



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Radim Bradáč

**NAVIGACE ZALOŽENÁ NA VÝKONNOSTI
V LETOUNECH VŠEOBECNÉHO LETECTVÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019



K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Radim Bradáč

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Navigace založená na výkonnosti v letounech
všeobecného letectví**

Název tématu (anglicky): Performance Based Navigation in General Aviation
Airplanes

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Předpisové požadavky, definice základních pojmů
- Konstrukce tratí pro postupy PBN a její odlišnosti od konvenční navigace
- Moderní možnosti využití postupů PBN ve všeobecném letectví
- Metodika provedení letu s letouny vybavenými nejrozšířenější avionikou
- Současné a očekávané využití postupů PBN ve všeobecném letectví v ČR a Evropě



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ICAO Doc. 9613, Performance Based Navigation (PBN) Manual, 3rd Edition. International Civil Aviation Organization, 2008
Letové postupy a provoz letadel. Soldán V., 2007
Učebnica na lety podľa prístrojov. Jůn F., 2015

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimír Soldán, Ph.D.**
doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **27. července 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **28. května 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Radim Bradáč
jméno a podpis studenta

V Praze dne27. července 2018

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady a cenné rady pro vypracování této práce. Zvláštní poděkování potom patří vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Vladimíru Soldánovi, Ph.D., a panu doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D., za odborné vedení, které mi ochotně poskytovali při tvorbě této práce. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a všem svým blízkým, kteří mi poskytovali morální a materiální podporu po celou dobu mého studia.

PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze, Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 17. května 2019



podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

**NAVIGACE ZALOŽENÁ NA VÝKONNOSTI V LETOUNECH
VŠEOBECNÉHO LETECTVÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

květen 2019

Bc. Radim Bradáč

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá implementací navigace založené na výkonnosti do letounů všeobecného letectví, zejména z pohledu létajícího personálu. Jejím cílem je vytvořit ucelený materiál pro letové posádky ve všeobecném letectví. Nejprve je proveden rozbor důležitý pro vyjasnění terminologie a odlišností od konvenční navigace. V praktické části je zjištěn nejpoužívanější avionický systém ve všeobecném letectví, pro který je dále vytvořena metodika provedení letu dle postupů PBN. Poslední část se zabývá možnostmi využití PBN v ČR a v zahraničí a jsou nastíněny možnosti budoucího rozvoje.

ABSTRACT

This thesis addresses the implementation of Performance Based Navigation into general aviation aeroplanes, especially from the perspective of flying personnel. The aim is to make a complex study material for flight crews. At first, theoretical analysis is made to clarify used definitions, terminology and differences from conventional navigation. In the practical part, most commonly used avionic system is found out, for which flying methodology is made according PBN procedures. Last part considers usage of PBN in the Czech Republic compared to other states and possibilities for future development are stated.

KLÍČOVÁ SLOVA

navigace založená na výkonnosti, PBN, RNAV, všeobecné letectví, GNS430, výcvik

KEYWORDS

Performance Based Navigation, PBN, RNAV, general aviation, GNS430, training

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Úvod	11
1. Historický vývoj PBN	13
2. Koncepce PBN	15
2.1 Definice základních pojmů	16
2.1.1 Hodnocení výkonnosti systému	16
2.1.2 Navigační specifikace	17
3. Předpisová základna	19
3.1 ICAO Annex 6	19
3.2 Legislativa EU	21
3.2.1 Nařízení EK (EU) č. 965/2012	22
3.2.2 Nařízení EK (EU) č. 1778/2011	23
3.2.3 ICAO Doc 9613	24
3.3 Shrnutí předpisových požadavků	24
4. Konstrukce tratí pro postupy PBN	24
4.1 Základní principy	25
4.1.1 Kategorie letadel	25
4.1.2 Ochranné prostory	26
4.1.3 Komponenty konstrukce postupů PBN	27
4.1.4 Body prostorové navigace	34
4.2 Postupy pro odlet	35
4.2.1 Minimální výška nad překážkami	35
4.2.2 Přímé odlety	36
4.2.3 Odlet se zatáčkou	37
4.3 Traťový let	44
4.3.1 Minimální výška nad překážkami	44
4.3.2 Konstrukce ochranného prostoru	46
4.4 Postupy pro přilet	46

4.4.1	Rychlosti pro přiletové postupy	46
4.4.2	Přiletová trať	47
4.4.3	Úsek počátečního přiblížení	48
4.4.4	Úsek středního přiblížení	49
4.4.5	Úsek konečného přiblížení	50
4.4.6	Úsek nezdařeného přiblížení	61
4.4.7	Koncept příčky Y a T	67
5.	Současné možnosti využití PBN ve všeobecném letectví	70
5.1	Určení nejpoužívanější avioniky	70
5.1.1	Vyhodnocení dotazníku	72
6.	Metodika provedení letu dle postupů PBN	77
6.1	Popis systému Garmin GNS430/530	78
6.2	Základní ovládání a funkce GNS430/530	78
6.2.1	Mód NAV	79
6.2.2	Mód WPT	82
6.2.3	Mód AUX	82
6.2.4	Mód NRST	83
6.2.5	Zpráva – MSG	83
6.3	Plánování letu s využitím postupů PBN	83
6.3.1	Ověření dostupnosti RAIM	83
6.3.2	Kontrola zpráv NOTAM	85
6.3.3	Uvádění specifikace PBN do letového plánu	85
6.4	Příprava před odletem	86
6.4.1	Předletová příprava	86
6.4.2	Příprava zařízení na odlet	88
6.5	Let po SID	90
6.5.1	Nastavení výchylky CDI	91
6.5.2	Provádění zatáček	92
6.6	Traťový let	92

6.6.1	Vyčkávání s pomocí GNS	93
6.7	Let po STAR	94
6.7.1	Přístrojové přiblížení	96
6.7.2	Příprava před zahájením přiblížení	96
6.7.3	Nepřesné RNP přiblížení (2D přiblížení)	98
6.7.4	Přiblížení s vertikálním vedením (3D přiblížení)	103
6.8	Nezdařené přiblížení	106
6.9	Postupy pro nenadálé situace	107
6.9.1	Frazeologie při ztrátě schopnosti RNAV	108
6.9.2	Zprávy zařízení GNS430/530	108
7.	Očekávané možnosti využití PBN v GA v Evropě	111
7.1	Shrnutí	113
8.	Závěr	114
9.	Použité zdroje	116
10.	Seznam příloh	119

Seznam použitých zkratek

AIP	Aeronautical Information Publication
AMSL	Above Mean Sea Level
AOC	Air Operator's Certificate
APV	Approach procedure with Vertical Guidance
ARP	Aerodrome Reference Point
ATM	Air Traffic Management
ATO	Approved Training Organization
ATS	Air Traffic Services
ATT	Along-track Tolerance
BV	Buffer Value
CDFA	Continuous Descent Final Approach
CDI	Course Deviation Indicator
DA	Decision Altitude
DER	Departure End of the Runway
DH	Decision Height
DOP	Dilution of Precision
EASA	European Aviation Safety Agency
FAF	Final Approach Fix
FAP	Final Approach Point
FTE	Flight Technical Error
GNSS	Global Navigation Satellite System
HL	Height Loss
HSI	Horizontal Situation Indicator
IAF	Initial Approach Fix
IAS	Indicated Airspeed
ICAO	International Civil Aviation Organization
IF	Intermediate Fix
ILS	Instrument Landing System
IMC	Instrument Meteorological Conditions
ISA	International Standard Atmosphere
KTS	Knots
LPV	Localizer Performance with Vertical Guidance
MAHF	Missed Approach Holding Fix
MAPT	Missed Approach Point
MATF	Missed Approach Turning Fix

MDA	Minimum Descent Altitude
MEA	Minimum Enroute Altitude
MOC	Minimum Obstacle Clearance
MOCA	Minimum Obstacle Clearance Altitude
MSA	Minimum Sector Altitude
NM	Nautical Mile
NOTAM	Notice to Airmen
NSE	Navigation System Error
OAS	Obstacle Assessment Surface
OCA	Obstacle Clearance Altitude
PBN	Performance-Based Navigation
PDG	Procedural Design Gradient
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RMZ	Radio Mandatory Zone
RNP AR	Required Navigation Performance - Authorization Required
RWY	Runway
SBAS	Satellite-based Augmentation System
SID	Standard Instrument Departure
SOC	Start of Climb
STAR	Standard Instrument Arrival
TAA	Terminal Arrival Altitude
TAS	True Airspeed
XTT	Cross-track Tolerance

Úvod

Letecká navigace zaznamenala v posledních letech veliký posun. Zejména je tento posun spojen s rozvojem systémů satelitní navigace, která umožňuje jednoduché určení polohy téměř kdekoli na světě, bez závislosti na pozemních radionavigačních prostředcích. Díky dostupnosti těchto prostředků tak došlo v posledních letech ke značnému rozvoji prostorové navigace. V minulých několika letech potom došlo prostřednictvím Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO (International Civil Aviation Organization) a v evropském prostředí členských států Evropské agentury pro bezpečnost letectví EASA (European Aviation Safety Agency) v oblasti prostorové navigace ke sjednocení názvosloví, legislativy, požadavků na vybavení, ale i na letové posádky a výcvik. Protože je této legislativy veliké množství a obecně se jedná „mladou“ koncepci, je orientace v této problematice složitá a mezi odbornou veřejností i přímo letovými posádkami často nastává nejistota. Díky těmto změnám byla zavedena zcela nová kvalifikace pro letové posádky PBN, bez které není možné tento druh provozu provádět. V budoucnu bude muset být dokonce tato doložka součástí každé kvalifikace pro lety podle přístrojů. To klade nové nároky na výcvik letového personálu.

Zatímco o obecné a konvenční navigaci existuje veliké množství literatury a materiálů, ze kterých je možné čerpat, v případě prostorové navigace je značně omezená a díky nedávným změnám a zavedení koncepce PBN je často neaktuální. To je zejména znát při výcviku letových posádek, kdy zájemci o získání kvalifikace pro lety podle přístrojů, respektive doložky PBN, nemají k dispozici žádný komplexní materiál, ze kterého by bylo možné čerpat. Protože je mi téma výcviku letových posádek blízké, rozhodl jsem se svou diplomovou práci věnovat právě tématu implementace navigace PBN do letounů všeobecného letectví, na kterých probíhá počáteční výcvik k získání kvalifikace PBN, včetně požadavků na znalosti letových posádek, které to vyžaduje.

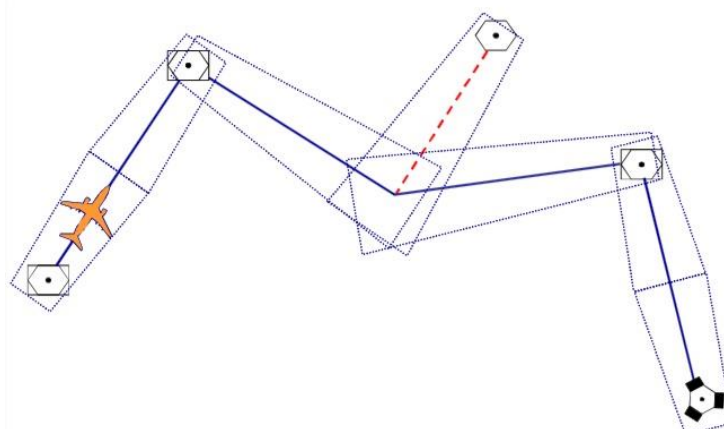
Protože jsou letové postupy pro navigaci založenou na výkonnosti konstruovány odlišným způsobem od systémů konvenční navigace, považuji za důležitý jejich rozbor a zejména potom příslušné odlišnosti od konvenční navigace, aby letové posádky měly povědomí, jaká ochrana letadla od překážek je v různých fázích letu poskytována. Informace o konstrukcích letových postupů jsou ale uvedeny v předpisu L8168, část II, který nebyl v plném znění přeložen do Českého jazyka a je pro svou obsáhlou a složitou využíván spíše odborníky na konstrukci letových postupů. Proto považuji za vhodné provést výklad tohoto předpisu se zaměřením na provoz všeobecného letectví. Samotný provoz PBN je řešen na úrovni provozovatele pomocí standardních provozních postupů. Pro zájemce o získání kvalifikace PBN není k dispozici žádný materiál obsahující metodiku formou „dobré praxe“ bez

zaměřením na konkrétní typ letadla. Součástí této práce tedy bude vytvoření metodiky provedení letu s konkrétním avionickým systémem, který je ve všeobecném letectví nejvíce používán. Poslední část potom nabídne přehled do možností využití navigace založené na výkonnosti u nás a v zahraničí, i případné možnosti využití v budoucnu. Cílem této práce je tak vytvořit ucelený materiál pro létající personál ve všeobecném letectví zabývající se provozem navigace založené na výkonnosti.

1. Historický vývoj PBN

Pomineme-li různé vizuální prostředky a navigační systémy fungující na základě zvukové indikace, nastává větší rozvoj radionavigačních prostředků až ve 40. - 50. letech minulého století. To jsou poprvé instalovány systémy ILS pro přesné přiblížení letadla a VOR pro traťovou navigaci nebo nepřesné přiblížení, které již používají čistě přístrojovou indikaci bez zvukové (mimo identifikace zařízení). Systém ILS je dodnes využíván na většině letišť po celém světě a ani rozvoj konceptu PBN nepředpokládá nahrazení tohoto systému v blízké budoucnosti. V roce 1961 byl poprvé v civilním provozu instalován systém pro měření šikmé vzdálenosti DME. Vzhledem k vysoké přesnosti tohoto systému se plánuje využívat i nadále jako součást konceptu PBN.

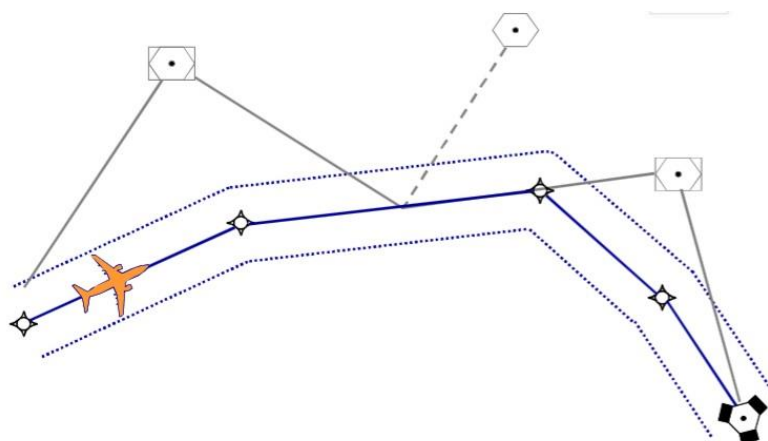
Pomocí těchto zařízení bylo možné publikovat postupy pro přiblížení letadla i pro vedení po trati. Pokud ale použijeme konvenční radionavigační zařízení pro vedení letadla po trati, musí být tyto tratě vedeny v dosahu a přes pozemní radionavigační zařízení, případně myšlené body, které jsou pomocí nich definovány (například jako průsečík dvou radiálů zařízení VOR). Zároveň se s rostoucí vzdáleností od zařízení zhoršuje přesnost vedení, a proto ochranné prostory takových tratí divergují se vzdáleností od zařízení. Z tohoto je patrných hned několik nevýhod takové koncepce – zásadní je velmi nízká flexibilita, ať už z hlediska provozu, kdy tratě musí vést přes pozemní zařízení, či z hlediska návrhu, kdy díky rozšiřujícím se ochranným prostorům není možné umístit jinou trať do blízké vzdálenosti. To je zejména nevýhodné v blízkosti letišť. Další nevýhodou je nutnost provozu většího množství pozemních zařízení.



Obrázek 1 Trať zkonstruovaná pomocí konvenčních radionavigačních prostředků. [1]

S rostoucí hustotou provozu a rozmachem proudových letadel ale začal být takový systém nevyhovující. V 70. letech tak začala být vyvíjena první generace digitální avioniky a

navigačních počítačů. První navigační počítače byly obvykle schopny sekvencovat 4 manuálně vložené body, kdy po přeletu prvního bylo přepnuto na další – navigace probíhala tedy výlučně po spojnicích vložených bodů. Navigační vedení bylo zajištěno pomocí výnosu navigačního počítače na standartní CDI. Tyto systémy pro svou činnost využívaly stále pozemní radionavigační prostředky. Později začaly využívat inerciálních systémů, které od počátečního vystavení měřily zrychlení a úhlovou rychlost ve všech 3 osách a druhou integrací zrychlení získávaly informaci o změně polohy. Jakmile byl na palubě letadla navigační počítač, který měl v každém okamžiku informaci o poloze letadla, bylo možné provádět tzv. prostorovou navigaci, která letadlu umožnila letět po jakékoli zamýšlené trajektorii. Šířka ochranných prostorů se již stala konstantní, odpovídají chybě navigačního počítače. Prostorová navigace, zkracována jako RNAV, tak umožnila výrazné zvýšení jak provozní flexibility, tak flexibility v návrhu letových postupů a položila základ koncepci PBN.



Obrázek 2 Znárodnění trati konstruované pomocí RNAV. [1]

Dalším milníkem v letecké navigaci byl rozvoj satelitních navigačních systémů. Ten umožnil značné zpřesnění prostorové navigace a vznik zcela nové avioniky založené na příjmu signálu GNSS. Dnešní systémy používané v letecké dopravě obvykle sestávají z inerciálního systému, jehož výstup je dále zpřesňován pomocí GNSS signálu a pozemních navigačních zařízení, zejména DME/DME metodou. Zpřesnění, které ale aplikace satelitní navigace přineslo, umožnilo zcela nové možnosti využití – například vedení ve fázi konečného přiblížení, výrazné zefektivnění využití vzdušného prostoru, či publikaci nových přístrojových postupů na letištích, kde to dříve z důvodu terénních překážek nebylo možné. Dřívější systémy prostorové navigace založené pouze na pozemních zařízeních měly stále řadu nevýhod (pokrytí) a „samostatné“ systémy ve formě inerciální navigace byly velmi finančně náročné a těžké. Proto byla dříve prostorová navigace výsadou v podstatě jen vojenského a dopravního létání. Ovšem díky rozvoji satelitních navigačních systémů v posledních desetiletích zaznamenala prostorová navigace ohromný rozvoj i ve všeobecném letectví.

Vzniklo velké množství avioniky s různou úrovní použitelnosti a certifikace, která obvykle ke své činnosti používá pouze signál GNSS a je tak daleko dostupnější.

2. Koncepte PBN

Stále rostoucí objem letového provozu je čím dál tím větší výzvou pro zvýšení efektivity využití vzdušného prostoru. Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, implementace RNAV podpořená rozvojem satelitních navigačních systémů, umožnila významné zvýšení flexibility při návrhu letových postupů i při provozu. Po celém světě se tak vyvinulo mnoho aplikací pro různé fáze letu – od tratí, přes příletové tratě až po přiblížení podle přístrojů. Je ale zřejmé, že ne každé palubní zařízení schopné prostorové navigace, bude použitelné pro všechny takové aplikace – jako extrémní příklad lze uvést systém prostorové navigace využívající pouze inerciální systém, který by byl použit pro přiblížení podle přístrojů – je zřejmé, že díky stálé integrace chyb akcelerometrů by takový systém bez informace z vnějších zdrojů nebyl bezpečně použitelný. Z tohoto důvodu musí být požadavky na navigační zařízení pro danou aplikaci uvedeny v jednotné podobě – aby bylo pro piloty i řídící letového provozu na první pohled zřejmé, jestli výkonnost konkrétního palubního systému odpovídá požadavkům dané aplikace.

První systémy, které byly v počátcích prostorové navigace vyvinuty, prošly certifikačním procesem, byla zjištěna jejich navigační výkonnost a na jejím základě byla stanovena kritéria pro konstrukci ochranných prostorů vůči překážkám a omezení při konstrukci tratí. Protože nebyla navigační výkonnost palubních zařízení nijak obecně popsána, byl v některých vzdušných prostorech požadován konkrétní systém či dokonce konkrétní avionika. To bylo ovšem značně nepraktické a bylo tedy nutné definovat potřebné vybavení obecně na základě jeho navigační výkonnosti. Takový postup se začal nazývat navigace založená na výkonnosti – PBN. V koncepci PBN se navigační výkonnost definuje z hlediska přesnosti, integrity, dostupnosti, spojitosti a funkčnosti, bez ohledu na použitý systém – protože stejným požadavkům lze vyhovět pomocí různých systémů. Tato kritéria mohou být odlišná – například pro navigační vedení letadla po trati budou zpravidla nižší požadavky, než pro navigaci ve fázi konečného přiblížení. Úrovně těchto požadavků se uvádí jako tzv. navigační specifikace, a ta musí vždy odpovídat požadované navigační specifikaci pro konkrétní postup. PBN tedy primárně specifikuje požadavky na navigační výkonnost, bez ohledu na to, jakým systémem jsou dosaženy.

Navigace založená na výkonnosti je ovšem pouze jedním z prostředků umožňující nové koncepte vzdušného prostoru – vždy se pohybuje v kontextu komunikační a přehledové

infrastruktury a ATM. Pro aplikaci PBN je zároveň klíčová navigační infrastruktura. Výsledek aplikace navigační specifikace a navigační infrastruktury (ať už pozemní nebo kosmické) do tratí ATS či jiných přístrojových postupů se potom nazývá navigační aplikace. Navigační aplikace mohou být různé v závislosti na podmínkách konkrétních států. Například se může stát, že pro stejnou navigační specifikaci, které lze vyhovět pomocí různých senzorů, bude v jednom státě požadován jako senzor pouze GNSS (například vzhledem k nedostatku pozemních zařízení) a v jiném státě pouze DME/DME a IRU (například může být v dané oblasti dlouhodobě nespolehlivý signál GNSS). Takové požadavky samozřejmě vždy musí být v souladu se specifikací ICAO a nemohou být méně restriktivní. Je možné je nalézt v AIP daného státu.

Protože je tato práce zaměřena na implementaci PBN z pohledu letové posádky, považuji hlubší popis koncepce za nadbytečný. Z pohledu pilota je nutné umět určit, zdali letadlo a posádka může použít daný postup PBN, či nikoliv a pochopit funkci systémů prostorové navigace a jejich omezení. Metodika provedení letu dle postupů PBN je potom velmi specifickou samostatnou kapitolou a bude rozebrána dále v této práci.

2.1 Definice základních pojmů

Pro správné pochopení je třeba vyjasnit základní terminologii, která se v koncepci PBN používá.

2.1.1 Hodnocení výkonnosti systému

Následující pojmy se používají pro hodnocení výkonnosti navigačních systémů. Protože jsou použity v koncepci PBN, je důležité se s nimi seznámit.

Přesnost

Rozdíl mezi polohou změřenou palubním systémem a skutečnou polohou, případně rychlostí nebo časem.^[2]

Integrita

Míra, se kterou může být důvěřováno správnosti informace poskytované navigačním systémem. Obsahuje schopnost systému poskytnout včasná varování uživateli v případě, že by systém neměl být vlivem zhoršení přesnosti použit pro navigaci.^[2] U systémů RNP se požaduje, aby bylo vydáno varování v případě, že pravděpodobnost překročení dvojnásobku požadované přesnosti přesáhne 10^{-5} na letovou hodinu (tedy 0,001%).^[3]

Kontinuita

Schopnost systému fungovat bez přerušení, její hodnota udává pravděpodobnost, s jakou je systém schopen tuto podmínku splnit.^[2] V koncepci PBN nesmí být pravděpodobnost ztráty

schopnosti navigace vyšší, než 10^{-4} na letovou hodinu – to odpovídá kontinuitě 99,9999% na letovou hodinu.^[3]

Dostupnost

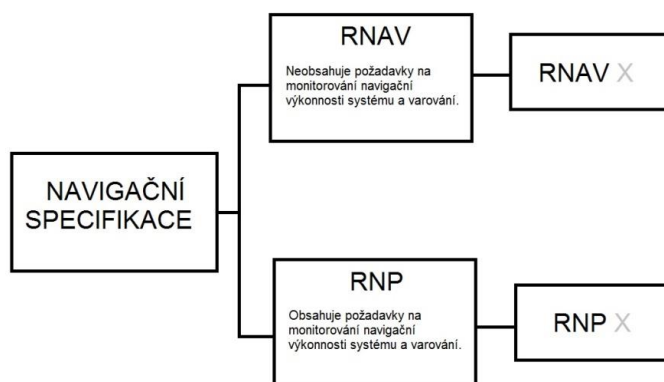
Procentuální hodnota času, po který systém splňuje výše definovaná kritéria přesnosti, integrity a kontinuity.^[2]

2.1.2 Navigační specifikace

V předchozím odstavci již byl použit a částečně vysvětlen pojem „navigační specifikace“. Tento pojem je soustava požadavků na palubní systém prostorové navigace a posádku letadla. Požadavky na palubní systém jsou definovány z hlediska senzorů, které musí takový systém obsahovat; přesnosti, dostupnosti, integrity a kontinuity; ale i z hlediska funkčnosti – tedy schopnosti například provést zatáčky s fixním radiem, paralelní offsetové tratě a podobně. Tyto požadavky jsou podrobně uvedeny pro každou navigační specifikaci. Existují 2 základní druhy navigační specifikace – RNAV a RNP, které se dále rozlišují dle konkrétních požadavků.

2.1.2.1 Specifikace RNAV a RNP

Systémy RNAV a RNP jsou v podstatě totožné. Zásadním rozdílem mezi nimi je ale požadavek na palubní monitorování výkonnosti a upozorňování posádky. Takový systém musí upozornit posádku v případě, že detekuje pokles (případně je nejistota) navigační výkonnosti pod požadovanou úroveň. Specifikace, která obsahuje takové požadavky, se nazývá RNP. Specifikace, která takové požadavky neobsahuje, se nazývá RNAV. Navigační specifikace se potom označují prefixem RNP nebo RNAV spolu s číselnou hodnotou, která odpovídá horizontální přesnosti navigačního systému v námořních mílech, jejíž dosažení se očekává alespoň v 95% letové doby – jak již ale bylo zmíněno výše, jedná se pouze o jeden z mnoha dalších požadavků. Označení tedy bude například ve formátu RNP 4, nebo RNAV 1. To je znázorněno na obrázku číslo 3.



Obrázek 3 Rozdělení a označování navigačních specifikací.

V přechodném textu byl také často zmiňován pojem RNAV – prostorová navigace. Tímto pojmem ovšem nebyl myšlen žádný systém, který by splňoval některou specifikaci RNAV, ale zcela obecně systém prostorové navigace. Je zřejmé, že zavedení pojmu RNAV do koncepce PBN způsobilo jisté zmatky v používané terminologii, je proto nutné vnímat kontext, ve kterém je tento výraz použit.

Důležité je zmínit, že systém schválený dle specifikace RNP není automaticky schválen pro všechny specifikace RNAV, či systém schválený dle přísnějších požadavků na přesnost (například RNP 0.3) je automaticky schválený pro provoz dle méně přísných požadavků (například RNP 4). Pro každou navigační specifikaci jsou totiž definovány specifické požadavky a není tak jisté, že by je daný systém splňoval – jiná specifikace může například zahrnovat jiné požadavky na funkčnost, které nemusí být systém schválený dle jiné specifikace schopen (například zatáčka s pevným poloměrem apod.).

2.1.2.2 Specifikace ICAO

Se zavedením konceptu PBN ICAO zavedlo následující navigační specifikace. Ty částečně vychází ze starších specifikací vyvinutých pro místní použití v regionálních oblastech – některé byly vyvinuty například pro použití v oceánských oblastech, jiné pro použití v koncových řízených oblastech letišť – například požadavky na přesnost tak mohou být totožné, ale specifikace dle PBN obsahuje i další, například na funkčnost (viz výše). Veškeré nové postupy by již měly být navrženy v souladu s některou z uvedených specifikací. Následující tabulka ukazuje navigační specifikace ICAO, jejich použitelnost pro jednotlivé fáze letu a jejich požadované přesnosti v námořních mílích, založené na 95% hladině pravděpodobnosti. S využitím pokročilých specifikací RNP 2 a Advanced-RNP 1 se počítá v budoucnu a zatím nejsou publikovány.^[3]

NAVIGAČNÍ SPECIFIKACE	FÁZE LETU							
	TRAŤOVÝ LET OCEÁNSKÝ	TRAŤOVÝ LET KONTINENT.	PŘÍLET	PŘIBLIŽENÍ				ODLET
				POČATEČNÍ	STŘEDNÍ	KONEČNÉ	NEZDARENÉ	
RNAV 10	10							
RNAV 5		5	5					
RNAV 2		2	2					2
RNAV 1		1	1	1	1		1	1
RNP 4	4							
Basic-RNP1			1	1	1		1	1
RNP APCH				1	1	0.3	1	

Tabulka 1 Navigační specifikace ICAO, jejich použitelnost v různých fázích letu a požadovaná přesnost.^[3]

Poznámka: Specifikace RNAV-5 může být využita pro zaletění příletové tratě pouze do 30NM od IAF a nad MSA.

Pro každý let je obvykle použita sekvence specifikací RNAV a RNP – let může například začít odletem podle přístrojů dle RNAV 1, pokračovat po trati dle RNAV 5, prolétnout oceánským prostorem dle RNAV 10 a skončit příletem dle RNAV 1 zakončeným přiblížením dle RNP APCH. Pro každou z nich musí být samozřejmě palubní systém certifikován.

Z výše uvedené tabulky je zároveň patrné, že pro stejnou fázi letu (například nezdařené přiblížení) je možné použít více navigačních specifikací – jejich celková chyba systému (TSE) je totiž totožná. Vždy je ovšem třeba respektovat požadovanou navigační specifikaci pro daný postup – mimo požadavků na přesnost totiž zahrnuje také požadavky na funkčnost, které nemusí být palubní zařízení schopno. Dále je důležité si povšimnout, že přiblížení podle přístrojů má vlastní specifikaci – RNP APCH. Jiné specifikace není možné pro konečné přiblížení podle přístrojů použít.^[3]

3. Předpisová základna

Protože je samotná navigace založená na výkonnosti velmi širokým pojmem a v současné době může být využívána od nekomerčního provozu pro vlastní potřebu, přes obchodní leteckou dopravu až po zvláštní provoz, je i legislativa k tomuto tématu velmi obsáhlá a orientace v ní náročná. Její znalost je ovšem pro létající personál nezbytná. Z tohoto důvodu budou v této části rozebrány pouze statě, které jsou použitelné pro provoz ve všeobecném letectví. V případě obchodní letecké dopravy totiž příslušná dokumentace obvykle existuje na úrovni provozovatele, létající personál je s ní seznámen, může být specifická k danému typu letadla a její rozbor by byl nad rámec této práce.

Protože se jedná o velmi aktuální téma, i legislativa je v tomto ohledu poměrně mladá a tak, jak je popsána, je aktuální v době tvorby této práce. Protože je možné, že bude docházet k úpravám, je nutné pro aktuální informace nahlédnout do aktualizovaných vydání předpisů, které jsou níže rozebrány.

3.1 ICAO Annex 6

ICAO Annex 6 se zabývá provozem letadel. V českém prostředí je jeho ekvivalentem předpis L6. Vzhledem k zaměření této práce na všeobecné letectví bude brán v úvahu pouze předpis L6 část II, který se zabývá provozem ve všeobecném letectví.

„L6/II, 2.5.2 Navigační vybavení

2.5.2.1

Letoun musí být vybaven navigačním vybavením, které mu umožní let:

a) v souladu s jeho letovým plánem; a

b) v souladu s požadavky letových provozních služeb, s výjimkou toho, není-li to předem vyloučeno příslušným úřadem, kdy je navigace pro lety podle VFR dosaženo pomocí srovnávací navigace podle orientačních bodů na zemi.“^[4]

Vzhledem k tomu, že v České Republice již neexistuje žádná trať ATS, kterou by bylo možné zaletět konvenční navigací^[26], je zřejmé, že pro let podle přístrojů bude nutné vybavení pro PBN. Situace v evropských zemích je obdobná.

„2.5.2.2

Pro provoz, pro který byly předepsány navigační specifikace pro navigaci založenou na výkonnosti (PBN), musí letoun navíc k požadavkům stanoveným v ust. 2.5.2.1:

a) mít navigační vybavení, které umožní provoz podle předepsané(ých) navigační(ch) specifikace(i); a

b) mít informace týkající se schopností letounu dle specifikace RCP uvedených v letové příručce nebo jiné dokumentaci letounu schválené Státem projekce nebo Státem zápisu do rejstříku; a

c) pokud je letoun provozován v souladu s MEL, mít informace týkající se schopností dle specifikace RCP, které jsou zahrnuty v MEL.“^[4]

Tato část předpisu L6 stanoví, že letadlo musí být vybaveno příslušným navigačním zařízením schopným navigace PBN dle předepsané specifikace. Koncept RCP, tedy Required Communication Performance, stanoví požadavky na komunikační výkonnost letadla. Toto je zejména důležité v oblastech severního Atlantiku či oblastí s hustým provozem (může zohledňovat požadavky na vybavení letounů datovým komunikačním systémem apod.), nicméně je nad rámec všeobecného letectví.

„2.5.2.4

Při stanovování kritérií pro provoz, kde byla pro PBN předepsána navigační specifikace, musí stát zápisu do rejstříku požadovat, aby provozovatel/vlastník stanovil:

a) normální a mimořádné postupy, včetně postupů pro nepředvídané události;

b) požadavky na kvalifikaci a odbornou způsobilost letové posádky v souladu s příslušnými navigačními specifikacemi;

c) výcvik pro příslušný personál odpovídající zamýšlenému provozu; a

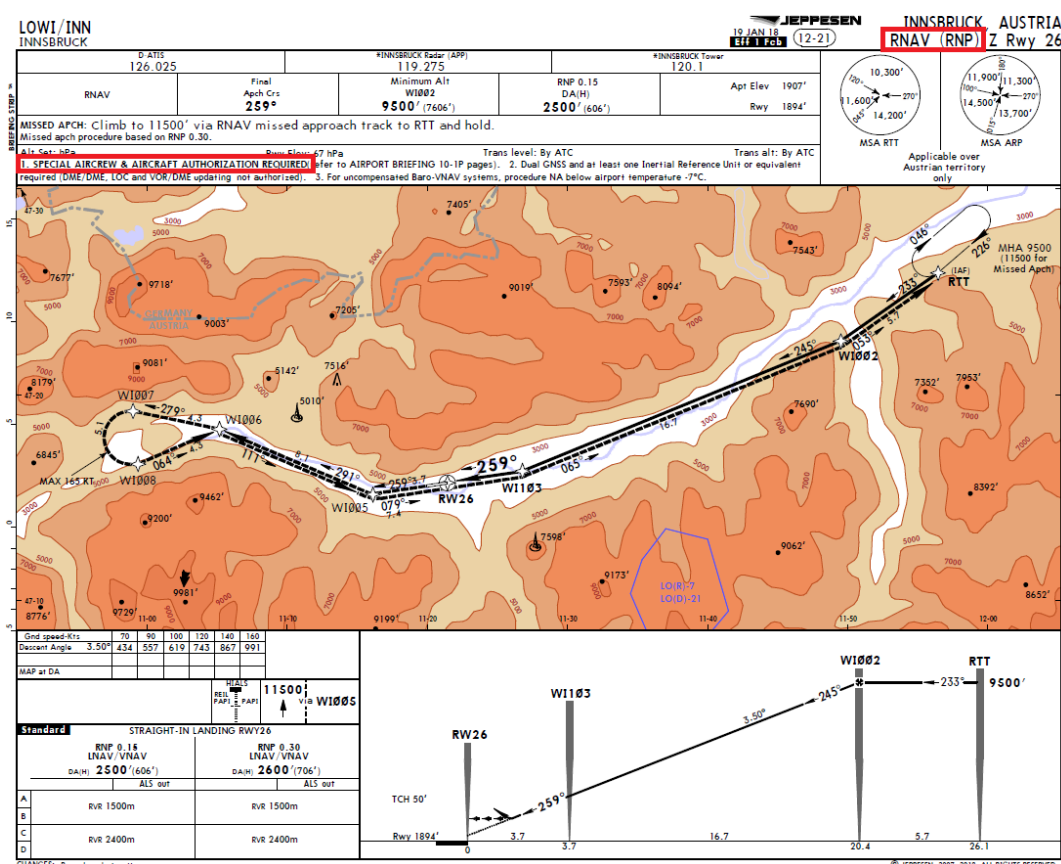
d) příslušné postupy pro údržbu k zajištění zachování letové způsobilosti, v souladu s příslušnými navigačními specifikacemi.“^[4]

Aby tedy mohl být prováděn provoz dle PBN, musí být v první řadě letadlo vybaveno příslušným zařízením, posádka musí být vycvičena, provozovatel musí mít zavedeny postupy pro takový provoz a údržba musí být prováděna v souladu s příslušnými požadavky.

„2.5.2.5

Stát zápisu do rejstříku musí vydat zvláštní oprávnění pro provoz založený na navigačních specifikacích pro provoz PBN vyžadující oprávnění (AR).“^[4]

S provozem PBN vyžadujícím zvláštní oprávnění (PBN AR) se často setkáme u některých přiblížení podle přístrojů. Takové tratě obvykle obsahují zvláštní segmenty (radius to fix apod.), snížený rozstup od překážek aj., což umožňuje zkonstruovat přiblížení i v místech s vysokým terénem, lepší postupy pro snížení dopadu hluku a podobně. Detailně se konstrukcí tratí a provozem AR zabývá ICAO Doc 9905, z výše uvedeného důvodu je ale jeho rozbor nad rámec této práce. Je velmi důležité, aby byly posádky seznámeny s provozem AR. Například u přiblížení podle přístrojů je fakt, že přiblížení vyžaduje zvláštní oprávnění, obvykle zdůrazněn. Pokud tomu tak je, přiblížení bez zvláštního oprávnění vydaného příslušným Úřadem nesmí být provedeno. Požadavky na takový provoz obvykle převyšují možnosti všeobecného letectví (zanedbáme-li některé lehké dopravní letouny, které také spadají do této kategorie).

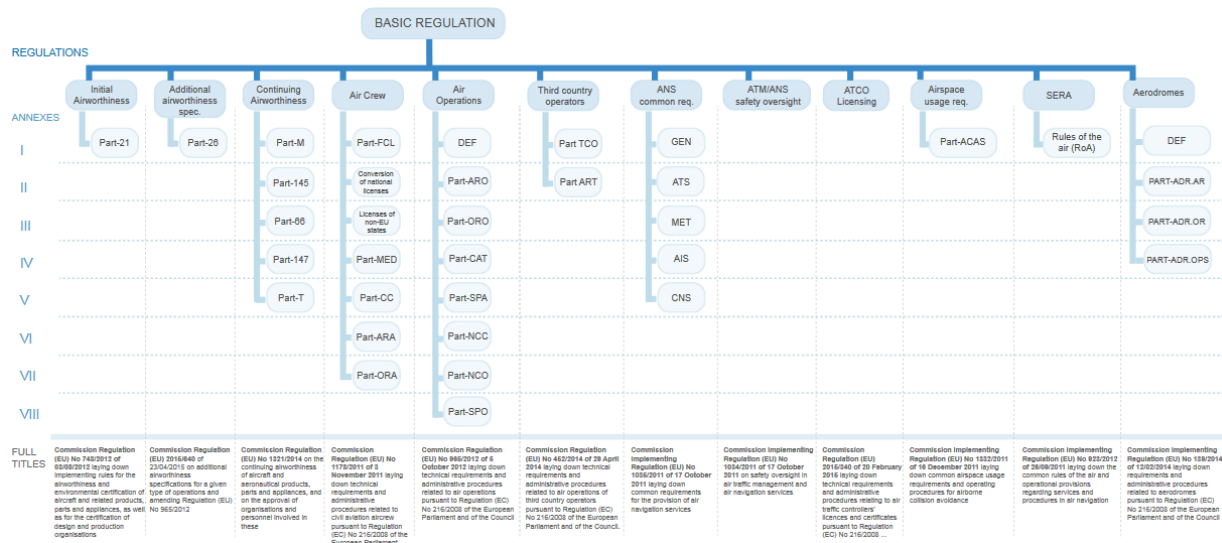


Obrázek 4 Příklad přiblížení podle přístrojů RNP AR na letišti Innsbruck.

