók szakmai tevékenysége olyan sajátos követelményeket támaszt a munkát végző személyek képességeivel szemben, amelyek jelentős mértékben eltérnek más területeken mért paraméterektől. A szolgálati munkavégzés idején a repülőtér folyamatosan üzemel, melynek forgalmáról a repülésirányítónak minden pillanatban tisztában kell lennie. Nagy stressz terhelést jelent, hogy valós légijárművek üzemelnek valós repülő-hajózó állománnyal, melyeknek utasításokat kell adni a repülés idején. Ha a forgalom növekszik, a szolgálatban lévő repülésirányító felelőssége is növekszik, hiszen több tényezőre kell egyidőben odafigyelnie, ekkor megfigyelhető a stressz állapot növekedése is.

A repülésirányítóknak szolnoki campuson folyó kutatás által lehetősége van egyéni stressz állapot méréseken részt venni, mellyel nemcsak az életmódjuk minőségéről kapnak átfogó képet, hanem megismerhetik szervezetük reakcióit a szolgálati idő alatt történt eseményekre is. 2018 júniusa és 2019 februárja között összesen a pápai és szolnoki bázisról 23 repülésirányítónak volt alkalma részt vennie többnapos testszenzoros felméréseken, amelybe egyaránt belesett szimulátoros képzési nap, szolgálatban töltött szokványos nap illetve szabadnap is. Minden résztvevő saját eredményeiről személyes eredményriportot kapott.

A felmérés célja az volt, hogy képet alkossunk a repülésirányítók szolgálati ideje során megtapasztalt stressz reakcióinak mértékére, intenzitására, továbbá az ezt követő regenerálódás hosszára, minőségére. Miután az ezzel a hivatással járó munkahelyi kötelezettségek stressz állapotot idézhetnek elő, mindez hatással lehet nemcsak a repülésirányítók egyéni stressztoleranciájára, hanem közvetett módon a repülésbiztonsági szempontokra is.

A projekt alatt a repülésirányítók a FirstBeat BodyGuard 2 testszenzor készüléket viselték, a felvett adatsorok hossza egyénenként változó volt, de mindegyik esetben legalább 72 óra

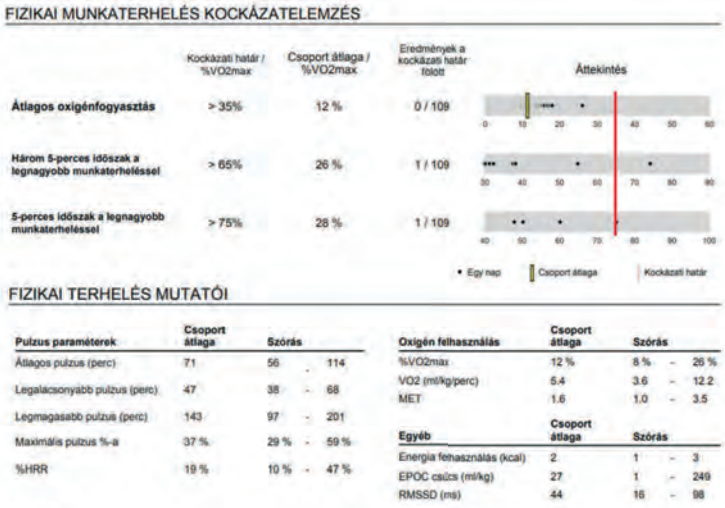
folyamatos monitorozást jelentett (általában egyénenként 5 nap, mindösszesen 110 napnyi mérést rögzítettünk).



9. ábra

A vegetatív idegrendszer hatási a teljesítményre a HRV értékek mérése alapján Forrás: *Szerkesztette: Dunai Pál*

A készülék kialakítása folytán viselése kényelmes, apró mérete miatt észrevétlen és nem okoz kényelmetlenséget a résztvevők számára a mindennapi tevékenységeik végzése során. A finn fejlesztésű eszköz felhelyezését követően nyomban megkezdi a fiziológiás jellemzők rögzítését – ennek során mintegy 70 élettani paramétert használva pontosan kalibrálja az illető aktuális fiziológiai állapotát.



10. ábra

FirstBeat Sport mérési rendszer csoportos értékelése Forrás: *FirstBeat mérési jegyzőkönyvek*

A résztvevők a mérés során naplót vezettek, amelynek során online felületen rögzítették a velük történt eseményeket. Így a fiziológiás működési sajátosságokat párhuzamba lehetett állítani az aktuális életeseményekkel.

A mérési eredmények legnagyobb súllyal az egyéni pulzusvariancia (HRV) értékekre épülnek, amely az idegrendszeri működés legpontosabb mutatói. Az értékek kalkulációjáért felelős algoritmus a finn Firstbeat Technologies fejlesztése.

Szakmai eredmények

A VR szimuláció biztonságos környezetben valós repülési impulzusokat modellez, és az emberi reakciók is a valóságosnak megfelelőnek tűnnek. A VR a kabinnyomás változtatásával együtt képes a valóságost megközelítő fizikai hatásokat modellezni (leszámítva, hogy maga a kamra statikus építmény). A projekt során a kecskeméti RAVGYI alacsony nyomású kabinjának az alkalmasság vizsgálatok kiszolgálásán felül kutatási/szimulációs funkciót is adtunk, így kapacitás kihasználtsága is növekedett. Az eszköz környezet modernsége és sokoldalúsága megteremti az alapját annak, hogy Szolnokon orvosi pontosságú, ugyanakkor nagyobb kapacitást is kiszolgálni képes terhelés-élettani és/vagy orvosi mérések legyenek.

A hosszabb időszakot lefedő (többnapos) mérési protokollok alkalmazása ráirányította a figyelmet a bevethetőség olyan aspektusaira, mint a kipihentség / egyéni regenerációs sajátosságokon alapuló vezénylés, az egyes akciók élettani hatásainak figyelembevétele, az egyének fizikai / élettani / morfo-genetikai adottságainak megfelelő differenciált vezénylési rendek szükségessége

Kiépült egy olyan tudás- és adatbázis, amely egyedülálló részletességgel és szakmai tartalommal bír, mind a benne dolgozó kutatók tapasztalata, mind a mérési eredmények tekintetében – utóbbiak másodelemzési-, bővítési- illetve más adatbázisokkal való integrálhatósági lehetőségei, valamint benchmarking-ra való alkalmassága óriási potenciált rejt magában

A pszichológiai tesztelések értékeléseit követően az emberi agy működésének monitorozására alkalmas megoldások alkalmazási lehetőségeit kezdtük vizsgálni, melyek eredményeképpen nem csak a fiziológiai, hanem a neuropszichológiai tudásbázis is gazdagodhat

5. Tudományos konferenciák és rendezvények

1. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok 2016, 2017, 2018, 2019;
2. 6th USER MEETING (felhasználói konferencia) az IAASM (International Academy of Aerospace Medicine) 2017. Graz, Ausztria
3. HRV SUMMIT 2017 FIRSTBEAT konferencia Helsinki, Finnország
4. Firstbeat HRV Summit 2018 (konferencia) London, UK
5. 16th_Annual_Scientific_Conference_Dubrovnik, Horvátország, 2019
6. 90th Annual Scientific Meeting Aerospace Medical Association Las Vegas, USA 2019
7. 24th Annual ECSS Congress Prague/Czech Republic, July 3-6 2019
8. FlightSimExpo International Conference and exhibition Orlando, USA 2019
9. Firstbeat HRV World Summit Helsinki, Finnország, 2019
10. Петербургский международный медико-фармацевтический форум «Медицинская индустрия» Szent-Pétervár, Oroszország, 2019
11. ICASM International Congress of Aviation and Space Medicine (World Congress of International Academy of Aviation and Space Medicine) Debrecen, Magyarország, 2019
12. 7th USER MEETING (európai repülőorvosi felhasználói konferencia Debrecen, Magyarország, 2019

6. A létrehozott kutatási infrastruktúra

A projekt sikeres végrehajtásához az alábbi eszközöket szereztük be valamint éptettünk meg:

1. Teljesítmény-diagnosztikai labor:

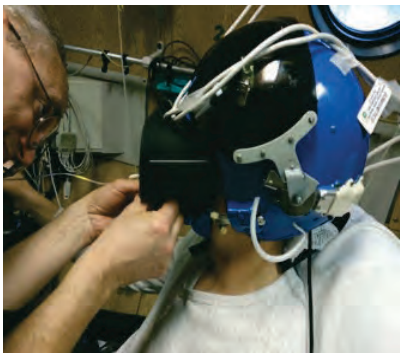
- Inbody 770 testösszetétel analizáló készülék
- SpiroScout spirométer PC-vel
- Medilog®Darwin2 Enterprise szoftver
- Schiller Cardiovit AT-104 ergo-spirométer rendszer
- Schiller ERG 911 BP plus kerékpár ergométe
- Schiller QuasarIt. med típusú futószalag ergométer
- Schiller Cardiovit AT-102/C 6/12 csatornás EKG készülék
- Medilog®FD12 Plus holter felvevő
- Card(X)plore - kombinált ABPM és EKG Holter monitorozó rendszer
- Arteriograph 24^{TM}
- "Microlife Watch BP Home A" vérnyomásmérő+szoftver
- Testzsír analizátor;
- Digitális bőrredőmérő PC kábellel adatátvitelhez;
- Lactate Scout+ laktát mérő;

  Urilyzer 100 vizelet analizátor nyomtatóval;
- Soehnle 7730 digitális testsúlymérleg;
- Branson 3510 DTH ultrahangos műszertisztító;
- Seca 711 Mechanikus testsúlymérleg magasságmérővel;
- 5L-es mini sterilizátor;
- Sürgősségi táska felszereléssel;
- EKG páciens kábel - GE / Marquette – törzskábel;
- Spirométer tartozékok készlet.

2. Repülőorvosi laboratórium:

- Invos rSO2 modul (NIRS)
- Invos rSO2 előerősítő modul és elektródák;
- AMIH (Aero Medical Instrument Helmet) repülőorvosi műszersisak rendszer.

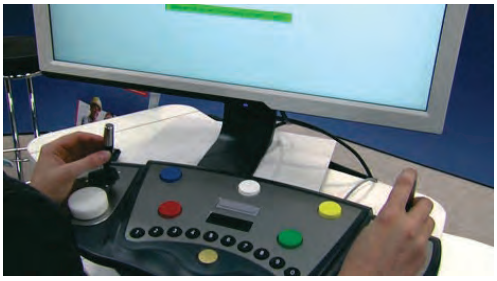
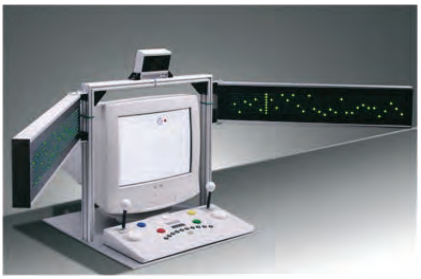
11. ábra
Az Invos rSO2 modul (NIRS) Forrás: *OPA BT fotó*



12. ábra
Az AMIH sisak és annak felhelyezése Forrás: *OPA BT fotó*

3. Pszichofiziológiai labor:

- SCHUHFRIED VIENNA tesztrendszer 100+ teszt, 400 mérhető kompetencia;
- Interaxon MUSE2 agyhullám érzékelő meditációs/relaxációs fejpánt.

13. ábra
A SCHUHFRIED VIENNA teszt rendszer Forrás: *OPA BT fotó*

4. Testszenzoros és pálya tesztek:

- Firstbeat tesztszenzor rendszer és kiértékelő szoftver;
- Bodyguard 2 offline testszenzor rendszer;
- Firstbeat Sport online testszenzor rendszer.

14. ábra
A SCHUHFRIED VIENNA teszt rendszer Forrás: *OPA BT fotó*

7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények

A projekt befejezéséig az alábbi legfontosabb produktumok valósultak meg:

- egy komplex humán erőforrás állapotvizsgálati ellenőrző és diagnosztikai mérőrendszer kifejlesztése, validálása, valamint ennek a rendszernek az elsődleges ellenőrzése;
- két komplett vizsgálati dokumentum;
- nyolc kutatói jelentés;
- két módszertani segédlet;
- az infrastrukturális fejlesztések eredményeképpen jelentős mértékben növekedett a hazai kutatói bázis tudományos potenciálja.

Az AVIATION_HUMAN nevű kiemelt kutatási területen vállalt és elvégzett feladataink nemzetközi szinten is aktuálisnak és kiemelten fontosnak számítanak. Hazai vonatkozásban teljes egészében úttörő vállalkozásnak minősülnek.

Nagyon lényeges és fontos momentum, hogy a projekt keretében számos olyan tárgyi eszköz beszerzésére nyílt lehetőség, melyek alkalmazása a kutatás-fejlesztést és az oktatást egyaránt segítik az elkövetkezendő időszakban. A tudományos kutatásokban részt vevő, ott dolgozó munkatársak szakmai elhivatottsága és eddigi eredményei garanciát jelentenek a pályázatban megfogalmazott célok eléréséhez. A kutatási eredmények publikálása már a projekt során megkezdődött, de a kialakult COVID-19 pandémiás helyzet jelentősen csökkentette a – sőt hónapokon keresztül teljesen lehetetlenné tette – a laboratóriumi és terepen végrehajtott vizsgálatok végrehajtását.

Főbb megállapítások

A projekt eredményeinek kifutása több területen hozhat egészen új megközelítéseket:

- A program során összeálló tudásbázis újfajta kiválasztási/alkalmassági kritériumrendszert határozhat meg a repülésben dolgozók számára. Ez a tudásbázis akár knowhow formájában önállóan, akár a meglévő infrastruktúra felhasználásával kiegészülve szolgáltatás formájában üzleti potenciált is magában rejthet.
- A program tapasztalatai, kutatási eredményei, adatköre ugyancsak beépülhet a repülőszemélyzet képzési struktúrájába, amely így nyilvánvalóan erős megkülönböztető értékkel bírhat a hasonló képzések között, még nemzetközi összehasonlításban is.
- Az eredmények mindennapi gyakorlatba való átültetése lényegében az egyéni képességeknek vagy aktuális terhelhetőségi állapotnak megfelelő differenciált vezénylési/bevetési rendszer létrejöttét jelenti, amelyhez új eljárási protokollok, képzések kialakítása szükséges.
- A humán élettani adatok kontextusba helyezésének, értelmezésének szükségessége, ezeknek további adatkörökkel való integrációja felveti egy speciális szakma, az ún. Quantified-Self szakemberi kör képzésének megalapítását, amely orvosok, szakasszisztensek, kutatók, képességfejlesztéssel foglalkozó szakemberek…stb. számára új karrier formákat nyithat meg, és nemzetközi összevetésben szintén egyedülálló.
- A személyzet hosszabb időtávon való fiziológiás monitorozása nagyságrendekkel több inputot ad az adott egyénnel kapcsolatos akciók tervezéséhez, így nemcsak az

eredményes bevetés esélyét növeli, hanem az ismételt bevethetőség paramétereit is segít megadni (stressz lefutások, regenerációs sajátosságok, fáradtság…stb. függvényében).

- A virtuális valóság (különösen alacsony nyomású kabin alkalmazásával együtt) a repülés terén olyan szimulációknak nyitja meg az utat, amelyek valódi hatásokat generálva alkalmasak a személyzettel való munkára, miközben a repülésbiztonsági- és anyagi kockázatot minimalizálják.
- Az élettani/fiziológiás vizsgálatok eddigi eredményei alapján valószínűsíthető, hogy nem csak eljárási, hanem repülőgépgyártási protokollok módosítása is indokolt lehet.

8. Indikátorok

Monitoring mutató megnevezése	Cél dátuma	Cél értéke
Kiemelkedő minőségű publikációk száma	2020.12.31	2
	2023.12.31	1
Publikációk száma	2020.12.31	15
	2023.12.31	5
A projekt témájához köthető értekezéssel tudományos fokozatot szerző kutatók száma	2023.12.31	1
Beszerzett eszköz oktatási célú felhasználása	2023.12.31	1

1. táblázat
A főbb indikátorok

Fontos megjegyezni, hogy a táblázatban szereplő kiemelkedő minőségű publikációkat az *SCImago* nemzetközi folyóirat adatbázisban szereplő kiadványok valamelyikében jelentetjük meg. Az ide tervezett megjelenő publikációk szakmai tartalmának minősége fémjelezni fogja a későbbiekben elért tudományos eredményeket.

TDK és nemzetközi TDK dolgozatok

1. Molnár Bernadett, IV. éves légiforgalmi irányító BSc hallgató Stressz management lehetősége a repülésirányítás területén, ennek lehetséges módszerei és repülésbiztonsági jelentősége. 2018. ITDK. és OTDK I. helyezés. Témavezetők Dr. Dunai Pál, egyetemi docens, NKE HHK Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék; Vada Gergely, címzetes egyetem docens, SZIE
2. Kovács Kamilla: Teljesítmény diagnosztikai vizsgáló eljárások alkalmazási lehetőségei a repülésirányítók professzionális tevékenységének objektív értékelésében a szenzomotoros teljesítmény változásainak alapján. 2019 ITDK. Témavezető Dr. Dunai Pál, egyetemi docens, NKE HHK Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
3. Mihalik Bianka, IV. éves légiforgalmi irányító BSc hallgató VR technológia alkalmazási lehetősége a repülésirányítók képzési rendszerében. 2019. ITDK. Témavezető Dr. Dunai Pál, egyetemi docens, NKE HHK Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék.

Szakcikkek, publikációk

1. Detre Zoltán, Molnár Imre: Koordinációs képességek és fejlesztési lehetőségei (tanulmány, NKE EKKL HHK kari könyvtár Repülő-műszaki gyűjtemény)

2. Dr. Szénási Szilvia: Teljesítménydiagnosztika a sportorvoslásban (tanulmány, NKE EKKL HHK kari könyvtár repülő-műszaki gyűjtemény)
3. Dr. habil. Szabó Sándor András: Fizikai állóképesség és egészség-tudatosság repülésbiztonsági jelentősége
4. Dr. Dunai Pál, Dr. Györe István, Dr. habil. Szabó Sándor András: Teljesítménydiagnosztikai vizsgálatok alkalmazása a repüléstudományi kutatásokban (tanulmány, NKE EKKL HHK kari könyvtár repülő-műszaki gyűjtemény)
5. Domján Károly: A légierő számára kialakítható moduláris szimulációs környezet kialakításának lehetőségei, képességek megszerzéséhez, fenntartásához és eljárások tökéletesítéséhez
6. Prof. Dr. Bárdos, György: Az "idő pénz" - Megéri-e pszichoterápiába járni? Pszichoterápia. 26/1 pp. 14-21. 2017.
7. Bárdos Gy., Ábrahám, J.: Leisure and Pleasure Healthy, Useful, Pleasant - Why Don't We Do? In Benkő, Zs., Modi, I., Tarkó, K. (eds) Leisure, Health and Well-being - A Holistic Approach. Springer Verlag, Palgrave Macmillan. pp. 81-89. 2017.
8. Prof. Dr. Bárdos György, Dr. Dunai Pál: Pszichometria és pszichomotoros vizsgálatok alkalmazása a repüléstudományi kutatásban (tanulmány, NKE EKKL HHK kari könyvtár repülő-műszaki gyűjtemény)
9. Dr. habil. Szabó Sándor András: Repülésélettani kihívások a hadműveleti tapasztalatok tükrében, Repüléstudományi Szemelvények 2017 pp. 159-196
10. Bárdos, Gy. Kraiciné Szokoly M.: Egészség, életmód, egészségfejlesztés a felsőoktatás szemszögéből, Neveléstudomány. 2018/2 pp. 5-21. 2018. ISSN 2063-9546
11. Domján Károly: A „VR" (Virtual reality) és „VE" (Virtual environment) képességek alkalmazása a repülésbiztonság növelésére, előadás, 2018. március 06. Kecskemét „Humán faktor a repülésben" című konferencia
12. Dr. habil. Szabó Sándor András orvos ezredes, PhD, Dr. Németh Lajos ny. orvos alezredes, PhD doktorandusz, Dr. Tótka Zsolt orvos alezredes, Prof. Dr. Grósz Andor ny. orvos dandártábornok, CSc: Pitvarfibilláció értékelése a repülőorvosi döntéshozatalban, Honvédorvos ISSN 0133-879X
13. Dr. Dunai Pál: Humán faktor vizsgálata a repüléstudományi kutatásokban, előadás GINOP szakmai nap Szolnok, 2018.04.12.
14. Dr. habil. Szabó Sándor: András Orvosbiológiai monitorizálás jelene és jövője a katonai repülésben (különös tekintettel a stressz okozta szívfrekvencia variabilitás és agyi vérátáramlás variancia jellemzésére), Repüléstudományi Közlemények 2018/2 pp. 145-162
15. Domján Károly: A virtuális valóság hardveres és szoftveres környezet kialakításának, fejlesztésének és alkalmazhatóságának lehetőségei repülőorvosi környezetben, Repüléstudományi Közlemények 2018/2 pp. 163-176
16. Sándor (Alex) András SZABÓ, Hornyik, J. , Vada, G., Szabó, S., Dunai, P.:„HRV in the air"What data from top gun pilots tells us about physical and mental workload? (GINOP-2.3.2- 15-2016-00007 „National University of Public Service)

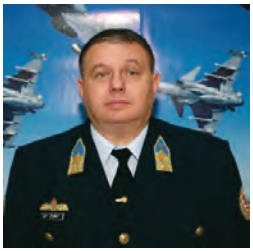
17. Molnár Bernadett: A repülésirányítók teljesítőképességének és szakmai attitűdjének vizsgálati tapasztalata pszicho-fiziológia mérési eredmények alapján; Repüléstudományi Közlemények 2019/1, pp. 25-32
18. Dr. Dunai Pál: A GINOP AVIATION HUMAN KKT kutatási eredményeinek bemutatása, Repüléstudományi Konferencia, GINOP szakmai nap, Szolnok, 2019.04.11.
19. Dr. Szabó Sándor András: Stressz és a repülés (szívfrekvencia paraméterek jellemzése szimulált és valós repülési stresszhelyzetben), Repüléstudományi Konferencia, „E" szekció, Szolnok, 2019.04.11.
20. Domján Károly-Vada Gergely: Vigyük be a valóságot a laborba! azaz VR szimulációk alkalmazása repülésélettani földi stresszhelyzetekben, komplex mérőműszer rendszerrel, Repüléstudományi Konferencia, „E" szekció, Szolnok, 2019.04.11.
21. Dr. Dudás Zoltán: Repülésbiztonság 2.0, Repüléstudományi Konferencia, „A" szekció, Szolnok, 2019.04.11.
22. Dr. Pethő Szilvia: Az intuíció, mint humán tényező feltérképezése, fejlesztésének lehetőségei a repülésbiztonság hatékonyságának növeléséhez, Repüléstudományi Konferencia, „E" szekció, Szolnok, 2019.04.11.
23. Dr. Dunai Pál: A Katonai Repülő Intézetben zajló humán tényezővel foglalkozó kutatások, Repüléstudományi Konferencia, „E" szekció, Szolnok, 2019.04.11.
24. Use of virtual reality technology in simulated aeromedical stress situation in low pressure chamber
25. József Hornyik: First-hand experience of a new approach in military aviation psychology adapted for nato area of operation
26. G Vada, K Domján: Let's take the real world into the special aero medical lab!
27. Károly Domján: Use of VR Technology in Ground-Based Simulated Aeromedical Stress Situation >
28. Col Alexander Szabó Hypobaric Hypoxia Related Stress Monitoring System by NIRS and HRV Parameters in Barochamber during VR Flight Simulation
29. Dr. Szabó Sándor András: Térbeli dezorintáció élettani típusai és leggyakoribb forrásai a katonai repülésben - „Humán faktor a repülésben – maradj képben! 2019. március 19. MH EK RAVGYI/AeMC Kecskemét
30. Domján Károly-Vada Gergely: Virtual reality és repülési szimulátor alkalmazása repülésélettani földi stressz helyzetben Firstbeat bodyguard 2 készülékkel, 2019. március 19. MH EK RAVGYI/AeMC KECSKEMÉT
31. Hornyik József: Jelen – tér/idő – shock neuropszichológiai háttere, 2019. március 19. MH EK RAVGYI/AeMC Kecskemét
32. Molnár Bernadett: The Possible Methods Of Stress Management In Air Traffic Controlling And Its Importance In Aviation Security, Students' International Conference Afastud 2019 21st Edition COMMUNICATING ACROSS CULTURES Romania, Brassov
33. Molnár Bernadett: Stressz management lehetősége az állapotvizsgálat korszerű módszereivel a repülésirányítás területén és ennek jelentősége a repülésbiztonság növelésében, szakdolgozat, NKE HHK 2018

34. Domján Károly - Vada Gergely: Katonai pilóták élettani paramétereinek monitorozása szimulált repülési körülmények között http//real.mtak.hu/109288/1/HT_2020-3_Book_cikk_01.pdf

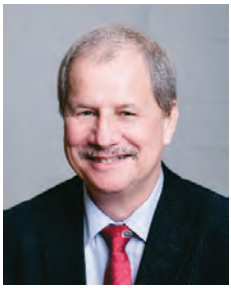
Fokozatszerzés a projekt időtartama alatt

1. Dr. Szabó Sándor András habilitált doktori cím 2016. hadtudományok

9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői



Dr. Dunai Pál, hivatásos katona, alezredes, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet Repülésirányító és Repülő-hajózó tanszék oktatója, egyetemi docens. Az Állami Légiközlekedési szak Állami Légijárművezető szakirány, szakirányfelelőse. Egyetemi tanulmányait a leningrádi testnevelési egyetemen végezte. Fő kutatási területei fókuszában a hagyományos- és a pilóta nélküli repülés valamint a repülésirányítás humán tényezővel (pilóták, légiforgalmi- és légvédelmi irányítók, drón operátorok) kapcsolatos kérdések tudományos vizsgálata áll. A témában végzett kutatásait az 1990-es évek elején kezdte. 2007-től a hadtudomány PhD-fokozatosa. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások" című pályázat, „Adatintegráció" alprogram és „A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának humán aspektusból történő vizsgálata és szabályzói környezet meghatározása" nevű kiemelt kutatási terület alkalmazott kutatója volt. 2016-tól a GINOP-2.3.2-15 „Stratégiai K+F műhelyek kiválósága" című felhívásra elkészített „VOLARE" című pályázat keretén belül megvalósuló AVIATION_HUMAN kiemelt kutatási terület vezetője és alkalmazott kutatója (teljesítménydiagnosztikai és munkaélettani szakértő).



Dr. Bárdos György Az MTA Doktora, az ELTE PPK emeritus professzora vagyok. Képzettségem biológu, szakterületem rendszer-pszichofiziológia, a belsőszervi működés és a viselkedés kapcsolatával, az un. nem-specifikus egészségproblémákkal, az életmód és egészség viszonyával foglalkozom. A pályázatban a „Humán faktor" projekt „Alkalmasság vizsgálati pszichológiai és pszichofiziológiai tesztek" című alprojekt vezetője voltam, feladatom volt a tudományos közlemények, illetve szakmai jelentések gondozása. Részt vettem több repülési konferencián, volt előadásom is. „Pszichometria és pszichomotoros vizsgálatok alkalmazása a repüléstudományi kutatásban" című fejezetem a pályázati publikációk része.

Detre Zoltán alezredes. A NKE HHK Katonai Testnevelés és Sportközpont testnevelő tanára. Részt vett a GINOP-2.3.2-15-2016-00007 azonosító számú pályázat keretében, az AVIATION-HUMAN nevű kiemelt kutatási terület foglalkoztatott kutatójaként, pályatesztek szakértőjeként. Számos alkalommal részt vett a testszenzoros mérések lebonyolítása és értékelése kapcsán rendezett szakmai fórumokon, felkészítő továbbképzéseken. Elsajátította a First Beat Health mérési protokollját, számos mérést végzett a szakmai előírások szigorú betartásával. A kapott vizsgálati eredményeket feldolgozta és statisztikai adatelemzést végzett. Részt vett a HHK Katonai Repülő Intézet által szervezett tudományos szakmai fórumokon, konferenciákon.

Dudás István technikai szakértő nyugállományú katona, alezredes, az Egyetem jogelődjénél a tanulmányi munka és oktatás tervezésében, szervezésében és végrehajtásában vet részt. Érdeklődési körébe már fiatal korától a műszaki technikai eszközök és azok üzemeltetési körülményeinek biztosítása is beletartozik. Az elektronika, a számítógép világában otthonosan mozog, járatos a kimutatások, grafikonok készítésében. 2016-tól a „VOLARE" című projekt kiemelt kutatási terület technikai szakértője.

Dr. Dudás Zoltán Szakterülete a légiközlekedés-biztonság, ezen belül az állami célú légiközlekedés repülésbiztonsági vizsgálata. Több évtizede végzett kutatásai leginkább a humán faktor, a biztonságelmélet és biztonságirányítás területére terjednek ki. Repüléspszichológiai vizsgálatai az emberi döntéshozatali és különböző hibázási modellek felderítését célozzák meg. A VOLARE projektben részt vett a kialakítandó „Alkalmasság vizsgálati pszichológiai tesztek" munkacsoport munkájában a kutatási terület foglalkoztatott Phd kutatóként részvt vett a pszichológiai vizsgáló laboratórium kialakításának szakmai előkészítésében, az alkalmazással kapcsolatos felkészítő képzéseken. Ezen kívül részt vett a kapcsolódó mérések és kísérletek, valamint a pszichológiai vizsgáló laboratórium mérési protokolljainak szakmai előkészítésében az ezzel kapcsolatos nyilvántartási dokumentáció, jegyzőkönyv minták kidolgozásában és alkalmazásában.

Domján Károly zászlós, közlekedésmérnök, informatikus. A Blue Sky Project ComputER cégvezetője. 2013-ban a TÁMOP programban kaptam meg az első lehetőséget arra, hogy alkalmazott kutatóként tudományos kutatásban vegyek részt, melyben egy hordozható szimulátor konzolt építettem, mely nemzetközileg is elismert lett. A VORARE projektben alkalmazott kutató, fejlesztőmérnök VOLARE)" című pályázat keretében, kutató) feladatokat láttam el. Részt vettem a kutatási alcsoportok informatikai és méréstechnikai igényeinek biztosításában, a vizsgálatok összehangolásában, a kísérletek és vizsgálatok eredményein alapuló adatbázisok kialakításában. Megtervezzem, és kialakítottam, valamint teszteltem a méréstechnikai rendszerek informatikai háttérét. Kidolgozzam az adatbázis kezelők felkészítéséhez szükséges gyakorlatokat és módszertanokat.

Dr. Györe István terhelésélettani szakember (sportszakorvos)

Elsődleges cél a humán vizsgálatokhoz szükséges műszerek beszerzése, a terheléses laboratórium kialakítása. Föbb szempontok, nyugalmi mérések elvégzésére szolgáló vizsgáló eszközök beszerzése Testösszetétel mérő (Inbody 770), nyugalmi légzésfunkciós műszerek beszerzése (tüdőkapacítás, csúcsáramlás mérése, számítógépes rögzítése), a munkatársak betanítása műszerek szakszerű kezelésének elsajátítása. Természetesen nyugalmi EKG, vérnyomás, Holter készülékek beszerzése a pilóták egészségügyi állapotának ellenőrzése céljából.

Kovács Anita 2018- ban csatlakoztam az AVIATION_HUMANkiemelt kutatási területhez, melyben adatrögzítő-adatfeldolgozó asszisztensként dolgoztam. Feladataim közé tartozott a pszicho-fiziológiai laborban a mérési eszközök, jegyzőkönyvek mérésekre történő előkészítése a Vienna Insbat teszthez altesztek összeállítása, mérési protokollok lebonyolítása, adatok rögzítése és az elemzésre történő előkészítése, adatbázis kezelés.

Kovács Istvánné, A kutatási terület foglalkoztatott kardiológus asszisztens szakértője, Jász-Nagykun Szolnok Megyei Hetényi Kórház Kardiológiai osztály, terheléses labor vezető szakasszisztense. Feladataim közé tartozott a diagnosztikai mérések és tesztek a szakmai előírasok betartása a terhelésdiagnosztikai laborban. Ergometriai és spirometriai mérések, In Body 770 készülékkel a testzsir összetétel mérése. FIRST BEAT holter felhelyezése, ismertetés a készülék használatához, a mért értékek elemzése. Vérnyomás, arteriográf, vércukor, oxigén szaturáció, laktáz szint mérések kivitelezése és elemzése.

Molnár Bernadett A projekthez a Nemzeti Közszolgálati Egyetem harmadéves repülésirányító hallgatójaként csatlakoztam, azonban a kutatást az egyetemi tanulmányaim befejeztével is folytattam. Kutatási asszisztensként feladatom a katonai repülésirányítók funkcionális állapotának vizsgálata volt. A kutatás magába foglalta az adatgyűjtést és elemzést, új mérési és vizsgálati módszerek tesztelését, valamint a gyakorlati alkalmazás eredményeinek összesítését. A funkcionális állapotvizsgálat egyik részfeladata a repülésirányítók stressz állapotának vizsgálatából állt. A kutatás során az önbevalláson alapuló kérdőíves módszer és az eszközvizsgálatos módszer alkalmazásával kapott eredményeket dolgoztam fel, melyek részeredményként szolgáltak a projekt eredményeihez.

Dr. Szabó Sándor András PhD, DAvMed (UK), hivatásos katona, orvos ezredes, a Magyar Honvédség repülő főszakorvosa, a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Védelem-egészségügyi Igazgatóság osztályvezető főorvosa, a Szegedi Tudományegyetem Repülő- és Űrorvostani Tanszék tanszékvezető egyetemi docense. Fő kutatási területei közé tartozik a repülésbiztonság humán aspektusainak vizsgálata, a repülésélettani terhelések (oxigénhiány, túlterhelés-gyorsulás, térbeli dezorientáció) során és stressz helyzetekben bekövetkező emberi hiba folyamat elemzése és orvosbiológiai monitorizálásának lehetőségei, különös tekintettel a hirtelen cselekvőképtelenség okainak megelőzésére. A VOLAE pályázatban feladata a pilótát ért élettani stressz értékelése és a regeneráció jellemzése volt. Erre a repülésélettani földi szimulációk (barokamrai hypoxiás vizsgálatok és VR virtuális valóság repülések) ill. valós repülés/ejtőernyős ugrás során a kidolgozott mérési metodikákkal került sor (NIRS közel infravörös spektroszkópiával az agyi véroxigén szint követésére, Firstbeat/Fusion Vital Bodyguard 2 HRV mérőkészülék a szívfrekvencia variabilitás jellemzésére).

Dr. Szénási Szilvia, repülőorvos, sportorvos, felnőtt háziorvos, megyei kollegiális szakmai vezető háziorvos, hagyományos kínai orvos, homeopata, természetgyógyász. Kutatásban végzett feladataim: A Terhelésdiagnosztikai-rendelőben ergometriai mérések (futószalagon és kerékpár-ergométeren), spirometriai mérések, testzsír-összetétel mérések (testzsír-tömeg, izom-tömeg, Body Mass Index, testsúly, ásványi anyag-, testvíz tartalom, viscerális-zsigeri zsírtartalom mérése), elektrokardiográfia (EKG), holter elektrokardiográfia, arteriográfia, vérnyomás mérés, oxigén telítettség- oxigén saturációs mérések, vércukor vizsgálat, laktát-szint mérés, vizelet analízis, adatrögzítés, kiértékelés.

Vada Gergely, címzetes egyetemi docens, a testszenzoros HRV-alapú vizsgálatok hazai úttörője, a Fusion Vital alapítója, a Magyar Alvás Szövetség alapító-alelnöke, a Magyar Alváskönyv társszerzője, a www.legyekjol.hu portál felelős kiadója, a MH Digitális Katona program külső szakértője. Közgazdász, mérnöktanár, logisztikus, tanácsadó és coach végzettségei alapján a humán teljesítőképesség témájában olyan kutatás-fejlesztések terén dolgozik, amelyek az emberi stressztűrő-képességet, a restitúciós sajátosságokat, illetve a fenntartható egészség tudományát vizsgálják. Többezer egyéni mérés és számtalan régiós egyetemmel, kutatóközponttal, sportolóval, fegyveres testületekkel és vállalattal való munka képezi jelentős tapasztalatának alapját, programjai többek között az ELTE, az NKE, a SZE vagy a Corvinus egyetemeken, illetve a Magyar Honvédség Modernizációs Intézeténél zajlottak. A HRV-analitikákra épülő tanácsadás nemzetközileg akkreditált mester trénere, rendszeres előadó a hazai és nemzetközi szakmai konferenciákon, illetve felsőoktatási intézményekben. 2016-tól a VOLARE" pályázat kiemelt kutatási terület kutatója, testszenzoros szakértő.

Gáspár Noémi – spiroergometriai asszisztens

Hornyik József – pszichológus szakértő

Pajtli Norbert – testszenzoros mérések szakértő

Papp István – testszenzoros mérések szakértő

Dr. BOTTYÁN ZSOLT[1]

AZ UAS_ENVIRON KIEMELT KUTATÁSI TERÜLETEN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÓ MUNKA EREDMÉNYEI

1. A kiemelt kutatási terület célja

A pilóta nélküli repülőeszközök száma drasztikusan (megközelítően exponenciális mértékben) növekszik, hiszen óriási igény mutatkozik ezek alkalmazására civil és katonai területeken egyaránt. Az UA eszközök esetében – hasonlóan a személyi számítógépek megjelenéséhez és robbanásszerű elterjedéséhez – a technológiai fejlettség lehetővé teszi, hogy relatíve alacsony áron komoly repülési teljesítményű eszközök kerüljenek piacra és egyben elérhetővé, akár az egyes emberek számára is. Ugyanakkor az UA eszközöket egyre inkább jellemző jelentős repülési teljesítmény (jelenleg már több mint, egy óra repülési időtartam, 2-3 ezer méteres repülési magasság és több 10 km-es hatótávolság) számos repülésbiztonsággal kapcsolatos kérdést vet fel:

- Hogyan lehet ezekkel a repülőeszközökkel biztonságosan repülni, a hagyományos (pilótás) repülőgépekkel együtt?
- Milyen jogszabályok, ajánlások szükségesek az UA eszközök repülőterekről történő biztonságos üzemeltetéséhez?
- Hogyan lehet támogatni az UA eszközök felhasználóit, alkalmazóit a repülések során?

Egy másik UA alkalmazási terület, amivel már korábban elkezdtünk kutatási szinten foglalkozni, a szóban forgó eszközök meteorológiai (elsősorban repülésmeteorológiai) felhasználását érinti. A repülések meteorológiai támogatásával szemben alapvető igény, hogy rövidtávra, ugyanakkor minél pontosabban szükséges az időjárás alakulását előre jelezni. Ez a feladat egyre nagyobb időbeli és térbeli felbontású numerikus és statisztikus modellek alkalmazásával oldható meg kielégítő szinten. Az említett numerikus modellek futtatásához azonban nincs elegendő 3D-s valós, mért adat az adott területet illetően. Éppen ezért kézenfekvőnek látszik az UAS eszközök bevonása az adatgyűjtésbe, megfelelő meteorológiai szenzorrendszerek fedélzetre telepítésével. Az említett UA eszközök további meteorológiai alkalmazási lehetősége a repülések előtti ún. légi időjárás-felderítés végrehajtása. Ez a roppant hasznos eljárás az utóbbi időben háttérbe szorult, hiszen nagyméretű, pilótás repülőgéppel végzett légi időjárás felderítés egyrészt veszélyes lehet, másrészt pedig meglehetősen drága. Az UAS rendszerek térnyerése azonban mindkét előbbi kihívásra megoldást jelenthet. A fenti problémákra adandó válaszok nemzetközi szintű egyeztetéseket, kutatásokat, fejlesztéseket igényelnek, melyekbe be kívánunk kapcsolódni a pályázat keretében.

1 Tudományos főmunkatárs, kiemelt kutatási terület vezető; e-mail Bottyan.Zsolt@uni-nke.hu, ORCID https//orcid.org/0000-0003-0729-2774

A fentiek alapján, pályázatunk céljai a repüléshez kapcsolódó interdiszciplináris részterületekhez kapcsolódnak, melyeken belül az UAS_ENVIRON KKT az alábbi megvalósítandó feladatokat tűzte ki:

- Ennek a kutatócsoportnak a feladata az UA eszközök repüléséhez kapcsolódó környezeti faktorok (meteorológiai, szabályzói, felhasználói, informatikai stb.) szerteágazó vizsgálata, valamint egy real-time, komplex repülés-támogató rendszer fejlesztési irányvonalainak a kimunkálása.
- Ezen túlmenően, kifejlesztésre kerül egy-egy, merev- illetve forgószárnyas időjárás felderítő UA repülőeszközt (prototípusok), amelyek speciális levegőkémiai és időjárási mérésekre és valós idejű adattovábbításra egyaránt képesek, valamint elkészül a mért adatok numerikus időjárás előrejelzési modellbe történő asszimilálásának eljárásrendje is. Továbbá a kutatócsoport által kialakítandó meteorológiai célú drónok több területen történő alkalmazásának komplex vizsgálata is a feladatok között található.

2. Mérföldkövek

A GINOP pályázati struktúrához és a többi KKT-hez igazodva, két mérföldkő került meghatározásra a projekt tervezésekor, melyek közül az 1. számú a futamidő közepéhez, a 2. számú pedig a pályázat fizikai végéhez igazodott.

1. Az UAS_ENVIRON területen megtörténik a merev- és forgószárnyú UA eszközökre a meteorológiai szenzorok illesztése és azok földi tesztjei. Kidolgozásra kerülnek az alkalmazásnak megfelelő repülési eljárások. Az átdolgozott meteorológiai támogatás illesztésre kerül a komplex repüléstámogató rendszerbe.
2. Elkészülnek a levegőkémiai mérésre alkalmas és real-time adattovábbításra képes merev és forgószárnyú UA prototípusok és kidolgozásra kerülnek azok gyakorlati alkalmazásához szükséges eljárások. Lezárul, a repülés támogató rendszerhez adatot szolgáltató meteorológiai alrendszer időjárás felderítő UA eszközök által mért adatokkal történő kiegészítése (adatasszimiláció). Befejeződik a komplex repüléstámogató rendszer kidolgozása és informatikai hálózatba illesztése, valamint annak tesztelése.

3. A mérföldkövekre tervezett műszaki-szakmai tartalom

Real-time, komplex repülés-támogató rendszer kialakítása

A pilóta nélküli légijárművek felhasználását biztonságossá, rugalmassá és így valóban sok területen alkalmazhatóvá tevő komplex, web alapú repülés-támogató rendszermodell kialakítására, és fizikai megvalósítása.

Az alkalmazás korszerű, felhő-alapú informatikai rendszerbe történő beágyazással készül. A projekt befejezéséig a rendszer elsődleges tesztelése szintén elkészül. A számítógépes alkalmazás különböző platformon lesz elérhető. Az alkalmazó, a légtérben tevékenységet folytató felhasználó pontos információt nyújthatnak a légiforgalmi szolgálatoknak és a többi légtérfelhasználónak a tervezett repüléséről, légtér igénybevételről és hasznos információkat szerezhet be on-line a repülését érintő légiforgalmi tájékoztatásokról (navigációs figyelmeztetések, aktív légterek és repülőterek-, valamint navigációs eszközök és berendezések állapota,

és meteorológiai információkról[26]. A megjelenítésnek fontos része, hogy meteogrammok, profilok és metszetek formájában is megjeleníthetők a kért meteorológiai információk. A tervek szerint implementálásra kerül a kisgépes repülőgépek helyzetinformációit biztosító FLARM/OGN technológia is. A megvalósuló rendszer a pilóta nélküli repüléseken kívül a hagyományos-, elsősorban a nem ellenőrzött légterekben megvalósuló repülések biztonságát is növelni fogja. A rendszer az un. kisgépes (sport, rekreációs, hobbi stb.) repülések számára is ideális a repülési- és a meteorológiai tájékoztatások eléréséhez és a repülési tervek (légtérigények, útvonalak) megjelenítéséhez. A rendszer alkalmazásának eredményeképpen, várhatóan javulni fog a repülések biztonsága.

Merev- és forgószárnyas időjárás felderítő UAS repülőeszközök (prototípusok) kifejlesztése

A magyar meteorológiai kutatásban egyedülállóan, hazai fejlesztésű és gyártású pilóta nélküli légijármű rendszerekre illesztett, speciális szenzorrendszer segítségével történő mérések elvégzésére alkalmas *eszközök kialakítása, tesztelése.*

A kifejlesztett rendszerek speciális levegőkémiai (szén-dioxid, ózon koncentráció) és időjárási mérésekre (légnyomás, hőmérséklet, relatív nedvesség, szélirány, szélsebesség) és real-time adattovábbításra egyaránt képesek. Természetesen a kapott adatok fogadását és feldolgozását megvalósító kiértékelő mobil modul is része a rendszernek, hogy bárhol, bármikor alkalmasak legyenek a feladat elvégzésére (egyéb körülményektől függően). Az időjárás felderítő UA eszközök több célú felhasználáshoz megtervezésre, kidolgozásra és implementálásra kerülnek a 4D-s repülési útvonalak, módok. Ezekhez, a nemzetközi szabványoknak is megfelelő repülési és mérési scenariokat is integrálunk a rendszerbe, a gyorsabb és könnyebb használhatóság céljából. A kapott adatokat felhasználóbarát, web alapú, valamint mobil applikációt is magában foglaló grafikus felületen lesznek elérhetők. A merevszárnyas időjárás felderítő drón egy 3,6 méter fesztávolságú, maximálisan 18 kg felszálló tömeggel rendelkező (ebből hasznos tömeg 2,5 kg), elektromos motorral hajtott, kompozit anyagból gyártott repülőgép. Repülési tulajdonságait tekintve, saját erőből képes a felszíntől akár 3000 méter magasra emelkedni és 1,5 órát leszállás nélkül repülni. A nagyméretű multirotoros időjárás felderítő pilóta nélküli légijármű átmérője 0,58 méter, elektromos meghajtású, a hasznos tömege 1 kg, amit mintegy 200 méter magasságba képes felemelni és 30 percet tud repülni leszállás nélkül. Az alkalmazott szenzorrendszer nagy pontossággal méri a légnyomást (0,3 hPa), hőmérsékletet (0,2 C fok) relatív nedvességet (35%) szélirányt (2-3 fok) és a szélsebességet (1-2 m/s).

Az új időjárás felderítő rendszerek az általuk szolgáltatott mérési eredmények valós idejű ismeretében lehetővé teszik:

- a repüléstámogató rendszer időjárási alrendszerébe integrált numerikus előrejelzési modellbe történő adatasszimilációt, amely a kis kiterjedésű, rövidebb idejű meteorológiai mozgásjelenségek előrejelzésében várhatóan új dimenziót nyit;
- a repüléstámogató rendszer időjárási alrendszerébe integrált, speciális repülésmeteorológiai paraméterek (jegesedés, turbulencia, szélnyírás stb.) valós idejű, pontos megjelenítését és előrejelzését;

[26] A repülőterek érvényben lévő METAR és TAF táviratok, adott koordinátára készített előrejelzett látástávolság, felhőalap, szélirány- és sebesség, légnyomás, várható turbulencia, jegesedés, szélnyírás

– a repülésmeteorológiai támogatásban dolgozó meteorológusok számára, real-time információ nyújtását, melyek segítségével a repülőterek 10 km-es körzetében, a légkör határrétegében zajló mikrofizikai folyamatok nyomon követése is lehetővé válik, ma még elérhetetlen időbeli és térbeli felbontással.

4. A kutatás legfontosabb feladatai és a kutatási program

A korábban jelzett, megcélzott kutatási területeken a következő K+F feladatok kerültek megvalósításra, az alábbi módszertant követve:

A kutatócsoport feladata egy real-time, komplex repülés-támogató rendszer kifejlesztése és ehhez kapcsolódóan, az UAV eszközök repüléséhez köthető környezeti faktorok (meteorológiai, szabályzói, felhasználói, informatikai stb.) szerteágazó vizsgálata volt. A szóban forgó kutatási területen dolgozó kutatókkal, szakértőkkel, a pilóta nélküli légijárművek felhasználását biztonságossá, rugalmassá és így valóban sok területen alkalmazhatóvá tevő komplex, web alapú repülés-támogató rendszer modelljének kialakítását, majd annak fizikai megvalósítását, korszerű, felhő-alapú informatikai rendszerbe történő beágyazását végeztük el. A projekt befejezéséig a rendszer elsődleges tesztelését is elvégeztük, a feltárt hibákat javítottuk. A fentieknek megfelelően, a kutatási projekt egyik szegmenseként, a korábbi sikeres TÁMOP projektben kialakított UAS meteorológiai támogató rendszer beillesztésének, és annak továbbfejlesztését elvégeztük. Értelem szerint a web alapú real-time szolgáltatás informatikai hátterének a kialakítása is megtörtént a beszerzett IT eszközök felhasználásával.

Jelentős probléma manapság a repülőtereken és ezek környékén a repülések előtt és alatt történő valós idejű 4D-s időjárás-felderítések hiánya. Ennek, a repülésbiztonság szempontjából igen jelentős műveletnek a modern, könnyen cserélhető szenzorokkal felszerelt, merev- és forgószárnyas UA eszközökkel történő megvalósítása mára lehetővé vált. Éppen ezért – a fejlesztésben részt vevők korábbi kutatásai alapján – kialakítottunk egy-egy, merev- illetve forgószárnyas időjárás felderítő/megfigyelő UA repülőeszközt (prototípusokat), amelyek speciális levegőkémiai és időjárási mérésekre és real-time adattovábbításra egyaránt képesek. A több célú felhasználáshoz megtervezésre kerültek különböző repülési manőverek/módok, melyek alkalmazkodnak a nemzetközi sztenderdekhez is.

A harmadik fontos pillér a kutatócsoport munkájában, a numerikus repülésmeteorológiai előrejelzések pontosítása volt, az időjárás felderítő UAS eszközökből származó valós idejű adatok felhasználásával. A repülés támogató rendszerhez adatot szolgáltató meteorológiai alrendszert kiszolgáló numerikus időjárási előrejelző rendszert felkészítettük az időjárás felderítő drónok által mért adatokat asszimilációjára. Ezáltal az elkészült repülésmeteorológiai prognózisok pontossága – a nemzetközi tapasztalatokból eredményei alapján –a repülésbiztonság növekedését vonja maga után.

4.1 Szakirodalmi feldolgozás és légi jogi háttér kialakítása

A fenti feladatok végrehajtásához kapcsolódóan – a projekt kezdeti időszakában – kialakítottunk egy saját – felhő alapú – tárhelyet, melyben folyamatosan elhelyezésre kerültek a K+F tevékenységhez szükséges szakirodalmi anyagok. A szakirodalmi feldolgozás során több mint 150 szakcikket, könyv fejezetet, könyvet, tanulmányt gyűjtöttünk össze, a KKT működése során több mint 100 szakreferátum készült el, melyek az adott szakmai anyag rövid összefoglalóját tartalmazzák és - tematikusan szervezve - az *owncloud.szrf.hu* szerveren hozzáférhetők.

A KKT munkájának igen fontos eleme volt a légijogi szabályzók folyamatos áttekintése – különös tekintettel a már korábban is tervezett, a drónokat érintő várható változások fényében.

A kezdeti jogszabályi környezet viszonylag egységes helyzetet jelentett a drónok üzemeltetésében, hiszen minden UA eszköz repülése eseti légtér használatához volt kötve. Tekintve, hogy az NKE szolnoki kampusza a 86. Szolnok Helikopter Bázis területén helyezkedik el, a kutatócsoport megvizsgálta annak lehetőségét, hogy milyen jogszályi feltételek mellett lehetséges eseti légteret igényleni a Bázis repülőterén történő tesztrepülések végrehajtásához, valamint kidolgozott egy olyan működési eljárás rendet, mely illeszkedett a szóban forgó repülőtér repülőtérrendjéhez.

A pályázat során végrehajtott pilóta nélküli légijárművekkel végzett repülések jelentős számban a fentebb említett eljárásrend alapján – a szolnoki repülőtér repülőtéri irányítói körzet (MCTR) légterébe folyamatosan igényelt – eseti légtérben került végrehajtásra, szoros koordináció mellett a szolnoki katonai repülőtér repülőtéri irányítóival[27] (LHSN TWR). 2019 második felétől – figyelembe véve a szolnoki katonai repülőtér megnövekedett forgalmát – az UA repüléseket Jászalsószentgyörgy közelében kijelölt eseti légterekből bonyolítottuk le (1. ábra). Meg kell jegyeznünk azonban, hogy 2019. március hónaptól a tervezett drón repüléseknek csak töredékét tudtuk végrehajtani a COVID19 pandémiás helyzet okozta korlátozások miatt, mely korlátozások a projekt fizikai befejezéséig fennálltak.

1. ábra.
A projektben használt eseti légterek szerkezet a drónos repülésekhez. Forrás: *http://legter.hu*

Rontotta a helyzetet, hogy 2021-ben a hazai drón szabályozás olyan helyzetet teremtett, hogy ebben az évben nem tudtunk egyetlen meteorológiai célú UA repülést sem elvégezni, a jogszabályban előírt – és ilyen rövid idő alatt gyakorlatilag teljesíthetetlen – feltételek (EU szintű drónpilóta vizsga, drón és üzembentartói nyilatkozatok megtétele, eseti légtér igénylés átalakult rendszere, stb.) miatt.[28][29]

[27] Csaba, Zoltán Fekete, Máté Gajdos, Zsolt, Bottyán and Mátyás, Palik: Establishment and Legal Preparation of a Hungarian UAS Meteorological Research Project at a Military Airport. International Conference on Intelligent Unmanned Systems. Peking, Kína. 2019.08.27-30.

[28] 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről

[29] 6/2021 (II. 5.) ITM rendelet a távoli pilóták képzését és vizsgáztatását végző szervezetek kijelöléséről, a távoli pilóták képzésének és vizsgáztatásának részletes szabályairól, valamint a vizsgán való részvétel díjáról

4.2 UAS repüléstámogató rendszer felülete, szolgáltatások

A projekt futamideje alatt – a beszerzett nagy teljesítményű szerver bázisán – kialakításra került az UAS repüléstámogató rendszer hardver rendszere és erre implementáltuk a rendszer – folyamatos fejlesztés alatt álló – szoftver elemeit. A szóban forgó entitás tartalmaz egy repülésmeteorológiai és egy eseti légtérekkel kapcsolatos alrendszert, melyek segíthetik a drón alkalmazókat a repülési feladatok végrehajtásában. A rendszer fejlesztésével kapcsolatos előzetes koncepció alapján úgy alakítottuk ki a rendszer felhasználói felületét, hogy felhasználóbarát módon lehessen elérni az egyes funkciókat (2. ábra).

Az ábrán a rendszer interaktív felülete látható a statikus légterekkel, egy eseti légtérrel (kék kör) és az előrejelzett csapadékzónákkal (kék foltok), valamint az időben előre-hátra léptetést megvalósító nyilakkal, jelmagyarázatokkal. Maga a felület hat különböző alapháttérrel jeleníthető meg, a felhasználó kívánalma szerint. A felület a *https://uavmet.szrf.hu/map/#* címen érhető el.

2. ábra

UAS repüléstámogató rendszer felülete a statikus légterekkel, egy eseti légtérrel (kék kör) és az előrejelzett csapadékzónákkal (kék foltok), adott időpontra vonatkozóan. Forrás: *UAS_Environ Elérhető: https://uavmet.szrf.hu/map (utolsó letöltés 2021.03.14)*

A fent említett felületen a repülések támogatásához számos repülésmeteorológiai információ érhető el valamint lehetőség van - konkrét eseti légtér megadása után – az adott légtérhez kapcsolódó további meteorológiai output-ok használatára is.[30] Természetesen az UAS eszközök repüléstámogató rendszeréhez szükséges légiforgalmi (AIP és légtér) valamint repülésmeteorológiai adatbázisok (repülőterek METAR táviratok) kialakítása, folyamatos bővítése, nyomon követése is megtörtént.

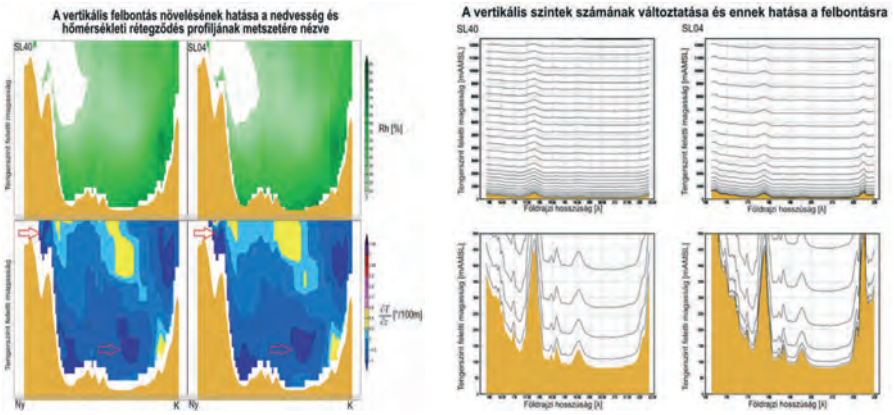
4.3 Repülésmeteorológiai fejlesztések – modell és architektúra

A repüléstámogató rendszer meteorológiai alrendszerének szakmai háttere egy speciális, felhő alapú architektúrába ágyazott numerikus, statisztikus és hibrid előrejelzéseket készítő, nagy térbeli és időbeli felbontású modell-rendszer, mely a Kárpát-medencére képes időjárás előrejelzések készítésére egészen a troposzféra felső határáig. Az alkalmazott modell rend-

[30] Bottyán Zsolt: UAS_ENVIRON KKT kutatási eredményeinek bemutatása. Repüléstudományi Konferencia. Szolnok, 2019.04.11.

szer operatív üzemben naponta 6 óránként (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC-kor) készít számszerű előrejelzéseket a fenti prognosztikai tartományra és a kapott prognózisokat archiválja is. Az alkalmazott modell környezet a WRF (Weather Research Forecasting) mely a világon az egyik leggyakrabban használt operatív rendszer, ha időjárás előrejelzésről beszélünk.[31] A WRF rendszer adaptálása, finomhangolása és további fejlesztése – a korábban említett ezirányú kutatások folyományaként – öt fontos területen történt meg:

– a folyamatos modell fejlesztések eredményeképpen pontosítottuk a WRF modell parametrizációs beállításait, figyelembe véve a repülésmeteorológiai szempontokat;
– konkretizáltuk a prognosztikai tartományokat és kialakítottuk az ehhez kapcsolódó beágyazott domain területeket, valamint – előzetes tesztelési vizsgálatok után – áttértünk egy új, a felszínhez közelebb sűrűbb vertikális skálázásra is (3. ábra);



3. ábra
Az alkalmazott új vertikális szintek rendszere és ennek hatása a hőmérsékleti és nedvességi előrejelzések pontosítására
Forrás: *készítette a szerző*

– a korszerű felhő-alapú IT architektúrák adta elvárások mentén, kialakítottuk a WRF modell ilyen környezetben történő flexibilis futtatásának módját, melyet számos felhő szolgáltató környezetében sikeresen teszteltünk is (4. ábra);[32]
– kidolgoztuk a drónokról érkező meteorológiai információ közel valós idejű (on the fly) asszimilációjának módszertanát, mely lehetővé teszi az előrejelzések meteorológiai drónok által szolgáltatott adatokkal történő pontosítását;[33]

[31] https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model

[32] Lovas, R., Kardos P., Gyöngyösi A. Z., and Bottyán Zs.: Weather model fine-tuning with software container-based simulation platform. Időjárás / quarterly journal of the hungarian meteorological service 123: 2 pp. 165-181. (2019)

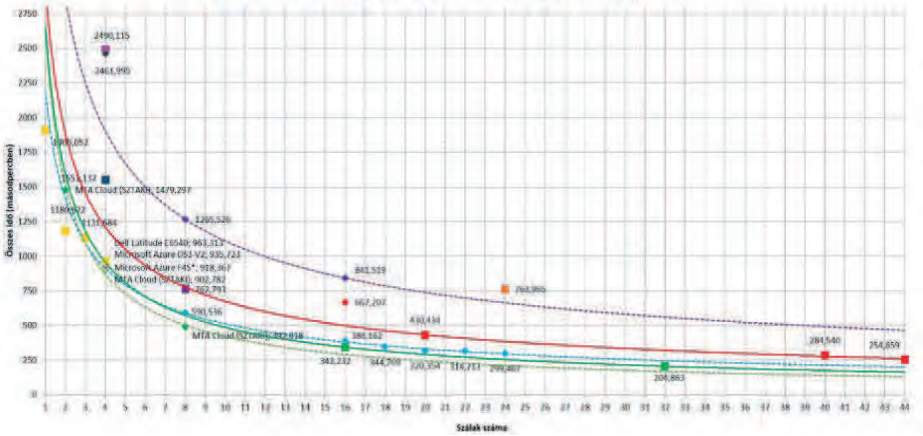
[33] Bottyán Zsolt: AZ UAS eszközökkel történő időjárás-felderítés végrehajtásának gyakorlati kérdései, Szolnok, 2019.

– az utóbbi pontban kialakított rendszerünk képes a hazai kisgépes repülésben alkalmazott OGN (Open Glider Network) rendszerből érkező meteorológiai adatok fogadására és feldolgozásra is.[34]

A vizsgált számítógépes rendszerek

Rendszer megnevezése	OS és verzió	Processzor	Magok száma	Memória	Egyéb megjegyzés
Google Cloud	CentOs 7.3	vCPU (VM példány)	8*, 16, 18*, 20*, 22*, 24* mag	32 GB	
MTA Cloud (SZTAKI & Wigner)		vCPU / Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2640 v3 @ 2.60GHz	2, 4, 8 mag	8 GB	m1.xlarge, KVM
Microsoft Azure F4S*	CentOs 7.3	vCPU (VM példány)	4 mag	2 GB/mag	F4S típusú VM, lokális SSD
Microsoft Azure DS3-V2	CentOs 7.3	vCPU (VM példány)	4 mag	3.5 GB/mag	DS3_V2 típusú VM, lokális SSD
Scaleway bare metal*		Intel(R) Atom(TM) CPU C2550 @ 2.40GHz	4 mag (dedikált)	2 GB/mag	C2S
Scaleway virtuális gép		vCPU / Intel(R) Atom(TM) CPU C2750 @ 2.40GHz	4 mag	1 GB/mag	VC1M típusú VM
Dell Latitude E6540	Ubuntu 14.04.5	Intel(R) Core(TM) i7-4600M CPU @ 2.90GHz, 4096 KB L3 cache, HT	2 mag/1 socket (4 mag HT használatával)	4 GB/mag DDR3	
Meteor24*		Intel Xeon E5645 (HT engedélyezve) @ 2.40GHz	6 mag/2 socket (12 mag HT használatával/socket = 24 mag)		
Home PC*		Intel i7-4500U (HT engedélyezve) @ 1.80GHz	2 mag/1 socket (4 mag HT használatával)		
Cloud.hu X5670*		Intel Xeon E5670 @ 2.93GHz	16 mag		
Cloud.hu X5650*		Intel Xeon E5650 @ 2.67GHz	8, 16 mag		
Szerver 4xE7-4870*		Intel Xeon E7-4870 @ 2.4GHz (HT engedélyezve)	10 mag/4 socket (80 mag HT használatával) legfeljebb: 20, 40, 44 tesztelt		
RackForest 2xE5-2620v4*		Intel Xeon E5-2620v4 @ 2.1GHz (HT engedélyezve)	8, 16 mag (16, 32 mag HT használatával)	16 GB	
RackForest 1xE3-1230v5*		Intel Xeon E3-1230v5 @ 3.40GHz (HT engedélyezve)	4 mag (8 mag HT használatával)	8 GB	

WRF skálázódás és teljesítmény - fizikai és virtuális kiszolgálók esetén

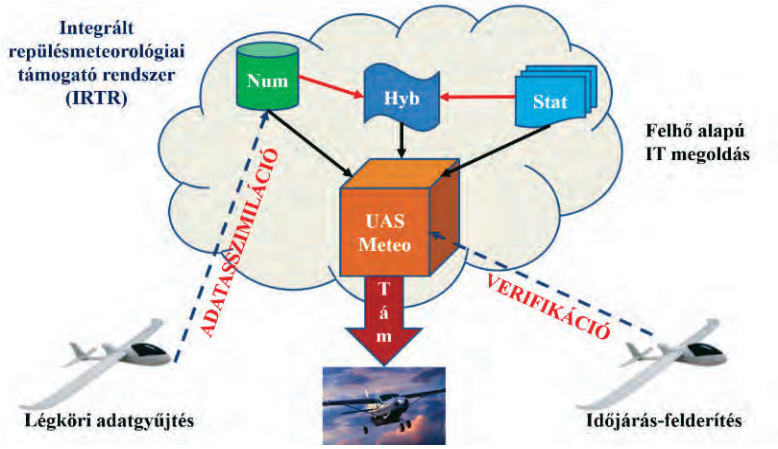


4. ábra
A WRF rendszerünk különböző felhő architektúrában történő tesztelésének eredményei Forrás: készítette a szerző

Ahogy korábban említettük a repüléstámogatás általunk fejlesztett rendszerében statisztikus modelleket is alkalmazunk kimondottan a látástávolság és felhőalap előrejelzésére, hiszen

[34] Gyöngyösi A. Z. et., al.: Meteorological data in the open glider network (OGN). ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.

ezek a fontos elemek számszerű prognosztikája nem elegendően pontos. Ezért – részben korábbi munkáink eredményeit felhasználva – kimunkáltuk a fenti két paraméter analógiás (hasonlósági) elven történő előrejelzésének és ezek verifikációjának a módszertanát is.[35,36,37,38]



5. ábra

Egy state-of-the-art repülésmeteorológiai támogatás elvi modellje Forrás: *készítette a szerző*

Emellett, elkészítettük egy state-of-the-art repülésmeteorológiai támogatás elvi modelljét is, mely a fentebb említett előrejelzési módszerek kombinációjával valamint drónok/repülőgépek által szolgáltatott légköri mérési adatok felhasználásával egy új távlatot nyithat a repülésmeteorológiai támogatás területén. A tervezett – és részben kialakított – rendszer képes lehet légköri mérési eredményeket fogadni egyrészt a saját drón flottájának fedélzetéről, másrészt bármely olyan repülő eszközről, amely rendelkezik OGN jeladóval és a hozzá illeszthető meteorológiai szenzorrendszerrel. (5. ábra).[39,40]

4.4 Meteorológiai UAS eszközök kialakítása

A pályázat keretében beszerzésre került merev- és forgószárnyú UAS eszközök valamint a fedélzeti légköri mérésekhez alkalmas levegőkémiai és meteorológiai szenzorrendszer bázisán kialakításra került egy-egy időjárási adatok gyűjtésére alkalmas prototípus.

---

[35] Tuba Zoltán és Bottyán Zsolt: Application of analogue ensemble in horizontal visibility forecasting. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 14, EMS2017-208, 2017.

[36] Fricke Cathy, Kardos Péter: Neurális hálózatok alkalmazása a látástávolság ultrarövidtávú előrejelzésében. Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 2. pp. 103-110. 2017.

[37] Wantuch Ferenc és Krekk Patrik: Szondázási adatokon alapuló szélnyírás főbb sajátosságai a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren. Repüléstudományi Közlemények, Vol. 30. No. 1. 43-54. 2018.

[38] Kardos P.: Applying artificial neural networks in visibility and cloud forecast at budapest airport. EMS Annual Meeting 2018. Budapest, Magyarország. 2018.09.03-07.

[39] Bottyán Zs., Gyöngyösi A. Z. és Vránics D.: An "organic-like" approach in the aviation weather support: using real-time atmospheric uas data and their applications. (Poszter) International Conference on Intelligent Unmanned Systems. Jeju, Dél-Korea. 2018.08.20-23.

[40] Bottyán Zsolt: A közfeladatot ellátó repülések meteorológiai támogatásának megközelítése. Habilitációs előadás. 2018. szeptember 17. Szolnok.

A merevszárnyú időjárás felderítő/megfigyelő UAS eszköz a Bonn Hungary Kft által fejlesztett és gyártott BXAP15 típusú repülőgép-rendszeren alapul (6. ábra). A szóban forgó pilóta nélküli repülőgép fontosabb repülési teljesítmény adatait és jellemzőit az I. táblázatban foglaltuk össze. A korábbi projektben már sikerrel alkalmazott merevszárnyú UAS eszköz továbbfejlesztését végeztük el azzal, hogy a fedélzetre a svéd Sparv Embedded AB által fejlesztett komplex szenzorrendszert illesztettük, mely alkalmas a légköri hőmérséklet, nedvesség és légnyomás valamint a CO_2 és O_3 koncentráció mérésére, egyaránt.

6. ábra

A Bonn Hungary BXAP15 típusú nagyméretű merevszárnyas pilóta nélküli légijármű rendszere Forrás: *OPA BT fotó*

A szenzorrendszer autonóm adattovábbítási funkcióval is rendelkezik, melynek segítségével a fedélzetről a földi állomásra képes a mérési eredményeket lesugározni, illetve megjeleníteni valós időben. A szenzorrendszer elemeit a 7. ábra mutatja be. Természetesen a mért adatok a fedélzeten rögzíthetők is a későbbi adatfeldolgozáshoz és egyben az esetleges adatvesztéssel szemben ez egy további biztonsági szintet is jelent különösen a tesztelési időszak alatt.

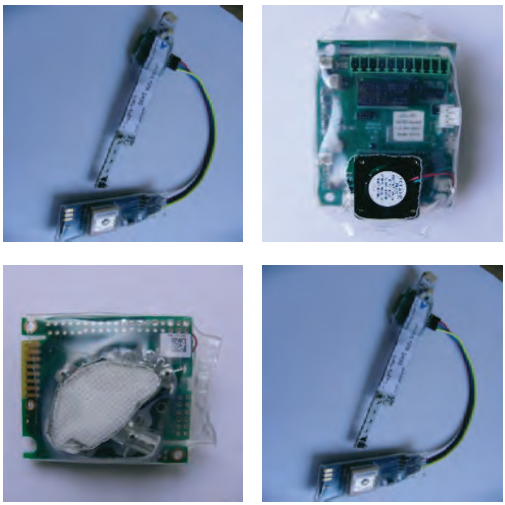
A MEREVSZÁRNYÚ REPÜLŐ SÁRKÁNYSZERKEZET FŐBB PARAMÉTEREI:	
Törzs hossza	1.7 méter
Fesztávolság	3.7 méter
Felszálló tömeg	maximum 17 kg
Maximális hasznos teher tömege	3 kg
Repülési sebesség	60-100 km/h
Maximális repülési magasság (maximum 300 méteres tengerszint feletti magassággal rendelkező felszín esetén és maximális hasznos terhelés esetén)	4000 méter
Repülési idő	1.5 óra
Kormányszervek	csűrő, magassági kormány, oldalkormány, ívelő, motor fordulat
Aktuátorok típusa	beépített PWM vezérlésű elektromos szervók
Sárkányszerkezet anyaga	üveg és szénszálas kompozit

1. táblázat

A BXAP15 UAS eszköz fontosabb repülési teljesítmény adatai Forrás: *készítette a szerző*

Az alkalmazott szenzorokra vonatkozó technikai specifikációkat a II. táblázatban mutatjuk be, melyből világosan kiderül, hogy mind a mérési pontosság, felbontás, válaszidő és tartomány esetében megfelelnek a nemzetközi elvárásoknak.[41]

A merevszárnyas UAS esetében a szenzorok elhelyezésének problémakörét is tudományosan vizsgáltuk, melynek során a BMGE Áramlástani tanszékének kollégái segítségével - szimulációs és szélcsatornás kísérletek eredményeképpen – kidolgoztunk egy áramvonalas csatornát, melyben a levegőkémiai szenzorok illesztése optimálisan megvalósulhat (8. ábra).



7. ábra

A Sparv Embedded AB szenzorrendszeréhez tartozó szenzor elemek - balról: 1 - gyors hőmérséklet/légnedvesség; 2 - CO2; 3. - O_3; 4. - légnyomás Forrás: *OPA Bt fotó*

szenzorfajta	mintavételezési frekvencia (Hz)	válaszidő (sec)	mérési felbontás	mérési pontosság	mérési tartomány
hőmérséklet (gyors)	10	0,8 0°C hőmérséklet mellett	0,01°C	0,3°C	-30°C és +50°C; 0% – 100% RH
relatív nedvesség (gyors)	10	0,8 0°C hőmérséklet mellett	0,05%	2%	-30°C és +50°C; 0% – 100% RH
szén-dioxid (CO_2)	2	2 – 20	1 ppm	30 ppm	0°C és +50°C; 0% – 95% RH
ózon (O_3)	1/70	60	0,05 ppb	< 5 ppb	-10°C és +50°C; 10% – 95% RH

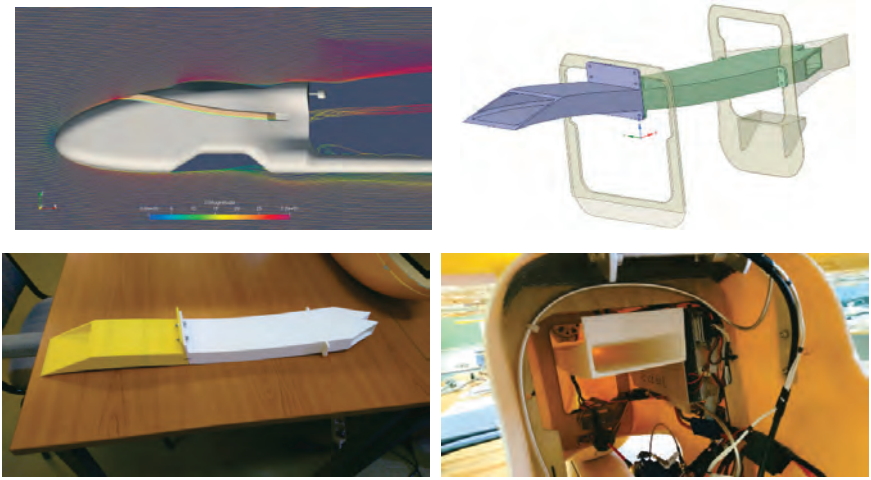
2. táblázat

A Sparv Embedded AB szenzorrendszer elemeinek technikai specifikációi Forrás: *Készítette a szerző*

[41] Gyöngyösi A.Z., Bordás Á., Bottyán Zs., Palik M., Istenes Z., Makkay I., Szabó Z.A., Tordai Á., Vránics D.F. and Weidinger T.: Temperature, humidity and wind measurements using small quadrotor uas platform. (Poszter) EMS Annual Meeting 2018. Budapest, Magyarország. 2018.09.03-07.

Az említett szenzorcsatorna a tesztek után – a projekt keretében beszerzett – 3D nyomtató segítségével készült el, majd került illesztésre.[42]

Fontos megjegyezni, hogy ebben a csatornában csak a levegőkémiai szenzorokat célszerű elhelyezni, mert a hőmérséklet (ami jelentős hatással van a légnedvesség értékének megállapítására is) a belső elhelyezés miatt általában magasabb, mint az áramló levegőé.



8. ábra

A merevszárnyas UAS-re tervezett és 3D nyomtatással előállított szenzorcsatorna szimulációs vizsgálata (balra fent), 3D látványrajza (jobbra fent), 3D nyomtatott változata (balra lent) és elhelyezésének módja (jobbra lent)[43] Forrás: *OPA Bt fotó*

A forgószárnyú UAS időjárás felderítő/megfigyelő rendszer alapját a DJI gyártó által fejlesztett Inspire-1 és Phantom-4 típusú quadrokopterek alkotják (9. ábra). A szóban forgó drón legfontosabb repülési tulajdonságait a III. táblázatban foglaltuk össze. A repülési teljesítmény adatok alapján eleve függőleges – első sorban planetáris határréteg – vizsgálatokra alkalmas ez a pilóta nélküli helikopter, mely mérések során előállítható időjárási paraméter profilok rendkívül fontosak a légkör állapotának minél pontosabb prognózisához.

9. ábra

A DJI Inspire-1(balra) és Phantom-4 (jobbra) típusú forgószárnyas drónja Forrás: *OPA Bt fotó*

[42] Gajdács László, Szűcs Viktor: A 3D nyomtatás gyártástechnológiái, felhasználási területei, illetve az ebben rejlő potenciál. Repüléstudományi Közlemények. XXXII. évfolyam 2020. 1. szám. 101-110.

[43] Vránics D. et., al.: Meteorological sensor placement considerations for a fixed-wing unmanned aircraft system. ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.

A két forgószárnyú drón fedélzetére szintén a Sparv Embedded AB komplex szenzorrendszerét illesztettük azzal, hogy ebben az esetben csak a gyors hőmérséklet/légnedvesség/légnyomás szenzorokat telepítettük, viszont – validációs céllal – egy GRAW rádiószondát is rögzítettünk a fedélzetre (10. ábra).

Az alkalmazott meteorológiai drónokkal számos kísérleti repülést hajtottunk végre, melyek során alapvetően légköri összehasonlító méréseket végeztünk. Tettükez abból a célból, hogy egyrészt a SPARV szenzorrendszer fedélzeti elrendezését a lehető legjobban meg tudjuk oldani (figyelembe véve a mérési alapelveket, a szenzorok érzékenységét és a repülésbiztonságot, egyaránt).

Súly	2845 g, (akkumulátorral és légcsavarral, Zenmuse X3 nélkül) 3060 g, (akkumulátorral, légcsavarral és Zenmuse X3-mal)
Maximális felszálló súly	3500 g
Lebegési pontosság (P mód)	Függőlegesen: 0,5 m; vízszintesen: 2,5 m
Maximális szögsebesség	Dőlés (pitch): 300°/s; fordulás (yaw): 150°/s
Maximális dőlésszög	35°
Maximális emelkedési sebesség	5 m/s
Maximális ereszkedési sebesség	4 m/s
Maximális sebesség	22 m/s (ATTI módban, szélcsendben)
Maximális tengerszint feletti működési magasság	4500 m (szoftveres magassági korlát: 120 m a felszállási pont fölött)
Maximális szélsebesség ellenállás	10 m/s
Maximális repülési idő	Kb. 18 perc
Motor modell	DJI 3510
Légcsavar modell	DJI 1345T
Beltéri lebegés	Alapértelmezetten bekapcsolva
Üzemi hőmérséklet	–10°C és 40°C között
Átlós méret	559–581 mm
Méret	438×451×301 mm

3. táblázat

A DJI Inspire drón fontosabb technikai adatai.[44] Forrás: *Készítette a szerző*

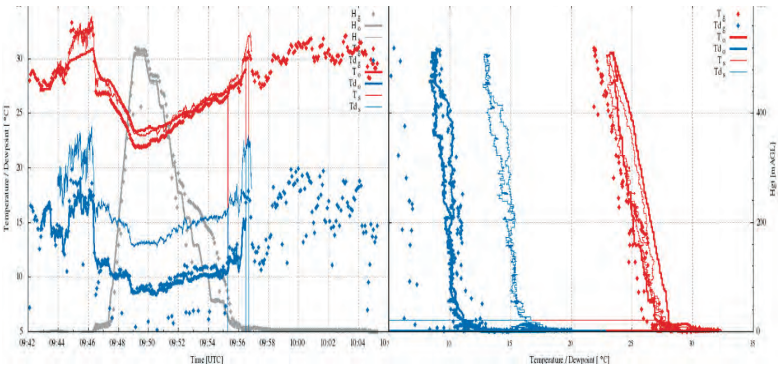
10. ábra

A DJI Inspire-1 (balra) és DJI Phantom-4 (jobbra) terepi felszállás előtt szenzorokkal[45] Forrás: *OPA Bt fotó*

[44] https://www.duplitec.hu/manuals/dji/inspire/dji-inspire1-hu.pdf

[45] Gyöngyösi A. Z. et., al.: Meteorological data in the open glider network (OGN). ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.

A mérési eredmények publikálása már a projekt során megkezdődött, de a 2019-ben kialakult COVID19 pandémiás helyzet jelentősen csökkentette a – sőt hónapokon keresztül teljesen lehetetlenné tette – a tesztrepülések végrehajtását. Az előzetes mérések közül egy forgószárnyas repüléshez kapcsolódó tesztrepülés során rögzített meteorológiai idősort és egy összehasonlító hőmérsékleti és nedvességi profilt mutatunk be (11. ábra).[46]



11. ábra

Hőmérséklet és légnedvességi adatok a repülési idő függvényében (balra) és hőmérséklet/légnedvesség profilok (jobbra) egy terepi mérés alkalmával Forrás: *készítette a szerző*

4.5 UAS szimulátor kialakítása és a drónpilóta képzés hazai rendszerének kimunkálása

Miután a pályázati programunk UAS eszközök használatát igényelte, ezért magunknak is szükségünk volt arra, hogy drónpilóta végzettséget szerezzünk és a képzés/gyakorlás során kialakult repülési kompetenciákat fenn tartsuk. Másrészt aktívan szerepet kívántunk vállalni a hazai – állami célú drónok kezelésére jogosító – drónpilóta képzés kidolgozásában is.

A fentiek miatt a projekt során 2017-ben hat fő NKE alkalmazott részt vett egy két hetes UAS kezelő és távérzékelési alapismereteket nyújtó szaktanfolyamon a spanyolországi BCN Drone Centerben, ahol mindnyájan EU-ós drónpilóta oklevelet szereztünk. A képzés elméleti, szimulátoros és gyakorlati elemeket tartalmazott merevszárnyas drónok alkalmazásával (12. ábra).

12. ábra

Az NKE drónpilóta csoportja (a képen jobbra) a BCN Drone Center előtt és a drónpilóta jogosítás. Forrás: *a szerző saját képe*

[46] Gyöngyösi A. Z. et., al.: Meteorological data in the open glider network (OGN). ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.

A megszerzett repülési gyakorlatunkat részben – a korábban említett - itthoni drónokkal történő repülések során valamint az általunk a projekt keretében vásárolt elemekből felépített UAS szimulátorban tartottuk fenn. Az UAS szimulátor terem kialakítását és a szükséges IT elemek telepítését, konfigurálását – így a szimulátor teljes kialakítását és üzembe helyezését is – magunk végeztük.

A szimulátor terembe egy külső nézetes, fix telepítésű UAS szimulátor került elhelyezésre, melynek elkészítettünk egy mobil könnyen hordozható változatát, mely jól használható a tantermen kívüli feladatok esetén is, míg a beépített változat teljes falra történő projekciót és így egészen valósághű környezetet realizál (14. ábra).[47] Ezen kívül ugyan ebben a helyiségben kiépítésre került egy nagyméretű drónok irányítására alkalmas „belső nézetes" szimulátor is (15. ábra).

BCN™
DRONE CENTER
Capacitation Certificate of RPAS ATMOS 7
Dr. Zsolt Bottyán
Participated in the fixed-wing operation and design course during 19th-23rd of June 2017 at the BCN Drone Center. CATUAV S.L certifies that has the necessary skills to operate fixed-wing UAVs of up to 5Kg.
Jordi Santacana
CEO
Marc Beltran
Trainings Manager

13. ábra
A spanyol képzésen kapott drónpilóta jogosítás. Forrás: *a szerző saját képe*

14. ábra
Az NKE szolnoki kampuszán kialakított UAS mobil szimulátor Forrás: *OPA Bt fotó*

A projekt futásával párhuzamosan, a kutatók részt vettek az állami célú UAS pilóták felkészítéséhez szükséges elméleti képzés kimunkálásban is, mely programot a HM Állami Légügyi

[47] Bottyán Zsolt: UAS_ENVIRON KKT kutatási eredményeinek bemutatása. Repüléstudományi Konferencia. Szolnok, 2019.04.11.

Főosztálya hagyott jóvá. Már a szóban forgó elméleti képzés során is alkalmaztuk azokat a szimulációs gyakorlatokat valamint azok módszertanát (ellenőrzés, vizsgáztatás), melyet jelen projekt során dolgoztunk ki az említett UAS szimulátor használatára.

Ugyanakkor mi magunk is nagyon sok órát eltöltöttünk a szimulátorban, hogy ne essünk ki a gyakorlatból, amikor időjárási/légtér vagy COVID19 pandémia miatt adódó korlátozások nem tették lehetővé a valós repüléseket.

15. ábra
Az NKE szolnoki kampuszán kialakított UAS fix szimulátor rendszere Forrás: *OPA Bt fotó*

5. Tudományos konferenciák és rendezvények

1. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok: 2016, 2017, 2018, 2019;
2. Robothadviselés Konferencia, Budapest: 2017, 2018.
3. MTA Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest: 2017, 2019;
4. EMS (European Meteorological Society) Annual Meeting: 2017, 2018, 2019.
5. ICIUS (International Conference on Intelligent Unmanned Systems): 2017, 2018, 2019.
6. ISARRA (International Society for Atmospheric Research using Remotely Piloted Aircraft) Conference, 2017, 2018, 2019.

6. Beszerzett kutatási infrastruktúra és felhasználása

A projekt sikeres végrehajtásához az alábbi eszközöket szereztük be, melyek rövid leírását az alábbiakban adjuk meg:

– ***Repüléstámogató rendszer hardver elemei:*** a kialakítandó repüléstámogató rendszer informatikai hátterének megvalósítása egy nagy és két kisebb teljesítményű szerver valamint egy nagy teljesítményű munkaállomás beszerzését igényelte. A nagy számítási kapacitással rendelkező szerveren fut maga a támogató rendszer és ennek alrendszerei, a munkaállomáson a vizualizációs produktumok fejlesztései zajlottak. A két kisebb teljesítményű szerveren a teszteléseket, adatbázis-elemzéseket, karbantartásokat végeztünk és a projekttel kapcsolatos információkat jelenítettük meg.

– ***UAS mobil meteorológiai állomás:*** 2 db UAS mobil (hordozható) komplex meteorológiai állomás a merev- és forgószárnyas UAS eszközök repülésének terepen történő meteorológiai biztosításához. A rendszer modern szélirány, szélsebesség, hőmérsék-

let, relatív nedvesség, légnyomás szenzorral felszerelt állomás, mely az adatokat valós időben képes megjeleníteni az UAS eszközt repülő személyeknek a repülőtéren (terepen).

- ***Mobil rádiószondázó rendszer:*** Mobil, terepen könnyen és gyorsan használható rádiószondázó berendezés, rádiószondákkal, ballonokkal, földi vevőberendezéssel, adatmegjelenítővel, ballontöltővel és szoftverrel. A rádiószondák használatával az alsó 8000-9000 méteres levegőtartomány pontos hőmérsékletét, nedvességét, szélviszonyait tudjuk megfigyelni. Ez a repülésmeteorológiai előrejelzések ellenőrzésére, verifikációjára szolgáló berendezés. A rádiószondákat a merevszárnyas UAS eszköz fedélzetére is beillesztjük a tesztrepülések során, első sorban a fedélzeti szenzorok méréseinek verifikálása céljából.
- ***Levegőkémiai és meteorológiai szenzorrendszer:*** 2 db meteorológiai és levegőkémiai szenzorrendszer merev- és forgószárnyas UAS eszközhöz (2-2 szenzorkészlettel). A szenzorrendszer normál (1 Hz) és gyors működésű (10 Hz) fedélzeti hőmérséklet, légnedvesség, légnyomás szenzorokkal, ózon és szén-dioxid érzékelőkkel, GPS rendszerrel, szenzorcsatlakozókkal. A lesugárzott adatok földi vételéhez és megjelenítéséhez szükséges rendszerrel, szoftverrel, antennákkal.
- ***Forgószárnyú UAS eszközök:*** 3 db nagyméretű és 5 db közepes mérteű UAS forgószárnyas kísérleti repülőeszköz meteorológiai és levegőkémiai mérések céljára (szenzorok hordozására), a fejlesztendő repüléstámogató rendszer teszteléséhez és kísérleti-gyakorló repülések végrehajtásához.
- ***Merevszárnyú kísérleti UAS eszköz készlet:*** 2 db a projektben vállalt időjárás felderítő pilóta nélküli repülőeszköz rendszer (készlet): repülőgép, földi irányító és kommunikációs rendszer, csörlő. Ez a rendszer is a meteorológiai-levegőkémiai szenzorrendszer hordozására és a nagyobb távolságú teszt repülések végrehajtására céljából került beszerzésre. Az autonóm repülési műveletek gyakorlására (repülési útvonalak tervezése, robotpilóta programozása, útvonalrepülések lebonyolítása) is felhasználtuk a szóban forgó rendszert.
- ***UAS szimulátor elemek:*** Phoenix V5 mobil UAS szimulátor szoftver, mikrofonos fejhallgatók, a tantermi UAS szimulátor 3 megjelenítővel ellátott informatikai eszközrendszere, mely tartalmaz 1 db nagy teljesítményű 3×HDMI kimenetű megjelenítést 3×27"-os monitorokon, valamint a rendszer mobil, adattárolóját valamint a Prepar3D V3 Pro tantermi UAS szimulátor szoftvert. Ezeken túlmenően magában foglalja még, az UAS szimulátorokon (mobil és tantermi) futó informatikai alkalmazások (szimulátor szoftverek) működtetéséhez szükséges vezérlőket is.
- ***UAS szervízkészlet:*** A merev- és a forgószárnyú UAS repülőeszközök meteorológiai és levegőkémiai szenzorok hordozására történő átalakítások, esetleges sérülések gyors, szakszerű javításának, és egyéb szükséges átalakítások kivitelezéshez. A készlet tartalmaz 1 db 3D Scannert, 1 db 3D nyomtatót és egy mini CNC megmunkáló készletet.

7. A mérföldkövek és a legfontosabbnak tartott eredmények

A projekt végrehajtása során az 1. számú mérföldkőben vállalt feladatok teljes mértékben megvalósultak, hiszen végrehajtottuk a merev- és forgószárnyas UAS eszközökre a szenzorok illesztését, a légi időjárás-felderítés/megfigyelés módszertanához elkészült egy tanulmány,

melyben a téma leginkább fontos aspektusainak vizsgálatát elvégeztük és a meteorológiai támogató rendszer az UAS repüléstámogatás részévé vált.[48]

A 2. mérföldkőben meghatározott eredmények között elkészültek a merev- és forgószárnyú időjárás felderítő/megfigyelő UAS prototípusok és bővítettük a meteorológiai alrendszert a UAS repüléstámogató rendszerben. Felkészítettük a WRF numerikus előrejelző modellt a repülések során érkező meteorológiai információ fogadására (adatasszimiláció) és kialakítottuk az UAS repüléstámogató rendszer végleges arculatát, funkcióit és ennek tesztelése is megtörtént. Sajnos, a COVID19 helyzetből adódóan, az adatasszimilációs folyamatot nem volt módunkban tesztelni valós repülés közben, mert – önhibánkon kívül – nagyon kevés repülést tudtunk végrehajtani a projekt utolsó egy évében (amikorra tervezve volt ez a feladat).

8. Indikátorok

Tudományos Diákköri Dolgozatok és Szakdolgozatok

1. Timár Ágnes, I. éves meteorológus MSc hallgató: A keveredési réteg magasságának meghatározása felhőalap-mérők visszaszóródási idősoraiból. 2016. ITDK. Témavezetők: Szabó Zoltán Attila, okl. meteorológus, Dr. Weidinger Tamás, egyetemi docens, ELTE Meteorológiai Tanszék

Tudományos cikkek, publikációk

1. Makkay Imre: Ütközések elkerülése a kisgépes és a pilóta nélküli repülésben. Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 1., pp. 59-66. 2017. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-04-0378_Makkay_Imre.pdf;
2. Wantuch Ferenc és Gáspár Nikolett: Szondázási adatokon alapuló látástávolság előrejelzési módszer ködös és hideg légpárnás esetekben a Liszt Ferenc Repülőtéren. Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 1., pp. 195-204. 2017. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-13-0382_Wantuch_Ferenc-Gaspar_Nikolett.pdf;
3. Timár Ágnes, Szabó Zoltán Attila, Weidinger Tamás: A keveredési réteg magasságának meghatározása fehőalap-mérők visszaszóródási idősoraiból, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 1. pp. 219-232. 2017. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-15-0387_Timar_A-Szabo_Z_A-Weidinger_T.pdf;
4. Fricke Cathy, Kardos Péter: Neurális hálózatok alkalmazása a látástávolság ultrarövidtávú előrejelzésében, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 2. pp. 103-110. 2017. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-09-0392-Fricke_Cathy-Kardos_Peter.pdf;
5. Vránics Dávid Ferenc, Lovas Róbert, Kardos Péter, Bottyán Zsolt, Palik Mátyás: WRF Benchmark Measurements and Cost Comparison. Virtualized Environment Versus Physical Hardware, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 29. No. 2., pp. 257-272. 2017. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-19-0400_Vranics_David_Ferenc_et_al.pdf;

[48] Bottyán Zsolt: Az UAS eszközökkel történő időjárás-felderítés végrehajtásának gyakorlati kérdései. Tanulmány. Szolnok, 2019.

6. Tuba Zoltán és Bottyán Zsolt: Application of Analogue Ensemble in Horizontal Visibility Forecasting. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 14, EMS2017-208, 2017. url: http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2017/EMS2017-208.pdf;
7. Weidinger Tamás, Bottyán Zsolt, Bozóki Zoltán, Cuxart Rodamilans Joan, Gyöngyösi András Zénó, Horváth Gyula, Bíróné Kircsi Andrea, Istenes Zoltán, Józsa János, Nagy Zoltán, Salavec Péter, Simó Diego Gemma: PABLS'13 ÉS '15: Határréteg-mérési kampányok Szegeden. Hungeo 2017. Konferencia. Pécs, 2017.08.16-20.;
8. Bottyán Zsolt, Wantuch Ferenc, Gyöngyösi András Zénó, Kardos Péter, Tuba Zoltán: Különböző modell megközelítések és uas mérések a repülések korszerű meteorológiai támogatásához, Weidinger Tamás, Szintai Balázs, Geresdi István, Ács Ferenc (szerk.) 43. Meteorológiai Tudományos Napok: Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2017.11.23-2017.11.24. Budapest: Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), 2017;
9. Vránics et., al.: Szoftver konténer technológia alkalmazása időjárási modell finomhangolására különböző platformokon, (Poszter) Weidinger Tamás, Szintai Balázs, Geresdi István, Ács Ferenc (szerk.) 43. Meteorológiai Tudományos Napok: Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2017.11.23-2017.11.24. Budapest: Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), 2017;
10. Makkay I.: Repülésbiztonság a drónok korában, Robothadviselés 2017. Konferencia 2017.11.30.
11. Wantuch Ferenc és Krekk Patrik: Szondázási adatokon alapuló szélnyírás főbb sajátosságai a liszt ferenc nemzetközi repülőtéren, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 30. No. 1. 43-54. 2018.;
12. Várkonyi Anikó és Kardos Péter: Felhőalap és felhőborítottság rövid távú előrejelzése neurális hálózat segítségével, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 30. No. 1. 127-138. 2018.;
13. Vránics Dávid Ferenc, Palik Mátyás és Bottyán Zsolt: Esettanulmány egy nyílt repüléstámogató rendszer biztonságáról, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 30. No. 1. 127-138. 2018.;
14. Wantuch Ferenc és Gáspár Nikolett: A magyarországi repülőtereken előforduló veszélyes időjárási jelenségek szinoptikus klimatológiai összehasonlítása, Repüléstudományi Közlemények, Vol. 30. No. 2. 47-54. 2018.;
15. Gyöngyösi A.Z., Tuba Z., Szabó Z.A. és Bottyán Zs.: Wind Profile Measurements on Small Quadrotor UAV, (Poszter) International Society for Atmospheric Research using Remotely piloted Aircraft Conference 2018. Boulder, USA. 2018. 07. 9-12.;
16. Bottyán Zs., Gyöngyösi A.Z. és Vránics D.: AN "Organic-Like" Approach in the Aviation Weather Support: Using Real-Time Atmospheric UAS Data and their Applications, (Poszter) International Conference on Intelligent Unmanned Systems. Jeju, Dél-Korea. 2018.08.20-23.;
17. Gyöngyösi A.Z., Bordás Á., Bottyán Zs., Palik M., Istenes Z., Makkay I., Szabó Z.A., Tordai Á., Vránics D.F. and Weidinger T.: Temperature, Humidity and Wind Measurements Using Small Quadrotor UAS Platform, (Poszter) EMS Annual Meeting 2018. Budapest, Magyarország. 2018.09.03-07.;

18. Kardos P.: Applying Artificial Neural Networks in Visibility and Cloud Forecast at Budapest Airport. EMS Annual Meeting 2018. Budapest, Magyarország. 2018.09.03-07.;
19. Salavec Péter, Weidinger Tamás, Bíróné Kircsi Andrea, Bordás, Árpád, Bottyán, Zsolt, Bozóki, Zoltán, Cuxart, Rodamilans Joan, Gyöngyösi András Zénó, Horváth, Gyula, Istenes, Zoltán et al.: PABLS'13 ÉS '15: határréteg-mérési program Szegeden. In: Cserny, T; Alpek, B L (szerk.) "Földtudományok és környezet – harmóniában": tanulmánykötet. Pécs, Magyarország: Magyarhoni Földtani Társulat, (2018) pp. 135-139.;
20. Bottyán Zsolt: UAS_ENVIRON KKT kutatási eredményeinek bemutatása, Repüléstudományi Konferencia. Szolnok, 2019.04.11.;
21. Lovas, R., Kardos P., Gyöngyösi A. Z., and Bottyán Zs.: Weather Model Fine-Tuning with Software Container-Based Simulation Platform. Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 123: 2 pp. 165-181. (2019);
22. Gyöngyösi A. Z. et., al.: Meteorological Data in the Open Glider Network (OGN). ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.;
23. Vránics D. et.al.: Meteorological Sensor Placement Considerations for a Fixed-Wing Unmanned Aircraft System. ISARRA 2019 Lugo, Spanyolország, 2019.07.16-19.;
24. Csaba Zoltán Fekete, Máté Gajdos, Zsolt Bottyán and Mátyás Palik: Establishment And Legal Preparation of a Hungarian UAS Meteorological Research Project at a Military Airport. International Conference on Intelligent Unmanned Systems. Peking, Kína. 2019.08.27-30.;
25. Kardos P., Lovas R., Gyöngyösi A. Z., Bottyán Zs.: Fine Tuning of WRF Data Assimilation Frame with Software Container Based Simulation Platform. EMS 2019. Koppenhága, Dánia. 2019.09.;
26. Tamás Weidinger, Zsolt Bottyán, András Zénó Gyöngyösi, András Rehák, Márton Zsugyel, Dávid Ferenc Vranics, Imre Salma: Urban New Aerosol Particle Formation, Its Relation to Local Meteorology And Profile Measurements in the Lower PBL. Budapest Platform for Aeroszol Research and Training (Poszter). Budapest, Magyarország. 2019.;
27. Bottyán Zs. és Tuba Z.: Hasonlóságon alapuló prognosztikai eljárások alkalmazása a horizontális látástávolság előrejelzésében, Meteorológiai Tudományos Napok. Budapest, Magyarország. 2019.11.14-15. (Poszter).;
28. Bottyán Zsolt: Az UAS eszközökkel történő időjárás-felderítés végrehajtásának gyakorlati kérdései, Szolnok, 2019.;
29. Gajdács László, Szűcs Viktor: A 3D nyomtatás gyártástechnológiái, felhasználási területei, illetve az ebben rejlő potenciál. Repüléstudományi Közlemények. XXXII. évfolyam 2020. 1. szám. 101-110.

Fokozatszerzések a projekt időtartama alatt

1. Dr. Lovas Róbert habilitált doktori cím 2017. informatikai tudományok;
2. Dr. Bottyán Zsolt habilitált doktori cím 2018. katonai műszaki tudományok;
3. Vas Tímea PhD fokozat 2019: A Magyar Honvédség mobil légiforgalom szervezési komponens kialakításának és alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. Témavezető: Dr. Palik Mátyás;

4. Tuba Zoltán PhD fokozat 2019: Analógiás elven alapuló korszerű látástávolság előrejelző eljárások kidolgozása és értékelése a katonai repülés meteorológiai támogatásához. Témavezető: Dr. Bottyán Zsolt.

9. A kiemelt kutatási terület kutatói, szakértői

Dr. Bottyán Zsolt, jelenleg a zalaegerszegi MouldTech Systems vezető kutató-fejlesztő munkatársa és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Innovációs és Technológiai Iroda tudományos főmunkatársa. Korábban – szerződéses katonaként – az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék tanszékvezetője, egyetemi docens. A Kar Katonai Műszaki Doktori Iskolájának témahirdető oktatója. Egyetemi tanulmányait a szegedi József Attila Tudományegyetemen (okl. matematika-földrajz-számítástechnika középiskolai tanár) és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen (okl. meteorológus) végezte. PhD fokozatát (földtudomány) a Szegedi Tudományegyetemen 2008-ban szerezte, majd habilitált doktori címet (katonai műszaki tudományok) az NKE-n szerzett 2018-ban. Eddig közel 100 publikációja jelent meg hazai és külföldi tudományos szaklapokban, az ezekre kapott független hivatkozásainak száma közel 400. Fő kutatási területei közé tartozik a pilóta nélküli légijárművek alkalmazásával, valamint annak légiközlekedés biztonsági területeivel kapcsolatos meteorológiai kérdések vizsgálata. Ezen belül az UAV repülő eszközök felületi jegesedésének modellezésével és rövid távú, a repüléseket biztosító meteorológiai modellek kidolgozásával és ezek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatával foglalkozik. Ezek mellett részt vesz az European Facility for Airborne Research (EUFAR) kutatási programjában is. 2009-től a Repüléstudományi Közlemények tudományos folyóirat szerkesztő bizottságának tagja. 2011 és 2013 között a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat „A pilóta nélküli légijárművek komplex meteorológiai támogatási rendszerének kidolgozása” nevű kiemelt kutatási terület vezetője. 2016-tól a GINOP-2.3.2-15 „Stratégiai K+F műhelyek kiválósága” című felhívásra elkészített „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen VOLARE” című pályázat UAS_ENVIRON kiemelt kutatási terület vezetője és alkalmazott kutatója (repülésmeteorológiai szakértő).

Farkas Attila az Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Karának tanszéki mérnöke. MSc diplomáját 2020-ban szerezte és jelenleg PhD tanulmányokat folytat, kutatási területe az elosztott gépi tanulás. Tanulmányai mellett oktatóként operációs rendszerek, számítási felhő és konténer technológia témakörben tart előadásokat és gyakorlatokat, alap és mesterszakos hallgatóknak magyar és angol nyelven. A VOLARE projektben adatfeldolgozás és -elemzés, valamint gépi tanulási modellek predikcióra való alkalmazása volt a feladata.

Fekete Csaba Zoltán, hivatásos katona, őrnagy, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülésirányító és Repülő-hajózó tanszék tanársegédje. Egyetemi tanulmányait a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Vezető szakán végezte. 2016-tól a GINOP-2.3.2-15 „Stratégiai K+F műhelyek kiválósága" című felhívásra elkészített „VOLARE" című pályázat projekt UAS_ENVIRON kiemelt kutatási terület alkalmazott kutatója (légiközlekedési szakértő). Részt vett a valós UAV repüléseket megelőző szimulációk elkészítésében és tesztelésében, szervezőként és távpilótaként is részt vett az UAV repülések szervezésében és azok lebonyolításában. A pályázat ideje alatt megszerezte a repülések végrehajtásához szükséges A1-A3 jogosítást.

Gajdács László, hivatásos katona, főhadnagy, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék tanársegédje. Tanulmányait az Óbudai Egyetemen (BsC, MsC) végezte. A GINOP pályázatban, mint repülőműszaki szakértő vett részt. Feladatai közé tartozott a forgószárnyas és merevszárnyas pilóta nélküli légijárművek és rendszerek karbantartása – szükség esetén javítása – üzembentartása és a rendelkezésre állás biztosítása a pályázatban dolgozó kutatók részére. Részt vett az UA rendszerek real-time, komplex repülés-támogató rendszerének a kifejlesztésében, a különböző környezeti faktorok vizsgálatainak összehangolásában. Részt vett különböző méretű rögzítő kiegészítő elemeket 3D nyomtatással történő elkészítésében, amelyek alkalmasak különféle szenzorok tárolására és rögzítésére a légijárművön.

Gajdos Máté Ádám, hivatásos katona, főhadnagy, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülésirányító és Repülő hajózó Tanszék tanársegdje. 2010-ben végeztem a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen repülésirányítóként. 2010 után a pilóta nélküli repülés és a nemzetközi intézmények (ICAO, NATO, ENSZ) kerültek az érdeklődésem középpontjába, így okleveles nemzetközi kapcsolatok elemzőként végeztem mesterképzésemet a Milton Friedmann Egyetemen. A VOLARE projekt megvalósítása során részt vettem Barcelonában egy távérzékelési és pilóta nélküli repülési képzésen. Előadtam és részt vettem konferenciákon Pekingben és Szingapúrban. Kidolgoztam a valós repülésekhez szükséges eseti légtér igénybevételi és igénylési eljárásokat, feladatokat. Folyamatosan részt vettem a projekt mérföldköveinek teljesítéséhez kapcsolódó repülési feladatokban, ezek hatékony végrehajtásához nagyszámú szimulációs feladatokat is elvégeztem. Ezek a feladatok az integrált repüléstámogató szoftver elkészítését teszik lehetővé.

Halászné Dr. Tóth Alexandra ezredes, a HM Állami Légügyi Főosztály főosztályvezetője, az országos illetékességű katonai légügyi hatóság vezetője. 1999-ben repülésirányító diplomát szerzett a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen, majd 2004-ben a Pécsi Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Karán, jogász szakon fejezte be tanulmányait. Európajogi szakjogászi végzettséggel is rendelkezik a Nemzeti Közszolgálati Egyetem címzetes egyetemi docense. A GINOP-2.3.2-15-2016-00007 azonosító számú, projektben légijogi szakértőként részt vett az UAS rendszerek real-time, komplex repülés-támogató rendszerének kifejlesztéséhez, és az UAS eszközök repüléséhez köthető környezeti (különösen szabályozói, repülésbiztonsági) faktorok vizsgálatainak összehangolásában.

Dr. Istenes Zoltán a VOLARE projektben a forgó és merevszárnyas légi eszközökre történő meteorológiai és levegőkémiai szenzorok megtervezésében, kiválasztásában, a légi eszközökbe való integrálásában, illesztésében vett részt. Mérnöki, elektronikai és informatikai feladatokat látott el a kiválasztott szenzorok vizsgálatában és programozásában a mérőrendszerbe illesztésében. Részt vett szenzorrendszerek földi és légi tesztelésében, rádiós kommunikáció és adatgyűjtési rendszerek tervezésében és megvalósításában.

Jámbor Krisztián informatikus, az Egyetem Informatikai Igazgatóságának alkalmazottja. Az első időszakban a fő feladataim a felhő szerver és a fürtbe kötött szerverek telepítése, konfigurációja és adminisztrációja, a kutatói gépek telepítése és üzemeltetése volt. Majd az informatikai rendszer összeállása után az adatbázisok karbantartása és dinamikus weblapok készítése, kliens- és szerver oldali programozása. Eközben részt vettem a ballonos-rádiószondás mérésekben. Majd feladatom lett a repülés drónokkal is és részt vettem a meteorológiai szenzorok drónokra adaptálásában, ugyanakkor azok szoftveres karbantartását is végeztem. Részt vettem az érzékelők külső zavarok és sugárzás elleni védelmének javításában.

Kardos Péter Az UAS ENVIRON kiemelt kutatási területen dr. Botyán Zsolt vezetésével egy nagyon jó csapat tagjaként vettem részt a kutatási-fejlesztési munkában. Az UAS eszközök meteorológiai támogatását biztosító időjárási előrejelző rendszer numerikus prognosztikai alegységének fejlesztésébe kapcsolódtam be. Az ehhez használt WRF numerikus modell finomhangolását követően a legnagyobb feladatom az volt, hogy ehhez a rendszerhez illesszem az időjárási megfigyelési adatok ún. asszimilációját, azaz a numerikus modell kiindulási mezejét javítsam fel úgy, hogy a modell által leírt légkör a lehető legjobban közelítse a valóságot. A másik speciális területem a gépi tanulási algoritmusok alkalmazása volt, amelyet a látástávolság és a felhőzet előrejelzésében alkalmaztam sikerrel.

Dr. Kertész Gábor az Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Karának adjunktusa. PhD fokozatát 2019-ben szerezte a képfeldolgozás, gépi tanulás és párhuzamos feldolgozás témakörökben elért eredményei alapján. Aktív kutatási tevékenységet végez az alkalmazott gépi

tanulás témakörében, oktatóként szoftvertervezés és -fejlesztés, párhuzamos programozás és mély gépi tanulás témakörökben tart előadásokat és gyakorlatokat alap és mesterszakos valamint doktori képzésben részt vevő hallgatóknak, magyar és angol nyelven. A VOLARE projektben adatfeldolgozás és -elemzés, valamint gépi tanulási modellek predikcióra való alkalmazása volt a feladata.

Major Gábor A repülés és annak műszaki háttere iránti elkötelezettségem a középiskolás éveimre nyúlnak vissza. A terület gyakorlati megközelítése és műszaki kihívásainak megértése miatt folyamatautomatizálási villamosmérnöki végzettséget szereztem a „Kandón". Ezt követően a BME GTK-n mérnök-tanár lettem. A doktori (PhD) tanulmányaimat az NKE-n teljesítettem „A pilóta nélküli légijármű rendszerek (UAS) nemzetbiztonsági célú felhasználásának lehetőségei, technikai korlátai és alkalmazásának etikai kérdései." tématerület kutatása és oktatása közben. Jelenleg az NKE HHK, Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszékének tanársegédjeként dolgozok. A pályázatban az első feladatom a „Drónfoglaló" drónverseny és a drón fotópályázat szervezésében és lebonyolításában való részvétel volt, majd ezt követően repülőműszaki szakértőként segítettem a projekt sikerét és a célkitűzések maximális teljesítését.

Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, nyugalmazott egyetemi tanár. Katonai pályáján, a több mint 25 éves felsőoktatási tevékenységében meghatározó szerepet kapott a radar, rádióelektronika és a repülés műszaki területein végzett kutatás, fejlesztés. Vezetőként és kutatóként korábban is részt vett több kiemelkedő kutatás-fejlesztési pályázatban. A pályázat során a pilótanélküli légijárművek széleskörű alkalmazásához köthető számos olyan műszaki újdonság (járműkövetés, meteorológiai szenzorok fejlesztése, -fedélzeti alkalmazása, adattovábbítás az ISM rádiófrekvenciás tartományban) melyek kidolgozásában vezető szerepet töltött be.

Somosi Vilmos A HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. munkatársa vagyok. 2000-ben végeztem a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen közlekedésmérnökként. Az elmúlt húsz évben katonai repülésirányító és légügyi főtiszti beosztásokban, valamint nemzetközi programmenedzseri munkakörökben. Az UAS_ENVIRON KKT tagjaként a légiközlekedési-jogi területen részt vettem az UAS műveletekhez kapcsolódó nemzetközi jógyakorlatok, irányvonalak felkutatásában, a környezeti faktorok vizsgálatainak szintetizálásában, közreműködtem az állami repülőtereken és légterekben való alkalmazás műszaki, hatósági és repülésbiztonsági kérdéseit összefoglaló tanulmány és szakmai szabálytervezetek elkészítésében.

Dr. Szilvássy László, hivatásos katona, ezredes. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék egyetemi docense. Egyetemi tanulmányait a Kirov Csapatlégvédelmi Egyetem elektromechanikai berendezések szakán folytatta 1986 és 1991 között. 1994-től a Fedélzeti Rendszerek Tanszék oktatója és repülőfedélzeti fegyvertechnikai eszközöket oktat. Programozói végzettsége révén már évek óta webszerkesztője és programozója az Intézet honlapjának és a Repüléstudományi Közleményeknek. Fő kutatási területei a repülőfedélzeti fegyverek. 2008-tól a katonai műszaki tudományok PhD fokozatosa. 2016-tól a projekt alkalmazott kutatója (informatikai szakértő). Ő készítette el és üzemeltette a pályázat kutatási céljait és eredményeit bemutató honlapot (ginop.szrf.hu).

Szűcs Viktor Dániel A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző karjának negyedéves, végzős diákja. A projektben foglalkozatott hallgatóként tevékenykedtem, melyben a feladatom különböző szenzorok fedélzetre történő implementálásának elősegítése azáltal, hogy számukra alkalmas hordozófelületeket tervezek, áttervezek, illetve legyártok a 3D nyomtatási technológiát alkalmazva. A projekt keretein belül elkészítettem egy levegőátereszto szenzorcsatornát, illetve Gajdács László és Jámbor Krisztián tervei alapján, 3D-ben megterveztem a gyorshőmérő számára egy kompakt és biztonságos felhelyezést elősegítő szenzortartó dobozt.

Tuba Zoltán, hivatásos katona, őrnagy 2003 óta dolgozom hivatásos katonaként a meteorológiai szakterületen. Jelenleg a Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztályán – többek között – az állami célú légiközlekedés meteorológiai szakterületének hatósági felügyeletével foglalkozom. A projekt keretei között elsősorban a repülések meteorológiai támogatásának kérdéskörével foglalkoztam, kiemelten fókuszálva a látástávolság és a felhőalap előrejelzésének fejlesztési lehetőségeire és az új produktumok verifikációjára. A legfontosabb eredményeket számos tudományos cikkben ismertettük, melyek közül egy az NKE nívódíjában is részesült 2018-ban. A projektben elért kutatási eredményeimre építve 2019-ben PhD fokozatot szereztem a katonai műszaki tudományok területén.

Dr. Vas Tímea A projektben alkalmazott kutatóként, légiközlekedési szakértőként vettem részt. Feladataim közé tartozott a nemzetközi ajánlások, jogszabályok, szakkönyvek és publikációk nyomon követése, elemzése az UAV repülési szabályok, légtérhasznált és műszaki dokumentációk területén. Részt vettem egy nemzetközi akkreditált drón-pilóta képzésen, ami jogosít 5 kg alatti merevszárnyú drónok használatára. Részt vettem az UA rendszerek real-time, komplex repülés-támogató rendszerének kifejlesztéséhez és az UAS eszközök repüléséhez köthető környezeti faktorok vizsgálatainak összehangolásában. Segítettem e témában született diplomamunkák, szakdolgozatok és TDK-k elkészítését. Részt vettem csoportos publikáció elkészítésében

Verőczey Gábor 25 éve foglalkozom távirányítású és autonóm légicélok, illetve UAV-k fejlesztésével, üzemeltetésével. A VOLARE pályázatban feladataim közé tartozott a merevszárnyú UAV biztonságos üzemeltetéséhez kapcsolódó feladatok megtervezése és végrehajtása, valamint a szenzorrendszerek UAV-be történő integrációja. Megismertettem a leendő UAV-kezelőket a pilótanélküli repülőeszköz biztonságos üzemeltetésével, különös tekintettel a bonyolult időjárási körülmények között végrehajtott repülésekre. Kidolgoztam egy „check-list" eljárást, amely lehetővé teszi az UAV rendszer repülés előtti, repülés utáni ellenőrzését, nagyban növelve az üzembiztonságot. Részt vettem a meteorológiai szenzorrendszerek UAV-be történő integrációjában is. Megterveztük a törzsön belüli áramlási csatornákat és azokat a szenzorok igényeinek megfelelően beépítettük a légijárműbe.

Vránincs Dávid Ferenc Informatikai szakértőnk tevékenysége végig kísérte őt a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen végzett doktori tanulmányai során. Szerepet vállalt a meteorológiai adatgyűjtő szenzorrendszer fejlesztésében, illetve a szerver oldali informatikai képességek megtervezésében, információbiztonsági szempontok vizsgálatában, s a merev- és forgószárnyas pilóta nélküli légijárművekre történő szenzor elhelyezés megtervezésében és kivitelezésében. Hazai és nemzetközi konferenciákon képviselte a projektet előadóként, illetve kollégáival társszerzőként tudományos cikkek formájában publikálta a projektben elért tudományos eredményeket.

Dr. Weidinger Tamás ELTE Meteorológiai Tanszékének habilitált docense. Oktatási területei: általános meteorológia, mikrometeorológia és dinamikus meteorológia. A Theoretical and Applied Meteorology folyóirat szerkesztője. Kutatási témája a határréteg-meteorológia. A felszíni energiamérleg-komponensek meghatározásával, a nyomanyagok (ózon, ammónia) turbulens kicserélődési folyamataival foglalkozik. Közreműködött a pilóta nélküli repülőeszközökre kerülő meteorológiai szenzor-rendszer fejlesztésében, a felszíni referenciamérések és a kötöttballonos mérőrendszer kialakításában. Határréteg-profilméréseket (szél, hőmérséklet, nedvesség) végzett az átmeneti (hajnali és esti) rétegződés és a tavi cirkuláció leírására.

Dr. Lovas Róbert – informatikai szakértő

Dr. Vanek Bálint – repülési szakértő

Dr. Wantuch Ferenc - repülésmeteorológiai szakértő

Gyöngyösi András Zénó – repülésmeteorológiai szakértő

Hadobács Katalin – repülésmeteorológiai szakértő

Kiss András – informatikai szakértő

Kocsisné Török Katalin – légiközlekedési adatnyilvántartó asszisztens

Szabó Zoltán Attila – repülésmeteorológiai szakértő

Takács Sándor – UAS szakértő

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 azonosító számú, *„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.

Köszönjük a támogatást!

A projekt szakmai vezetőjeként köszönetemet szeretném kifejezni valamennyi személynek, és az általuk képviselt szervezet munkatársainak, akik segítségére voltak a VOLARE projekt megvalósulásának!

Köszönettel tartozom mindazoknak az Egyetemi felsővezetőknek, köztük a Nemzeti Közszolgálati Egyetem előző és mostani rektorainak, Dr. Patyi Andrásnak és Dr. Koltay Andrásnak, valamint a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar korábbi és jelenlegi dékánjának Dr. Boldizsár Gábor ezredesnek és Dr. Pohl Árpád dandártábornoknak a projekt teljes szakában nyújtott, kiemelt figyelemmel együtt járó támogatásért!Köszönöm továbbá az egyetem rektorhelyetteseinek és felsővezetőinek, valamint az Egyetem szervezeti egységeinek, kiemelten a Gazdasági Főigazgatóság Pályázati Pénzügyi- és Vagyonnyilvántartási Osztály, Analitikus Nyilvántartási Osztály; a Humán Iroda Személyi Juttatási Osztály; a Jogi Igazgatóság Közbeszerzési Osztály és Jogi Iroda; valamint a Kommunikációs és Program Igazgatóság vezetőinek és munkatársainak a projekt fizikai megvalósulásában nyújtott adminisztratív, támogató segítségét!

Köszönöm a Magyar Honvédség 86. Szolnok Helikopter Bázis parancsnokainak és vezetőinek, valamint munkatársainak a projekt infrastuktúrális feltételeinek, kutatási helyszínének és egyes rendezvényeinek biztosításában nyújtott támogatást!

A projekt tényleges fizikai befejezésének a dátumáig, március 31-ig az igen hosszú, négy és fél éves KFI projekt megvalósította azokat az eredményeket, amelyeket 2015-ben megcélzott. Ezeket azonban a projektben részt vállalók nélkül nem lehetett volna elérni. A célok teljesítéséhez kellet egy jól összeválogatott csapat. Köszönöm minden résztvevő tudományos munkát végző kutatónak, támogató szakértőnek, és hallgatónak egyaránt, hogy közénk állt, hitt a céljainkban és vállalta, valamint legjobb tudása szerint elvégezte a feladatokat, ezzel hozzájárult a projekt sikereihez!

Az egyéni teljesítmények azonban mit sem érnek, ha nincsenek jól megfogalmazott közös célok és azok megvalósulását biztosító feltételek, valamint egy jó vezetés, akik biztosítékai a sikereknek. A projektben a kiemelt kutatási területeken folyó szakmai munkát a Kiemelt Kutatási Területek Vezetői, Dr. Bottyán Zsolt, Dr. Dunai Pál és Dr. Kavas László végezték. Ők voltak azok, akik a KKT-k kutatási irányit kijelölték, céljait és részfeladatait kidolgozták és a résztvevőkön határozottan megkövetelték. Az Ő érdemük a KKT-k sikere, ami azért sem volt egyszerű, mert szakértőként Ők is részt vettek a kutatásokban, melyek mellett tervezték, szervezték és irányították több tíz ember munkáját éveken keresztül. Ez úton köszönöm a Kiemelt Kutatási Területek vezetőinek a projektben végzett színvonalas munkájukat!

Az EU-s projektek igen feszes adminisztrációval járnak, így hónapról-hónapra nagy adminisztratív teher hárul azokra, akik az ezzel kapcsolatos munkát végezték. A projektünk ezen a területen is megfelelt a szigorú pénzügyi-gazdálkodási, beszerzési és egyéb ügyintézési feladatoknak. A köszönetből mindezért nem maradhat ki a projektmenedzser és a projekt pénzügyi

vezetője, valamint az Ő segítőik. Rajtuk kívül külön köszönöm a saját szakmai munkámat mindenkor támogató projekt szakmai vezető asszisztens munkáját. Kolleganőim rendszerető módon, nagy hozzáértéssel és szigorú, havi rendszerességgel tettek eleget az ismétlődő jelentési és beszámoltatási kötelezettségeknek. Kedves Hölgyeim, a Projekt valamennyi résztvevője nevében köszönöm a türelmes és lelkiismeretes munkájukat!

Köszönettel tartozunk továbbá a sajtó képviselőinek, hogy a négy és féléves kutatási időszakban kiemelt figyelmet szentelve kutatásainknak, rendszeresen tájékoztatták a közvéleményt, széles nyilvánosságot biztosítottak a lakosság és az állampolgárok, elérésével a projektben megvalósult eseményekről.

Szerkesztette:
Palik Mátyás

Szöveg:
Bottyán Zsolt, Dunai Pál, Kavas László, Palik Mátyás

Kiadó:
Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Kiadványterv és tördelés:
Jámbor Krisztián, Török-Szabó Nikoletta, Törőcsik Tímea

Nyomdai munkák:
Micropress Digitális és Ofszet Nyomda Kft., Mályi

ISBN 978-963-498-399-9 (nyomtatott)
ISBN 978-963-498-400-9 (elektronikus)

A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos kutatási potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (VOLARE)

A kiadvány a GINOP-2.3.2-15-2016-00007 azonosító számú projekt keretében jelent meg.

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális Fejlesztési Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE