



# ANALÝZA VYUŽITIA POZEMNÝCH RÁDIONAVIGAČNÝCH ZARIADENÍ V CIVILNOM LETECTVE

**Leo Kontra**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

**Frederik Chodelka**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

## Abstract

*The goal of this article is to showcase the different possibilities and ways to execute instrument navigation in civil aviation. Two general types of navigational aids and systems are presented, which are, on one hand the conventional, ground-based radionavigational aids and on the other hand, the more modern, satellite based systems. Differences between them are explained together with their advantages and disadvantages. The current situation in this area is analysed, especially in Slovakia with its surrounding countries, and the changes in procedures that occur in time are noted. The next way of evolution in the future is also indicated based on commenced processes as well as the current legislation concerning this area. In the end readers of this article are given a brief introduction into this problematic containing the current trends of evolution.*

## Keywords

*Radionavigation, aviation, conventional, PBN*

## 1. Úvod

Už od počiatku letectva na začiatku dvadsiateho storočia, odkedy letectvo, či už civilné, alebo vojenské, nepredstavovalo iba schopnosť vzlietnuť so strojom a následne s ním aj bezpečne pristáť, ale aj preletieť od daného bodu A do bodu B, bolo potrebné nájsť spôsoby, ako tak urobiť. Piloti museli mať aspoň základné znalosti navigácie, bez ktorých by navigačné lety neboli možné. Pre uľahčenie takejto navigácie aj v zhoršených poveternostných podmienkach sa postupne zavádzali rôzne zariadenia a systémy, o ktorých bude v tomto článku napísané viac.

Postupom času s vývojom novších a modernejších technológií, ako aj s rozmachom letectva niektoré staršie pozemné rádionavigačné zariadenia prestali byť dostatočne presné a efektívne. Z toho dôvodu sa začal rozširovať úplne nový typ navigačných systémov, založených na satelitných systémoch, ktoré v niektorých oblastiach čiastočne, alebo úplne nahradili pôvodné technológie.

## 2. Pozemné rádionavigačné zariadenia

V počiatkoch letectva fungovala iba navigácia podľa viditeľnosti, preto bola nespoľahlivá. Pre prekonanie tohto problému boli postupne vyvíjané pozemné zariadenia ako NDB, VOR, DME, ILS a ďalšie, ktoré umožňujú lety aj za podmienok IMC.

### 2.1. Nesmerový maják (NDB)

NDB je najstarší pozemný vysielač, ktorý vysiela rádiové vlny vo všetkých smeroch v pásmach LF a MF. Na palubách lietadiel musí byť nainštalované zariadenie ADF, ktoré tieto vlny spracováva a zobrazí na prístroji RBI, alebo RMI relatívny smerník k NDB majáku. [1][2]

Existujú dva typy týchto NDB majákov, prvým z nich sú traťové. Tie majú väčší dosah, zvyčajne minimálne 50 NM, vytyčujú

letové trasy a slúžia hlavne na navigáciu počas letov v cestovnej hladine. Druhým typom sú miestne NDB, alebo aj „lokátory“, ktoré majú menší výkon a tým pádom aj menší dosah, približne 10 – 25 NM. Sú využívané pri nepresných NDB priblíženiach a ako polohové návěstidlá pri presných ILS priblíženiach.

S faktom, že sú NDB majáky najstaršie zariadenia svojho druhu súvisí aj fakt, že sú najmenej presné. Ich presnosť sa pohybuje v rozmedzí +/-5° a ovplyvňujú ju viaceré efekty. Tými sú statická elektrina, nočný efekt, horský efekt, alebo pobrežný lom. [1][2]

Mohlo by sa zdať, že vzhľadom na svoj vek už dnes tieto majáky nikde nenájde, no opak je pravdou a existujú oblasti, kde sú dokonca jediným zariadením poskytujúcim prístrojovú navigáciu.

### 2.2. Všesmerový maják (VOR)

Časom bolo potrebné zväčšiť presnosť a zmenšiť chyby, ktoré vznikajú s NDB majákmi. Preto v roku 1960 ICAO implementovalo rádiomaják VOR, ktorý mal slúžiť ako základný prostriedok na vytyčovanie letových ciest, ako aj prístrojových priblížení. Vo VHF pásme vysiela 360 radiálov QDR, ktoré sú rozmiestnené v rozstupoch jedného stupňa, aby tak vytvorili celú ružicu radiálov do všetkých smerov. Palubné zariadenie odmeria, na ktorom radiáli sa lietadlo nachádza a zobrazí túto informáciu na príslušnom prístroji. [2]

Poznáme viacero druhov VOR, ktoré však majú minimálne rozdiely. Sú nimi CVOR, TVOR, BVOR, DVOR, alebo testovacie VOT. Okrem toho môžu byť vytvorené aj ich kombináciou, alebo s inými zariadeniami, ako napr. veľmi časté VOR/DME. [1][2][3]

Najbežnejšou a najmarkantnejšou chybou VOR zariadení je kužeľ nespoľahlivej indikácie, ktorý sa nachádza nad zariadením. Ten je prítomný z dôvodu blízkosti medzi lietadlom

a zariadením, ako aj medzi vysielanými radiálmi. Jeho poloha bežne začína v uhle 70° - 80° od horizontu v bode zariadenia. [1]

### 2.3. Dial'komerný systém (DME)

Pre určenie polohy lietadla potrebujeme okrem smeru od, alebo ku zariadeniu, aj jeho vzdialenosť. Túto informáciu vieme získať zo zariadenia DME, ktorý udáva šikmú vzdialenosť medzi lietadlom a pozemnou stanicou. Spolu s iným rádionavigačným zariadením, prípadne aj druhou stanicou DME, vieme určiť presnú polohu lietadla.

DME pracuje v pásme UHF princípom sekundárneho radaru, teda vysielá pulzy z dotazovača v lietadle pozemnej stanici, ktorá signál zmení a pošle naspäť. Na základe času ktorý ubehne, prijímač v lietadle vypočíta šikmú vzdialenosť a zobrazí ju na prístroji. [2]

Práve z dôvodu, že na určenie presnej polohy je okrem DME potrebné aj iné zariadenie, často sa tieto zariadenie umiestňujú na rovnaké miesto a okrem toho sa aj párujú ich frekvencie. Priame zadávanie UHF frekvencie DME je tak veľmi zriedkavé a piloti si na prístrojoch nastavujú iba frekvenciu smerového zariadenia, teda VOR alebo ILS. Tým sa automaticky naladí aj DME prijímač napriek tomu, že zariadenia fungujú v iných frekvenčných pásmach. [1]

Maximálna odchýlka DME býva 1,25%, alebo 0,25 NM, čo môžeme považovať za presné údaje. Treba však pamätať na to, že DME udáva šikmú vzdialenosť, teda rozdiel medzi vzdialenosťou po Zemi a indikáciou na DME sa zväčšuje s výškou. Palubné zariadenie DME udáva taktiež informáciu o rýchlosti lietadla po Zemi. Tá je však presná iba v prípade letu presne ku, alebo od pozemného zariadenia a zároveň pri väčšej vzdialenosti od neho. [1][2]

### 2.4. Instrument Landing System (ILS)

Najznámejší a najrozšírenejší systém pre presné priblíženie je ILS, vyvinutý v šesťdesiatych rokoch minulého storočia. Je to zatiaľ jediný systém, ktorý umožňuje automatické pristátie.

Skladá sa z viacerých častí, ktorými sú Localizer (LLZ) a Glide Path (GP), ktoré vykresľujú vodorovnú a zvislú rovinu priblíženia. Pre údaj o vzdialenosti od prahu dráhy ich dopĺňa systém DME, alebo tzv. „markre“, teda NDB lokátory vo funkcii polohových návestidiel.

LLZ je rádiomaják umiestnený 300 m za koncom dráhy, ktorý vysielá vo VHF pásme dve rôzne modulácie hĺbky 90 Hz a 150 Hz vo vodorovnej rovine. Tie sú nasmerované do dvoch strán od stredovej osi. Palubný prijímač tak pri získaní silnejšieho signálu jednej modulácie vie, na ktorej strane od osi sa nachádza a zobrazí to na prístroji. [4]

GP vysielá zase vertikálnu rovinu v UHF pásme. Jeho anténa je umiestnená vedľa dráhy na úrovni bodu dotyku a modulácia jej signálu funguje na tom istom princípe, ako pri LLZ. Jej frekvencia je spárovaná s frekvenciou LLZ a štandardný uhol zostupu je 3°. Na rozdiel od LLZ nemôže byť použitý samostatne a pre svoju činnosť vždy potrebuje aj LLZ. [2]

Polohové návestidlá pri ILS priblížení sú troch druhov, sú nimi, v poradí od najvzdialenejšieho po najbližšie, OM, MM a IM. Pri prelete nad nimi aktivujú v kabíne jedinečný zvukový a vizuálny

signál, ktorý posádku informuje o vzdialenosti od prahu dráhy, ktorú majú publikovanú v mapách. [5]

V závislosti od meteorologických podmienok, predovšetkým dohľadnosti, rozdeľujeme ILS priblíženia do troch kategórií. CAT I je štandardná kategória, ktorú má každé ILS priblíženie, na výšku rozhodnutia menej ako 200 ft je však potrebná kategória CAT II alebo CAT III, ktoré umožňujú aj automatické pristátia. Pre využitie týchto znížených minimí musia byť certifikované na danú kategóriu okrem samotného priblíženia aj posádka a lietadla. [6]

### 2.5. Microwave Landing System (MLS)

MLS je, podobne ako ILS, systém umožňujúci presné prístrojové priblíženia. Bol vyvinutý v snahe nahradiť ILS, a tým pádom zbaviť sa jeho nedostatkov. Pracuje v pásme SHF, namiesto LLZ a GP pri ILS má azimut a eleváciu spolu s DME. Posádka si po koordinácii s ATC sama zvolí konečný kurz a uhol zostupu na dráhu. Tie sa môžu pohybovať až do rozdielu 40° s kurzom dráhy v prípade konečného kurzu a 0,9° – 20° v prípade uhlu zostupu. [7]

Napriek výhodám oproti ILS, teda väčším možnostiam konečného priblíženia a umožnenia využitia presného priblíženia aj v oblastiach, kde ILS nie je možné aplikovať – teda predovšetkým v horských oblastiach, sa MLS nerozšíril a jeho využitie je veľmi zriedkavé. Takisto nie je pravdepodobné jeho širšie rozšírenie v budúcnosti.

## 3. Satelitné navigačné systémy

Novším, a protipólovým typom rádionavigačných zariadení ku pozemným sú tie, ktoré sú založené na prenose dát a informácií cez umelé družice Zeme. Sú tvorené celkom rôznych systémov a pojmov, ktoré sa často zdajú byť totožné, a aj v praxi nezriedka zamieňané.

### 3.1. Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)

GNSS je všeobecné pomenovanie satelitných systémov, ktoré slúžia na určenie polohy. Medzi najznámejšie sem patria GPS, GLONASS, Galileo alebo Beidou. Všetky slúžia na tú istú vec a fungujú na rovnakom princípe. Najpoužívanejší je americký GPS.

GPS bol vyvinutý v sedemdesiatych rokoch minulého storočia, spočiatku na vojenské účely, od roku 1984 aj na civilné využitie. Systém určuje polohu na základe merania času a prerátania na vzdialenosť od satelitu. S údajmi od štyroch satelitov vieme trianguláciou určiť presnú polohu lietadla, alebo iného prijímača. [8]

Štruktúra GPS je zložená z troch segmentov, prvým z nich je kozmický. Ten tvoria satelity, ktorých je v súčasnosti 31 vo výške 20180 km nad Zemským povrchom. Pre určenie ich presnej polohy v každom okamihu je vytvorená trojrozmerná karteziánska sústava. Túto polohu, spolu z údajom z ich atómových hodín, vysielajú formou šumu PRN. [1][8]

Riadiaci segment má na starosti riadenie a kontrolu nad celým GPS systémom. Jeho hlavná riadiaca stanica sa nachádza v Colorado Springs a jej úlohou je spracovanie údajov a určovanie korekcií atómových hodín satelitov. Ďalej ho tvorí 24 monitorovacích staníc, ktoré komunikujú medzi sebou a so satelitmi a takisto slúžia na vývoj a testovanie GPS. [8]

Posledným segmentom je užívateľský, ktorý pozostáva zo všetkých užívateľov systému, teda inteligentné hodinky, mobilné telefóny, navigácie do auta, či profesionálne prijímače pre lodnú a leteckú dopravu. [2]

Na správne fungovanie GPS je spolu so súradnicovým systémom použitý model Zeme WGS-84, ktorý slúži ako databáza povrchu Zeme. Prijímače získavajú z riadiaceho segmentu almanachy zahŕňajúce informácie o satelitoch, ktoré využijú na správne určenie polohy. Po získaní PRN zo satelitu ho prijímač porovná s vlastne vytvoreným PRN a z tohto rozdielu zistí časový rozdiel. Ten prepočíta na pseudovzdialenosť, ktorú opraví o chybu hodín a získa tak presnú polohu vyjadrenú v zemepisných súradniciach a nadmorskej výške. [2]

Pre zvýšenie spoľahlivosti GPS boli vytvorené princípy DGPS, ktoré buď upozornia posádku o chybe v systéme, alebo ju vylúčia. [1]

Prvým typom DGPS je ABAS, ktorý spočíva vo využití jedného, alebo dvoch dodatočných satelitov, aby bolo možné, v prípade chybného satelitu, taký identifikovať a vylúčiť z merania. [1]

GBAS je systém stavaný na umožnenie presných priblížení na letiská. Zahŕňa pozemnú stanicu blízko dráhy, ktorej presná poloha je známa a nemenná. V nej sa nachádza GPS prijímač, ktorého údaj sa porovná s polohou stanice a tento rozdiel zašle lietadlu na priblížení, ktoré o tento rozdiel opraví svoju polohu. V budúcnosti by sa GBAS mohol využívať na priblíženia kategórie CAT III. [1]

SBAS funguje podobným princípom ako GBAS, akurát na väčšie vzdialenosti. Na prenos signálu využíva geostacionárne satelity, v Európe nimi sú satelity EGNOS. SBAS sa využíva pri RNP priblíženiach do minimálnej kategórie CAT I. [1]

### 3.2. Výkonnostná navigácia (PBN)

PBN zahŕňa špecifikácie RNAV a RNP a definuje jednotné požiadavky pre lietadlá, posádky, prevádzkovateľov a ANSP. Jej vlastnosti sú presnosť, integrita, kontinuita a dostupnosť, pričom každá je nevyhnutná. [9]

Priestorová navigácia RNAV umožňuje let lietadla v priestore aj mimo definovaných konvenčných letových tratí za pomoci signálu z VOR/DME, DME/DME, GNSS, INS, alebo IRS. [2] Body tak môžu byť definované aj zemepisnými súradnicami, čo znamená, že ich môže byť nekonečné množstvo. RNAV taktiež umožňuje okrem fly-over bodov aj fly-by body, pri ktorých točenie začína v predstihu a prebieha tak plynulo.

Na rozdiel od konvenčnej navigácie, kde sa odchýlka od trate udáva uhlovo, pri RNAV je uvedená vzdialenosť v NM. Podľa odchýlky zároveň delíme konkrétne špecifikácie RNAV 10, 5, 2 a 1. Dané číslo reprezentuje maximálnu odchýlku v NM, ktorú musí lietadlo dodržať počas 95% letu. [10]

Jediným rozdielom medzi RNAV a RNP je, že RNP obsahuje požiadavku na „on-board performance monitoring and alerting“, teda systém, ktorý upozorní posádku v prípade prekročenia povolených odchýlky. [10]

Rovnako ako RNAV, aj RNP má špecifikácie fungujúce na rovnakom princípe RNP 4, 2, 1, 0,3 a A-RNP. RNP 10 sa môže zdať ako špecifikácia RNP, je to však to isté čo RNAV 10. [11]

RNP je možné využiť aj na presné, alebo nepresné priblíženia do kategórie CAT I, rozdelené do troch kategórií. LNAV je 2D priblíženie, LNAV/VNAV využíva na vykreslenie zostupovej roviny barometrický výškomer a LPV ju vykreslí geometricky pomocou systému SBAS. Špeciálnou kategóriou RNP priblížení je RNP AR, na využitie ktorého je potrebná špeciálna certifikácia prevádzkovateľa, lietadla aj posádky. Vyskytujú sa najmä v oblastiach s vysokým okolitým terénom, alebo pri prevádzke paralelných dráh. [11]

### 3.3. Free Route Airspace (FRA)

FRA je koncept vzdušného priestoru, v ktorom plánovanie letov nie je závislé na publikovaných letových tratiach. Let vedie priamymi úsekmi medzi bodmi a tým sa znižuje vzdialenosť, čas, potrebné palivo a vypustené emisie. [12]

### 3.4. Nevýhody satelitných systémov

Zrejme najväčším problémom satelitných systémov je ich možné rušenie, ktoré môže byť neúmyselné, ale aj zámerné. To zámerné býva väčšinou z politických dôvodov a odohráva sa najmä v oblastiach postihnutých vojenskými konfliktmi. Nie je otázka či vypadne GPS, ale kedy. Preto musia byť posádky na takúto udalosť pripravené.

Jamming je najčastejší typ rušenia, kvôli ktorému nie je prijímač schopný prijať signál zo satelitov. To sa stane z dôvodu, že rušička umiestnená neďaleko prijímača vysiela signál na rovnakej, alebo podobnej frekvencii, ako GNSS signály zo satelitov. Tento čin je síce trestný, no takéto rušičky sú bežne dostupné širokej verejnosti za lacné peniaze. [13]

Druhý typ rušenia je spoofing, ktorý už predstavuje väčšiu hrozbu. Rušivé signály totiž neznemožnia prijímaču určiť svoju polohu, no GNSS signály pozmenia tak, že svoju polohu vyhodnotí nesprávne. Posádke tak nemusí nič o chybe napovedať a nevedomky sa môže nachádzať na míle ďaleko od svojej plánovanej trasy. Na rozdiel od jammingu, pre vytvorenie spoofingu sa vyžaduje profesionálna znalosť a je tak vždy úmyselný. [13]

## 4. Súčasný stav

Vo všeobecnosti platí, že využitie typu rádionavigačných zariadení sa posúva od konvenčných pozemných po tie satelitné. Niekde je tento prechod už viac-menej ukončený, niekde prebieha rýchlejšie, niekde pomalšie, a niekde ešte nezačal. V každom prípade smer vývoju v tejto problematike je pevne daný a iba veľmi zriedkavo sa stretne s opačným trendom.

### 4.1. Súčasný stav na Slovensku

V slovenskom spodnom vzdušnom priestore do FL245 sú publikované konvenčné a RNAV trate, podľa ktorých sa lety musia plánovať. Naopak v hornom vzdušnom priestore je Slovensko od roku 2021 súčasťou SEE FRA spolu s Českom, Maďarskom, Rumunskom, Moldavskom a Bulharskom. Zároveň má Slovensko zavedenú cezhraničnú prevádzku FRA s Baltic FRA, teda s Poľskom. Pre zabezpečenie RNAV boli v posledných rokoch inštalované DME pre využitie princípu DME/DME. [14]

Bratislavské letisko prechádza presunom z konvenčných postupov na PBN, v poslednom čase RNAV STAR nahradili všetky

konvenčné STAR a takisto už má publikované časť RNAV SID, pričom konvenčné SID zatiaľ zostávajú v prevádzke. Prístrojové dráhy, teda 22 a 31 sú obe vybavené NDB, RNP a ILS priblíženiami, v prípade dráhy 22 CAT I a v prípade dráhy 31 CAT III. [14]

Letisko v Košiciach má za koncom dráhy 01 VOR/DME KSC, na základe ktorého sú postavené konvenčné SID a STAR na obidve dráhy. Takisto pre obidve dráhy nájdeme aj RNAV SID a RNAV STAR. VOR/DME KSC je využité aj na priblíženie z oboch strán, takisto pre obe dráhy sú publikované RNP priblíženia. Poslednou možnosťou priblíženia je ILS na dráhu 01 do kategórie CAT II. Košické letisko je jediné riadené na Slovensku, ktoré nemá žiadne NDB priblíženie. [14]

V Piešťanoch máme trate SID konvenčné aj RNAV, no trate STAR iba typu RNAV. Prístrojové priblíženie je možné iba na dráhu 01, a to NDB, RNP a ILS CAT I. [14]

Konvenčné, aj RNAV trate SID na popradskom letisku začínajú z oboch smerov dráhy 09/27, zatiaľ čo konvenčné STAR smerujú iba k dráhe 27. RNAV STAR nájdeme pre oba smery, je to tým, že dostupné priblíženia sú RNP pre obe dráhy a NDB s ILS CAT I iba pre dráhu 27. Všetky tieto priblíženia majú uhol zostupu 3,5°. Napriek tomu, že sa v blízkosti osi dráhy nachádza VOR/DME PPD, nie je na letisku publikované žiadne VOR priblíženie. [14]

Posledným letiskom je Žilina, kde sa nachádzajú všetky druhy SID z oboch smerov dráhy. Prístrojová dráha na pristátie je iba 06, teda aj trate STAR, či už konvenčné, alebo RNAV smerujú ku nej. Dostupné priblíženia sú NDB, RNP a ILS CAT I s uhlom zostupu 3,5°, tak ako v Poprade. [14]

#### **4.2. Súčasný stav v Česku**

Ako už bolo spomenuté, Česko, rovnako ako Slovensko patrí do SEE FRA, teda jeho horný vzdušný priestor od FL95 využíva princíp FRA. Pod ním, v spodnom vzdušnom priestore sa využívajú lety po tratiach, avšak už tu nenájdeme žiadne konvenčné trate, všetky sú typu RNAV. Okrem preletov v rámci SEE FRA nemá Česko zatiaľ inú cezhraničnú prevádzku FRA, no takáto prevádzka má ešte v prvej polovici roka 2024 vzniknúť s Baltic FRA, teda v tomto prípade na hranici s Poľskom. Na letiskách v Česku už nenájdeme konvenčný postup SID alebo STAR, všetky využívajú princíp RNAV. Takisto na každom letisku je publikované RNP priblíženie aspoň na jednu dráhu. [15][16]

#### **4.3. Súčasný stav v Rakúsku**

Rakúsky vzdušný priestor je súčasťou SECSI FRA spolu s vzdušnými priestormi Slovinska, Chorvátska, Bosny a Hercegoviny, Srbska s Čiernou Horou, Albánska a Macedónska. FRA v Rakúsku sa teoreticky uplatňuje od povrchu Zeme, prakticky od minimálnej radarovej výšky, ktorá je minimálne 3000 ft. Okrem SECSI FRA je zavedená plnohodnotná cezhraničná spolupráca aj s FRAIT, teda talianskym FRA a, zatiaľ s obmedzením časovým, ako aj výškovým, s Nemeckom. Napriek veľkému využitiu FRA nájdeme v Rakúsku dve konvenčné trate vytýčené zariadeniami VOR a NDB od Klagenfurtu cez viedenskú oblasť po Salzburg. Príletové trate STAR sú na letiskách v Rakúsku iba typu RNAV, naopak odletové SID sa zachovávajú aj konvenčné. Väčšina letísk je vybavená priblíženiami ILS vyššej kategórie, ako aj RNP priblíženiami. [17][18]

#### **4.4. Súčasný stav v Poľsku**

Od FL95 a vyššie je poľský vzdušný priestor súčasťou Baltic FRA spolu s Litvou. Cezhraničná prevádzka funguje na hranici so Slovenskom a okrem toho existujú plány na spojenie Baltic FRA so SEE FRA pre vytvorenie jedného veľkého FRA priestoru od Bulharska až po Litvu. Napriek hustej sieti VOR zariadení nenájdeme v Poľsku žiadne konvenčné trate, spodný vzdušný priestor sa tak spolieha na RNAV trate. Rovnako na letiskách sú konvenčné SID a STAR skôr výnimkou a takisto sú letiská dobre vybavené priblíženiami ILS, VOR alebo RNP. Posledným letiskom, kde je v Poľsku ešte NDB priblíženie je Radom. [19][20]

#### **4.5. Súčasný stav v Maďarsku**

Maďarská časť SEE FRA sa uplatňuje od výšky 9500 ft, no princíp FRA sa v Maďarsku uplatňuje aj pod touto hranicou. Od Zeme po túto hranicu je totiž mimo TMA vzdušný priestor triedy G, kde nie sú publikované letové trate a od výšky 4000 ft, ktorá je minimálne pre lety IFR tak funguje FRA. Z tohto dôvodu zároveň hlavne na menších letiskách neexistujú trate SID a STAR, keďže si posádky môžu let napláňovať priamo do IAF. V Maďarsku nájdeme veľa letísk s aktívnymi NDB priblíženiami, avšak na väčšine už je zavedené aj RNP priblíženie. [21]

### **5. Budúcnosť rádionavigačných zariadení**

Smer vývoja rádionavigačných zariadení v budúcnosti nám ustanovuje niekoľko dokumentov, medzi nimi napr. ICAO Doc 9750 – Global Air Navigation Plan. Pre nás najaktuálnejším a najzásadnejším je však Nariadenie Komisie (EÚ) 2018/1048 PBN IR, ktorým sa stanovujú požiadavky na využívanie vzdušného priestoru a prevádzkové postupy týkajúce sa PBN.

#### **5.1. PBN IR (Nariadenie Komisie (EÚ) 2018/1048)**

Tento dokument definuje kroky, ktorými sa v krajinách EÚ má postupne prejsť na výlučne PBN prevádzku. Prvým je zavedenie RNP priblíženia na všetky prístrojové konce dráh, kde dovtedy nebol zavedený iný typ presného priblíženia a zavedenie RNAV 5 na všetky letové trate nad FL150 do 3. decembra 2020. Druhým krokom je do 25. januára 2024 zavedenie RNP priblížení aj na zvyšné prístrojové konce dráh spolu s RNAV/RNP 1 SID a STAR a zavedenie RNAV 5 aj pod FL150. Posledným krokom je RNAV/RNP 1 na všetkých SID a STAR a výlučná prevádzka PBN okrem výnimočných okolností do 6. júna 2030. [22]

Toto nariadenie v praxi znamená, že od roku 2030 sa nebudú môcť za normálnych okolností využívať konvenčné zariadenia pri traťových letoch, ako aj priblíženiach. Výnimočné situácie predstavujú nemožnosť využiť PBN, teda nedostupnosť systému, alebo zhoršené poveternostné podmienky. NDB, VOR a ILS tak budú slúžiť iba ako záloha pre tieto prípady. [23]

Cieľ tohto nariadenia je jasný, takýto prechod ponúka vyššiu bezpečnosť vďaka vyššej presnosti a zníženej záťaži posádok. Takisto je prevádzka PBN značne lacnejšia a ekologickjšia vzhľadom na možné úspory pri vykonávaní letov v podobe kratších a priamejších letov.

Okrem týchto výhod existujú samozrejme aj isté nevýhody takéhoto prechodu. Tou hlavnou je riziko nedostupnosti systémov, ktoré môžu byť ľahko ovplyvniteľné a so zvyšujúcim sa geopolitickým napätím v rôznych oblastiach sa riziko len zvyšuje. Napriek tomu, že sa bude štandardne využívať iba PBN,

posádky musia byť stále cvičené aj na konvenčné postupy, aby ich boli schopné využiť v prípade nutnosti. To však môže byť problém, ak tieto schopnosti nebudú využívať pravidelne. Otázna je takisto schopnosť všetkých zúčastnených strán vykonať takýto prechod za relatívne krátky čas.

## 5.2. RNAV Overlay

Jednoduchý spôsob, ako prejsť na PBN môžu byť RNAV Overlay postupy. Sú to RNAV trate, väčšinou SID alebo STAR, ktoré sa letia podľa PBN, ale ich trasa kopíruje konvenčnú trať vytýčenú konvenčnými zariadeniami. V prípade poruchy ktorejkoľvek súčasti PBN tak môže posádka rýchlo a jednoducho, bez ďalších následkov prejsť na konvenčnú navigáciu.

## 5.3. Rozvoj FRA

S rozšírením PBN súvisí aj ďalšia implementácia FRA. V Európe už je FRA štandardom, postupne ho však zavádzajú vo všetkých častiach sveta. V Európe existujú plány na rozširovanie a spájanie jednotlivých FRA priestorov pre ich zjednodušenie a ďalšie zefektívnenie. [24]

## 6. Záver

Ako sme si ukázali, v súčasnosti prebieha celosvetovo jasný prechod od konvenčných rádionavigačných zariadení po modernejšie systémy založené na výkonnostnej navigácii, podporený iniciatívou samotných zúčastnených strán, ako aj platnou legislatívou. Napriek tomu, že so sebou prináša isté nevýhody, je to nevyhnutný vývoj, ktorý o niekoľko rokov ani nebudeme vnímať.

## Referencie

- [1] CAE Oxford Aviation Academy (UK) Limited (2014). *Radio Navigation*. Oxford.
- [2] JŮN, František (2015). *Učebnica na lety podľa prístrojov*. 1. vyd. Bratislava: DOLIS.
- [3] SYSTEMS INTERFACE (bez dáta). *DVORs*. Online. Dostupné na: [https://www.systemsinterface.com/products/navaids/dvor/#:~:text=A%20DVOR%20\(Doppler%20VHF%20Omni,se nt%20from%20a%20radio%20beacon](https://www.systemsinterface.com/products/navaids/dvor/#:~:text=A%20DVOR%20(Doppler%20VHF%20Omni,se nt%20from%20a%20radio%20beacon).
- [4] SOLDÁN, Vladimír (2007). *Letové postupy a provoz letadel*. 1. vyd. Jeneč: LETECKÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA, ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR
- [5] PILOTSCAFÉ (2020). *Understanding ILS*. Online. Dostupné na: <https://www.pilotscafe.com/Understanding-ILS/>
- [6] NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 965/2012. *Air Operations*. Online. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02012R0965-20231002>
- [7] LANDING SYSTEM (bez dáta). *Microwave Landing System (MLS)*. Online. Dostupné na: <https://landingsystem.com/mls/>
- [8] SEDLÁK, Vladimír (2020). *Globálne navigačné satelitné systémy*. Košice: UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH VYDAVATEĽSTVO ŠAFÁRIKPRESS
- [9] EASA (2022). *Performance Based Navigation Guide*. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/community/system/files/2021-03/PBN%20Guide.pdf>
- [10] DOC 9613 (2023). *Performance-based Navigation (PBN) Manual*. 5. vyd. Montreal: ICAO
- [11] EUROCONTROL (2019). *Navigation Specifications*. Online. Dostupné na: <https://pbnportal.eu/epbn/main/Overview-of-PBN/PBN-Concept--Unpacked/PBN-Navigation-Specifications.html>
- [12] EUROCONTROL (2024). *Free Route Airspace*. Online. Dostupné na: <https://www.eurocontrol.int/concept/free-route-airspace>
- [13] FLIGHTRADAR24 (2024). *GPS Jamming: the benign, the bad and the scary*. Online. Dostupné na: <https://www.flightradar24.com/blog/types-of-gps-jamming/>
- [14] LPS SR (2024). *AIP SR*. Online. Dostupné na: <https://aim.lps.sk/web/index.php?fn=200&lng=sk&sess=OfjtUUJ85VXzJrOIJ8y0TX4BNIMS5MqbHBIDJECB>
- [15] ŘLP ČR (2024). *AIP ČR*. Online. Dostupné na: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/aip/control/aip\\_obsah\\_cz.htm](https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/control/aip_obsah_cz.htm)
- [16] FAB CE (bez dáta). *Free Route Airspace*. Online. Dostupné na: <https://www.fab-ce.eu/airspace/free-route>
- [17] AUSTROCONTROL (2024). *AIP Austria*. Online. Dostupné na: <https://eaip.austrocontrol.at/>
- [18] EUROCONTROL (2018). *South East Common Sky Initiative Free Route Airspace (SECSI FRA) successfully implemented*. Online. Dostupné na: <https://www.eurocontrol.int/news/south-east-common-sky-initiative-free-route-airspace-secsi-fra-successfully-implemented>
- [19] HUNGAROCONTROL (2021). *Based on HungaroControl's concept, one of the largest free route airspaces in Europe is expanding*. Online. Dostupné na: [https://en.hungarocontrol.hu/press-room/news/seefra\\_expanding](https://en.hungarocontrol.hu/press-room/news/seefra_expanding)
- [20] PANSÁ (2024). *AIP Poland*. Online. Dostupné na: <https://www.ais.pansa.pl/en/publications/aip-ifr/>
- [21] HUNGAROCONTROL (2024). *AIP Hungary*. Online. Dostupné na: <https://ais-en.hungarocontrol.hu/aip/>
- [22] NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2018/1048. *PBN IR*. Online. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1048>
- [23] EASA (bez dáta). *Transition to performance-based navigation (PBN) operations*. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/air-traffic-management/transition-pbn-operations>