3.2 Legislativa EU

Protože je Česká Republika součástí EU, je pro provoz závazná legislativa Evropské unie. Legislativa upravující provoz v letectví všeobecně vychází z nařízení Evropského parlamentu a Rady ve formě takzvaných BR – Basic Regulations. „Staré“ nařízení č. 216/2008 bylo od září 2018 kompletně nahrazeno nařízením EK číslo 2018/1139 - O společných pravidlech v oblasti civilního letectví, ze kterého vychází nová legislativa. Toto nařízení pokrývá formou IR - Implementing Regulations v podstatě celou oblast, od letové způsobilosti, přes provoz až

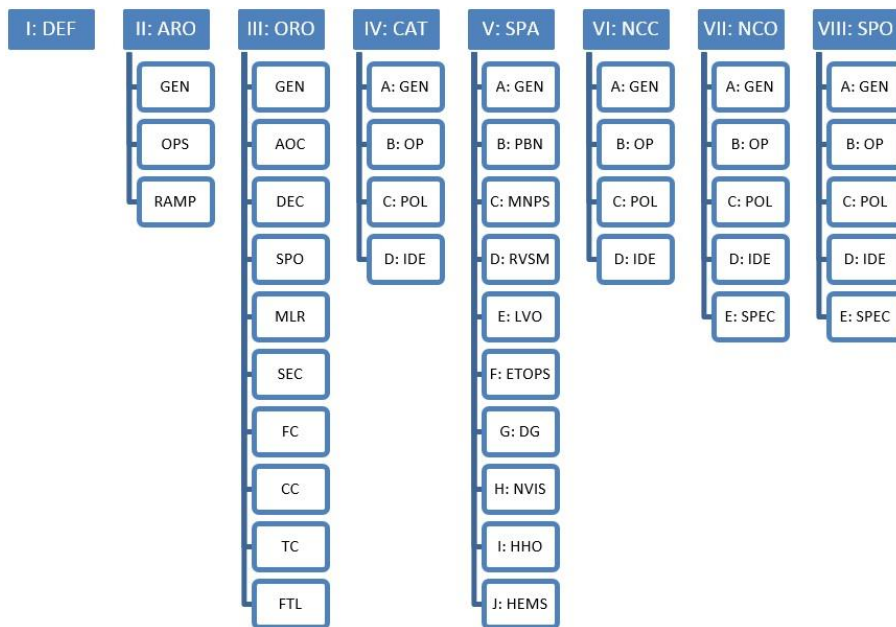
po způsobilost letišť či řídicích letového provozu. Pro oblast této práce bude však důležitá část Air Operations – známá též jako Nařízení EK č. 965/2012.



Obrázek 5 Struktura letecké legislativy EU. [5]

3.2.1 Nařízení EK (EU) č. 965/2012

Jak jsem již zmínil v textu výše, toto nařízení stanoví pravidla pro provoz letadel. Do jisté míry je tedy podrobnějším ekvivalentem Annexu 6 (v českém prostředí předpisu L6), vůči kterému může být toto nařízení pouze více restriktivní, nikoli naopak. Nařízení má 8 částí značených římskými číslicemi a je značně obsáhlé.



Obrázek 6 Struktura nařízení EK č. 965/2012. [5]

Navigací založenou na výkonnosti se v tomto nařízení dále zabývá pouze část SPA – Special Approvals. Je ovšem důležité upozornit, že nařízení EK č. 965/2012 bylo v roce 2016 upraveno nařízením EK číslo 2016/1199^[6] právě v oblasti navigace založené na výkonnosti a je tedy nutné vycházet z této změny.

„AMC 1 SPA.PBN.105 Provoz PBN

- a) *Oprávnění se vyžaduje pro každou z těchto specifikací PBN:*
 - 1) *RNP AR APCH; a*
 - 2) *RNP 0.3 pro provoz vrtulníků.*
- b) *Oprávnění k provozu RNP AR APCH umožňuje provoz používající veřejné postupy přiblížení podle přístrojů, které splňují platná kritéria ICAO pro navrhování postupů.*
- c) *Specifické oprávnění pro RNP AR APCH nebo RNP 0.3 se vyžaduje u soukromých postupů přiblížení podle přístrojů nebo u jakéhokoliv veřejného postupu přiblížení podle přístrojů, které nesplňují platná kritéria ICAO pro navrhování postupů, nebo vyžaduje-li to letecká informační příručka (AIP) nebo příslušný úřad.^[7]*

Pokud tedy nejsme provozovatelem v obchodní letecké dopravě, na které se vztahují další statě tohoto předpisu, a nebudeme PBN provozovat ve specifických případech uvedených pod písmenem a) - například AR APCH, není pro tento provoz zvláštní oprávnění Úřadu vyžadováno.

3.2.2 Nařízení EK (EU) č. 1778/2011

Toto nařízení se zabývá způsobilostí letových posádek. Částí I je potom dobře známá Část FCL, která upravuje kvalifikace letových posádek.

V roce 2016 bylo doplněno nařízením číslo 2016/539, které zavádí nové požadavky na výcvik a přezkušování pilotů, kteří létají dle postupů PBN. Toto nařízení je proto pro létající personál důležité.

„Článek 4a

Práva udělená přístrojovou kvalifikací pro navigaci založenou na výkonnosti

1. *Podle postupů navigace založené na výkonnosti (PBN) smějí piloti létat až poté, co získali práva pro PBN a tato práva byla začleněna do jejich přístrojové kvalifikace (IR).*

2. *Práva pro PBN pilot obdrží, když splní všechny tyto požadavky:*

- a) *pilot úspěšně absolvoval kurz teoretických znalostí mj. z navigace PBN v souladu s článkem FCL.615 přílohy I (část FCL);*
- b) *pilot úspěšně absolvoval letový výcvik mj. s navigací PBN v souladu s článkem FCL.615 přílohy I (část FCL);*
- c) *pilot úspěšně absolvoval buď zkoušku dovedností v souladu s dodatkem 7 přílohy I (část FCL), nebo zkoušku dovedností, nebo přezkoušení odborné způsobilosti v souladu s dodatkem 9 přílohy I (část FCL).*

...

5. *Piloti s přístrojovou kvalifikací bez práv pro PBN mohou provozovat lety a přiblížení na tratích, kde se nepožadují práva pro PBN a kde se pro obnovu jejich přístrojové kvalifikace nepožaduje žádný z prvků PBN, pouze do 25. srpna 2020. Po uplynutí tohoto data musí být práva pro PBN součástí každé přístrojové kvalifikace.*^[7]

Nařízení tedy zavádí zcela novou doložku k přístrojové kvalifikaci PBN. Aby tedy pilot mohl provést let, v průběhu kterého využije postupy PBN, musí mít platnou doložku PBN. Vzhledem k tomu, že v České Republice již není možné provést traťový let bez využití postupů PBN (respektive veškeré tratě ATS v ČR již vyžadují PBN), je získání této doložky nezbytností. Po roce 2020 potom bude muset být kvalifikace PBN součástí každé kvalifikace pro lety podle přístrojů.

3.2.3 ICAO Doc 9613

Tento dokument, nazývaný jako PBN Manual, obsahuje podrobný popis a návod pro zavádění postupů PBN. Neobsahuje žádné přímé direktivní statě, ale předpisy se na něj často odkazují – jde o tzv. „soft law“.^[3]

3.3 Shrnutí předpisových požadavků

Jak tedy z výše uvedených statí jednotlivých předpisů vyplývá, pro provoz dle PBN musí být letoun vybaven příslušným vybavením – avionikou, která umožní let v souladu s podaným letovým plánem a požadavky letových provozních služeb. Protože v ČR již neexistuje žádná trať ATS, která by umožnila let bez PBN, lze říct, že každý letoun provozovaný v souladu s pravidly pro let podle přístrojů musí být takovou avionikou vybaven.

Z pohledu provozovatele se pro provoz PBN zvláštní schválení nevyžaduje. Jinou kapitolou jsou přiblížení podle přístrojů, která vyžadují zvláštní oprávnění Úřadu (RNP APCH AR). Takové přiblížení není možné bez příslušného oprávnění provést. Ostatní případy vyžadující schválení jsou uvedeny výše, ale jsou velmi netypické.

Z hlediska kvalifikace letových posádek byla zavedena doložka PBN k přístrojové kvalifikaci. Aby mohla posádka provést let dle postupů PBN, musí mít tuto doložku platnou a zapsanou v průkazu způsobilosti. Po 25. srpnu 2020 bude muset být doložka PBN součástí každé kvalifikace pro lety podle přístrojů.

4. Konstrukce tratí pro postupy PBN

Pro zvýšení situačního povědomí posádky letadla je důležitá znalost konstrukce postupů pro lety podle přístrojů, aby bylo známé, v jaké míře a jakým způsobem zajišťují ochranu letadla od překážek v každé fázi letu. Protože jsou postupy PBN konstruovány odlišně, než

konvenční postupy, považují za důležité jejich konstrukci rozebrat právě se zdůrazněním odlišností, aby si posádka byla vědoma, jak velká ochrana od překážek je v každé fázi letu při využití postupů PBN poskytována. Konstrukcí ochranných prostorů u postupů pro lety podle přístrojů se zabývá předpis ICAO Doc 8168, část II. Zároveň považují za důležité zdůraznit, že z hlediska postupů PBN není rozdíl mezi obchodní leteckou dopravou, všeobecným letectvím, či jiným druhem provozu. Níže uvedený text je tedy důležitý pro piloty všeobecného letectví, ale má všeobecnou platnost.

4.1 Základní principy

Protože se tato práce zabývá specificky PBN, ochranné prostory konvenčních postupů nebudou v detailu rozebírány a jejich znalost se již předpokládá. Pro jasnost je však třeba uvést některé základní principy konstrukce ochranných prostorů přístrojových postupů.

4.1.1 Kategorie letadel

Pro konstrukci letových postupů obecně jsou důležité výkony letadla. Jako nejvýznamnější parametr výkonnosti pro konstrukci letových postupů se udává rychlost ve formě rychlosti V_{AT} . Tato rychlost je dána jako 1,3 násobek pádové rychlosti v přistávací konfiguraci letadla, tedy: $V_{AT} = 1,3 \times V_{SO}$. Na jejím základě jsou letadla rozdělena do kategorií A-E a zvláštní kategorie H.

Toto rozdělení má značný provozní význam – různé kategorie letadel mají rozdílné požadavky na minimální dohlednosti (například přiblížení okruhem), mají různé výšky OCH u přesných přiblížení apod. Z tohoto důvodu musí posádka s jistotou vědět, do jaké kategorie je její letadlo zařazeno.^[8]

KATEGORIE LETADLA	RYCHLOST V_{AT} (IAS)
A	méně, než 91 KTS
B	91 – 120 KTS
C	121 – 140 KTS
D	141 – 166 KTS
E	166 – 211 KTS
H	PROVOZ VRTULNÍKŮ (viz níže)

Tabulka 2 Rozdělení letadel do kategorií na základě rychlosti V_{AT} .

Kategorie H je kategorií pro provoz vrtulníků. Pokud jsou vrtulníky provozovány jako letouny, mohou využívat postupy kategorie A. Lze tedy říci, že obecné principy jsou stejné i pro tuto kategorii, často se však liší minimálními výškami a gradienty, nebo dokonce existují zvláštní

postupy publikované jen pro tuto kategorii – takové potom musí být jasně označeny a obvykle jsou publikovány zvlášť od postupů pro letouny. Z toho důvodu a vzhledem k zaměření mé práce na letouny se již v dalším textu nebudu kategorií H dále zabývat.

4.1.2 Ochranné prostory

Navigační vedení po trati nikdy nebude úplně přesné, ať už vlivem nepřesnosti navigačního zařízení či chybou techniky pilotáže. Proto musí být letadlo chráněno od překážek v prostoru určité šířky, jehož střed je v zamýšlené trati, ve kterém se předpokládá, že by se letadlo mohlo nacházet. Šířka tohoto prostoru je definována různě pro různé postupy a navigační specifikace, jak bude rozebráno dále v této práci.

Uvažujme, že pravděpodobnost výskytu letadla v různých vzdálenostech od zamýšlené trati má normální rozdělení. Potom bude velmi malá část letadel přímo na, nebo v těsné blízkosti zamýšlené trati. Většina letadel bude od trati okolo vzdálenosti dané střední hodnotou a velmi malá část bude ve vzdálenosti výrazně větší. Pokud bychom tedy vyžadovali plnou ochranu letounu od překážek v celé šířce ochranného prostoru, snadno by se mohlo stát, že by se minimální letové výšky zvyšovaly kvůli překážce, která je již na úplném okraji ochranného prostoru a pravděpodobnost výskytu letadla v těchto místech je tedy již velmi nízká. To by mohlo být pro konstrukci postupů značně limitující.

4.1.2.1 Primární a sekundární ochranný prostor

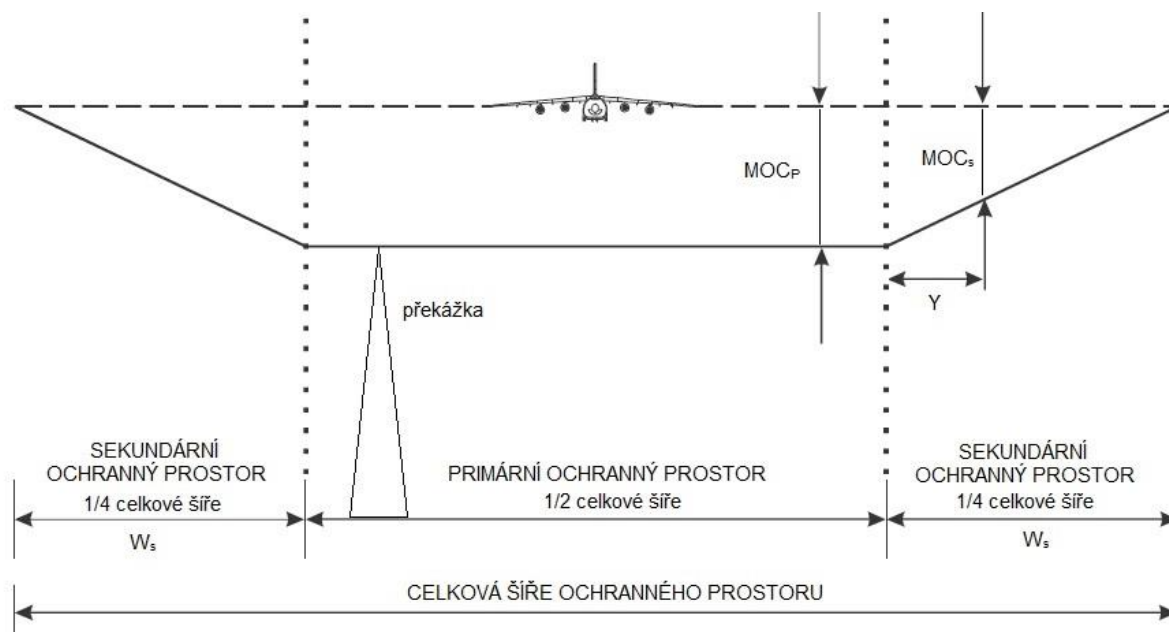
Aby bylo možné dosáhnout nižších minimálních letových výšek při zachování požadované úrovně bezpečnosti, zavádí předpis L8168 primární a sekundární ochranný prostor. V primárním ochranném prostoru je poskytována „plná“ ochrana od překážek o hodnotě MOC – Minimum Obstacle Clearance. Jeho šířka je $\frac{1}{2}$ celkové šíře ochranného prostoru. Sekundární ochranný prostor plynule navazuje na primární. Hodnota MOC lineárně klesá od původní hodnoty až na nulu na úplném okraji prostoru. Tento prostor je široký $\frac{1}{4}$ celkové šíře na obě strany od primárního prostoru. Hodnota MOC je různá v závislosti na fázi letu.

Hodnotu MOC v sekundárním prostoru lze vypočítat lineární interpolací na základě následujícího vztahu:

$$MOC_s = MOC_p \times \left(1 - \frac{Y}{W_s}\right)$$

- kde MOC_s je MOC v určitém místě sekundárního prostoru,
 MOC_p je hodnota MOC v primárním ochranném prostoru,
 Y je vzdálenost od okraje primárního prostoru,
 W_s je šířka sekundárního ochranného prostoru.

Z tohoto vzorce je tedy možné potvrdit, že na okraji primárního ochranného prostoru, tedy $Y=0$, bude $MOC_S=MOC_P$, a naopak na okraji sekundárního ochranného prostoru, tedy $Y=W_S$, bude již MOC rovna nule. Vše je znázorněno na následujícím obrázku.



Obrázek 7 Primární a sekundární ochranný prostor. [9], upraveno

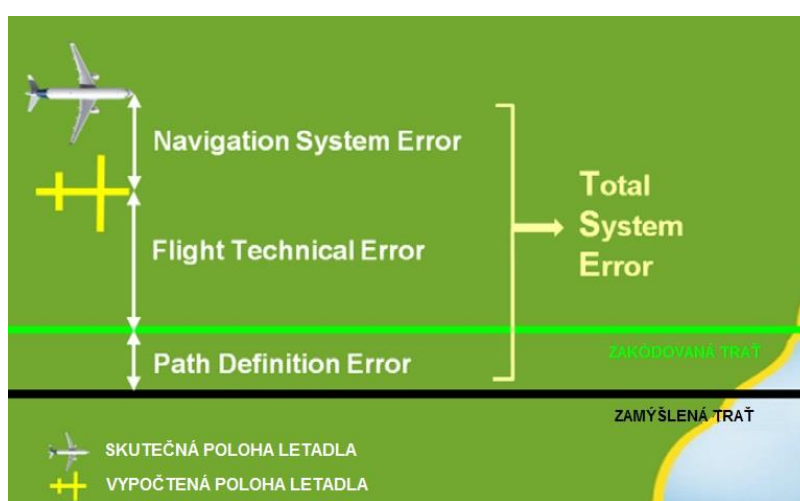
Na závěr je nutné poznamenat, že sekundární ochranný prostor nemusí být vždy aplikován – v určitých případech je celý ochranný prostor primární a v celé šíři je tak zachována plná hodnota MOC.^[9]

4.1.3 Komponenty konstrukce postupů PBN

Na rozdíl od pozemních radionavigačních zařízení se u systémů prostorové navigace nezvyšuje chyba zaměření s rostoucí vzdáleností od radionavigačního prostředku – naopak, poloha v prostoru je spojitě známá, vypočítávána navigačním počítačem a zatížena určitou chybou danou charakterem konkrétního systému. Je tedy zřejmé, že i ochranné prostory budou definovány jiným způsobem, než tomu bylo u konvenčních radionavigačních prostředků. Základem pro konstrukci ochranných prostorů jsou „nové“ parametry XTT – Cross-track tolerance a BV – Buffer Value, ATT – Along-track tolerance a Area Semi-width – šíře poloviny ochranného prostoru. Hned úvodem musím podotknout, že tyto veličiny nebudou použity u postupů APV pomocí SBAS a GBAS – chybové komponenty takových postupů se počítají ekvivalentně systému ILS a jsou tedy ze své podstaty úhlové.^[9]

4.1.3.1 XTT – Cross Track Tolerance

Hodnoty XTT jsou odvozeny z maximální celkové chyby systému TSE – Total System Error na základě 95% hladiny pravděpodobnosti.^[3] Tato chyba je definována v příčné ose (od trati – tedy cross track), jako rozdíl mezi zamýšlenou a skutečnou trajektorií letadla. Je dána chybou definice trati (PDE), ke které dochází při rozdílu trati definované v systému prostorové navigace vůči očekávané trati promítnuté na zem – například při zatáčkách na trati vlivem větru či specifikem systému, dále chybou techniky pilotáže (FTE), která zohledňuje jednak nepřesnost zobrazení a dále nemožnost následovat zamýšlenou trať úplně přesně a chybou navigačního systému (NSE), která odpovídá rozdílu mezi skutečnou polohou a polohou vypočtenou navigačním systémem.

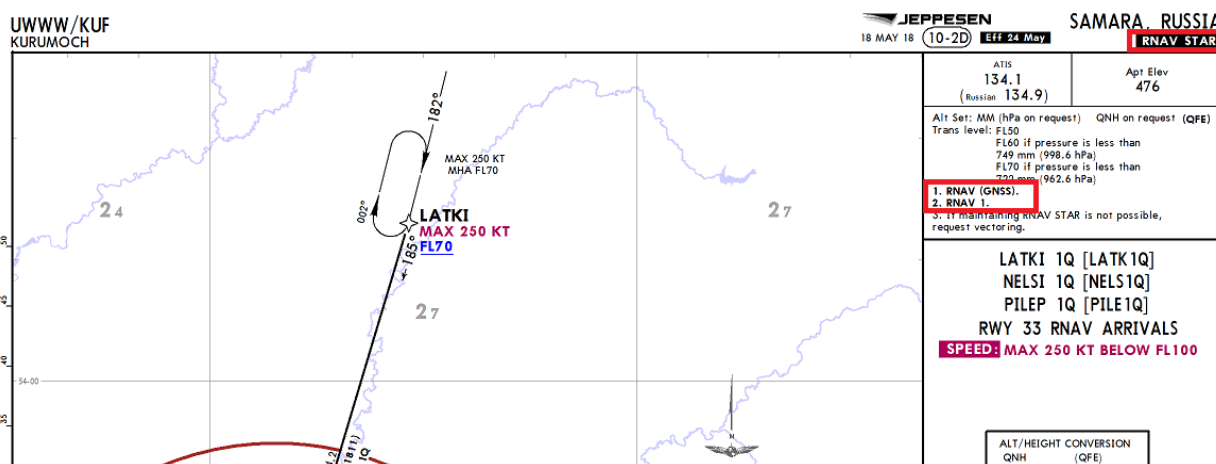


Obrázek 8 Znárodnění celkové chyby systému - TSE.

Je tedy zřejmé, že celková chyba, a od ní se odvíjející XTT, bude odlišná pro různé typy systémů – například chyba navigačního systému založeného pouze na výpočtu polohy DME/DME bude výrazně odlišná, než u systému založeného na příjmu signálu GNSS - v případě systémů založených na příjmu signálu GNSS je NSE malá a majoritním komponentem je FTE.

Jaké navigační specifikace jsou použitelné pro různé fáze letu, jsme si již ukázali v předchozí kapitole (viz tabulka číslo 1). Důležité je si ale uvědomit, že podmínkám jedné navigační specifikace je možné vyhovět použitím různých typů senzorů (například RNAV 1 lze vyhovět pomocí GNSS, stejně jako pomocí DME/DME).^[3] Jejich NSE ale bude různá a tím i konstrukce ochranných prostorů. Z toho plyne důležitý poznatek pro posádky letadel. Protože XTT je základním prvkem pro výpočet šířky ochranných prostorů, bude jeho šířka záviset jak na navigační specifikaci, tak i na použitém typu senzoru. Je tedy potřeba vždy věnovat zvláštní pozornost, pro jakou navigační specifikaci je daný postup konstruován a

jaké typy senzorů jsou vyžadovány. Pokud některé z kritérií letoun nespĺňuje, nemusí být bezpečné postup provést z hlediska ochrany letounu od překážek – to platí zejména pro fáze přibĺžení.



Obrázek 9 Výřez příletové mapy STAR. Požadovaná specifikace RNAV 1, senzor GNSS.

4.1.3.1.1.1 Flight technical error

Tato složka FTE je pro konstrukci postupů PBN odvozena na základě následujících vztahů.

Pro navigační specifikace RNAV: $FTE = 1/2$ požadované navigační přesnosti,

pro $RNP \geq 0,5$ se $FTE = \frac{1}{2} RNP$,

pro $RNP < 0,5 = 0,25$ NM (463 m).^[9]

Vypočtené hodnoty dle těchto vztahů je možné nalézt v tabulce číslo 3.

FÁZE LETU	FTE (95% hladina prav.)
TRAŤOVÝ LET (více, než 30 NM od ARP letiště odletu/příletu)	RNAV 5 – 4 630 m (2,5 NM) RNP 4 – 3 704 m (2 NM) RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0,5 NM) RNP 1 – 926 m (0,5 NM)
KONCOVÁ (SID, STAR blíž, než 30 NM od ARP, počáteční a střední přibĺžení)	RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0,5 NM) RNP 1 – 926 m (0,5 NM) RNP APCH – 926 m (0,5 NM)
KONEČNÉ PŘIBĺŽENÍ	RNP APCH – 463 m (0,25 NM)
NEZDAŘENÉ PŘIBĺŽENÍ	RNP APCH – 926 m (0,5 NM)

Tabulka 3 Vypočtené hodnoty FTE pro různé specifikace a fáze letu.

4.1.3.2 Nárazníkové hodnoty

U obou chyb (FTE i NSE) se předpokládá Gaussovské rozdělení pravděpodobnosti. Bohužel se ale v provozu budou vyskytovat například hrubé chyby vedení letounu po trati způsobené lidským faktorem, a rozdělení tak nebude čistě normální. Aby bylo ale možné okraje skutečného rozdělení modelovat, bylo by potřeba velkého množství dat, která nejsou k dispozici. Aby tedy byly při konstrukci přístrojových postupů zohledněny i tyto „okraje“ rozdělení pravděpodobnosti výskytu letounu, je v postupech PBN zahrnuta přídatná nárazníková hodnota (buffer value), která je pro různé fáze letu letadla jiná – pro různé fáze se totiž předpokládá různá rychlost letu. Její hodnoty jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

FÁZE LETU	NÁRAZNÍKOVÁ HODNOTA (pro letouny)
TRAŤOVÝ LET, SID a STAR více, než 30 NM od ARP letiště odletu/přiletu	3 704 m (2 NM)
KONCOVÁ STAR, počáteční a střední přiblížení blíže, než 30 NM od ARP a SID a nezdařené přiblížení blíže, než 30 NM od ARP, ale dále, než 15 NM od ARP	1 852 m (1 NM)
KONEČNÉ PŘIBLÍŽENÍ	926 m (0,5 NM)
NEZDAŘENÉ PŘIBLÍŽENÍ A SID do vzdálenosti 15 NM od ARP	926 m (0,5 NM)

Tabulka 4 Nárazníkové hodnoty pro různé fáze letu a vzdálenosti od vztažného bodu letiště.

Tato hodnota se neuvažuje u postupů RNP AR.

4.1.3.3 Area semi-width

Nyní je možné definovat šířku ochranného prostoru. U postupů PBN (tedy mimo RNP AP), se definuje mocí šíře jedné poloviny symetrického ochranného prostoru – odtud semi-width. Je dána jako:

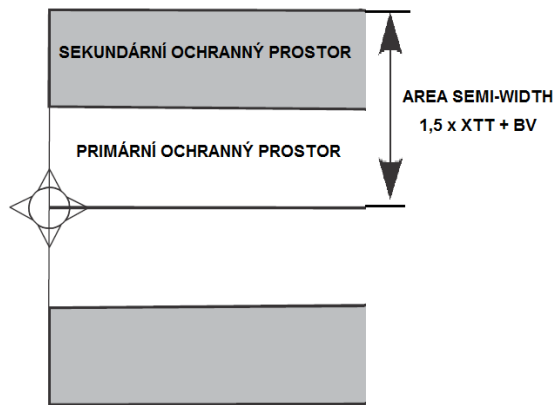
$$\frac{1}{2}AW = 1,5 \times XTT + BV,$$

kde $\frac{1}{2}AW$ znamená polovinu šíře ochranného prostoru,

XTT je cross track tolerance,

a BV nárazníková hodnota.

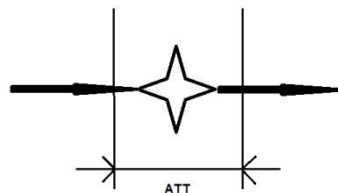
Násobek 1,5 XTT odpovídá hodnotě 3-sigma TSE, a pokrývá tedy zhruba 99,7% hodnot normálního rozdělení této chyby.^[3]



Obrázek 10 Znáznornění hodnoty 1/2 AW.

4.1.3.4 Along Track Tolerance

Obdobně jako XTT, udává ATT při zaměření traťového bodu maximální hodnotu mezi zamýšlenou a skutečnou polohou letadla v rovině podél trati. Tato hodnota je důležitá zejména při přechodu mezi úseky s různou šířkou ochranného prostoru. Její stanovení pro GNSS bude uvedeno v následujícím textu.



Obrázek 11 Znáznornění tolerance fixu ATT.

4.1.3.5 Hodnoty parametrů pro GNSS

Jak jsem zmínil v textu výše, protože XTT vychází z TSE, budou výsledné hodnoty šířky ochranného prostoru závislé mimo navigační specifikace i na použitém senzoru. Protože GNSS lze považovat za rozšířený a avionické systémy letounů všeobecného letectví jsou většinou postaveny právě na příjmu signálu GNSS, budou v dalších částech této práce použity právě tyto hodnoty. V tabulkách 5, 6 a 7 jsou uvedeny hodnoty pro specifikace RNAV 5, RNAV 1 a RNP APPCH. Hodnoty pro ostatní specifikace je samozřejmě možné nalézt v ICAO Doc 8168 část II.

Pro senzor GNSS platí, že:

$$XTT = TSE$$

$$ATT = 0,8 \times XTT$$

a hodnota 1/2 AW je vypočtena dle vztahu výše.^[9]

SPECIFIKACE RNAV 1 A RNAV 2 [NM]								
TRAŤOVÝ LET/STAR/SID (>30 NM od ARP)			STAR/IF/IAF/SID (<30 NM od ARP)			SID (<15 NM od ARP)		
XTT	ATT	½ AW	XTT	ATT	½ AW	XTT	ATT	½ AW
2,00	1,60	5,00	1,00	0,80	2,50	1,00	0,80	2,00

Tabulka 5 Hodnoty XTT, ATT a 1/2 AW v námořních mílich pro specifikaci RNAV 1 a RNAV 2. [9]

SPECIFIKACE RNAV 5 [NM]		
TRAŤOVÝ LET/STAR/SID (> 30 NM od ARP)		
XTT	ATT	½ AW
2,51	2,01	5,77

Tabulka 6 Hodnoty XTT, ATT a 1/2 AW v námořních mílich pro specifikaci RNAV 5. Pro SID/STAR blíže, než 30 NM od ARP není použitelná. [9]

SPECIFIKACE RNP APCH [NM]											
IF/IAF/NEZDAŘENÉ PŘIBLÍŽENÍ (<30 NM od ARP)			FAF			MAPt Pouze LP/LPV: počáteční nezd. přiblížení			NEZDAŘENÉ PŘIBLÍŽENÍ (<15 NM od ARP)		
XTT	ATT	½ AW	XTT	ATT	½ AW	XTT	ATT	½ AW	XTT	ATT	½ AW
1,00	0,80	2,50	0,30	0,24	1,45	0,30	0,24	0,95	1,00	0,80	2,00

Tabulka 7 Hodnoty XTT, ATT a 1/2 AW v námořních mílich pro specifikaci RNP APCH. [9]

Za povšimnutí dále stojí, že specifikace RNAV 5 může být kromě traťových letů použita i pro konstrukci standartních příletových a odletových tratí, ale jen do/od vzdálenosti 30NM od ARP.

Princip sekundárního ochranného prostoru se používá pouze v těch fázích postupu PBN, kdy je zajištěno směrové vedení. Na některých ramenech navigace výpočtem (například kurz do určité výšky) lze také aplikovat sekundární ochranný prostor, ovšem za předpokladu, že celý ochranný prostor diverguje pod úhlem 15° na obě strany, aby se zohlednil vliv větru.^[9]

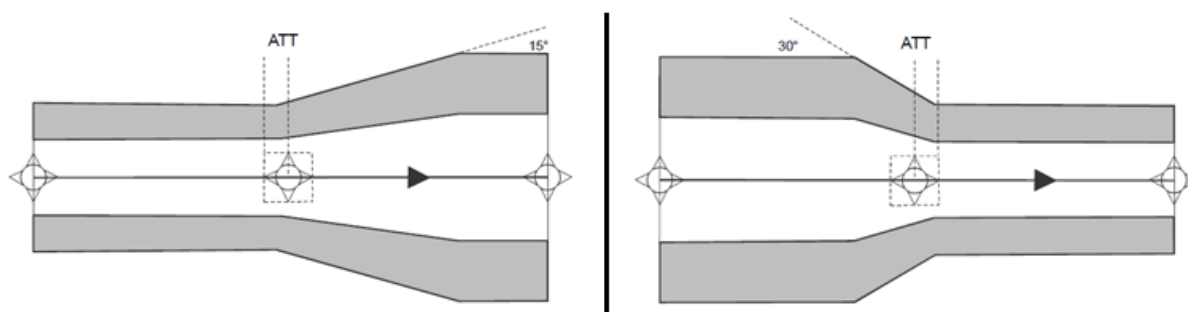
4.1.3.6 Spojování segmentů různých šířek

Jak je vidět z tabulek uvedených výše, hodnoty šířek ochranných prostorů jsou různé jak pro různé fáze letu, tak vzdálenosti od vztažného bodu letiště. Je tedy zřejmé, že mezi různými šířkami musí být určitý přechod. Tvar tohoto přechodu je odlišný, pokud se mění fáze letu, či nikoliv.

4.1.3.6.1 Fáze letu se nemění

Při přechodu z širšího prostoru do užšího, širší prostor konverguje pod úhlem 30° tak, aby bylo šířky užšího prostoru dosaženo ve vzdálenosti ATT za bodem počátku užšího prostoru. Tím je zaručeno, že nebude aplikována nižší hodnota šířky prostoru v poloze, která je chybou navigačního počítače (ale v rámci příslušných tolerancí), ještě považována za „širší“ segment.

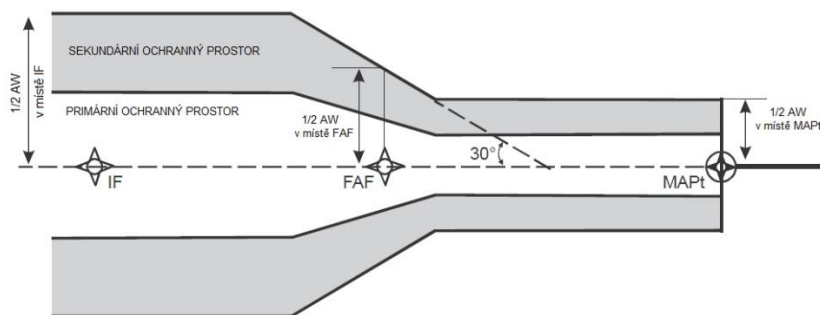
Pokud trať přechází z užšího do širšího ochranného prostoru, užší prostor diverguje pod úhlem 15° analogicky ze vzdálenosti ATT před bodem počátku širšího prostoru. Vše je velmi dobře znázorněno na přiloženém obrázku.^[9]



Obrázek 12 Spojování prostorů 2 různých šířek beze změny fáze letu. Vpravo rozšíření prostoru, vlevo zúžení prostoru. [9], upraveno

4.1.3.6.2 Fáze letu se mění

Pokud dochází ke změně šířky ochranného prostoru kvůli změně fáze letu (například ze středního na konečné přiblížení), je situace odlišná. Pro šířku užšího ochranného prostoru je použita hodnota XTT následující fáze letu a hodnota BV předchozí fáze letu.^[9] Okraje ochranného prostoru se potom zužují tak, aby protnul rovinu bodu změny právě ve vzdálenosti rovné šířce ochranného prostoru v daném místě, kterou je možné vypočítat dle vztahu uvedeného výše (v našem příkladu tedy musí být průsečík v místě FAF ve vzdálenosti rovné $1,5 \cdot XTT_{\text{FAF}} + \text{terminal buffer} = \text{předchozí hodnota}$). Vše je znázorněno na následujícím obrázku (č. 13).



Obrázek 13 Spojování prostorů 2 různých šířek se změnou fáze letu.

V kapitole metodiky létání PBN bude uvedeno, že není možné přijmout radarové vektorování pro přiblížení dle PBN do vzdálenosti menší, než 2 NM od FAF, nebo dokonce zkrácení přímo na FAF. Z výše uvedeného obrázku je patrná podstata – šíře ochranného prostoru se totiž mění již ve vzdálenosti před FAF.

V případě, že se přechází z užšího prostoru do širšího, diverguje tento pod úhlem 15° z místa změny – ATT. Situace je tedy totožná, jako když se fáze letu nemění.

4.1.4 Body prostorové navigace

Body (waypoints) tratí prostorové navigace jsou definovány souřadnicemi. Principiálně rozlišujeme dva základní typy bodů.

Bod Fly Over



Tento bod se musí přeletět a až po jeho přeletu je možné provést zatáčku na novou trať. Příkladem takového bodu může být bod nezdařeného přiblížení MAPt u přiblížení dle postupů PBN, který bude vždy typu fly-over.^[9]

Obrázek 14 Symbol bodu fly-over.

Bod Fly By



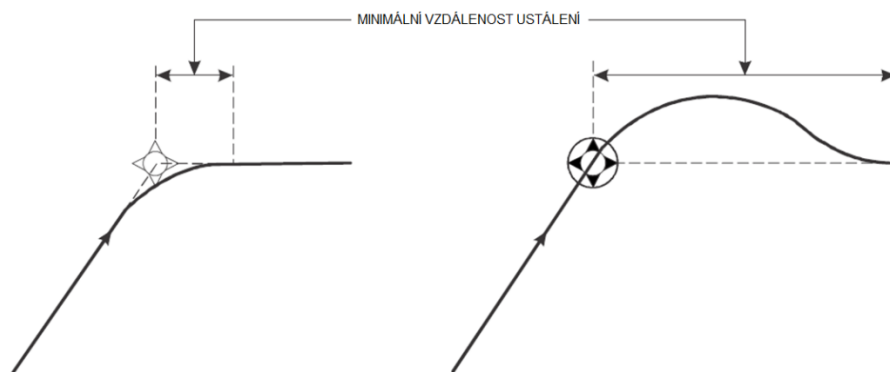
U tohoto typu bodu se očekává, že zatáčka na novou trať se zahájí před jeho dosažením s předstihem vypočítaným navigačním systémem. Právě tento výpočet je jedním ze zdrojů chyby PDE, neboť každý systém prostorové navigace může být naprogramován mírně odlišně.

Obrázek 15 Symbol bodu fly-by.

4.1.4.1 Minimální vzdálenost ustálení - Minimum Stabilization Distance

Představme si situaci, že jsou dva body umístěny tak blízko sebe, že druhý bod zasahuje do segmentu zatáčky z předchozího bodu. V takovém případě by byl druhý bod zpravidla systémem prostorové navigace přeskočen a pozbýval by významu. Aby k takovým situacím nedocházelo, aplikuje se při konstrukci postupů PBN minimální vzdálenost ustálení, která slouží jako minimální vzdálenost mezi 2 přilehlými body. Nutno podotknout, že tato metoda neslouží k určení ochranných prostorů, ale pouze účelu uvedenému výše – z toho důvodu vůbec nejsou zohledněny tolerance bodů a vliv větru.^[9]

Tato vzdálenost je samozřejmě funkcí typu bodu (fly-over/fly-by) a úhlu náklonu, rychlosti a velikosti změny kurzu. Metodiku jejich výpočtu nepovažuji za nutné rozebírat. Z pohledu letové posádky je dobré mít povědomí, že je tato problematika při konstrukci postupů PBN tímto způsobem pokryta.



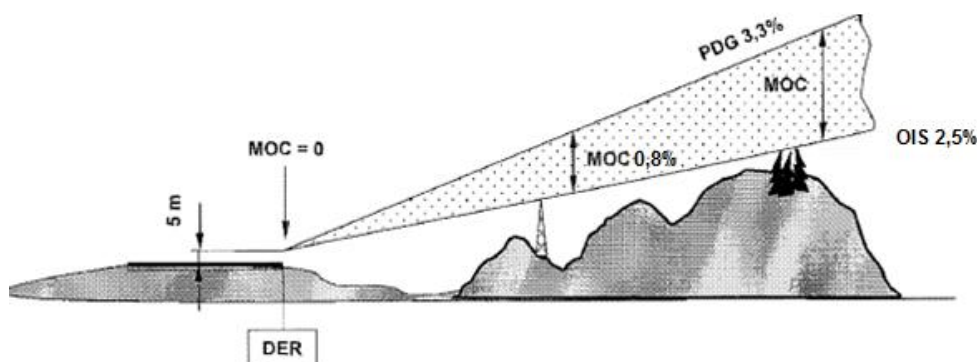
Obrázek 16 Znárodnění trajektorie při přeletu obou typů bodů a významu minimální vzdálenosti ustálení.

4.2 Postupy pro odlet

Postupy pro odlet PBN, ostatně jako všechny ostatní postupy, vycházejí z postupů pro konvenční navigaci. Na rovných úsecích odletových tratí je aplikován primární i sekundární ochranný prostor. Stejně jako v případě konvenční navigace jsou rozlišovány 2 druhy odletových tratí – přímé a se zatáčkou.

4.2.1 Minimální výška nad překážkami

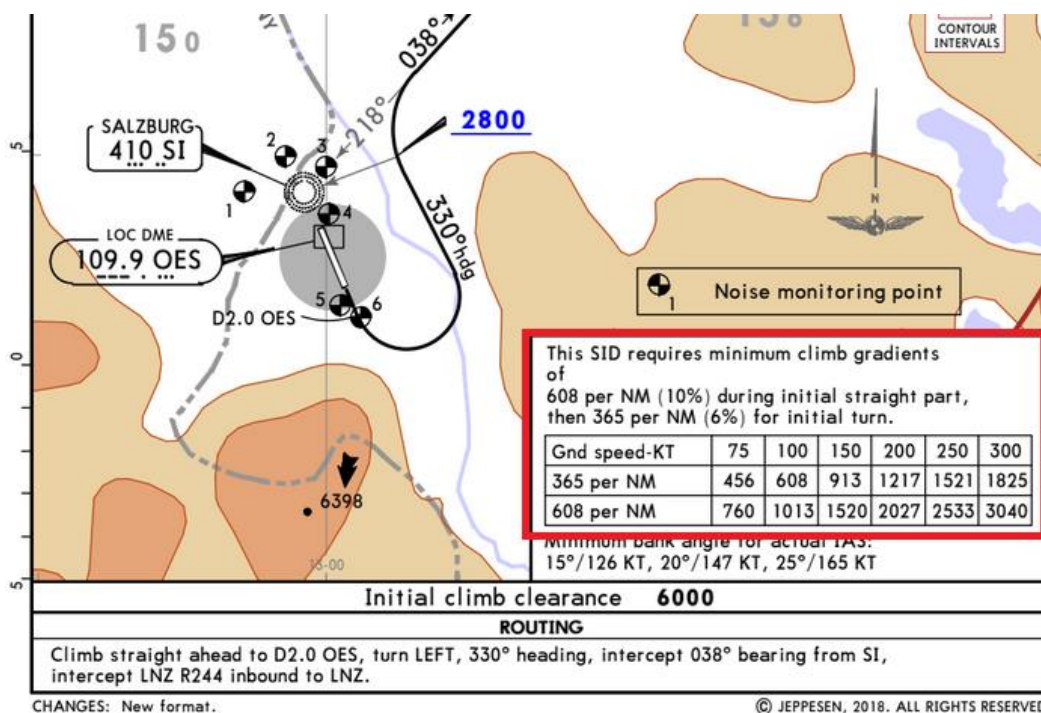
Základem při konstrukci odletových tratí (bez rozdílů) je tzv. „návrhový gradient stoupání“ (PDG). Jeho hodnota je 3,3% a skládá se ze dvou složek – 2,5% identifikační roviny překážek (OIS), jejíž počátek je definován 5 metrů nad DER, a 0,8% minimální výšky nad překážkami MOC. Za počátek odletu se považuje odletový práh dráhy DER. Hodnota MOC se tedy při odletu lineárně zvyšuje s uletěnou vzdáleností – od 0 nad odletovým prahem dráhy až po hodnotu MOC, kterou je možné navázat na jiný postup – například let po trati. Čím blíže jsme zemi, tím méně jsme tedy od překážek chráněni.



Obrázek 17 Znárodnění PDG a MOC u přístrojového odletu. [8], upraveno

Může se stát, že identifikační rovina překážek bude v některém místě protnuta překážkou a postup není možné navrhnout jiným způsobem. V takovém případě bude PDG zvýšen tak,

aby byla stále zachována úhlová hodnota výšky nad překážkami MOC 0,8%. Taková informace vždy bude uvedena na mapě daného SID a je třeba ji věnovat zvýšenou pozornost – je třeba zvážit výkonnost letounu a prostudovat rozložení překážek na odletové trati. Po přeletu takové překážky by se měl návrhový gradient opět změnit na 3,3%.



Obrázek 18 Příklad odletové trati se zvýšeným PDG.

Jedinou výjimkou je, pokud by byla identifikační rovina překážek protnuta do výšky 200 ft – to obvykle způsobují nízké a blízké překážky. V takovém případě se návrhový gradient nezvyšuje^[9] a poloha těchto překážek se společně s poznámkou „caution – close-in obstacles“ uvede do mapy daného postupu.

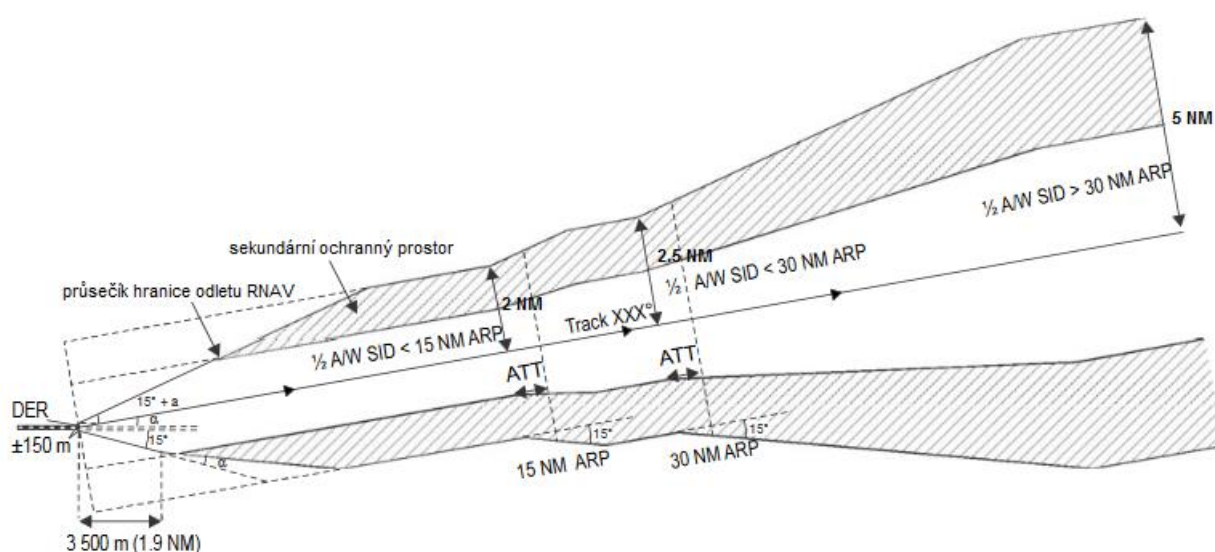
4.2.2 Přímé odlety

Jedná se o odlet, jehož počáteční trať je odchýlena maximálně o 15° od prodloužené osy dráhy. U postupů PBN se tento úhel určuje jako úhel mezi prodlouženou osou dráhy a spojnicí odletového konce dráhy (DER) a prvního bodu odletové trati.

U odletů PBN je vytvořen ochranný prostor nazývaný „fiktivní oblast“ (fictitious area) – tento prostor totiž není dán žádným pozemním radionavigačním zařízením a jeho charakteristikou a je konstruován speciálně pro odlety prostorové navigace. Tato oblast začíná v místě odletového prahu dráhy a končí v místě prvního traťového bodu odletu. Obsahuje primární a sekundární ochranný prostor a jeho šířka se mění se vzdáleností od vztažného bodu letiště. Zároveň je závislá na typu použitého senzoru. Protože by bylo ale značně nepraktické již

v místě DER aplikovat takto široký ochranný prostor, je „počáteční“ ochranný prostor do vzdálenosti maximálně 1,9 NM od odletového prahu dráhy totožný s odletem se zatáčkou a konvenčními postupy. Tento prostor začíná v místě DER s celkovou šířkou 300m a pod úhlem 15° diverguje, dokud neprotne fiktivní oblast. Pokud k průsečíku nedojde do vzdálenosti 1,9NM, pokračuje se jako u přímých odletů bez směrového vedení – tzn. prostor dále diverguje pod úhlem 15°, až do místa průsečíku. Celý tento prostor je chápán jako primární.^[9]

Příklad přímého odletu je k vidění na následujícím obrázku. Hodnoty šířek ochranného prostoru byly doplněny pro specifikaci RNAV 1 se senzorem GNSS. Pro jiné senzory či specifikace se bude tato hodnota samozřejmě lišit.



Obrázek 19 Horizontální profil ochranného prostoru přímého odletu.

Jak je patrné z tohoto obrázku, ochranný prostor se rozšiřuje ve vzdálenosti 15 NM od ARP z hodnoty 2NM semi-width na 2,5 NM a dále 30 NM od ARP na hodnotu 5 NM, aby bylo možno navázat například na trať ATS konstruovanou v souladu s postupy PBN. Důležitý poznatek je, že čím je menší vzdálenost od letiště, tím užší je ochranný prostor a tím méně jsme zároveň chráněni od překážek. Čím blíže jsme tedy letišti (a tím i zemi), tím musí být pilotáž přesnější.

4.2.3 Odlet se zatáčkou

V případě, že není možné například z důvodu terénu nebo provozních omezení zkonstruovat přímý odlet, který může být od prodloužené osy VPD odchylen maximálně o 15° , použije se odlet se zatáčkou. V zásadě se aplikuje stejná ochrana letounu od překážek, jako u přímého odletu a kritéria pro ochranu letadla v zatáčce.

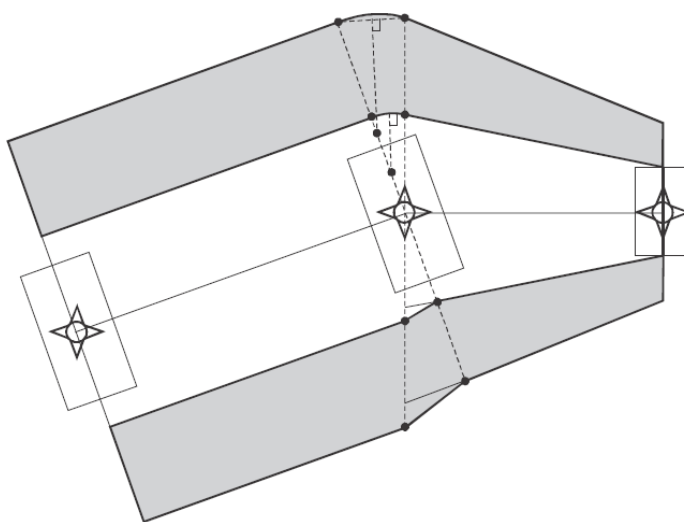
4.2.3.1 Ochrana letadla v zatáčce

Poloměr zatáčky bude záviset na větším množství parametrů. Lze říci, že bude vždy jiný v závislosti na aktuálních podmínkách – rychlosti letu, úhlu náklonu, vektoru větru a letově-technických tolerancích. V případě postupů pro lety podle přístrojů je ale nutné zajistit ochranu letadla od překážek i v průběhu zatáček, které mohou mít ale různé poloměry v závislosti na proměnných (jako je směr a síla větru, rychlost letadla vůči zemi aj.). Aby toto bylo zajištěno, používají se při konstrukci postupů dle PBN následující metody konstrukce ochranných prostorů v zatáčkách.

4.2.3.1.1 Metoda kruhových oblouků

U této metody se při konstrukci ochranných prostorů zanedbává vliv větru. Z tohoto důvodu je možné ji použít pouze na malé změny směru, kde je tento vliv zanedbatelný.

Ochranné prostory na vnější straně zatáčky před a po zatáčce jsou na sebe geometricky napojeny oblouky, které mají střed v bodě zatáčky (pokud jsou ochranné prostory před i po zatáčce stejně široké). Okraje těchto oblouků se nacházejí v bodech, kde kolmice vedená z bodu zatáčky protne hranice ochranných prostorů. Ochranné prostory na vnitřní straně zatáčky se konstruují obdobně – místa průsečíků kolmic vedených z bodu zatáčky se ovšem nespojují obloukem (tím by byl ochranný prostor v podstatě zúžen), ale spojí se přímkou.^[8] To je znázorněno na obrázku číslo 20.



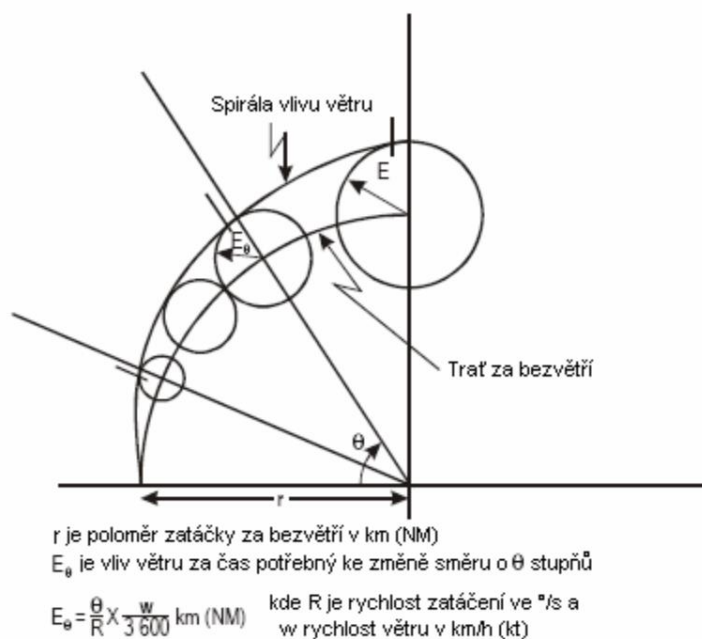
Obrázek 20 Konstrukce ochranného prostoru v zatáčce metodou kruhových oblouků (pro malé úhly).[9]

Tuto metodu lze pro konstrukci postupů PBN použít v případě zatáček o méně než 30° na IAF nebo IF, a méně než 10° na FAF.

4.2.3.2 Metoda spirály větru/metoda hraničních kružnic

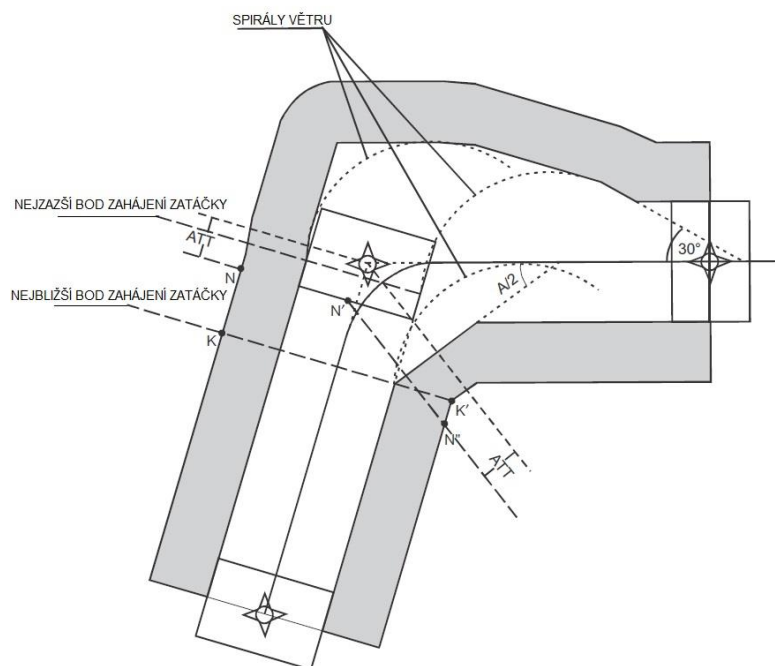
Tato metoda se používá v zatáčkách, kde nelze vliv větru považovat za takřka zanedbatelný. V případě konstrukce postupů PBN se tato metoda musí využít pro zatáčky o více, než 30° na IAF nebo IF, zatáčky o více, než 10° na FAF a veškeré zatáčky uvnitř segmentu nezdařeného přiblížení a odletové trati. Zároveň se tato metoda musí použít pro všechny zatáčky ve stanovené nadmořské výšce. Konstrukce ochranného prostoru zatáčky zohledňuje buď statistický vítr na 95% hladině pravděpodobnosti, nebo konstantní boční vítr o hodnotě 30 kts (25 pro přiblížení okruhem a vizuální manévry)^[9].

Spirála větru představuje trajektorii letadla v zatáčce s konstantním bočním větrem. Zatímco trať za bezvětří by měla tvar kružnice, trať při působení bočního větru bude vykazovat odchylku, která se bude se změnou směru letu zvyšovat a bude opisovat tvar spirály – odtud pochází název této metody.^[10]



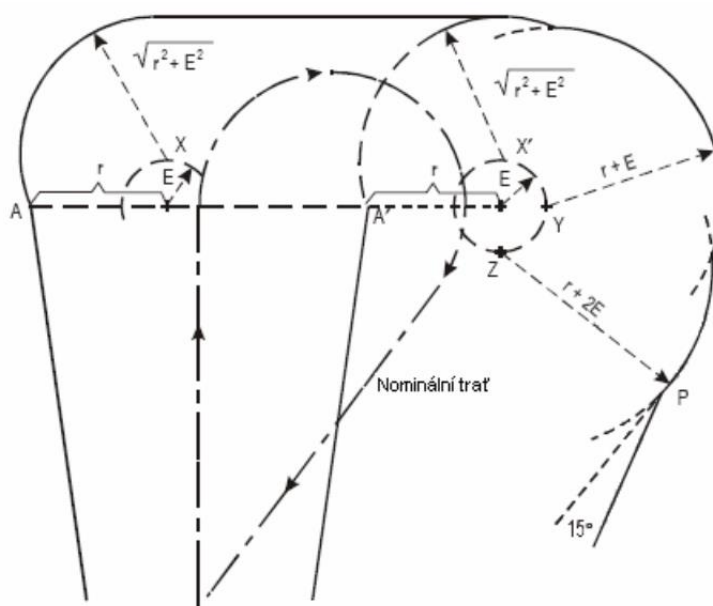
Obrázek 21 Konstrukce spirály větru. [11]

Jakmile je známý tvar spirály větru, je možné sestavit hranice ochranných prostorů na vnější straně zatáčky. Spirála větru se vždy vede z nejzazšího bodu zahájení zatáčky – ten závisí na typu bodu a toleranci ATT. Vnitřní hranice je oproti tomu vedena z nejbližšího bodu zahájení zatáčky. Odtud je spojena přímkou pod úhlem poloviny úhlu změny směru (v určitých případech pod úhlem 15°). Nejbližší bod zahájení zatáčky je opět různý pro oba typy bodů, ale bude opět vycházet z hodnoty ATT. Tato konstrukce je znázorněna na obrázku číslo 22.



Obrázek 22 Konstrukce ochranného prostoru zatáčky metodou spirály větru pro postup PBN. [9]

Pokud nechceme použít metodu spirály větru, existuje alternativní zjednodušená metoda hraničních kružnic. Princip je stejný, jako v případě spirály větru, ta je ovšem nahrazena tzv. hraničními kružnicemi. Vliv větru je považován za konstantní v průběhu celé zatáčky a jejich poloměr lze vypočítat na základě pevných vztahů pro interval změny směru 0-90°, 90°-180° a více, než 180. Tím získáme 3 kružnice, které se následně umístí dle obrázku číslo 23. Plocha těchto kružnic však bude vždy větší, než v případě využití metody spirály větru.^[10]



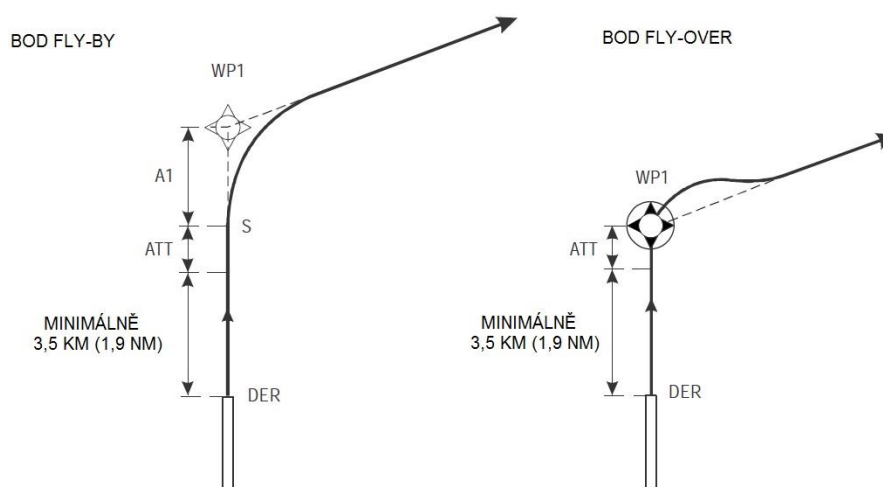
Obrázek 23 Konstrukce ochranného prostoru metodou hraničních kružnic. [11]

Vzhledem k tomu, že práce je úzce zaměřena na konstrukci postupů PBN a nikoli letových postupů obecně a vzhledem ke složitosti této metody považují za dostatečné rozebrat pouze princip této konstrukce s vynecháním konkrétních výpočtů.

4.2.3.3 Konstrukce ochranného prostoru

Při konstrukci odletu dle postupů PBN mohou být předepsány 4 typy zatáček: zatáčka v bodě fly-by, zatáčka v bodě fly-over – to odpovídá zatáčce v bodě „turning point“ definovaného například vzdáleností DME či radiálem u konvenčních postupů či zatáčka po dosažení určité výšky. Posledním typem je zatáčka s pevným poloměrem – RF (radius to fix). Takové zatáčky jsou používány u komplexnějších specifikací PBN a často se s nimi setkáme u postupů vyžadujících zvláštní schválení. Pro konstrukci ochranného prostoru zatáčky s pevným poloměrem se používají upravená kritéria přímých úseků. Vzhledem k obvyklému vybavení letounů všeobecného letectví se s nimi s největší pravděpodobností nepotkáme, proto jejich rozbor považují za nadbytečný.

U přístrojových odletů se uvažuje, že žádné zatáčky nebudou prováděny, dokud letoun nedosáhne výšky 120 m (nebo 394 ft).^{[8][9]} Pokud uvažujeme PDG 3,3%, odpovídá to vzdálenosti 1,9 NM od DER. Protože má ale fix v podélné ose toleranci o hodnotě ATT, mohla by být teoreticky zatáčka zahájena nejdříve v bodě 1,9-ATT. Z tohoto důvodu je nutné první bod umístit až do vzdálenosti 1,9NM + ATT, respektive 1,9 NM + ATT + minimální vzdálenost ustálení, pokud se jedná o bod fly-by. Toto je ilustrováno na obrázku číslo 24. Pokud je požadováno, aby byl bod první zatáčky blíže, je nutné, aby byl publikován větší PDG tak, aby nejpozději v tomto bodě letoun dosáhl výšky 120m.

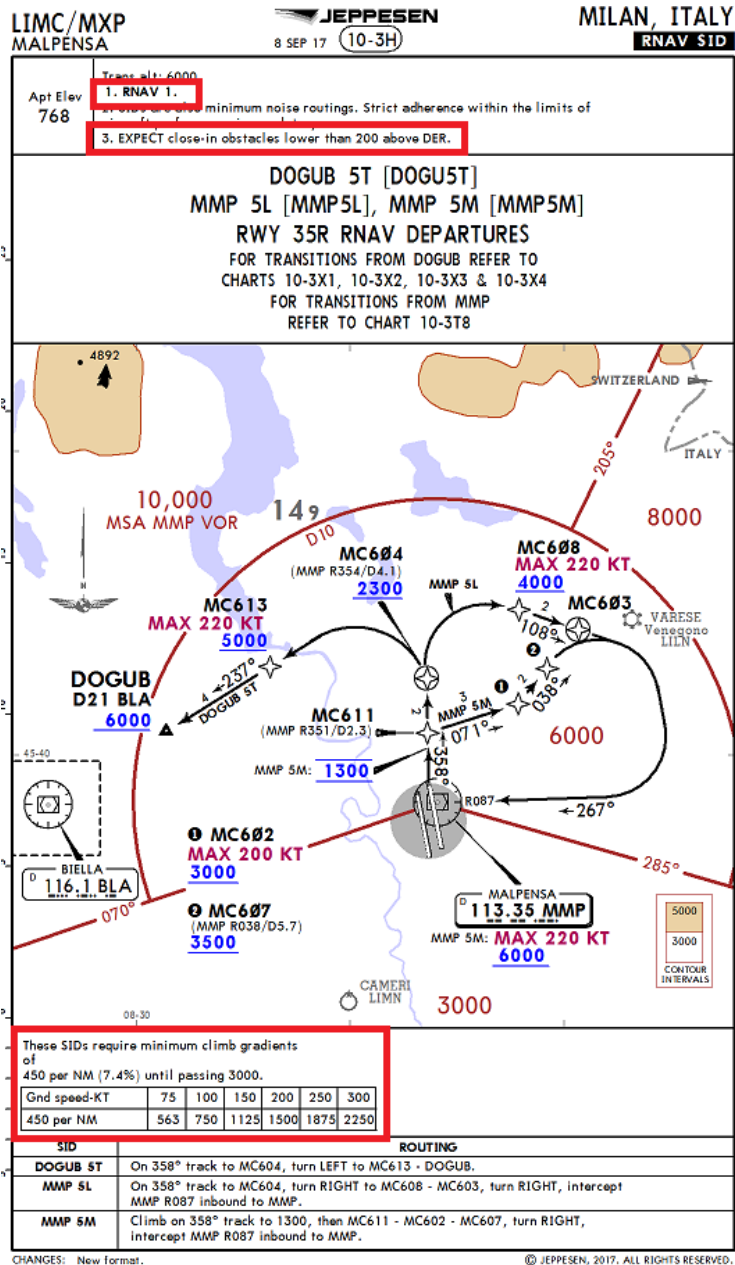


Obrázek 24 Minimální vzdálenost umístění prvního bodu zatáčky na odletové trati. [9], upraveno

Pokud je na odletové trati stanovena zatáčka ve stanovené nadmořské výšce, jako nejbližší bod zahájení zatáčky se uvažuje bod vzdálený 600 m za prahem příslušné RWY^[9] – odtud je již výše zmíněnou metodou počítán ochranný prostor zatáčky a posádka tedy nemusí mít obavu zahájit zatáčku ihned po dosažení příslušné výšky, i když by k tomu došlo ještě před DER – pokud není výslovně uvedeno jinak. Nejzazší bod zahájení zatáčky je potom v místě, kde PDG protne danou výšku se zohledněním času na reakci pilota a zpoždění uvedení letounu do náklonu.

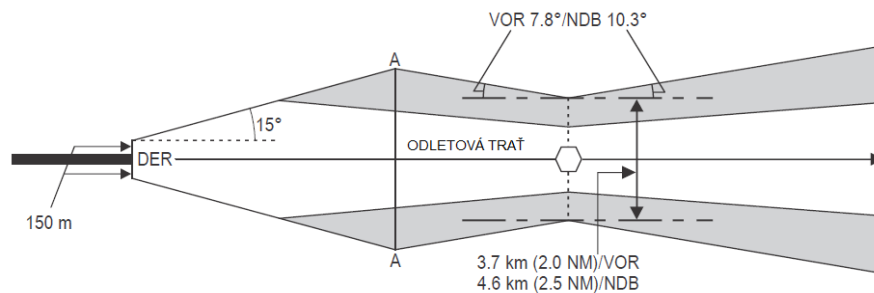
Konstrukce ochranného prostoru odletu se zatáčkou se tedy provádí následovně. Stejně, jako v případě přímého odletu, v bodě DER začíná primární ochranný prostor o šířce +-150 metrů, který diverguje pod úhlem 15° až do místa průsečíku s ochranným prostorem RNAV. V místě zatáčky, která může být umístěna nejdříve v bodě, kdy letoun dosáhne výšky 120m, se používá ochrana letadla v zatáčce dle metodologie uvedené v odstavci výše. Na přímém segmentu jsou aplikována stejná kritéria, jako v případě přímého odletu.

Příklad odletu se zatáčkou je možné vidět na obrázku číslo 25. Zvýrazněna je požadovaná navigační specifikace (RNAV 1), upozornění na blízké překážky pod 200 ft, kvůli kterým se neupravuje PDG (close-in obstacles) a požadavek na zvýšený gradient 7,4% do výšky 3000 stop AMSL.



Obrázek 25 Příklad odletu se zatáčkou.

Aby byly odlišnosti (a podobnosti) v konstrukci odletů PBN a konvenční navigace zcela zřejmé, na obrázku č. 26 je znázorněn ochranný prostor přímého odletu pomocí konvenčního radionavigačního zařízení umístěného v ose odletu.



Obrázek 26 Ochranný prostor odletu na zařízení VOR (NDB) v ose odletu. [9], upraveno

Závěrem je nutné podotknout, že vzhledem k pohodlnosti a přesnosti systémů prostorové navigace často posádky využívají tyto systémy i pro navigaci na odletových tratích, které jsou publikovány pro konvenční navigaci. Problém ale je, že ne všechny odlety publikované pomocí konvenční navigace je možné správně nahrát do navigační databáze systému prostorové navigace. Pokud se tedy posádka rozhodne letět konvenční postup pomocí systému prostorové navigace, je velmi důležité, aby před odletem provedla kontrolu trati v navigační databázi a používala prostředky konvenční navigace pro kontrolu vedení letadla po trati a v případě rozporu provedla opravu dle prostředků konvenční navigace tak, aby byla v každém okamžiku zaručena dostatečná ochrana letadla od překážek.

4.3 Traťový let

Ochrana letadla od překážek při traťovém letu není příliš odlišná od postupů konvenční navigace. V evropském vzdušném prostoru je obvykle pro traťové lety volena navigační specifikace RNAV 5, ale použitelné jsou i specifikace jiné, jak je zřejmé z tabulky číslo 1 výše (jiné specifikace se například používají pro lety přes rozsáhlé území bez radarového pokrytí).

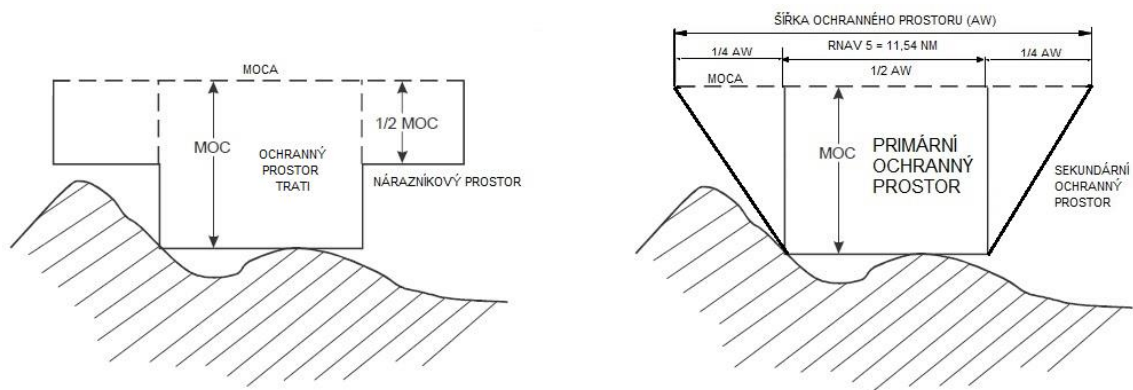
4.3.1 Minimální výška nad překážkami

Minimální výška nad překážkami MOC, použitá při konstrukci tratí, má hodnotu 300 m (984 ft).^[9] V případě, že trať prochází horskou oblastí, musí se hodnota MOC zvýšit v závislosti na výšce horského terénu dle tabulky číslo 8. Při letu v horských oblastech je tedy poskytována zvýšená ochrana od překážek.

NADMOŘSKÁ VÝŠKA TERÉNU	HODNOTA MOC
3000 ft AMSL – 5000 ft AMS	450 m (1476 ft)
Více, než 5000 ft AMSL	600 m (1 969 ft)

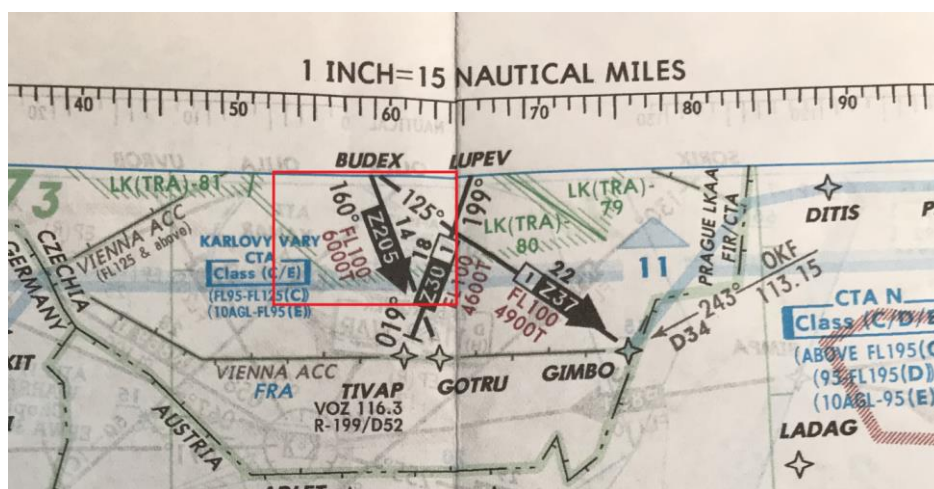
Tabulka 8 Zvýšená hodnota MOC pro horský terén.

U konvenčních tratí nebyl aplikován primární a sekundární ochranný prostor – byl definován ochranný prostor trati, ve kterém byla požadována plná hodnota MOC, na který navazovala nárazníková oblast, v níž hodnota MOC dosahovala ½ MOC v ochranném prostoru trati. Důležitým rozdílem tratí konstruovaných dle PBN je, že se zde aplikuje primární a sekundární ochranný prostor.^[9] Srovnání je možné vidět na obrázku číslo 27.



Obrázek 27 Srovnání konstrukce minimálních letových výšek na trati konvenční navigace (vlevo) a dle PBN (vpravo).

I když téma minimálních výšek není přímo specifické k navigaci PBN, považuji znalost příslušných pojmů za natolik zásadní, že uvedu příslušné termíny, se kterými se letová posádka může setkat. Při traťovém letu v zásadě rozlišujeme dvě minimální výšky. První z nich je MOCA – Minimum Obstacle Clearance Altitude, jejíž význam je zřejmý z výše uvedeného obrázku. Jedná se o hodnotu výšky překážky + hodnotu MOC. Tato výška tedy zaručuje ochranu letadla od překážek, pokud se nachází uvnitř ochranného prostoru dané tratě. Jinou výškou je MEA – Minimum Enroute Altitude. Ta na trati zohledňuje i příjem radionavigačních a komunikačních zařízení, či strukturu vzdušného prostoru. Z logiky věci nikdy nemůže být nižší, než výška MOCA. Metodika výpočtu MEA ale nezaručuje potřebný dosah komunikačních či navigačních zařízení ve 100% případů. Obě tyto výšky musí být uvedeny na traťové mapě (pokud jsou odlišné), let ale musí být prováděn mimo případy nouze alespoň ve výšce MEA. Příklad, jakým způsobem mohou být tyto výšky uvedeny na traťové mapě, je možné vidět na obrázku číslo 28. Vydavatelé letecké dokumentace často doplňují své mapy o další výšky (například grid MORA), kterými se ale předpis L8168 nezabývá.

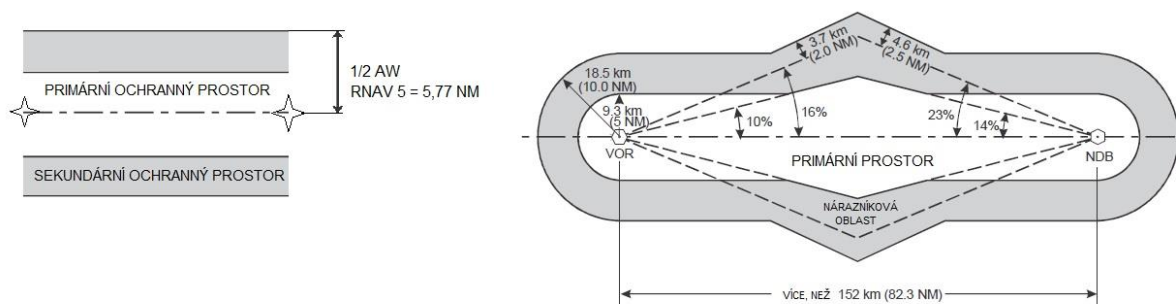


Obrázek 28 Příklad znázornění výšek MOCA (doplněna písmenem „T“) a MEA na traťové mapě firmy Jeppesen.

4.3.2 Konstrukce ochranného prostoru

Ochranný prostor má, na rozdíl od tratí konstruovaných pomocí konvenční navigace, konstantní šířku. V souladu s metodikou, uvedenou v předchozí kapitole, se hodnota této šířky mění nejen na základě konkrétní navigační specifikace, ale i použitým senzorem. Jako příklad pro typickou situaci v Evropě použijí specifikaci RNAV 5 se senzorem GNSS. Jak je možné vidět v tabulce číslo 6, hodnota poloviny šíře ochranného prostoru $\frac{1}{2}$ AW je 5,77 NM, celý ochranný prostor je tedy široký 11,54 NM. Jediný povolený druh zatáček ve fázi traťového letu je zatáčka na bodu fly-by. Konstrukce ochranného prostoru se provádí metodou spirály větru/hraničních kružnic^[9], jak je popsána výše.

Schématické srovnání konstrukce ochranného prostoru dle postupů PBN a pomocí konvenční navigace je znázorněno na obrázku číslo 29.



Obrázek 29 Srovnání konstrukce ochranného prostoru trati PBN a konvenční. [9], upraveno

4.4 Postupy pro přilet

Stejně, jako v případě konvenční navigace, se přístrojový přilet obvykle sestává z 5 fází – letu po příletové trati, počátečního přiblížení, středního přiblížení, konečného a nezdařeného přiblížení. V každé fázi se aplikují jiné způsoby ochrany letounu od překážek.

4.4.1 Rychlosti pro příletové postupy

Jak bylo zmíněno v přechozích kapitolách, letadla jsou z hlediska konstrukce letových postupů kategorizována do kategorií A-E (a H pro vrtulníky) na základě rychlosti V_{AT} . Protože se v průběhu příletových postupů letadlo postupně více přibližuje překážkám, je velmi důležité brát v úvahu rozdílné rychlosti různých kategorií letadel. Pro výpočet ochranných prostorů se uvažují rychlosti dle tabulky číslo 9. Pokud posádka z různých důvodů není schopna maximální rychlost dle tabulky dodržet, je třeba použít minima pro vyšší kategorii odpovídající vyšší rychlosti.

KATEGORIE LETADLA	V _{AT} [KTS]	POČÁTEČNÍ PŘIBLÍŽENÍ [KTS]	KONEČNÉ PŘIBLÍŽENÍ [KTS]	VISUÁLNÍ MANÉVROVÁNÍ (CIRCLING) [KTS]	NEZDAŘENÉ PŘIBLÍŽENÍ [KTS]	
					STŘEDNÍ	KONEČNÉ
A	< 90	90 – 150 (110)	70 - 100	100	100	110
B	91-120	120 – 180 (140)	85 – 130	135	130	150
C	121-140	160 – 240	115 – 160	180	160	240
D	141-165	185 – 250	130 – 185	205	185	265
E	166-210	185 – 250	155 – 230	240	230	275

Tabulka 9 Rychlosti V_{AT} a rychlosti pro různé fáze přiblížení v závislosti na kategorii letadla.

4.4.2 Příletová trať

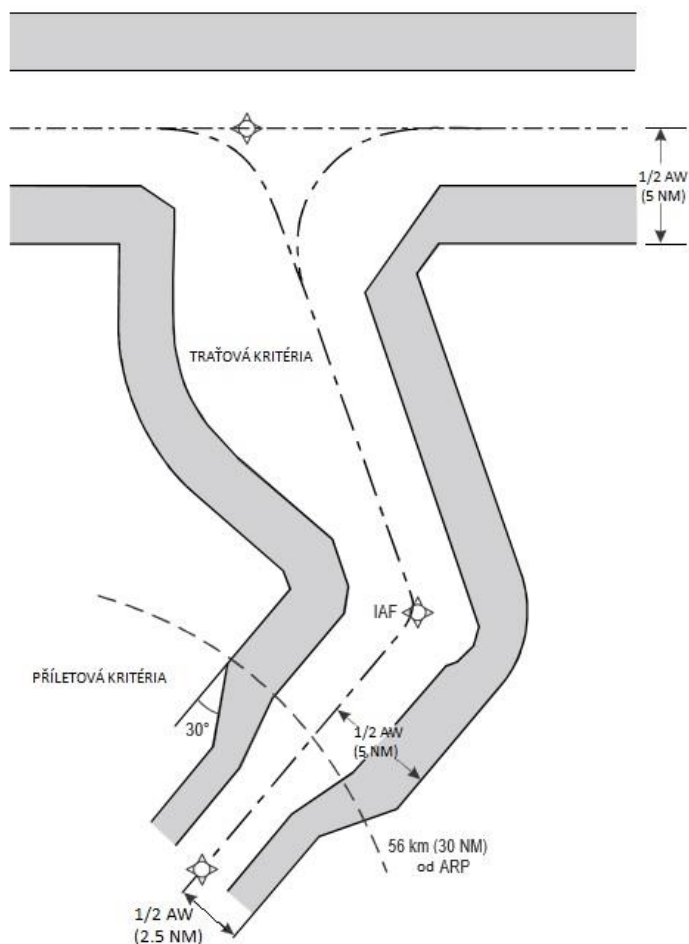
Standartní příletová trať podle přístrojů (Standart Instrument Arrival – STAR) slouží k přechodu z traťového letu k přiblížení podle přístrojů. Obvykle tedy začíná na bodu nebo radionavigačním zařízení trati ATS, a končí v bodě, ze kterého je zahájeno přístrojové přiblížení – obvykle bod počátečního přiblížení IAF.

4.4.2.1 Konstrukce ochranného prostoru

Konstrukce ochranných prostorů u příletových tratí konstruovaných dle postupů PBN jsou obdobné konvenčním postupům. Aplikuje se primární a sekundární ochranný prostor. Šířka ochranných prostorů opět závisí na navigační specifikaci a typu použitého senzoru. Její hodnotu pro specifikaci RNAV 1 a senzor GNSS je možné nalézt v tabulce číslo 5.

Přechod z traťového letu probíhá ovšem oproti konvenční navigaci rozdílným způsobem. Zatímco u příletových tratí konstruovaných pomocí konvenční navigace se na příletových tratích aplikovala šířka ochranného prostoru jako na trati do vzdálenosti 25NM od IAF, u postupů konstruovaných dle PBN se používají traťová kritéria do vzdálenosti 30NM od ARP. V místě, kde kružnice 30 NM ARP protne příletovou trať, ochranný prostor se pod úhlem 30° zužuje až na šířku ochranného prostoru pro příletovou trať. Pokud je bod počátečního přiblížení umístěn ve vzdálenosti větší, než 30 NM od ARP, stále se toto pravidlo aplikuje a šířka ochranného prostoru se v místě bodu IAF nezmění – ke zúžení dojde až v místě vzdálenosti 30 NM od ARP. Naopak pokud je IAF umístěn za touto vzdáleností, ke změně šířky ochranného prostoru dojde už v bodě 30 NM od ARP. Lze tedy konstatovat, že šířka

ochranného prostoru se při změně fáze letu z počátečního na střední přiblížení nezmění, tato změna nastane vždy ve vzdálenosti 30 NM od ARP.^[9] Toto je znázorněno na obrázku číslo 30.



Obrázek 30 Změna šířky ochranného prostoru STAR. Hodnoty odpovídají specifikaci RNAV1. [9], uprav.

4.4.2.2 Minimální výška nad překážkami

Na příletové trati se aplikuje primární i sekundární ochranný prostor. Hodnota MOC činí 300 metrů (984 ft).^[9]

4.4.3 Úsek počátečního přiblížení

Úsek počátečního přiblížení začíná v bodě počátečního přiblížení IAF (Initial Approach Fix) a slouží k přechodu letadla z příletové trati na střední, respektive konečné přiblížení.

Konstrukce úseku počátečního přiblížení není příliš odlišná od konstrukce postupů dle konvenční navigace. Neměly by být ovšem používány postupy reversal - pokud jsou nezbytné, měl by být použit postup racetrack^[9] a z logiky věci se nevyskytují úseky navigace výpočtem (navigační vedení je u systémů prostorové navigace dostupné v každém okamžiku). Úhel mezi úsekem počátečního a středního přiblížení by také neměl být větší,

než 90°. Pokud na úsek počátečního přiblížení navazuje příletová trať (což je obvyklé), je minimální délka tohoto úseku 6 NM.

4.4.3.1 Konstrukce ochranného prostoru

Šířka ochranného prostoru závisí, jako u všech postupů PBN, na navigační specifikaci a typu použitého senzoru. Jak bylo popsáno v textu výše, šířka ochranného prostoru se automaticky nezmění již po přeletu bodu IAF – ke změně dochází pouze ve vzdálenosti 30NM od ARP. Šířku ochranného prostoru pro specifikaci RNAV 1 a senzor GNSS je možné nalézt v tabulce číslo 5.

4.4.3.2 Minimální výška nad překážkami

V úseku počátečního přiblížení se aplikuje primární i sekundární ochranný prostor. Hodnota MOC činí 300 metrů (984 ft). Výjimkou by mohla být přístrojová zatáčka, v průběhu které je celý ochranný prostor primární – při konstrukci postupů PBN by ale postupy reversal obecně neměly být používány a pokud už jsou nezbytné, měl by být použit postup racetrack^[3].

Toto jsou tedy stejná kritéria, která se aplikují na příletových tratiích. V případě postupů PBN tak bod IAF nemá z hlediska ochrany od překážek tolik zásadní význam – po jeho přeletu se hodnota MOC nemění a šířka ochranného prostoru se změní již (případně až) po přeletu vzdálenosti 30 NM od ARP.

4.4.4 Úsek středního přiblížení

Úsek středního přiblížení začíná v bodě IF a končí v bodě konečného přiblížení FAF. Tento bod je již situován na trati konečného přiblížení, kdy letadlo dokončilo poslední zatáčku a provádí pouze korekce směru pro udržení trati konečného přiblížení^[8]. Jeho účelem je umožnit deceleraci letadla a konfiguraci na přistání – tento úsek by tedy neměl obsahovat změny výšky, a pokud už jsou nezbytné, je maximální použitelný gradient 5,2% následovaný rovným úsekem v délce alespoň 1,5NM. To ovšem neznamená, že je v průběhu tohoto úseku skutečně nutné provádět horizontální let – pokud je to efektivní, může posádka v průběhu tohoto úseku provádět klesání tak, aby byl bod FAF naletěn ve výšce středního přiblížení a vhodné konfiguraci. Tento úsek může při konstrukci postupů PBN ale obsahovat i zatáčku s pevným poloměrem RF – potom by se ale jednalo o přiblížení vyžadující zvláštní oprávnění (RNP AR).

Protože na bodu IF může být požadována zatáčka (vždy jako fly-by) do trati konečného přiblížení, bude i délka tohoto úseku proměnná v závislosti na úhlu mezi trati počátečního a středního přiblížení a bude odpovídat minimální stabilizační vzdálenosti, jak byla definována

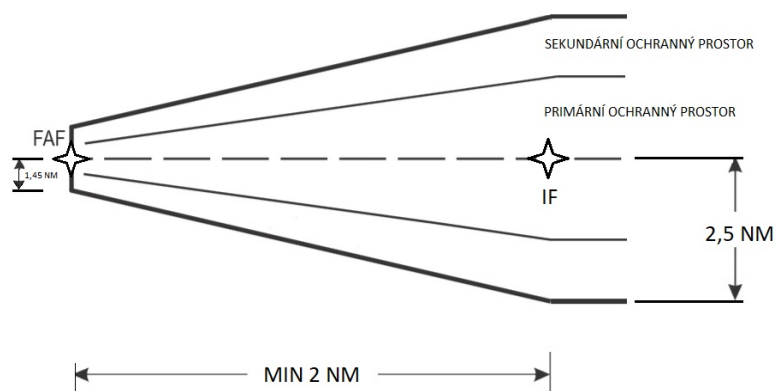
výše. Délka rovného úseku ale nikdy nesmí být kratší, než 2 NM, aby bylo možné letadlo stabilizovat před nalétnutím trati konečného přiblížení.

4.4.4.1 Konstrukce ochranného prostoru

Obdobně jako u postupů konvenční navigace nemá ochranný prostor v průběhu středního přiblížení konstantní šířku, ale lineárně se zužuje z šířky v bodě IF až na šířku v bodě FAF. Pro specifikaci RNP APPCH se tedy šířka ochranného prostoru zúží z šířky 5 NM na 2,9 NM v bodě FAF. Tvar ochranného prostoru je znázorněn na obrázku číslo 31.

4.4.4.2 Minimální výška nad překážkami

V úseku středního přiblížení se již aplikuje nižší MOC, a to 150 m (492 ft).^[9] Je aplikován primární a sekundární ochranný prostor. K výšce nejvyšší překážky v oblasti ochranného prostoru je přičtena hodnota MOC 492 ft a výsledná hodnota je vždy zaokrouhlena nahoru na nejbližší stovky stop. Tato výška se označuje jako „výška středního přiblížení“. Před provedením přiblížení je zvláště důležité se s její hodnotou seznámit, protože se z této výšky očekává zahájení klesání v bodě FAF.



Obrázek 31 Ochranný prostor úseku středního přiblížení pro navigační specifikaci RNP APCH.

4.4.5 Úsek konečného přiblížení

Úsek konečného přiblížení začíná v bodě konečného přiblížení FAF a končí v bodě nezdařeného přiblížení MAPt. Tento úsek slouží pro konečné klesání letadla a v případě, že pilot získá požadované vizuální reference, je zakončen přistáním, případně postupem přiblížení okruhem. V každém případě musí být v této fázi zajištěno traťové vedení - pro konvenční navigaci bylo použito pozemní radionavigační zařízení, někdy zkonstruované přímo za tímto účelem (ILS/MLS). U postupů PBN je však pro vedení letadla v této fázi použito stále palubní zařízení prostorové navigace – to je velká výhoda postupů PBN, které je tak možné konstruovat bez značné ekonomické náročnosti i na letištích, kde přístrojové postupy dosud nebyly publikovány. Je zároveň ale zřejmé, že díky této odlišnosti bude zároveň nejvíce odlišností v konstrukci takových postupů oproti konvenční navigaci.

Pro vedení letadla po trati konečného přiblížení musí palubní zařízení splňovat specifikaci RNP APPCH, a jediným použitelným senzorem je GNSS. Díky tomu by se do budoucna i měla vyjasnit terminologie a veškerá přiblížení založená na prostorové navigaci by se měla označovat RNP APCH.

Z obecného pohledu je možné přiblížení dle specifikace RNP rozdělit na nepřesné přístrojové přiblížení (2D) a přiblížení s vertikálním vedením (3D).

4.4.5.1 Konstrukce

Pokud je to proveditelné, úsek konečného přiblížení musí být umístěn v prodloužené ose dráhy, na kterou je přiblížení prováděno. Vzdálenost mezi bodem FAF a prahem dráhy by nikdy neměla být méně, než 3 NM, optimální délka tohoto úseku je 5 NM a neměla by přesahovat 10 NM.^[9]

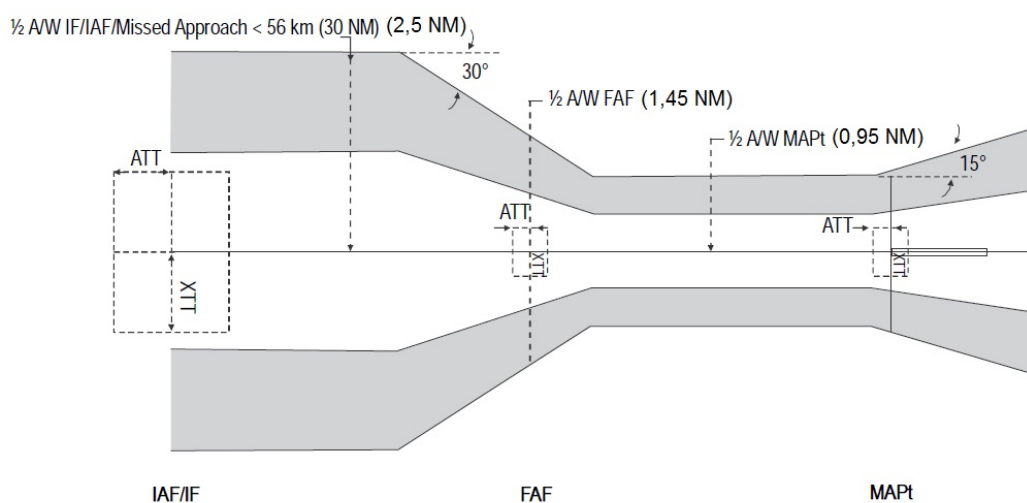
Pokud není možné například z důvodu překážek tento úsek umístit do osy dráhy, může být přiblížení vyosené až o 30° pro kategorie letadel A a B, či 15° pro ostatní.^[11] Takový postup se však nikdy nesmí použít pro snížení dopadu hluku.

4.4.5.2 Nepřesné RNP přiblížení (2D přiblížení)

Prvním druhem přístrojového přiblížení RNP je nepřesné přiblížení, také nazývané 2D přiblížení. V průběhu takového přiblížení navigační systém zajišťuje vedení pouze v horizontální rovině tak, jak tomu je u nepřesných přiblížení konvenční navigace. Po minutí bodu FAF je možné klesat do minimální výšky pro klesání MDA (samozřejmě za předpokladu, že nejsou definovány body postupného klesání) a pokračovat až do bodu nezdařeného přiblížení MAPt. Provozovatelé obvykle volí metodu stálého klesání CDFA, principiálně ale nikdy nesmí být podklesána MDA bez ohledu na použitou metodu. Maximální gradient sestupu pro tento typ přiblížení je 6,5% pro kategorie A a B a 6,1% pro C-E, ale pokud je to proveditelné, volí se gradient 5,2% (3°).^[9]

4.4.5.2.1 Konstrukce ochranného prostoru

Ani v úseku konečného přiblížení není šířka ochranného prostoru po celou dobu konstantní - postupně se zužuje z hodnoty v místě FAF až na hodnotu v bodě nezdařeného přiblížení MAPt dle metodologie popsané do detailu v odstavci 4.1.3.6. Šíře poloviny ochranného prostoru pro specifikaci RNP APCH činí 1,45 NM a v místě MAPt 0,95 NM – po prvotním zúžení, které ovšem probíhá také v části konečného přiblížení za bodem FAF, zůstává šířka konstantní až do bodu MAPt. Vše je znázorněno na obrázku číslo 32.



Obrázek 32 Ochranný prostor nepřesného přiblížení RNP APCH. Doplněné hodnoty odpovídají specifikaci RNP APCH.

Jak již bylo zmíněno v textu výše, právě z důvodu změny šířky ochranného prostoru a případně i režimu palubního zařízení by obecně při přiblížení RNP nemělo být akceptováno vektorování do vzdálenosti bližší, než 2 NM od FAF.

4.4.5.2 Minimální výška nad překážkami

V úseku konečného přiblížení pro nepřesné přiblížení (tedy bez vertikálního vedení) se aplikuje MOC 75 m (246 ft).^[9] Je aplikován primární a sekundární ochranný prostor. Toto je tedy zhruba poloviční hodnota, která byla použita v úseku středního přiblížení. Lze tedy prohlásit, že ochrana letounu od překážek je tím nižší, čím blíže je letadlo zemi – to vyžaduje zvláště přesnou pilotáž v těchto fázích letu.

U tohoto typu přiblížení je, stejně jako u ostatních nepřesných přiblížení, výška OCA definována jako výška, pod kterou letadlo nemůže klesat, aby nebyla porušena minimální hodnota výšky nad překážkami. OCA je totiž stanovena jako výška překážky + hodnota MOC a nepočítá se tedy s převáděním letadla z klesání do horizontálního či stoupavého letu. Přičtením přídatku provozovatele se získá výška MDA. Tato výška z výše uvedeného důvodu nikdy nesmí být podklesána – pokud je použita technika CDFa – Continuous Descent Final Approach, je nutné zvolit takový přídatek (k MDA), aby při zahájení nezdařeného přiblížení letadlo nekleslo pod tuto výšku.

4.4.5.3 Postup přiblížení s vertikálním vedením APV (Baro-VNAV)

Přiblížení s vertikálním vedením APV – Approach with Vertical Guidance, též označováno Baro-VNAV, je založeno na podélném vedení letadla systémem prostorové navigace a

vertikálním vedení založeném na myšlené sestupové rovině, která je vypočítána navigačním systémem a spadá tedy do kategorie 3D přiblížení^[3]. Přiblížení s vertikálním vedením využívající systémy SBAS budou rozebrány v další kapitole. Tento druh přiblížení využívá DA/DH, nikoli MDA/MDH a podobně jako u přesných přiblížení není definován FAF ani MAPt – ve skutečnosti jsou tyto body definovány, nicméně pouze pro vedení v horizontální rovině a nejsou použity pro konstrukci sestupové roviny. Pro tento druh přiblížení je maximální úhel myšlené sestupové roviny 3,5°. Protože ale barometrické výškoměry vykazují chybu s odchylkou teploty od podmínek ISA, bude se v závislosti na teplotě měnit i úhel sestupové roviny.

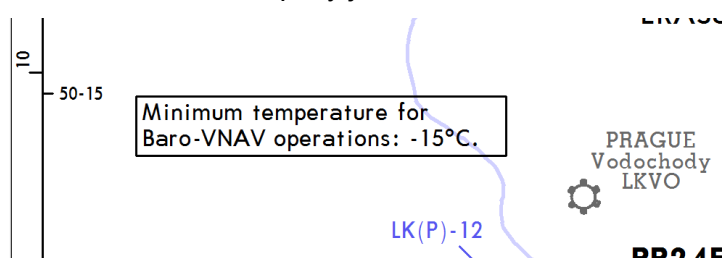
4.4.5.3.1 Vliv teploty na úhel sestupové roviny

Optimální úhel sestupové roviny je 3°. Pokud je na letišti publikován takový úhel a teplota odpovídá podmínkám ISA, skutečná trajektorie letounu bude odpovídat tomuto úhlu. Protože ale při záporné odchylce teploty od podmínek ISA bude výškoměr ukazovat větší výšku, než je skutečná, bude při nízkých teplotách skutečný úhel sestupu nižší, než 3°. To by v extrémním případě mohlo znamenat snížení rozstupů od překážek. Pokud je teplota vyšší, než dle podmínek ISA, bude úhel sestupu strmější – to by v extrémních případech mohlo znamenat daleko strmější úhel sestupu a tedy i požadovanou vertikální rychlost, než byla očekávána. Příklad, jak se mění skutečný úhel sestupové roviny pro letiště ve výšce střední hladiny moře a publikovaném úhlu sestupové roviny 3° je znázorněn v tabulce číslo 10.

TEPLOTA	50°C	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C	-30°C	-40°C	-50°C
SKUTEČNÝ ÚHEL S. ROVINY	3,37°	3,26°	3,16°	3,05°	2,95°	2,84°	2,74°	2,63°	2,53°	2,42°	2,32°

Tabulka 10 Skutečný úhel sestupové roviny ve výšce MSL při publikovaném úhlu 3°. [9]

Hodnoty, které jsou znázorněny červeně, jsou nižší než 2,5° a zakázány.^[9] Pod tuto teplotu tedy nesmí být přiblížení navrženo. Minimální teplota, pro kterou je postup Baro-VNAV použitelný, bude vždy publikována na mapě přístrojového přiblížení. Pod tuto teplotu nemusí být zajištěna požadovaná ochrana letounu od překážek a Baro-VNAV postup se nesmí použít! Příklad publikované minimální teploty je na obrázku číslo 33.



Obrázek 33 Příklad uvedení minimální teploty pro postup Baro-VNAV.

4.4.5.3.2 Konstrukce ochranného prostoru

Konstrukce ochranného prostoru vychází svým tvarem z přiblížení bez vertikálního vedení, nicméně protože toto přiblížení pracuje s výškou rozhodnutí a nikoli s minimální výškou pro klesání, přístup k hodnocení překážek bude jiný. Pro vyhodnocení překážek se používají tzv. OAS—Obstacle Assessment Surfaces – roviny pro vyhodnocení překážek. Ty začínají v místě FAP, tedy bodě, ve kterém výška středního přiblížení protne myšlenou sestupovou rovinu při podmínkách ISA. Končí buď v místě (nebo výšce) první zatáčky při nezdařeném přiblížení, nebo v bodu vyčkávání po nezdařeném přiblížení, podle toho, co nastane dříve.^[9] Tyto roviny se sestávají z 3 samostatných rovin: roviny konečného přiblížení (FAS), pozemní roviny a roviny nezdařeného přiblížení (Z rovina). Pokud se nalezne překážka, která protne jednu z těchto rovin, je považována za nebezpečnou a na základě její výšky se upravuje hodnota DA.

Při konstrukci těchto rovin se setkáme s pojmem „postranní rovina“. Tato rovina má jiné hranice, a podobně, jako tomu bylo i u sekundárního ochranného prostoru, dosahuje na své vnitřní a vnější hranici různých výšek – má tedy určitý sklon. K hodnocení překážek, které ji protnou, se přistupuje jinak. To bude rozebráno v další kapitole.

V případě přiblížení APV Baro-VNAV budou všechny 3 roviny kopírovat hranice primárního a sekundárního ochranného prostoru nepřesného RNP přiblížení popsaného výše. Primární ochranný prostor bude odpovídat hranicím samotné roviny a sekundární ochranný prostor potom boční rovině.^[9]

Rovina konečného přiblížení (FAS)

Počátek FAS je umístěn v bodě, kde publikovaná sestupová rovina (obvykle 3°) protne určitou výšku, označenou jako H_i (pro letiště do 5000 ft AMSL jde od 75 m nad prahem dráhy), mínus 444 metrů směrem k prahu dráhy, což odpovídá hodnotě ATT pro specifikaci RNP APCH ve fázi konečného přiblížení (viz tabulka číslo 7). Vertikálně se nachází v úrovni prahu dráhy. Z tohoto bodu rovina FAS pokračuje do místa, kde protne rovinu překážek středního přiblížení. Postranní prostor je umístěn ve výšce H_i (obvykle tedy 75 m) nad rovinou FAS.

Pro konstrukci postupu na letištích, jejichž nadmořská výška je vyšší, než 5 000, respektive 10 000 stop, se uplatňují dodatečné požadavky, jejichž rozbor ale považuji za nadbytečný.

Pozemní rovina (ground plane)

Tato rovina navazuje na místo počátku FAS (viz výše), a pokračuje ve směru přiblížení až do místa počátku roviny nezdařeného přiblížení (Z). Vertikálně se také nachází v úrovni prahu

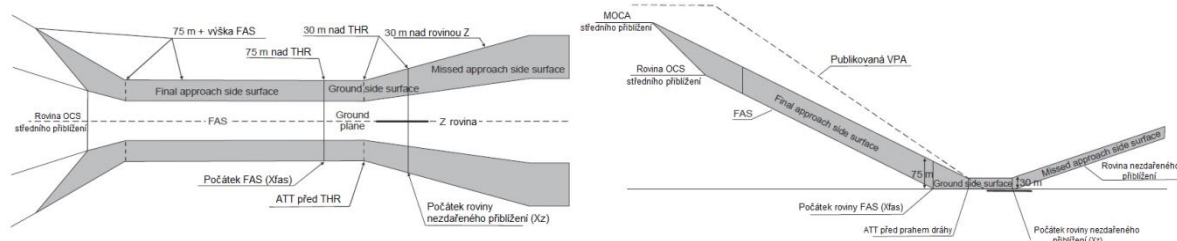
dráhy. Postranní rovina ve vertikální rovině kopíruje ze svého počátku rovinu FAS až na výšku 30m, které dosáhne v místě ATT před prahem dráhy, ve které pokračuje až do bodu počátku roviny nezdařeného přiblížení.

Rovina nezdařeného přiblížení (Z rovina)

Počátek roviny nezdařeného přiblížení X_z se nachází 900 až 1 4000 metrů za prahem dráhy v závislosti na kategorii letadla, pro kterou je postup určen – pro kategorii C je například tato vzdálenost stanovena na 1 100 metrů.^[9] V horizontální rovině potom kopíruje primární a sekundární ochranný prostor nepřesného RNP přiblížení. Ve vertikální rovině má standartní gradient 2,5 % (není-li uveden vyšší). Postranní rovina navazuje na rovinu nezdařeného přiblížení a na vnějším okraji končí 30 metrů nad touto rovinou.

Pro postupy na letištích s nadmořskou výškou vyšší, než 900 m, nebo publikovaným úhlem sestupu vyšším, než 3,2°, se vzdálenost počátku této roviny posouvá a vypočte se na základě speciálního vztahu.

Tato rovina končí v místě první zatáčky, nejdříve však v bodě MAPt publikovaném pro nepřesné přiblížení (pokud je v něm publikována zatáčka). Roviny jsou znázorněny v horizontální i vertikální rovině na obrázku číslo 34.



Obrázek 34 Znázornění rovin OAS v horizontální a vertikální rovině.

4.4.5.3.3 Výpočet výšky rozhodnutí DH

Jak jsem již zmínil v předchozím textu, u přiblížení s vertikálním vedením se aplikuje výška rozhodnutí – DH (DA, pokud je vztažena ke střední hladině moře). Ta je definována jako nejnižší výška, ve které musí být zahájeno nezdařené přiblížení, aby byla zajištěna předepsaná ochrana letadla od překážek.^[11] Z toho vyplývá, že stejně jako u přesných přiblížení, musí být při konstrukci postupu počítáno s převedením letadla z klesavého letu do stoupání. Základem pro výpočet výšky rozhodnutí DH je výška OCH (Obstacle Clearance Height), která je definována jako výška nejnebezpečnější překážky (viz dále) + určitá hodnota pro převedení letadla do stoupavého letu. K výšce OCH je následně přidán přídavek provozovatele, čímž se získá DH.

Platí tedy:

$$OCH = H_p + HL,$$
$$DH = OCH + margin,$$

kde margin je přídavek provozovatele, H_p je výška nejnebezpečnější překážky a HL height loss – hodnota nutná pro převedení letadla do stoupání. Je zřejmé, že ta bude jiná pro různé kategorie letadel. Její hodnoty při použití barometrického výškoměru jsou uvedeny v tabulce číslo 11.

KATEGORIE LETADLA	HODNOTA HEIGHT LOSS [ft]
A	130
B	142
C	150
D	161

Tabulka 11 Hodnoty height loss pro různé kategorie letadel. [9]

Hodnoty height loss tedy nenabývají žádných vysokých hodnot. Z toho plyne důležitý poznatek pro letové posádky – se zahájením nezdařeného přiblížení v případě nenavázání vizuálních referencí se nesmí váhat a musí být zahájeno okamžitě při dosažení výšky DA/DH. V opačném případě nemusí být zaručena dostatečná ochrana letadla od překážek.

Jak vyplývá z výše uvedeného vztahu, hodnota DA/DH bude primárně záviset na výšce překážek protínající jednu z výše zmíněných rovin. Ty se posuzují zvlášť pro fázi přiblížení a nezdařeného přiblížení.

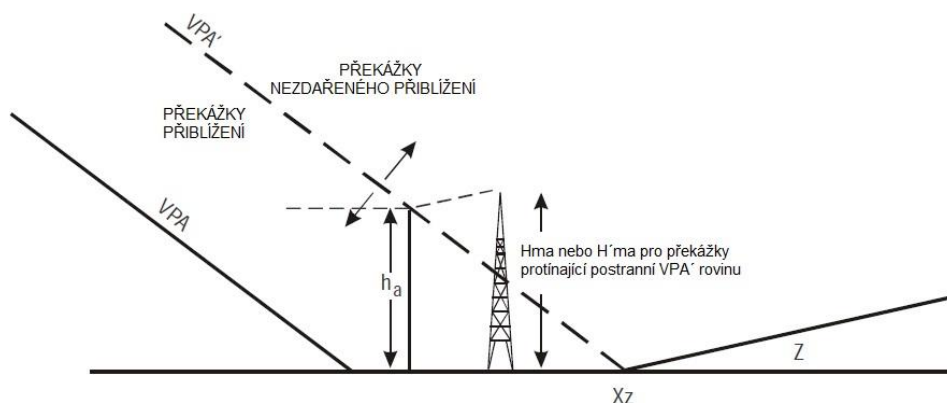
4.4.5.3.3.1 Překážky přiblížení

Jako překážky přiblížení se uvažují veškeré překážky, které protínají rovinu FAS nebo pozemní rovinu. K výšce této překážky se potom přičítá hodnota HL. Pokud překážka protíná postranní rovinu FAS nebo postranní pozemní rovinu, poté se přičítá pouze poměrná část HL. Na vnitřní straně postranní roviny se přičítá plná hodnota, která se lineárně snižuje až na nulu na vnější straně prostoru.

4.4.5.3.3.2 Překážky nezdařeného přiblížení

Jako překážky nezdařeného přiblížení se uvažují veškeré překážky, které protínají rovinu Z. Dále se mohou uvažovat překážky, které svou výškou zasahují do rovnoběžky k publikované sestupové rovině vedené z bodu počátku roviny Z (viz obrázek číslo 35). Tuto rovnoběžku

označme jako VPA'. Dále překážky, které protínají postranní rovinu FAS nebo postranní pozemní rovinu se mohou uvažovat pouze, pokud protínají postranní rovinu VPA'. Ta ve vertikálním řezu lineárně stoupá od hrany VPA' do výšky 30 metrů nad VPA' na hraně prostoru. V horizontální rovině VPA' samozřejmě kopíruje skutečnou VPA.^[9] Tím se umožní získat nižší DH, než když by taktové překážky byly považovány za překážky konečného přiblížení.



Obrázek 35 Překážky nezdařeného přiblížení před počátkem roviny Z. [9], upraveno

Pokud překážka protíná jednu z výše uvedených rovin, bylo by možné postupovat stejně, jako pokud protíná rovinu konečného přiblížení – k výšce překážky přičíst hodnotu HL (respektive její poměrnou část). Takový postup by byl zajisté bezpečný, nicméně by neúměrně a zbytečně zvyšoval hodnoty DH – z toho důvodu se výška překážky přepočte na poměrnou výšku překážky, jakoby se nacházela v segmentu přiblížení. Tato hodnota bude samozřejmě záviset zejména na vzdálenosti překážky od počátku roviny Z a sklonech obou rovin – viz následující vztah:

$$H_{EK} = \frac{H_{PR} \times \cot Z + (X - X_z)}{(\cot Z + \cot VPA)}$$

kde H_{EK} je ekvivalentní výška překážky,

H_{PR} je skutečná výška překážky,

$\cot Z$ je kotangens úhlu roviny Z,

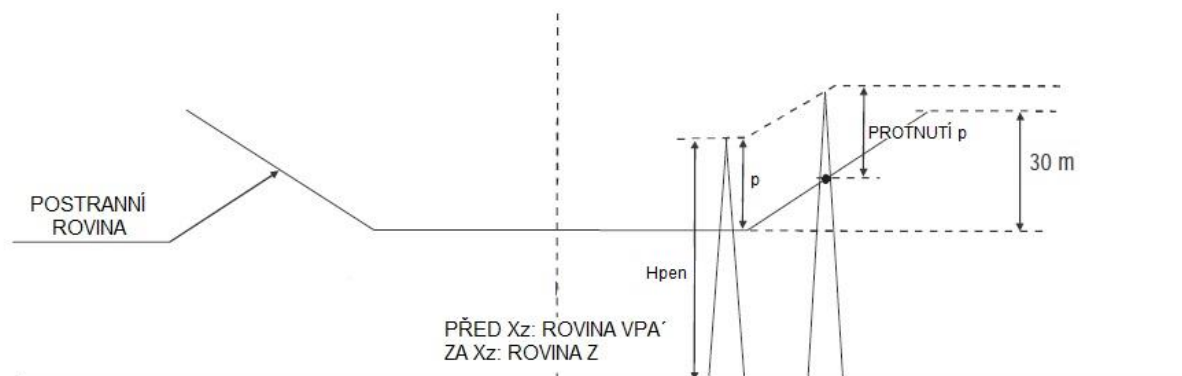
$\cot VPA$ je kotangens úhlu publikované sestupové roviny,

X_z je souřadnice počátku roviny Z,

X je vzdálenost překážky od prahu dráhy (před prahem kladná, za prahem záporná).

Výše uvedený vztah platí, pokud překážka protíná Z rovinu, nebo VPA'.

Pokud překážka protíná postranní Z rovinu, nebo postranní rovinu VPA', potom platí výše uvedený vztah s tím rozdílem, že se neuvažuje celá výška překážky H_{PR} jako v předchozím vztahu, ale je nahrazena hodnotou H_{PEN} . Tato výška je dána jako hodnota penetrace postranní roviny + výška samotné roviny v úrovni překážky. To je znázorněno na obrázku číslo 36.



Obrázek 36 Určení ekvivalentní výšky překážky protínající postranní Z nebo postranní VPA' rovinu. [9]

K ekvivalentní výšce se potom připočte plná hodnota HL.

Z výše vypočtených hodnot ve fázi přiblížení a nezdařeného přiblížení se vybere ta nejvyšší, a ta určuje DH pro dané přiblížení.

4.4.5.4 Postup přiblížení s vertikálním vedením LPV a ostatní postupy SBAS

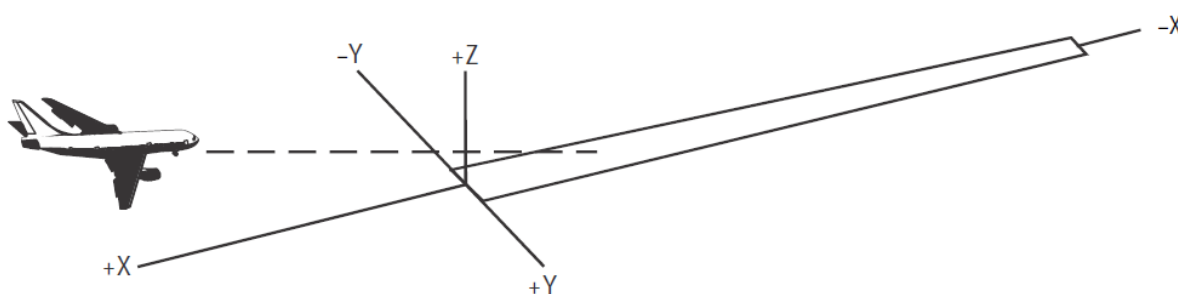
Protože se ochranné prostory při použití postupů s využitím SBAS liší od ostatních, budou rozebrány v této kapitole zvlášť. Pomocí SBAS je možné provést přiblížení s vertikálním vedením, které bylo rozebráno v kapitole výše. Údaje o výšce letadla ovšem nejsou získávány z barometrického výškoměru, ale ze systému satelitní navigace. Tím odpadá teplotní omezení, které bylo způsobeno chybou barometrického výškoměru při změně teploty od podmínek ISA. Dalším možným řešením, které umožňuje vedení do minim kategorie I ICAO, je přiblížení LPV – Localizer Performance with Vertical Guidance. Úhel myšlené sestupové roviny u těchto přiblížení nesmí překročit $3,5^\circ$. Konstrukce ochranného prostoru u těchto přiblížení je velmi obdobná konstrukci ochranných prostorů systému ILS.

4.4.5.4.1 Konstrukce ochranného prostoru

Segment SBAS začíná v místě FAP – tedy průsečíku výšky středního přiblížení a myšlené sestupové roviny. Dále pokračuje do bodu nezdařeného přiblížení MAPt, který je dán průsečíkem výšky rozhodnutí DA (DH) a sestupové roviny a končí v místě počátku konečného nezdařeného přiblížení, nebo v místě, kde šířka roviny Z nezdařeného přiblížení dosáhne šířky 0,95 NM, podle toho, co nastane dříve.

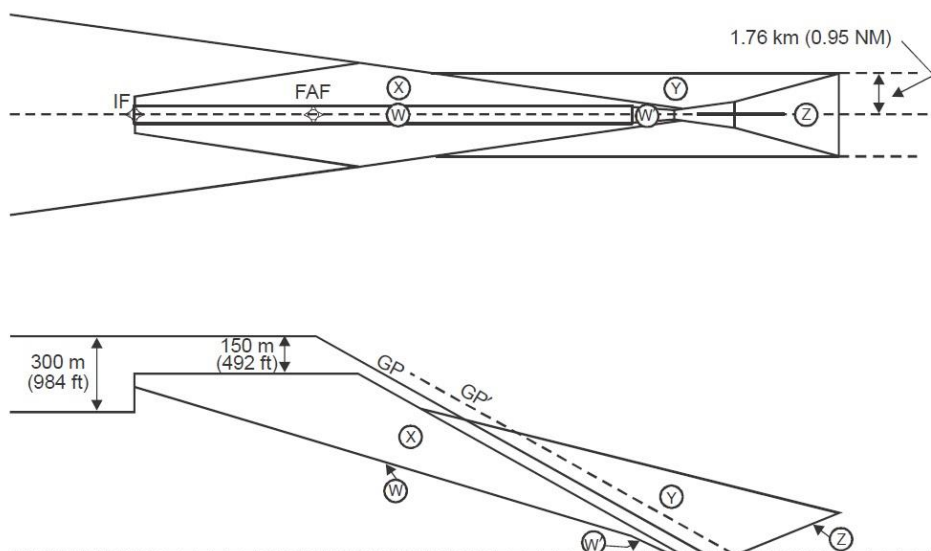
Pro vyhodnocení překážek v těchto fázích se opět používají roviny pro vyhodnocení překážek OAS. Tvar těchto rovin bude záviset na geometrii přiblížení a svojí konstrukcí bude velmi podobný konstrukci rovin pro přiblížení ILS. Pro přiblížení LPV je dokonce konstrukce těchto rovin totožná s přiblížením ILS. Překážky je možné hodnotit metodou CRM nebo OAS pro ILS přiblížení cat. I. Pro přiblížení APV I je zatím možné využít pouze metodu OAS, metoda CRM se pro tento typ přiblížení zatím vyvíjí^[9]. Protože se jedná o postup konvenční navigace, který byl již dostatečně popsán v dostupné literatuře (například [8]), bude dále rozebrán pouze stručně a názorně.

Roviny SBAS OAS se skládají až ze 7 šikmých rovin, značených jako W, W', X, Y a Z. Jejich geometrie je dána pomocí 4 lineárních rovnic ve tvaru $z = Ax + By + C$, kde hodnoty x a y jsou souřadnice v souřadném systému s počátkem na prahu dráhy (viz obrázek číslo 37) a z výška roviny v místě daných souřadnic. Konstanty A, B a C se dosazují ze softwaru „PANS-OPS OAS Software“ vyvinutého ICAO^[9] a berou v úvahu případná specifika přiblížení (gradient nezdařeného přiblížení apod.). Roviny Y a Z jsou omezeny dosažením hodnoty $\frac{1}{2} AW = 0,95 \text{ NM}$ (viz výše).



Obrázek 37 Zobrazení souřadného systému s počátkem na prahu dráhy.

Na základě výše uvedeného vztahu se zkonstruují roviny OAS, jejichž tvar bude odpovídat znázornění na obrázku číslo 38.



Obrázek 38 Tvar rovin OAS pro přiblížení APV I. [9], upraveno

4.4.5.4.2 Výpočet výšky rozhodnutí DH

Výpočet výšky rozhodnutí je velmi podobný výpočtu výšky rozhodnutí u přiblížení Baro-VNAV. Překážky jsou opět rozděleny na překážky přiblížení a nezdařeného přiblížení. Jako překážky přiblížení se uvažují ty, které protínají jednu z rovin mezi bodem FAF a bodem počátku roviny Z, který se u postupů SBAS pro přehlednost značí jako bod X_E . Ostatní překážky jsou potom překážky nezdařeného přiblížení. Pokud by ale tato metoda znamenala neúměrně vysoké DH, pokud tak schválí příslušný úřad, je možné za překážky nezdařeného přiblížení považovat i ty, které protínají rovnoběžku k sestupové rovině vedené z bodu počátku roviny z X_E – podobně, jako tomu bylo u přiblížení Baro-VNAV.

Postup výpočtu DH je stejný, jako u přiblížení Baro-VNAV. K výšce překážek přiblížení se přičte hodnota HL dle tabulky číslo 11. Překážky nezdařeného přiblížení jsou přepočteny na ekvivalentní výšku podobným způsobem, jako u přiblížení Baro-VNAV, dle mírně odlišného vztahu:

$$H_{EK} = \frac{H_{PR} \times \cot Z + (X - X_E)}{(\cot Z + \cot GP)}$$

kde H_{EK} je ekvivalentní výška překážky,

H_{PR} je skutečná výška překážky,

$\cot Z$ je kotangens úhlu roviny Z,

$\cot GP$ je kotangens úhlu sestupové roviny,

X_E je souřadnice počátku roviny Z a pro APV I je dána vztahem $900 + \left(\frac{38}{\tan GP}\right)$,

X je vzdálenost překážky od prahu dráhy (před prahem kladná, za prahem záporná).

Z výše vypočtených hodnot se opět vybere ta nejvyšší, a ta určuje DH pro dané přiblížení.

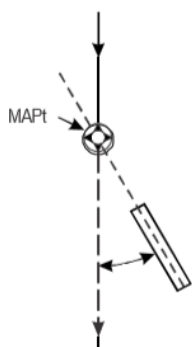
4.4.5.4.3 Úsek nezdařeného přiblížení

Jak bylo zmíněno v textu výše, jediné se postupy s využitím SBAS odlišují i ve fázi počátečního a středního nezdařeného přiblížení. Protože v základu vycházejí z běžných požadavků na nezdařené přiblížení, budou tyto odlišnosti rozebrány až v následující kapitole.

4.4.6 Úsek nezdařeného přiblížení

Úsek nezdařeného přiblížení začíná ve výšce rozhodnutí DA u přesného přiblížení a přiblížení APV, či v bodě MAPt u nepřesného přiblížení a končí v místě, ze kterého je možné provést další přiblížení, zahájit postup vyčkávání, nebo přejít na traťový let, obvykle sloužící pro let na záložní letiště. Tento postup tedy slouží k ochraně letadla od překážek v případě nezdařeného přiblížení – stoupání z výšky MDA/DA.

4.4.6.1 Umístění bodu MAPt u nepřesného RNP přiblížení



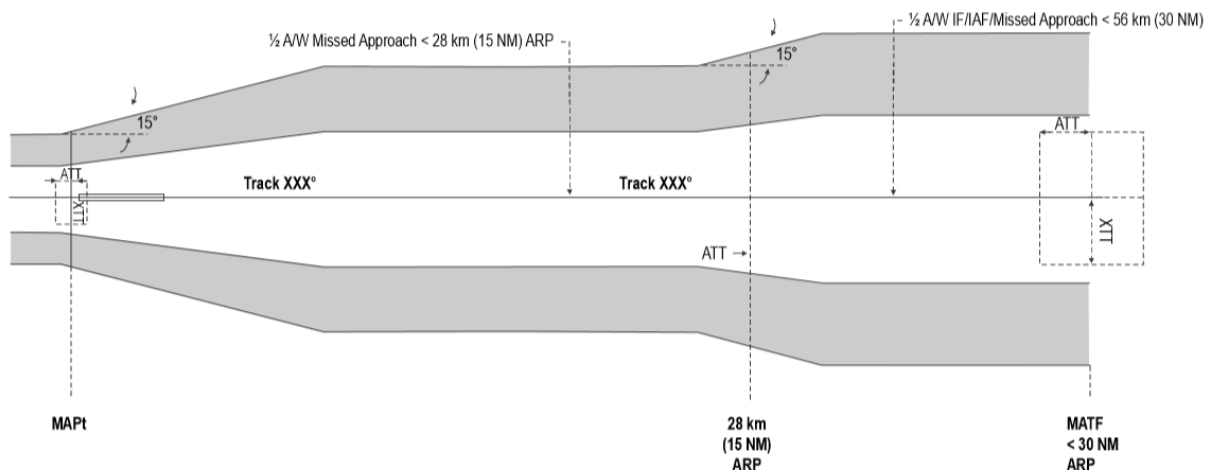
U RNP přiblížení, která nejsou vůči prodloužené ose dráhy vyosena, by měl být bod MAPt umístěn v místě prahu dráhy, případně před ním v prodloužené ose dráhy. Jak již bylo zmíněno výše, RNP přiblížení může být až o 30° (pro kategorie letadel A,B), respektive 15° (kat. C,D) vyoseno.^[9] V takovém případě je bod MAPt umístěn v místě, kde prodloužená osa dráhy protne osu přiblížení – to je znázorněno na obrázku číslo 39. Bod MAPt musí být vždy definován jako bod fly-over.

Obrázek 39 Umístění MAPt u vyoseného přiblížení.

4.4.6.2 Konstrukce ochranného prostoru

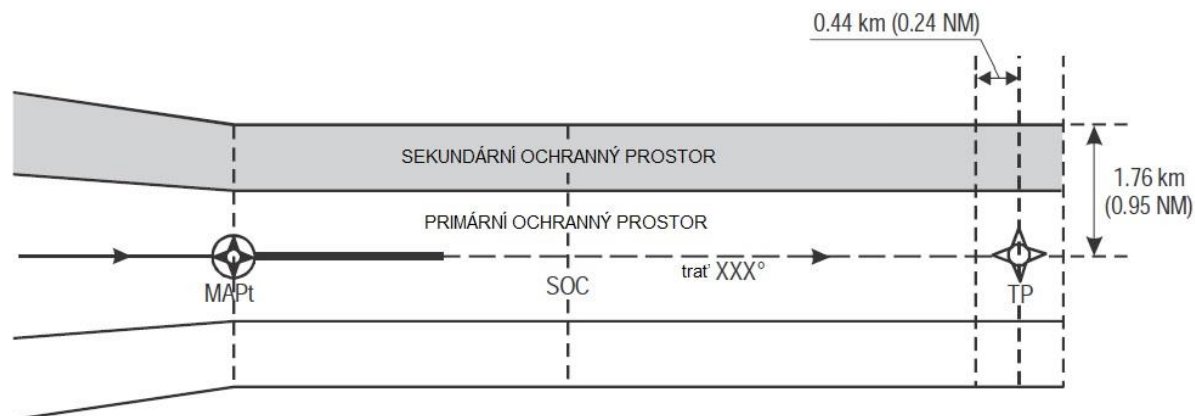
Nezdařené přiblížení může být přímé (se změnou směru do 15°), případně se zatáčkou. Takové rozdělení již známe z odletových tratí – obecně je princip konstrukce ochranných prostorů u nezdařeného přiblížení odletovým tratím vcelku podobný. Konstrukce ochranných prostorů je ovšem odlišná pro přiblížení bez a s využitím SBAS. V obou případech je aplikován primární i sekundární ochranný prostor.

Pokud postup není konstruován pro využití SBAS (například Baro-VNAV, nebo nepřesné přiblížení), šířka ochranného prostoru v bodě MAPt odpovídá šířce $\frac{1}{2}$ AW pro specifikaci RNP APCH, což je 0,95 NM. Konstrukce ochranného prostoru je obdobná, jako u odletových tratí.^[9] Z místa nejbližšího MAPt – tedy bodu, který odpovídá vzdálenosti ATT od bodu MAPt směrem k FAF, se ochranný prostor postupně rozšiřuje pod úhlem 15°, dokud nedosáhne hodnoty $\frac{1}{2}$ AW = 2 NM, která se ve vzdálenosti větší, než 15 NM od ARP, mění na hodnotu 2,5 NM, viz tabulka číslo 7. Ochranný prostor je znázorněn na obrázku číslo 40.



Obrázek 40 Ochranný prostor nezdařeného přiblížení. [9], upraveno

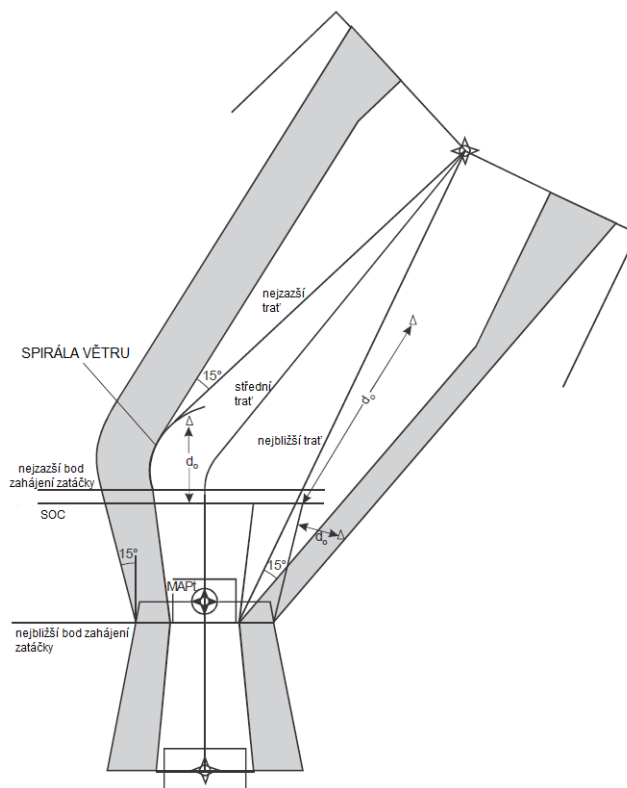
Pro nezdařené přiblížení s využitím SBAS (tedy pro přiblížení LPV nebo přiblížení s vertikálním vedením APV I) je situace odlišná. Po přeletu bodu MAPt až do bodu první zatáčky se šířka ochranného prostoru nemění – zůstává na hodnotě $\frac{1}{2}$ AW = 0,95 NM (viz tabulka č. 7). V případě nezdařeného přiblížení se zatáčkou systém v nejbližším bodě zahájení zatáčky přejde do koncového režimu – hodnota $\frac{1}{2}$ AW se tedy skokově změní na 2 NM do vzdálenosti 15 NM od ARP, a 2,5 NM ve vzdálenosti větší.^[9] Konstrukce ochranného prostoru je znázorněna na obrázku číslo 41.



Obrázek 41 Ochranný prostor nezdařeného přiblížení pro postupy SBAS. [9], upraveno

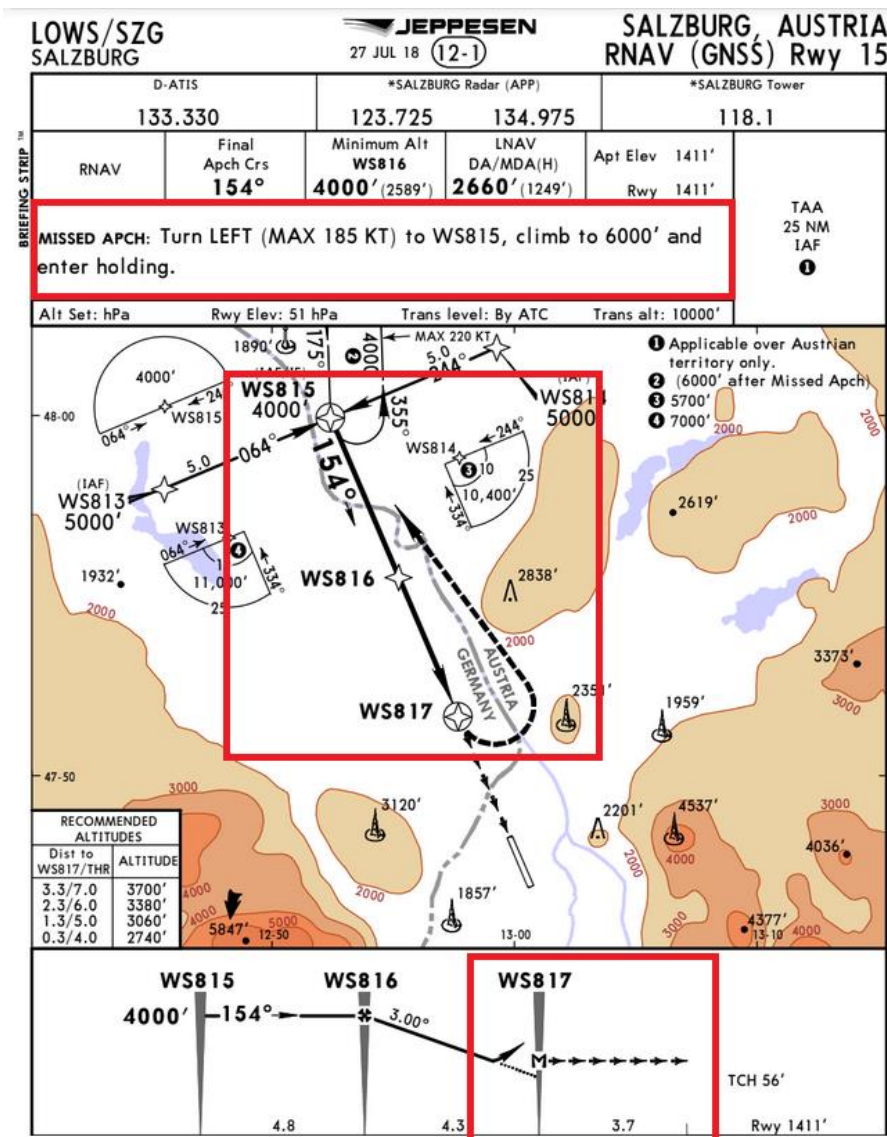
Jak je z výše uvedených obrázků patrné, konstrukce ochranného prostoru nezdařeného přiblížení počítá s jeho zahájením v bodě MAPt (případně po dosažení DA/DH) – u postupů PBN tedy bude bod MAPt vždy definován jako bod fly-over. Nezdařené přiblížení ale může být samozřejmě z různých důvodů zahájeno v jakékoli vyšší výšce. Pokud se tedy pilot rozhodne provést nezdařené přiblížení ještě před MAPt, musí dodržet postup nezdařeného přiblížení, a pokračovat tedy v přímém letu až do MAPt a odtud následovat předepsanou trať nezdařeného přiblížení. Pokud by zatáčku zahájil dříve, nemusela by být zajištěna

požadovaná ochrana letounu od překážek. Konstrukce ochranného prostoru se zatáčkou v bodě MAPt je znázorněna na obrázku číslo 42.



Obrázek 42 Konstrukce ochranného prostoru nezdařeného přiblížení (z bodu MAPt přímo na bod) [9], upr.

Jako konkrétní příklad takového přiblížení lze uvést RNP přiblížení na dráhu 15 v Salzburku. Nezdařené přiblížení má definovanou zatáčku v bodě MAPt a její zahájení před jeho dosažením by mohlo mít za následek srážku s terémem.



Obrázek 43 Ukázka RNP přiblížení na dráhu 15 na letišti Salzburg.

4.4.6.3 Minimální výška nad překážkami

Ve vertikální rovině je konstrukce ochranného prostoru totožná s postupy pro konvenční navigaci. Pro úplnost bude nicméně nezdařené přiblížení stručně popsáno s uvedením jednotlivých hodnot MOC a příslušných gradientů.

Nezdařené přiblížení je rozděleno do tří fází – počáteční, střední a konečné. V každé fázi se aplikují různá kritéria ochrany letounu od překážek. Ve všech fázích je aplikován primární i sekundární ochranný prostor. Jednotlivé fáze i se znázorněním minimálních výšek nad překážkami a příslušných gradientů je možné vidět na obrázku číslo 45.

4.4.6.3.1 Počáteční nezdařené přiblížení

Počáteční nezdařené přiblížení je horizontální a hodnota MOC je stejná, jako v případě konečného přiblížení – u nepřesného RNP přiblížení tedy 75 m (246 ft).^[9] Jak již bylo

zmíněno v kapitole konečného přiblížení, aby byla zachována ochrana letounu od překážek, výška MDA nesmí být nikdy podklesána!

4.4.6.3.2 Střední nezdařené přiblížení

Střední nezdařené přiblížení začíná v bodě SOC a končí v místě, kde je poprvé dosaženo výšky nad překážkami 50 m (164 ft) a alespoň tato výška bude při přeletu dalších překážek udržena.^{[8][9]} V této fázi se očekává stabilní stoupaní a využití navigačního vedení ze strany letové posádky. Již zde mohou být publikovány zatáčky – změna směru ale v této fázi nesmí být větší, než 15°.

Hodnota MOC je v této fázi stanovena na 30 m (98 ft). Stoupaní je standardně konstruováno s gradientem 2,5%. Tento gradient může být výjimečně snížen až na 2 %, pokud je zajištěn rozstup od překážek. V případě blízkých vyšších překážek by ovšem použití takového gradientu znamenalo neúměrné zvýšení OCA, i když by výkonnost některých letadel umožňovala v případě nezdařeného přiblížení vyšší gradient stoupaní. Proto se v praxi často setkáme s uvedením různých MDA (či DA), které budou odpovídat gradientům 3, 4, nebo maximálně 5 %. Minima pro hodnotu gradientu 2,5% ale musí být publikována vždy.^[12] Takový příklad je možné vidět na obrázku číslo 44.

Standard STRAIGHT-IN LANDING RWY 26						
Missed apch climb gradient until 3200' mim						
5.0%		4.0%		2.5%		
MDA(H)	C DFA	MDA(H)	C DFA	MDA(H)	C DFA	
2250'	(356')	2450'	(556')	2750'	(856')	I
	ALS out		ALS out		ALS out	
A		RVR	RVR 1500m		RVR 1500m	
B	RVR 1200m	RVR 1500m	RVR 1500m		RVR 1500m	
C		RVR 1600m	RVR 2100m	RVR 2500m	RVR 3600m	RVR 4000m
D	NOT APPLICABLE					

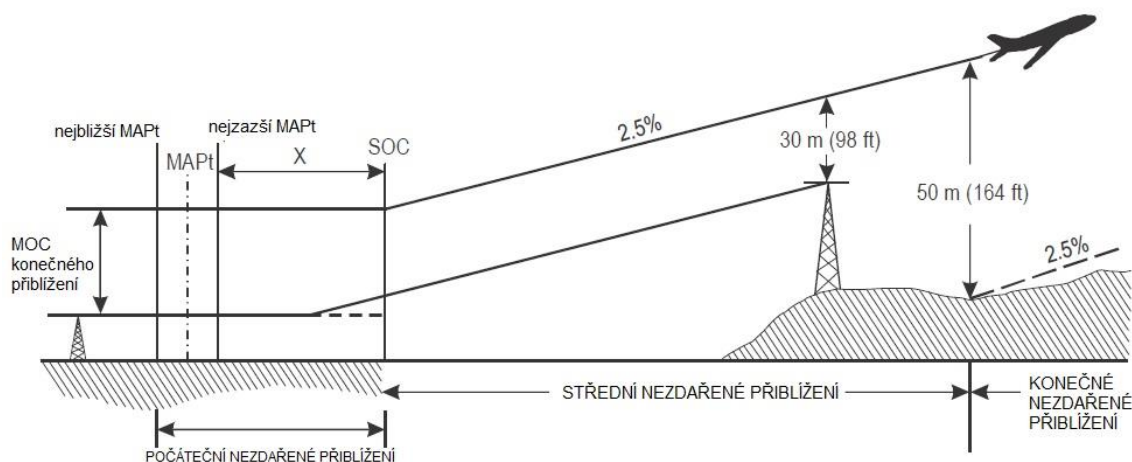
Obrázek 44 Ukázka výšek MDA pro různé gradienty nezdařeného přiblížení. Gradient 2,5% musí být vždy publikován.

4.4.6.3.3 Konečné nezdařené přiblížení

Konečné nezdařené přiblížení začíná v okamžiku, kdy může být udržena výška nad překážkami alespoň 50 m (164 ft) a končí v bodě, ze kterého může být zahájeno nové přiblížení, vyčkávání, či traťový let na záložní letiště.^[9] V průběhu této fáze mohou být publikovány zatáčky.

Konečné nezdařené přiblížení zachovává gradient středního nezdařeného přiblížení (standardně tedy 2,5%). MOC se zvýší na 50 m (164 ft).

Pokud se jedná o nezdařené přiblížení se zatáčkou, budou v této fázi stanoveny jiné hodnoty MOC a celá věc je poměrně komplikovanější. Vzhledem k zaměření této práce specificky na postupy PBN považují jeho rozbor za nadbytečný.



Obrázek 45 Minimální výšky nad překážkami při nezdařeném přiblížení. [8],[9]

4.4.6.3.4 Odlišnosti při využití postupů SBAS

Odlišnosti v horizontální rovině již byly rozebrány. Co se týče minimální výšky nad překážkami, aplikují se výše uvedené postupy s tím rozdílem, že bod SOC je dán v místě, kde rovnoběžka k rovině GP vedená u bodu počátku roviny Z protne výšku OCA – HL. Výška překážek potom musí být nižší, než výška daná vztahem

$$H = H_{SOC} + d_0 \times \tan Z,$$

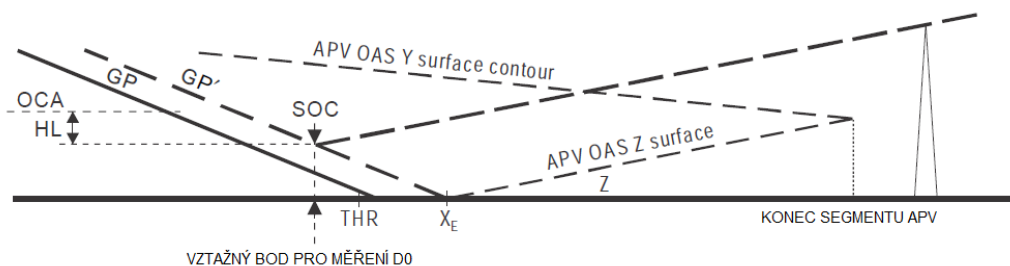
kde H je maximální výška překážky,

H_{SOC} je výška bodu SOC – tedy OCA-HL (OCA i HL musí být pro totožnou kategorii),

d_0 vzdálenost překážky od bodu SOC,

a $\tan Z$ je tangens úhlu roviny Z.

Pokud není tento požadavek splněn, musí být v postupu nezdařeného přiblížení navržena zatáčka pro vyhnutí takové překážce, případně zvýšena OCA (DA). Vše je znázorněno na obrázku číslo 46.



Obrázek 46 Maximální výška překážky v úseku nezdařeného přiblížení pro postupy APV I / CAT I [9]

Pokud je při využití postupů SBAS navrženo nezdařené přiblížení se zatáčkou, musí být zatáčka definována bodem. Zatáčky v určité výšce se nesmí používat z důvodu možností současných SBAS přijímačů^[9]. Konstrukce ochranného prostoru se liší podle místa, ve kterém je zatáčka definována. Mohou nastat 3 případy.

a) zatáčka je definována po ukončení segmentu APV I/CAT I

Segment APV I / CAT I končí v místě, kde rozšiřující se rovina Z dosáhne šířky 0,95 NM. V tomto případě se použije běžná metodika popsaná výše. Protože bod SOC je vztažen k hodnotě OCA, není možné zajistit ochranu letadla od překážek posunutím bodu MAPt.

b) zatáčka je definována za prahem dráhy, ale před ukončení segmentu APV I/CAT I

V tomto případě je segment APV I /CAT I zkrácen a končí v místě bodu zatáčky.

c) zatáčka je definována před prahem dráhy

Takový postup se využije, pokud se překážky nacházejí velmi blízko v úseku nezdařeného přiblížení. Nejprve je určen nejzazší bod, ve kterém je nutné zahájit zatáčku, aby se letadlo vyhnulo překážkám ve směru nezdařeného přiblížení. Publikovaný bod zahájení zatáčky je potom umístěn ve vzdálenosti 0,3 NM + vzdálenosti odpovídající 6 vteřinám letu při maximální rychlosti pro nejvyšší kategorii při zadním větru 30 kts. Tato vzdálenost je přidána pro reakci pilota a uvedení letounu do zatáčky. V tomto bodu je zároveň umístěn bod SOC a segment APV I / CAT I zde končí.

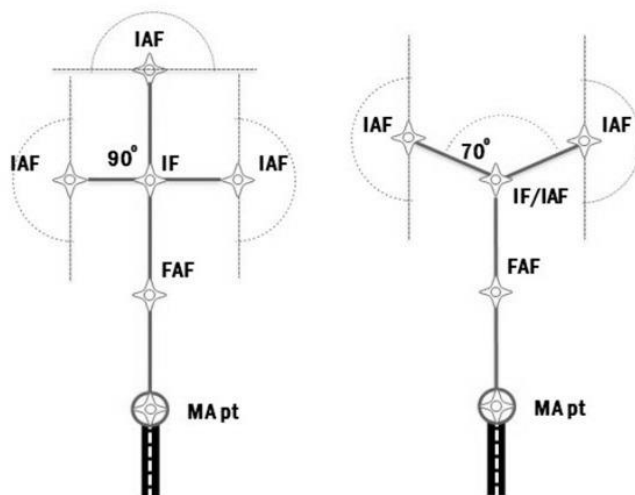
4.4.7 Koncept příčky Y a T

Koncepce Y/T příčky se používá u přístrojových přiblížení založených na prostorové navigaci. Skládá se ze segmentu konečného přiblížení v ose dráhy, kterému (samozřejmě kromě segmentu středního přiblížení) předchází až 3 segmenty počátečního přiblížení z různých stran od prodloužené osy dráhy. Vzniknou tak tedy obvykle 3 sektory, ze kterých je možné vstoupit do postupu přístrojového přiblížení – přímý, levý a pravý. Výhodou takového uspořádání je, že vstup do postupu je možný ze všech směrů, aniž by bylo potřebný postup reversal nebo racetrack, přes příslušný bod počátečního přiblížení (což ovšem nevylučuje jeho využití).

4.4.7.1 Popis konstrukce příček Y/T

Postup může být konstruován jako příčka Y, nebo příčka T. Základní principy zůstávají stejné, rozdíl je pouze v jejich uspořádání. Zatímco příčka T obsahuje až 3 na sebe kolmé úseky počátečního přiblížení, příčka Y obsahuje až 3 úseky počátečního přiblížení, které na sebe ovšem nejsou kolmé, ale s úsekem středního přiblížení svírají úhel mezi 90° a 70°.

Takové uspořádání zajistí, že změna kurzu v bodě IAF nebude větší, než 110° .^[9] Body IAF, IF a FAF jsou definovány jako body fly-by, zatímco bod MAPt bude vždy bod fly-over. Ochrana letadla od překážek, tedy šířky ochranných prostorů a minimální výšky nad překážkami, odpovídají jednotlivým fázím přiblížení tak, jak byly popsány v textu výše.



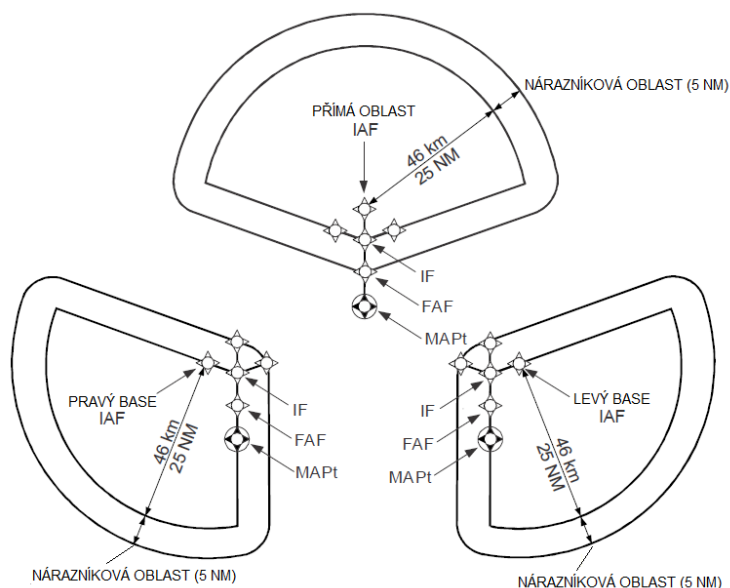
Obrázek 47 Schématické znázornění konstrukce přičky Y a T. [13]

4.4.7.2 Terminal Arrival Altitude (TAA)

Spolu s koncepcí přičky Y/T byla zavedena i koncepce Koncové přiletové výšky TAA. Pokud totiž letadlo provádějící přilet dle postupů PBN pokračuje přímo na bod počátečního přiblížení, na rozdíl od přiletové trati, kde jsou publikovány minimální výšky, nemá žádnou referenci vzhledem k ochraně od překážek. Výška TAA tedy slouží k přechodu letadla z traťového letu na přiblížení podle přístrojů. Tato výška ovšem (tam, kde je to vhodné), může být nahrazena výškou MSA (Minimum Sector Altitude), jak ji známe z konstrukce konvenčních postupů.

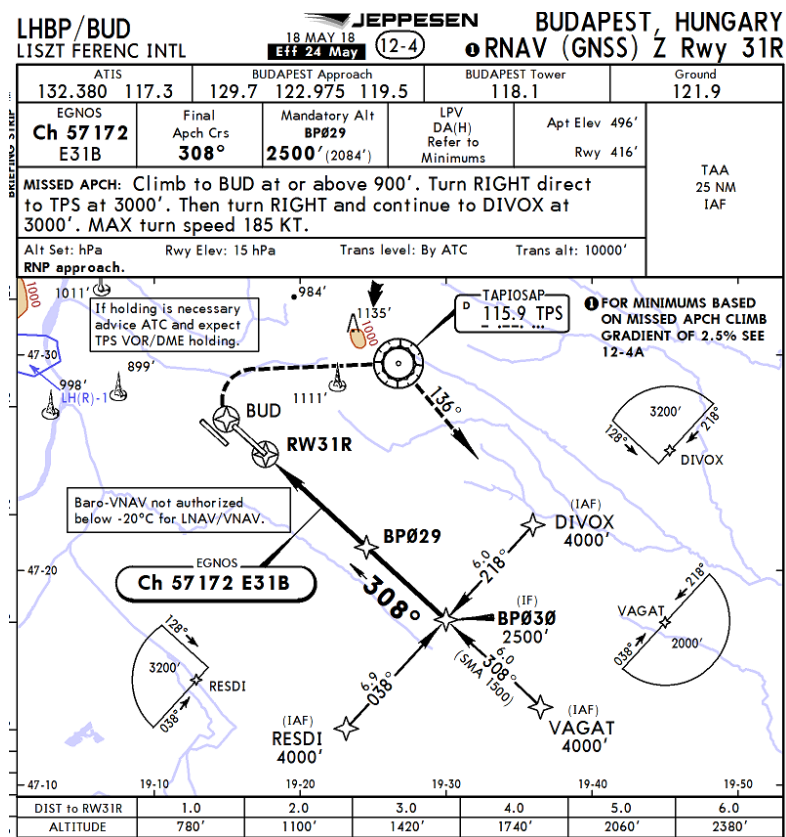
Výška TAA je konstruována pomocí oblouků se středem v bodě IAF o poloměru 25 NM. Vnitřní hranice těchto oblouků tvoří prodloužené osy úseků počátečního přiblížení – vzniknou tedy až 3 oblasti pro přilet ke každému bodu IAF – přímá, levá a pravá. V každé z těchto oblastí je určena nejvyšší překážka, ke které je připočtena hodnota $MOC = 1000 \text{ ft}$ a výsledek zaokrouhlen nahoru na nejbližší stovky stop. Pro postupy v horských oblastech se aplikuje zvýšení hodnoty MOC dle tabulky číslo 8.^[9] Na oblast TAA navazuje ještě nárazníková oblast o šířce 5 NM. Pokud se v této oblasti nacházejí překážky vyšší, než přímo v oblasti TAA (tedy do 25 námořních mil od příslušného bodu), musí být TAA vypočtena na základě výšky překážky v nárazníkové oblasti. Tato oblast ovšem není publikována a používá se pouze pro výpočet výšky TAA. Pokud to členitost terénu vyžaduje, může být oblast TAA dále rozdělena na další, dané vzdáleností od bodu IAF a v přímém

sektoru případně i „radiálem“. Mezi podoblastmi se také aplikuje nárazníková oblast o šířce 5 NM.



Obrázek 48 Znárodnění sektorů TAA a nárazníkové oblasti. [9]

Jako praktický příklad konstrukce přičky T lze uvést RNP přiblížení na dráhu 31R na letišti Budapešť. TAA je pro každý IAF na mapě označena zvlášť. Přiblížení je znázorněno na obrázku číslo 49.



Obrázek 49 RNP přiblížení RWY 31R na letišti Budapešť.

5. Současné možnosti využití PBN ve všeobecném letectví

Vlivem rozvoje dostupnosti systémů satelitní navigace došlo v posledních letech ke značnému rozvoji prostorové navigace i v letounech všeobecného letectví. Obvykle jsou tyto systémy postaveny pouze na příjmu signálu GNSS, případně augmentačních služeb. Všechny tyto systémy fungují na podobném principu a jsou schopny poskytnout podobné navigační služby – od vedení letounu po trati až po přiblížení LPV. Rozbor konkrétních používaných avionických systémů považuji za nadbytečný.

Většina evropských států již přestává postupy konvenční navigace publikovat, vybavení takovým systémem se tak stává téměř nutností. Jak již ale bylo rozebráno v části předpisových požadavků, aby mohl pilot provést let v souladu s postupy PBN, musí být, kromě kvalifikace pro lety podle přístrojů, držitelem doložky PBN. Protože se ale jedná o poměrně nové téma, na rozdíl od samotného létání pro lety podle přístrojů není k tomuto tématu k dispozici dostatečné množství kvalitních výukových materiálů. Na úrovni provozovatele jsou obvykle zpracovány pouze standartní provozní postupy, případně příručky pro výcvik, nikoli však metodika létání dle PBN. Cílem této práce je, mimo jiné, vytvořit metodiku pro létání navigace založené na výkonnosti. Není cílem této práce popisovat obecně metodiku létání podle přístrojů. Z tohoto důvodu je patrné, že taková metodika bude úzce spjata s konkrétním typem navigačního zařízení, který je v letounu instalován. Aby potom byla tato metodika užitečná pro co možná nejvíce pilotů, je třeba určit nejpoužívanější zařízení v České Republice. Abych zároveň vycházel z faktických informací a nikoli jen z předpokladů, rozhodl jsem se provést výzkum pomocí dotazníků, které jsem distribuoval mezi provozovatele v České Republice, ale i v evropských zemích.

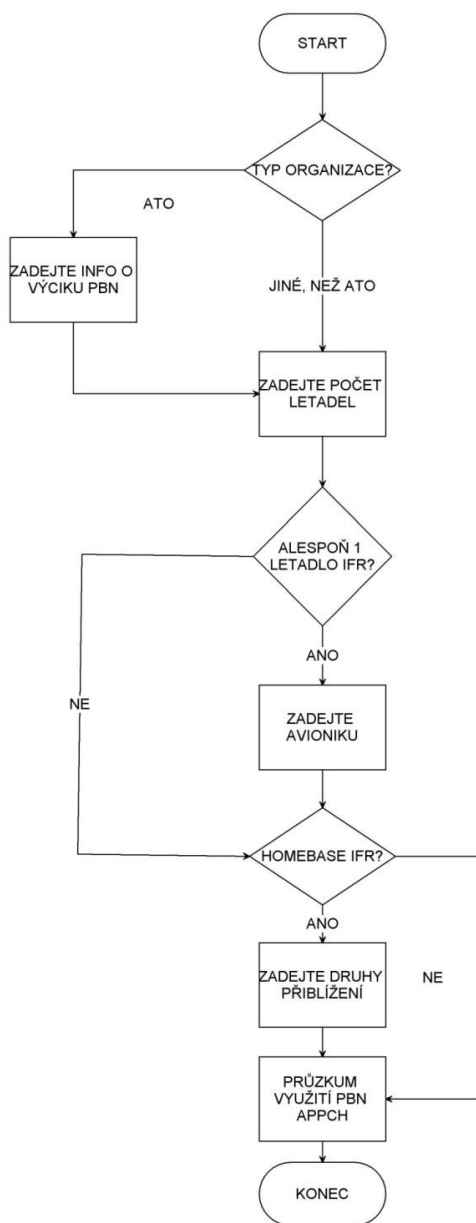
5.1 Určení nejpoužívanější avioniky

Aby bylo možné určit nejpoužívanější avionický systém ve všeobecném letectví v ČR, byl vytvořen dotazník, který byl následně rozeslán provozovatelům letadel. Toto bylo primárním cílem, nicméně protože poslední část této práce má mezinárodní rozměr, byl tento dotazník doplněn o další otázky a zároveň přeložen do německého a anglického jazyka a mimo České Republiky byl dále rozeslán provozovatelům v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Francii, Španělsku a Velké Británii. Seznam oslovených provozovatelů je uveden v Příloze 1 k této práci.

Cílem tohoto dotazníku bylo zjistit, jaký avionický systém je v letounu instalován a dále o jaký typ organizace se jedná a pokud jde o organizaci ATO, zda-li a jakým způsobem poskytuje výcvik k získání kvalifikace PBN, jaký počet letadel provozuje, jsou-li letouny schopny

provádět lety IFR a pokud ano, jakou avionikou jsou vybaveny, je-li domovské letiště provozovatele přístrojové a pokud ano, jaké druhy přiblížení jsou na něm publikovány. Posledním bodem dotazníku byla rozvaha nad případnou užitečností publikace postupů PBN na neřízených letištích z pohledu provozovatele. Znění konkrétních otázek a možných odpovědí je uvedeno v Příloze 2 k této práci. Některé body jsou určeny pro využití v poslední části této práce.

Z výše uvedeného je patrné, že aby měl dotazník logickou strukturu, některé otázky bylo nutné zobrazit pouze na základě předchozích odpovědí a naopak. Struktura dotazníku je, spolu se zkráceným zněním otázek, zobrazena na obrázku číslo 50.

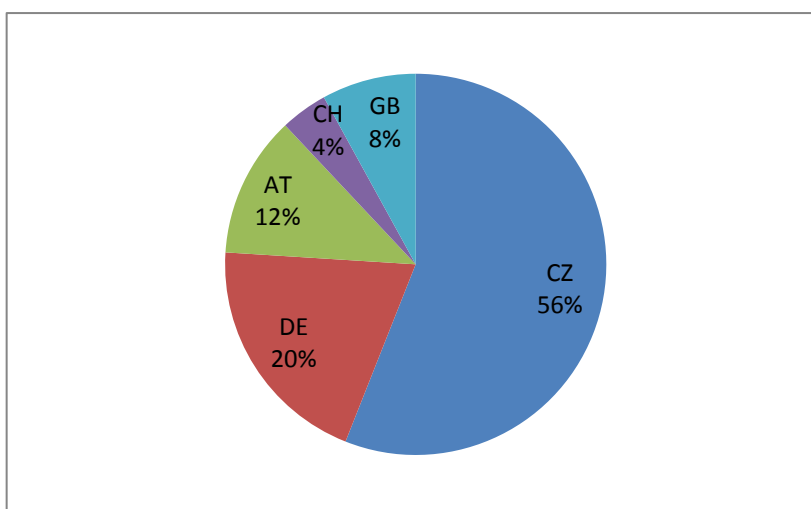


Obrázek 50 Struktura vytvořeného dotazníku

5.1.1 Vyhodnocení dotazníku

Dotazník byl vytvořen na platformě google forms, a následně byl rozšířen elektronickou poštou mezi provozovatele letadel. Seznam oslovených provozovatelů je uveden v Příloze 1 k této práci. Sběr dat probíhal od 5. 1. 2019 do 4. 4. 2019.

Dotazník celkem vyplnilo 14 respondentů z České Republiky, 5 ze Spolkové republiky Německo, 3 respondenti z Rakouska, 1 ze Švýcarska a 2 z Velké Británie. Provozovatelé osloveni v ostatních zemích se průzkumu nezúčastnili. Dohromady se tedy zúčastnilo 25 respondentů. Procentuální rozdělení respondentů je znázorněno na obrázku číslo 51.



Obrázek 51 Procentuální znázornění zemí respondentů.

Protože se v této části (i vzhledem ke zvolenému jazyku práce) zaměřuji na podmínky v České Republice, a mezinárodní přesah práce, pro který budou využiti zahraniční respondenti, se nachází až v poslední kapitole, jako relevantní údaj pro určení nejpoužívanější avioniky jsem vybral pouze respondenty z České Republiky.

V České Republice působilo kde dni 31.3.2019 29 ATO - schválených organizací pro výcvik, které byly oprávněny poskytovat výcvik IR(A), EIR(A) či IRI(A).^[14] Při počtu 14 respondentů z 29 organizací se jedná o 48 % zúčastněných. Nutno podotknout, že ačkoli některé organizace mají oprávnění takový výcvik poskytovat, z technických nebo organizačních důvodů jej fyzicky neposkytují. Získaná data tak považuji za relevantní.

5.1.1.1 Vyhodnocení odpovědí

V této části budou vyhodnoceny odpovědi na jednotlivé otázky v závislosti na státu respondenta. Surová data tak, jak byla získána z dotazníku, tvoří Přílohu 3 této práce. Struktura dotazníku je znázorněna na obrázku číslo 50, jednotlivé otázky i s možnými

odpověďmi jsou potom uvedeny v Příloze 2 k této práci. Odpovědi z Rakouska a Švýcarska jsou pro názornost zobrazeny vždy v jednom grafu.

Pod jakým oprávněním provozujete (provozuje Vaše organizace)?

Respondenti z České Republiky odpověděli, že 11 provozuje pod oprávněním ATO, 1 organizace pod oprávněním pro obchodní leteckou dopravu AOC, 1 organizace jako ATO, AOC i v soukromém provozu a 1 organizace uvedla jako své oprávnění ATO + SPO.

Respondenti z Rakouska, Německa i Švýcarska shodně uvedli, že provozují pod oprávněním ATO.

Respondenti z Velké Británie uvedli, že jsou soukromými provozovateli.

Jaký počet letadel provozujete?

Provozovatelé, kteří se zúčastnili v České Republice, dohromady provozují 153 letounů, z Německa 57 letounů, z Rakouska 21, ze Švýcarska 10 a z Velké Británie 11 letounů.

Je alespoň jedno letadlo schopno letů IFR?

Jak bylo uvedeno v popisu výše, pro získání relevantních odpovědí byly osloveni pouze provozovatelé poskytující nějakou formu výcviku pro lety podle přístrojů. Přesto dva provozovatelé odpověděli, že nedisponují žádným letounem schopným provádět lety dle IFR. Toto potvrzuje tvrzení uvedené výše, že ne všichni provozovatelé oprávnění poskytovat výcvik k získání IR(A), či EIR(A), jej fyzicky poskytují.

Jakou avionikou je letadlo vybaveno?

Na tuto otázku byli respondenti odkázáni pouze, pokud bylo alespoň 1 letadlo schopno letů IFR.

V České Republice 7 provozovatelů uvedlo, že používá pouze systém GNS430/530, 3 provozovatelé pouze systém G1000, 2 provozovatelé že používají GNS430/530 a G1000 a 1 provozovatel uvedl jako používané systémy G1000, GTN650 a GTN750.

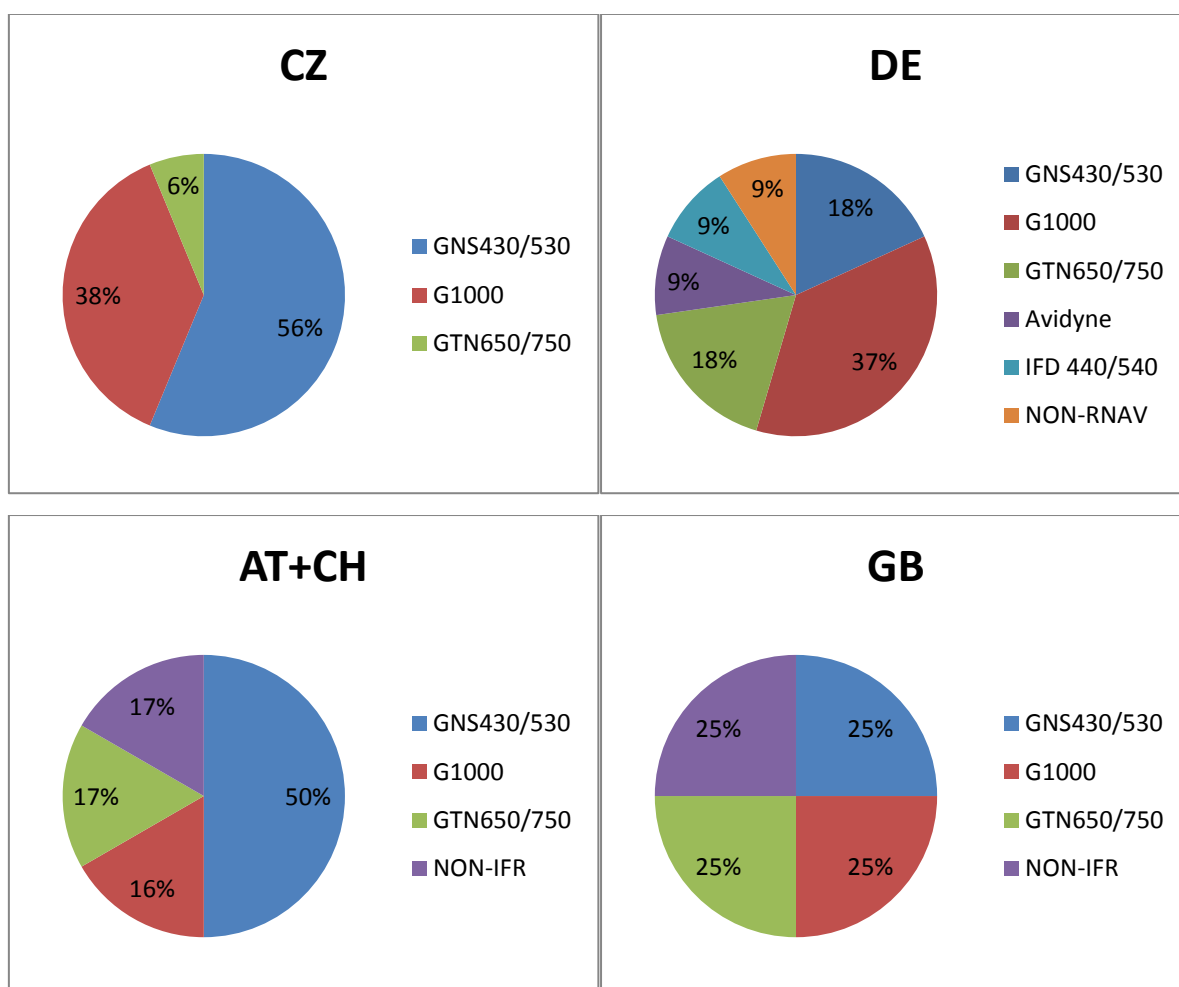
V Německu 2 provozovatelé uvedli, že používají pouze systém G1000, 1 provozovatel systémy G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530, Avidyne, 1 provozovatel systém G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530, IFD 540/440 a 1 provozovatel uvedl, že letoun není schopen prostorové navigace.

V Rakousku 1 provozovatel uvedl, že využívá pouze avioniku GNS430/530, 1 uvedl jako používané systémy G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530, a 1 uvedl, že žádný z jeho letounů není certifikován pro IFR.

Respondent ze Švýcarska uvedl jako používaný systém GNS430/530.

Ve Velké Británii 1 respondent uvedl, že jeho letouny jsou vybaveny avionikou G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530 a 1 uvedl, že žádný z jeho letounů není vybaven pro lety IFR.

Aby byla zachována jednoduchost dotazníku a tím zajištěno získání relevantních dat od respondentů, nebylo požadováno uvedení počtu zastavěných kusů konkrétní avioniky, ale pouze informace, kterou avioniku daný provozovatel využívá. Tím jsem tedy nezískal informaci o absolutním počtu zastavěných kusů konkrétní avioniky, ale pouze informaci, který systém je daným provozovatelem využíván. Následující grafy tedy nezobrazují procentuální zastoupení konkrétního počtu dané avioniky, ale jejich procentuální využívání napříč provozovateli v různých zemích.



Obrázek 52 Zastoupení jednotlivé avioniky v různých zemích.

Poskytujete výcvik k získání kvalifikace PBN?

Na tuto otázku byli respondenti odkázáni pouze, pokud uvedli jako druh provozního oprávnění ATO/DTO.

V ČR 6 provozovatelů uvedlo, že poskytuje výcvik PBN při výcviku k získání kvalifikace IR i samostatně, 3 provozovatelé uvedli, že jej poskytují pouze jako součást výcviku k získání kvalifikace IR a 2 provozovatelé uvedli, že jej neposkytují vůbec. U 3 zbývajících nebylo uvedeno.

V Německu všichni provozovatelé uvedli, že poskytují výcvik PBN při výcviku k získání kvalifikace IR i samostatně.

V Rakousku 2 provozovatelé uvedli, že poskytují výcvik PBN při výcviku k získání kvalifikace IR i samostatně a 1 provozovatel, že takový výcvik neposkytuje.

Ve Švýcarsku respondent uvedl, že poskytuje výcvik PBN při výcviku k získání kvalifikace IR i samostatně.

Je na Vašem domovském letišti publikován alespoň 1 postup přiblížení podle přístrojů?

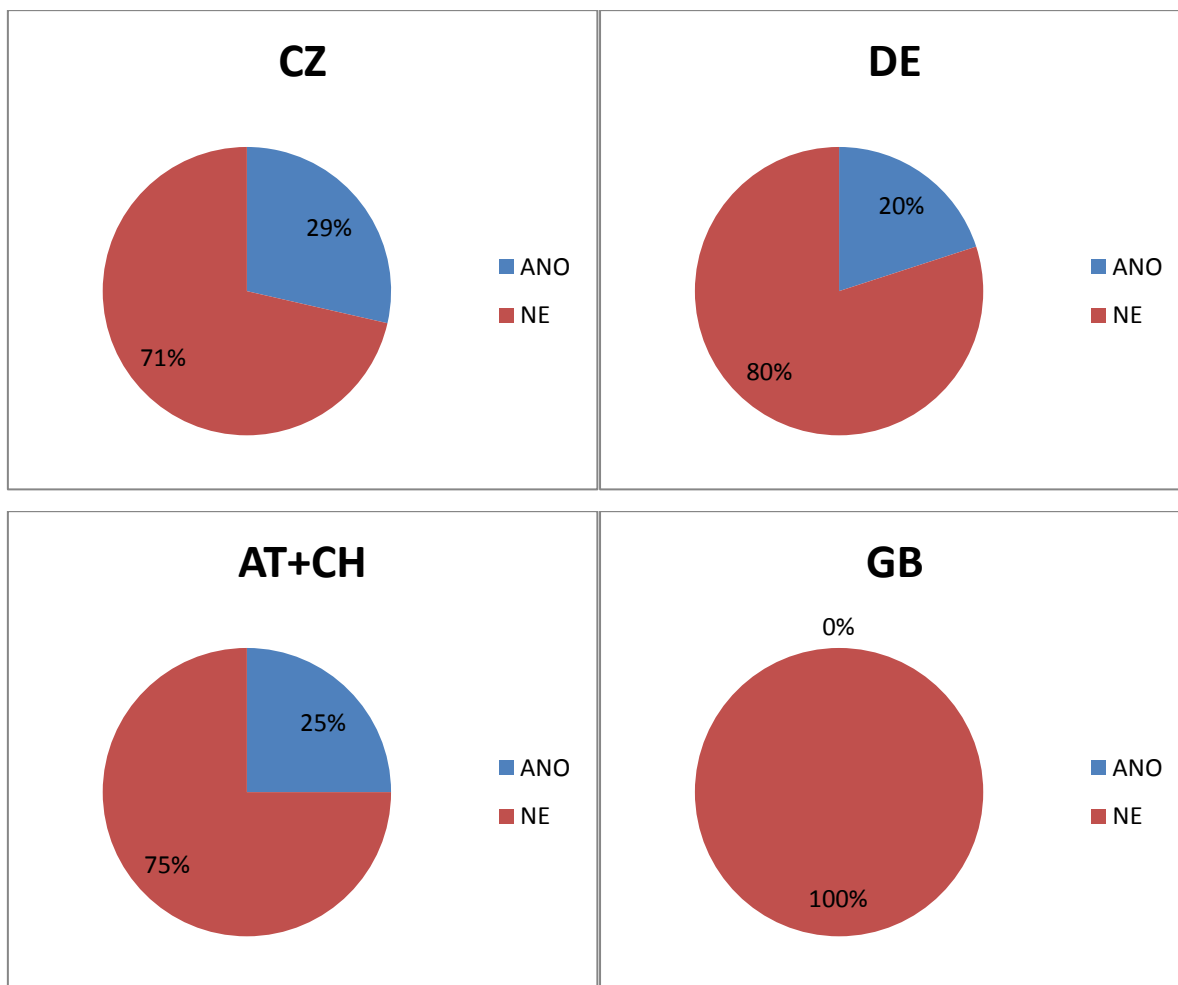
V České Republice 10 respondentů uvedlo, že na jejich letišti není publikován žádný postup přístrojového přiblížení a pouze 4 uvedli, že publikován je. Toto ovšem koreluje k poměru přístrojových a nepřístrojových letišť v ČR.

V Německu 1 respondent uvedl, že na jeho letišti je publikován postup přístrojového přiblížení a 4 uvedli, že publikován není.

V Rakousku 1 respondent uvedl, že na jeho letišti je publikován postup přístrojového přiblížení a 2 uvedli, že publikován není.

Švýcarský provozovatel uvedl, že na jeho letišti postup přístrojového přiblížení publikován není.

Oba respondenti z Velké Británie uvedli, že na jejich letišti postup přístrojového přiblížení publikován není.



Obrázek 53 Publikování postupů pro přístrojové přiblížení na domovských letištích v různých zemích.

Jaké postupy jsou publikovány? Zaškrtněte, prosím, všechny odpovídající.

Na tuto otázku byli respondenti odkázáni pouze, pokud uvedli, že je na jejich domovském letišti publikován alespoň 1 postup pro přístrojové přiblížení.

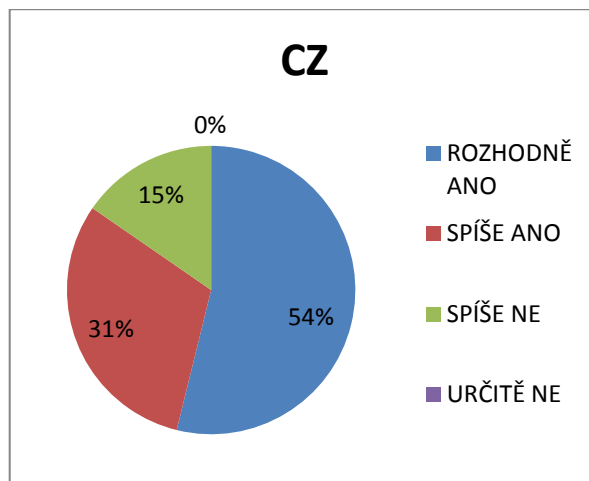
Všichni 4 respondenti z ČR uvedli, že na jejich letišti jsou publikovány postupy pro přesné přístrojové přiblížení, nepřesné přístrojové přiblížení založené na prostředcích konvenční navigace a nějaká forma přiblížení dle postupů PBN (RNP).

Respondent z Rakouska uvedl, že na „jeho“ letišti je publikován pouze postup RNP APCH.

Provozovatel z Německa uvedl, že na jeho domovském letišti je publikován postup pro přesné přiblížení a postup RNP APCH.

Z pohledu provozovatele letadla - uvítali byste zavedení postupů přiblížení podle přístrojů na neřízených letištích v ČR?

Tato otázka byla do dotazníku zařazena pro průzkum poptávky mezi provozovateli po tomto typu přiblížení v České Republice. 7 respondentů uvedlo, že rozhodně ano, 4 respondenti spíše ano, 2 respondenti spíše ne a žádný respondent určitě ne.



Obrázek 54 Průzkum poptávky po přiblížení založeného na PBN na neřízených letištích v ČR.

6. Metodika provedení letu dle postupů PBN

Jak vyplývá z celého předchozího textu, způsob letecké navigace se za posledních několik let ve všeobecném letectví výrazně proměnil. Velmi obtížně by se v našich podmínkách hledalo letadlo certifikované pro lety IFR, které by nebylo vybavené systémem prostorové navigace – to ostatně i potvrzují výsledky dotazníku uvedeného výše (výjimkou může být Velká Británie, která nové postupy zavádí velmi konzervativně). Implementací nařízení EK č. 2016/539, starého pouhé 3 roky, byla zavedena zcela nová kvalifikace PBN pro letové posádky. Metodika samotného přístrojového létání byla popsána v mnoha kvalitních publikacích. Metodika přístrojového létání založeného na PBN ovšem zatím byla vytvořena maximálně formou standartních provozních postupů konkrétního provozovatele. Dosud ale zatím nebyla popsána pro piloty všeobecného letectví, tedy často zájemce o první získání takové kvalifikace, obecnou formou „good practices“, bez závislosti na konkrétním typu letadla a s tím souvisejících postupech. Cílem této práce je vytvořit komplexní materiál pro implementaci PBN z pohledu letové posádky. Z toho důvodu bude taková metodika klíčovou částí této práce.

Tato metodika již předpokládá znalost provádění letů podle přístrojů a bude se zabývat pouze specificky létáním postupů PBN. Stejně tak předpokládá znalost principů systémů GNSS a augmentačních služeb, zejména SBAS. Zatímco bude nezávislá na typu letadla, je zřejmé, že kromě obecně platných zásad, bude závislá na použitém navigačním zařízení.

Jako nejpoužívanější avionický systém byl na základě dotazníku výše určen systém GARMIN GNS430/530.

Pro získání vhodných obrazových materiálů pro doplnění této metodiky byly pořízeny fotografie přímo z provozu daného systému v různých fázích letu.

6.1 Popis systému Garmin GNS430/530

Avionický systém Garmin GNS430, či jeho „bratříček“ GNS530 jsou navigační systémy vyvinuté společností Garmin. Systém je založen na příjmu signálu GNSS a variantu označené „W“ (například GNS430W) dále příjmu signálu SBAS. Systém dále sdružuje komunikační radiostanici a přijímač VOR/ILS. Přijímač GNSS je 12 kanálový, schopen v jeden okamžik přijímat až 12 satelitů. Zařízení je certifikováno pro použití v traťové, koncové fázi i pro přístrojové přiblížení.^[15]

Rozdíl mezi jednotkou GNS430 a GNS530 potom spočívá zejména v rozdílných rozměrech. GNS530 nabízí oproti GNS430 větší display, který umožňuje zobrazit větší množství informací a některé drobné funkcionality navíc. Funkce a ovládání obou systémů je ale prakticky totožné a zaměnitelné.



Obrázek 55 Systém GNS530 (vlevo) a GNS430 (vpravo).

Výnos ze zařízení je dále přenášen na analogový navigační přístroj HSI, případně CDI, dle konkrétní konfigurace. Přepnutí výnosu z GNS, respektive přijímače NAV, se provádí tlačítkem CDI na GNS.

6.2 Základní ovládání a funkce GNS430/530

Tato metodika již předpokládá znalost základního ovládání systému. V případě nejasností jsou pokyny pro jeho ovládání uvedeny v manuálu dostupnému k zařízení, který by měl tvořit přílohu letové příručky. Pro úplnost však stručně uvedu základní funkce systému, na které se bude metodika dále odkazovat.

Zařízení GNS430/530 v sobě kombinuje navigační zařízení GNSS, rádio COM a navigační radiostanici pro příjem VOR/ILS. Na trhu se vyskytují různé obměny – například GNS400, která je pouze navigačním zařízením bez radiostanic. S těmi se ale setkáme zřídka a jejich ovládání je až na absenci zmíněných funkcí totožné.

Zařízení se ovládá tlačítky a 2 většími otočnými přepínači složenými z vnitřního a vnějšího ovladače. Levá část zařízení slouží k ovládání radiostanic – ladění frekvencí, volbě hlasitosti, přepínání mezi aktivní a záložní frekvencí. Pravá část zařízení slouží k ovládání navigačního systému. Vnitřním tlačítkem volíme mezi jednotlivými módy a vnějším přepínáme mezi jednotlivými stranami, které reprezentují obdélníčky v pravém dolním rohu – bílé podbarvený obdélníček znázorňuje aktuální stranu.^[16] Základní rozdělení ovladačů je znázorněno na obrázku číslo 56.



Obrázek 56 Rozdělení ovladačů GNS430. 1 - indikace módu a strany, 2 - ovládání NAV 3 - ovládání radiostanic (včetně VOR/ILS).

Zařízení má 4 základní módy.

6.2.1 Mód NAV

Tento mód slouží k poskytování informací souvisejících s vedením letadla po trati. Obsahuje 6 stran, přičemž nejpoužívanější je strana 1 – tzv. „default NAV page“ (obrázek č. 57) a strana 2, která poskytuje mapové zobrazení a je vyobrazena na obrázku č. 56.



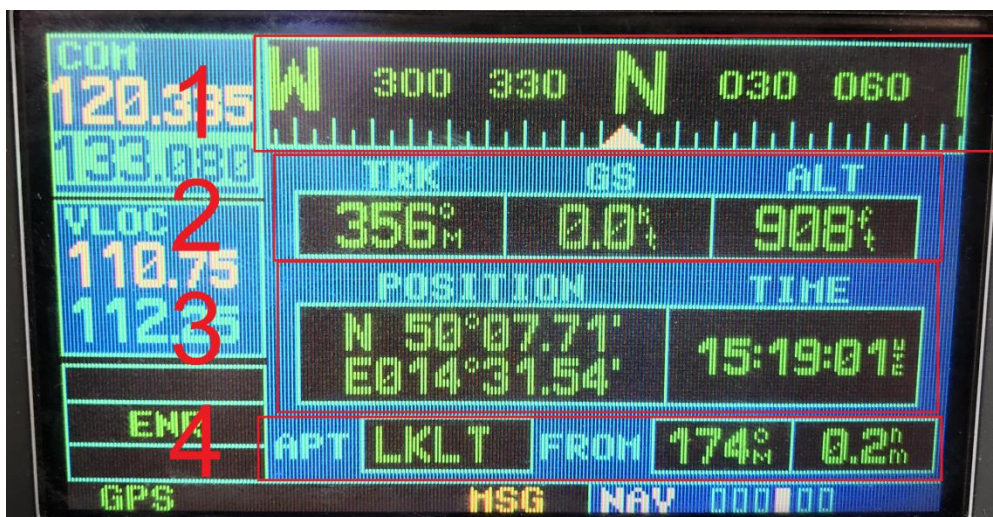
Obrázek 57 První strana módu NAV - "default NAV" . 1 - zobrazení CDI. Stejný výnos je přenášen na mechanický přístroj - číselná hodnota odpovídá maximální výchylce a zelený obdélník aktuální odchylce
2 - aktivní segment trati 3 - navigační datová pole.

Strana default nav je vždy dostupná při dlouhém podržení tlačítka CLR.

Třetí stranou módu NAV je strana NAV/COM, případně TERR, je-li instalována. Na straně TERR je zobrazen okolní terén, který je uložen v databázi. Terén je podbarven žlutou nebo červenou barvou, v závislosti na relativní výšce k letadlu – hodnoty je možné nastavit uživatelem. To slouží ke zvýšení povědomí posádky o terénu v okolí letadla, vzhledem k možným nepřesnostem v uložené databázi ale tento mód v žádném případě nesmí sloužit k vyhýbání terénu v podmínkách IMC.

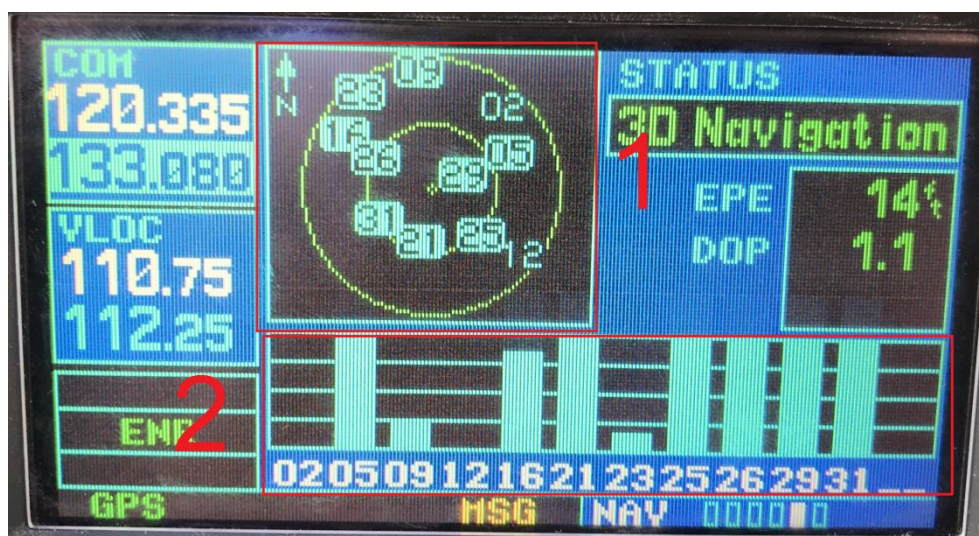
Strana NAV/COM poskytuje přehled komunikačních a navigačních frekvencí na letištích dle aktivního letového plánu, případně nejbližšího letiště, není-li aktivní žádný letový plán. Letiště je také možné zvolit ručně.

Čtvrtou stranou je strana Position. Tato strana zobrazuje aktuální polohu vypočtenou zařízením, trať, GS a výšku GPS. Zároveň zobrazuje vzdálenost a směr od referenčního bodu – na obrázku č. 58 k letišti LKLT. Tuto funkci je možné použít pro ruční kontrolu vypočtené polohy.



Obrázek 58 Zobrazení strany position. 1 - graficky znázorněná trať (track) 2 - navigační informace, nastavitelná 3 - vypočítaná poloha a GPS čas 4 - směrnik a vzdálenost od referenčního bodu (zde LKLT).

Pátou stranou je strana satellite status. Tato strana zobrazuje informace o přijímači GNSS, včetně grafického znázornění aktuálního satelitního pokrytí a hodnot EPE – Estimated Position Error – a DOP. Použitelná je zejména v případě problémů s příjmem signálu GNSS. Zobrazena je na obrázku číslo 59.



Obrázek 59 Strana satellite status. 1 - grafické znázornění satelitního pokrytí 2 - síla signálu přijímaných satelitů (označeny číselně 01-32)

Vnější kružnice na obrázku znázornění satelitního pokrytí znázorňuje horizont, vnitřní kružnice 45° nad horizontem a prostřední tečka polohu přímo nad přijímačem.

Poslední stranou je základní vertikální navigace – VNAV. Tato strana umožňuje po zadání cílové výšky a bodu dosažení vytvoření 3D profilu pro vedení letadla. Zařízení zobrazí hodnotu požadované vertikální rychlosti, aby byla výška v daném místě dosažena.

6.2.1.1 Funkce DIRECT

Tato funkce umožňuje rychlou aktivaci ortodromální navigace na zvolený bod. Zároveň je možné ji použít pro navigaci přímo na vybraný bod letového plánu, či některý z nejbližších bodů/zařízení. Pokud nevyžadujeme přímou navigaci, ale určitou trať pro přelet ke zvolenému



bodu, je možné zvolit směrnik v poli „CRS“ a vedení bude vypočteno po zvolené trati.

Obrázek 60 Tlačítko pro aktivaci direct-nav.

6.2.1.2 Funkce OBS

Pokud je aktivována funkce OBS, bude navigační vedení k aktivnímu bodu probíhat směrnikem zvoleným na HSI. Tuto funkci si lze představit, jako by byl z jakéhokoliv bodu zvoleného v GNS vytvořen virtuální VOR a na HSI zvolen libovolný radiál. Pokud není

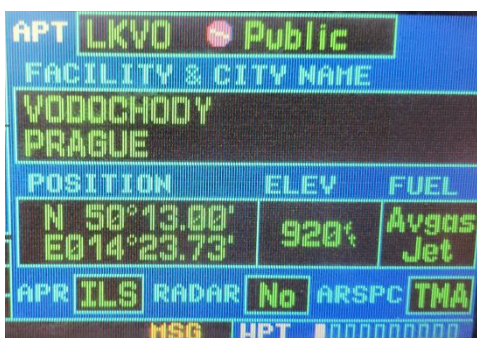


aktivován výnos na HSI, tento „radiál“ je zvolen manuálně na GNS. Tento mód má i další funkce, které budou vysvětleny dále.

Obrázek 61 Tlačítko pro aktivaci módu OBS.

6.2.2 Mód WPT

Tento mód umožňuje zobrazení informací uložených v databázi. Má 10 stran a nabízí



zobrazení informací o letištích, jejich vzletových a přistávacích drahách, frekvencích, přiletových a odletových postupech publikovaných pro dané letiště, radionavigačních zařízeních apod. Primárně ale musí být pro provedení letu použity informace publikované v AIP. Ukázka první strany tohoto módu je zobrazena na obrázku číslo 62.

Obrázek 62 Ukázka módu WPT.

6.2.3 Mód AUX

Tento mód obsahuje různé pomocné funkce a možnosti nastavení. Například je možné po zadání příslušných parametrů vypočítat pravou vzdušnou rychlost, zobrazit časy východu a západu slunce pro zadanou oblast, ale také například zkontrolovat platnost navigační databáze, vypočítat dostupnost RAIM, či ručně nastavit maximální výchylku HSI a další. Kompletní popis považuji za nadbytečný, nicméně na některé důležité funkce tohoto módu bude odkázáno dále v tomto textu.

6.2.4 Mód NRST



Obrázek 63 Ukázka módu NRST.

Posledním módem GNS430 je mód Nearest. Tento mód má 8 stran a zobrazuje nejbližší letiště, radionavigační zařízení, ale i řízené či omezené prostory a další. Jeho využití při traťovém letu umožňuje zlepšení situačního povědomí. Strana „nearest airport“ může být také užitečná při vzniku nouzové situace – jak již název napovídá, tato strana zobrazuje seznam nejbližších letišť,

vzdálenost, směr, dostupné přiblížení a délku dráhy. Tento mód je znázorněn na obrázku č. 63.

6.2.5 Zpráva – MSG

Pomocí funkce MSG jednotka předává důležité informace, nebo varování. V případě nové zprávy se rozblíká MSG ve spodní části displeje, přímo nad tlačítkem MSG – viz obrázek číslo 64. Po stisknutí tohoto tlačítka se zpráva zobrazí. Většina zpráv je poradních a nevyžaduje žádný zásah posádky – nicméně stejným způsobem jsou předávány i důležitá varování. Ta, která upozorňují na využitelnost navigační informace, budou dále v textu rozebrány.



Obrázek 64 Indikace nové zprávy - pole MSG bliká žlutým podbarvením. Pro zobrazení je nutné stisknout tlačítko MSG.

6.3 Plánování letu s využitím postupů PBN

Plánování letu s využitím postupů dle PBN nebude příliš odlišné od plánování letu IFR, při kterém by byla využita pouze konvenční navigace. Přesto se ale i v této fázi nachází několik odlišností.

6.3.1 Ověření dostupnosti RAIM

Pro zajištění požadavku na integritu musíme ověřit, zda-li během doby, kdy budou využívány postupy PBN v koncovém (terminal) režimu nebo pro přiblížení, bude k dispozici funkce

RAIM – Receiver Autonomous Integrity Monitoring – Automatického monitorování integrity přijímače. Toto je zejména důležité pro fázi přiblížení, zvláště, pokud je RNP přiblížení jedinou možností. V takovém případě ale v soukromém provozu legislativa EASA vyžaduje, aby bylo na záložním letišti k dispozici takové přiblížení, které není závislé na GNSS.^[7] I když je predikována dostupnost RAIM v dané chvíli, může totiž dojít například k selhání palubního vybavení a nemožnosti provést daný postup.

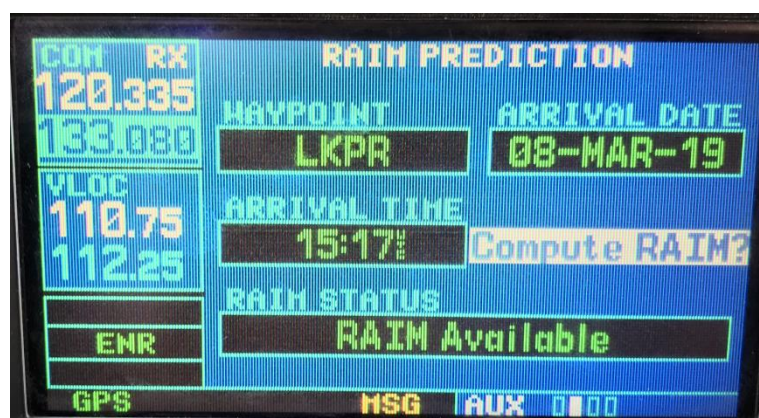
6.3.1.1 Na zemi - aplikace AUGUR

Pro predikci RAIM ve fázi plánování letu je možné využít službu AUGUR. Ta je dostupná jako webová aplikace na adrese <https://augur.eurocontrol.int/>. Po zadání daného místa a požadované služby je ověřena dostupnost RAIM. Tu je možné ověřit v koncové oblasti (terminal), kdy se uvažuje využití specifikace RNAV 1 založené na GNSS, a pro přiblížení podle přístrojů, kde se uvažuje využití RNP APCH. V tomto případě musí být RAIM dostupný v čase 15 minut před a 15 minut po předpokládaném čase příletu. Pokud se v tomto časovém okně zjistí výpadek dostupnosti RAIM delší, než 5 minut, je třeba daný let přeplánovat – zvolit jiný čas odletu (respektive příletu), případně jiný druh přiblížení, je-li k dispozici.^[17]

6.3.1.2 Za letu – funkce zařízení

Predikce RAIM je také dostupná přímo v zařízení na straně AUX – RAIM prediction. Tato predikce je ale méně spolehlivá^[18] a je proto nutné stejně provést pozemní predikci pomocí AUGUR. Pouze v případě, že se změní čas předpokládaného příletu o +/-15 minut, případně provádíme neplánované přiblížení na jiném letišti, použijeme palubní predikci.

U našeho systému je tato predikce dostupná v módu AUX na straně RAIM prediction. Po zvolení místa, data a času zvolíme Compute RAIM. Následně se zobrazí předpokládaná dostupnost. Tato funkce je znázorněna na obrázku číslo 65.



Obrázek 65 Ukázka predikce RAIM vypočtené palubním systémem s pozitivním výsledkem.

6.3.2 Kontrola zpráv NOTAM

V případě, kdy bude predikována nedostupnost signálu GNSS, SBAS či absence RAIM po dobu delší, než 15 minut, měla by být pro dané letiště vydána zpráva NOTAM. Tyto zprávy budou obvykle ve formátu uvedeném níže a je nutné jim správně porozumět.

První úroveň může být tzv. GNSS NOTAM. Ten bude obvykle uveden zprávou *GPS RAIM IS NOT AVAILABLE*. V takovém případě není možné v době platnosti plánovat využití postupů PBN v koncové oblasti, nebo dokonce pro přiblížení a je třeba použít konvenční prostředky.

Pro letiště, kde jsou publikovány postupy s využitím SBAS, budou v evropském prostředí dále publikovány EGNOS NOTAMy. Ty budou obvykle uváděny ve tvaru například *EGNOS IS NOT AVAILABLE FOR LPV*. V tomto případě nesmí být provedeno přiblížení LPV, ale takový NOTAM nevylučuje provedení přiblížení Baro-VNAV, nebo APV-I, či dokonce nepřesného RNP přiblížení.

To, že se s takovými NOTAMy lze opravdu v praxi setkat, je zřejmé z obrázku číslo 66. Kontrolu NOTAMů a predikce RAIM je tedy dobré nepodceňovat. Stejně tak může být v NOTAMu uvedena nedostupnost konkrétního postupu PBN z různých důvodů.

```
A0002/19 NOTAMN
Q) OLBB/QGAAU/I/NBO/A/000/999/3349N03529E005
A) OLBA
B) 1901021100 C) 1907022359
E) BE AWARE OF POSSIBLE LOSS OF GNSS SIGNAL WITHIN BEIRUT FIR DUE TO
UNFORSEEN REASON.
- CONVENTIOANAL STARS AND APPROACH PROCEDURES ARE RECOMENDED
- RNAV(GNSS) STARS AND APPROACH PROCEDURES STILL POSSIBLE UNDER
PILOTS DISCRETION.
```

Obrázek 66 Příklad GNSS NOTAMu na letišti Beyruth - OLBA.

6.3.3 Uvádění specifikace PBN do letového plánu

Do pole 10 EQUIPMENT/VYBAVENÍ je nutné uvést, že je letoun vybaven systémem GNSS a schválen pro postupy PBN. Vybavení systémem GNSS se značí uvedením písmene G a schválení pro postupy PBN písmenem R. Jakmile uvedeme do pole 10 písmeno R, musíme zároveň uvést navigační specifikaci (specifikace) pro které je letadlo schváleno a jakými senzory je vybaveno. Specifikace PBN se uvádí do pole 18 letového plánu ve formátu PBN/ a označení schopnosti RNAV a/nebo RNP. Vždy se uvádí všechna označení, pro které je letadlo schváleno, až do maxima 8 údajů^[19]. Některé specifikace a jim odpovídající označení do letového plánu je uvedeno v tabulce číslo 11. Veškeré navigační specifikace a jim odpovídající označení je možné nalézt v předpisu L4444, Doplnku 2.

SPECIFIKACE	RNAV 5 (GNSS)	RNAV 1 (GNSS)	RNP APCH	RNP 1 (GNSS)
OZNAČENÍ FPL	B2	D2	S1	O2

Tabulka 12 Označení specifikací PBN v letovém plánu. Zdroj: L4444

Příklad vyplnění letového plánu je znázorněn na obrázku číslo 67.

The image shows a standard ICAO flight plan form (FPL) with the following fields and values:

- 3 MESSAGE TYPE: <= (FPL)
- 7 AIRCRAFT IDENTIFICATION: []
- 8 FLIGHT RULES: []
- TYPE OF FLIGHT: []
- 9 NUMBER: []
- TYPE OF AIRCRAFT: []
- WAKE TURBULENCE CAT.: []
- 10 EQUIPMENT: -----GR / (highlighted in red)
- 13 DEPARTURE AERODROME: []
- TIME: []
- 15 CRUISING SPEED: []
- LEVEL: []
- ROUTE: []
- 16 DESTINATION AERODROME: []
- TOTAL EET: []
- ALTN AERODROME: []
- 2ND ALTN AERODROME: []
- 18 OTHER INFORMATION: PBN/B2 D1 S1 (highlighted in red)
- SUPPLEMENTARY INFORMATION (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES):
- 19 ENDURANCE: E/ []
- PERSONS ON BOARD: P/ []
- EMERGENCY RADIO: D/ []
- UHF: []
- VHF: []
- ELBA: []

Obrázek 67 Příklad správného uvedení specifikace pro letoun vybavený systémem GNSS schváleným pro RNAV 5, 1 a RNP APCH.

6.4 Příprava před odletem

6.4.1 Předletová příprava

Předletová prohlídka letadla se provádí v souladu s letovou příručkou konkrétního typu. Je dobré věnovat zvláštní pozornost stavu antény GNSS, která bude obvykle umístěna na horní straně trupu letadla (aby byla minimálně zastíněna některou částí letadla).^[20]

Protože kvalifikace PBN není omezena na konkrétní typ avioniky a má obecnou platnost, je zásadní se seznámit s funkcí a ovládáním palubního systému, který je instalován. Znalost systému a jeho přesné a rychlé ovládání je základním předpokladem pro bezpečné provedení letu. Špatná interpretace dat poskytovaných palubním systémem může mít v extrémním případě za následek i řízený let do terénu!

Po spuštění GNS430 proběhne „self-test“ systému. V průběhu tohoto automatického testu zařízení provede vnitřní kontrolu funkčnosti různých celků a jeho průběh i výsledek je nutné monitorovat. Pokud proběhne úspěšně, zobrazí se strana s platností navigační databáze nahrané v zařízení. Platnost databáze je také možné zkontrolovat v módu AUX, na straně 2 po zvolení položky „database versions“ (viz obrázek číslo 68). Mimo dobu platnosti se navigační databáze nesmí pro lety IFR použít. Mimo platnosti je také nutné zkontrolovat, že databáze svou oblastí pokrývá celou oblast plánovaného provozu.



Obrázek 68 Zobrazení platnosti navigační databáze. Horní řádek se týká leteckých dat, spodní orografických dat.

Po potvrzení této strany se zobrazí strana „Instrument panel self-test“. Tento test slouží k prověření správného přenosu dat mezi GNS a přístrojovým vybavením. Indikace uvedených přístrojů musí odpovídat hodnotám uvedeným na GNS. V případě nesouladu je možné očekávat nesprávnou indikaci přístroje. Správný výsledek takového testu je znázorněn na obrázku číslo 69.



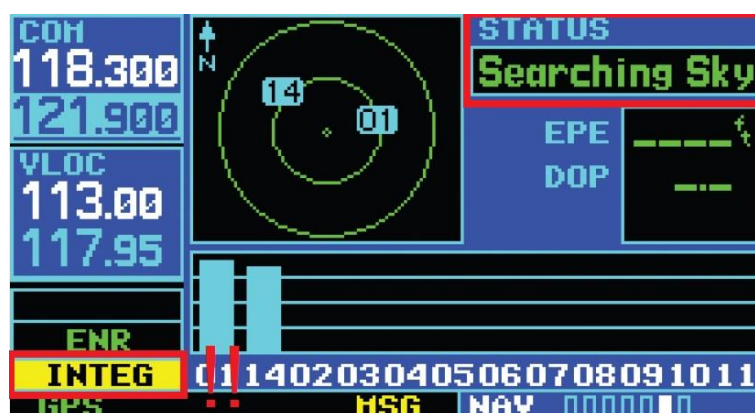
Obrázek 69 Správný výsledek testu přístrojového panelu.

Pozorujeme následující parametry: výchylka CDI - polovina škály vlevo, výstražný praporek není zobrazen, výchylka sestupové roviny - polovina škály nahoru, výstražný praporek není

zobrazen, indikace TO, DTK odpovídá nastavení HSI – v případě obrázku č. 69 150° a další parametry, v závislosti na instalovaných přístrojích.

Po potvrzení testu přístrojového panelu začne zařízení na základě příjmu signálu GNSS vypočítávat svou polohu. To můžeme kontrolovat na straně SATELITE STATUS, jak bylo popsáno výše. Doba do určení první polohy se liší, obvykle je zařízení schopno navigace do 2 minut po spuštění. Pokud ale jednotka nebyla delší dobu napájena, nebo byla ve vypnutém stavu významně přemístěna, začne zařízení provádět tzv. „sky search“. V jeho průběhu bude stažen kompletní almanach z prvního dostupného satelitu a zařízení tedy bude schopno navigace za 12,5 minuty.^[16] Toto je indikováno zprávou „Searching the sky“ a zobrazením stavu „searching sky“ na straně satelite status (viz výše).

Po určení polohy je nutné zkontrolovat, že je zařízení ve správném módu (pro odlety RNAV SID tedy TERM) a že není zobrazena hláška INTEG v levém dolním rohu displeje zařízení (viz obrázek č. 70). Pokud by byla tato hláška zobrazena, vypočítaná poloha nesplňuje kritéria integrity signálu pro danou fázi letu a nemusí být tedy dostatečně přesná. V takovém případě se systém pro navigaci nesmí použít. Před odletem je tedy nutné počkat na určení polohy a zhasnutí indikace INTEG. Poté je zařízení schopno navigace.



Obrázek 70 Zařízení provádí "sky search". Integrita signálu není zaručena. [21]

6.4.2 Příprava zařízení na odlet

Nyní je možné začít s přípravou zařízení pro konkrétní let. Protože se jedná o dlouhodobější činnost, při které není možné věnovat dostatek pozornosti okolí, je nutné, aby bylo letadlo vždy zastaveno. Zároveň, zejména na řízených letištích, ale není možné zastavit (bez souhlasu ATC) na pojezdových drahách, či dokonce na delší dobu na vyčkávacím místě dráhy. Je tedy vhodné zadat trať a provést další potřebné činnosti ještě před opuštěním stojánky.

Pro zadání trati zobrazíme stisknutím tlačítka FPL na spodní straně přístroje stranu letového plánu. Zde postupně zadáme všechny body trati tak, jak odpovídají platnému letovému plánu. Kódování databáze systému GNS430/530 bohužel nepodporuje tratě ATS – vždy je tedy nutné zadat kompletní trať bod po bodu. Po zadání trati celou stranu letového porovnáme s navigačním štítkem. Kromě názvu bodů je vhodné porovnat i vzdálenosti a tratě mezi jednotlivými body – tím jsme schopni odhalit případné hrubé chyby způsobené zadáním duplicitního bodu – tedy bodu se stejným názvem, ale významně rozdílnými souřadnicemi.

Pokud provádíme odlet z přístrojového letiště, zvolíme příslušnou odletovou trať. Stiskneme tlačítko PROC a vybereme položku „Select departure?“. Zobrazí se veškeré dostupné odletové tratě z daného letiště. Tyto tratě nebudou zobrazeny svým plným názvem, ale kódovým označením – to je také uvedeno na odletové mapě, jak ze znázorněno na obrázku číslo 71. Na odletové mapě dále bude zobrazena požadovaná navigační specifikace a v některých případech požadovaný senzor – pokud by bylo například uvedeno „GNSS AND IRU required“, není možné odlet pouze s přijímačem GNSS provést. Po vybrání zvolíme „LOAD“ a příslušná odletová trať bude načtena do aktivního plánu.

LKPR/PRG RUZYNE		JEPPESEN 27 OCT 17 (10-3F) Eff 9 Nov		PRAGUE, CZECHIA RNAV SID	
PRAGUE Radar 120.530	Apt Elev 1234	Trans alt: 5000 1. RNAV-1 required. 2. Contact PRAGUE Radar IMMEDIATELY after take-off.			
		VENOX 3A [VENO3A]	VENOX 4D [VENO4D]		
		VENOX 3E [VENO3E]	VENOX 2M [VENO2M]		
RNAV DEPARTURES					

Obrázek 71 Název odletových tratí a jejich označení v navigační databázi (v hranatých závorkách).

I když používáme platnou navigační databázi, je vždy nutné porovnat jednotlivé body a jejich typy, vzdálenosti a tratě s publikovanou mapou přístrojového odletu pro odhalení případných nesrovnalostí v kódování databáze. Drobné odlišnosti ve směru tratí (řádově 1°) je možné ignorovat – tratě (track) jsou v mapách vztaheny k magnetickému severu s tím, že je obvykle použita stálá deklinace, zatímco její model v palubním zařízení se může lišit. Protože jsou chyby v navigační databázi málo časté, může se zdát tento postup jako zbytečný. Opak je ale pravdou – při každé změně navigační databáze může dojít k chybě v kódování daného postupu – v každém navigačním cyklu se několik takových chyb objeví!^[22] Na obrázku číslo 72 je uveden příklad z cyklu AIRAC 1903, platného od 28. února 2019.

!! URGENT !!

Date: 27 February 2019
Subject: Prestwick, United Kingdom
Prestwick (EGPK)
TRN 2L [TRN2L]
Cycle 1903

Overfly coded incorrectly

Jeppesen NavData for cycle 1903, effective 28 February 2019, contains an incorrectly coded overfly on waypoint PKE02 on the TRN 2L [TRN2L] SID at Prestwick; Prestwick, United Kingdom (EGPK). Waypoint PKE02 is a flyby.

WE STRONGLY URGE YOU TO MAKE THIS INFORMATION AVAILABLE TO APPROPRIATE CREW MEMBERS OR CUSTOMERS IMMEDIATELY!

Revised coding will appear in Jeppesen NavData for cycle 1904, effective 28 March 2019. Until then an entry will appear in the NavData Change Notices, and this Alert will be posted on the Jeppesen Web site: [Notices and Alerts](#). Please refer to the Prestwick, United Kingdom (EGPK) Charts 10-3A, dated 22 FEB 19 (EFF 28 FEB), for valid information.

Obrázek 72 Příklad chyby v navigační databázi na odletové trati.

V tomto případě došlo k nesprávnému označení bodu odletové trati jako fly-over, i když byl tento bod publikován jako fly-by. Ochranný prostor v zatáčce na bodu PKE02 byl konstruován pro zatáčku s předstihem – fly by. Pokud by tato chyba nebyla posádkou porovnáním odletové mapy s databází odhalena, a zatáčka by byla provedena až po přeletu, mohlo by dojít ke snížení ochrany letadla od překážek.

Jakmile je zadána kompletní trať, odletová trať a byla zkontrolována jejich správnost, naladíme frekvence pozemních radionavigačních zařízení, které můžeme využít jako kontrolní způsob navigace pro případné odhalení nesprávného vedení navigačním systémem a připravíme komunikační frekvence pro odlet pro snížení pracovní zátěže v nízkých výškách po vzletu.

Zařízení je nyní připraveno pro odlet. Pro jasnost podotýkám, že se tento text týká letu po RNAV SID – pokud je odletová trať konvenční, je možné zařízení použít pro zvýšení situačního povědomí, ale v případě rozporu mezi konvenční navigací a vedením GNS musí být upřednostněna konvenční navigace, aby byla odletová trať zaletěna tak, jak je publikována.

6.5 Let po SID

Před vzletem (na vyčkávacím místě dráhy) provedeme finální nastavení navigačních přístrojů. Zejména zkontrolujeme, že HSI (CDI) máme nastaveno na správný DTK – Desired Track, který budeme udržovat po vzletu, že není zobrazen varovný praporek a zejména, že

je správně přepnutý navigační výnos ze zařízení GNSS na HSI, případně CDI. Správné nastavení je znázorněno na obrázku číslo 73. Indikace přepnutí není nikterak výrazná a špatné přepnutí by mohlo způsobit nesprávné navigační vedení ihned po vzletu. V koncové oblasti do 30 NM od ARP musí být zobrazena indikace TERM a nesmí být zobrazeno varování před ztrátou integrity – INTEG.

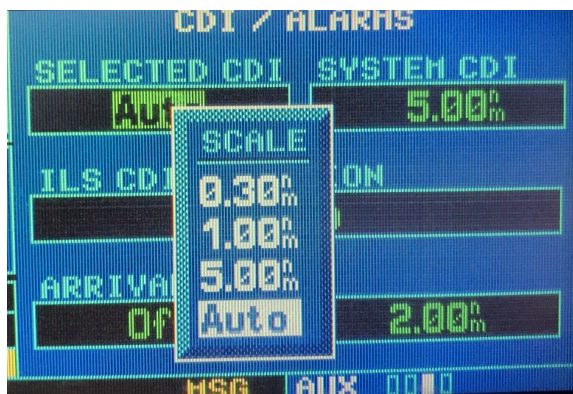


Obrázek 73 Správné nastavení před odletem. Zvláštní pozornost je nutné věnovat přepnutí navigačního výnosu do módu GPS.

Pokud je správně nastaven výnos na navigační přístroj HSI (nebo CDI), vedení po trati se nikterak neliší od použití prvků konvenční navigace – je povelové a maximální výchylka CDI odpovídá maximální výchylce GNS.

6.5.1 Nastavení výchylky CDI

Tato výchylka v módu TERM odpovídá 1 NM na obě strany, v módu ENR 5 NM a v módu APCH 0,3 NM na obě strany. To vychází z požadavků uvedených v kapitole číslo 4. Číselnou hodnotu aktuální maximální výchylky HSI nalezneme v default nav page, viz obrázek číslo 57 výše. V případě přiblížení LPV je výchylka, obdobně jako u přiblížení ILS, úhlová a stejné úrovni výchylky tak bude odpovídat různá vzdálenost v závislosti na vzdálenosti od prahu dráhy. V případě potřeby je možné nastavit hodnotu výchylky CDI ručně. Toho lze dosáhnout v módu AUX. Na straně 3 zvolíme CDI/Alarms – Select CDI. Na výběr je z hodnot právě 0,3 NM, 1NM, 5 NM a AUTO, kdy k přepínání dochází automaticky se změnou fáze letu. Takové nastavení je vhodné ponechat a pouze kontrolovat jeho správnou činnost.



Obrázek 74 Manuální nastavení CDI. Pro správnou funkci zkontrolujeme nastavení na AUTO.

6.5.2 Provádění zatáček

Tento postup provádění zatáček je obecně platný pro všechny fáze letu. Jakmile se přiblížíme aktivnímu bodu, v pravé spodní části obrazovky se zobrazí tzv. „waypoint alert“ hláškou „NEXT DTK XXX°“. Tato hláška nás upozorňuje, že se blížíme bodu, a jaká bude příští požadovaná trať. Zařízení samotné predikuje předstih zatáčky a vydá radu k jejímu zahájení – „tzv. turn advisory“ hláškou „TURN TO XXX°“. Zároveň dojde k automatickému vysekvencování trati na další bod.



Obrázek 75 Waypoint alert (nahore) a trun advisory (dole). Všimněte si navigačních parametrů na horním a dolním obrázku - DIS, GS a změnu DTK.

Předstih zatáčky lze také odhadnout na základě empirického vztahu $X = \frac{GS [KTS]}{200} [NM]$, kde X je vzdálenost v námořních mílech před bodem pro zahájení zatáčky a GS je rychlost vůči zemi v uzlech.

6.6 Traťový let

Ve vzdálenosti 30NM od ARP letiště odletu se mód GNS změní z TERM na ENR. Spolu s tím souvisí změna výchyly HSI/CDI – z hodnoty 1 NM na plnou výchyly se změní na 5 NM. K této změně nedojde skokově, ale postupně tak, jak se mění šířka ochranného

prostoru odletové trati v této vzdálenosti – viz obrázek číslo 19. Aktuální hodnotu výchytky HSI je vždy možné vidět na první straně módu NAV, viz obrázek číslo 57. Sekvencování traťových bodů probíhá automaticky a vedení letadla se nijak neodlišuje od fáze odletu.

Pokud v průběhu letu dostaneme instrukci pokračovat přímo na některý z bodů naší trati, je možné použít přímo tlačítko DIRECT – v takovém případě musíme ručně zadat bod letového plánu. Existuje ale jiný postup, dává menší prostor pro hrubou chybu způsobenou zvolením bodu se stejným názvem, ale jinými souřadnicemi. Zvolíme stranu FPL, označíme příslušný bod a teprve nyní stiskneme tlačítko direct a potvrdíme zvolený bod. Případně je možné bod letového plánu vybrat na straně direct v položce FPL – v tomto seznamu se objeví pouze názvy bodů letového plánu, což také dává menší prostor pro vznik hrubé chyby.

6.6.1 Vyčkávání s pomocí GNS

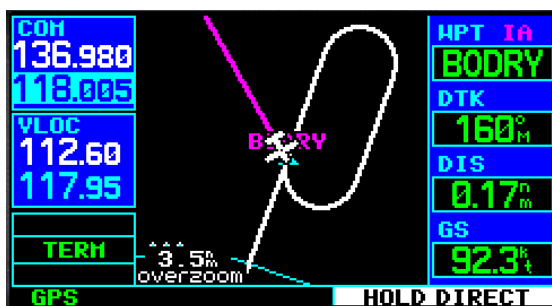
Může se stát, že při přeletu k letišti dostaneme instrukci k vyčkávání nad určitým bodem, případně bude vyčkávání součástí postupu přiblížení. V prvním případě bohužel není možné zadat vyčkávací obrazec do zařízení – musí být zaletěn manuálně. V druhém případě je možné pro vedení použít palubní systém.

6.6.1.1 Obrazec není v databázi

V tomto případě využijeme funkci OBS pro navigační vedení a postup vyčkávání provedeme stejně, jako by se jednalo o konvenční radionavigační prostředek. Na HSI (CDI) zvolíme příletovou trať vyčkávacího obrazce, zvolíme vhodný vstup a zahájíme vyčkávání. Indikace na HSI (CDI) je identická, jako by se jednalo o zařízení VOR, včetně indikace TO/FROM, která se mění na úrovni zařízení.

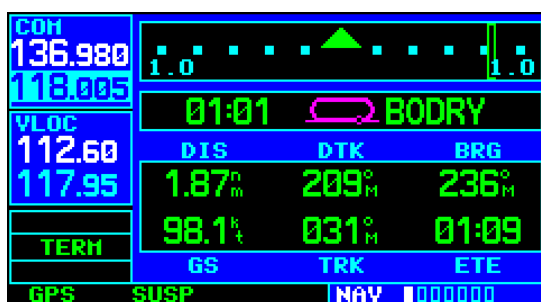
6.6.1.2 Obrazec je v databázi

Tento postup lze využít, pokud je již vyčkávací obrazec zakódován v navigační databázi, obvykle jako součást postupu přiblížení, případně jako konec nezdařeného přiblížení. Jakmile se přiblížíme bodu, na kterém je publikován vyčkávací obrazec, GNS zobrazí doporučený vstup hláškou „hold direct/teardrop/parallel“. Přilet k vyčkávacímu obrazci je znázorněn na obrázku číslo 76.



Obrázek 76 Přilet k vyčkávacímu obrazci. [21]

Zařízení poskytuje traťové vedení pouze na příletové trati vyčkávacího obrazce - nicméně po přeletu bodu vyčkávání se automaticky spustí časovač, který se vynuluje na úrovni bodu vyčkávání, nebo po dotočení odletové trati obrazce, podle toho, co nastane později, a znovu po dotočení na příletovou trať. Let po odletové trati je znázorněn na obrázku číslo 77. Navigační vedení je stále poskytováno na příletovou trať a je aktivní časovač.



Obrázek 77 Odletová trať vyčkávacího obrazce. [21]

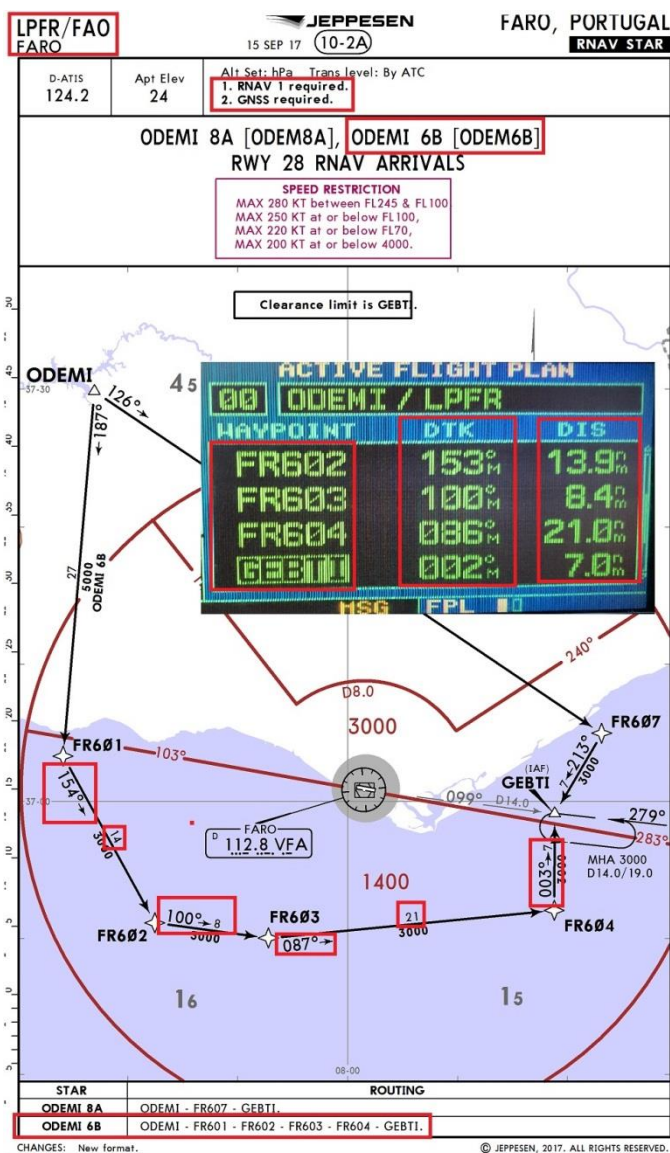
Stejného navigačního vedení dosáhneme, pokud na libovolný bod aktivujeme funkci OBS a zvolíme příslušnou trať. Navigační vedení je tedy totožné pro oba případy, kdy je obrazec obsažen v navigační databázi, nebo když není. Tím, že je ale znázorněn v módu mapy a poskytuje automatické časování, zvyšuje situační povědomí a snižuje pracovní zatížení posádky. Je tedy komfortnější, pokud je vyčkávací obrazec v databázi zakódován.

Pokud vyžadujeme zaletět více, než jeden vyčkávací obrazec, je nutné před přeletem bodu vyčkávání aktivovat mód OBS. V opačném případě dojde po přeletu vyčkávacího bodu k vysekvencování plánu a aktivaci dalšího úseku trati.

6.7 Let po STAR

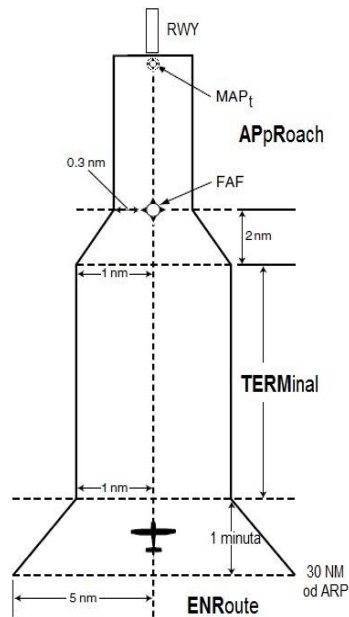
Předpokládanou příletovou trať obvykle vybíráme již při zadávání trati na zemi před odletem, čímž dosáhneme přesnějších navigačních výpočtů zařízení. Je ale třeba mít na paměti, že mezi povolení stále zůstává poslední bod trati. Jakmile je povolena konkrétní příletová trať, zkontrolujeme, případně upravíme její zadání. Stejně, jako v případě odletové trati platí, že je

nutné dodržet požadovanou navigační specifikaci spolu se senzorem a dále zkontrolovat body, tratě a vzdálenosti, jestli souhlasí s postupem publikovaným na příletové mapě. Jak se provádí tato kontrola na zařízení GNS 430 je znázorněno na obrázku číslo 78.



Obrázek 78 Mapa STAR a výřez strany FPL zařízení GNS430. Označené jsou body, tratě a vzdálenosti, které je nutné zkontrolovat.

V průběhu příletu kontrolujeme, že se ve vzdálenosti 30 NM od ARP letiště příletu změní mód GNS z traťového (ENR) na koncový (TERM). Důvod ke změně maximální výchylky HSI je změna šířky ochranného prostoru v tomto místě – viz kapitola číslo 5.4. Jak se mění módy GNS a s tím maximální výchylky CDI v průběhu celého příletu je znázorněno na obrázku číslo 79.



Obrázek 79 Změny módu GNS a maximálních výchylek CDI v průběhu přeletu.

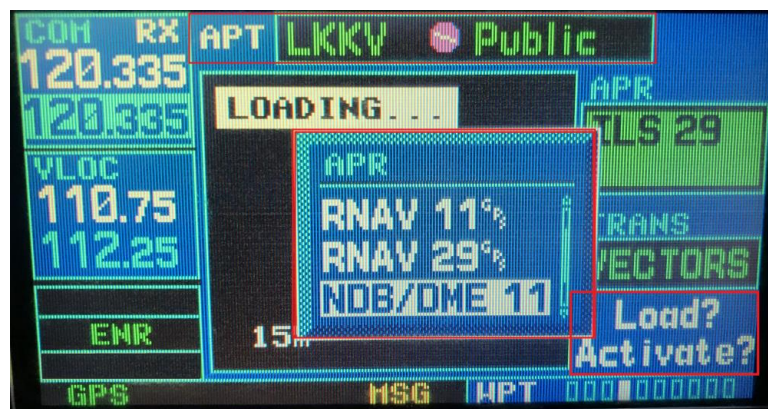
6.7.1 Přístrojové přiblížení

Zařízení GNS430 umožňuje provést nepřesné RNP přiblížení, tedy přiblížení bez vertikálního vedení. Zařízení GNS430W, které umožňuje příjem signálu SBAS, umožňuje provedení nepřesného RNP přiblížení, přiblížení s vertikálním vedením (APV-I) a LP/LPV přiblížení. Dále je přijatelné provést přiblížení založené na konvenčním radionavigačním prostředku pomocí GNSS, pokud je k tomu schváleno (typicky NDB přiblížení). Protože se jedná o fázi letu v blízkosti země, správné a přesné navigační vedení letadla je zásadní. Z toho vyplývá nutnost znalosti a správného ovládní systému GNSS.

6.7.2 Příprava před zahájením přiblížení

Ve vhodném okamžiku, kdy to pracovní zatížení umožní, provedeme přípravu před zahájením přiblížení. Jejím úkolem je zajistit správné vedení letadla po trati konečného přiblížení a zvýšit situační povědomí posádky.

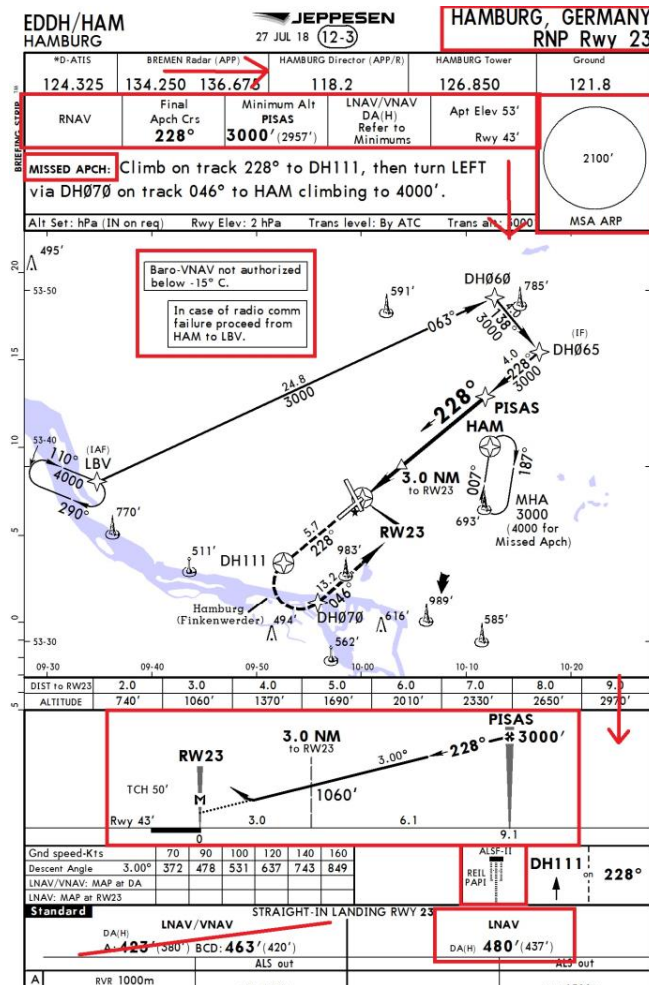
Příslušné přiblížení zvolíme v zařízení GNS430 na straně PROC – Select approach. Po jeho vybrání se zobrazí nabídka přiblížení načíst, případně aktivovat. První možnost přiblížení uloží do aktivního plánu, druhá aktivuje navigaci přímo na bod IAF. Ve fázi přípravy tedy obvykle tedy přiblížení pouze načteme. To je znázorněno na obrázku číslo 80.



Obrázek 80 Výběr přístrojového přiblížení. V pozadí se načítá mapka, na které je možné hrubě zkontrolovat tvar přiblížení.

Stejně, jako v případě odletové nebo příletové trati, zkontrolujeme body, vzdálenosti a tratě uložené v databázi a to i pro nezdařené přiblížení. V případě, že dojde k rozporu mezi tratí uloženou v databázi a publikovaným postupem, přiblížení se nesmí provést. Ruční úpravy ve fázi přiblížení jsou zakázány.

Dále se seznámíme s výškou MSA, případně TAA, kde je publikována, výškou středního přiblížení, minimální výškou pro klesání MDA nebo výškou rozhodnutí DA pro naši kategorii letadla a druh prováděného přiblížení, nadmořskou výškou letiště, postupem nezdařeného přiblížení a jeho výškou, horizontálním a vertikálním profilem přiblížení a dostupným světelným vybavením dané dráhy. Naladíme příslušné frekvence konvenčních radionavigačních zařízení, pokud jsou k dispozici. Tato zařízení nebudou použita pro navigační vedení letadla, nicméně slouží jako redundantní zdroj navigační informace. Při využití dokumentace Jeppesen mají přiblížovací mapy jednotný formát, který umožňuje snadnou přípravu před zahájením přiblížení.



Obrázek 81 RNP přiblížení dráhy 23 na letišti v Hamburku s označením možného postupu čtení.

Jak je znázorněno na obrázku číslo 81, mapu přístrojového přiblížení projdeme ve směru šipek, čímž pokryjeme všechny výše zmíněné body. Zároveň je důležité si všimnout případných poznámek, pokud jsou uvedeny – obvykle obsahují důležité informace k provedení daného přiblížení.

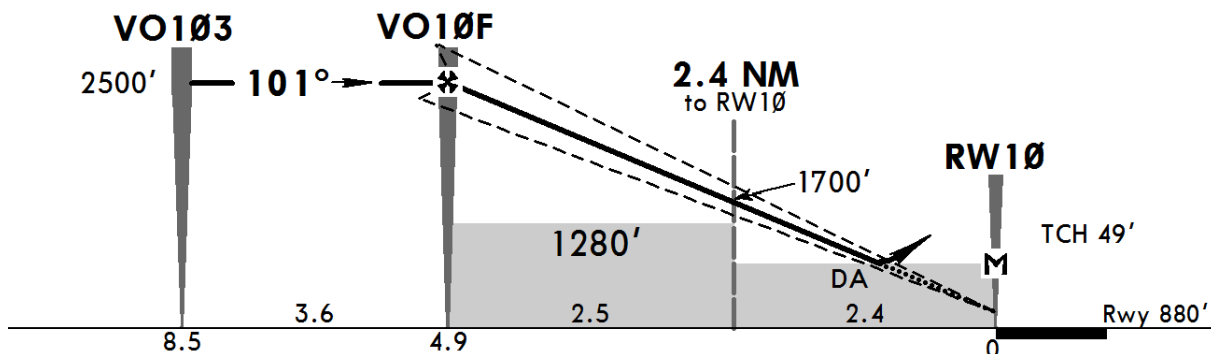
6.7.3 Nepřesné RNP přiblížení (2D přiblížení)

Tento typ přiblížení je technikou pilotáže nejpodobnější nepřesným přístrojovým přiblížením založeným na konvenční navigaci (například VOR/DME přiblížení). Navigační vedení poskytuje systém prostorové navigace. Po přeletu bodu konečného přiblížení FAF lze zvolit v podstatě dva různé přístupy k vedení letadla ve vertikální rovině.

6.7.3.1 Tradiční metoda („dive and drive“)

Nepřesné RNP přiblížení svou konstrukcí umožňuje klesat po přeletu FAF ihned do minimální výšky pro klesání MDA, případně u komplikovanějších přiblížení do výšky „step down“ a níže až po přeletu určité vzdálenosti, nebo bodu. Vertikální profil přiblížení, včetně případných bodů „step down“ bude vždy znázorněn na mapě přístrojového přiblížení. Příklad

je uveden na obrázku číslo 82 – bod VO10F je bod konečného přiblížení, do vzdálenosti 2,4 NM není možné klesat níže, než 1 280 ft a dále do výšky MDA (na mapách Jeppesen je značena jako DA, ale jedná se o MDA - viz dále).



Obrázek 82 Příklad vertikálního profilu RNP přiblížení s bode "step down".

Po přeletu bodu FAF by tedy bylo bezpečné klesat libovolnou vertikální rychlostí až do výšky MDA (nebo step-down, viz obr. 82), v té přejít do horizontálního letu a pokračovat až do MAPt, ve kterém se nejpozději musí zahájit nezdařené přiblížení. Dlouhý horizontální let v MDA ale nepřináší žádný benefit, naopak se delší dobu letoun nachází ve výšce, kde je nízká hodnota minimální výšky nad překážkami (viz kapitola číslo 5.4.5.2.). I u této „tradiční“ metody je tedy vhodné sestup provádět kontinuálně tak, aby byla MDA ideálně dosažena ve vzdálenosti od prahu dráhy odpovídající minimální dohlednosti pro dané přiblížení.

Před dosažením výšky MDA je nutné počítat s určitým předstihem, který je nutný pro uvedení letadla do horizontálního letu. Jak vyplývá z kapitoly číslo 5.4.5., MDA nesmí být nikdy podklesána! Pokud nejsou navázány potřebné vizuální reference, pokračuje se po dosažení této výšky v horizontálním letu až do bodu nezdařeného přiblížení MAPt, ve kterém se musí zahájit nezdařené přiblížení.

Nevýhodou této metody je zvýšené pracovní zatížení posádky v průběhu fáze letu, kde je jen nízká hodnota minimální výšky nad překážkami a tím zvýšené riziko řízeného letu do terénu.

6.7.3.2 Metoda CDFA

Metoda CDFA - Continuous Descent Final Approach umožňuje, aby bylo konečné přiblížení provedeno jako kontinuální sestup do výšky MDA (která ovšem stále nesmí být podklesána – viz dále) a v případě navázání vizuálních referencí na práh dráhy, bez úseku horizontálního letu.^[1]

Tato metoda tedy neuvažuje žádný úsek horizontálního letu. Letadlo je v bodě FAF uvedeno do klesání příslušnou vertikální rychlostí, která je udržována v průběhu sestupu až do výšky

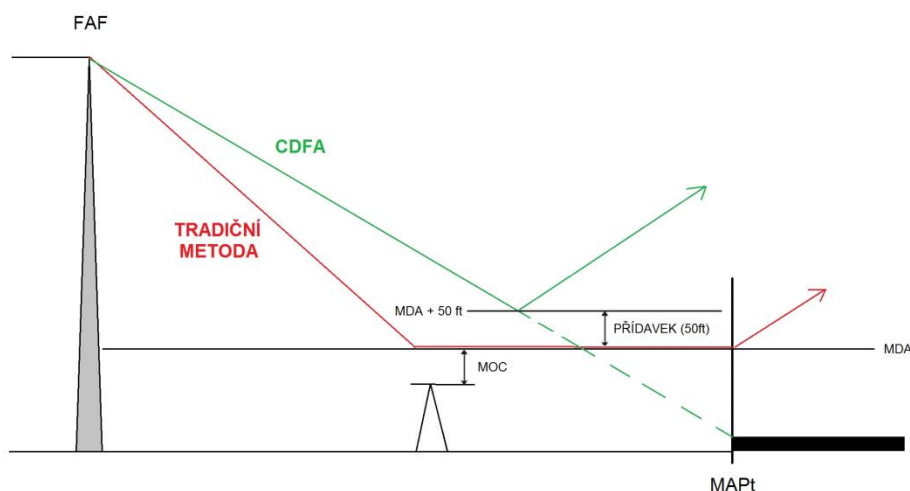
MDA. Pro kontrolu dodržování správné sestupové roviny jsou uvedeny vzdálenosti a jim příslušné výšky v tabulce na přibližovací mapě. Pokud nejpozději při dosažení MDA nejsou navázány potřebné vizuální reference, je neprodleně zahájeno nezdařené přiblížení - bez úseku horizontálního letu do MAPt. Jako pomůcku pro určení správné vertikální rychlosti je možné použít hodnoty vertikální rychlosti pro různou rychlost vůči zemi a provádět kontroly výšky v daných bodech. Zvláštní pozornost je nutné věnovat případným výškám bodů step-down, které nesmí být podklesány. Potřebná vertikální rychlost pro různé rychlosti vůči zemi je obvykle uvedena na přibližovací mapce v podobě, jak je znázorněno na obrázku číslo 83.

Gnd speed-Kts	70	90	100	120	140	160
Descent angle	3.00°	372	478	531	637	849

Obrázek 83 Požadovaná vertikální rychlost pro 3° sestup pro různé GS.

Potřebnou vertikální rychlost pro 3° sestup je ale možné přibližně určit i na základě vztahu $VS = 5 \times GS$, kde VS je vertikální rychlost ve stopách za minutu (ft/min) a GS rychlost vůči zemi v uzlech. Zároveň platí, že pro sestup 3° je třeba vyklesat zhruba 300 ft na vzdálenost 1 námořní míle. Toto vychází z geometrických vztahů (sestup je možné si představit jako let po odvěsně pravoúhlého trojúhelníka).

Protože je zahájeno nezdařené přiblížení ihned po dosažení určité výšky bez horizontálního letu do MAPt, lze konstatovat, že k výšce MDA se u této techniky přistupuje jako k DA. Jak již ale bylo zmíněno výše, MDA nesmí být nikdy podklesána. Z toho důvodu je nutné přidat k výšce MDA přídavek, který obvykle stanoví provozovatel – nejčastější hodnotou je 50 ft. Přiblížení tedy probíhá konstantním sestupem až do výšky MDA + 50 ft, ve které je zahájeno nezdařené přiblížení. Srovnání CDFA a tradiční metody je znázorněno na obrázku číslo 84.



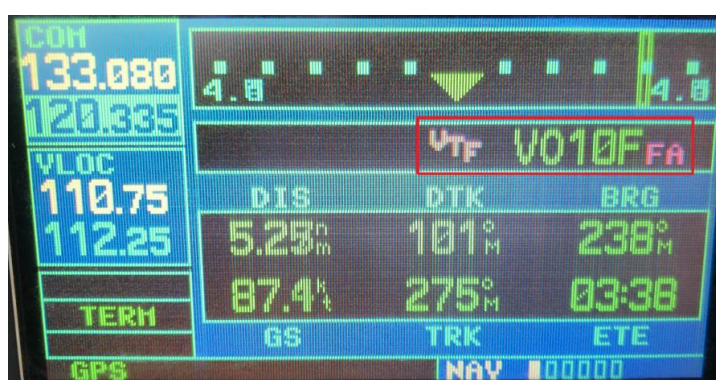
Obrázek 84 Srovnání tradiční metody (červeně) a CDFA (zeleně).

Výhodou této metody je snížení pracovního zatížení posádky a kratší doba letu v místech s nízkou hodnotou MOC. Nevýhodou potom může být nemožnost navázat vizuální reference a provedení nezdařeného přiblížení, i když by při pokračování do bodu MAPt mohly být navázány. Bod MAPt je ale u nepřesných RNP přiblížení obvykle umístěn v místě prahu dráhy. Je zřejmé, navázání vizuálních referencí v tomto bodě ve výšce MDA, by vyžadovalo prudké klesání a to nemusí být s každým typem letadla bezpečně proveditelné.

Metoda CDFA tedy poskytuje vyšší úroveň bezpečnosti oproti tradiční metodě, nicméně v některých případech neumožní navázání vizuálních referencí, i když by tradiční metodou navázány být mohly. Záleží tedy zejména na provozovateli, kterou metodu s ohledem na kategorii provozovaných letounů a charakter provozu zvolí.

6.7.3.3 Vedení letadla po trati pomocí GNS430/530

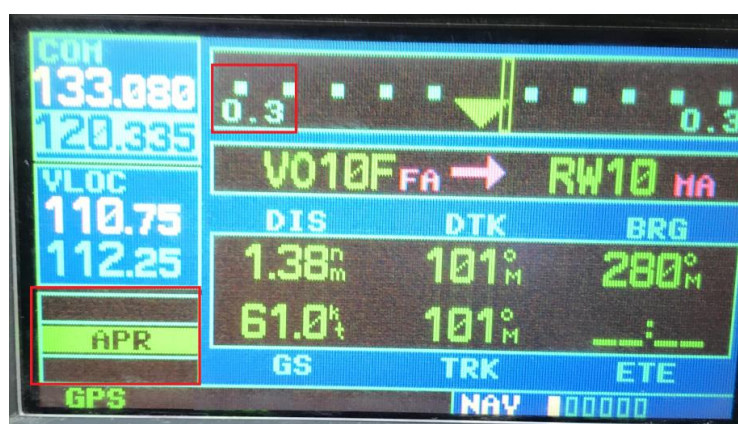
Předpokládejme, že již máme splněnou přípravu před přiblížením, která platí obecně pro všechny typy RNP přiblížení - přiblížení je tedy nahráno v aktivním plánu a zkontrolováno. Důležité je, aby byl plán správně vysekvencován, tzn. aby navigační vedení bylo poskytováno vždy na správný bod před námi. K tomu obvykle dochází automaticky po přeletu bodu, ale například v případě radarového vektorování k vysekvencování dojít nemusí. Pokud je tedy poskytováno radarové vektorování do konečného přiblížení, je důležité pomocí tlačítka PROC vybrat možnost Activate vectros-to-final. Na straně default NAV se zobrazí zkratka VTF a název bodu FAF a zařízení začne poskytovat navigační vedení v prodloužené ose dráhy (z bodu FAF), kterou je tak možné snadno naletět. Strana default nav v tomto režimu je zobrazena na obrázku číslo 85.



Obrázek 85 Strana default-NAV při aktivní funkci Vectors to Final.

Tvar ochranného prostoru nepřesného RNP přiblížení je znázorněn na obrázku č. 32. Jak je vidět, samotný ochranný prostor (a s ním i hodnota výchylky HSI/CDI) se mění již před bodem FAF. Zároveň samotné zařízení provádí automaticky test integrity signálu. Z těchto důvodů je vhodné nikdy nepřijímat radarové vektorování blíže, jako 2 NM před bod FAF.

Před naletěním trati konečného přiblížení je důležité zkontrolovat, že je jako výstup na HSI/CDI zvoleno „GPS“. Samotná technika pilotáže se v průběhu konečného přiblížení příliš neliší od provedení nepřesného přístrojového přiblížení založeného na konvenční navigaci. Na rozdíl od konvenčních radionavigačních systémů se ale v průběhu přiblížení nebude měnit citlivost ručičky CDI – její plná výchylka bude stále odpovídat hodnotě 0,3 NM (toto neplatí pro přiblížení LPV a APV-I/II). Před dosažením bodu FAF musí zařízení přejít z módu TERM do módu APR, čímž se zároveň plynule změní hodnota maximální výchylky HSI/CDI. To je indikováno jako obvykle v levém dolním rohu zařízení, jak je znázorněno na obrázku číslo 86. Pokud zařízení do módu APR nepřejde, přiblížení musí být přerušeno.



Obrázek 86 Zobrazení módu APR na zařízení. Maximální výchylka CDI se postupně změní na 0,3 NM.

Pokud zařízení přejde do módu APR, v bodě FAF uvedeme letadlo do klesání vertikální rychlostí, která je funkcí rychlosti vůči zemi (viz výše). Sestup provádíme zvolenou metodou – buď CDFA, nebo „tradiční“. I v případě tradiční metody je ale vhodné sestup provádět plynule, pokud možno po publikované rovině. V obou případech tedy v průběhu konečného přiblížení budeme kontrolovat náš výšku vůči vzdálenostem uvedeným na přiblížovací mapě. Tyto vzdálenosti jsou u RNP přiblížení obvykle vztaženy k prahu dráhy (kde je zároveň obvykle umístěn MAPt) – vzdálenosti je tedy nutné odečítat přímo na GNS, nikoli na zařízení DME! Zařízení GNS430W je schopno i u tohoto druhu přiblížení poskytovat indikaci sestupové roviny, která usnadňuje provedení konečné fáze přiblížení. Stále ale musí probíhat kontrola výšek v zadaných bodech a musí být použita minima pro přiblížení bez vertikálního vedení!^[23]

Uvažujme let v podmínkách IMC. Pokud provádíme přiblížení metodou CDFA, jakmile se přiblížíme výšce MDA + přídavek (obvykle 50 ft), začneme rozdělovat pozornost mezi přístroje a vnější prostředí. Pokud ve výšce MDA + přídavek nejsou navázány potřebné

vizuální reference, neprodleně provádíme postup nezdařeného přiblížení – pokračujeme tedy ve stoupavém letu do bodu MAPt, který bude vždy publikován jako bod fly-over.^[9]

Pokud provádíme přiblížení tradiční metodou a před výškou MDA nejsou vizuální reference navázány, začneme letadlo uvádět do horizontálního letu s určitým předstihem tak, aby výška MDA nebyla podklesána. Letadlo se nyní nachází v prostoru s nízkou minimální výškou nad překážkami a musíme tedy věnovat velikou pozornost přesnosti pilotáže. Pokud vizuální reference nejsou navázány, nejpozději při dosažení bodu MAPt musí být zahájen postup nezdařeného přiblížení.

6.7.4 Přiblížení s vertikálním vedením (3D přiblížení)

Zařízení GNS430W/530W je schopno přijímat signál SBAS a je certifikované k provádění přiblížení až do úrovně LPV (zařízení GNS430 však nikoliv). Jak je patrné z obrázku číslo 38, ochranné prostory těchto typů přiblížení jsou konstruovány úhlově, obdobně jako přiblížení ILS. Výchylka HSI/CDI tedy při tomto druhu přiblížení nebude odpovídat stále stejné hodnotě, ale bude se měnit v závislosti na poloze na trati konečného přiblížení – s přibližováním se prahu dráhy se tedy bude zvyšovat citlivost ručiček, podobně jako u přiblížení ILS.

Při přípravě přiblížení musíme zvolit správná minima. Pokud je publikováno přiblížení LPV a naše palubní zařízení umožňuje jeho provedení, použijeme jej, protože obvykle nabízí nejpresnější navigační vedení a nejnižší minima. Pokud LPV není publikováno, použijeme minima pro přiblížení s vertikálním vedením, případně pro 2D (nepřesné RNP) přiblížení. Na obrázku číslo 87 je v horní části znázorněno přiblížení, které má publikována minima pro přiblížení LPV a s vertikálním vedením (LNAV/VNAV), a dále pro 2D nepřesné přiblížení (LNAV). Tabulka ve spodní části obrázku znázorňuje přiblížení, kde LPV není k dispozici.

Standard				STRAIGHT-IN LANDING RWY 10			
LPV		LNAV/VNAV		LNAV			
DA(H) 1180' (300')		DA(H) 1180' (300')		DA(H) 1220' (340')			
A	RVR 1400m		RVR 1400m		RVR 1500m		
B							
C							
D	NOT APPLICABLE						

Standard				STRAIGHT-IN LANDING RWY 23			
LNAV/VNAV				LNAV			
DA(H) A: 423' (380') BCD: 463' (420')				DA(H) 480' (437')			
		ALS out				ALS out	

Obrázek 87 Výšky rozhodnutí pro dvě různá přiblížení. Horní tabulka uvádí minima LPV, spodní nikoli.

6.7.4.1 Vedení letadla po trati pomocí GNS430W/530W

Obdobně jako v případě 2D RNP přiblížení musíme zajistit správné vysekvencování letového plánu. Trať konečného přiblížení se musí naletět ve vzdálenosti větší, než 2 NM od FAF. Po naletění trati konečného přiblížení se zobrazí na zařízení příslušný mód. Zatímco u zařízení GNS430 (které umožňuje pouze 2D přiblížení) existoval pouze jeden mód - APR, u zařízení GNS430W existují módy přiblížení čtyři. Aby bylo posádce zřejmé, jaké vedení zařízení poskytuje, a tedy jaká minima je možné použít, je přesná znalost jejich významu nezbytná. Seznam možných módů je uveden v tabulce číslo 13.

ZOBRAZENÍ	VÝZNAM	POUŽITELNÁ MINIMA
LNAV	Vedení pouze v horizontální rovině. Nepřesné RNP (2D) přiblížení.	LNAV
LNAV+V	Navigační vedení v horizontální rovině shodné s LNAV. Je zobrazena poradní sestupová rovina.	LNAV
L/VNAV	Přiblížení s vertikálním vedením.	LNAV/VNAV
LPV	Přiblížení LPV.	LPV

Tabulka 13 Možné zobrazené módy přiblížení zařízení GNS430W/530W. [23]

6.7.4.1.1 Mód LNAV



Přiblížení v módu LNAV se provádí způsobem popsaným v kapitole 7.7.3.3. Vertikální vedení není k dispozici.

6.7.4.1.2 Mód LNAV+V



Přiblížení v módu LNAV+V se provádí shodným způsobem, nicméně v průběhu přiblížení je k dispozici poradní indikace sestupové roviny, která posádce usnadňuje vedení letadla po konstantní sestupové rovině do minimální výšky pro klesání. V každém případě je ale stále nutné provádět kontroly výšky v bodech daných na mapě přístrojového přiblížení a v případě rozporu poradní indikaci sestupové roviny ignorovat.

6.7.4.1.3 Múd L/VNAV



Múd přiblížení L/VNAV je přiblížením s vertikálním vedením založeným na SBAS. Je možné použít minima LNAV/VNAV. Před přeletem bodu FAF se zobrazí indikace sestupové roviny a v bodě konečného přiblížení uvedeme letadlo do klesání odpovídající vertikální rychlosti, kterou dále upravujeme tak, abychom následovali povelovou indikaci sestupové roviny, která již u tohoto druhu přiblížení není poradní, ale má navigační význam - příliš velké odchylky jsou tedy nepřijatelné. V daných bodech kontrolujeme výšky uvedené na mapě. Pro přiblížení s vertikálním vedením je počítána výška rozhodnutí – pokud tedy nejpozději při jejím dosažení nejsou navázány požadované vizuální reference, musí se neprodleně zahájit postup nezdařeného přiblížení – není přípustné pokračovat horizontálním letem až do bodu MAPt!^[23]

Pokud není výslovně uvedeno jinak, lze použít minima LNAV/VNAV také při provedení 3D přiblížení Baro-VNAV, popsaného v kapitole číslo 5.4.5.3. Tuto metodu ovšem zařízení GNS430W/530W neumožňuje. Protože výšková informace v systému GNS430W/530W nepochází z barometrického zdroje, ale systému GNSS s využitím augmentačních služeb, může se zdát, že není rozdíl mezi tímto typem přiblížení a přiblížením LPV. Hlavní rozdíl je však v požadavcích na integritu signálu – obě přiblížení mají různé hodnoty HAL a VAL.^[3] Proto mají také rozdílné výšky rozhodnutí.

6.7.4.1.4 Múd LPV



Přiblížení s vertikálním vedením LPV umožňuje vedení letadla až do minim ICAO kategorie I. Po naletění trati konečného přiblížení se na zařízení zobrazí mód LPV a před bodem FAF se škála CDI plynule změní z hodnoty 1 NM plné výchylky na úhlovou – ta je obvykle 2° plné výchylky.^[23]

Jednu minutu před přeletem bodu FAF zařízení provede kontrolu integrity. Pokud proběhne v pořádku, zobrazení LPV zůstává zelené a je možné pokračovat v přiblížení. Pokud jsou hodnoty parametrů integrity překročeny, zobrazení LPV se podbarví oranžově a změní se na LNAV. Na indikátoru sestupové roviny HSI/CDI se zobrazí výstražný praporek. Zařízení zobrazí zprávu „Approach downgraded – use LNAV minima“. V přiblížení je možné pokračovat s využitím minim LNAV (jsou-li publikovány) metodou popsanou v kapitole 7.7.3.3. Příslušné indikace jsou zobrazeny na obrázku číslo 88.



Obrázek 88 Indikace nesplnění požadavků na integritu v průběhu přiblížení LPV.

Technika pilotáže v průběhu konečného přiblížení je velmi podobná přiblížení ILS. Po přeletu bodu FAP se naletí sestupová rovina a pokračuje se do výšky rozhodnutí. Pokud nejpozději v DA nejsou navázány potřebné vizuální reference, je nutné neprodleně zahájit postup nezdařeného přiblížení – nejedná se o MDA! Pokud jsou vizuální reference navázány, je možné pokračovat po sestupové rovině k prahu dráhy.

6.8 Nezdařené přiblížení

Nezdařené přiblížení může být zahájeno z různých důvodů v kterékoliv fázi přiblížení. V případě RNP přiblížení bude bod MAPt ale vždy definován jako bod fly-over^[9]. Po zahájení postupu nezdařeného přiblížení je tedy nutné pokračovat v přímém letu do bodu nezdařeného přiblížení a do jeho dosažení neprovádět žádné zatáčky. Po přeletu bodu MAPt zařízení GNS přejde do módu „suspended“, kdy je pozastaveno automatické sekvencování bodů letového plánu. To je znázorněno na obrázku číslo 89.



Obrázek 89 Indikace SUSP po přeletu bodu MAPt.

Zařízení zůstává v módu APR a dále poskytuje navigační vedení v prodloužené ose dráhy. To ovšem není praktické - například v situaci, kdy by byla publikována zatáčka přímo na bodu MAPt, by mohlo dojít k hrubé navigační chybě a snížení ochrany letadla od překážek. Z tohoto důvodu je nutné hned, jakmile to pracovní zatížení umožní, aktivovat nezdařené přiblížení stisknutím tlačítka OBS umístěným přímo pod indikací SUSP. Tím zařízení přejde zpět do módu TERM (MAPR pro přiblížení LPV – ochranný prostor nezdařeného přiblížení

LPV je jiný, viz obrázek číslo 41), a začne poskytovat navigační vedení po trati nezdařeného přiblížení. Pokud postup nezdařeného přiblížení končí vyčkáváním, postupuje se dle kapitoly 7.6.1.

Nezdařené přiblížení může být zahájeno ze stejných důvodů, jako u přiblížení pomocí konvenční navigace (typicky nenavázání vizuálních referencí, výrazná odchylka od navigačního vedení,..). Specifiky u přiblížení RNP ale musí být nezdařené přiblížení zahájeno, pokud dojde ke ztrátě integrity signálu GNSS, nebo dokonce k úplné ztrátě schopnosti RNAV. Indikace ztráty integrity již byla popsána v textu výše. Některé další specifické situace, při kterých je nutné z technických důvodů zahájit nezdařené přiblížení, budou uvedeny v následující kapitole.

6.9 Postupy pro nenadálé situace

Protože zařízení GNS430/530(W) používá jako jediný zdroj informace o poloze GNSS (případně doplněný o augmentační služby), mohou nastat specifické situace při ztrátě integrity či schopnosti integritu monitorovat (RAIM), či úplné ztrátě signálu, případně při poruše zařízení. Tato kapitola se bude zabývat specificky nenadálými situacemi způsobenými ztrátou schopnosti RNAV, vzhledem k zaměření této práce. Ostatní situace budou specifické vzhledem k použitému typu letadla.

Jakmile dojde k některé z výše uvedených situací, je nutné zhodnotit aktuální situaci a provést rozhodnutí. Nelze obecně popsat činnost v případě ztráty prostorové navigace, protože každá situace bude specifická. Lze však popsat několik obecných zásad.

I když postupy RNAV kromě samotného navigačního zařízení prostorové navigace nevyžadují využívání žádných konvenčních radionavigačních prostředků ze strany posádky, je dobrou praxí tato zařízení stále využívat. Tím získáváme další navigační informaci, která není závislá na systému GNSS – je možné ji tedy použít pro kontrolu a případně snadný přechod na prostředky konvenční navigace v případě ztráty RNAV. V takovém případě již budeme mít naladěny příslušné kmitočty a navigační vedení tak nebude na dlouhou dobu ztraceno.

Závažnost situace při ztrátě schopnosti RNAV bude záviset na fázi letu. Pokud například dojde ke ztrátě schopnosti RNAV v průběhu traťového letu, je možné přejít na konvenční navigaci (pokud je to z hlediska tratí ATS proveditelné) a let bez problémů dokončit. Pokud ale k takové situaci dojde ve fázi konečného přiblížení, je nutné neprodleně provést postup nezdařeného přiblížení.

V každém případě je potřeba situaci řešit dle zásady priorit letět – navigovat – komunikovat. Zvláště v blízkosti země je důležité se vyvarovat dlouhým zásahům do navigačního zařízení ve snaze zjistit příčinu výpadku. V případě RNP přiblížení je třeba co nejdříve převést letadlo do stoupání a zahájit postup nezdařeného přiblížení. Jakmile to pracovní zatížení umožní, je vhodné přejít na prostředky konvenční navigace, je-li to proveditelné. V každém případě je nutné oznámit situaci jednotkám řízení letového provozu.

6.9.1 Frazologie při ztrátě schopnosti RNAV

V případě ztráty schopnosti RNAV je nutné, jakmile to pracovní zatížení umožní, tuto skutečnost oznámit. Je vhodné použít standardní frazeologii, která je dobře srozumitelná a jasně popíše nastalou situaci. Dle platné legislativy se k tomuto použije fráze „*nejsem schopen RNAV z důvodu zařízení/unable RNAV due equipment*“^[24]. Ta se musí použít ihned za volacím znakem při degradaci nebo poruše zařízení prostorové navigace a při každém dalším počátečním spojení se stanovištěm řízení letového provozu.^[24]

6.9.2 Zprávy zařízení GNS430/530

Zařízení o ztrátě integrity signálu, nebo o ztrátě RAIM, informuje neprodleně v kterémkoliv režimu zobrazením „INTEG“ v levém dolním rohu (viz obrázek č. 70). Tato indikace může být doplněna některou z níže uvedených zpráv. Naopak některé zprávy nemusí znamenat ztrátu integrity, ale jsou důležité z hlediska provedení přístrojového přiblížení (nebo celého letu). Z tohoto důvodu je nutné věnovat panelu MSG zvláštní pozornost i v průběhu přiblížení a veškeré zprávy zobrazit hned, jakmile to bude proveditelné (viz kapitola 6.2.5.). Seznam zpráv, které jsou důležité z hlediska schopnosti RNAV, a jejich význam, je uveden dále.^[16]

APPROACH IS NOT ACTIVE

Tato zpráva znamená se zobrazí ve vzdálenosti 2 NM od FAF a blíží a znamená, že nebylo možné aktivovat fázi přiblížení buď z důvodu nemožnosti automaticky vysekvencovat letový plán (je aktivní mód OBS nebo SUSP), případně pokud RAIM predikuje nedostatečné pokrytí pro fázi přiblížení (v takovém případě bude doplněno další zprávou). Přiblížení se nesmí provést, případně se musí přerušit.

DEGRADED ACCURACY

Tato zpráva se zobrazí, pokud špatná geometrie přijímaných satelitů způsobila hodnotu DOP větší, než 4,0. RAIM není k dispozici. Zařízení nesmí být použito pro přiblížení, pro ostatní fáze je vyžadována kontrola s jiným navigačním zdrojem pro ověření správnosti vypočtené polohy^[16].

POOR GPS COVERAGE

Zařízení se nachází v místě s nedostatečným počtem satelitů pro vypočtení polohy. Zařízení není schopno navigace.

GPS HAS FAILED

Došlo k poruše přijímače GPS. Zařízení není schopno vypočítat polohu. Nepoužitelné pro navigaci.

RAIM IS NOT AVAILABLE

Tato zpráva se zobrazí, pokud neexistuje dostatečné satelitní pokrytí pro funkci RAIM. Integritu polohové informace nelze zaručit. V případě přiblížení je nutné provést postup nezdařeného přiblížení a použít prostředky konvenční navigace.

RAIM IS NOT AVAILABLE FROM FAF TO MAPT

Tato zpráva se zobrazí pouze při provádění přístrojového přiblížení. Ve vzdálenosti zhruba 2 NM od FAF zařízení provádí kontrolu integrity. Pokud zařízení detekuje, že není k dispozici dostatečný počet satelitů pro splnění požadovaných ochranných limitů. Přístrojové přiblížení není možné provést, je nutné přejít na prostředky konvenční navigace. Obvykle bude doplněno zprávou „approach is not active“.

RAIM POSITION WARNING

System RAIM detekoval, že informace z jednoho nebo více satelitů je zatížena chybou. Výsledná chyba polohy může překračovat limit pro aktuální fázi letu. Je nutné provést postup nezdařeného přiblížení a přejít na prostředky konvenční navigace.

6.9.2.1 Zprávy specifické pro zařízení GNS430W/530W

Protože je zařízení GNS430W/530W schopno přijímat augmentační služby SBAS, samotná kontrola integrity probíhá jiným způsobem a výše uvedené zprávy ovlivňující schopnost RNAV budou doplněny o některé specifické jen pro tuto jednotku.^[23]

ABORT APPROACH – LOSS OF NAV

Tato zpráva je specifická pro zařízení GNS430W/530W, nicméně pokrývá několik zpráv zařízení nevybaveného SBAS. Došlo k degradaci či ztrátě informace o poloze. Je nutné provést nezdařené přiblížení s použitím prostředků konvenční navigace či radarového vektorování. Poloha GPS je nespolehlivá.

APPROACH DOWNGRADED – USE LNAV MINIMA

Jak bylo zmíněno v textu výše, 60 vteřin před dosažením bodu FAF zařízení provádí kontrolu integrity (viz 6.7.4.1.4.). Pokud parametry integrity překročí příslušné limity, vertikální vedení je potlačeno, objeví se výstražný praporek a v přiblížení je možné pokračovat bez vertikálního vedení s použitím příslušných minim. Velmi vzácně by v této chvíli mohlo dojít mimo překročení parametrů integrity i ke ztrátě RAIM. V takovém případě se objeví zpráva Abort approach – loss of nav, zobrazí se varování INTEG a přiblížení musí být neprodleně přerušeno.

LOSS OF INTEGRITY - CROSS-CHECK NAV

Parametry integrity pro danou fázi letu byly překročeny. Použijte jiné navigační prostředky pro ověření polohy a navigaci.

7. Očekávané možnosti využití PBN v GA v Evropě

Jak je patrné z prvních všeobecných kapitol této práce, navigace založená na výkonnosti je tématem posledních let a zažívá enormní rozmach i v letounech všeobecného letectví. Jako okrajovou kapitolu této práce považuji zajímavé srovnání možností využívání postupů PBN v ČR a jiných evropských zemích a zamyšlení nad prostorem pro budoucí rozvoj z pohledu provozu ve všeobecném letectví.

Protože dotazník rozeslaný provozovatelům letadel v této práci nabízí mezinárodní přesah, jsou k dispozici i data od zahraničních provozovatelů. Bohužel ve srovnání s ČR dotazník vyplnilo menší množství zahraničních provozovatelů, získaný vzorek dat tedy nemusí být plně reprezentativní, nicméně stále poskytuje určitou představu o stavu v zahraničí.

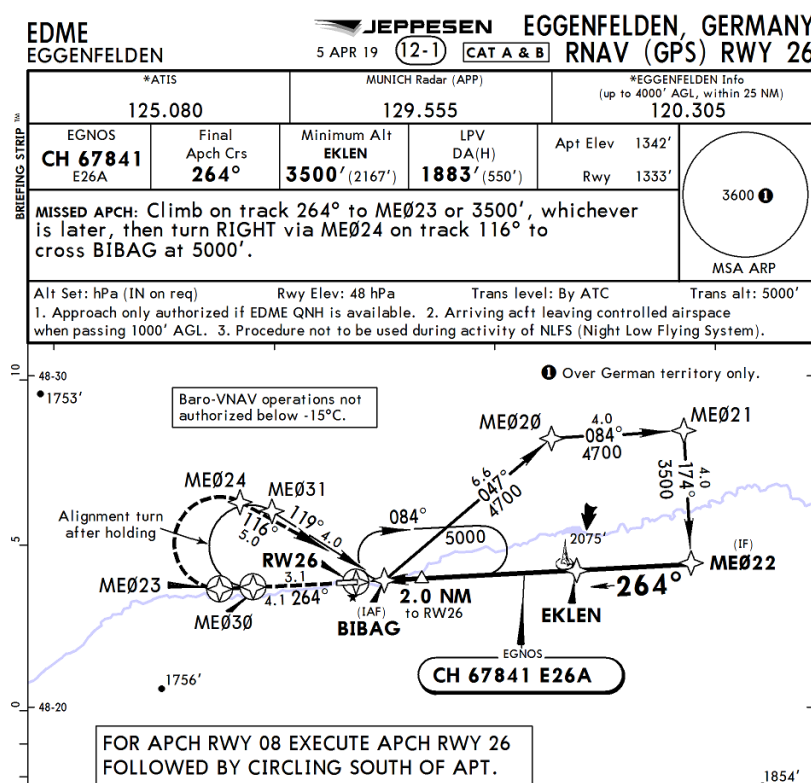
Jak je patrné z kapitoly 5.1, v České Republice je nejpoužívanějším avionickým systémem GNS430/530. V zahraničí je tento systém také silně zastoupen, nicméně vyšší nebo stejnou měrou jsou zastoupeny i jiné, novější, avionické systémy, také výrobce Garmin, například GTN650/750. Četněji je v zahraničí také zastoupen systém Garmin G1000, který tvoří avioniku „glass-cockpit“. Ve Spolkové Republice Německo potom bylo zastoupeno větší množství avioniky různých výrobců – mimo různých modelů Garmin například avionika Avidyne IFD440/540, 1 provozovatel dokonce uvedl, že žádný z jeho letounů není schopen (certifikován) prostorové navigace. Ze získaných dat lze tedy obecně konstatovat, že ve vybraných zahraničních státech je k dispozici častěji modernější avionika, než v České Republice, nicméně systém GNS430/503 je stále velmi rozšířen.

Co se týče výcviku k získání kvalifikace PBN, 71% provozovatelů s oprávněním ATO uvedlo, že poskytují výcvik k získání kvalifikace PBN. Česká Republika v tomto nijak nevyčnívá, kdy 65% respondentů uvedlo, že tento výcvik poskytují. Lze tedy konstatovat, že většina schválených organizací pro výcvik je připravena pro naplnění povinného získání kvalifikace PBN do 25. srpna 2020, viz kapitola č. 4.2.2.

Většina respondentů (81%) uvedla, že na jejich letišti není publikován žádný postup pro přiblížení podle přístrojů. Vzhledem k charakteru všeobecného letectví, kdy většina provozu probíhá z nebezpečných neřízených letišť, je tento stav očekávaný.

Respondenti, na jejichž letišti je publikován postup přiblížení podle přístrojů uvedlo, že bylo vždy publikováno i RNP přiblížení, jeden respondent z Rakouska dokonce uvedl, že je na jeho letišti publikováno pouze RNP přiblížení.

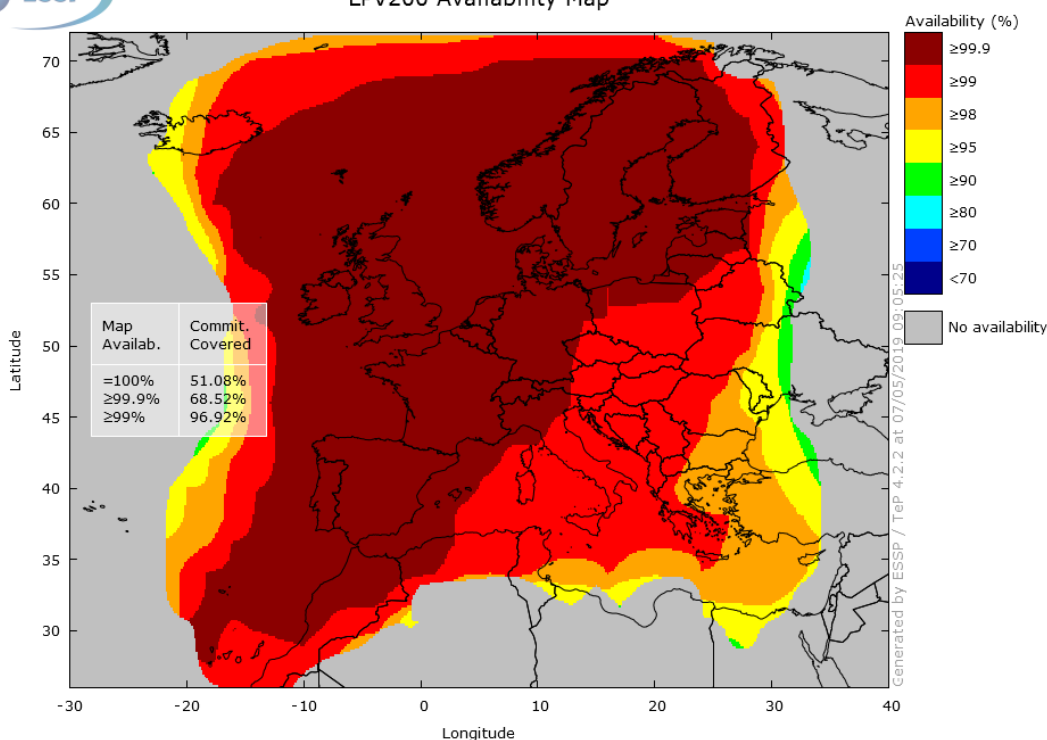
Výhodou přístrojového přiblížení RNP je fakt, že k jeho vytvoření není potřeba instalace žádných nových pozemních zařízení. Po splnění příslušných předpisových požadavků je možné publikovat takové přiblížení i na neřízené letiště. Jako příklad lze uvést letiště Eggenfelden – EDME. Okolo letiště je publikován prostor třídy F a zóna povinného vybavení radiostanicí RMZ. Na letišti je poskytována služba AFIS. Tento postup má dokonce publikována minima LPV, viz obrázek č. 90.



Obrázek 90 RNP přiblížení na letiště Eggenfelden.

V České Republice není dosud takové přiblížení na neřízeném letišti publikováno^[26]. Pro zjištění poptávky mezi provozovateli v České Republice po takovém typu přiblížení byla do dotazníku zařazena zvláštní otázka. 85% provozovatelů uvedlo, že by zavedení takových přiblížení uvítalo.

Na obrázku číslo 91 je znázorněna dostupnost systému pro přiblížení LPV za 24 hodin, tedy procenta doby, kdy byly splněny příslušné parametry integrity. Lze konstatovat, že v západní a střední Evropě byl systém dostupný 99% a více času za sledované období. Po technologické stránce tedy není konstrukce těchto přiblížení příliš omezena.



Obrázek 91 Dostupnost služby EGNOS LPV200 za 24 hodin. [25]

V současné době je již většina letadel všeobecného letectví vybavena pro provoz dle PBN. Pro letové posádky bude již kvalifikace PBN od roku 2020 povinná, pokud budou držiteli platné doložky IR. Ve všeobecném letectví se tedy stal provoz systémů prostorové navigace běžnou záležitostí.

7.1 Shrnutí

V současné době v České Republice převažuje systém GNS430/530. V budoucnu lze očekávat instalaci modernějších avionických systémů, jak se již děje v zahraničí, které opět rozšíří možnosti využití postupů PBN. Spolu s rozšiřujícím vybavením letadel je ale nutné rozšířit i možnosti využití takového vybavení publikováním nových postupů. Zatímco na každém řízeném letišti v ČR je publikován alespoň jeden postup přiblížení RNP, v ČR není jediné neřízené letiště, na kterém by byl takový postup publikován. Protože právě z takových letišť probíhá většina provozu letadel všeobecného letectví, je i poptávka provozovatelů po takovém typu přiblížení vysoká. To, že je takové přiblížení možné zkonstruovat a bezpečně provozovat i na neřízeném letišti je možné podložit příklady ze zahraničí. Do budoucna tedy vidím ve všeobecném letectví veliký potenciál pro rozvoj právě v této oblasti – publikování přiblížení RNP na neřízené letiště.

8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit komplexní materiál, který se zabývá provozem navigace založené na výkonnosti v letounech všeobecného letectví.

V první teoretické části práce byly kromě obecného úvodu do dané problematiky rozebrány předpisy, které se na provoz PBN vztahují, z jakých organizací pochází a jak ovlivňují každodenní provoz – tedy který druh provozu a za jakých podmínek je možné provádět a na který je již potřeba zvláštní oprávnění úřadu. V další kapitole byl proveden výklad konstrukce tratí dle postupů PBN. Tuto kapitolu považuji pro letové posádky za zvláště důležitou – pokud pilot provádí lety podle přístrojů, musí vědět, jakým způsobem je jeho letadlo chráněno od překážek. Protože je konstrukce letových postupů popsána pouze obsáhlým a jen částečně přeloženým předpisem, kdy některé pasáže jsou náročnější na pochopení a vyžadují hlubší znalost související problematiky, nemusí být mezi letovými posádkami toto povědomí na vysoké úrovni. Proto byl proveden výklad konstrukce letových postupů PBN, aby bylo srozumitelné, jak se ochranné prostory konstruují a jaká ochrana od překážek je v různých fázích letu zajištěna. Protože z hlediska konstrukce není rozdíl mezi letovými postupy pro letadla všeobecného letectví a letadla obchodní letecké dopravy či kterékoliv další, může být tato pasáž použitelná pro veškeré druhy provozu. Protože metodika provedení letu dle postupů PBN bude kromě obecných principů úzce záviset na používané avionice, bylo nutné určit nejpoužívanější avionický systém. Aby bylo toto určení podloženo daty, byl na platformě google forms vytvořen dotazník, který byl následně distribuován mezi 94 provozovatelů v České Republice, ale i vybraných evropských zemí (viz příloha číslo 1 této práce). Z tohoto důvodu byl přeložen do anglického a německého jazyka a získaná data ze zahraničí měla sloužit zejména pro mezinárodní přesah práce v poslední kapitole. Sběr dat probíhal 89 dní, v termínu od 5.1.2019 do 4.4.2019. Na základě vyhodnocení získaných dat byl určen nejpoužívanějším avionickým systémem v České Republice systém Garmin GNS430/530. Pro tento systém byla následně tvořena metodika provedení letu dle postupů PBN. Aby mohla být metodika vhodně doplněna názornými obrázky, bylo během provozu konkrétní schválené organizace pro výcvik pořízeno mnoho fotografií systému v různých fázích letu a metodika zároveň doplněna o některé poznatky instruktorů přístrojového létání. Poslední část práce se zabývala srovnáním možností využití postupů navigace založené na výkonnosti v České Republice a ostatních evropských zemích. Bohužel rozeslaný dotazník vyplnilo menší množství zahraničních respondentů, proto data nelze s jistotou prohlásit za reprezentativní. Obecně lze povědět, že i když je i v zahraničí stále v hojně míře využíván systém GNS430/530, jsou více dostupné moderní avionické systémy, které poskytují lepší možnosti využití. V zahraničí je zároveň lepší možnost využití těchto postupů ve

všeobecném letectví z důvodu publikování RNP přiblížení i na některá neřízená letiště, ze kterých probíhá většina provozu letadel všeobecného letectví. Většina provozovatelů ve všeobecném letectví v ČR zároveň uvedla, že by uvítala zavedení takových postupů na neřízených letištích. Z technického hlediska je dostupnost systému v České Republice podobná, jako v západních evropských zemích. V implementaci přiblížení RNP na neřízené letiště tedy vidím veliký prostor pro budoucí rozvoj v České Republice, i když je takový proces legislativně náročný.

Problematika navigace založené na výkonnosti je velmi obsáhlá. Aby mohl být naplněn cíl této práce, bylo nutné některé části podrobně rozebrat a pro jednodušší pochopení doplnit obrázkem. Z tohoto důvodu je i tato práce rozsáhlejší, nicméně komplexně pokrývá problematiku navigace založené na výkonnosti z pohledu letové posádky v letadlech všeobecného letectví. Věřím proto, že tato práce přispěje ke zvýšení povědomí o navigaci založené na výkonnosti ve všeobecném letectví a v konečném důsledku tak i ke zvýšení bezpečnosti provozu.

9. Použité zdroje

[1] ELIOT, Charlie. Implementing Performance Based Navigation (PBN) in ECAC. Luxembourg: seminář EUROCONTROL, 01/09/2014.

[2] What is GNSS? | European Global Navigation Satellite Systems Agency. European GNSS Agency [online]. Dostupné z: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>

[3] International Civil Aviation Organization. Performance-based Navigation Manual: Third Edition. 2008. ISBN 978-92-9231-198-8.

[4] Letecký předpis L6, Provoz letadel, část II: Změna č. 35 a12/ČR. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.

[5] Regulations *EASA*. *European Union Aviation Safety Agency* [online]. [cit. 14.12.2018]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/regulations>

[6] Informační věstník OLD 03/2016, Úřad pro civilní letectví. [online]. [cit. 16.12.2018]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/informacni-vestnik-old-03-2016>

[7] EUR-Lex — Access to European Union law. [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

[8] SOLDÁN, Vladimír. *Letové postupy a provoz letadel*. Praha: Nakladatelství LIS, 2007. ISBN 8023985955.

[9] International Civil Aviation Organization. Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations: Sixth edition. 2014. ISBN 978-92-9249-637-1.

[10] VESELÝ, Petr. *Zavedení postupů navigace podle požadavků PBN na regionálním letišti*. Brno, 2015. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně.

[11] Letecký předpis L8168, část I: Změna č. 35 a12/ČR. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.

[12] Letecký předpis L4: Letecké mapy, Změna č. 54. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.

- [13] Zdroj: ICAO PBN Airspace Workshop. *ICAO*. [online]. [cit. 14.02.2019]. Dostupné z: <https://www.icao.int/MID/Documents/2014/PBN%20Go-Team%20Visit/04%20-%20PBN%20Airspace%20Workshop.pdf>
- [14] Schválené organizace pro výcvik ATO. *Úřad pro civilní letectví* [online]. [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/6874/>
- [15] GNS430/430A Specifications. *Garmin* [online]. [cit. 08.04.2019]. Dostupné z: https://www8.garmin.com/specs/GNS430_rev0303.pdf
- [16] GARMIN CORPORATION. *GNS 430 Pilot's Guide and Reference*. Revision F. 2000.
- [17] EASA AMC 20-27 | European Union Aviation Safety Agency [online]. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/agency-measures-docs-agency-decisions-2009-2009-019-R-Annex-III---AMC-20-27.pdf>
- [18] RNAV Training Manual. *Vasa Basic*. 2008. [online]. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: http://www.peter2000.co.uk/aviation/misc/rnavmanual1_8.pdf
- [19] Letecký předpis L4444: Doplněk 2 – letový plán. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.
- [20] JŮN, František. Učebnica na lety podľa prístrojov. Bratislava: DOLIS, 2015. ISBN 978-80-8181-049-7.
- [21] GARMIN CORPORATION. *GNS430 Simulator. Počítačový program*. Dostupné také z: <https://www8.garmin.com/include/SimulatorPopup.html>
- [22] Aviation Notices & Alerts. [online]. Jeppesen. [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <http://ww1.jeppesen.com/company/alerts/aviation-alerts.jsp?region=Eastern%20Europe>
- [23] GARMIN CORPORATION. *400W Series Pilot's Guide and Reference*. Revision K. 2016.
- [24] Letecký předpis L FRAZEOLOGIE: Letecká frazeologie a terminologie pro poskytování letových provozních služeb a provádění letů. Změna č. 9. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.
- [25] LPV200 MAPS | EGNOS User Support. [online]. Dostupné z: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/lpv200_maps

[26] AIP – Aeronautical Information Publication of the Czech Republic | ŘLP ČR, s.p. [online].
Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm

10. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Seznam oslovených provozovatelů

Příloha č. 2 – Otázky a možné odpovědi dotazníku

Příloha č. 3 – Nezpracované odpovědi získané dotazníkem (surová data)