

# Műholdas navigációs eljárások bevezetése magyarországi vidéki repülőtereken

2019 nyarán egy új közlekedési díjat alapított a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. (NÚSZ Zrt.) és a Közlekedéstudományi Egyesület (KTE) Közlekedési Innovációs Díj néven. A pályázat célja az alapítók meghatározása szerint az „innovatív jellegű kezdeményezések és tudományos elképzelések felkarolása”. A cikk a 2020. évi Közlekedési Innovációs Díj nyertes pályamunkájának bemutatása.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.2

## Dr. Somogyi Rita

stratégiai és projektmenedzsment osztályvezető  
HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.  
e-mail: rita.somogyi@hungarocontrol.hu

### 1. BEVEZETÉS, HÁTTÉR

A légi közlekedésben a repülőterek végső megközelítése évtizedeken keresztül földi navigációs állomások jeleinek használatával történt. Nagyon hasonlóan ahhoz, ahogy a hajók a világítótorony jelzésének segítségével meg tudják határozni pozíciójukat a kikötőhöz képest, ugyanígy a légi járművek is képesek az NDB (*non-directional beacon*), a VOR (*VHF omnidirectional range*), a DME (*distance measuring equipment*) eszközök révén pozícióadatokat számolni. A végső megközelítési egyenesen az ILS (*Instrument Landing System*) áll rendelkezésükre ahhoz, hogy pontosan háromfokos szögben landoljanak a leszállópályán.

Az elmúlt évtizedekben a repülőtereken a robusztussága és elterjedtsége miatt az ILS szinte egyeduralkodó volt. Ugyanakkor a globális navigációs rendszerek megjelenésével lehetőség van egy merőben új koncepció alkalmazására: a GPS, GLONASS és GALILEO (azaz a GNSS) jeleinek felhasználásával a he-

lyi infrastruktúra költséges kiépítése nélkül is lehetővé válik a légikikötők megközelítése. Azonban önmagukban ezek a jelek nem elegendőek: nem a pontosságuk, hanem az integritásuk jelenti a fő kérdést. A légi navigációban nem az a legnagyobb probléma, ha a jel a pontossági követelményektől kis mértékben eltér, hanem az, ha a légi jármű vezetője meg van győződve róla, hogy pontosan ismeri a helyzetét, miközben a rendszer hibás pozícióadatot szolgáltat. Így a végső megközelítés során könnyen hegynek vagy egyéb földi tereptárgynak ütközhet a légi jármű. Ez utóbbi az integritás fogalma, és Európában az EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) az a földi és űrszolgáltatásból álló rendszer, amely biztosítja, hogy a GNSS jelei nem csak megfelelő pontosságban, hanem megfelelő megbízhatósággal is rendelkezésre álljanak.

Mindezen rendszerek használatával nyílik lehetőség arra, hogy a GNSS-jelek segítségével műholdas navigációs eljárásokat hozzunk létre a légi közlekedés számára.

A korábban már említett ILS-rendszer előnye, hogy pontos bevezetést tesz lehetővé igen alacsony elhatározási magasságig. Ez az a magasság, ahol a légi jármű vezetőjének döntenie kell arról, hogy az időjárás és látási viszonyoktól függően befejezi-e a leszállást vagy átstartol, és egy újabb körben próbálkozik újra; esetleg kitérő repülőtérre megy. Az ILS hátránya viszont, hogy nagyok a beruházási és – a rendszeres kalibrációs szükséglet miatt – fenntartási költségei. Emellett konkrétan meghatározott az az egyenes, amely mentén a végső megközelítésnek meg kell történnie.

A műholdas navigációs eljárások tehát ott mutatnak komparatív előnyt, ahol a repülőtér nem képes finanszírozni egy vagy akár az összes pályavégen az ILS használatát, vagy ha erre képes is lenne, de a domborzati, terep- vagy a légtérkialakítási viszonyok miatt fizikailag nem fér el az a háromfokos egyenes, amely mentén a megközelítés végrehajtható. Környezetvédelmi megfontolások szempontjából is nagyon előnyös a műholdas navigációs – vagy más néven teljesítményalapú – PBN (*performance based navigation*) eljárások használata, hiszen a rugalmas vonalvezetésének köszönhetően kikerülhetők például a zajérzékeny területek.

## 2. PBN IMPLEMENTATION IN HUNGARY – INEA TÁRSFINANSZÍROZOTT PROJEKT

A projekt megvalósulásának érdekében 85%-os támogatási intenzitású forrást pályáztam meg és nyertem el a csapatommal az INEA-tól (*Innovációs és Hálózati Projektek Végrehajtó Ügynökség*), amely európai intézmény a közlekedési innovációs projektek megvalósulását hivatott előmozdítani. A feladat végrehajtásának finanszírozását a fennmaradó mértékben a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat, a munkahelyem támogatta.

### A PROJEKT ALAPADATAI

- Megvalósítás időszaka: 2017. 09. 01. - 2020. 12. 31.
- Maximum elszámolható költség: 813 380 EUR
- Támogatási intenzitás: 85%
- Maximum EU támogatás: 691 373 EUR

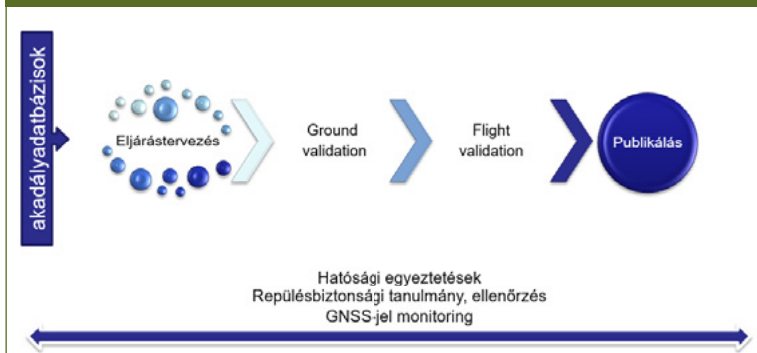
A projekt komplex feladatrendszer végrehajtását tűzte ki célul: egyrészt, a műholdas navigációs eljárások megtervezését és bevezetését, másrészt egy magyarországi GNSS monitoringrendszert kialakítását és üzemeltetését.

## 3. A PROJEKT RÉSZLETES BEMUTATÁSA

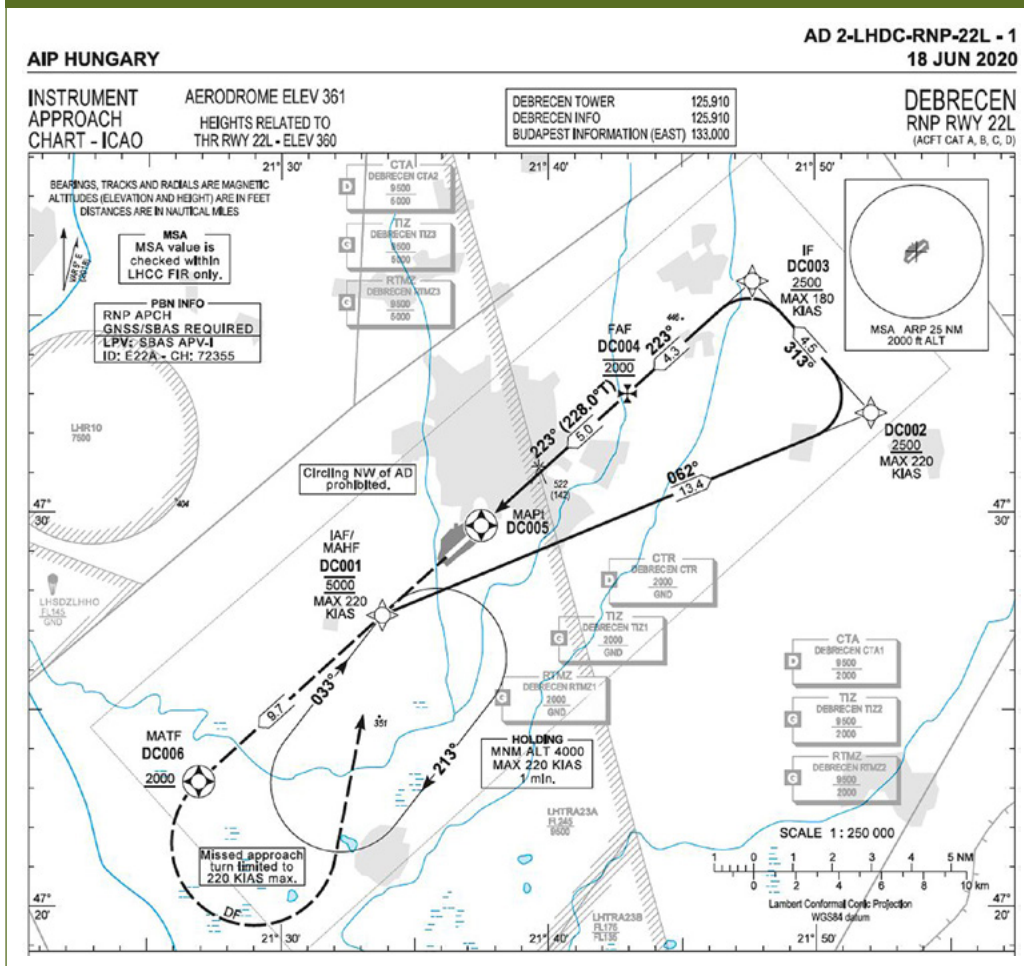
### 3.1. A műholdas megközelítési eljárások kialakítása

Az eljárások kialakításához első lépésként akadályadatbázisokat kell beszerezni: fel kell mérni egy geodéziai szolgáltató vállalkozással, hogy a repülőtér és annak környékén hol található olyan tereptárgyak, amelyek bizonyos szempontrendszer figyelembevételével (az Polgári Repülés Nemzetközi Szervezetének, az ICAO-nak a 15. Annexé szerint) potenciálisan veszélyesek lehetnek a megközelítések során. Egyes repülőtereken már *ab ovo* rendelkezésre álltak ezek az akadály-adatbázisok, ám néhány repülőtér esetében a projektnek kellett gondoskodnia ezekről.

1. ábra: A projekt fő feladatai



2. ábra: A debreceni repülőtér 22L irányából történő műholdas megközelítési eljárás

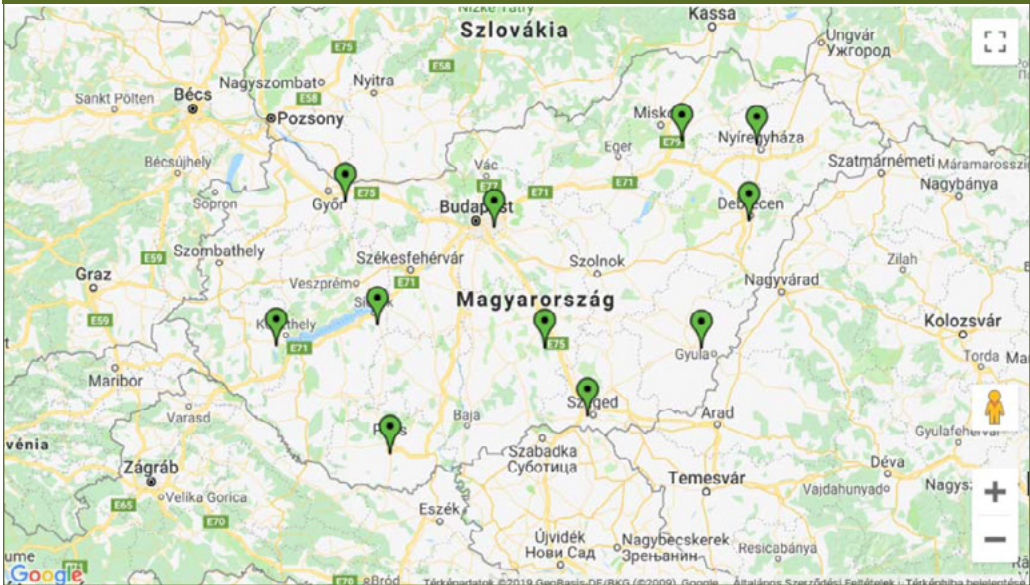


Miután leszerződtek, és a beszállító, a *GeoService Kft.* szállította ezeket az adatokat, következő lépés maga az eljárásstervezés volt. Ennek folyamán készültek el azok a 3D profilok és ezeket tartalmazó térképek, valamint az elhatározási magasságok minimumai, amelyek a tényleges eljárásokat jelentik. Annak érdekében, hogy ezek biztonságos voltáról meggyőződjünk, ezt követően egy ún. „ground validation” hajtottunk végre. Ez egy „földön”, lényegében számítógépes környezetben történő ellenőrzés, amely a kiszámított útvonalak alkalmasságát vizsgálja. Mivel a biztonság szavatolása elsődrendű szempont a projekt egésze alatt, ezt a keresztellenőrzést az előzőektől

független szakértőkkel, a *Pildo Labs* bevonásával hajtottuk végre.

A földi ellenőrzést követte a légi ellenőrzés, a „flight validation”. Ennek során minden egyes eljárást ténylegesen berepültünk egy magyarországi légi fuvarozó vállalkozás segítségével, és a fedélzeten a műholdas jelek rendelkezésre állását a *Pildo Labs* Platero elnevezésű termékével külön is ellenőriztük. Csak ezek után kerülhet sor az eljárásoknak a Légiforgalmi Tájékoztató Kiadványban történő publikálására, ahonnan valamilyen légtérhasználó, illetve az adatokat a pilóták számára feldolgozható formába öntő ún. data house-ok számára térítésmentesen elérhetők.

3. ábra: GNSS-érzékelők telepítési helyszínei



A projekt során hét polgári és három katonai repülőtérre történt meg az eljárások kidolgozása. A pályázat benyújtásakor már valamennyi repülőtérre (LHBC – Békéscsaba, LHDC – Debrecen, LHPR – Győr-Pér, LHKE – Kecskemét, LHNY – Nyíregyháza, LHPA – Pápa, LHPP – Pécs-Pogány, LHSM – Sármellék, LHUD – Szeged, LHSS – Szolnok) lezajlott a berepülés is, a publikálások adminisztratív teendői zajlanak. A projekt célzott végdatuma 2020. december 31. Az 1. ábra a projekt fő feladatait, a 2. ábra a debreceni repülőtér 22L irányára már publikált, és az AIP-ben (az ais.hungarocontrol.hu-n) nyilvánosan is elérhető térképét mutatja.

### 3.2. A GNSS-monitoringrendszer kiépítése, üzemeltetése és az adatok elemzése

A projekt másik fő pillére, hogy kiépítésre került egy földrajzilag az egész országot lefedő GNSS-jelmérő hálózat, amelynek az adatait központilag elemezni tudjuk. A telepítési helyszíneit a 3. ábra mutatja. Az adatokat mobil távközlési kapcsolattal juttatjuk el a Pildo Labs által biztosított felhőszolgáltatásba, ahol a The Owl nevű rendszerrel lehet azokat elemezni. Emellett a nyers adatokat külön is feldolgoztuk.

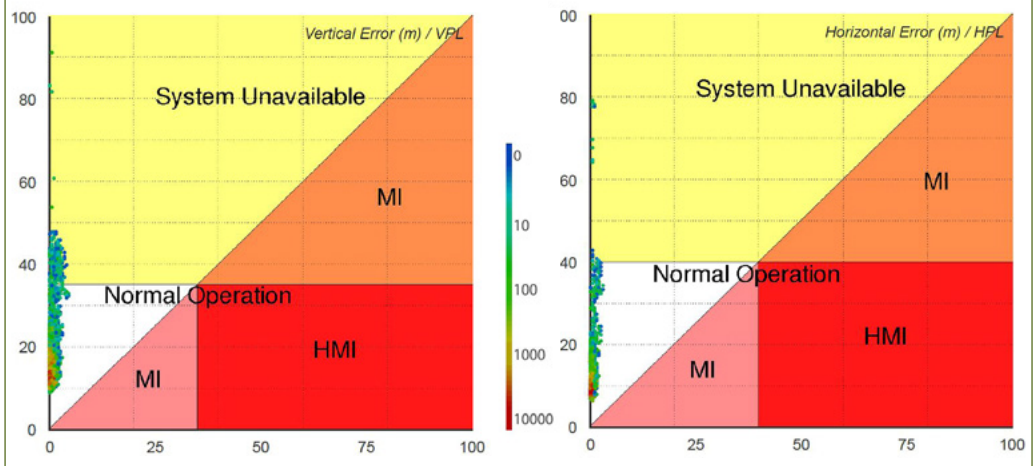
Közel nem a teljesség igényével, a mért eredményekre látható egy példa a 4. ábrán. Ezek az ún. Stanford plotok azt mutatják, hogy a vízszintes és a függőleges hiba mekkora gyakorisággal hol helyezkedett el a havi mérések során. A tényleges eredményt az ábrán bejelölt pontok mutatják, a mérések számát színskála jelzi.

Az ábrán az „MI” (*misleading information*) és „HMI” (*hazardously misleading information*) feliratok jelzik azokat a területeket, ahova ha mérés kerül, akkor félrevezető a kapott pozícióadat. Látható, hogy a diagramon jelen esetben valamennyi pont a normál működést jelentő térfélen helyezkedik el, azonban voltak olyan mérési pontok, amikor a függőleges hibaérték meghaladta a tűrést (az ún. *vertical protection level*). Ilyen és ehhez hasonló esetek miatt van szükség a mérőrendszer üzemeltetésére, és ezeket az eseményeket lehet még jobban kivizsgálni.

### 3.3. A projekt mérföldkövei és megvalósítása

A könnyebb átláthatóság kedvéért az 1. táblázat tartalmazza a projekt fő mérföldköveit,

4. ábra: Függőleges és vízszintes hibaértékek 2020. májusában az egyik - szándékosan nem jelölt - mérési helyszínen



és ez egyben dokumentálja a megvalósítás lépéseit is. Részleteiben vizsgálva látható, hogy nagy komplexitású projektről van szó, amely a végrehajtás során számos változtatást is igényelt (ez figyelhető meg a mérföldkövek egymásutánosságában, hiszen azok sorszám szerint nem mindenhol a „logikus” sorrendben követik egymást).

Mivel a HungaroControl nem üzemeltetője a vidéki repülőtereknek, ezért külön megoldást igényelt az a körülmény, hogy hogyan adhatja át a légiforgalmi szolgáltató az adatokat ezekre a repülőterekre. Az utóbbira ugyanis feltétlenül szükség volt, hiszen akár az adatminőséggel kapcsolatos ADQ-rendelet miatt ilyen, a biztonság szempontjából kardinális eljárások, akár az adatok csak olyan féltől származhatnak az AIP-ben való publikálás céljaira, aki azoknak a felhatalmazott „tulajdonosa”, és azokért maradéktalanul felelősséget vállal. Ennek érdekében minden egyes vidéki repülőtérrel kötnünk kellett egy ún. átadási szerződést, amellyel így az adatok megfelelő felhasználása biztosítottá vált.

#### 4. KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Bár a projekt még a megvalósulás fázisában van, és csak 2020. év végével zárul le; a GNSS monitoringrendszer által gyűjtött adatok

elemzése már megkezdődött, illetve vannak olyan kapcsolódó tudományos kérdések is, amelyeket elkezdtünk feldolgozni. A kapcsolódó tudományos publikációk felsorolását tartalmazza az alábbi lista.

- Bence Takács, Rita Markovits-Somogyi, Mercedes Reche, „Deployment of the Hungarian E-GNSS Network and the results of its first year of operation” H-Space, 6th International Conference on Research, Technology and Education of Space, Budapest, 27-28 February 2020.
- B. Lupsic and B. Takács, “Analysis of the EGNOS ionospheric model and its impact on the integrity level in the Central Eastern Europe Region,” International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (2002-), vol. XLII-4/W14, pp. 159–165, 2019.
- Markovits-Somogyi, R., Takács B., de la Fuente, A., Lubrani, P., “Introducing E-GNSS navigation in the Hungarian Airspace,” in Selected papers of the 3rd International Conference on Research, Technology and Education of Space (H-SPACE2017), 2017.
- B. Takács, Z. Siki, and R. Markovits-Somogyi, “Extension of RTKLIB for the calculation and validation of protection levels,” International Archives of

1. táblázat

Mér-földkő száma	Leírása	Befejezés várható időpontja	Az igazolás módja
1	Projektindító megbeszélés	31/12/2017	Kiadott sajtóközlemény <a href="https://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/pbn4hu">https://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/pbn4hu</a>
2	Tájékoztatás az eredményekről	31/12/2020	Kiadott sajtóközlemény
3	Akadályadatbázis 2017-ben legalább egy repülőtérre	31/12/2017	HungaroControl által kiadott teljesítésigazolás
4	Akadályadatbázis 2018-ben további négy repülőtérre	31/12/2018	HungaroControl által kiadott teljesítésigazolás
5	Legalább egy eljárás elkészül 2017-re	31/12/2017	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
6	További öt eljárás elkészül 2018-ban	31/12/2018	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
7	További két eljárás elkészül 2019-ben	31/12/2019	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
8	Az eljárások publikálva az AIP-ben	31/12/2020	Hatósági jóváhagyás mind a tíz repülőtérre
9	A berepülés kész 2018-ban öt repülőtérre	31/12/2018	A berepülések jegyzőkönyvei
10	A berepülés kész 2019-ban egy repülőtérre	01/11/2019	A berepülések jegyzőkönyvei
11	GNSS monitoring rendszer műszaki specifikációja kész	31/12/2017	Külső szakértő által jóváhagyott műszaki specifikáció
12	GNSS monitoring rendszer eszközeinek beszerzése	31/07/2018	Aláírt szerződés
13	GNSS monitoring rendszer telepítése	31/12/2018	Az első státuszriport külső szakértő által jóváhagyva
14	Eljárások készen vannak két repülőtérre 2020-ban	31/07/2020	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
15	Berepülés kész négy repülőtérre 2020-ban	31/08/2020	A berepülések jegyzőkönyvei
16	GNSS monitoring rendszer üzemeltetés	19/09/2020	Az alvállalkozónak kiadott teljesítésigazolás

Photogrammetry and Remote Sensing (2002-), vol. XLII-4/W2, pp. 161–166, 2017.

- B. Takács and R. Markovits-Somogyi, “GNSS-monitoring légi navigációs alkalmazások szempontjából,” GEOMATIKAI KÖZLEMÉNYEK / PUBLICATIONS IN GEOMATICS, vol. XX., pp. 47–54, 2017.

## 5. AZ ELBÍRÁLÁST SEGÍTŐ SZEMPONTOK BEMUTATÁSA

• **Innovatív jelleg:** a megvalósult fejlesztés innovatív jellegét a projekt finanszírozásához szükséges háttérrel részben nyújtó európai intézmény természetén túl az is mutatja, hogy nem csak egyszerű eljárástervezést hajtottunk végre tíz magyarországi vidéki repülőtérré, hanem ezt összekapcsoltuk egy tizenegy mérőállomásból álló GNSS jelmonitorozó és analízáló hálózat kiépítésével is, amelyből a kapott adatokat tudományos igényességgel elemeztük, illetve a továbbiakban is vizsgáljuk. A mérések során számos olyan jelenséget sikerült feltárni, amelyek további tudományos vizsgálódás tárgyai lehetnek, ezek kiértékelése jelenleg is zajlik. Az eddig felmerült kérdésekre a válaszainkat pedig a kapcsolódó tudományos közleményekben megjelenítettük.

• **Megvalósítás mértéke:** A műholdas navigációs eljárások a magyarországi légiforgalmi tájékoztató kiadványban (az AIP-ben) szereplő valamennyi vidéki repülőtérré bevezetésre kerülnek a projekt révén, és ezt kiegészítve a teljes, tizenegy szenzorból álló hálózat kiépítése is megvalósult. A repülőterekre az eljárások bevezetése szakaszosan folyamatban van, míg a monitoringrendszer már egyéves próbaüzemen van túl. Az utóbbiból származó adatok tudományos igényű feldolgozása folyamatban van.

• **Hasznosság:** Az eljárások bevezetése operatív lehetőségeket ad a légtérhasználók kezébe, hogy kedvezőtlen időjárási körülmények között is meg tudják közelíteni az érintett repülőtereket. A fejlesztés hozzájárul a régiók kohéziójához az országon belül. Ezen felül ezzel a magasabb technológiai színvonallal

olyan légtérhasználókat is meg lehet szólítani, akiknek ez a megközelítési lehetőség képzési, oktatási, gyakorlati szempontból fontos. Nem elhanyagolható továbbá az a multiplikátor hatás, amely a közlekedési infrastruktúra fejlesztése és a mobilitás elősegítése révén pozitív gazdasági folyamatokat képes katalizálni.

• **Tudományos hatás:** komplementer jellegéből és a telepített GNSS-jelmonitorozó rendszer által gyűjtött adatoknak köszönhetően a projekt nem csupán egy légiforgalmi szolgáltató reguláris projektje, amely operatív igényeket elégít ki, hanem külön hangsúlyt fektettünk arra, hogy a monitoringrendszerből érkező adatokat tudományos igényességgel feldolgozzuk. Ennek kezdeti eredményeit a BME Általános és Felsőgeodéziai Tanszékének munkatársaival együttműködve már rögzítettük tudományos publikációk révén, illetve az adatok gyűjtése jelenleg is folyik. Különösen érdekes az ország keleti felének vizsgálata, amely bizonyos időszakokban kikerülhet a legmagasabb szintű EGNOS-lefedettség alól; illetve a rendszeresen tapasztalható GNSS-interferenciák elemzése is tudományos hozzáadott értékkel rendelkezik.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekben bemutatott, az INEA és a HungaroControl által finanszírozott innovációs projekt két fő területen hajt végre fejlesztéseket és kapcsolódó kutatást.

A pályázat egyik tevékenységcsomagja a magyarországi vidéki repülőterekre történő PBN (műholdas navigációs) eljárások megtervezésére fókuszál. Hét polgári és három katonai repülőtérré, nevezetesen LHBC – Békéscsaba, LHDC – Debrecen, LHPR – Győr-Pér, LHKE – Kecskemét, LHNY – Nyíregyháza, LHPA – Pápa, LHPP – Pécs-Pogány, LHSM – Sármellék, LHUD – Szeged, LHSS – Szolnok repülőterekre történik meg 2020. év végéig az eljárások elkészítése. A pályázat második fő tevékenységcsomagja pedig egy olyan GNSS-monitorhálózat kiépítését szolgálta, amely az EGNOS augmentációs rendszer működésének ellenőrzésére és elemzésére képes, és amely a

műholdas navigáció kapcsán felmerülő kérdések tudományos igényességű elemzését is lehetővé teszik. A projekt eredményei között tehát nem csak egy operatív igényt kiszolgáló megoldás kerül kialakításra és bevezetésre, hanem ezen tudományos határterület témáinak tudományos vizsgálata és ezek publikációja is megtörténik.

Nem utolsósorban ez az innovatív K+F projekt azért is megérdemli a kitüntetett figyelmet, mert egy olyan alulról jövő kezdeményezést és jó példát mutat be, amikor európai uniós forrásokat tudunk megszerezni annak érdekében, hogy a magyar repülést, ezen belül is a vidéki régiók kohézióját elősegítsük.  
(A pályázat benyújtása: 2020. 06. 30.)



## The introduction of satellite navigation procedures at Hungarian rural airports

In the summer of 2019, the National Toll Payment Service Ltd. (NÚSZ Zrt.) and the Hungarian Scientific Association for Transport (KTE) established a new transport award called the Transport Innovation Award. The aim of the competition, as defined by the founders, is to “embrace innovative initiatives and scientific ideas”. This article is a presentation of the winning entry for the 2020 Transport Innovation Award.



## Einführung von Satelliten-navigationsverfahren auf ungarischen Landflughäfen

Im Sommer 2019 haben die Nationale Mauterhebung Geschlossene Dienstleistung AG und die ungarische Wissenschaftliche Vereinigung für Verkehr (KTE) einen neuen Preis für die Innovation im Verkehr gegründet. Das Ziel des Wettbewerbs ist laut der Definition von den Gründern „die Förderung von innovativen Initiativen und wissenschaftliche Ideen“. Dieser Artikel ist eine Präsentation des Beitrags vom Gewinner des Preises für die Innovation im Verkehr in 2020.

### E számunk lektorai

Barlog Károly ■ Dr. Katona András ■ Perger Imre  
Dr Pósfalvi Ödön ■ Dr. Tánczos Lászlóné ■ Dr. Tóth János

