

# ANALÝZA RUŠENIA SIGNÁLU GNSS NA LETISKU POPRAD- TATRY

## ANALYSIS OF GNSS SIGNAL INTERFERENCE AT THE AIRPORT – TATRY POPRAD

### Andrej Novák

Katedra leteckej dopravy  
Žilinská univerzita v Žiline  
Univerzitná 8215/1  
010 26, Žilina  
andrej.novak@fpedas.uniza.sk

### Alena Novák Sedláčková

Katedra leteckej dopravy  
Žilinská univerzita v Žiline  
Univerzitná 8215/1  
010 26, Žilina  
alena.sedlackova@fpedas.uniza.sk

### Anna Stelmach

Faculty of Transport,  
Warsaw University of Technology  
ul. Koszykowa 75  
00-662 Warsaw  
ast@wt.pw.edu.pl

### Abstract

*The paper is focused on the GNSS signal interference during the airport approach procedures at small Slovak regional airport Poprad-Tatry. The paper analyzes the simulation of the situation during the identification and monitoring of GNSS signal interference by ground station situated at the airport. Nowadays is still important to develop air transport and increasing the safety and continuity of provided services even at small regional airports. One of the most appropriate possibilities is to use at this kind of airports with insufficiently equipped navigation infrastructure the GNSS approach. The monitoring of reliability of this system and implementation of monitoring the GNSS signal interference in the final phase of the instrument approach will increase the safety of the flight.*

### Keywords

*aircraft, GNSS, signal interference, safety*

## 1. Úvod

Satelitné navigačné systémy existujú od začiatku 60-tych rokov, kedy začal vývoj prvých navigačných satelitov. Vývoju satelitných systémov a ich implementácii do letectva v 90-tych rokoch dopomohol aj masívny rozvoj výpočtovej techniky, zvyšovanie a zavádzanie nových postupov do riadenia vzdušného priestoru, ale aj problémy s navigačnou výkonnosťou existujúcich pozemných terestriálnych navigačných systémov. Jedným z prvých podstatných míľnikov využívania satelitných navigačných systémov v civilnom letectve, bolo zostrelenie civilného lietadla Korean leto K007 dňa 1. septembra 1983, ktoré vzniklo v dôsledku chýb posádky pri navigácii. Lietadlo sa odchyľilo z pravidelnej a plánovanej trasy, vletelo do sovietskeho vzdušného priestoru, kde bolo chybné identifikované a následne zostrelené. Ako reakcia na tento incident bolo uvoľnenie vojenského navigačného satelitného systému GPS pre civilné účely prezidentom USA Ronaldom Reganom. Druhým míľnikom bolo vypnutie zámerného znepresnenia signálu GPS L1 C/A 1.mája 2000 a zavedenie rozšírených satelitných navigačných systémov, a to buď na báze pozemného rozšírenia označovaného GBAS, alebo na báze satelitného rozšírenia na báze SBAS. Oba varianty rozšírenia satelitných navigačných systémov poskytujú používateľom v letectve výhody zvýšenej presnosti určenia polohy 3D, kontinuity, integrity a bezpečnosti.

Tretím míľnikom vo vývoji je zapojenie nových satelitných navigačných systémov, ktorými sú Galileo a BeiDou do leteckej navigácie a ich využitie pre letectvo. Tento krok umožní prechod od jedného signálu GPS L1 C/A na osem signálov zo štyroch satelitných navigačných systémov (Eurocontrol, 2018). Pokiaľ americký systém GPS na frekvencii L1 zabezpečoval doteraz v leteckej navigácii požadovanú navigačnú výkonnosť (PBN – Performance-based Navigation), určenie polohy lietadla

