



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

ETAPY VÝVOJE NAVIGACE V TMA OD TRADIČNÍCH POSTUPŮ K P-RNAV.

DEVELOPMENT STAGES OF NAVIGATION INSIDE TMA FROM ITS TRADITIONAL
PROCEDURES TO P-RNAV.-

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ADLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. SLAVOMÍR VOSECKÝ, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Adler

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Profesionální pilot (3708R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Etapy vývoje navigace v TMA od tradičních postupů k P-RNAV.

v anglickém jazyce:

Development stages of navigation inside TMA from its traditional procedures to P-RNAV.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Požadavky na navigaci v terminálových oblastech (TMA).

Možnosti a limity tradičních metod navigace letadel v TMA.

Současné tendence vývoje požadavků na techniku a procedury navigace v TMA. Existující strategie, programy a termíny tohoto vývoje. Perspektivní metody technického řešení navigace letadel v TMA.

Cíle bakalářské práce:

Cílem BP je vytvořit kvalifikovaný přehled vývoje metod a technického zázemí navigace letadel v TMA v období 1950 - 2010+ jako učební pomůcku pro samostudium pilotů a studentů specializace Letecký provoz.

Seznam odborné literatury:

Povinná literatura předmětů DLG, DRN a ERN.

EUROCONTROL: Strategie CNS/ATM pro 2000+.

Doporučení ECAC k tématu (www.ecacnav.com).

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 23.11.2012

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vývojem letecké navigace v koncové oblasti (TMA). Popisuje terminálový prostor v okolí letiště a vyjmenovává současné druhy přiblížení. Vysvětluje také koncept PBN organizace ICAO a srovnává jeho zavedení na ranvejších v Evropě i ve světě. Poslední kapitola odhaluje budoucí použití leteckých navigačních zařízení v prostoru TMA a při přiblížení a přistání v Evropě.

Abstract

This bachelor thesis explains development of air navigation inside the terminal maneuvering area. It describes terminal maneuvering area in vicinity of airport and lists current types of approaches. It explains also the ICAO PBN concept and compares its introduction in Europe and in the world. Last chapter reveals future use of air navigation facilities in terminal maneuvering area and during approach and landing in Europe.

Klíčová slova

Navigace v TMA, požadovaná navigační výkonnost, druhy přiblížení, koncept PBN, prostor letové cesty a TMA v budoucnu, přiblížení a přistání v budoucnu.

Key words

Navigation inside terminal maneuvering area, required navigation performance, types of approaches, concept PBN, en-route airspace and terminal maneuvering area in the future, approach and landing in the future.

Bibliografická citace

ADLER, M. *Etapy vývoje navigace v TMA od tradičních postupů k P-RNAV..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 34 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za odborného vedení vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a uvedených zdrojů.

V Brně dne 24.5.2013

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Slavomíru Voseckému, CSc. za vedení bakalářské práce a odbornou pomoc při vypracování.

Obsah

Obsah	9
Předmluva	10
1. Úvod	11
2. Definování vzdušného prostoru a požadované navigačních výkonnosti navigačních zařízení v okolí letišť a druhů přiblížení k RWY	12
2.1 Prostory CTR, CTA a oblast FIR.....	12
2.1.1 Prostor TMA	12
2.1.2 Prostor letové cesty	13
2.2 Přiblížení k letišti	14
2.3 Přiblížení podle přístrojů	14
2.3.1 Přesné přiblížení	15
2.3.2 Přístrojové přiblížení.....	15
2.3.3 Přiblížení okruhem.....	15
2.3.4 Vizuelní přiblížení	16
2.4 Požadavky na navigační výkonnost v Evropě	16
2.4.1 B-RNAV	16
2.4.2 P-RNAV.....	16
2.4.3 RNAV Přiblížení.....	17
3. Koncept PBN organizace ICAO	19
3.1 Možnosti navigace uvnitř konceptu PBN	20
3.2 Výhody konceptu PBN	21
3.2.1 Šetrnost k životnímu prostředí	21
3.2.2 Zvýšení bezpečnosti.....	21
3.2.3 Zvýšení povozního výnosu	21
3.2.4 Zvýšení kapacity vzdušného prostoru.....	22
3.3 Plán zavedení operací PBN pro evropský region v TMA	22
3.3.1 Plán pro přístrojová přiblížení	22
3.4 Současný stav zavedení operací PBN v ČR a dalších státech	22
4. Předpokládané budoucí použití leteckých navigačních zařízení v souladu s konceptem PBN v evropském Regionu	25
4.1 Prostor letové cesty a TMA v rocích 2010 - 2015	25
4.2 Prostor letové cesty a TMA v rocích 2015 - 2020.....	25
4.1 Prostor letové cesty a TMA po roce 2020	25
4.2 Přiblížení a přistání v rocích 2010 - 2015.....	25
4.1 Přiblížení a přistání v rocích 2015 - 2020.....	26
4.6 Přiblížení a přistání po roce 2020	26
5. Závěr	27
6. Seznam použité literatury a zdrojů	28
7. Seznam použitých zkratk	30
8. Seznam příloh	33
9. Přílohy	34

Předmluva

Navigace je nedílnou součástí moderního letectví a byla vyvíjena již od první potřeby pilotů nalézt svoji pozici ve 4D prostoru nebo referenci vůči referenčnímu bodu, což byla většinou přistávací plocha. Je to proces sledování a řízení letu jakéhokoliv pohybujícího se objektu v prostoru. Z toho vyplývají povinnosti řízení letového provozu k zabezpečení plynulosti letového toku, zabránění kolize mezi letadly a bezpečným navedením a dosednutím letadla na RWY a také řízením pohybů letadel na letišti mimo RWY.

Na konci 20. let 20. století vznikali první letecké společnosti, které začali přepravovat civilní pasažéry a náklad mezi městy Paříž, Londýn, Amsterdam, Berlín, Řím, Praha aj. Tento každoroční nárůst pohybů letadel znamenal zvyšující se potřebu navigační pomoci pro piloty, jelikož jedinými navigačními zařízeními na palubě byly hodinky, kompas, mapa a výškoměr. Piloti letěli za pravidel VFR pomocí srovnávací navigace. Polohu vyhodnocovali pohledem z letadla a porovnáním s mapou. Dále byli odpovědní za udržení odstupu od překážek a jiných letadel.

Za letu podle pravidel IFR jsou však za rozestupy od letadel odpovědní řidiči letového provozu a velitel letadla zajišťuje pouze odstup od překážek. Musí mít však správně vyplněný, podaný a hlavně aktivní letový plán, aby řidiči měl přesnou představu o záměrech letadel ve svém řídicím okrsku. Pak je možné provést let za jakýchkoliv meteorologických podmínek vhodných k létání. Letadla však musí být vybavena dalšími přístroji, certifikacemi posádky a zejména navigačním vybavením s vazbou na pozemní nebo satelitní referenční stanici tak, aby byla zajištěna tzv. „bezvizuální“ orientace v prostoru (z angl. non-visual orientation). Polohu a řízení směru letadla pilot vyhodnocuje podle odchylek palubních navigačních zařízení a v některých případech může vést pilot za pravidel IFR i podle srovnávací navigace. [2]

1. Úvod

Letecká navigace se podle Donalda J. Clausinga (literatura [4]) mění doslova každým dnem a tedy pokud někdo píše knihu o navigaci, musí její obraz zastavit v čase, což povede k tomu, že v den vydání již tato publikace bude zastaralá. S tímto tvrzením se plně ztotožňuji, a proto jsem koncept mé bakalářské práce pojal následovně.

Tato práce se zabývá současnými metodami navigace a použitím leteckých navigačních zařízení v TMA. Definuje prostory v okolí letiště a popisuje různé druhy přiblížení na přistání, které jsou v současné době dostupné a s nimi spojenou požadovanou navigační výkonnost na palubě. Rozebírá také koncept PBN organizace ICAO se všemi jeho výhodami, které uživatelům vzdušného prostoru přinese. Cílem práce bude podat ucelený přehled současných leteckých navigačních zařízení a metod pro evropský region a také jejich předpokládané využití či postupnou eliminaci v budoucnu v souladu s ICAO PBN Manual (Doc 9613).

2. Definování vzdušného prostoru a požadované výkonnosti navigačních zařízení v okolí letišť a druhů přiblížení k RWY

Řízení letového provozu má jako hlavní úkol organizovat a řídit svůj přidělený prostor tak, že udržuje volný prostor kolem letadla ve všech směrech do vzdálenosti nejméně 5 nm (9 km) a vertikálně 1000 ft (300 m). Zároveň však musí zajistit co nejvyšší využitelnost prostoru a hlavně minimalizaci zpoždění letů, jelikož každá minuta navíc se projeví v ceně letu a tedy v ekonomice celé letecké společnosti.

Světový vzdušný prostor je rozdělen do jednotlivých FIR, kde je poskytována služba FIS (tj. letecký informační servis) a SARS (tj. pátrací a záchranná služba). Tento okrsek sahá od země až po výšku definovanou pro každá stát jinak. V Evropě nám hranice FIR většinou kopírují hranice států podle mezinárodních dohod a mohou být dále rozděleny do dalších podoblastí. Nad tímto prostorem až do FL660 se nachází tzv. UIR (tj. horní letecký informační okrsek), který je také rozdělen do menších sektorů a je řízen tzv. Upper Area Control Center (UACC).

2.1 Prostory CTR, CTA a oblast FIR

FIR je rozdělen tak, aby byly všechny lety za podmínek IFR nepřetržitě monitorovány službou řízení letového provozu a aby pilot byl kdykoliv na spojení s řídicím. Proto se definují prostory CTR a TMA a mezi TMA se nachází letové cesty. Rozdělení vzdušného prostoru ve FIR každého státu je publikováno v letecké informační příručce AIP v části ENR.

CTR je oblast řízeného prostoru, nacházející se v bezprostřední blízkosti letišť a má tvar hranolu. Sahá od povrchu země až po přesně definovanou nadmořskou výšku, která bývá pro každé letiště různá. Horizontální rozměry jsou určeny směry a počtem ranvejí a postupy pro vzlet a přistání. Provoz zde řídí TWR, která vydává letadlům letová povolení. CTR je u nás nejčastěji prostorem třídy D ale může být i prostorem třídy A nebo C.

CTA je řízený vzdušný prostor okolo letišť s rušnějším provozem, který obsahuje dva různě tvarované vzdušné prostory a to TMA a Airways.

2.1.1 Prostor TMA

TMA je prostor těsně navazující na CTR a slouží k ochraně letadel pro manévrování po vzletu a při stoupání, na sestupu a při stoupání a také při manévrování ve vyčkávacím obrazci. Provoz řídí APP, který udržuje rozestupy mezi letadly, a lety jsou opět předmětem letového povolení. Většinou se vyskytuje v okolí letiště více druhů TMA, které na sebe plynule navazují. Jejich rozměry jsou rozdílné stanovené tak, aby pokryly všechny odlety a sestupy a zároveň aby neblokovali zbytečně moc vzdušného prostoru. TMA je u nás řízený prostor třídy C a D a může být také prostorem třídy A nebo E.

FL or Alt Band	Albania	Armenia	Austria	Azerbaijan	Belgium/Lux	Bosnia Herzegovina	Bulgaria	Croatia	Cyprus	Czech Rep	Denmark	Estonia	Finland
Up Limit CAS	660	460	660		660	410	660	1 Jul 07	460	660	660	660	660
245-460	C	C	C		C	C	C	C	G	C	C	C	C
205-245													
195-205													
150-195													
130*-150													
95*-130*	G	G	E		G	G	E	G	D	G	E	G	G
3K*-95*													
SFC-3K*													
Major TMA	C	C	C	D	E		C	E	No TMAs	C	C	C	C
Minor TMA	C	C	C	D	E		C	E		C	C	C	C
CTA/Awy	C	C	C	D	E		C	E	200 ft up to 195	C	D	E	C
CTR*	D		D	E		C	D	D	B ATZ	C	D	D	G*

FL or Alt Band	France/Monaco	FYROM	Germany	Georgia	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Malta	Moldova	Netherlands
Up Limit CAS	660	660	660	460		660	660	460	460	660	460	660	660
245-460	C	C	C	A		C	C	C	A from 285	C	C	C	C
205-245													
195-205													
150-195													
130*-150													
95*-130*	G	D	C	E				G	C	G	C		A
3K*-95*						F	G						B
SFC-3K*													G
Major TMA	A	D	C					A	E	C	D		A
Minor TMA	C	D	E					D	E	C			B
CTA/Awy	D	E	D	E	C			D	E	C			A
CTR*	A	D	D	F				A	C	D			C

FL or Alt Band	Norway	Poland	Portugal	Romania	Slovak Rep	Slovenia	Spain	Sweden	Switzerland	Turkey	Ukraine	UK	Serbia & Montenegro
Up Limit CAS	660	460	1 Jul 07	660	660	660	460	460	660		660	660	660
245-460													
205-245	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C
195-205													
150-195													
130*-150	D	G				D			C	D	C	G	
95*-130*									C	D	E		
3K*-95*									C	D	E		
SFC-3K*													
Major TMA	C			A	C	D	E	A	C		C	D	A
Minor TMA	D								D		C	E	
CTA/Awy	D	E	C	C	C				C		C	A	D
CTR*	D	G*		C	C	D	D	D	D		C	D	A

Legend A B C D E F G Unclassified or N/A No Reply

3K* = FL55/ 1,000/ 1,500/ 2,000/ 2,500/ 3,000/ 3,500/ 5,000 (ft AGL or AMSL)
 95* = FLs 75/ 85/ 95/ 100/ Alt 7,500
 130* = FLs 115/ 125/ 130/ 135
 CTR* = CTR/ Aerodrome Zone
 G* = G or G with special conditions

Obr. 1: Klasifikace vzdušného prostoru v EU do FL660 [6]

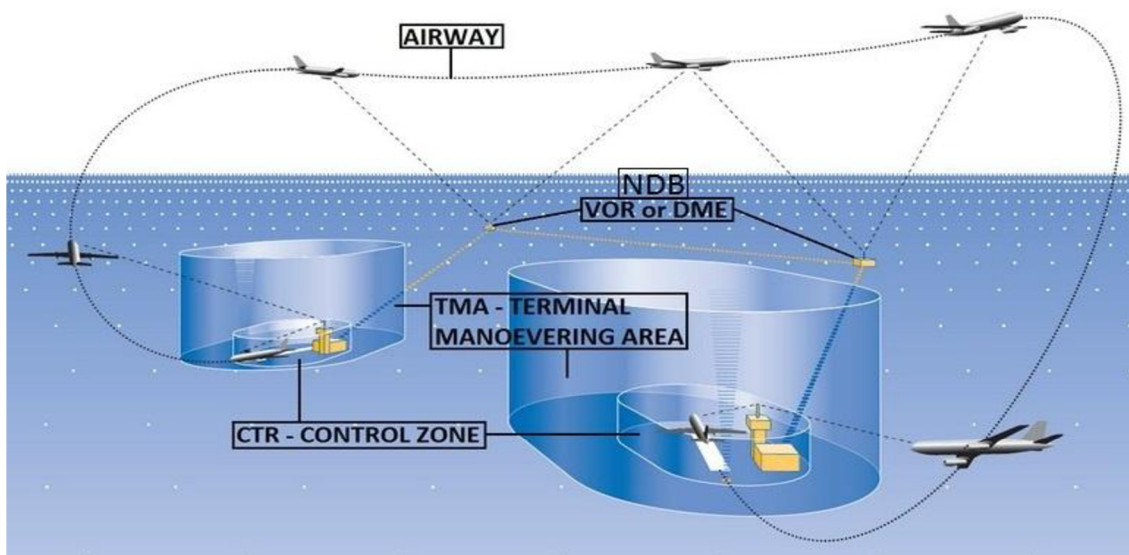
2.1.2 Prostor letové cesty

Letové cesty jsou koridory mezi TMA definovány traťovými body nebo přímo navigačními zařízeními na trati, které musí pilot přeletět a každá letová cesta má šířku 10 nm. Mají názvy v souladu s použitým mezinárodním systémem letových cest podle písmena a čísla cesty.

- Např. B1 (Bravo One) nebo G710 (Golf Seven One Zero)

Takto se nazývají letové cesty do oznámeného FL státu kdekoli mezi FL145 a FL290 v Evropě, v USA a Canadě do FL180 či v Jižní a Střední Americe do FL180 nebo do FL190. Nad touto letovou hladinou se do názvu přidá předpona U.

- Např. UA25 (Upper Alfa Two Five) nebo UM975R (Upper Mike Nine Seven Five RNAV).



Obr. 2: Prostory CTR, TMA a prostor letové cesty (upraveno z lit.[5])

2.2 Přiblížení k letišti

Všechny druhy přiblížení mají různé charakteristiky a omezení, avšak pro pilota mají i pár prvků společných. Je to dosah, azimut a nadmořská výška (pilotem jsou vnímány spíše jako vzdálenost, směr a výška letu).

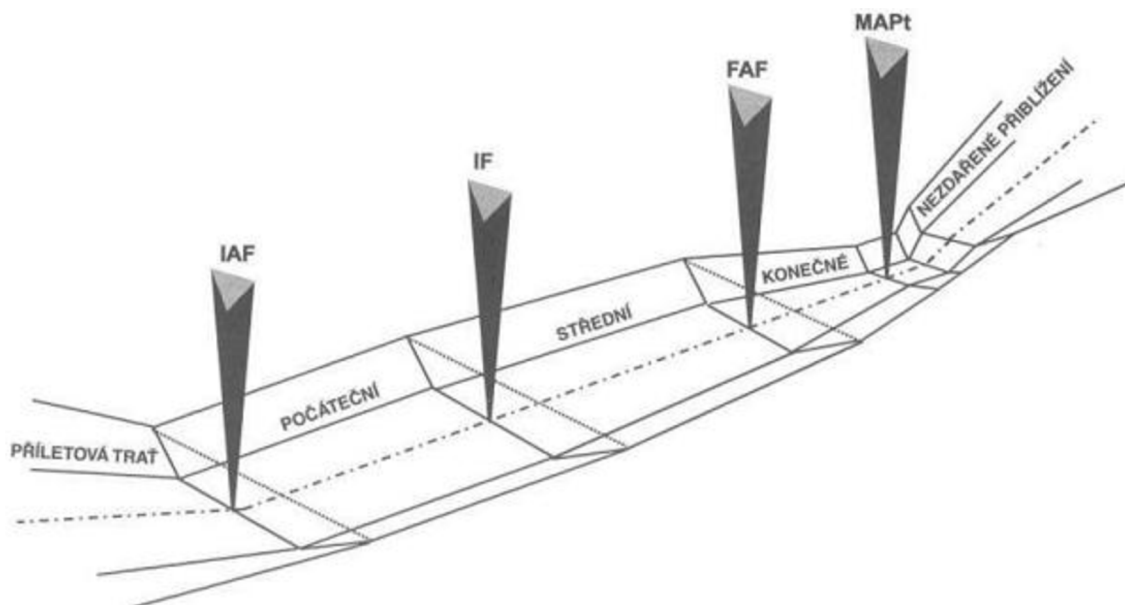
Vzdálenost např. k fixu není tak důležitá jako azimut a výška letu, ale je stále důležitým faktorem pro pilota k určení své pozice vůči letišti. Nejlépe se vzdálenost určuje pomocí DME, ale v některých případech nemusí být DME vždy k dispozici.

Směr letu je důležitý faktor pro všechna přístrojová přiblížení, jelikož pro zajištění odstupů od terénu a překážek se musí letadlo nacházet na předepsaném kurzu.

Výška letu je nejdůležitějším prvkem přiblížení. Každý bod sestupu má svoji minimální výšku letu, pod kterou není zajištěn odstup od terénu nebo překážky či může dojít ke ztrátě příjmu signálů z navigačních zařízení. Minimální výšky jsou vždy zobrazeny na přiblížovací mapě a pilot je musí znát a dodržovat.

2.3 Přiblížení podle přístrojů

Je to fáze letu podle pravidel IFR, ve které je letadlo vedeno podle publikované trajektorie letu pro dané letiště s cílem provést přistání. Skládá se většinou z pěti samostatných úseků přiblížení: přiletová trať, úsek počátečního přiblížení, úsek středního přiblížení, úsek konečného přiblížení a úsek nezdařeného přiblížení. Jednotlivé úseky jsou odděleny tzv. fixy. Někdy může být letadlo navedeno řídicím pomocí radarového vektorování až na FAF, aby se zvýšila úroveň provozu v úseku přiblížení.



Obr. 3: Úsek příletové trati a úseky přiblížení oddělené fixy [2]

Pilot podle předpisu musí být schopen určit radionavigační polohu letadla v každém okamžiku letu (tj. musí být udržena integrita a přesnost přenášené informace). Přesnost této polohy je tím vyšší, čím přesnější jsou použité radionavigační prostředky, zejména pak v poslední fázi letu – na trati konečného přiblížení. Právě podle kvality poskytnuté informace přibližovacích zařízení rozlišujeme různé druhy přiblížení podle přístrojů. [2]

2.3.1 Přesné přiblížení (Precision Approach - PA)

Je to přiblížení, při kterém je pilotovi poskytována průběžná informace jak o směrovém vedení letadla, tak o jeho vertikální poloze. Význam přesných přiblížení spočívá v tom, že pilot má informace od řídicího nebo z přístrojů nepřetržitě. Tím je mu dána možnost reagovat na odchylky od ideální trajektorie sestupu. Přesná přibližovací zařízení, která jsou schopna tyto informace poskytnout, tzn. že mají elektronickou skluzovou rovinu, jsou ILS, MLS a PAR. [2]

2.3.2 Přístrojové přiblížení (Non-precision Approach - NPA)

Je to přiblížení, při kterém je pilotovi zajištěna spojitá informace pouze o směrovém vedení letadla, spojitá informace vertikální poloze letadla chybí. Chybějící trvalou informaci o vertikální poloze letadla nahrazuje pilot kontrolou výšky ve stanovených fixech pomocí tabulek nebo výpočtem. Podle těchto údajů upravuje gradient klesání. Mezi zařízení, na která se provádí přístrojové přiblížení (nemají elektronickou sestupovou rovinu), řadíme NDB, VOR, a ILS bez GP. [2]

2.3.3 Přiblížení okruhem (Circling)

Je to samostatný postup, který následuje za přesným nebo přístrojovým přiblížením, určený k tomu, aby bylo letadlo přivedeno na jinou dráhu, než na kterou provádělo zmíněné přiblížení. Přiblížení okruhem se provádí za stálého kontaktu a pilot vede letadlo pomocí srovnávací navigace. [2]

2.3.4 Vizuální přiblížení (Visual Approach)

Je to závěrečná část letu podle pravidel IFR, během které vede pilot letadlo pomocí srovnávací navigace a korekce ve směru provádí pomocí pohledu ven z kabiny letadla. Pilot vede letadlo k letišti zpravidla nejkratším směrem, vyhne se tak publikované trajektorii letu, čímž může ušetřit palivo i čas. [2]

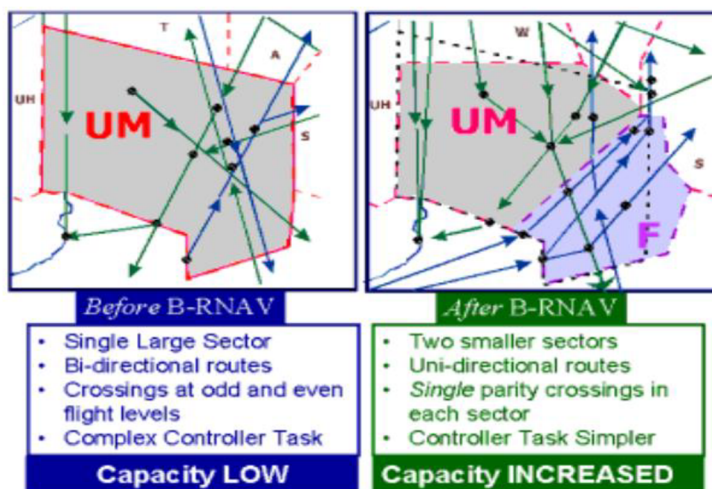
2.4 Vymezení požadované navigační výkonnosti v Evropě

RNAV (Random Navigation) je metoda navigace, která povoluje letadlu let po jakékoliv trati s referencí na pozemní navigační zařízení nebo v rámci limitů vlastní navigace na palubě anebo kombinací obou způsobů. Hlavním cílem RNAV je zvýšení hustoty letového provozu, avšak souběžně s udržení nebo i zvýšením úrovně bezpečnosti provozu.

2.4.1 B-RNAV

B-RNAV je metoda určení polohy s přesností ± 5 nm pro 95% doby letu tak, že získané zvýšení kapacity je dosaženo s udržení bezpečnosti měřených cílů. Této přesnosti může být dosaženo s použitím vstupů z VOR/DME, DME/DME nebo GNSS. INS může být použit pouze pro 2 hodiny letu po kalibraci na zemi nebo nad navigačním zařízením. V Evropě je možné použít také Loran C, kde je vyhovující pokrytí a systém na palubě je certifikován podle FAA AC 20-121A. [8]

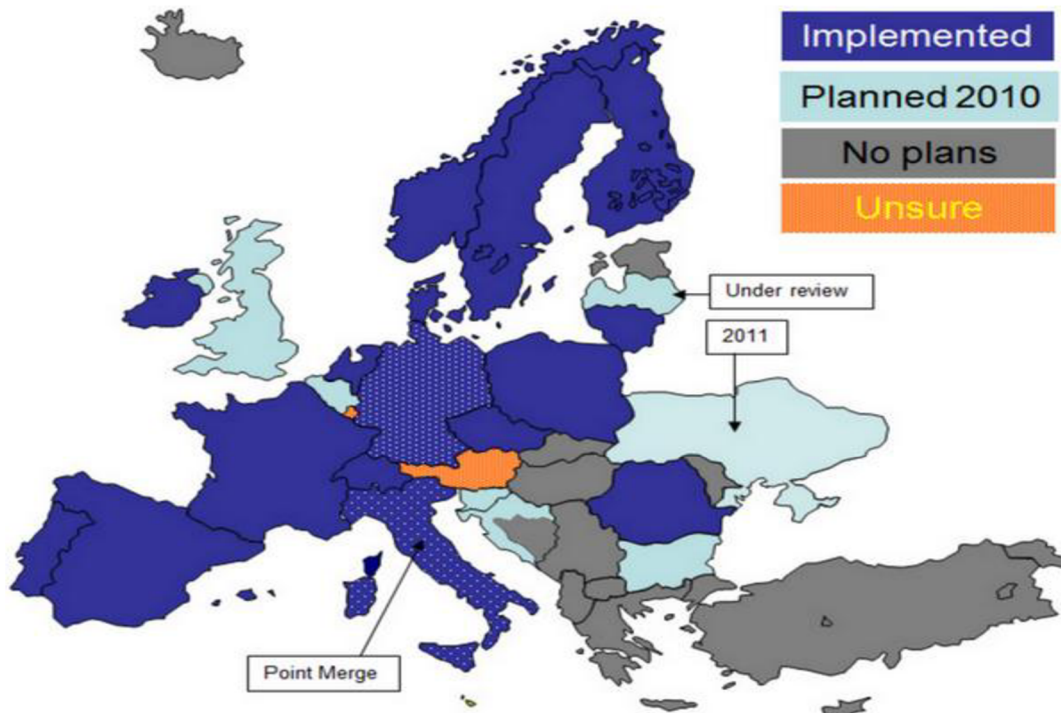
B-RNAV je v provozu v ECAC vzdušném prostoru od 23. dubna 1998 na celém systému letových cest ATS od FL95 (některé státy si mohou stanovit počáteční hladinu B-RNAV i nad tuto hladinu).



Obr. 4: Srovnání využitelnosti provozu v segmentu bez B-RNAV a s použitím B-RNAV [7]

2.4.2 P-RNAV

P-RNAV je metoda určení polohy s přesností ± 1 nm pro 95% doby letu tak, že získané zvýšení kapacity je dosaženo s udržení bezpečnosti měřených cílů. Této přesnosti může být dosaženo s použitím vstupů z VOR/DME, DME/DME nebo GNSS. Přesnost může být dále udržována bez vnější reference pomocí IRS v krátkém časovém úseku (délku tohoto úseku je určena pro každé IRS zvlášť jeho certifikací). Kompletní seznam požadavků na vybavení letadla a kvalifikaci posádky a pozemního personálu pro P-RNAV je obsahem brožury JAA TGL-10 Rev 1. [8]



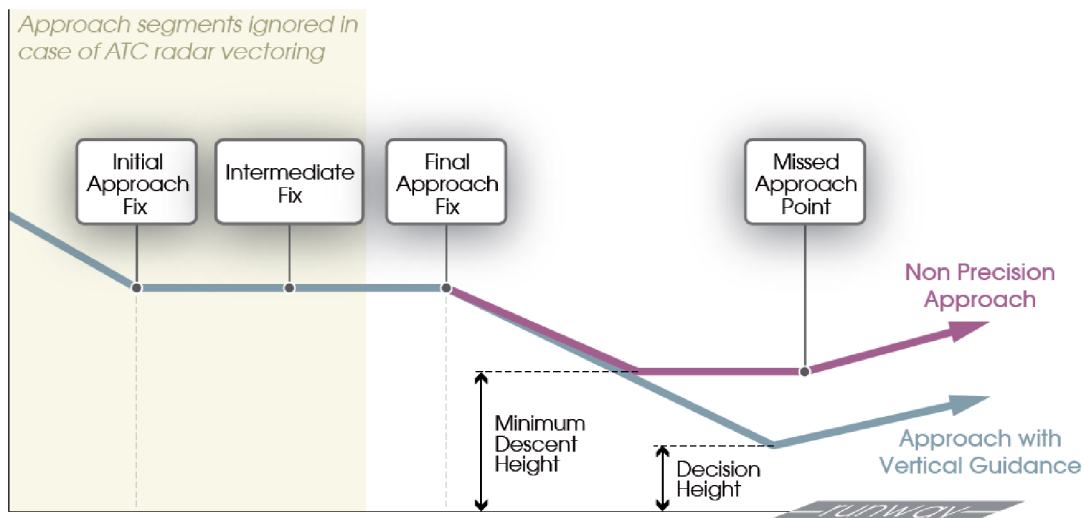
Obr. 5: Přehled realizovaného a plánovaného použití P-RNAV v Evropě [8]

P-RNAV začala být v ECAC vzdušném prostoru TMA zaváděna v roce 2004. Nabízí možnost použít RNAV během všech fází letu kromě fáze konečného a nezdařeného přiblížení a to umožní kratší letové cesty s lepším napojením na letové tratě a možnost vyhnout se hustě zabydleným oblastem. Pečlivým návrhem oddělených příletových a odletových tratí lze snížit potřebu radarového vektorování letadel řídicím a tím snížit pracovní vytíženost řídicích i pilotů. Z pohledu navigační strategie v Evropě je aplikace P-RNAV důležitým krokem kupředu k použití procedur RNP-RNAV, které budou tvořit základ RNAV v TMA v budoucnu.

2.4.3 RNAV Přiblížení

RNAV přiblížení byla umožněna díky rozsáhlé dostupnosti vysoko výkonných RNAV systémů na všech typech letadel a zejména použitím GNSS. Trajektorie přiblížení je definováno řadou traťových bodů, traťových úseků, rychlostí a omezení výšky, které jsou již uloženy v navigační databázi na palubě. Bezpečnost je tedy zlepšena lepším povědomím pilotů o situaci ve 3D než u klasických NPA a tím je i zmenšeno riziko řízeného letu do terénu (CFIT). Pokračující sestup konečného přiblížení (CDFA), kde je sestup udržován podle vertikální dráhy, může být vypočítán pilotem podle požadovaného gradientu klesání anebo pomocí funkce VNAV. RNAV přiblížení s vedením LNAV a VNAV letadla se nazývá APV (Approach Procedure with Vertical guidance).

Dnes nám RNAV poskytuje dvě různá přiblížení a to RNAV(GNSS) NPA a APV Baro. V budoucnu je očekáváno přiblížení APV SBAS (EGNOS).



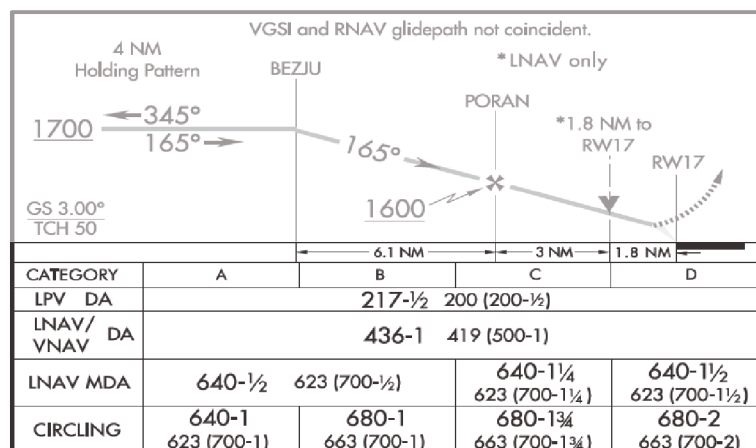
Obr. 6: Porovnání RNAV(GNSS) NPA bez VNAV a APV s použitím VNAV [9]

RNAV(GNSS) NPA = přístrojové přiblížení bez vertikálního vedení => pouze LNAV a MDA/H

APV Baro = přiblížení s vertikálním vedením pomocí barometru => LNAV/VNAV a DA/H

APV SBAS = přiblížení s geometrickým vertikálním a horiz. vedením => LPV a DA/H (kde DA je vždy 200 ft)

Pozn.: SBAS poskytuje LNAV/VNAV v USA pomocí systému WAAS. V Evropě je to systém EGNOS. Přesnost vedení LNAV je dána localizérem ILS/MLS. Vertikální přesnost zajišťuje porovnání s geometrickou dráhou sestupu v prostoru lépe než barometrická výška.



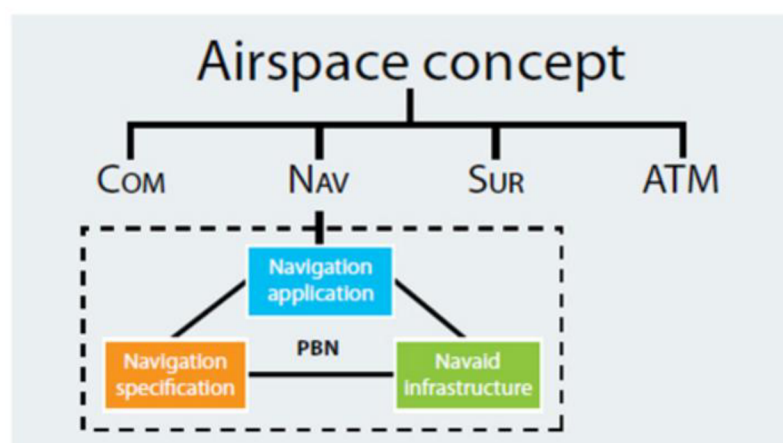
Obr. 7: Příklad RNAV NPA, APV Baro a APV SBAS hodnot na mapě přiblížení [10]

ICAO rozhodlo v roce 2007 na svém 36. shromáždění o zavedení postupů pro přiblížení s vertikálním vedením (tj. Baro VNAV a/nebo SBAS) do konce roku 2016. Tyto postupy budou zavedeny pro všechny přístrojové RWY buď jako primární přiblížení nebo jako záloha pro přesné přiblížení do konce roku 2016. [9]

3. Koncept PBN organizace ICAO

PBN (Performance Based Navigation) definuje požadavky na výkonnost letadla, které je navigované na letové trase, v TMA nebo jiném blíže určeném prostoru. Jde o snahu organizace ICAO předefinovat regionální rozdíly různých typů prostorové navigace (RNAV) a přesné vymezení požadované navigační výkonnosti (RNP) do globálně harmonizovaného souboru aplikací PBN.

Letectví všude ve světě čelí požadavku zvýšení přepravy a jednotlivé státy musí najít řešení k bezpečnému zvýšení kapacity, efektivity a přístupu k letištím (např. pro obtížně dostupné letiště vlivem terénu apod.). Tato omezení jsou z velké části důsledkem spoléhání se na konvenční pozemní navigační zařízení (VOR, NDB, ILS aj.), která ale limitují letové trasy a postupy do jejich umístění na zemi. Tyto pozemní systémy navigace slouží od počátků navigace dobře, avšak neumožňují měnit trasu letu flexibilně bod od bodu jako u operací PBN tak, aby zvládaly změny provozu do budoucna. Každé dopravní letadlo je dnes vybaveno několika navigačními zařízeními, která mohou splňovat požadavky na operace PBN, a operátoři si mohou vybrat, který jim nejvíce vyhovuje. Koncept PBN je jedním ze 4 částí, které určují uspořádání vzdušného prostoru a to jsou komunikace, navigace, sledování a ATM. Navigace se skládá z **navigační specifikace, infrastruktury navigačních zařízení a aplikace v navigaci.**



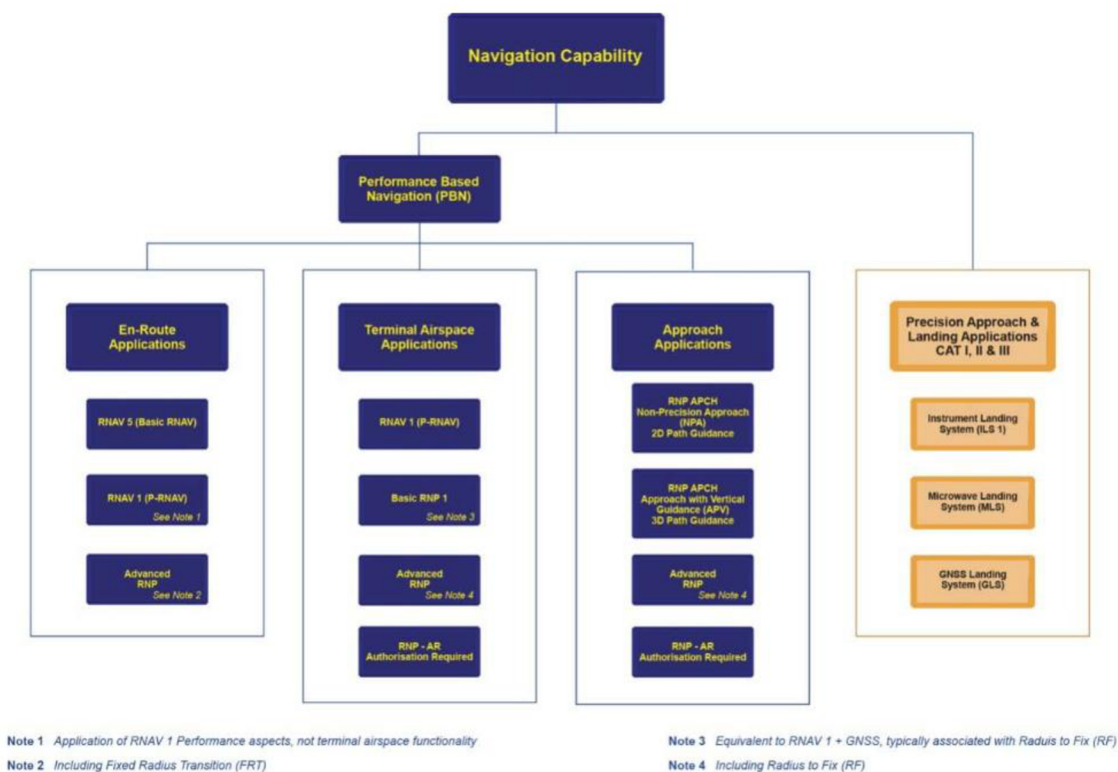
Obr. 8: Koncept PBN v uspořádání vzdušného prostoru [10]

- Navigační specifikace stanovují požadavky na výkon s ohledem na přesnost, celistvost, plynulost a dostupnost k zamýšleným operacím v konkrétním prostoru. Stanovují také, kterou formou navigace má být dosaženo předepsané výkonnosti. Navigační specifikace je buď RNP specifikací nebo RNAV specifikací. Specifikace RNP zahrnuje požadavky pro sledování výkonnosti a varování na palubě, která u RNAV specifikace nejsou.
- Navigační infrastruktura se týká pozemních nebo vesmírných navigačních zařízení, která jsou nazývána v každé navigační specifikaci.
- Aplikace v navigaci odkazuje k použití navigační specifikace a infrastruktury navigačních zařízení v souvislosti s konceptem vzdušného prostoru pro letové tratě a postupy pro let podle přístrojů.

Koncept PBN organizace ICAO nahrazuje koncept RNP z roku 1990. Tudiž mnoho termínů spojených s RNP (např. typ RNP nebo hodnota RNP) již neexistuje v PBN. [10]

3.1 Možnosti navigace uvnitř konceptu PBN

Obrázek 9 nám zobrazuje celkové možnosti navigace a vztahy mezi navigačními specifikacemi definovanými v konceptu PBN. Všimněte si, že ILS, MLS a GLS (GNSS Landing System) jsou součástí navigační sady, ale nejsou zahrnuty v konceptu PBN, jelikož nejsou založeny na metodě prostorové navigace.



Obr. 9: Možnosti navigace včetně konceptu PBN [11]

Tabulka 1 nám ukazuje různé navigační specifikace a jejich požadovanou navigační přesnost (nm) v 95% měření. Pozn.: RNAV 5 může být použita pro počáteční část procedury STAR v prostoru nejméně 30 nm od letiště a nad MSA [12].

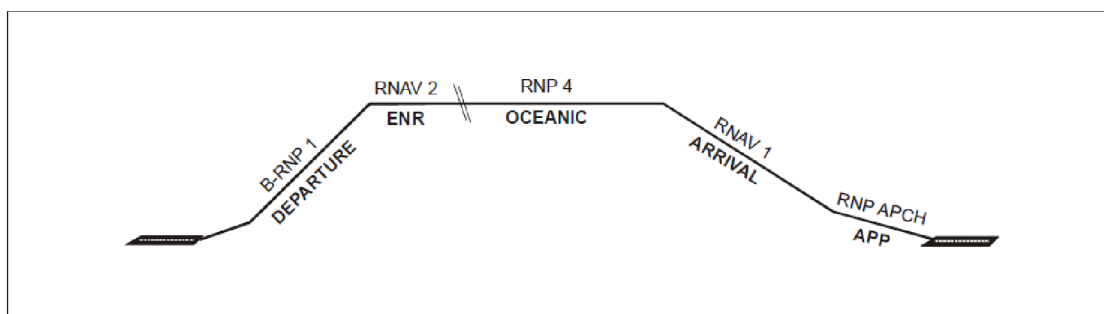
Navigation specification	Flight phase							Departure
	En-route oceanic/remote	En-route continental	Arrival	Approach				
				Initial	Intermediate	Final	Missed	
RNAV 10	10							
RNAV 5		5	5					
RNAV 2		2	2					2
RNAV 1		1	1	1	1		1 ^b	1
RNP 4	4							
Basic-RNP 1			1 ^{a,c}	1 ^a	1 ^a		1 ^{ab}	1 ^{a,c}
RNP APCH				1	1	0.3	1	

- a. The navigation application is limited to use on STARs and SIDs only.
 b. The area of application can only be used after the initial climb of a missed approach phase.
 c. Beyond 30 NM from the airport reference point (ARP), the accuracy value for alerting becomes 2 NM.

Obr. 10: Aplikace navigační specifikace podle fáze letu [12]

Důležité je zejména to, že jakákoliv operace v PBN je možná použitím série aplikací RNAV a RNP. Let může být zahájen v prostoru užívajícím Basic-RNP 1 SID,

dále pokračovat skrze ENR a oceánský prostor požadující RNAV 2 a RNP 4 a vyvrcholit sestupem požadující RNAV 1 a přiblížením požadujícím RNP APCH jak je uvedeno na obrázku 11.



Obr. 11: Příklad aplikace RNAV a RNP na letové cestě ATS a v TMA [12]

Pilot se musí ujistit, že systém je schopný splnit provozní požadavky pro celý výše zmíněný postup.

3.2 Výhody konceptu PBN

PBN pomáhá snížit dopravní přehlcení, šetří čas a palivo, chrání životní prostředí a spolehlivě umožňuje provést operace téměř za každého počasí i na méně dostupných letištích. Poskytuje operátorům větší flexibilitu a větší provozní výnosy při současném zvýšení bezpečnosti regionálních a národních systémů vzdušného prostoru.

3.2.1 Šetrnost k životnímu prostředí

Použití konceptu PBN snižuje emise o 3,12 kg CO₂ na 1 kg ušetřeného paliva a to díky kratším letovým trasám. Odhady organizace IATA naznačují, že by se emise mohly snížit až o 13 milionů tun za rok. Umožňuje letadlům klesat z vysokých výšek k letištím při minimálním nastavení tahu, čímž redukuje úroveň hluku a také umožní vyhnout se některým oblastem citlivým na hluk.

3.2.2 Zvýšení bezpečnosti

Při použití konceptu PBN dojde ke snížení nebezpečí vzniku kontrolovaného letu do terénu (CFIT). Poskytne velmi přesné laterální a vertikální letové trasy a neměnné, předvídatelné a stabilizované přiblížení. Letadla dosednou na RWY pokaždé se stejnou rychlostí a ve stejné konfiguraci. Dále snižuje odchylky způsobené nepříznivými povětrnostními podmínkami a umožňuje letadlům spolehlivý přístup k letištím s omezenými podmínkami viditelnosti.

3.2.3 Zvýšení provozního výnosu

Jedním z hlavních důvodů zavedení toho konceptu je snaha o ušetření paliva díky kratším letovým cestám, optimalizovaným profilům sestupu a menšímu počtu odkloněných přistání na jiná letiště. PBN nám umožní použít více přímé letové cesty a blíže k sobě umístěné paralelní cesty, což vede k dalšímu šetření času a paliva. Vytváří nové příležitosti na trhu tím, že poskytuje bezpečný přístup ke špatně přístupným letištím. Poskytuje také vyšší míru přesnosti přiblížení bez nutných investic do drahých pozemních infrastruktur. Hlavně zvyšuje spokojenost zákazníků aerolinií díky lepšímu přístupu k letištím a menšímu zpoždění letů.

3.2.4 Zvýšení kapacity vzdušného prostoru

Použití konceptu PBN zvyšuje provozní kapacitu prostřednictvím efektivnějších letových cest a snižuje konflikty ve vzdušném prostoru sousedních letišť nebo v zakázaném či speciálním vzdušném prostoru.

3.3 Plán zavedení operací PBN pro evropský region v TMA

Požadavky na operace v TMA mají své vlastní charakteristiky, které berou v potaz aplikované rozestupy mezi letadly a mezi letadly a překážkami. Zahrnují také různorodost letadel. Např. malá letadla letící ve spodním vzdušném prostoru provádí přílety a odlety na stejných nebo podobných drahách jako letadla s vysokým výkonem. Tento smíšený provoz se liší od letiště k letišti, tudíž je možné, že letiště s jedním TMA může mít rozdílné možnosti zavedení operací PBN. To vede k tomu, aby každý stát vyvinul svůj vlastní plán pro uskutečnění PBN v TMA tak, aby usiloval o harmonizaci aplikace PBN a aby bylo třeba méně schválení operací v provozu. Následující strategie zavedení PBN byla odsouhlasena organizací ICAO v evropském regionu:

- a) Zavedení jakékoli aplikace RNAV nebo RNP musí být v souladu s ICAO PBN Manual (Doc 9613)
- b) Uznání, že B-RNAV/P-RNAV lze považovat za rovnocenné s RNAV5/RNAV1 a jejich provoz bude pokračovat ne letové cestě i v TMA alespoň do roku 2015
- c) Cílové datum pro dokončení realizace procedur přiblížení s vertikálním vedením (APV tj. APV Baro a/nebo APV SBAS) pro všechny přístrojové RWY je 2016
- d) Nahrazení specifikací RNAV5/RNAV1 (B-RNAV/P-RNAV) specifikacemi RNP (např. Basic RNP-1 a Advanced RNP) pro letové cesty a v TMA se má zahájit do roku 2015
- e) Výrazy vyhovující ICAO PBN Manual (např. RNAV1 a RNAV5) mají být zavedeny pro všechny letecké informační příručky (AIP) do roku 2014

3.3.1 Plán pro přístrojová přiblížení

Státy mají povinnost zavádět přiblížení pomocí PBN, které poskytují vertikální vedení, aby se tak zvýšila bezpečnost a plynulost letového toku, a to na základě APV Baro a APV SBAS tam, kde je to umožněno. Konvenční postupy přiblížení a navigační zařízení by měly být udržovány v provozu k podpoře letadel, která nejsou plně vybavena, během přechodného období.

S probíhající redukcí a následným odstraněním VOR a NDB je očekáváno, že konvenční přístrojová přiblížení (NPA) budou muset být staženy do roku 2025. Státy by tedy měly ujasnit své individuální plány, aby usnadnily operátorům plánování přechodu na PBN. [3]

3.4 Současný stav zavedení operací PBN v ČR a dalších státech

V této kapitole jsou zobrazeny stavy různých druhů ranvejí a PBN přiblížení v České Republice, Slovensku, Rakousku, Německu, Francii, Spojeném Království a ve Spojených Státech, které jsou platné k prosinci 2012.

Name	PBN RWYs (%)	RNP/AR RWYs (%)	LPV RWYs (%)	LNAV/VNAV RWYs (%)	LNAV RWYs (%)	UNK RWYs (%)
CZECH REPUBLIC	53	0	0	75	100	0

FULL DETAILS

PBN Runways:	8 (53%)	Conv. Runways:	7 (47%)		
- LPV RWYs:	0 (0%)	Instr. Runways:	15	Instr. Approach:	45
- LNAV/VNAV RWYs:	6 (75%)	Instr. Airports:	8	- Vertical Guidance:	17 (38%)
- LNAV RWYs:	8 (100%)			- Lateral Guidance:	28 (62%)
- RNP/AR RWYs:	0 (0%)	ICAO State:	YES	PBN App:	14 (31%)
- Unknown RWYs*:	0 (0%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	31 (69%)

Unknown: data cannot be refined to associate what the minimum label is*

Obr. 12: Stav zavedení operací PBN na RWYs v ČR [13]

SLOVAKIA	0	0	0	0	0	0
----------	---	---	---	---	---	---

FULL DETAILS

PBN Runways:	0 (0%)	Conv. Runways:	8 (100%)		
- LPV RWYs:	0 (0%)	Instr. Runways:	8	Instr. Approach:	17
- LNAV/VNAV RWYs:	0 (0%)	Instr. Airports:	6	- Vertical Guidance:	9 (53%)
- LNAV RWYs:	0 (0%)			- Lateral Guidance:	8 (47%)
- RNP/AR RWYs:	0 (0%)	ICAO State:	YES	PBN App:	0 (0%)
- Unknown RWYs*:	0 (0%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	17 (100%)

Unknown: data cannot be refined to associate what the minimum label is*

Obr. 13: Stav zavedení operací PBN na RWYs ve Slovensku [13]

AUSTRIA	79	18	0	64	82	0
---------	----	----	---	----	----	---

FULL DETAILS

PBN Runways:	11 (79%)	Conv. Runways:	3 (21%)		
- LPV RWYs:	0 (0%)	Instr. Runways:	14	Instr. Approach:	43
- LNAV/VNAV RWYs:	7 (64%)	Instr. Airports:	6	- Vertical Guidance:	21 (49%)
- LNAV RWYs:	9 (82%)			- Lateral Guidance:	22 (51%)
- RNP/AR RWYs:	2 (18%)	ICAO State:	YES	PBN App:	18 (42%)
- Unknown RWYs*:	0 (0%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	25 (58%)

Unknown: data cannot be refined to associate what the minimum label is*

Obr. 14: Stav zavedení operací PBN na RWYs v Rakousku [13]

GERMANY	54	1	10	85	91	13
---------	----	---	----	----	----	----

FULL DETAILS

PBN Runways:	98 (54%)	Conv. Runways:	84 (46%)		
- LPV RWYs:	10 (10%)	Instr. Runways:	182	Instr. Approach:	492
- LNAV/VNAV RWYs:	83 (85%)	Instr. Airports:	87	- Vertical Guidance:	229 (47%)
- LNAV RWYs:	89 (91%)			- Lateral Guidance:	263 (53%)
- RNP/AR RWYs:	1 (1%)	ICAO State:	YES	PBN App:	200 (41%)
- Unknown RWYs*:	13 (13%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	292 (59%)

Unknown: data cannot be refined to associate what the minimum label is*

Obr. 15: Stav zavedení operací PBN na RWYs v Německu [13]

FRANCE	38	0	38	10	91	6
FULL DETAILS						
PBN Runways:	87 (38%)	Conv. Runways:	139 (62%)			
- LPV RWYs:	33 (38%)	Instr. Runways:	226	Instr. Approach:	598	
- LNAV/VNAV RWYs:	9 (10%)	Instr. Airports:	135	- Vertical Guidance:	260 (43%)	
- LNAV RWYs:	79 (91%)			- Lateral Guidance:	338 (57%)	
- RNP/AR RWYs:	0 (0%)	ICAO State:	YES	PBN App:	129 (22%)	
- Unknown RWYs*:	5 (6%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	469 (78%)	
<i>Unknown*: data cannot be refined to associate what the minimum label is</i>						

Obr. 16: Stav zavedení operací PBN na RWYs ve Francii [13]

UNITED KINGDOM	19	0	6	52	100	0
FULL DETAILS						
PBN Runways:	31 (19%)	Conv. Runways:	135 (81%)			
- LPV RWYs:	2 (6%)	Instr. Runways:	166	Instr. Approach:	326	
- LNAV/VNAV RWYs:	16 (52%)	Instr. Airports:	80	- Vertical Guidance:	144 (44%)	
- LNAV RWYs:	31 (100%)			- Lateral Guidance:	182 (56%)	
- RNP/AR RWYs:	0 (0%)	ICAO State:	YES	PBN App:	50 (15%)	
- Unknown RWYs*:	0 (0%)	ICAO Region:	EUR/NAT	Conventional App.:	276 (85%)	
<i>Unknown*: data cannot be refined to associate what the minimum label is</i>						

Obr. 17: Stav zavedení operací PBN na RWYs ve Spojeném Království [13]

UNITED STATES	94	17	68	71	98	2
FULL DETAILS						
PBN Runways:	1775 (94%)	Conv. Runways:	113 (6%)			
- LPV RWYs:	1210 (68%)	Instr. Runways:	1888	Instr. Approach:	7094	
- LNAV/VNAV RWYs:	1264 (71%)	Instr. Airports:	571	- Vertical Guidance:	4269 (60%)	
- LNAV RWYs:	1732 (98%)			- Lateral Guidance:	2825 (40%)	
- RNP/AR RWYs:	296 (17%)	ICAO State:	YES	PBN App:	4885 (69%)	
- Unknown RWYs*:	29 (2%)	ICAO Region:	NACC	Conventional App.:	2209 (31%)	
<i>Unknown*: data cannot be refined to associate what the minimum label is</i>						

Obr. 18: Stav zavedení operací PBN na RWYs ve Spojených Státech [13]

RNP/AR znamená RNP přiblížení s požadovaným povolením (RNP Authorization Required APCH). Jedná se o velmi pokročilé přiblížení, které je využíváno na velmi špatně přístupných nebo jinak omezených letištích a poskytuje další úroveň zabezpečení oproti standardním operacím a již zmíněné speciální povolení.

4. Předpokládané budoucí použití leteckých navigačních zařízení v souladu s konceptem PBN v evropském regionu

Požadavky na infrastrukturu leteckých navigačních zařízení se vztahují ke všem fázím letu a tedy od vzletu až po přistání. V této kapitole bude plán zavedení těchto zařízení vždy rozdělen na dvě části: Pro prostor letové cesty a v prostoru TMA a dále pak pro přiblížení na přistání a pro přistání samotné.

4.1 Prostor letové cesty a TMA v rocích 2010 - 2015

Přechod do úplného prostředí RNAV v tomto období požaduje zvýšení pokrytí dálkoměrným zařízením DME a/nebo zajištění bezpečného použití signálu GNSS v prostoru a zlepšením kvality služeb provozu na letové cestě a v TMA. Toho by mělo být dosaženo hlavně vhodným rozmístěním dalších DME a certifikováním poskytovatelů služeb GNSS v jednotlivých částech evropského regionu. Díky vyřazení existujících majáků VOR bude někdy zapotřebí i změna pozice stávajících zařízení. Vyřazení všesměrových majáků NDB a snižování počtu majáků VOR umožní postupné snížení konvečních letových cest a procedur a také umožní ATC přesměrovat letadlo v případě individuálního selhání RNAV. V Evropské Unii je očekáváno, že Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA) převezme zodpovědnost za dohled nad poskytovateli GNSS signálů. Vybavené letadlo bude mít právo využít služby EGNOS po certifikaci příslušného poskytovatele navigačních služeb (NSP) v oblasti své působnosti a v mezích deklarovaného výkonu při provozu.

4.2 Prostor letové cesty a TMA v rocích 2015 - 2020

Přechod na úplné prostředí RNAV požaduje všeobecné použití GNSS v oblastech, kde vyhovujícího pokrytí DME nemůže být dosaženo (např. omezení vlivem terénu díky nízké výšce letu). Senzory GNSS mohou být vyžadovány pro všechny činnosti všeobecného letového provozu. Dvojitá RNAV s DME/DME a senzory GNSS zajistí splnění provozních požadavků při ztrátě signálů GNSS. Systém Galileo a vylepšený systém GPS by se měl být v tomto období k dispozici, což umožní zvýšenou spolehlivost GNSS, jakmile bude použito dvojitá instalace na palubě letadla s použitím dvojí frekvence GNSS a praktický provoz bude odpovídat operacím Galileo. Taková existence úplného prostředí RNAV umožní další odstranění majáků VOR a NDB a zbytečné avioniky.

4.3 Prostor letové cesty a TMA po roce 2020

V této daleké budoucnosti je očekáváno použití více instalací na palubě a použití více frekvencí GNSS, čímž bude zajištěna odpovídající úroveň služeb GNSS z hlediska odolnosti a výkonu. Tyto vylepšení by měli výrazně redukovat pravděpodobnost vzniku poruchy a současně i zmírnit rozsah záložní sítě DME. Téměř všechny majáky VOR budou v tomto období již mimo provoz.

4.4 Přiblížení a přistání v rocích 2010 - 2015

ILS zůstane primárním zdrojem vedení pro přesné přiblížení a přistání pro všechny kategorie letadel. Cat I GLS (GBAS/GPS) bude k dispozici, tudíž ILS pravděpodobně zůstane prostředkem pro operace Cat II/III (pozn. Více o GLS v příloze č. 1). Avšak ke konci tohoto období může být již omezená dostupnost Cat II/III GLS na ranějších osvětlených pro Cat II/III. Pozvolná eliminace NPA (jak konvečních NPA tak i RNAV NPA) bude provedena v souladu s rozhodnutím 36. zasedání organizace ICAO

a tedy dojde k nahrazení těchto NPA procedurami APV (buď APV Baro nebo APV SBAS). Dráhy, které v současné době nejsou vybaveny systémy pro přesné přiblížení a přistání, mohou zvážit použití APV SBAS nebo Cat I GLS (GBAS/GPS). MLS může být použit jako alternativa či nahrazení ILS.

4.5 Přiblížení a přistání v rocích 2015 - 2020

ILS stále zůstane primárním zdrojem vedení pro přesné přiblížení a přistání. MLS, Cat I GLS a APV SBAS budou nadále zaváděna a provozována tam, kde je jejich použití zapotřebí. Jakmile bude dostupné přiblížení Cat II/III (GBAS/Dvojí frekvence) a s rostoucím počtem letišť s vlastní pozemní stanicí GBAS, budou stále častěji využívány procedury GLS.

4.6 Přiblížení a přistání po roce 2020

ILS by měl zůstat významným zdrojem vedení pro přesné přiblížení a přistání Cat II/III. MLS, Cat I GLS a APV SBAS budou nadále zaváděna tam, kde je potřeba. Stále více letišť bude zavádět procedury GLS GBAS Cat I/II/III a současně je očekáváno vyřazení ILS Cat I z provozu. ILS Cat II/III by mělo být zachováno pro poskytnutí zálohy systému GLS.

Zvětšení výbavy letadel kombinovaným příjmem GPS/Galileo/SBAS povede k zavedení LPV (APV SBAS) postupů pro všechny IFR ranveje používané ve všeobecném letectví. [3]

5. Závěr

Postupné zavedení konceptu PBN v Evropě i ve světě bude opravdovou revolucí jak pro piloty všech druhů letadel tak i pro řídicí letového provozu. Dojde k změně konfigurace systému letových cest a to díky postupnému zrušení NDB a postupnému vyřazování majáků VOR na úkor využití GNSS systémů a sítě DME/DME jako zálohy. Piloti tak již nebudou muset letět trasu od jednoho majáku ke druhému a tedy dojde k zefektivnění civilní letecké dopravy. Ke slovu se konečně dostane evropský družicový systém Galileo a s požitím více frekvencí GNSS bude možno redukovat i rozsáhlou záložní síť DME po roce 2020.

V oblasti přiblížení na přistání dojde k postupné přeměně ILS/MLS na systém záložní, čímž výrazně klesnou provozní náklady těchto systémů přiblížení na jejich provoz. Zároveň dojde ke zrušení konvečních NPA následované zrušením RNAV NPA. Primárním systémem pro přiblížení a přistání se stane GLS (GBAS), který bude k dispozici pro každé letiště s IFR ranvejí. Takové letiště bude mít svou vlastní GBAS stanici vysílající korekční zprávy právě přistávajícím letadlům. Nová éra navigace je však očekávána až po roce 2025, kdy pilot si již nebude lámat hlavu, jakým druhem navigace se dostane do cílové destinace. Kombinace univerzální, spolehlivé a vysoce přesné GPS navigace s nepřetržitým hlášením polohy letadly přes ADS-B řídicím letového provozu nás přivede k tomu, co bylo vždy základní prioritou pilota: bezpečný rutinní let s co nejmenšími pochybnostmi o výsledku splnění mise.

6. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] VOSECKÝ, Slavomír. *Radionavigace (062 00): [učební texty dle předpisu JAR-FCL 1]*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 236 s. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-448-6.
- [2] SOLDÁN, Vladimír. *Postupy pro lety podle přístrojů: výklad předpisu L-8168*. 2. vydání. Praha, 2000.
- [3] ORGANIZATION, International Civil Aviation. *Performance-based navigation (PBN) manual*. 3rd ed. Montréal, Quebec: International Civil Aviation Organization, 2009. ISBN 978-929-2311-988.
- [4] CLAUSING, Donald J. *Aviator's guide to navigation*. 4th edition. New York: McGraw-Hill, 2007, 271 s. ISBN 978-0-07-147720-8.

Internetové zdroje:

- [5] SKYGUIDE. *Air Navigation Services* [online]. [cit. 2012-03-04]. Dostupné z: http://www.skyguide.ch/fileadmin/user_upload/publications/others/skyguide_ANS_e.pdf
- [6] Application of Airspace Classification Up To FL660. In: *Airspace Classification* [online]. 2007, 12 April 2007 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.eurocontrol.int/airspace/gallery/content/public/Classification%20mid%20april%202007.pdf>
- [7] Application of B-RNAV. In: *EUROCONTROL Navigation Domain - What does B-RNAV offer?* [online]. © 2002-2013 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/content.asp?PageID=96>
- [8] Overview of current P-RNAV Implementation Planning. In: *EUROCONTROL Navigation Domain - PBN Map* [online]. © 2002-2013 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/content.asp?CatID=261>
- [9] RNAV Approaches. In: *RNAV Approaches Leaflet* [online]. © 2002-2013 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/downloads/RNAV%20Approaches%20Leaflet.pdf>
- [10] ICAO's PBN Concept. In: *EUROCONTROL Navigation Domain - PBN* [online]. © 2002-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/content.asp?CatID=57>
- [11] PBN - Navigation Capabilty. In: *What is Performance Based Navigation?* [online]. 2010 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.caa.co.uk/docs/1340/Navigation%20Capabilty.pdf>
- [12] The PBN Manual Part A Chapter One. In: *The PBN Manual (Doc 9613)* [online]. 2008 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/downloads/PBN%20Manual%20-%20Doc%209613%20Final%205.10.08%20with%20bookmarks.pdf>

- [13] PBN Implementation Progress - Actual. In: *ICAO Performance Based Navigation Programme* [online]. December 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.icao.int/safety/pbn/Pages/DB-View.aspx#chartAnchor>
- [14] EUROCONTROL Navigation Domain - GLS. In: *EUROCONTROL Navigation Domain - Precision Landing* [online]. © 2002-2013 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.ecacnav.com/content.asp?CatID=267>

7. Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	Automatický závislý přehled o vzdušné situaci
AIP	Aeronautical Information Publication	Letecká informační příručka
APCH	Approach	Přiblížení na přistání
APP	Approach Control	Řídící stanoviště přiblížení
APV	Approach Procedure with Vertical guidance	Postup přiblížení s vertikálním navedením
AR	Authorization Required	Požadované povolení
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATM	Air Traffic Management	Správa letového provozu
ATS	Air Traffic Service	Služby letového provozu
B-RNAV	Basic-RNAV	Základní úroveň RNAV
Cat	Category	Kategorie
CDFA	Continuous Descent Final Approach	Pokračující sestup konečného přiblížení
CFIT	Controlled Flight Into Terrain	Řízený let do terénu
CTA	Control Area	Řízený okresek
CTR	Control Zone	Řízená oblast
DA/H	Decision Altitude/Height	Nadmořská výška/výška rozhodnutí
DME	Distance measuring Equipment	Dálkoměrné zařízení DME
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská konference pro civilní letectví
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	Evropský systém WAAS
ENR	En Route	Letová cesta
FAF	Final Approach Fix	Navigační bod konečného přiblížení
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FIS	Flight Information Service	Letecký informační služba
FL	Flight level	Letová hladina
GBAS	Ground-Based Augmentation System	Systém vylepšení GPS úpravami pozemních zařízení
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	Globální satelitní systém navigace
GLS	GNSS Landing System	Systém přesného přiblížení na přistání založen na satelitní navigaci

GP	Glide Path	Sestupový maják ILS/MLS
GPS	Global Positioning System	Globální systém měření polohy
IAF	Initial Approach Fix	Navigační bod pro zahájení počátečního přiblížení
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IF	Intermediate Approach Fix	Navigační bod středního přiblížení
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	Systém přesného přiblížení na přistání
INS	Inertial Navigation System	Inerciální navigační systém osazený elektromechanickými gyroskopy
IRS	Inertial Reference System	Inerciální referenční systém osazený laserovými gyroskopy
LNAV	Lateral Navigation	Navigace v horizontální rovině
LORAN	Long Range Navigation	Zařízení dálkové navigace
LPV	Localizer Precision with Vertical guidance	Přesnost lokalizace polohy s vertikálním navedením
MAPT	Missed Approach Point	Navigační bod nezdařeného přiblížení
MDA/H	Minimum Descent Altitude/Height	Minimální nadmořská výška/ výška sestupu
MLS	Microwave Landing System	Microvlnný systém přesného přiblížení na přistání
MMR	Multi-Mode Receiver	Víceúčelový přijímač ILS/MLS/GPS
MSA	Minimum Sector Altitude	Minimální výška v sektoru
NDB	Non-Directional Beacon	Všesměrový maják
NPA	Non-Precision Approach	Přístrojové přiblížení
NSP	Navigation Service Provider	Poskytovatel navigačních služeb
PA	Precision Approach	Přesné přiblížení
PAR	Precision Approach Radar	Přesný přibližovací radar
PBN	Performance Based Navigation	Metoda navigace založená na sledování výkonu navigačních zařízení
P-RNAV	Precise-RNAV	Přesná RNAV
RNAV	Random Navigation	Prostorová navigace
RNP	Required Navigation Performance	Požadovaná navigační výkonnost
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SARS	Search And Rescue Service	Pátrací a záchranná služba

SBAS	Satellite-Based Augmentation System	System vylepšení GPS úpravami kosmického a řídicího segmentu
SID	Standard Instrument Departure	Standardní odletová mapa
STAR	Standard Instrument Arrival	Standardní příletová mapa
TMA	Terminal Maneuvering Area	Koncová řízená oblast
TWR	Aerodrome Control Tower	Letištní řídicí věž
UACC	Upper Area Control Center	Středisko řízení UIR
UIR	Upper Information Region	Horní letový okresek
UNK	Unknown	Neznámé
USA	United States of America	Spojené státy americké
VFR	Visual Flight Rules	Pravidla pro let za viditelnosti země
VHF	Very High Frequency	Pásmo VKV
VNAV	Vertical Navigation	Navigace ve vertikální rovině
VOR	VHF Omni-directional Range	VKV směrový rádiový maják
WAAS	Wide Area Augmentation System	System aplikace korekční zprávy na rozsáhlém území

8. Seznam příloh

Příloha č. 1: GNSS Landing System (GLS)

9. Přílohy

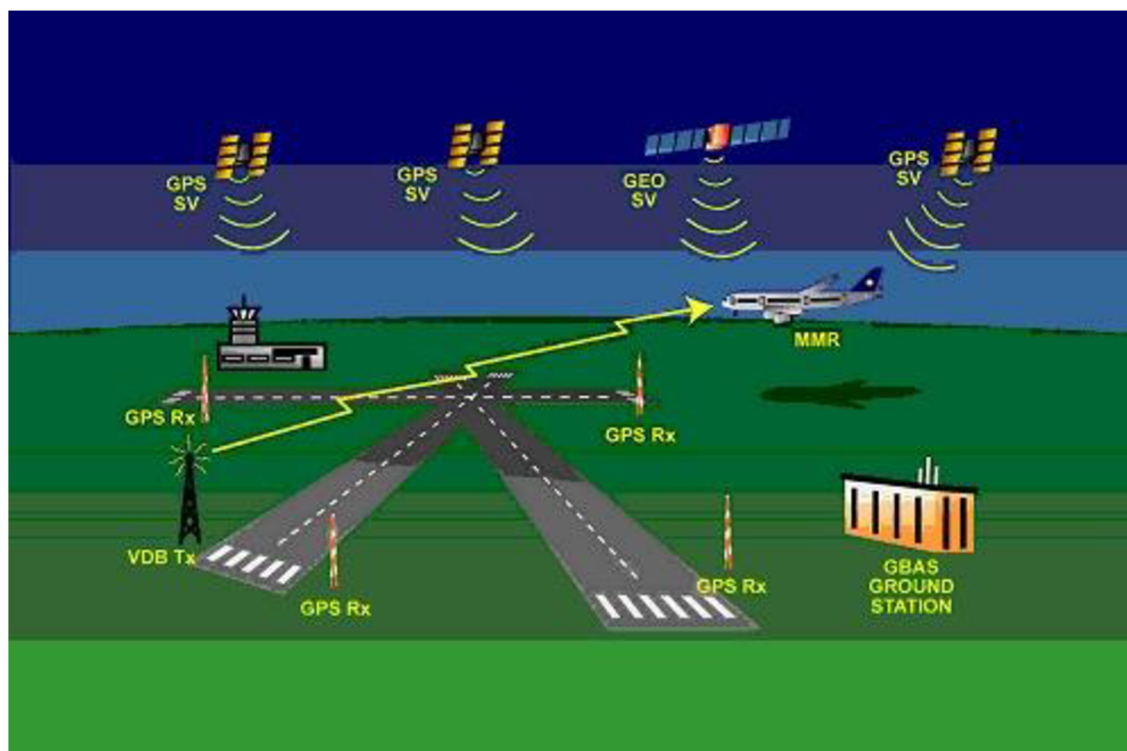
Příloha č. 1: GNSS Landing System (GLS)

V 90. letech 20. století byla vyvinuta po MLS další alternativa k ILS. Systém přesného přiblížení na přistání je založen na satelitní navigaci a konkrétně využívá systému GBAS. GLS nabízí větší flexibilitu tím, že jeden systém lze použít pro více ranvejí, a také má menší provozní náklady než ILS/MLS. Přechod na GLS je v souladu se strategií satelitní navigaci organizace ICAO pro všechny fáze letu. [14]

GBAS je vylepšení GNSS, které nám umožní poslat pilotům korekční zprávu, která velmi zpřesní určení polohy letadla podle GPS. Tato korekční zpráva je poslána letadlům přes VHF vysílač v dosahu přibližně 30 km od letiště (20 nm). GBAS nejprve poskytoval podporu pro přesné přiblížení Cat I, ale ve své podstatě splňoval velmi vysoké požadavky na přesnost, dostupnost a integritu nezbytné pro přesné přiblížení Cat I, II a III. Kromě toho však může poskytovat zakřivené trajektorie přiblížení v TMA v regionech, které tuto realizaci vyžadují kvůli povaze provozu nebo okolí letiště. Současné GBAS systémy prokazují, že přesnost je menší než 1 metr v horizontální i vertikální rovině. [14]

Systém GBAS se skládá ze tří prvků (viz obr. 19):

- Soustavy několika satelitů GPS
- Pozemní stanice, která je složena z antény příjmu signálu z družic, procesoru, databáze přiblížení a VHF vysílače korekční zprávy
- Letadla vybaveného přijímačem GBAS případně prostřednictvím víceúčelového přijímače (MMR)



Obr. 19: Ukázka uspořádání jednotlivých součástí GBAS systému na letišti [14]