pre automatické závislé sledovanie (ADS-B) a navigačnú podporu pre systémy slúžiace pre bezpečnosť (TAWS - Terrain Avoidance Warning Systems), tak v budúcnosti sa predpokladá, že budú v leteckej navigácii resp. aj v iných druhoch navigácie používané dvoj frekvenčné multikonštalčné služby (DFMC - Dual Frequency Multi Constellation services), kombinujúce dve frekvencie z rôznych satelitných navigačných systémov Amerického GPS, Ruského GLONASS, Európskeho Galileo, Čínskeho BeiDou, ktoré pomôžu civilnému letectvu zvýšiť navigačnú výkonnosť, kontinuitu a integritu systému presnej leteckej navigácie. Teda DFMC GNSS v letectve znamená využitie dvojfrekvenčného signálu až zo štyroch GNSS zdrojov. Toto umožní zlepšiť palubný rozšírený satelitný systém (ABAS), satelitný rozšírený systém (SBAS) a pozemný rozšírený systém (GBAS). Zvedenie DFMC pre použitie v civilnom letectve sa predpokladá v rokoch 2025 až 2028. Myšlienka zavedenia DFMC nie je nová a jej využívanie je už bežné v oblasti geodézie a kartografie viac ako 10 rokov, pričom prvé prístroje s touto funkcionalitou poskytovali na trhu firmy Leica a Trimble (Rostáš, 2017).

Problém závislosti systémov GNSS iba na jednom zdroji dát, ktorým je GPS L1 C/A je v značnej miere veľmi obmedzujúci z pohľadu bezpečnosti a pravidelnosti leteckej dopravy. Z pohľadu ekonomickej efektívnosti sa takýto monopol v poskytovaní navigačných informácií na prvý pohľad môže zdať výhodný, ale má svoje limity z pohľadu potreby udržiavania rozsiahlej pozemnej a palubnej infraštruktúry založenej na konvenčnej navigácii VOR/DME, resp. DME/DME. Takto monopolne postavený GNSS iba na GPS L1 C/A je málo odolný voči náhodnému rušeniu a zámernému rušeniu frekvencie v niektorých regiónoch sveta. V Európe, ale aj inde vo svete dochádza k náhodnému, lokálnemu rušeniu satelitných navigačných systémov, ktoré tak strácajú svoju navigačnú

výkonnosť, kontinuitu poskytovania služby a v neposlednom rade aj presnosť určenia polohy a času (Eurocontrol, 2018).

## 2. Identifikácia rušenia signálu GNSS

Problematika identifikácie rušenia signálu GNSS bola rozpracovaná viacerými autormi publikácií, pričom tento problém je možné rozdeliť na dva parciálne problémy. Prvým je rušenie signálu GNSS, ktoré je nežiaduce nie len v oblasti leteckej dopravy pri určovaní polohy v reálnom čase, ale aj pri inteligentných dopravných systémoch. Druhým parciálnym problémom je identifikácia a lokalizácia rušenia signálu GNSS. Týmto problémom sa obširnejšie venujú aj autori (Novák, 2019). Neverejné signály GNSS, ktoré sú poskytované pre vojenské a špeciálne aplikácie sú obvykle šifrované. Ich odolnosť voči rušiacemu signálu je relatívne väčšia vzhľadom na využitie dvoch a viacerých nosných frekvencií pre prenos navigačných dát. Avšak vo verejne dostupných službách označovaných ako „open service“ (OS) je signál vysielaný na jednej frekvencii, takže odolnosť tohoto systému výrazne klesá. Vzhľadom na skutočnosť, že signál zo satelitu má na povrchu zeme veľmi nízku hodnotu intenzity signálu rádovo -120 až -130 dBW (prijímač je schopný spracovať signál až do úrovne -158,5dBW) (Kováčik, 2019), je najjednoduchším útokom na signál GNSS generovanie interferencie alebo jammingu. V prípade použitia meaconingu alebo spoofingu, je takýto typ útoku oveľa náročnejší, a preto si tento typ rušenia vyžaduje pomerne dobré technické zabezpečenie, ktorého zaobstaranie je pomerne finančne náročné. Napríklad dosky HackRF one umožňujú postaviť pomerne jednoduchý systém do 250,-EUR. Meaconing, vysielanie falošného signálu so zámerom naviesť cieľ do inej oblasti, si vyžaduje sofistikované know-how, ale aj technické vybavenie zodpovedajúce rádovo desiatkam tisíc eur (antény systém, generátor GNSS signálu, radar respektíve lidar alebo kamerový systém na zisťovanie polohy rušeného cieľa).

Rušenie signálu GNSS môžeme rozdeliť do dvoch kategórií. Prvú kategóriu tvoria rušenia, ktoré nie sú zámerné a vznikajú od rôznych elektrických zariadení pracujúcich na harmonických frekvenciách blízky k systémom GNSS. Či už sú to rôzne rádioreléové spoje, televízne vysielače, radary, ale aj poškodené bázové stanice mobilných operátorov (BTS). Druhú skupinu tvorí rušenie resp. jamming spôsobené zámerným rušením frekvenčného spektra signálov GNSS. Tu ide buď o zámerné koordinované útoky, alebo ľudí využívajúcich osobné rušičky rádiového spektra označované aj ako PPD (Personal Privac Device). Ako typický prípad rušenia je možné použiť príklad rušenie signálu GNSS na letisku Newar v New Jersey v roku 2009, kde bol novo inštalovaný systém GBAS (Curran, 2017). Tento systém vykazoval v logoch krátkodobé výpadky integrity systému, spôsobené prerušovaním signálu GNSS (GPS L1 C/A). Po dvoch mesiacoch vyšetrovania zo strany Federálneho úradu civilného letectva v USA (Federal Aviation Administration, FAA) bolo identifikované rušenie, ktoré bolo spôsobené prechádzajúcim vozidlom s vodičom, ktorý používal voľne dostupné PPD. Počas incidentu nedošlo k žiadnym škodám na majetku a životoch, avšak tento prípad ukázal, ako jednoducho je možné rušiť tak sofistikovaný systém GBAS, pokiaľ je postavený na prijíme jedného signálu GNSS (GPS L1 C/A)(Novák, 2019).

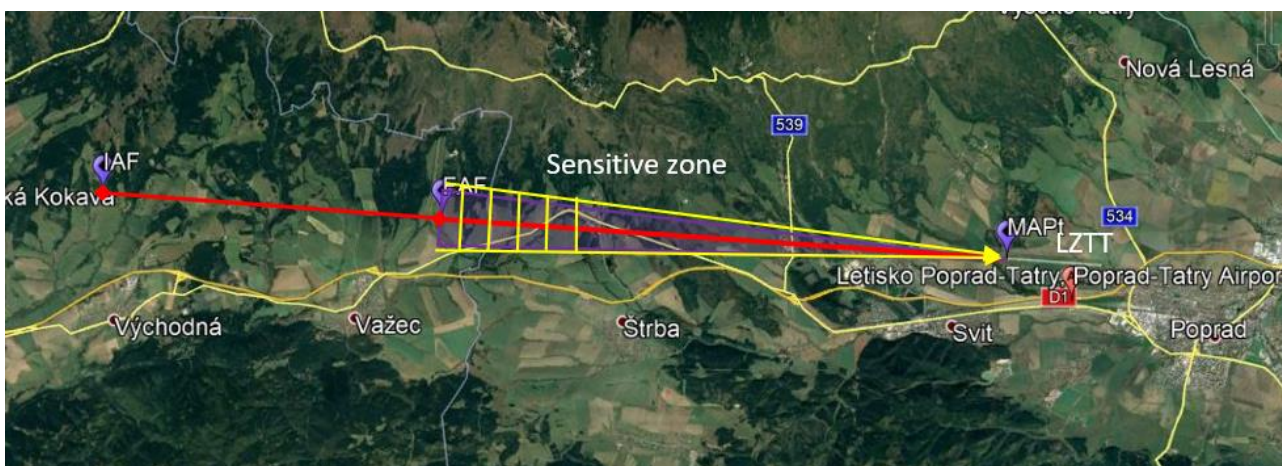
Rušenie na frekvencii GPS L1 sa môže vo vysielanom spektre prejavovať rôznym spôsobom vzhľadom na skutočnosť, že signál je

rozprestretý. Vzhľadom na skutočnosť, že elektromagnetické spektrum je obmedzené, musí byť jeho vysielanie regulované. Reguláciou spektra sa zaoberá Medzinárodná telekomunikačná únia (International Telecommunication Union /ITU), pričom vysielanie frekvencií GNSS je v oblasti RNSS frekvenčného pásma 1164 až 1215 MHz, 1240 až 1330 MHz a 5010 až 5030 MHz (Brída, 2013).

Potencionálne rušenie signálu GNSS je problematické predovšetkým vo fáze konečného priblíženia lietadla. Nakoľko v tejto fáze letu je požadovaná najväčšia navigačná výkonnosť lietadla. (DOC 9631, 2008) Ak stanovujeme kritickú fázu letu, môžeme vychádzať zo štatistík nehôd. (Geoffrey, 2018) Z tejto vyplýva, že najväčšie percento je vo fáze konečného priblíženia a pristátia (Final Approach and Landing). Problematickými sú práve oblasti pre využitie presného priblíženia, ktoré pretína dopravná infraštruktúra (diaľnice alebo cesty s vysokou intenzitou dopravy) respektíve sú v husto zastavaných oblastiach (priemyselné zóny, výrobné závody a špecializované podniky). Podľa (Curran, 2017) dochádza k náhodnému rušeniu signálu práve nad oblasťami, ktoré sú priemyselne aktívnymi zónami, alebo sú tam dopravné infraštruktúry s vysokou intenzitou. Typickým príkladom je letisko Frankfurt, kde dochádza k rušeniu signálu GNSS predovšetkým z automobilov nachádzajúcich sa na diaľnici A3, ktorá je paralelná so vzletovou a pristávacou dráhou. Na základe výsledkov experimentov (Novák, 2018b), s použitím metódy analógie sme sa rozhodli otestovať pre letisko Poprad Tatry tento model a identifikovať tak pre uvedené letisko kritický bod priblíženia z pohľadu rušenia signálov GNSS. Na základe výsledkov nášho merania (experimentu) realizovaného na letisku Žilina (Novák, 2018a), je možné vyvodiť, že kritickým miestom sú z pohľadu personálnych (osobných) rušičiek a automobilových rušičiek práve miesta, kde cestná infraštruktúra (diaľnica, cesta prvej triedy) pretína zostupovú os pre prístrojové priblíženie. V prípade letiska Poprad\_Tatry sú schválené dve priblíženia RNP RWY 27 a RNP RWY 09 ktorých zostupová os pretína cestnú infraštruktúru. Na základe vyššie uvedených poznatkov je možné identifikovať kritické miesto, ako miesto, respektíve priestor, kde keď lietadlo klesne pod kritickú výšku nad terénom (obrázok č.1 a obrázok č.2). Táto výška je rozdielna pre jednotlivé smery z dôvodu rôzneho zostupového uhla, ktorý vychádza z orografie terénu ako aj z požiadaviek predpisu ICAO DOC 8168. Na obrázku č. 2 je kritická fáza letu vyznačená fialovou farbou a je vymedzená priestorom MAPt (Missed Approach Point) až po priestor FAF (Final Approach Fix) v prípade priblíženia RNP RWY 09. Kritická fáza letu pre RNP RWY 27 je vyznačená fialovou farbou a začína bodom MAPt a končí vo vzdialenosti 4,5 NM od tohto bodu smerom k FAF, tak ako je načrtnuté na obrázku č.1.



Obrázok 1: Zostupová os priblíženia pre letisko Poprad pre dráhu 27. Zdroj: Autori.



Obrázok 2: Zostupová os priblíženia pre letisko Poprad pre dráhu 09. Zdroj: Autori.

### 3. Analýza možných miest umiestnenia detektora

Na základe štatistických výstupov merania, ktoré vykonávala Polícia SR v spolupráci s Úradom pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb bolo v rokoch 2012 až 2017 zistené, že výskyt rušenia GNSS na frekvencii GPS L1 je predovšetkým na diaľničných úsekoch, rýchlostných cestách a cestách prvej triedy, ktoré podliehajú spoplatneniu mýtnym systémom využívajúcim GPS L1. Preto je veľmi dôležité analyzovať práve tieto typy ciest a ich súbeh s osou priblíženia pre dráhu 27 a 09. Pri analýze možných miest sme vychádzali z orografie terénu, modelu šírenia elektromagnetických vln, citlivej zóny a profilu zostupovej osy pre prístrojovú dráhu 27 a 09. Pre našu analýzu sme si vybrali práve letisko Poprad-Tatry,

ktoré svojim charakterom predstavuje typický prípad regionálneho letiska umiestneného v členitom horskom teréne s rôznymi zostupovými uhlami. Na letisku je vykonávaná nepravidelná letecká doprava, charterové lety, výcvik študentov a vrtuľníková záchranná zdravotná služba. Pri voľbe vhodného miesta umiestnenia je nutné analyzovať možné potencionálne zdroje rušenia a ich dosah na zostupovú os prístrojového priblíženia pozri obrázok č. 3. V tomto prípade sme identifikovali na základe expertného posúdenia, body 1,2 a 3 význačné v obrázku č. 3, ktoré ležia na existujúcej dopravnej infraštruktúre a prelínajú sa so zostupovou osou pre dráhu 09 a 27. Uvedené úseky sú z nášho pohľadu kritické pre vykonanie bezpečného priblíženia.





Obrázok 3: Priblíženie na letisko Poprad pre dráhu 09 a 27. Zdroj: Autori.

Toto rozdelenie nám umožní presnejšie identifikovať riziká, ktoré by rušenie signálu GNSS mohlo spôsobiť v tejto fáze letu (obrázok č.1 a obrázok č.2). Napriek tomu, že existuje spracovaných niekoľko štúdií (LPS SR, Eurocontrol), ktoré popisujú uvedené riziko, žiadna z nich explicitne nepočíta s zámerným rušením a jeho nárastom v období po zavedení prístrojového priblíženia LPV, ba dokonca ani pri následných kalibračných letoch sa už neuvažuje s ich opakovaním. Napriek skutočnosti, že počas tejto fázy letu sa stalo až 48% z celkového počtu fatálnych incidentov (Geoffrey, 2018). Na základe vyššie uvedených, analýz, zistení a modelovania situácie sme sa rozhodli identifikovať vhodné miesto pre umiestnenie detektora rušenia signálu GNSS. Pri rušení GNSS signálu musíme počítať nie len s montovaním GPS, GLONASS a Galileo, ale aj s monitoringom signálu EGNOS, signálom je vysielaný na rovnakej frekvencii ako GPS L1 1575,42 MHz. Podmienky, ktoré by takýto bod mal spĺňa sú nasledujúce: technická infraštruktúra (napojenie na elektrickú sieť a možnosť prenosu dát) a úsek na trati konečného priblíženia. Z expertnej analýzy teda vyplýva, že takýto bod by mal byť na letisku Poprad- Tatry v osi zostupovej roviny pre prístrojovú drahú RNP RWY 09, ale aj pre prístrojovú dráhu RNP RWY 27.

#### 4. Simulácia rušenia v reálnom prostredí a jeho identifikácia

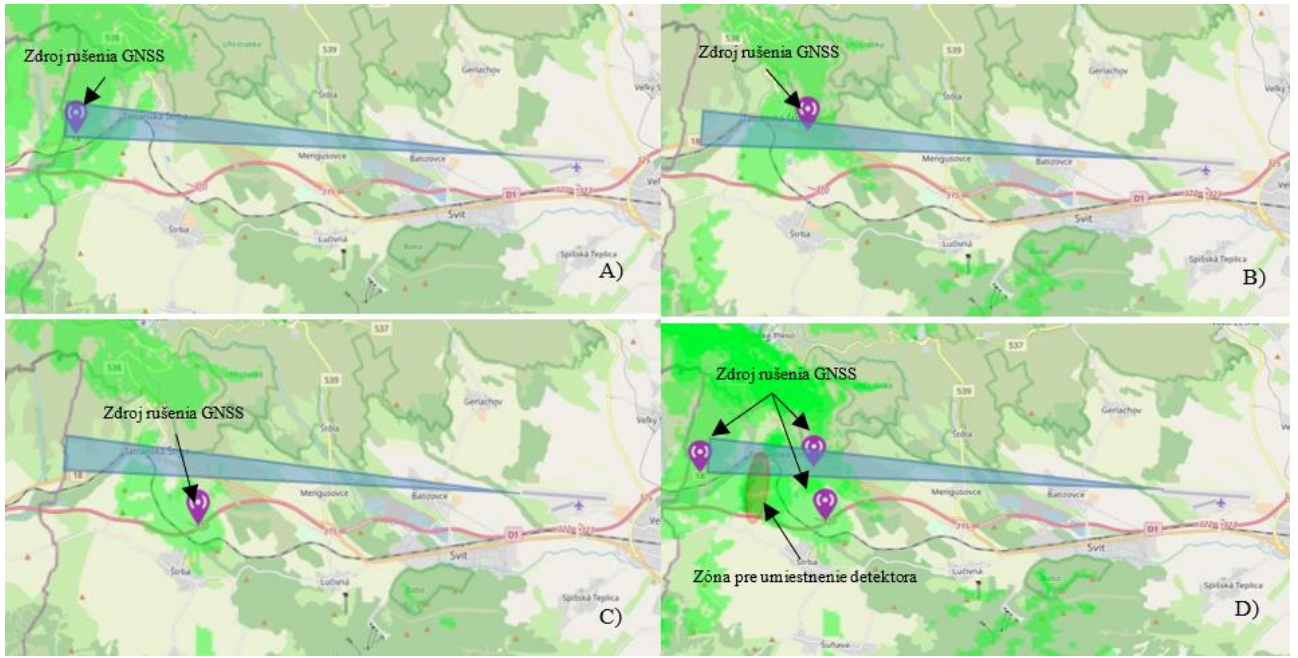
Pre letisko Poprad-Tatry sme vybrali dva body, prvým bodom pre RNP RWY 09 je bod NDB TATRY WEST, druhým bodom pre RNP RWY 27 je bod VOR/DME TATRY. V týchto bodoch sme umiestnili v simulácii prijímač signálu GNSS, pričom výška antény nad zemou zodpovedá výške existujúceho stožiaru, s umiestnením antény vo výške 10 m nad terénom. Pre simuláciu rušiacieho signálu sme zvolili auto pohybujúce sa po diaľnici s výškou antény, ktorá ruší signál cca 2 m nad terénom, čo predstavuje bežné dodávkové auto alebo jazdná súprava. Parametre rušičky boli stanovené ako priemerná hodnota z dostupných generátorov signálu a merania bežne dostupných jammerov predávaných na internete. Výkon pre nás dostupných „jammerov“ sa pohybuje spravidla od -18 dBm  $\pm$ 2dBm bol už popísaný v článkoch (Kováčik, 2019), resp. Bol odmeraný prostredníctvom FSH4 R&S. Zisk antény a útlm bol pre zjednodušenie výpočtu stanovený na hodnotu 0 dB, obdobne bola zvolená citlivosť prijímača – 160 dBm a -140dBm

a zisk antény 0 dB (parametre prijímačov vychádzajú z technickej špecifikácie modelov meracích prístrojov FSH4 resp. FSH18 R&S a NVR8). Tieto parametre nám definujú dosah signálu, ktorý je vysielaný rušičkou, ako aj parametre prijímača, ktorý signál prijíma a spracováva.

Následne sme vytvorili simuláciu rušenia pre RNP RWY 09, kde sme vybrali tri body – pozri obrázok č.4 A),B),C), preložením týchto čiastkových máp šírenia signálu vznikla výsledná mapa šírenia obrázok č.4 D), kde je vyznačená oblasť prekrytia signálom zo všetkých troch bodov. Na základe tejto simulácie vznikol priestor označený na obrázku 4 D) červenou farbou kde je vhodné inštalovať detektor rušenia GNSS signálu. Z tohto pohľadu sa nami zvolený bod NDB TATRY WEST javí ako vhodný pre detekciu rušenia ktoré je východné od uvedeného bodu. Nie je však vhodný pre detekciu rušenia signálu od bodu na obrázku č.4 A), preto meranie rušenia bude potrebné posunúť viac smerom na západ a umiestniť ho do obce Štrba.

Druhá simulácia bola vykonaná pre RNP RWY 27, kde sme vybrali dva body obrázok č.5 A), B), preložením týchto máp šírenia vznikla výsledná mapa šírenia obrázok č.5 C), kde je vyznačená oblasť prekrytia signálom z dvoch bodov. Nami zvolený a vypočítaný bod VOR/DME TATRY je pre tento úsek sledovania zvolený vhodne a môže byť použitý pre detekciu rušenia signálu GNSS.

Na základe vykonanej analýzy a následnej simulácie v prostredí programu Radio Coverage Tool od firmy Nautel Ltd. je možné konštatovať, že problém detekcie rušenia signálu GNSS v členitom teréne s rozsiahlou cestnou infraštruktúrou a obmedzeným množstvom bodov pre meranie môže spôsobiť nedostatočné pokrytie monitorovania kritických zón, tak ako sú určené na obrázku č.1 a obrázku č.2. Preto je potrebné postupovať obzvlášť opatrne pri analýze rizík, ktorá sa spracováva pri publikovaní týchto postupov. Je treba zvážiť, že jej spracovanie by malo byť vykonané vždy keď dôjde k rozšíreniu, alebo zmene dopravnej infraštruktúry resp. zväčšeniu aglomerácie, ktorá zasahuje do ochranného pásma daného rádionavigačného zariadenia v súlade s predpisom ICAO DOC 015.



Obrázok 4: Potencionálne riziko rušenia GNSS signálu na letisku Poprad pre dráhu 09. Zdroj: Autori.



Obrázok 5: Potencionálne riziko rušenia GNSS signálu na letisku Poprad pre dráhu 27. Zdroj: Autori.

## 5. Diskusia

Bezpečnosť, spoľahlivosť a kontinuita patria medzi hlavné priority leteckej dopravy. Pritom si je dôležité si uvedomiť, že pozemná infraštruktúra pre poskytovanie rádionavigačných služieb musí plniť prísne podmienky práve v týchto troch oblastiach. Zariadenia pre navigáciu pracujú v nepretržitej 24H prevádzke, pričom ich miera spoľahlivosti musí dosahovať min. 98% počas ich plánovanej doby životnosti podľa ICAO Annex 10. Pokiaľ pozemné terestriálne systémy, akými sú VOR/DME, ILS, sú zariadenia, ktoré pracujú na vyhradených frekvenciách a sú chránené. Satelitné navigačné zariadenia, boli pôvodne navrhované pre vojenské využitie a len čiastočne pre civilné letectvo, ktoré avšak nebolo pri návrhu prioritou. Až neskôr boli uvoľnené a schválené Medzinárodnou organizáciou pre civilné letectvo (ICAO) pre celosvetové použitie, s podmienkou že musí existovať záloha v prípade výpadku systému alebo jeho chyby. Problém závislosti systémov GNSS iba na jednom zdroji dát, ktorým je GPS L1 C/A je v značnej miere veľmi obmedzujúci z pohľadu bezpečnosti, spoľahlivosti a kontinuity leteckej dopravy. Z pohľadu ekonomickej efektívnosti sa takýto monopol v poskytovaní navigačných informácií na prvý pohľad môže zdať výhodný, ale má svoje limity z pohľadu potreby udržiavania rozsiahlej pozemnej a palubnej infraštruktúry založenej na konvenčnej navigácii VOR/DME, resp. DME/DME. Takto monopolne postavený GNSS iba na signál GPS L1 C/A, ktorý je málo odolný voči náhodnému rušeniu a zámernému rušeniu prenosového kanálu. Táto nízka odolnosť vychádza z použitej technológie pre vysielanie kódu C/A na frekvencii L1, ako aj z systému vysielania iba jednej frekvencie s použitím časového a kódového multiplexu. Napriek tomu naša simulácia poukazuje na fakt, že je možné prevádzkovať aj z pohľadu ekonomickej efektívnosti systémy GNSS, na prístrojové priblíženie s vysokou mierou bezpečnosti a kontinuity v prostredí s vysokou mierou rušenia a interferencie, za podmienky monitorovania stavu rušenia a možnosti včasného varovania posádky pred stratou navigačnej výkonnosti. Autori článku týmto preukázali, že súčasné administratívne riešenie nie je na dostatočnej úrovni bezpečnosti z pohľadu súčasných znalostí problematiky rušenia GNSS a technického rozvoja pozemných a satelitných navigačných systémov. Nakoľko pri analýze rizika sa vychádza faktov, že úmyselné rušenie signálu GPS L1 C/A je „zakázané a monitorované“ (Zákon 351/2011 §4 ods. 6) čo však nie je úplne pravda vzhľadom na fakt, že monitoring rušenia nie je plošne vykonávaný na celom území SR.

## 6. Záver

Zavedenie postupov GNSS na presné priblíženie na letiskách v Slovenskej republike, ktoré sú klasifikované ako priblíženia RNP (RNP APCH) (VYKONÁVACIE NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2018/1048) vyvolalo viacero otázok k bezpečnosti a spoľahlivosti používania týchto postupov. Napriek zavedeným systémom riadenia kvality a analýze rizika, nie sú do dnešného dňa zodpovedané všetky otázky bezpečnosti, spoľahlivosti a kontinuity poskytovania týchto služieb na letiskách. Na základe početných správ o rušení GNSS a znížením navigačného výkonu prijímačov GNSS GPS L1 C/A sme sa rozhodli uskutočniť analýzu možností umiestnenia detektora rušenia GNSS pre letisko Poprad-Tatry (LZTT) a navrhnuť priestor pre jeho umiestnenie na základe simulácie rušenia signálu, kde zdrojom je dopravná infraštruktúra. Je potrebné si uvedomiť, že bezpečnosť,

spoľahlivosť a kontinuita sú v leteckej doprave hlavnými prioritami pre zabezpečovanie služieb. Na základe výsledkov analýzy a simulácie, ako aj samotnej diskusie je možné formulovať odporúčania pre zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti priblížení GNSS.

Navrhované odporúčania, v prípade schválenia letiska pre priblíženie s využitím GNSS je potrebné, aby analýza rizika mala iba obmedzenú dobu platnosti a musela byť vykonávaná v pravidelných intervaloch. Inštalačné kalibračné meranie by malo dokumentovať počiatkový stav a zmapovať možnosti a hrozby a analyzovať riziká zavedenia GNSS.

## Pod'akovanie

Článok je publikovaný v rámci projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** „Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe *Letecká doprava a Profesionálny pilot*“.

## Referencie

- Brida, P., Machaj, J., Benikovsky, J. (2014). A modular localization system as a positioning service for road transport. *Sensors (Switzerland)*, 14(11), 20274-20296. doi:10.3390/s141120274
- Brida, P., Mlynka, M., Machaj, J. (2013). How to solve GNSS problem in critical environment? Paper presented at the INES 2013 - IEEE 17th International Conference on Intelligent Engineering Systems, Proceedings, 27-31. doi:10.1109/INES.2013.6632835
- Catlos, M., et. all. (2018). Continual monitoring of precision of aerial transport objects. Paper presented at the NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development, Proceedings, 76-81. doi:10.1109/NTAD.2018.8551683
- Curran T.J et.all. (2017). A Look at the Threat of Systematic Jamming of GNSS, *Insied GNSS*, September/October 2017, S 46-53. Source: <http://insidegnss.com/auto/sepoc17-CURRAN.pdf>
- Dunkel, W., Butsch, F. (2000): *GNSS Monitoring and Information Systems at Frankfurt Airport,* ION GNSS, Salt Lake City, UT, 2000
- EUROCONTROL, (2018). Eurocontrol helps build consensus on how dual frequency multi-constellation GNSS will be used in aviation. Source: <https://www.eurocontrol.int/news/moving-one-gps-signal-eight-signals-four-constellations> (Date: 07.10.2019)
- Geoffrey, T. (2018). Landing The Most Dangerous Phase of Flight, *AirlineRatings*, Source: <https://www.airlineratings.com/news/passenger-news/landing-dangerous-phase-flight/> (Date: 7.10.2019)
- Kováčik, L., Novák, A. Lusiak, T. (2019): Measurement of GNSS Interference at Airport Zilina, *AEROjournal*, Issue 2, Volume 14, <http://doi.org/10.26552/aer.C.2019.2.1>

- Kraus, J., Pleninger, S., & Hospodka, J. (2019). Methodology for positioning of GNSS interference detector. Paper presented at the ICMT 2019 - 7th International Conference on Military Technologies, Proceedings, doi:10.1109/MILTECHS.2019.8870015
- Novák, A., Havel, K., Bugaj, M. (2018a). Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory In: INAIR 2018, Aviation on the Growth Path. - ISSN 2352-1465. - Hainburg: Elsevier, 2018. - s. 271-278
- Novák, A., Skultéty, F., Kandra, B., Lusiak, T. (2018b). Measuring and testing area navigation procedures with GNSS. Paper presented at the MATEC Web of Conferences, 236 doi:10.1051/mateconf/201823601004
- Novák A., et all. (2019) GNSS signal interference and its impact on safety of air transport In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve. - ISSN 2644-495X. - Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2019. - ISBN 978-80-554-1549-9. - s. 81-84
- Rostáš, J., Škultéty, F. (2017). Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? Paper presented at the Transportation Research Procedia, 28 217-225. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.188
- VYKONÁVACIE NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2018/1048, ktorým sa stanovujú požiadavky na využívanie vzdušného priestoru a prevádzkové postupy týkajúce sa výkonnostnej navigácie, z 18.júla 2018
- Zákon č. 351/2011 Z. z. o elektronických komunikáciách, z 14. septembra 2011.
- ICAO DOC 8168, Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations,