



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy**

**Návrh GNSS přiblížení a odletů z letiště Roudnice**

**Draft of GNSS approach and departure from the Roudnice airfield**

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Mgr. Viktor Soukup

Ing. Ladislav Capoušek Ph.D.

**Bc. Marek Němec**

---

**Praha 2015**

**Prohlášení:**

„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 užívání 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:.....

.....

Marek Němec

**Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval vedoucím diplomové práce Ing. Ladislavu Capouškovi, Ph.D., a zvláště Mgr. Viktorovi Soukupovi za velmi ochotný a přátelský přístup a svůj čas. Dále děkuji za cenné informace a instrukce, které byly užitečné ke zpracování této diplomové práce.

# Obsah

Abstrakt.....	7
Abstract.....	8
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	9
Seznam použitých jednotek .....	13
Úvod.....	14
1. Systémy GNSS .....	15
1.1. Vývoj družicových navigačních systémů.....	15
1.1.1. GPS - Global Positioning System.....	16
1.1.2. GLONASS .....	17
1.1.3. GALILEO .....	17
1.2. Satellite – Based Augmentation systems (SBAS).....	18
1.2.1. Geostacionární družice - GEO .....	18
1.3. ABAS (Aircraft – Based Augmentation systems) .....	19
1.3.1. Provozní módy a limity varování.....	19
1.3.2. Monitorování integrity.....	20
1.3.3. Obecná kritéria pro přijímače SBAS GNSS .....	20
1.4. GBAS (Ground – Based Augmentation systems).....	21
1.5. Souřadnicový systém WGS84.....	22
2. Druhy RNAV (GNSS) přiblížení.....	23
2.1. Performance Based Navigation (PBN) koncept.....	23
2.1.1. Koncept Performance Based Navigation .....	23
2.1.2. Principy prostorové navigace.....	25
2.2. RNAV přiblížení .....	26
2.2.1. Předpoklad rozvoje navigačního zařízení v České republice .....	27
2.3. Problematika letu IFR na neřízené letiště v České republice.....	29
3. Letiště Roudnice n. Labem .....	32
3.1. Služba AFIS .....	32
4. Postupy návrhu přiblížení RNAV .....	34
4.1. Procedure design .....	34
4.2. Postup přiblížení podle přístrojů (IAP).....	34

4.2.1.	Přesné přiblížení (PA).....	35
4.2.2.	Postup přiblížení s vertikálním vedením (APV).....	35
4.2.3.	Nepřesné přístrojové přiblížení (NPA).....	35
4.2.4.	Přiblížení okruhem (Circling Approach) .....	35
4.3.	Kategorie letadel .....	36
4.4.	Bezpečná výška nad překážkami MOC .....	37
4.5.	Ochranný prostor.....	40
4.6.	MSA/TAA.....	41
4.7.	Traťový bod (Waypoint) .....	42
4.7.1.	Tolerance traťových bodů.....	43
4.7.2.	Poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W ).....	44
4.8.	Zúžení ochranného prostoru.....	45
4.9.	Typy traťových úseků .....	46
4.10.	Minimální vzdálenost ustálení (MSD) .....	47
4.11.	Koncept T a/nebo Y tratě .....	47
4.12.	Úseky přiblížení.....	49
4.12.1.	Počáteční úsek přiblížení.....	49
4.12.2.	Střední úsek přiblížení.....	49
4.12.3.	Konečný úsek přiblížení.....	50
4.12.4.	Úsek nezdařeného přiblížení .....	51
4.13.	Postup pro odlet.....	51
4.14.	Konstrukce ochranného prostoru zatáčky .....	53
4.14.1.	Ochranný prostor zatáčky .....	54
4.14.2.	Metoda kruhových oblouků .....	55
4.14.3.	Prostor zatáčky využívající metody spirály vlivu větru.....	55
4.14.4.	Prostor zatáčky využívající hraničních kružnic .....	56
4.14.5.	Druhy zatáček.....	56
4.14.6.	Předpisová zatáčka (Procedure turn).....	57
4.15.	Vyčkávání.....	57
4.15.1.	Letově technická tolerance (FTT).....	59
4.15.2.	Bezpečná výška nad překážkami .....	59
4.15.3.	Postupy pro vstup do vyčkávacího obrazce .....	60
4.15.4.	RNAV vyčkávání .....	61

4.16.	Přiblížení okruhem (Circling Approach).....	62
4.16.1.	Ochranný prostor pro přiblížení okruhem.....	63
4.16.2.	Postup nezdařeného přiblížení okruhem .....	63
5.	Návrh RNAV (GNSS) přiblížení a odletů z letiště Roudnice .....	65
5.1.	RNAV (GNSS) RWY 13L LKRO .....	65
5.1.1.	Sekvence bodů a souřadnice .....	65
5.1.2.	Finální přiblížení.....	66
5.1.3.	Postup nezdařeného přiblížení .....	67
5.1.4.	Předpisová zatáčka.....	67
5.1.5.	Vyčkávací obrazec .....	68
5.2.	RNAV (GNSS) RWY 31P LKRO .....	68
5.3.	Příletová trať .....	69
5.4.	Odlet z letiště LKRO.....	70
5.5.	Výpočty ochranného prostoru .....	73
5.5.1.	Parametry zatáček od IAF LKRO do usazení na trati konečného přiblížení.....	73
5.5.2.	Nezdařené Přiblížení (fly-over) .....	74
5.5.3.	Reversal (procedure turn 45°/180°).....	75
5.5.4.	Vyčkávání: .....	76
5.5.5.	Zahájení zatáčky po vzletu .....	77
	Závěr .....	79
	Přílohy.....	82
	Seznam tabulek .....	115
	Seznam obrázků.....	116
	Seznam příloh .....	117
	Seznam použité literatury .....	119

# Abstrakt

<b>Název práce:</b>	Návrh GNSS přiblížení a odletů z letiště Roudnice
<b>Autor:</b>	Bc. Marek Němec
<b>Studijní program:</b>	Technika a technologie v dopravě a spojích
<b>Obor:</b>	Provoz a řízení letecké dopravy
<b>Druh práce:</b>	Diplomová práce
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D., České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Mgr. Viktor Soukup, M PLUS spol. s.r.o., Řešení letových postupů.
<b>Anotace:</b>	Tato diplomová práce shrnuje základní informace o systému GNSS a informace o postupu návrhu přiblížení podle přístrojů se zaměřením na prostorovou navigaci podle předpisu PANS OPS. Tyto postupy jsou následně uplatněny pro návrh postupu přiblížení a odletu z letiště Roudnice. Práce má za cíl vytvořit výcvikové postupy pro přiblížení a odlety a poukázat na možnost budoucí aplikace přístrojového přiblížení na letiště Roudnice.
<b>Klíčová slova:</b>	GNSS, RNAV, IFR, Nepřesné přístrojové přiblížení, Letiště Roudnice, Procedure design, konstrukce ochranného prostoru, Tolerance traťového bodu

# Abstract

<b>Title:</b>	Draft of GNSS approach and departure from the Roudnice airfield.
<b>Author:</b>	Bc. Marek Němec
<b>Study programme:</b>	Technology and Technics of Transport and Communications
<b>Branch:</b>	Air Traffic Control and Management
<b>Kind of thesis:</b>	Diploma thesis
<b>Supervisor:</b>	Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences Mgr. Viktor Soukup, M PLUS Ltd., Procedure design
<b>Annotation:</b>	This diploma thesis summarizes the basic information about Global Navigation Satellite Systems and information about approach and departure procedure design according area navigation with reference to document PANS OPS. The procedures are applied to the draft of procedure approach and departure from Roudnice airfield. The thesis tries to create an arrival and departure procedures for training purposes and tries to show a future opportunity of an instrument approach and departure application from Roudnice airfield.
<b>Key words:</b>	GNSS, RNAV, IFR, Non-precision approach, Airfield Roudnice, Procedure design, Construction of protection area, Tolerance of waypoint



## Seznam použitých symbolů a zkratk

	Název	Name
½ A/W	Poloviční šířka ochranného prostoru	Area semi-width
ABAS	Zdroje palubních základů GNSS	Aircraft Based Augmentation System
ADF	Automatický Radiomaják	Automatic Direction Finder
AFIS	Letištní a letové informační služby	Aerodrome Flight Information Service
APCH	Přiblížení	Approach
APV	Postup přiblížení s vertikálním vedením	Approaches with Vertical guidance
ATC	Řízení letového provozu	Air traffic control
ATS	Letové provozní služby	air traffic service
ATT	Podélná traťová tolerance	Along-Track Tolerance
ATZ	Letištní provozní zóna	Aerodrome traffic zone
BV	Nárazníková hodnota	Buffer value
CA	Let daným směrem do předepsané nadmořské výšky	Course to altitude
CAT	Kategorie	Category
CDFA	Postup kontinuálního klesání na přiblížení a přistání	Continuous Descent Final Approach
CF	Let směrem k Traťovému bodu	Course to fix
CFIT	Řízený let do terénu	Controlled flight into terrain
CNS	Komunikační, navigační a přehledové systémy	Communication, Navigation and Surveillance systems
DA	Nadmořská výška rozhodnutí	Decision altitude
DER	Konec odletové dráhy	Departure end of the runway
DF	Přímý let směrem k traťovému bodu	Direct to fix
DGPS	Diferenciální Globální polohovací systém	Differential Global Positioning System
DH	Výška rozhodnutí	Decision Height
DME	Zařízení k měření šikmé vzdálenosti	Distance Measuring Equipment
Doc	Dokument	Document
DOP	Snížení přesnosti	Dilution of precision
E	Efekt větru	Wind effect
EGNOS	Služba evropského segmentu globální navigace	European Geostationary Navigation Overlay Service
ENR	Traťová mapa	En route chart
ESA	Evropská kosmická agentura	European Space Agency
EU	Evropská unie	European Union
E <sub>⊙</sub>	Efekt větru se snosem	Wind effect with drift
FAA	Federální letecký úřad spojených států amerických	Federal Aviation Administration
FAF	Konečný bod přiblížení	Final approach fix

FDE	Detekce chyb a zjištění přítomnosti chyby polohy	Fault detection and exclude
FIS	Letová informační služba	flight information service
FL	Letová hladina	Flight Level
FTT	Letově technická tolerance	Flight technical tolerance
G	Gravitace	Gravity
GA	Všeobecné letectví	General Aviation
GALILEO	Globální družicový polohový systém vyvinutý v EU	European Global navigation satellite system
GBAS	Zdroje pozemních základů GNSS	Ground-Based Augmentation System
GEO	Geostacionární oběžná dráha Země	Geostationary Earth Orbit
GLONASS	Globální družicový polohový systém vyvinutý v SSSR	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema
GNSS	Globální družicový polohový systém	Global Navigation Satellite System
GPS	Globální polohovací systém	Global Positioning System
H	Výška	Height
HL	Ztráta výšky	Height loss
IAF	Fix počáteční přiblížení	Initial approach fix
IAP	Postup přiblížení podle přístrojů	Instrument Approach Procedure
IAS	Indikovaná vzdušná rychlost	Indicated air speed
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IF	Fix středního přiblížení	Intermediate approach fix
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů	instrument flight rules
ILS	Systém pro přesné přiblížení a přistání	Instrument Landing system
INS	Inerciálních navigačních systémů	inertial navigation system
IRS	Inerciální referenční systém	Inertial Reference System
ISA	Mezinárodní standardní atmosféra	International standard atmosphere
KK line	První možný bod zahájení zatáčky	Earliest turn point
L	Levá	Left
LAAS	Rozšiřující systém GNSS pro lokální aplikace	Local Area Augmentation System
LKRO	ICAO kód letiště Roudnice	ICAO code of airport Roudnice
LMT	Místní čas	Local mean time
LNAV	Příčná navigace	Lateral navigation
LP	Systém založen na výkonnosti localizeru	Localizer performance
LPV	Systém založen na výkonnosti localizeru s vertikálním vedením	Localizer performance with vertical guidance
MAPt	Bod zahájení postupu nezdařeného přiblížení	Missed approach point
MDA	Minimální nadmořská výška pro klesání	Minimum descent altitude
MDH	Minimální výška pro klesání	Minimum descent height

MEO	Střední oběžná dráha kolem Země	Medium earth orbit
MLS	Mikrovlnný přistávací systém	Microwave Landing systém
MOC	Minimální výška nad překážkami	Minimum obstacle clearance altitude
MRVA	Minimální výška pro radarové vektorování	Minimum Radar Vectoring Altitude
MSA	Minimální sektorová výška	Minimum Sector Altitude
MSD	Minimální vzdálenost ustálení	Minimum stabilization distance
NDB	Nesměrový radiomaják	Non-directional Beacon
NPA	Nepřesné přístrojové přistání	Non-precision approach
OCA	Bezpečná nadmořská výška nad překážkami	Obstacle clearance altitude
OCH	Bezpečná výška nad překážkami	Obstacle clearance height
OIS	Identifikační rovina překážek	Obstacle identification surface
PA	Přesné přiblížení	Precision Approach
PAN OPS	Pravidla pro projektování přístrojových postupů pro přiblížení a odlet	Rules for designing instrument approach and departure procedures
PAR	Přesný přibližovací radar	Precision Approach Radar
PBN	Navigace založená na výkonnosti	Performance-based navigation
PDG	Návrhový gradient	Procedure design gradient
PPS	Služba přesné určování polohy	Precise Positioning Service
PRT	Tolerance reakce pilota	Pilot reaction tolerance
PZ90	Systém parametry Země 1990	System Parameters of the Earth 1990
QNH	Barometrický tlak přepočítaný na hladinu moře	Barometric pressure adjusted to sea level
R	Pravá	Right
r	Poloměr zatáčky	Radius of turn
R	Rychlost zatáčení	Rate of turn
RAIM	přijímač autonomního monitorování integrity	Receiver autonomous integrity monitoring
RMZ	oblast s povinným rádiovým spojením	Radio Mandatory Zone
RNAV	Prostorová navigace	Area Navigation
RNP	Požadovaná navigační přesnost	Required navigation performance
RWY	Vzletová a přistávací dráha	Runway
ŘLP	Řízení letového provozu ČR	Air Navigation Service of The Czech Republic
SBAS	Zdroje satelitních základů GNSS	Satellite-based augmentation systems
SERA	Standardizovaná evropská pravidla pro létání	Standardized European Rules of the Air
SID	Standardní postup odletu podle přístrojů	Standard instrument departure
SPS	Standardní služby určování polohy	Standard Positioning Service
SRE	Přehledový radar	Surveillance Radar Equipment
SSR	Odpovídač	Secondary surveillance radar

STAR	Standardní konečné příletové tratě pro let podle přístrojů	Standard terminal arrival route
TAA	Koncová příletová nadmořská výška	Terminal Arrival Area
TAS	Pravá vzdušná rychlost	True Air speed
TAS	Pravá vzdušná rychlost	True air speed
TF	Let kurzem směrem k traťovému bodu	Track to fix
TID	Vzdálenost zahájení zatáčky	Turn initiation distance
TMA	Koncová řízená oblast	Terminal control area
TMZ	oblast s povinným odpovídačem	transponder mandatory zones
TNH	Výška zatáčky	Turn height
TP	Bod zatáčení	Turning point
TRD	Nejkratší možná vzdálenost tratě	The shortest possible track distance
TSE	Maximální možná boční výchylka navigace	Total system error
UHF	Ultra krátké vlny	Ultra High Frequency
UTC	Koordinovaný světový čas	Coordinated Universal Time
V	Rychlost	Speed
Vat	Rychlost přeletu nad prahem dráhy	Threshold speed
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti	Visual flight rules
VHF	Velmi krátké vlny	Very high frequency
VNAV	Vertikální navigace	Vertical navigation
VOR	VHF všesměrový radiomaják	VHF Omnidirectional Radio Range
Vs0	Pádová rychlost v přistávací konfiguraci	Stalling Speed with gear and full flaps extended
Vs1	Pádová rychlost v čisté konfiguraci	Stalling Speed with the Gear and Flaps retracted
W	Rychlost větru	Wind speed
WD	Vzdálenost k traťovému bodu	Waypoint distance
WGS 84	Světový geodetický systém 1984	World Geodetic System 1984
WPT	Traťový bod	Waypoint
XTT	Příčná traťová tolerance	Cross-Track Tolerance
Θ	Úhel změny směru letu	Change of flight direction

## Seznam použitých jednotek

	Název	Name
%	Procento	Percent
°	Stupeň	Degree
'	Stopa	Feet
°/s	Stupeň za vteřinu	Degree per second
°C	Stupeň Celsia	Degree of Celsius
ft	Stopa	Feet
h	Hodina	Hour
Hz	Hertz	Hertz
K	Kelvin	Kelvin
km	Kilometr	Kilometer
km/h	Kilometr za hodinu	Kilometer per hour
kt	Uzel	Knot
m	Metr	Meter
NM	Námořní míle	Nautical mile
Pa	Pascal	Pascal
s	Sekunda	Second

# Úvod

S rostoucím tempem letecké dopravy a zvyšujícím se počtem letišť je zapotřebí zefektivnit letecký provoz a to za pomoci modernějších systémů a zařízení. Převládá snaha zdokonalovat různé systémy řízení a z ekonomických důvodů také zjednodušovat technické zařízení a údržbu, a to hlavně s ohledem na bezpečnost letecké dopravy, která je vždy prioritní.

Do nedávné doby se v Evropě využívala tzv. konvenční navigace. To znamená, že letadla se navigovala pomocí pozemních zařízení. Byla nucena létat od jednoho pozemního zařízení k dalšímu. Ve výsledku letadlo urazilo mnohem větší vzdálenost, než kdyby letělo přímo do dané destinace. Tento postup řízení byl neekologický a neekonomický.

Postupem doby, s příchodem a zavedením družicové navigace do letecké dopravy za použití tzv. prostorové navigace, se zefektivnilo využití vzdušného prostoru a zkrátily vzdálenosti pro přelety. Nejprve byla družicová navigace aplikována pouze pro let po trati, v posledních letech se začala prostorová navigace aplikovat také na postupy přiblížení a nyní je snaha docílit provedení celého letu od vzletu do přistání za pomoci prostorové navigace. Velká výhoda prostorové navigace spočívá v tom, že není třeba mít k dispozici pozemní zařízení, které je náročné na údržbu a na různé provozní odchylky.

Využití družicové navigace se začalo zavádět v Evropě na velkých mezinárodních letištích a následně i na menších mezinárodních letištích. V Evropě se začíná aplikovat postup přístrojového přiblížení i odletu z letiště všeobecného letectví za pomoci prostorové navigace. Tato letiště nemají žádné pozemní radionavigační zařízení. Je to velká výhoda, protože doposud byla všechna letadla odlétávající z neřízených letišť závislá na počasí. Aby letadlo mohlo přistát nebo vzlétnout z letiště, které nedisponovalo postupy pro přístrojové přistání / odlet, bylo nutné, aby pro vzlet / přistání bylo příznivé. Například ve Spojených státech amerických se tyto postupy využívají téměř na každém letišti včetně letišť obecného letectví. Letectví v Evropě se snaží o to samé.

Z výše uvedených důvodů bych rád připravil návrh postupů pro přístrojové přiblížení/odlet z letiště Roudnice za pomoci prostorové navigace podle předpisu PANS OPS. Toto letiště má potenciál zavedení tohoto přiblížení po splnění určitých požadavků. Z letiště Roudnice často vzlétají piloti za účelem provedení letu podle přístrojů, a jak jsem již zmiňoval, tyto lety jsou závislé na vývoji počasí.

# 1. Systémy GNSS

GNSS [GPS/GLONASS/DGPS] představují nové technologie CNS, založené na výsledcích programů kosmického výzkumu a vývoje ve světě. Celosvětovým působením, nepřetržitou činností, vysokou pohotovostí a přesností měření překonávají možnosti všech dosavadních technologií CNS. Ve stále ještě raném stádiu své existence však GNSS dosud nedosahují, dostatečné úrovně integrity a nebyly proto dosud akceptovány jako spolehlivé zdroje navigačních informací. Lze však předpokládat, že je pouze otázkou času, kdy se tyto technologie natrvalo stanou primárními technologiemi v CNS (tzn. že ve vývoji leteckého navigačního zařízení, princip GNSS postupně nahradí všechny ostatní dosud využívaná zařízení). [1]

Nasazení družicových systémů pro přesná přiblížení letadel na přistání znamená skutečný převrat v letecké navigaci a velký posun v kvalitě vedení letadla na trati konečného přiblížení jak ve vertikální, tak v horizontální rovině. Přiblížení MLS se uvádí do letecké praxe jen velmi pomalu a je otázkou, zda se v budoucnu vůbec bude toto využívat. Rozdíl v kvalitě mezi přiblížení ILS a MLS není totiž tak významný, jako jsou významné náklady na vývoj a instalace zařízení MLS na světových letištích. Zatímco přiblížení GNSS znamená vysokou přesnost pro vedení letadla v konečné fázi letu a na přistání. Posun v kvalitě přiblížení je tedy v porovnání ILS a GNSS význačný. [2]

## 1.1. Vývoj družicových navigačních systémů

Hlavní výhoda družicových navigačních systémů spočívá v tom, že jejich nasazením umožníme nahrazení složité pozemní sítě radionavigačních majáků výrazně nižším počtem družicových stanic. Další předností je jejich funkcionalita – dokáží v oblasti pokryté vysílaným signálem z družic určit polohu letadla v jednotném souřadnicovém systému kdykoliv a kdekoliv. Na začátku osmdesátých let existovaly dva globální družicové systémy pro určení polohy jakéhokoli bodu na zemi, a to americký systém NAVSTAR, označovaný častěji jako GPS a tehdy sovětský systém GLONASS. Koncem osmdesátých let, kdy došlo k politickému uvolnění ve světě, se objevila myšlenka těsnější spolupráce obou systémů, které by tvořily základ celosvětového systému, nazvaného tehdy jako GNSS. Výhodou tohoto kombinovaného systému by bylo výrazné zvýšení přesnosti a integrity (více družic a využití nových technologií a principů v pozemních řídicích centrech).

Předpokládalo se, že vývoj GNSS bude probíhat postupně, a to ve dvou fázích, pracovně označených jako GNSS 1 a GNSS 2, přičemž GNSS 1 měl být kombinovaný systém NAVSTAR a GLONASS doplněný systémem velkoplošných korekcí, přenášených geostacionárními družicemi, a GNSS 2 měl být kombinovaný systém NAVSTAR a GLONASS doplněný dalším evropským družicovým systémem GALILEO. Galileo je čistě evropský systém, jehož vývoj, realizaci a provoz zajišťuje Evropská tripartitální skupina (European Tripartite Groupe). Jejími členy jsou EU, Eurocontrol a ESA. Systém šíření korekcí, původně označený jako GNSS 1, byl v evropské alternativě přejmenován na EGNOS. EGNOS podporuje systémy NAVSTAR a GLONASS diferenčními korekcemi a dálkoměrným signálem a je kompatibilní se systémy WAAS (americký velkoplošný systém korekcí) a MSAS. Tyto systémy vytvářejí geostacionární rozšířené pokrytí diferenčním signálem. Je kompatibilní rovněž se systémem LAAS určeným pro lokální aplikace. [2]

### **1.1.1. GPS - Global Positioning System**

*Global Positioning System* GPS je družicový navigační systém, který využívá metody dálkoměrného měření od satelitů GPS pro určení polohy a času kdekoli na světě. Systém je provozován armádou Spojených států pro vládu Unie. V roce 1994, Spojené státy nabídly na podporu potřeb mezinárodního civilního letectví GPS standardní služby určování polohy (SPS), a ICAO tuto nabídku přijalo.

Systém GPS se skládá z 24 satelitů na šesti oběžných drahách. Satelity pracují v téměř kruhové oběžné dráze ve výšce 20 200 km s inklinací 55° k rovníku. Každý satelit obletí oběžnou dráhu za 11 hodin 58minut. Ovládací segment GPS má pět monitorovacích stanic a čtyři pozemní antény. Monitorovací stanice, které využívají GPS přijímač pasivně, sledují všechny satelity a vyhodnocují jejich data. Hlavní řídicí stanice zpracovává informace k určení satelitních hodin, pozice na oběžných drahách a aktualizaci navigační zprávy každého satelitu. Tato aktualizovaná informace se přenáší do satelitů prostřednictvím pozemních antén, která se rovněž využívá pro vysílání a příjem o stavu satelitu a informací k řízení satelitu.

GPS SPS, využívá pro hrubé získávání polohy C/A kódu na jednom nosném kmitočtu  $L1 = 1575,42$  MHz. Je navržen tak, aby určení polohy bylo využitelné pro civilního uživatele po celém světě. Služba *přesné určování polohy* (PPS), která využívá přesný kód (P-kód), na dvou nosných kmitočtech  $L1 = 1575,42$  MHz a  $L2 = 1\ 227,6$  MHz, poskytuje přesnější možnosti určování polohy. Získaná přesná informace je šifrována. Využívání P-kódu je omezeno pouze pověřenými subjekty. [3]



### 1.1.2. GLONASS

GLONASS je družicový pasivní dálkoměrný systém s kmitočtovým multiplexem (každá družice vysílá na jiném kmitočtu). Družice vysílají v UHF pásmu 1602,562 až 1615,5 MHz a 1246,4735 až 1257,364 MHz. Satelity obíhají po kruhových drahách ve třech rovinách (úhel mezi drahami je 120°) ve výšce 19 100 km s dobou oběhu 11 h 15 min a inklinací 64,8°. Přesnost určení polohy se v praxi pohybuje okolo  $\pm 10$  m.

GLONASS byl Ruskem navržen také pro mezinárodní civilní využití. V případě, že v budoucnosti bude využíván souběžně spolu s GPS (resp. i s Galileo), při použití společného hardware uživatelského zařízení bude výsledný GNSS disponovat podstatně vyšší spolehlivostí, významně poklesne hodnota DOP a omezí se provozní, politická i ekonomická závislost uživatelů na provozovateli systému. Společné přijímače signálů GPS a GLONASS již byly/jsou nabízeny na mezinárodním trhu. [1]

### 1.1.3. GALILEO

Galileo je evropský program pro globální družicový navigační systém, který poskytuje vysoce přesné a zaručené určení polohy. Spolupracuje s americkým GPS a ruským GLONASS. Systém se skládá z 30 družic na střední oběžné dráze (MEO) a z pozemních stanic. Galileo je moderní a efektivně navržený družicový systém, který bude zvyšovat technologickou nezávislost Evropy, a pomáhat stanovit mezinárodní normy pro globální navigační družicové systémy (GNSS). Je vyvíjen ve spolupráci Evropské unie a Evropské kosmické agentury (ESA).

Kompletní systém Galileo se bude skládat z celkem 30 družic (27 provozních a 3 záložních). Každá družice obletí oběžnou dráhu Země ve výšce 23 616 km za 14 hodin a 4 minuty. Na zemi budou vždy alespoň čtyři satelity v dosahu pro určení polohy. Těchto 30 satelitů bude rozděleno do třech oběžných drah s úhlem inklinace 56° k rovníku a poskytnou pokrytí až k polárním oblastem. [4]

Jak bylo řečeno na začátku, GNSS neobsahuje pouze základní konstelační systémy (jako je GPS, GLONASS, Galileo), ale také různé zpřesňující, rozšiřující systémy, které napomáhají vyhovět různým požadavkům pro fázi letu nebo fázi přistání letadla. Tyto rozšiřující systémy obecně rozdělujeme do následujících kategorií:

- SBAS (*Satellite – Based Augmentation systems*)
- GBAS (*Ground – Based Augmentation systems*)
- ABAS (*Aircraft – Based Augmentation systems*)

## 1.2. Satellite – Based Augmentation systems (SBAS)

SBAS zajišťuje dostatečný rozsah, integritu a posílá korekční informace prostřednictvím geostacionárních družic. Systém se skládá ze sítě pozemních referenčních stanic (sledují satelitní signály), hlavních stanic (shromažďujících datové reference) procesních stanic (generují SBAS zprávy), uplink stanic (odesílají zprávy na geostacionární družice) a transpondérů těchto satelitů (vysílají zprávy SBAS).

SBAS může podporovat všechny fáze letu, jednak samotný let na trati a v koncové části letu RNAV. Může také podporovat postupy pro přiblížení s vertikálním vedením (APV). Tato funkce umožní státům reorganizovat vzdušný prostor a maximalizovat jeho efektivitu a kapacitu, takže letadla mohou sledovat nejefektivnější letovou dráhu mezi letišti. Vysoká dostupnost služeb umožní státům vyřadit tradiční navigační prostředky, což povede k úspoře nákladů.

K dispozici jsou čtyři SBAS systémy. Jsou to:

1. EGNOS (Evropský geostacionární navigační systém),
2. WAAS (Wide Area Augmentation System Spojených států),
3. MSAS (Japonský systém SBAS),
4. GAGAN (Indický SBAS - GPS and Geostationary Augmentation System).

Ačkoliv architektura různých SBAS systémů jsou odlišné, vysílají standardní formát zprávy na stejné frekvenci (GPS L1), a tak jsou interoperabilní z pohledu uživatele.[3]

### 1.2.1. Geostacionární družice - GEO

Pro některé účely (komunikace, televize, pozorování aj.) je výhodné vyloučit relativní pohyb družice vůči uživateli (aby družice „byla stále na stejném místě“ na obloze). Toho lze dosáhnout umístěním družice na takovou oběžnou dráhu v rovníkové rovině Země, na níž bude úhlová rychlost pohybu družice a pohybu pozorovatele na Zemi stejná. Tomuto požadavku odpovídá orbita o výšce  $H$  přibližně rovné 36 000 km.[1]

#### 1.2.1.1. EGNOS

EGNOS je první celoevropský družicový navigační systém. Jeho signály doplňují systém GPS s cílem poskytnout uživatelům přesnější určování polohy. Systém EGNOS také poskytuje uživatelům údaje o spolehlivosti GPS signálu ("integrity dat").

System EGNOS těží z vyšší přesnosti určování polohy než je tomu při získávání údajů pomocí systému GPS. Údaje o spolehlivosti dat, poskytované systémem EGNOS, jsou zvláště důležité pro aplikace, podléhající přísným bezpečnostním omezením v kritické navigační fázi, například přistání letadel, lodí manévrování v úzkých kanálech, a sledování přesné umístění vlaků. [5]

### **1.3. ABAS (Aircraft – Based Augmentation systems)**

Základní konstelace satelitních systémů nebyly vyvinuty tak, aby splňovaly přísné požadavky pro přístrojovou navigaci. Z tohoto důvodu byla vyvinuta avionika GNSS, používaná pro provoz IFR, která mimo jiné zlepšuje funkci zajišťující signál GNSS a jeho integritu. ABAS zvyšuje a/nebo integruje informace ze signálu GNSS s informací, která je k dispozici na palubě letadla, což vede ke zvýšení výkonnosti základní konstelace satelitních systémů.

Nejběžněji využívaná ABAS technika se nazývá přijímač autonomního monitorování integrity (RAIM). RAIM generuje varovné signály v případě nesouladu mezi nastavenou a změřenou vzdáleností od záložních satelitů. Nebude-li daný počet satelitů či jejich vhodná konstelace v dosahu, systém RAIM bude dočasně nepoužitelný. Dostupnost RAIM závisí na druhu provozu; přesnost pro režim (nepřesného) přístrojového přiblížení je vyšší než režim letu v konečné oblasti. Naopak přesnost režimu pro let v konečných oblastech je vyšší než v režimu traťového letu. Je to dáno podmínkami pro schválení systému GPS/RAIM, které mají obvykle provozní omezení. Další ABAS technika zahrnuje integraci GNSS s jinými letadlovými senzory, jako jsou inerciální navigační systémy.

Algoritmy RAIM vyžadují nejméně pět viditelných satelitů pro určení detekce chyb a zjištění přítomnosti nepřijatelně velké chyby polohy pro daný režim letu. FDE (fault detection and exclude) používá minimálně šest satelitů nejen pro detekci vadného satelitu, ale také na jeho vyloučení z navigační funkce. Navigační funkce pak může pokračovat bez přerušení. [3]

#### **1.3.1. Provozní módy a limity varování**

Přijímače základních GNSS systémů mají tři provozní režimy - traťový, terminální a režim přiblížení. Limity varování RAIM jsou automaticky spojeny s režimy přijímače. Tyto režimy jsou nastaveny následovně:

- a.  $\pm 3,7$  km (2,0 NM) v traťovém módu,
- b.  $\pm 1,9$  km (1,0 NM) v terminálním módu, a
- c.  $\pm 0,6$  km (0,3 NM) v módu přiblížení.

Relativní polohy satelitů se stále mění a předchozí zkušenost s letišťem nezaručuje příjem signálu v každém časovém období. Z tohoto důvodu je nutné předpovídat dostupnost RAIM, aby byla zaručena dostupnost signálu před každým letem na určité letišťe. Není-li RAIM k dispozici, nesmí být použit systém GNSS pro navigaci letadla. V tomto případě pilot musí použít jiný typ navigačního systému pro přiblížení, zvolit jiné letišťe určení, nebo odložit let do doby, než bude dostupnost RAIM předpovězena. [6]

### **1.3.2. Monitorování integrity**

Všechny navigační systémy zajišťující vedení po horizontální rovině musí splňovat normy pro integritu systému. Integrita v tomto případě znamená důvěryhodnost, že se nacházíme v oblasti schopnosti systému poskytnout navigační informaci, která není zavádějící. Navigační systémy mohou poskytovat přesné vedení po trati. V letecké dopravě se vždy potřebujeme ujistovat všemi různými způsoby, že tento navigační systém je k dispozici pro vedení letadla za všech okolností.

Integrita konvenčních navigačních prostředků je indikována výstražným praporkem na přístrojovém ukazateli VOR nebo ILS, který se zobrazí v případě nízké integrity. Pro navigační zařízení ADF/NDB je indikována integrita systému pomocí Morse kódu. Ztráta dostupnosti integrity pro systémy GNSS je signalizována hláškou (různými formáty), zobrazí se letové posádce na obrazovce navigačního přístroje.

Systémy GNSS využívá různé metody sledování integrity řešení navigace. Základní formou sledování integrity je autonomní monitorování integrity přijímače neboli RAIM. Tento typ monitorovacího systému je obvykle spojena (ale nejen) se samostatným obecným leteckým přijímačem. Jiné druhy monitorování integrity zahrnuje vhodnost hybridních systémů, které integrují inerciální navigaci s určováním polohy poskytované systémem GNSS s vysokou úrovní dostupnosti navigace a integrity. [7]

### **1.3.3. Obecná kritéria pro přijímače SBAS GNSS**

Jak již bylo řečeno v popisu systému GNSS, systém SBAS doplňuje a poskytuje informace o konstelaci hlavních družic, integritě a opravách pomocí geostacionárních družic. Podrobné informace o přijímači družicového signálu SBAS GNSS jsou velmi dopodrobna popsány v předpise Annex 10, Volume I, a specifikaci RTCA DO-229C, což bylo převzato ze specifikací FAA TSO-C145A a TSO-C146A.

## Standardní podmínky přijímače SBAS

Všechny třídy avioniky SBAS mohou být používány pro lety podle stávajících postupů pro odlety GNSS RNAV. Měřítko rozlišení a přechody módů jsou rovnocenné k základnímu GNSS. SBAS splňuje nebo překračuje přesnost, integritu, dostupnost a spojitost požadavků pro odlety podle základního GNSS. V příloze č. 1 je uveden seznam dostupných přijímačů GNSS pro oblast letectví schopných přijímat signály SBAS.[8], [9]

### 1.3.3.1. Postup pro odlet

Kritéria pro dolet dle SBAS jsou založena na následujících postupech a funkčnosti zařízení:

- Pro funkčnost postupu pro odlet dle přijímače SBAS GNSS se předpokládá splnění kritérií pro odlet
- Funkce vedení letadla po odletové trati musí být vybrána před vzletem. Jakmile je aktivován postup pro odlet, zařízení poskytuje přesnost pro nepřesné přístrojové přiblížení a integritu. Tato funkce zajišťuje, že citlivost displeje, která je stanovena na 0,3 NM až do bodu zahájení zatačky, čili prvního waypointu na odletové trati.
- Až po zahájení zatačky v prvním waypointu odletové tratě, je systém přijímače v terminálním režimu s citlivostí displeje rovnou 1,0 NM.

### 1.3.3.2. Postup přiletu a přiblížení

Letadlový systém (přijímač GNSS) pracuje v terminálním režimu během fáze přiletu. SBAS přijímač automaticky přepne z traťového režimu na terminální režim v prvním waypointu přiletové tratě. [10]

## 1.4. GBAS (Ground – Based Augmentation systems)

Pozemní subsystémy GBAS jsou určeny k poskytování služby pro přesné přiblížení a případně mohou také poskytovat službu pro určování polohy. Služba přístrojového přiblížení GBAS porovnává odchylky signálu pro segmenty konečného přiblížení. Služba určování polohy GBAS poskytuje informaci o horizontální poloze na podporu dvourozměrné RNAV navigace v koncových oblastech. Pozemní stanice na letišti vysílá příslušné opravy, parametry integrity a data pro přiblížení letadlům v koncových oblastech, v pásmech 108 - 117,975 MHz.

Jak je definováno ve standardech a doporučených postupech dle ICAO, GBAS podpoří přiblížení pro kategorii I a poskytování GBAS služby určování polohy v prostoru konečných oblastí. Má potenciál k podpoře provozu přesné přiblížení dle kategorie II a III a některé další činnosti po letišti. [3]

## **1.5. Souřadnicový systém WGS84**

Společenství mezinárodního civilního letectví, jsou povinna v souladu s ICAO zajistit, aby satelitní systémy poskytovaly společné schválené geodetické referenční polohy k navigační funkci, tj. Světový geodetický systém 1984 (WGS-84). GPS využívá WGS-84 za referenční polohu. Oproti GPS, GLONASS využívá PZ-90 (parametry Země 1990, souřadnicový systém). GNSS SARP poskytují transformační algoritmus pro převod PZ-90 do WGS-84 souřadnic.[3]

## 2. Druhy RNAV (GNSS) přiblížení

### 2.1. Performance Based Navigation (PBN) koncept

Při stále narůstajícímu objemu dopravy je zapotřebí zajistit efektivnější způsob letecké dopravy, z čehož vyplývá požadavek na optimalizaci vzdušného prostoru. Celosvětové zefektivňování letového provozu je dosaženo využitím výsledků výzkumu a vývoje v oblasti komunikace, navigace a řízení. Přesněji řečeno, aplikace technik prostorové navigace ve všech fázích letu přispívá ke zlepšení optimalizace vzdušného prostoru. Prostorová navigace umožňuje použití palubního navigačního přístroje, běžně označovaný jako RNAV systém.

Schopnosti RNAV systému jsou ve stále větší míře využívány s cílem maximalizovat využití vzdušného prostoru. Letové posádky i ATC musí pochopit možnosti systému RNAV a zajistit dodržení požadavků vzdušného prostoru. Použití RNAV systémů zajišťuje jádro Performance Based Navigation (PBN), který zavádí požadavky pro schvalování používání těchto systémů a implementaci pro daný vzdušný prostor. [11]

#### 2.1.1. Koncept Performance Based Navigation

Koncept ICAO Performance Based Navigation (PBN), který nahradil dřívější koncept RNP, byl představen prostřednictvím ICAO PBN Manual (Doc 9613), v roce 2008. Koncept PBN reaguje na požadavky vzdušného prostoru. Tento dokument zavádí pojem „navigační specifikace“.

Navigační specifikaci lze rozdělit na technickou a provozní. Navigační specifikace určuje výkon navigace a potřebnou funkčnost RNAV systému. Navigační specifikace dále obsahuje informace, který mohou využívat různé státy, jako základ pro rozvoj jejich certifikace a schvalování dokumentace. Existují dva druhy navigačních specifikací: RNAV a RNP. Liší se tím, že specifikace RNP vyžaduje na palubě sledování výkonu a varování snížené integrity (*on-board performance monitoring*) jako součást funkce avioniky. [11]

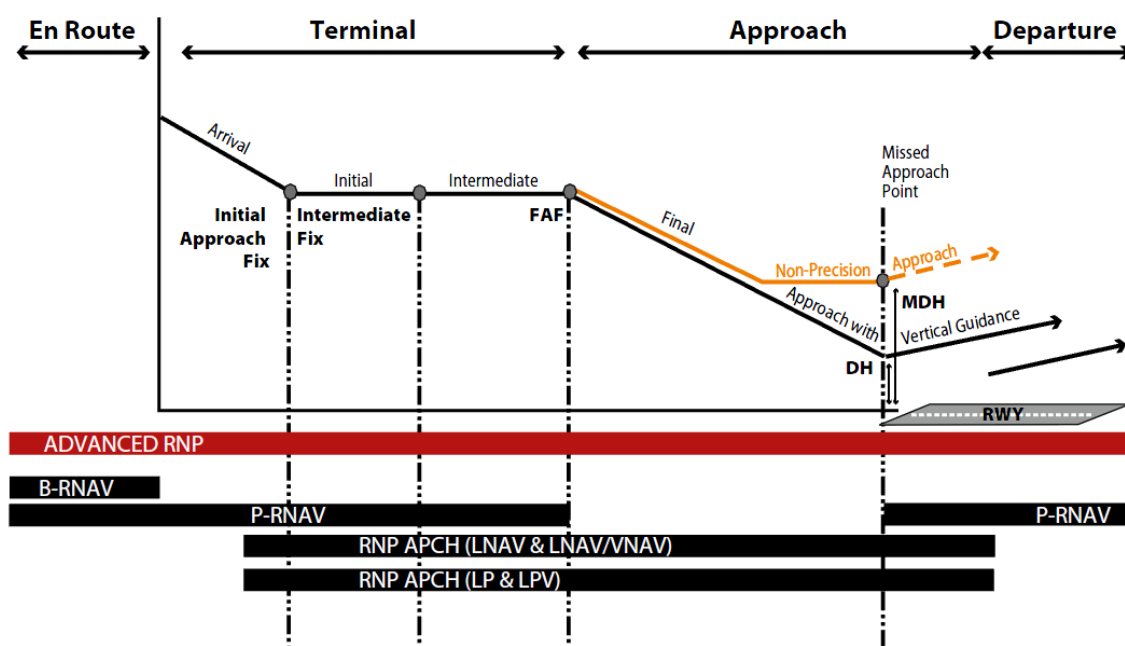
Obě specifikace RNP a RNAV se označují číslem, které uvádí maximální možnou boční výchylku navigace a nazývá se TSE (*Total system error*). Tato boční výchylka znamená vzdálenost (udávanou v námořních mílech) od trasy, která nesmí překročit hodnotu 95% celkové doby letu letadla v daném vzdušného prostoru, letové trati nebo při jiných postupech letu. [12]

Tabulka č. 1: Navigační specifikace pro různé fáze letu [11]

Navigační specifikace	Fáze letu							
	Traťový let nad oceánem	Traťový let nad pevninou	Přilet	Přiblížení				Odlet
				Počáteční	Střední	Konečné	Nezdařilé	
<b>RNAV 10 (RNP 10)</b>	10							
<b>RNAV 5</b>		5	5					
<b>RNAV 2</b>		2	2					
<b>RNAV 1</b>		1	1	1	1		1	1
<b>RNP 4</b>	4							
<b>RNP2</b>	2	2						
<b>RNP 1</b>			1	1	1			
<b>Advanced RNP</b>	2	2 nebo 1	1	1	1	0,3	1	1
<b>RNP APCH</b>				1	1	0,3	1	
<b>RNP AR APCH</b>				1-0,1	1-0,1	0,3-0,1	1,0,3	
<b>RNP 0,3</b>		0,3	0,3	0,3	0,3	-	0,3	0,3

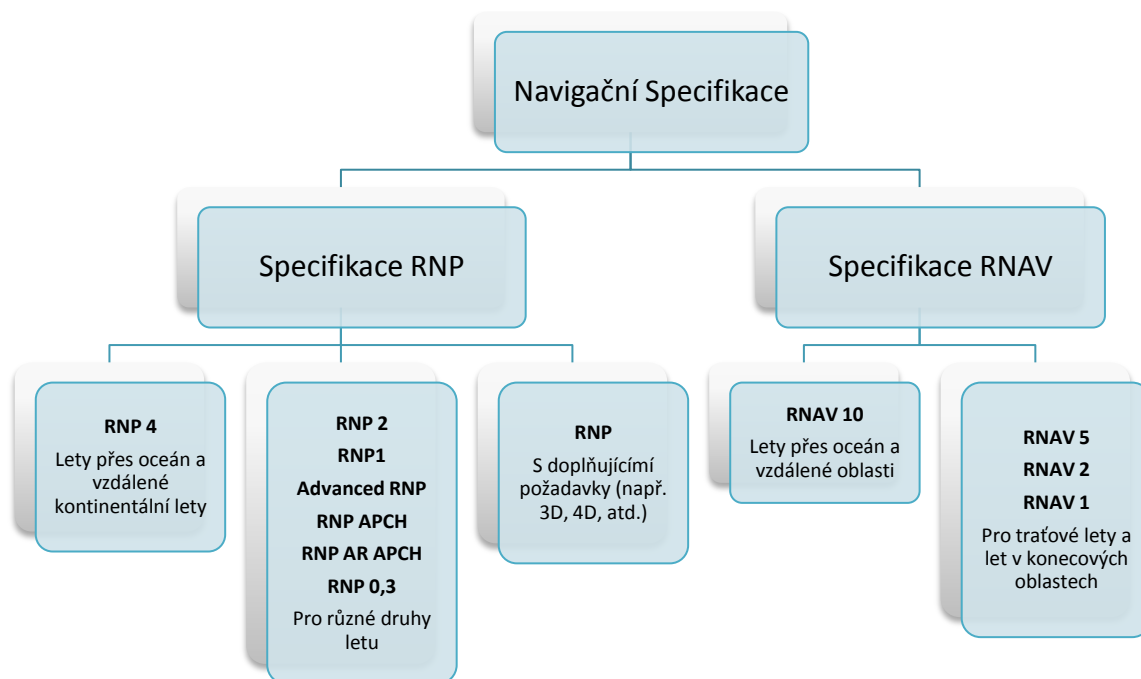
- RNAV 10 (RNP 4) je určeno pro let přes oceán a vzdálené kontinentální lety.
- RNAV 5 je známý jako základní RNAV a využívá se pro traťové lety nad Evropou
- RNAV 1, 2 je známý jako přesný RNAV a využívá se přiblížení, odlety a postup nezdařilého přiblížení.
- RNP 1, 2 určený pro traťové lety a postup přiblížení.
- RNP APCH Tato specifikace určuje požadavky na přiblížení a přistání.
- RNP AR APCH Tato specifikace určuje požadavky na přiblížení a přistání. Tato metoda umožňuje komplikovanější přiblížení se zatáčkou metodou radius to fix apod.
- (RNP 0,3 je určena pro provoz helikoptér)
- Advanced RNP je specifikace, popisující požadavky na celý let, přilet, přiblížení přistání i odlet [12]

Obrázek č. 1: Navigační specifikace pro konečnou fázi letu a odlet [11]





Obrázek č. 2: Schematické rozdělení navigační specifikace [11]



### 2.1.2. Principy prostorové navigace

Prostorová navigace (RNAV) je termín používaný pro navigaci mezi libovolnými vybranými dvěma body na zemském povrchu. RNAV je využíván již od roku 1960. Jako první se pro výpočet RNAV využívala triangulační metoda měření od pozemních navigačních zařízení.

Byly také vyvinuty soběstačné navigační systémy, které jsou nezávislé na pozemních navigačních systémech. Takovými systémy jsou např. OMEGA (aktuálně zastaralý) LORAN C, GPS, Glonass, inerciální navigační systémy (INS) a inerciální referenční systém (IRS).

Dnes je v komerčním letectví nejčastěji používaný systém RNAV. Ten spočívá v použití IRS polohy a je doplněn o pozemní radio navigační prostředky (DME a VOR, DME a DME) nebo GPS. Doplnění pozemním zařízením je omezeno dostupností dostatečných navigačních prostředků. V mnoha částech světa, včetně oceánských a vzdálených kontinentálních letů, není k dispozici poloha pro toto doplnění.

Prostorová navigace se obecně odkazuje na GNSS. Satelitní navigace způsobila revoluci v oblasti navigace a poskytuje vysokou přesnost a spolehlivost určování polohy. V moderních civilních letadlech je let řízen pomocí navigace IRS pozicí aktualizované systémem GNSS. [13]

## 2.2. RNAV přiblížení

Díky široké dostupnosti a výkonnosti GNSS systémů, byly zavedeny postupy pro RNAV přiblížení pro všechny typy letounů. RNAV přiblížení je popsáno řadou traťových bodů, úseků, omezených rychlostí a nadmořskými výškami uložených v databázi palubního navigačního zařízení. Bezpečnost RNAV systémů umožňuje, že pilot má lepší přehled o situaci, s porovnáním s konvenčními nepřesnými postupy přiblížení (NPA). Díky tomu se snižuje riziko řízenému letu do terénu (CFIT). GNSS dále poskytuje další funkce, které lze využít na letištích, které dosud nemají žádné systémy, radionavigační prostředky ani postupy pro přistání na dané vzletové a přistávací dráze.

V dnešní době rozdělujeme postupy přiblížení podle přístrojů do dvou kategorií:

- **Precision Approach (PA)** - používá systémy přístrojového přistání (např. ILS, GBAS, MLS), který poskytuje jak horizontální, tak vertikální sestupovou stabilizovanou kontinuální rovinu.
- **Non-Precision Approach (NPA)** - používá konvenční navigačních zařízení, jako jsou NDB, VOR a DME, letadla jsou vedena do bodu, kde je RWY je v dohledu a kdy může být provedeno vizuální přistání. NPA postupy nezahrnují vertikální vedení. [14]

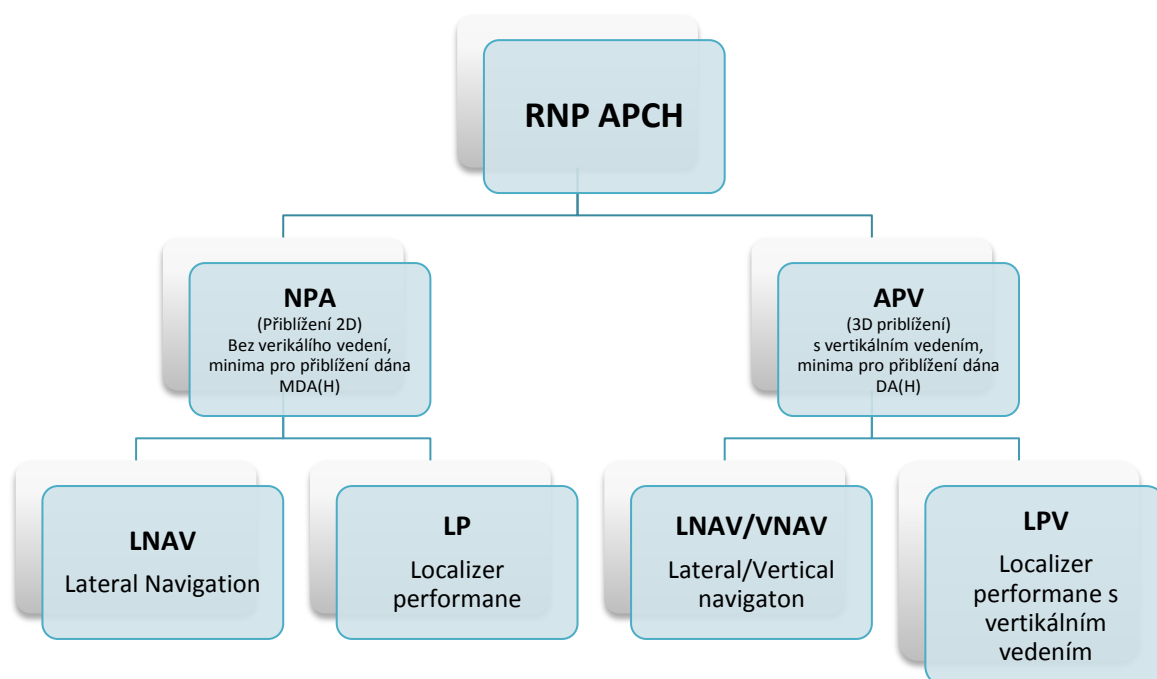
Pro postupy RNAV přiblížení můžeme toto rozdělení dále dělit na:

- **LNAV (Laterální Navigace)** - Jedná se o nepřesné přístrojové přiblížení s horizontální rovinou využívající Global Positioning System (GPS) a monitorovací rozšiřující systém (ABAS).
- **LP (Localizer Performance)** - Jedná se o nepřesné přístrojové přiblížení s horizontální rovinou využívající (GPS) a družicový zpřesňující systému (SBAS).
- **LNAV / VNAV (Horizontální Navigace / Vertikální Navigace)** - Jedná se o přesné přístrojové přiblížení (APV). Horizontální a vertikální vedení je zajištěno pomocí systému GPS a ABAS stejným způsobem jako u LNAV. Vertikální vedení zajišťuje barometrický výškoměr. Tento typ přiblížení se obecně nazývá jako APV/Baro VNAV.
- **LPV (Localizer Performance s vertikálním vedením)<sup>1</sup>** - Jedná se o nepřesné přístrojové přiblížení (APV). Horizontální a vertikální vedení je zajištěno pomocí systému GPS a SBAS. [12], [13]

---

<sup>1</sup> V Evropě je LPV bráno jako nepřesné přístrojové přiblížení. Dle FAA je LPV bráno jako přesné přístrojové přiblížení s využitím družicových systémů.

Obrázek č. 3: Schematické rozdělení RNP APCH [15]



RNAV přiblížení je publikováno v mapkách pro přiblížení s názvem „RNAV (GNSS) RWY XX“. Tyto mapky přiblížení mohou mít několik sestupových minimálních výšek v závislosti na druhu RNAV přiblížení:

- **NPA** - Přiblížení bez vertikálního vedení. Při letu RNAV dle LNAV nebo LP jsou minima pro přiblížení MDA / H.
- **APV Baro** - přiblížení s barometrickým vertikálním vedením, Při letu RNAV dle LNAV / VNAV jsou minima pro přiblížení DA / H.
- **APV SBAS** - přiblížení s geometrickým vertikálním vedením, Při letu RNAV dle LPV jsou minima pro přiblížení DA / H. [14]

### 2.2.1. Předpoklad rozvoje navigačního zařízení v České republice

Ministerstvo dopravy ČR předpokládá rozvoj letecké navigace ve vzdušném prostoru ČR. Předpokládaný vývoj leteckého navigačního zařízení v ČR je rozdělen do následujících třech období: do roku 2012, od 2012 do 2016 a na období od 2016 do 2020.

#### 2.2.1.1. Letecká navigace v období do roku 2012

Na letových tratích nad FL95 je požadována specifikace B-RNAV (neboli RNAV 5 podle PBN). Přesná prostorová navigace P-RNAV (RNAV-1 podle PBN) je používána pouze pro lety v TMA Praha. Pro tyto specifikace je využíváno pokrytí GNSS signálem a infrastruktura DME. V prostoru TMA Praha se používá pro přílety a odlety pouze P-RNAV tratě (SID/STAR).

Na ostatních letištích se využívají konvenční tratě nebo B-RNAV nad MSA/MRVA. Primárním druhem přiblížení podle přístrojů na letištích Praha/Ruzyně, Brno/Tuřany, Ostrava/Mošnov a Karlovy Vary zůstalo přesné přiblížení ILS. Zaváděli se postupy RNP APCH, a to jak nepřesné přístrojové přiblížení tak i APV Baro. Následně se implementovali i postupy APV SBAS využívající systém EGNOS.

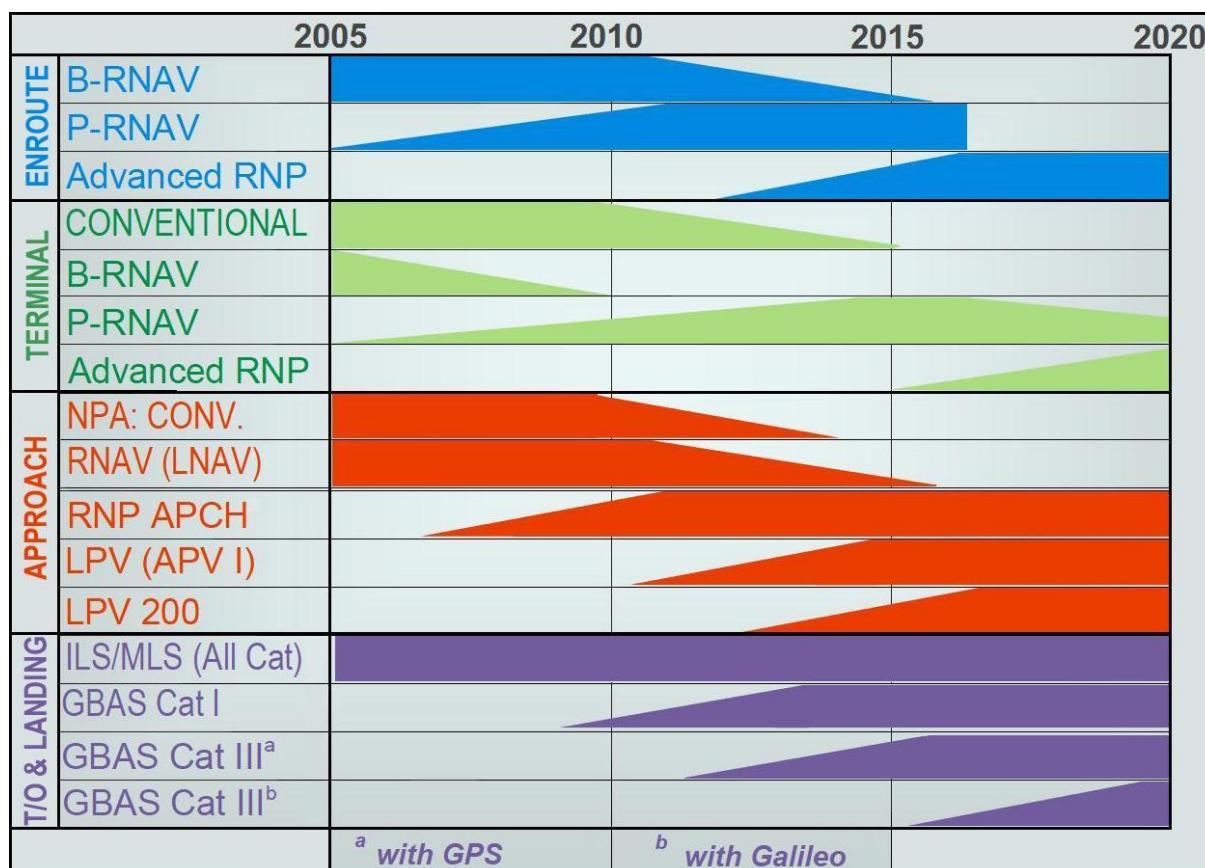
#### **2.2.1.2. Letecká navigace v období od roku 2012 do roku 2016**

V tomto období dochází k zahájení využívání satelitního systému GALILEO a rozšíření využití satelitní navigace pro navigační lety dle specifikace RNAV-1 popřípadě dalších specifikací Basic RNP 1 nebo Advanced RNP 1. Traťová zařízení VOR se při ukončení jejich životnosti postupně bude rušit bez náhrady, zařízení DME v daných lokalitách zůstanou zachovány, případně dojde k jejich přemístění do vhodnějších lokalit. Ke konci období se předpokládá zahájení využívání specifikace RNAV-1 i na letových tratích. Na letištích se bude pokračovat v zavádění RNAV-1 pro odlety a přiletů a dojde k rušení konvenčních SID/STAR tratí. Primárním zdrojem signálu pro RNAV-1 bude satelitní navigace. Letištní zařízení VOR používané pro přiletů, odletů a vyčkávání, budou udržována v provozu jako záloha k satelitní navigaci. Preferovaným druhem přiblížení podle přístrojů zůstává přesné přiblížení ILS a dojde k rozšíření postupů RNP APCH (APV Baro, APV SBAS) jako náhrady za nepřesná přístrojová přiblížení a do konce roku 2016 budou zavedeny na všech IFR letištích. Ke konci období je možné očekávat zavádění postupů GBAS.

#### **2.2.1.3. Letecká navigace v období od roku 2016 do roku 2020**

Předpokládá se, že v tomto období budou primárním zdrojem navigace satelitní systémy, využívány budou systémy se satelitním nebo pozemním rozšířením a jako pozemní záloha existující infrastruktura DME. Pro traťovou navigaci se předpokládá využívání RNAV-1. Pro navigaci v TMA to bude RNAV-1, případně Basic RNP-1. Zdrojem signálu bude GNSS a DME/DME v TMA Praha a GNSS na ostatních letištích. Preferovaným druhem přiblížení podle přístrojů zůstane přesné přiblížení ILS. Lze předpokládat rozšíření přiblížení CAT II/III i na další letiště. V případě zájmu provozovatelů bude instalováno zařízení GBAS CAT II/III. Nepřesná přístrojová přiblížení využívající konvenční navigační zařízení NDB nebo VOR budou rušena a nahrazena postupy APV. [16]

Obrázek č. 4: Vývoj aplikace navigačních systémů [17]



### 2.3. Problematika letu IFR na neřízené letiště v České republice

V České republice je situace taková, že současná pravidla létání umožňují přistávat i odlétat za podmínek IFR pouze z řízeného letiště a samotný let IFR je prováděn v řízeném vzdušném prostoru. Přílet či odlet z neřízeného letiště za podmínek IFR není možný. Přílet na neřízené letiště je možný pouze změnou pravidla létání z IFR na VFR během letu, a pro odlet z letiště je tomu opačně. Tento postup se ne vždy jeví jako vyhovující, příkladem může být let za špatného počasí.

V České republice je vzdušný prostor rozdělen do čtyř kategorií. Těmi jsou vzdušné prostory třídy C, D, E, které jsou řízenými vzdušnými prostory a třída G, která je neřízeným vzdušným prostorem. Předpis L 11, který je převzat z ICAO ANNEX 11, definuje všech sedm vzdušných prostorů, včetně třídy F. Tato třída vzdušného prostoru se v České republice nevyužívá, ale předpis L11 jej přesně definuje. Z tohoto důvodu nelze uplatňovat principy poskytování služby ŘLP v České republice a neumožní tak provést let IFR zakončený nebo započatý na neřízeného letiště.

Některé Evropské země (např. Německo, Itálie, Norsko, Spojené království Velká Británie a severního Irska) mají zavedeny postupy pro let IFR na neřízené letiště. Nejjednodušší způsob, jak v České republice zavést postupy pro let IFR na neřízené letiště je zavedením vzdušného prostoru třídy G s oblastí povinného rádiového spojení RMZ. Toto zavedení vzdušného prostoru třídy G pro lety IFR na neřízené letiště úspěšně využívají již zmíněné státy. [18]

Evropské nařízení komise EU č. 293/2014 zavádí dočasné využívání vzdušného prostoru třídy F s platností od 4. prosince 2014. Toto opatření platí do doby, než bude moci být nahrazena jinou klasifikací. Členské státy musí označovat vzdušné prostory v souladu s SERA.6001 klasifikací vzdušných prostorů.

#### *Třída F*

*„Jsou povoleny lety IFR a VFR. Všem letům IFR je poskytována letová poradní služba a všem letům se na vyžádání poskytuje letová informační služba. Pro lety IFR, kterým je poskytována poradní služba, se vyžaduje stálé hlasové spojení letadlo–země a všechny lety IFR musí být schopny navázat hlasové spojení letadlo–země. Pro všechny lety se uplatňuje omezení rychlosti na 250 kt IAS ve výšce pod 3 050 m (10 000 ft) nad střední hladinou moře, s výjimkou povolení vydaného příslušným úřadem pro druhy letadel, která z technických nebo bezpečnostních důvodů nemohou takové rychlosti dosáhnout. Letové povolení se nevyžaduje. Zavedení třídy F musí být považováno za dočasné opatření do doby, než může být nahrazena jinou klasifikací.“*

#### *Třída G*

*„Jsou povoleny lety IFR a VFR a všem letům se na vyžádání poskytuje letová informační služba. Všechny lety IFR musí být schopny navázat hlasové spojení letadlo–země. Pro všechny lety se uplatňuje omezení rychlosti na 250 kt IAS ve výšce pod 3 050 m (10 000 ft) nad střední hladinou moře, s výjimkou povolení vydaného příslušným úřadem pro druhy letadel, které z technických nebo bezpečnostních důvodů nemohou takové rychlosti dosáhnout. Letové povolení se nevyžaduje.“ [19]*

Ve výsledku to znamená, že vzdušný prostor třídy F je zrušen a nahrazen prostorem třídy G. V předpisu L11 se vzdušný prostor třídy F stále udává ale s poznámkou dočasného opatření.

Dokument SERA.6005 zavádí požadavky na spojení a činnost odpovídačů SSR v oblasti s povinným rádiovým spojením (RMZ)<sup>2</sup> a oblast s povinným odpovídačem (TMZ)<sup>3</sup>. U letů VFR prováděných v částech vzdušného prostoru tříd E, (F) nebo G a u letů IFR prováděných v částech vzdušného prostoru třídy (F) nebo G označených příslušným úřadem za oblast s povinným rádiovým spojením (RMZ) je třeba nepřetržitě sledovat hlasovou komunikaci letadlo – země a v případě potřeby musí navázat obousměrné spojení na příslušném komunikačním kmitočtu, pokud poskytovatel letových navigačních služeb nestanoví pro daný konkrétní vzdušný prostor jinak. Před vstupem do oblasti s povinným rádiovým spojením musí pilot na příslušném komunikačním kmitočtu provést počáteční volání obsahující označení volané stanice, volací znak, druh letadla, polohu, hladinu, letový záměr a další informace předepsané příslušným úřadem.

Letadla musí být pro všechny lety prováděné ve vzdušném prostoru označeném příslušným úřadem za oblast s povinným odpovídačem (TMZ) vybavena odpovídači SSR, schopnými provozu v módech A a C nebo v módu S. Tyto odpovídače musí být použity, pokud poskytovatel letových navigačních služeb nestanoví pro daný konkrétní vzdušný prostor jinak. V příloze č. 2 je znázorněn vertikální a horizontální vzdušný prostor německého neřízeného letiště Eggenfelden s uvedenou hranicí RMZ.[20], [21]

---

<sup>2</sup> Oblast s povinným rádiovým spojením (Radio mandatory zone (RMZ)) je Vzdušný prostor stanovených rozměrů, ve kterém musí být letadlo vybaveno radiostanicí a provozovat ji.

<sup>3</sup> Oblast s povinným odpovídačem (Transponder mandatory zone (TMZ)) Vzdušný prostor stanovených rozměrů, ve kterém je pro letadlo povinné vybavení odpovídači hlásícími tlakovou nadmořskou výšku a jejich provozování.

## 3. Letiště Roudnice n. Labem

Letiště Roudnice nad Labem se nachází ve středočeském kraji ve vzdálenosti přibližně 2 km jihozápadně od města Roudnice nad Labem a je dle ICAO kódu označeno LKRO. Letiště má statut veřejného vnitrostátního letiště a neveřejného mezinárodního letiště. Letiště disponuje dvěma paralelními vzletovými a přistávacími dráhami s nezpevněným travnatým povrchem ve směru 313°/133°. Vzletová a přistávací dráha s označením 13L/31R je dlouhá 840 m, široká 30 m má kódové označení 2B dle ANNEX 14 a dráha 13R/31L je dlouhá 1400 m, široká 63 m má kódové označení 3C dle ANNEX 14. Obě dvě dráhy mají únosnost přibližně 10 t. Vzletová a přistávací dráha 13L/31R je vybavená světelnou řadou, což umožňuje noční provoz. Letiště je vybaveno čerpací pumpou, letištní věží a hangáry. Prostor a mapku letiště a jeho okolí znázorňuje obrázek *Příloha č. 3 a Příloha č. 4.*[22], [23]

Letiště je vhodně umístěné a vybavené k zavedení přístrojového přistávání. Blízko letiště se nachází radio-navigační zařízení VOR v Neratovicích a NDB v Mělníku. Je zde vhodné rozmístění letových tras a navigačních bodů, na které by bylo možné navázat případné odlety z nebo přílety na letiště. Tento návrh bude podrobněji rozepsán v následujících kapitolách.

Na letišti v Roudnici se nachází letecká škola, která provádí výcvik létání podle přístrojů. Do Roudnice často přilétají piloti z různých koutů Evropy. Aby byl zajištěn provoz letiště celoročně, i za špatného počasí, je potřeba navrhnout a zavést přístrojové přiblížení. Zavedením přístrojového přiblížení by se zvedla poptávka po zahájení leteckého výcviku na tomto letišti, míra cestovního ruchu a celkově intenzita letecké dopravy. Z toho by těžila letecké školy i provozovatel letiště. [23]

### 3.1. Služba AFIS

Letiště AFIS je neřízené letiště, na němž bude poskytována letištní letová informační služba a pohotovostní služba známému provozu. Letištní AFIS se stará o svojí letištní provozní zónu ATZ. ATZ je vymezený vzdušný prostor, který slouží k ochraně letištního provozu.

Na Letišti Roudnice nad Labem je poskytována pouze informační služba (Rádio) na frekvenci 122,2MHz. Pro zavedení postupu nepřesného přístrojového přiblížení a oblasti RMZ na letišti je nejprve nezbytné zavedení služby AFIS. Letiště disponuje vysokou zděnou věží se širokým rozhledem a dalekým dohledem po letištní ploše. Tato letištní věž je tudíž vhodným



místem pro umístění služby AFIS. Dle předpisu L11 v dodatku N je vyjmenováno, čím je nutné stanoviště vybavit:

- a) hlavní a záložní radiová stanice letecké pohyblivé služby;
- b) telefon veřejné telekomunikační sítě;
- c) příslušné meteorologické vybavení (vhodné zařízení pro měření směru a rychlosti větru, QNH (hPa), venkovní teploty vzduchu, tabulka pro určování přízemní dohlednosti);
- d) zařízení pro ovládání světelných zařízení (vhodné zařízení pro ovládání a monitorování);
- e) zařízení pro záznam radiotelefonní korespondence a telefonních hovorů;
- f) elektronické zařízení s přístupem k mimoletištním meteorologickým a jiným informacím, včetně elektronické pošty;
- g) ukazatel času, vybaveno dvěma hodinami pro UTC a LMT;
- h) dalekohled;
- i) mapy (ICAO 1:500000, omezené prostory, FIS, ENR, okolí letiště, aj.);
- j) tabulka východů/západů slunce;
- k) telefonní čísla na policii, záchrannou službu, hasiče a jiné organizace;
- l) provozní deník stanoviště AFIS;
- m) letištní řád vydaný provozovatelem letiště;
- n) směrnice pro výkon služby na stanovišti AFIS;
- o) koordinační směrnice a dohody, nejsou-li součástí letištního řádu nebo směrnice pro výkon služby na stanovišti;
- p) provozní pokyny a nařízení vedoucího stanoviště.

[19]

## 4. Postupy návrhu přiblížení RNAV

### 4.1. Procedure design

Let podle pravidel IFR (*Instrument Flight Rules*) je takový let, při kterém pilot vede letadlo pomocí informací, získaných z palubních přístrojů, což umožňuje provádět lety v noci, v mlze a v oblačnosti. Okamžitou polohu letadla vyhodnocují přístroje pomocí odchylek palubních zařízení a na základě toho provádí korekce ve směru letu. Rozestupy od překážek zajišťuje velitel letadla, s výjimkou radarového vektorování. Pravidla pro lety VFR a IFR jsou více specifikována v předpise L 2.

Přiblížení podle přístrojů představuje závěrečnou fázi letu podle pravidel IFR, ve které je letadlo vedeno podle publikované trajektorie letu pro dané letiště s cílem provést přistání. Začíná na letové cestě, obvykle v místě radionavigačního zařízení nebo v daném bodě a skládá se většinou z pěti samostatných úseků přiblížení: příletové trati (*Arrival Segment*), úseku počátečního přiblížení (*Initial Segment*), úseku středního přiblížení (*Intermediate Segment*), úseku konečného přiblížení (*Final Segment*) a úseku nezdařeného přiblížení (*Missed Approach Segment*). Jednotlivé úseky jsou od sebe odděleny tzv. *fixy* nebo *waypointy*. Přiblížení podle přístrojů je rozděleno na úseky z toho důvodu, že letadlo přibližující se k zemi mění jednak charakteristiky letu a jednak mění v závislosti na klesání rozestupy od překážek, tzn. ochranná výška od překážek je v různých fázích přiblížení odlišná.

### 4.2. Postup přiblížení podle přístrojů (IAP)

Postup přiblížení podle přístrojů je soubor předem stanovených manévřů letadla, provedených podle informací získaných z palubních přístrojů a se zajištěnou ochrannou výškou od překážek. Je vymezený bodem počátečního přiblížení, nebo kde je to možné tak od začátku příletové tratě, až do okamžiku přistání. Nelze-li dokončit přistání, je letadlo navedeno do vstupního bodu vyčkávacího obrazce, nebo na jakoukoli trať, kde jsou zajištěna kritéria výšek nad překážkami. Přístrojové přiblížení se obecně dělí na tři základní druhy přiblížení, plus přiblížení okruhem a plus přiblížení vizuální. [2]

#### **4.2.1. Přesné přiblížení (PA)**

Postup přesného přiblížení využívá přesné vedení jak ve směrové, tak ve vertikální rovině s minimy stanovenými dle kategorie provozu. Směrové a vertikální vedení je poskytováno jednak údaji z pozemních navigačních zařízení a jednak informacemi získanými generováním navigačních údajů palubním počítačem. Přesné přiblížení je tedy takové přiblížení, při kterém je pilotovi poskytována průběžná informace jak o směrovém vedení letadla, tak o jeho vertikální poloze. Přesná přibližovací zařízení, která jsou schopna tyto informace poskytovat ILS (*Instrument Landing System*), MLS (*Microwave Landing System*), PAR (*Precision Approach Radar*) a GBAS.

#### **4.2.2. Postup přiblížení s vertikálním vedením (APV)**

Toto je postup přiblížení podle přístrojů s využitím směrového a vertikálního vedení, který ale nesplňuje požadavky stanovené pro přesné přiblížení a přistání. Jako příklad lze uvést přiblížení LNAV a VNAV nebo přiblížení NDB a VNAV apod.

#### **4.2.3. Nepřesné přístrojové přiblížení (NPA)**

Jde o přiblížení podle přístrojů s využitím směrového vedení bez využití vertikálního vedení. Chybějící trvalou informaci o vertikální poloze letadla nahrazují fixy se stanovenou vzdáleností od letiště a stanovenou výškou přeletu nad tímto fixem, pomocí tabulek či výpočtem. Podle těchto údajů lze upravit gradient klesání. Mezi zařízení, pomocí kterých se provádí nepřesná přístrojová přiblížení, řadíme všesměrový radiomaják VOR, nesměrový radiomaják NDB, ILS bez GP, přehledový radar SRE, VNAV a LP. [2]

#### **4.2.4. Přiblížení okruhem (Circling Approach)**

Je to samostatný postup, který následuje za přiblížením podle přístrojů (PA, APV a NPA), určený k tomu, aby bylo letadlo přivedeno na jinou dráhu, než na kterou provádělo zmíněné přiblížení. Obecněji lze říci, že pomocí přiblížení okruhem lze přivést letadlo na dráhu, na kterou nelze provést přesné nebo nepřesné přístrojové přiblížení. Přiblížení okruhem se provádí za stálého vizuálního kontaktu se zemí a pilot vede letadlo pomocí srovnávací navigace. [2]

### 4.3. Kategorie letadel

Z důvodu nepřehledného množství letadel s různou výkonností, které mají přímý vliv na rozvržení vzdušného prostoru a potřebné viditelnosti v určitých fázích letu či postupu přiblížení (např. přiblížení okruhem), je nutné rozdělit letadla do výkonnostních skupin. Nejvýznamnějším faktorem výkonnosti letadel je rychlost. Z toho důvodu se dle rychlostní výkonnosti stanovilo pět základních kategorií typů letadel. Kategorie popisují standardizované základní manévrovací schopnosti letadla a výpočet daného postupu přiblížení podle přístrojů.

Základním kritériem pro rozdělení letadel do těchto kategorií je indikovaná rychlost přeletu nad prahem dráhy ( $V_{at}$ ), což se rovná pádové rychlosti v přistávací konfiguraci s maximální schválenou přistávací hmotností ( $V_{S0}$ ) vynásobené koeficientem 1,3 nebo pádové rychlosti v letové (čistě) konfiguraci s maximální schválenou přistávací hmotností ( $V_{S1}$ ) vynásobené koeficientem 1,23. Jsou-li k dispozici obě tyto hodnoty  $V_{S0}$  i  $V_{S1}$ , používá se vyšší hodnota.

Hodnotu přistávací konfigurace, se kterou je nutné počítat, by měl definovat provozovatel nebo výrobce letadla.

Tabulka č. 2: kategorie letadel a rychlosti pro výpočty postupů v uzlech (kt) [8]

Kategorie letadel	Vat	Rozsah rychlostí pro		Maximální rychlost pro		
		počáteční přiblížení	konečné přiblížení	vizuální manévrování (přiblížení okruhem)	nezdařilé přistání	
					střední	konečné
<b>A</b>	<91	90/150 (110*)	70/100	100	100	110
<b>B</b>	91/120	120/180 (140*)	85/130	135	130	150
<b>C</b>	121/140	160/240	115/160	180	160	240
<b>D</b>	141/165	185/250	130/185	205	185	265
<b>E</b>	166/210	185/250	155/230	240	230	275

\* Maximální rychlost pro postup racetrack<sup>4</sup> nebo reversal<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Racetrack je postup, který je publikován tam, kde není k dispozici dostatečná vzdálenost v přímém letu na sklesání velké výšky, nebo kde je vstup do předpisové nebo základní zatáčky neproveditelný.

<sup>5</sup> Souhrnný název pro předpisovou zatáčku, základní zatáčku a racetrack. [2]

Tyto kategorie letadel A až E jsou stanovené předpisem PAN OPS, s tím, že kategorie E je nestandardní. Pro daný postup přiblížení je důležité dodržovat dané rychlosti, jelikož pro různé rychlosti letu jsou dány různé poloměry zatáčky a další požadované parametry. Pro naše účely návrhu postupu přiblížení na letišti v Roudnici využijeme kategorii letadel A, protože na tomto letišti většinou přistávají letadla General Aviation (GA).[8], [10]

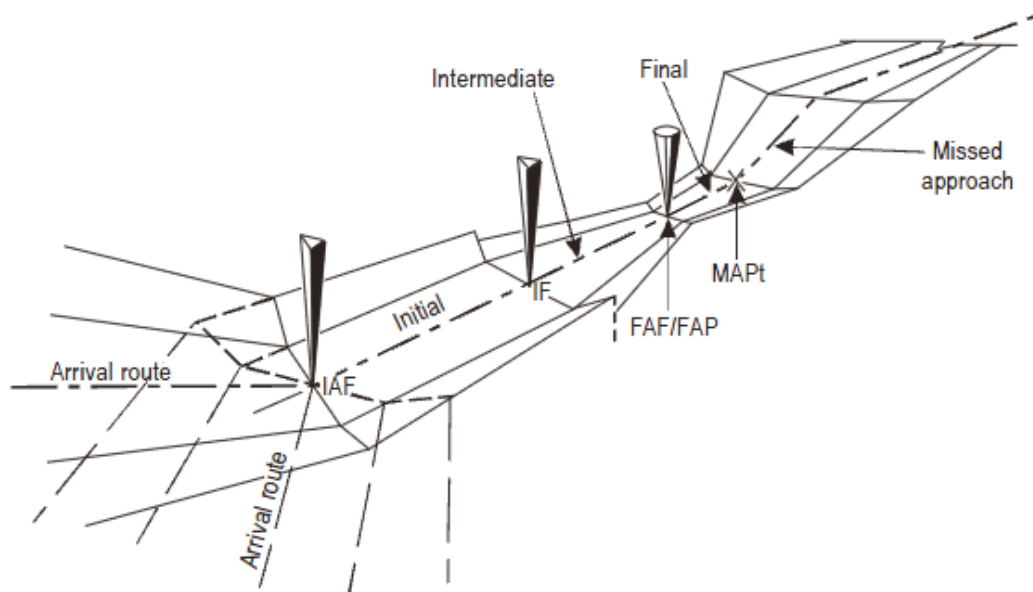
Výše uvedené rychlosti jsou takzvané indikované rychlosti, neboli to co pilot dokáže přímo odečíst ze svého rychloměru, který měří dynamický tlak. Jak je známo, že s výškou klesá hustota vzduchu, teplota, tlak a jiné parametry. Pitotova trubice měřící celkový tlak, neumožňuje brát v potaz všechny měnící se parametry. Proto se s výškou mění i pravá vzdušná rychlost, ačkoliv indikovaná rychlost zůstává stále stejná. Pro navrhování postupů je proto důležitá pravá vzdušná rychlost TAS. Pro návrhy postupů podle přístrojů se rychlost TAS dá určit pomocí převodního faktoru viz. *příloha č. 5*

#### **4.4. Bezpečná výška nad překážkami MOC**

Mít bezpečnou výšku nad překážkami je základní požadavek bezpečného letu. Při konstruování letů, či přiblížení podle přístrojů, musí být vždy zajištěn bezpečný rozestup nad překážkami. Bezpečná výška je stanovená jako minimální bezpečně přijatelná výška pro danou fázi letu. Vzhledem k tomu, že v konečné fázi letu se letadlo více blíží k zemi za účelem přistání, minimální výšky nad překážkami se budou také snižovat a to následovně:

- MOC = 300 m v letové fázi po trati, na příletových/odletových tratích, ve vyčkávacím obrazci, v úseku počátečního přiblížení a také se používá pro radarové vektorování
- MOC = 150 m ve fázi středního přiblížení
- MOC = 90 m pro přiblížení okruhem
- MOC = 75 m pro konečnou fázi přiblížení
- MOC = 30 m ve fázi nezdařeného přiblížení [1]

Obrázek č. 5: Úseky přístrojového přiblížení [10]



Pro každý druh přiblížení je při konstrukci postupu vypočítána bezpečná nadmořská výšky/výška nad překážkami OCA/H a je publikována na mapě přiblížení podle přístrojů. V případě postupu pro přesné přiblížení a postupu pro přiblížení okruhem je OCA/H stanovena pro každou kategorii letadel uvedenou v tabulce výše - viz *Tabulka č. 2*.

Všeobecně do stanovených minimálních výšek OCA/OCH zasahuje řada faktorů pro to, abychom v případě přesného přístrojového přiblížení získali rozhodnutí nadmořskou výšku DA nebo výšku rozhodnutí DH. V případě nepřesných přístrojových přiblížení získáme minimální nadmořskou výšku pro klesání MDA nebo minimální výšku pro klesání MDH. Tuto stanovenou výšku pilot nesmí podklesat, jestliže nemá vizuální kontakt s přistávací dráhou. Pokud vizuální kontakt v této stanovené výšce nezíská, musí zahájit postup nezdařeného přiblížení.

Provozní faktory pro zavedení DA/DH nebo MDA/ MDH musí schválit úřad po prozkoumání pravděpodobných účinků dále uvedených na bezpečnost uvažovaného provozu:

- a) přesnost a spolehlivost, s níž lze určit polohu letounu;
- b) nepřesnost indikace použitých výškoměrů;
- c) charakteristika terénu (např. náhlé změny výšek);
- d) pravděpodobnost výskytu nepříznivých meteorologických podmínek (např. silná turbulence a sestupné vzdušné proudy);
- e) možné nepřesnosti v leteckých mapách; a
- f) omezení vzdušného prostoru.[24], [8]

Obecně pro různé druhy přiblížení OCA/OCH se stanovuje následovně:

- Pro přesné přístrojové přiblížení  $OCH = \text{Překážka} + HL$
- Pro nepřesné přístrojové přiblížení  $OCH = \text{Překážka} + MOC$

Ztráta výšky – HL (*Height loss*) je výšková mez pro specifickou rychlost nad prahem dráhy Vat. Tato hodnota se určuje pro jednotlivé kategorie letadel a udává ztrátu výšky vlivem prosednutí v přechodovém oblouku a vlivem chyby tlakového výškoměru. HL se stanovuje dle následující formule:

$$HL = (0.125 V_{at} + 28.3) \text{ m,}$$

kde  $V_{at}$  je v uzlech (kt), v *tabulce č. 3* jsou přepočteny hodnoty HL dle kategorií letadel.

[10], [8]

*Tabulka č. 3: Ztráta výšky (HL) dle kategorií letadel [10]*

Kategorie letadel (Vat)		Rezerva při použití tlakového výškoměru	
		metry	stopy
<b>A</b>	169 km/h (90 kt)	40	130
<b>B</b>	223 km/h (120 kt)	43	142
<b>C</b>	260 km/h (140 kt)	46	150
<b>D</b>	306 km/h (165 kt)	49	161

Výsledná výška rozhodnutí se tedy stanoví následovně:

- Výška rozhodnutí  $DH = \text{provozní faktor} + OCH (\text{Překážka} + HL)$
- Minimální výška pro klesání  $MDH = \text{provozní faktor} + OCH (\text{Překážka} + MOC) (2)$

OCA/H musí být pro každou kategorii letadel publikována na mapě v tabulkách minimálních výšek. Kde je OCA/H přisouzena konkrétnímu navigačnímu prostředku (např. fixům postupného klesání) nebo konkrétní funkční skupině RNAV (např. LNAV/VNAV) nebo hodnotě RNP, musí být toto jasně rozlišeno, jak je znázorněno na příkladu v *tabulce č. 4*.

*Tabulka č. 4: Tabulka minimálních výšek [8]*

OCA/(OCH)	CAT A	CAT B	CAT C	CAT D
<b>LNAV/VNAV</b>	560/(250)	560/(250)	630/(320)	630/(320)
<b>LNAV</b>	710/(400)	710/(400)	810/(500)	810/(500)
<b>RNP 0,3</b>	290/(250)	290/(250)	290/(250)	290/(250)

Nepřesné přístrojové přiblížení je specifické tím, že pokud nejsou vizuální reference dostačující pro pokračování v přiblížení, letadlo musí přerušit klesání a přejít do horizontálního letu v nebo nad MDA/H a pokračovat ve směru přiblížení. Toto trvá, dokud nenastanou podmínky dohlednosti dostatečné pro klesání pod MDA/H k dráze, nebo nebude dosaženo publikovaného bodu pro nezdařené přiblížení, přičemž v takovém případě musí být proveden postup pro nezdařené přiblížení.

V rámci výše uvedených technik je upřednostňována technika konečného přiblížení stálým klesáním (CDFA), kterou smluvní státy vyžadují. Tato technika vyžaduje stálé klesání, při kterém je vedení VNAV buď vypočítáno palubním vybavením, nebo je založeno na manuálním výpočtu požadované rychlosti klesání bez přechodu do horizontálního letu. Rychlost klesání je zvolena a upravena tak, aby bylo dosaženo stálého klesání do bodu přibližně 15 m (50 ft) nad prahem dráhy nebo do bodu, kde by měl začít manévr podrovnání pro daný typ letadla. Klesání musí být vypočítáno a vedeno tak, aby v jakémkoliv fixu postupného klesání procházelo v/nebo nad minimální nadmořskou výškou. [8], [24]

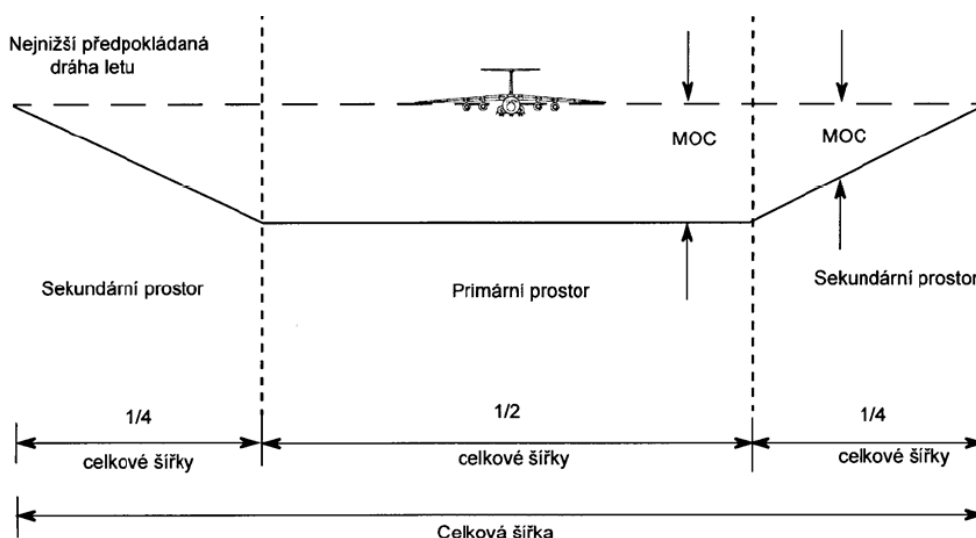
V praxi to znamená, že při postupu nepřesného přístrojového přiblížení je minimální výška pro klesání (MDA) nahrazena výškou rozhodnutí (DA). [8]

## 4.5. Ochranný prostor

Při tvorbě postupu letové tratě musí být zajištěn vertikální rozestup nad překážkami. Každý úsek zahrnuje stanovenou část vzdušného prostoru, jehož vertikálním průřezem je prostor umístěný symetricky okolo osy každého úseku. Vertikální průřez každého úseku se dělí na primární a sekundární ochranný prostor. Minimální výška nad překážkami (MOC) je zajištěna pro celou šířku primárního prostoru. V sekundárním prostoru je MOC zajištěna u vnitřních hran, a snižuje se k nule u vnějších hran. Na rovných úsecích je šířka primárního ochranného prostoru v každém bodě rovna polovině celkové šířky. Šířka každého sekundárního ochranného prostoru je rovna čtvrtině celkové šířky. Kde není zajištěno vedení po trati v průběhu zatáčky stanovené postupem, tam se považuje celková šířka plochy za primární prostor. [8]



Obrázek č. 6: Primární a sekundární ochranný prostor [8]



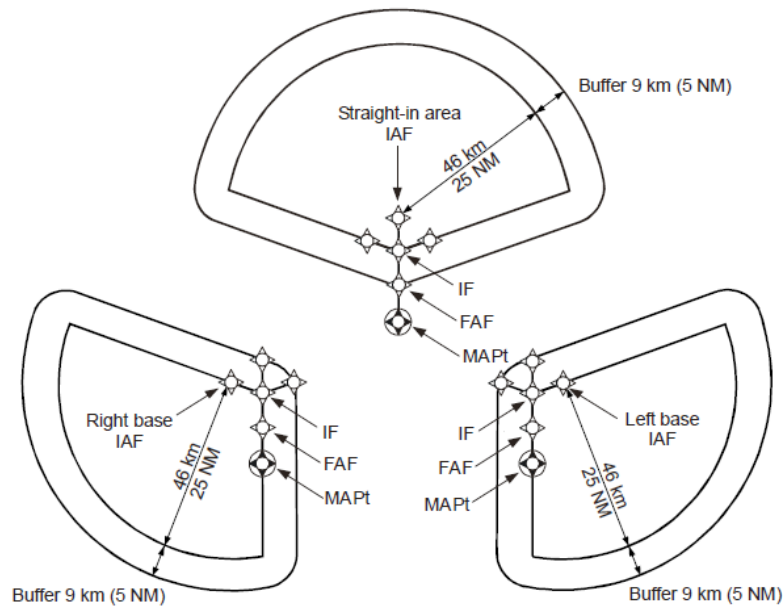
## 4.6. MSA/TAA

Minimální sektorová výška/koncová příletová nadmořská výška je oblast v koncové oblasti, typicky kolem letiště. Jedná se o sektor, který udává minimální bezpečnou výšku (MOC) v daném sektoru. Minimální sektorová výška je kružnice o poloměru 25 NM (46 km) vztažená k význačnému bodu (radionavigační zařízení) nebo vztažného bodu letiště, který zajišťuje separaci 1000 ft (300 m) nad překážkami. Tato kružnice MSA může být rozdělena na dílčí sektory, v nichž se mohou vyskytovat různě vysoké překážky. Tyto sektory jsou vymezeny radiály od význačného bodu.

Koncová příletová výška (TAA) je oblouk kružnice o poloměru 25 NM (46 km) vztažený k IAF nebo IF zajišťující separaci MOC 1000 ft (300 m) nad překážkami. Účelem TAA je poskytnout možnost přestupu z traťové části letu na konečnou fázi letu a přistání dle RNAV. Tento sektor je založen na postupu RNAV a je konstruován do tvaru "T" nebo "Y". TAA mohou obsahovat obloukové hranice postupného klesání definované vzdáleností RNAV z IAF. Celý tento prostor má ochranný nárazníkový prostor, který je velký 5 NM za hranicemi oblouku TAA. V případě vyšší překážky v nárazníkovém prostoru nežli v TAA, musí být celý TAA přepočítán na nejvyšší překážku včetně nárazníkového prostoru.

Standardní uspořádání TAA je složené ze třech prostorů definovaných rameny počátečního úseku a magnetickým kurzem úseku středního přiblížení. Tyto prostory se nazývají přímý (straight-in), levý (left base) a pravý (right base). [2], [8]

Obrázek č. 7: Koncová přiletová oblast (TAA) ve tvaru Y [10]



## 4.7. Traťový bod (Waypoint)

Stanovení RNAV letové trati se pomocí traťových bodů, které se nazývají Waypointy (WPT). Tyto traťové body mají specifikovanou zeměpisnou polohu v souřadnicovém systému země. Rozeznáváme dva základní traťové body Flyby-Waypoint a Flyover-Waypoint.

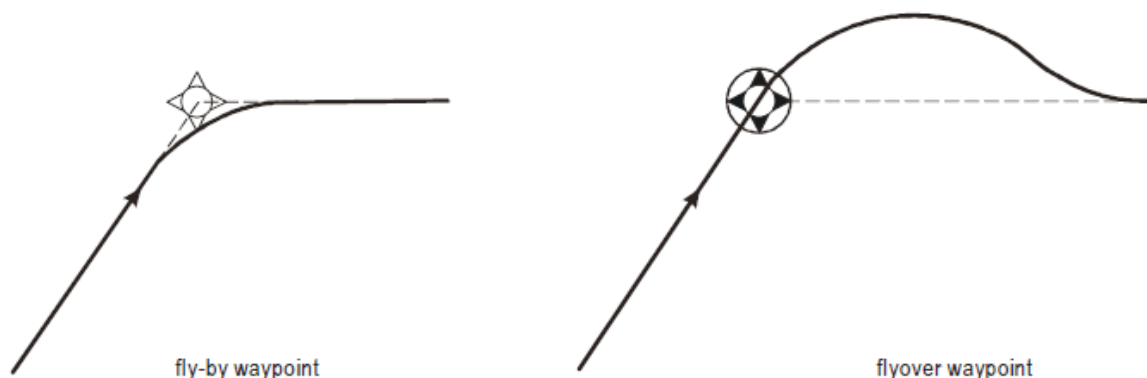
### Traťový bod zatáčky s předstihem (Flyby-Waypoint)

Tento Flyby- Waypoint je základní waypoint při návrhu a plánování RNAV postupu. Traťový bod, který vyžaduje zahájení zatáčky s předstihem, umožňující tangenciálně nalétnout další část trati nebo postupu. Tento druh waypointu spočívá v tom, že letecký navigační systém propočítává očekávanou vzdálenost do zatáčky v závislosti na aktuální rychlosti letu a úhlu náklonu.

### Traťový bod zatáčky po přeletu (Flyover-Waypoint)

Jak už název o sobě napovídá, tento druh traťového bodu spočívá v zahájení zatáčky za účelem vstupu do dalšího úseku trati nebo postupu až po přeletění daného waypointu. [8]

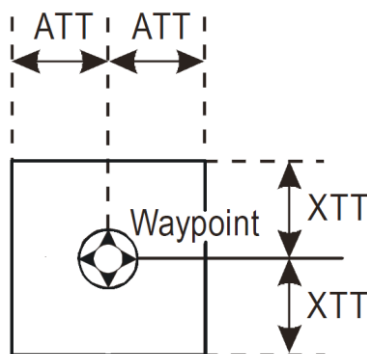
Obrázek č. 8: Traťový bod zatáčky s předstihem a Traťový bod zatáčky po přeletu [10]



#### 4.7.1. Tolerance traťových bodů

Tolerance traťových bodů je pevně stanovený obdélníkový prostor zahrnující daný vzdálenostmi podélnou traťovou tolerancí ATT (*Along-Track Tolerance*) a příčnou traťovou tolerancí XTT (*Cross-Track Tolerance*). Hodnota tolerance XTT je totožná s TSE pro specifikace RNAV a RNP. ATT je lineárně závislé na XTT, a to tak, že  $ATT = 0,8 XTT$ . Jejich hodnoty jsou závislé na druhu použité přesnosti navigace. [10]

Obrázek č. 9: Tolerance traťového bodu



##### 4.7.1.1. Buffer values (BV)

Příčná traťová tolerance je složená z navigační chyby systému a letové traťové chyby. Tato nárazníková hodnota je neznámá distribuční tolerance z důvodu nedostatku provozních hodnot. Tato hodnota zvětšuje tolerance prostoru XTT a ATT. Kritéria pro návrh daného postupu jsou RNP 4, Basic RNP-1, RNP APCH, RNAV 1, RNAV 2 a RNAV 5, pro které se přidává tato nárazníková hodnota, která je založena na vlastnostech letadel (rychlost, obratnost, atd.), a fázi letu (reakční doba pilota, atd.). V tabulce č. 5 jsou znázorněny hodnoty BV pro různé fáze letu. [10]

Tabulka č. 5: Nárazníkové hodnoty BV pro různé fáze letu[10]

Fáze letu	BV pro kategorie letadel A – E
<b>Traťový let, Standardní přístrojový odlet/přiblížení (SID/STAR) větší nebo rovno 56 km (30 NM) od letiště příletu nebo odletu</b>	3704 m (2,0 NM)
<b>Konečná fáze (STAR, počáteční, střední přiblížení ve vzdálenosti menší než 56 km (30 NM) od letiště a SID a postup nezdařilého přistání ve vzdálenosti menší než 56 km (30 NM) od letiště, ale větší než 28 km (15 NM) od letiště.</b>	1 852 m (1.0 NM)
<b>Konečné přiblížení</b>	926 m (0.5 NM)
<b>Postup nezdařilého přistání a SID do vzdálenosti 28 km (15 NM) od letiště</b>	926 m (0.5 NM)

#### 4.7.2. Poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W )

Tato poloviční šířka ochranného prostoru od překážek platí pro všechny druhy specifikace RNAV a RNP s výjimkou RNP AR. Tento  $\frac{1}{2}$  A/W je založen na:

$$A/W = 1.5 * XTT + BV$$

kde: XTT je dvojnásobná standardní deviace ( $2\sigma$ ) příčné traťové tolerance, která je známá jako celková chyba systému TSE,

BV je nárazníková hodnota

Tolerance XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$  A/W) je odlišná pro různé fáze letu i pro různé navigační specifikace. Tyto odchylky jsou uvedené v následujících tabulkách v příloze. [10]

Příloha č. 6	XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W) navigační specifikace RNP4 pro fázi traťového letu (NM)
Příloha č. 7	XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W) navigační specifikace RNP1 (pro letadla) pro fázi příletu a odletu (NM)
Příloha č. 8	XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W) navigační specifikace RNP APCH (pro kategorie letadel A - E) pro počáteční/střední/konečnou fázi přiblížení a fázi postupu nezdařilého přiblížení (NM)
Příloha č. 9	XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W) navigační specifikace RNAV 1 a RNAV 2 pro fázi traťového letu, fázi příletu, počáteční/střední fázi přiblížení a fázi odletu (NM)
Příloha č. 10	XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru ( $\frac{1}{2}$ A/W) navigační specifikace RNAV 5 pro fázi traťového letu (NM)

## 4.8. Zúžení ochranného prostoru

Bod, kde se mění letové fáze pro přilet a přiblížení a/nebo se mění tolerance XTT, šířka ochranného prostoru je definována pomocí hodnoty BV předchozí fáze letu, hodnota tolerance XTT následující fáze letu. Pokud šířka ochranného prostoru následujícího úseku je menší, nežli předchozí, zúžení je dosaženo pod úhlem 30° až na šířku následujícího ochranného prostoru, jak ve znázorněno na *obrázku č. 10*. Vnější okraj primárního ochranného prostoru vymezuje polovinu celkového ochranného prostoru

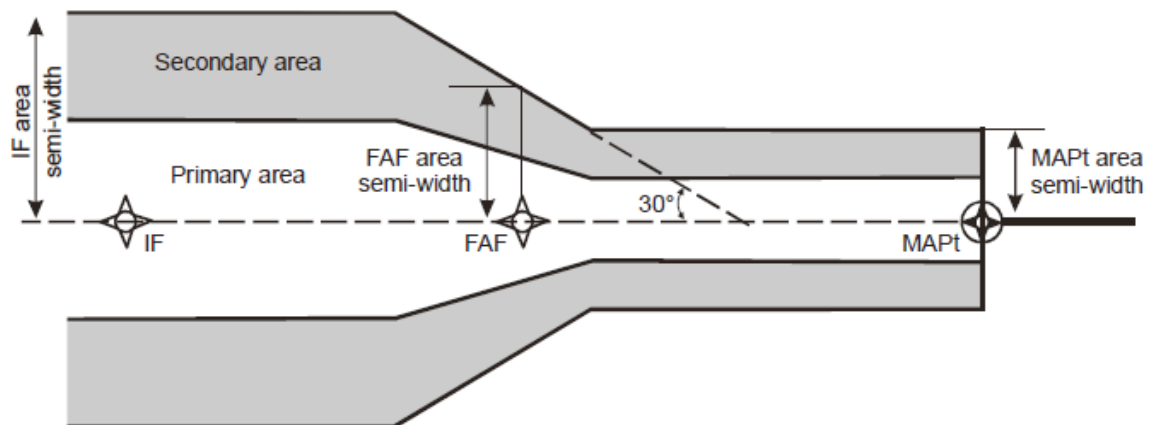
$$\frac{1}{2} A/W_{\text{středního úseku}} = 1.5 * XTT_{\text{IF}} + BV_{\text{konečný úsek}}$$

$$\frac{1}{2} A/W_{\text{FAF}} = 1.5 * XTT_{\text{FAF}} + BV_{\text{konečný úsek}}$$

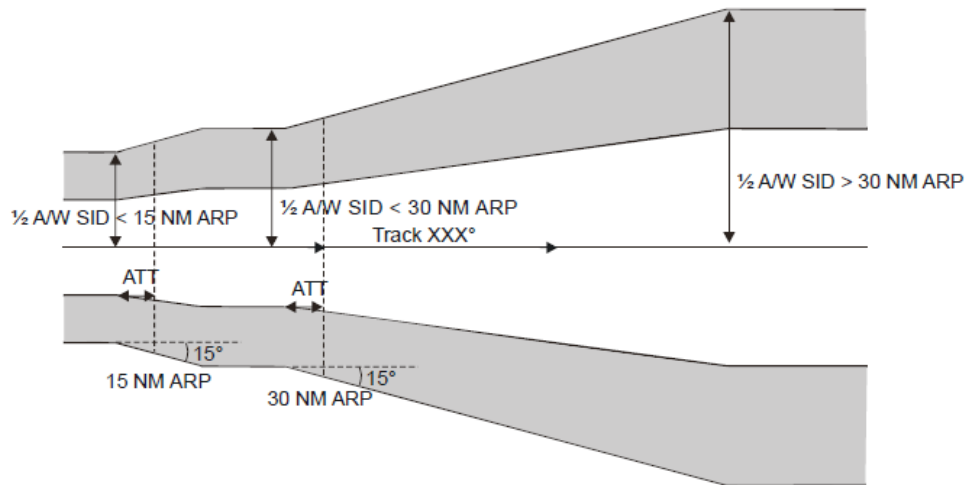
$$\frac{1}{2} A/W_{\text{konečného úseku}} = 1.5 * XTT_{\text{MAPt}} + BV_{\text{konečné přiblížení}}$$

V případě větší šířky následujícího úseku, než v předcházejícím rozšíření ochranného prostoru je docíleno pod úhlem 15°. Rozšíření ochranného prostoru z předchozího úseku je provedeno u nejbližší hranice bodu, kde se mění fáze letu a/nebo XTT, jak je znázorněno na *obrázku č. 11*. Vnější okraj primárního ochranného prostoru vymezuje polovinu celkového ochranného prostoru. [10]

Obrázek č. 10: Zúžení ochranného prostoru [10]



Obrázek č. 11: Rozšiřování ochranného prostoru[10]



## 4.9. Typy traťových úseků

Postupy dle RNAV jsou vždy zakódované do databáze letadlového navigačního systému. Tento postup může být letěn pomocí autopilota nebo manuálně za použití informací získaných z letové databáze nebo flight directoru. Databáze obsahuje všechny zakódované procedury včetně konvenčních postupů. Pro let za pomoci konvenčních navigačních systémů není zapotřebí mít na palubě tuto databázi. Tato databáze je nutná při letu za pomoci RNAV, jelikož navigační systém potřebuje vědět, jak se dostat do dalšího traťového bodu. Letová trať může být například, course, kurs (heading) nebo trať (track) mezi dvěma body.

V navigační databázi je zakódovaný terminátor, který říká, jak končí letová trať. Terminátorem může být například traťový bod nebo nadmořská výška (altitude).

Příklady letových tratí

- Track to fix (TF leg) – letový úsek je vypočtená trať (track) mezi dvěma body (WPT). V tomto případě, terminator je waypoint.
- Course to fix (CF leg) – letový úsek je vypočítaný jako přiletová trať (course) do traťového bodu (WPT). V tomto případě, terminator je waypoint.
- Direct to fix (DF leg) – letový úsek je přímá přiletová trať (direct) do traťového bodu (WPT). V tomto případě, terminator je waypoint.
- Course to altitude (CA leg) – letový úsek je letěná trať. V tomto případě, terminator je nadmořská výška (altitude). [10]

## 4.10. Minimální vzdálenost ustálení (MSD)

MSD představuje minimální vzdálenost na dokončení manévru zatáčky, po které může být zahájen další manévr. Minimální vzdálenost ustálení je použita k výpočtu minimální vzdálenosti mezi traťovými body Flyby nebo Flyover. V tabulkách v příloze jsou znázorněné minimální vzdálenosti ustálení pro jednotlivé traťové body v závislosti na úhlu náklonu a letové rychlosti. [8]

<i>Příloha č. 11</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-by (úhel náklonu 15°)
<i>Příloha č. 12</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-by (úhel náklonu 20°)
<i>Příloha č. 13</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-by (úhel náklonu 25°)
<i>Příloha č. 14</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-over (úhel náklonu 15°)
<i>Příloha č. 15</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-over (úhel náklonu 20°)
<i>Příloha č. 16</i>	Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-over (úhel náklonu 25°)
<i>Příloha č. 17</i>	Minimální délka RNAV úseku limitovaný minimálně jedním traťovým bodem, která není bodem, při kterém se provádí zatáčka.

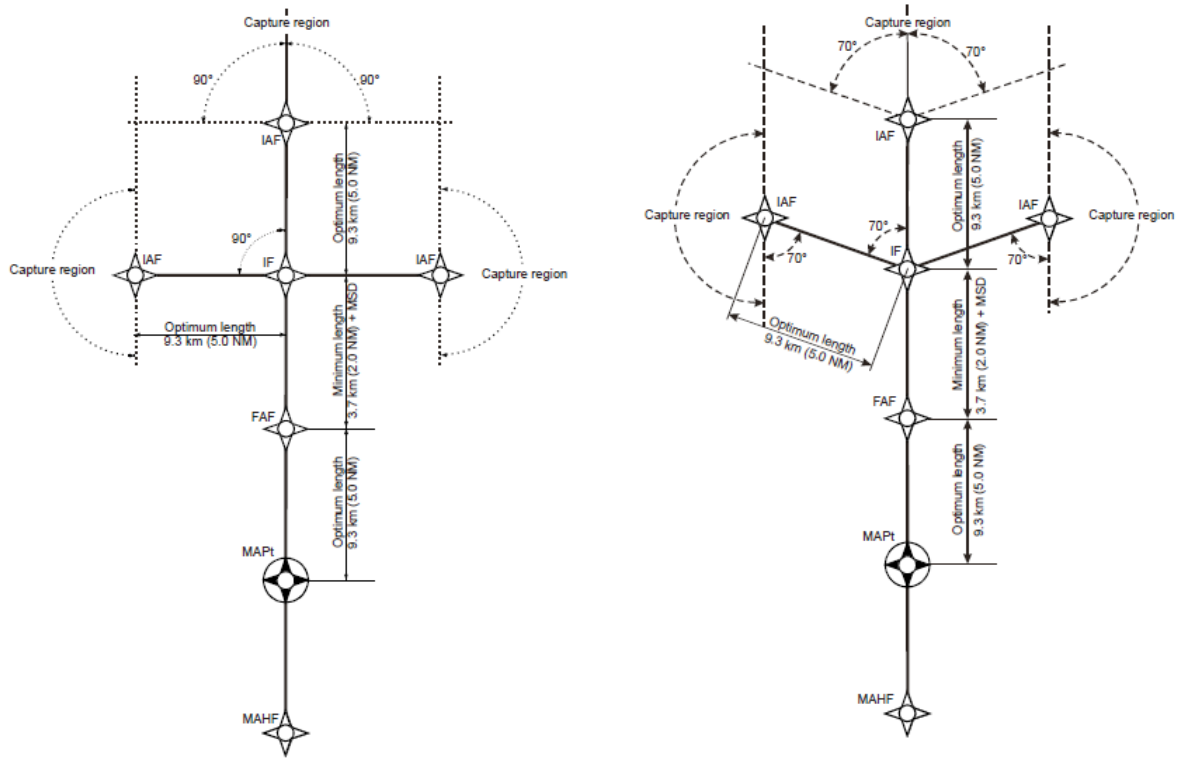
## 4.11. Koncept T a/nebo Y tratě

Tento koncept byl hlavně vyvinut pro vytížené letiště s vhodně koncipovaným vzdušným prostorem. Koncept RNAV nepřesného přístrojového přiblížení zahrnuje příletové tratě ve tvaru T nebo Y. Nastavení této tratě je závislé na nastavení směru přistávací a vzletové dráhy, konečného, středního úseku a až tří počátečních úseků přiblížení. Tyto tři úseky počátečního úseku přiblížení jsou uspořádány podél a po obou stranách konečného úseku přiblížení do tvaru T nebo Y.

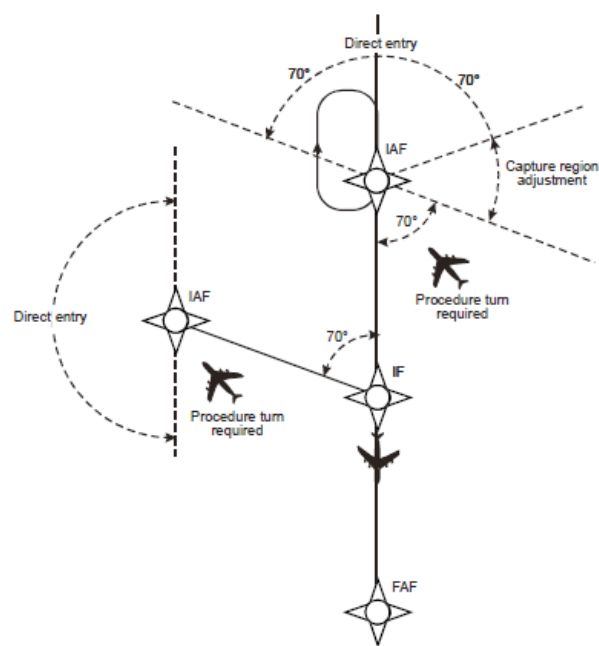
Pokud jsou implementovány všechny tři počáteční postupy přiblížení, není zapotřebí zavádět postup reversal. Kolem všechny IAF se nachází tzv. oblast pro naletění počátečního přiblížení (*Capture region*). Pro koncept příletové tratě ve tvaru T, maximální požadovaná zatáčka by neměla přesáhnout 90° při přechodu z počátečního úseku do středního úseku přiblížení. Pro koncept příletové tratě ve tvaru Y, maximální požadovaná zatáčka by měla být 110°. Obecně záleží, na tom, jaký koncept si zvolíte, ale podle RNAV kriteria, který říká, že bychom se měli vyvarovat zatáčkám větším než 90°. Čili, koncept příletové tratě ve tvaru T bude preferovaný.

Pokud jedno rameno příletové tratě není implementováno, oblast pro naletění počátečního postupu přiblížení (*Capture region*) bude využito pro srovnávací zatáčku nebo postup reversal. [10]

Obrázek č. 12: Koncepte T a Y příletové tratě [10]



Obrázek č. 13: Koncept Y příletové tratě bez jednoho implementovaného ramena [10]





## 4.12. Úseky přiblížení

### 4.12.1. Počáteční úsek přiblížení

Počáteční úsek přiblížení nemá pevně stanovenou maximální délku. Optimální délka počátečního úseku přiblížení je 5 NM ale může být i více. Pokud počátečnímu úseku předchází příletová trať, minimální délka počátečního úseku je 6 NM. Tento úsek je stanoven mezi body počátečního a středního přiblížení (IAF a IF). Minimální délka úseku nesmí být menší než požadovaná vzdálenost tohoto úseku danou nejvyšší rychlostí pro počáteční přiblížení. Tato vzdálenost je suma MSD požadovaných pro IAF a IF. Optimální gradient klesání je 4%. V případě nutnosti vyhnutí se překážce, maximální gradient klesání je 8%. Gradient klesání je založen na nejkratší možné vzdálenosti tratě (TRD) pro nejrychlejší kategorie letadel a ne na délku úseku. [10]

Výpočet vzdálenost tratě (TRD)

$$TRD = \text{délka úseku} - r \left( \tan \frac{\alpha_1}{2} + \tan \frac{\alpha_2}{2} \right) + \pi r \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{360} \right)$$

$\alpha_1$  – úhel zatačky na začátku úseku IAF (°)

$\alpha_2$  – úhel zatačky na konci úseku IF (°)

r – poloměr zatačky při úhlu náklonu 25°

### 4.12.2. Střední úsek přiblížení

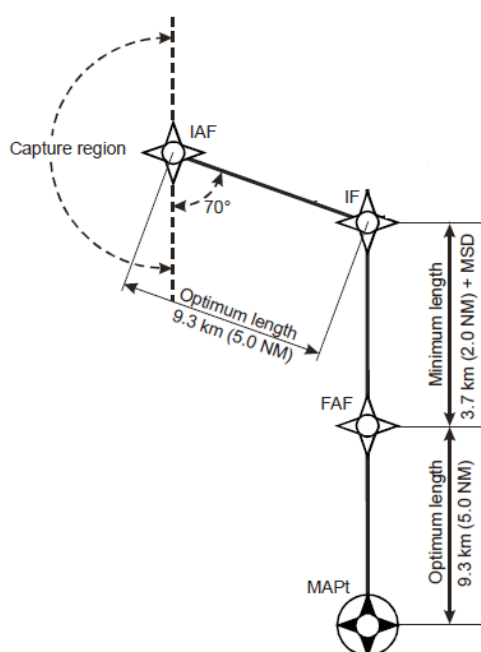
Střední úsek přiblížení slouží k přípravě na konečnou fázi přiblížení, tudíž střední úsek přiblížení by měl být ve stejném směru jako konečný úsek přiblížení, pokud to bude možné. Pokud je zapotřebí provést zatačku nad bodem konečného přiblížení (FAF), zatačka nesmí přesahovat 30°.

Tento střední úsek přiblížení se skládá ze dvou částí. Komponent zatačky ze strany IF následovaný přímým komponent před FAF. Délka komponentu zatačky je dána MSD pro daný úhel náklonu v IF. Délka komponentu přímé tratě je variabilní, ale nesmí být menší než 2 NM, který umožňuje se stabilizovat před bodem FAF. Normální střední úsek přiblížení je rovná přímá trať. Pokud by bylo požadováno postup klesání v této fázi letu, maximální gradient klesání je 5,2% a musí se uplatňovat rovný úsek před bodem FAF o vzdálenosti 1 až 1,5 NM pro kategorie letadel A/B. Pokud by bylo potřebné uplatnit tento postup pro rychlejší letadla, musí se vypočítat gradient klesání pro nejkratší možnou vzdálenost tratě (TRD) pro nejrychlejší kategorie letadel. [8], [10]

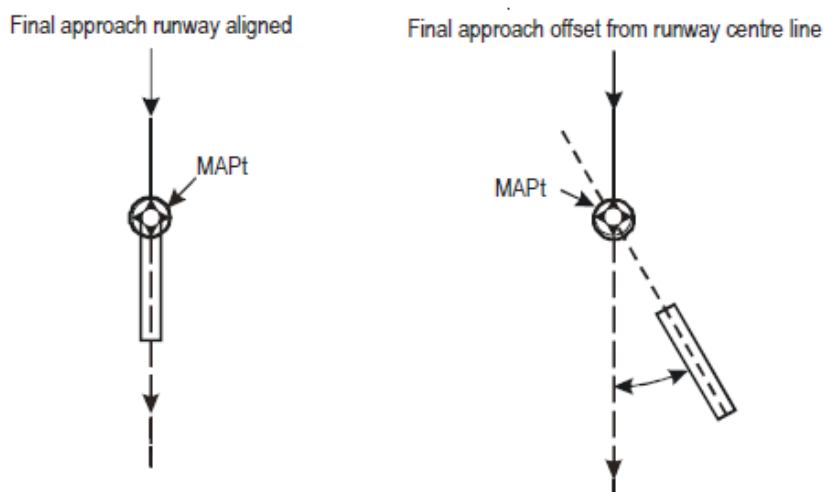
### 4.12.3. Konečný úsek přiblížení

Směr tento úseku přiblížení by měl být ideálně stejný s prodlouženou osou vzletové a přistávací dráhy. Tento úsek začíná v bodě FAF a končí v bodem MAPt. Optimální délka pro úsek konečného přiblížení je 5 MN. Maximální délka pro přiblížení nesmí být delší než 10 NM a minimální délka nesmí být nižší než 3 NM. Tato délka není stanovena mezi body FAF a MAPt, ale mezi bodem FAF a prahem vzletové a přistávací dráhy. Optimální gradient klesání je 5,2%, maximální gradient klesání je 6,1%. Pokud postup přiblížení je omezen pouze pro kategorie letadel A/B, maximální gradient klesání může dosahovat hodnoty až 6,5%. [10]

Obrázek č. 14: Úseky přiblížení dle RNAV [10]



Obrázek č. 15: Konečná fáze přiblížení s vybočením nebo bez vybočení k přistávací dráze [10]



#### 4.12.4. Úsek nezdařeného přiblížení

Pokud směr vzletové a přistávací dráhy je srovnatelný se směrem konečného přiblížení, bod nezdařeného přiblížení (MAPt) musí být umístěn na nebo před prahem vzletové a přistávací dráhy. Tam kde směr konečného přiblížení není totožný se směrem vzletové a přistávací dráhy, optimální umístění MAPt je průsečík konečného přiblížení a prodloužené osy vzletové a přistávací dráhy. Tam kde je to zapotřebí, MAPt může být posunut blíže směrem k bodu FAF, aby byla zajištěna ochrana nad překážkami OCA/H v bodě MAPt při normálním sestupovém gradientu 5,2% nebo vyhlášený gradient klesání pokud je větší. Zvětšení ochranného prostoru OCA/H může být požadován, aby se splnily tyto podmínky. Minimální délka postupu nezdařeného přiblížení je dána tabulkou *Příloha č. 14* (Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Fly-over (úhel náklonu 15°)

Definovaný bod konce úseku nezdařeného přiblížení musí být umístěn v bodě nebo až za bodem, kde letadla musí stoupat minimálním předepsaným gradientem pro každý daný úsek, dosažení minimální výšky pro traťový let nebo vyčkávání. [10], [25]

### 4.13. Postup pro odlet

Postup pro odlet začíná v bodě konce vzletové dráhy a končí v bodě, který navazuje na další letový úsek a minimální výšku v tomto navazujícím úseku. Postupy pro odlet mohou být vyvinuty ve spolupráci s ATS a strukturou vzdušného prostoru. Postup odletu je popsán pro kritéria RNAV 1, RNAV 2 a základní RNP-1.

Když se letadlo vzlétne a dostane se 5 m nad DER, je letadlo ve stavu, kdy začalo ustáleně stoupat. Letadlo musí udržovat směr vzletu prodloužené vzletové dráhy do dosažení výšky 120 m/394 ft nad DER. Nad touto výškou je možné zahájit zatáčku. Standardní návrhový gradient stoupání PDG (*Procedure design gradient*) je stanoven na hodnotu 3,3%. Tento PDG začíná v bodě 5 m/16 ft nad DER. PDG je stanoven v závislosti na překážkové identifikační rovině (OIS – *obstacle identification surface*) a minimální výšce nad překážkami. OSI je standardně stanoven na gradient 2,5% a standardní PDG zajišťuje minimální výšku nad překážkami MOC gradientem 0,8% počínající v bodě DER. Pokud nějaká překážka zasahuje do standardní překážkové roviny OIS, musí se stanovit strmější rovina. Ve výsledku PDG bude strmější o tuto překážkovou rovinu a standardní minimální výšce nad překážkami MOC s gradientem 0,8% z bodu DER. Po přeletu překážky zasahující do standardní OIS, je možné snížit gradient stoupání PDG na standardní hodnotu 3,3%. V případě zatáčky vyšší než 15°, musí

být dosažena minimální výška nad překážkami  $MOC = 90$  m. Postup odletu se zatáčkou rozeznáváme čtyři duhy zatáček, které mohou být stanoveny pomocí:

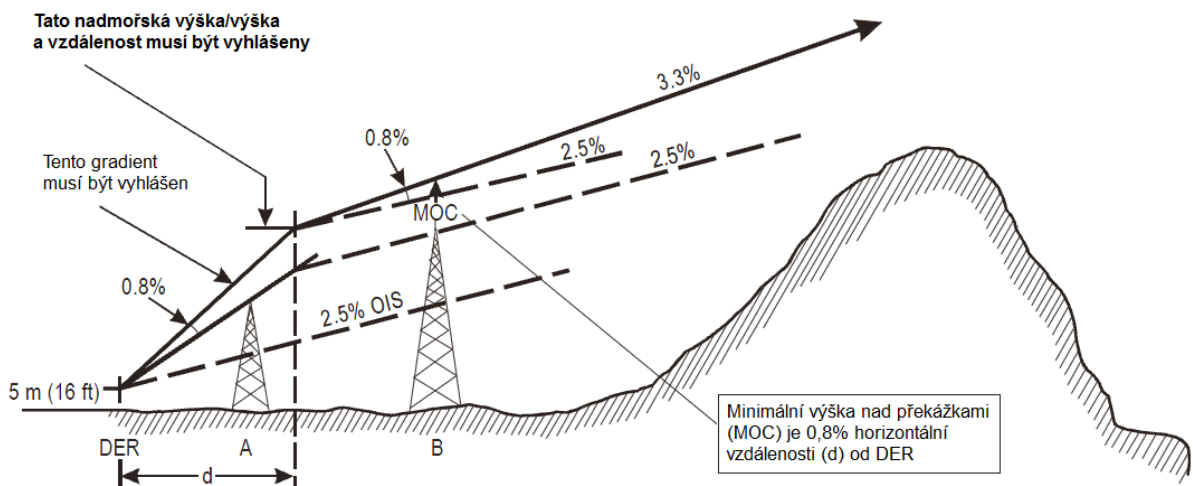
- Zatáčky v bodě Fly-by,
- Zatáčky v bodě Fly-over,
- Zatáčky v učené výšce a
- zatáčky se stanoveným poloměrem.

Zatáčka v bodě Fly-by je preferována tak, kde bezpečná výška nad překážkami a další aspekty dovolují. [10], [25]

Obrázek č. 16: Snížení gradientu stoupání při odletu [8]

Vzhledem k překážce B nemůže být ihned po přelétnutí překážky A gradient snížen na 3,3% (2,5%+0,8%). V postupu je uveden údaj výšky nebo fixy, po jejich dosažení již není požadován gradient větší než 3,3%.

Překážky A a B musí být vyhlášeny. Hora je uvedena na letištní překážkové mapě typu C.

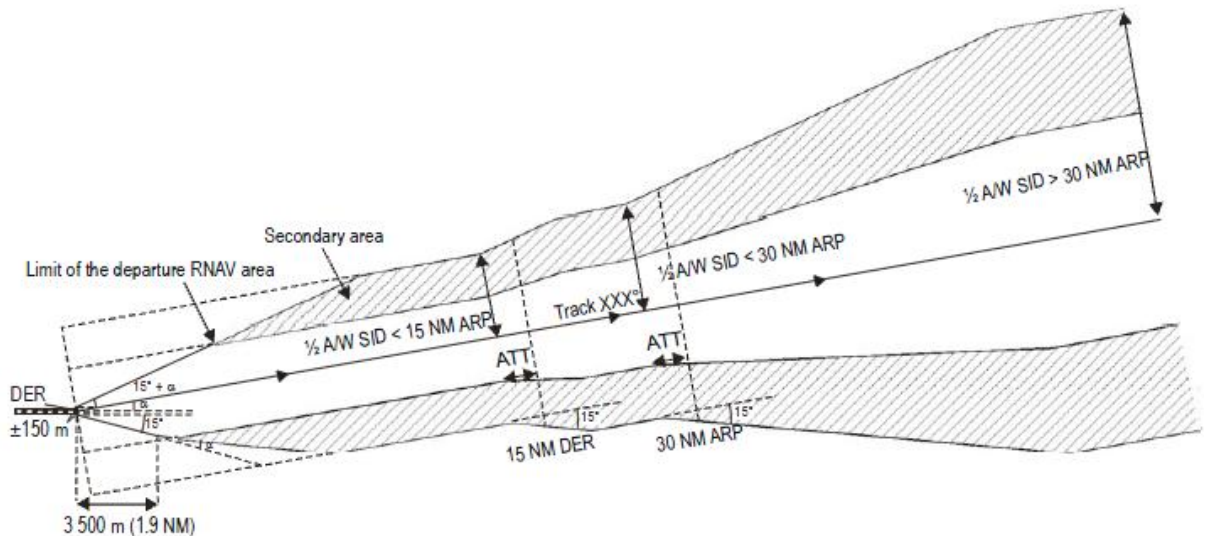


Stejně jak je tomu u všech fází letu, i postup pro odlet má primární a sekundární ochranný prostor. Počáteční ochranný prostor postupu pro odlet je široký  $\pm 150$  m a rozšiřuje se pod úhlem  $15^\circ$  z bodu DER. Tento odletový ochranný prostor se rozšiřuje do šířky jakéhosi fiktivního prostoru. Šířka fiktivního prostoru je dán tabulkou č. 6 podle typu specifikace, a zasahuje až do prvního bodu odletového postupu. Fiktivní prostor začíná v bodě DER a končí v prvním bodě. Další rozšíření ochranného prostoru se mění ve vzdálenosti 15 NM z bodu DER a další změna šířky ochranného prostoru nastává ve vzdálenosti 30 NM od letiště. K rozšiřování ochranného prostoru dochází pod úhlem  $15^\circ$  na každé straně letové tratě. Tyto šířky ochranných prostorů jsou uvedeny v kapitole Poloviční šířka ochranného prostoru (*Area semi-width* –  $\frac{1}{2} A/W$ ). [10]

Tabulka č. 6: poloviční šířka fiktivního ochranného prostoru [10]

Typ postupu	Poloviční šířka prostoru
<b>RANV 2</b>	4,19 km (2,26 NM)
<b>RNAV 1</b>	3111 m (1,68 NM)
<b>Základní RNP-1</b>	3704 m (2,00 NM)

Obrázek č. 17: Ochranný prostor odletu odletové tratě[10]



#### 4.14. Konstrukce ochranného prostoru zatáčky

Konstrukce ochranného prostoru zatáčky a konstrukční metody jsou podstatné pro manévry zatáčky. Při konstrukci je důležitý bod točení (TP), který je stanoven dvěma způsoby: v určitém fixu (zatáčka je provedena po přeletu fixu, Fly-over nebo Fly-by waypoints), nebo v určité nadmořské výšce (zatáčka se provede po dosažení určené nadmořské výšky, pokud není stanoven doplňkový fix nebo vzdálenost).

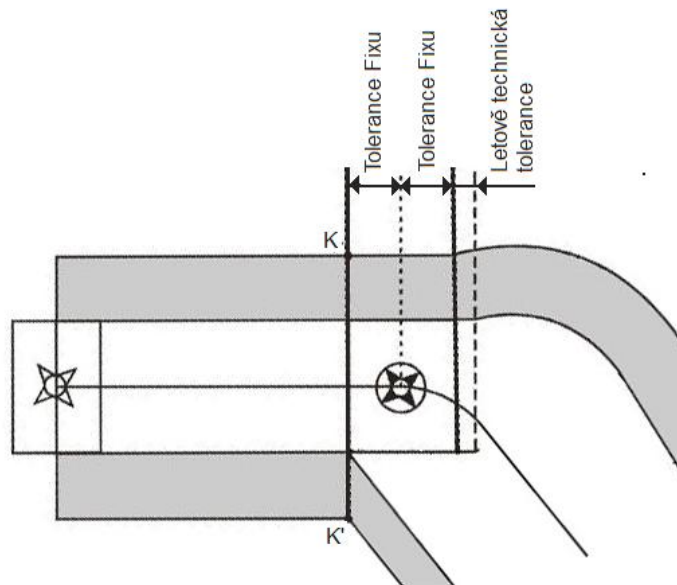
#### 4.14.1. Ochranný prostor zatáčky

Na tvar a velikost ochranného prostoru zatáčky má vliv jak tolerance fixu pro traťové vedení, tak specifické hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce *Příloha č. 18* (výška, indikovaná rychlost, vítr, úhel náklonu a letová technická chyba). Rychlost je rozhodujícím faktorem při určení tratě letadla během zatáčky stejně jako při jakýchkoliv jiných manévrech či fázích letu. Vnější hranice prostoru zatáčky závisí na nejvyšší rychlostní kategorii letadla, pro kterou je postup schválen. Vnitřní hranice vychází z potřeb nejpomalejších kategorií letadel. Vnitřní hranice začíná na nejbližším bodu točení (TP). Rozšiřuje se vně pod úhlem 15° od nominální trati. Vnější hranice je konstruována s ohledem na tolerance fixu a letově technickou toleranci.

Pro zatáčku udanou bodem flyby je nutno počítat s provedením zatáčky s předstihem. Tato vzdálenost je určena od WPT a nazývá se vzdálenost pro zahájení zatáčky TID. [8], [10]

$$TID = r \cdot \tan \frac{\theta}{2}, \text{ kde } \theta \text{ je změna úhlu trati a } r \text{ je poloměr zatáčky.}$$

Obrázek č. 18: Tolerance fixu [8]



#### 4.14.1.1. Další faktory určující konstrukci zatáček

- a) Tolerance fixu, která je dána tabulkami Příloha č. 6 – Příloha č. 10 pro různé fáze letu,  
b) Rychlost zatáčení (R) [stupeň/sekunda]

$$R = \frac{6355 \tan \alpha}{\pi V}, \text{ kde } V \text{ je TAS [km/h]}$$

$$R = \frac{3431 \tan \alpha}{\pi V}, \text{ kde } V \text{ je TAS [kt]}$$

*Maximální hodnota rychlosti zatáčení  $R = 3^\circ/\text{s}$*

- c) Poloměr zatáčky  $r$ , při určitém úhlu náklonu za nulového větru v jednotkách km nebo NM. Poloměr zatáčky je dán hodnotou rychlosti zatáčení  $R$  nebo úhlu náklonu  $\alpha$

$$r = \frac{V}{20\pi R}, \text{ kde } V \text{ je TAS}$$

$$r = \frac{V^2}{g \cdot \tan \alpha}, \text{ kde } V \text{ je TAS}$$

- d) Efekt větru  $E_\Theta$  na dobu potřebnou ke změně směru letu o úhel  $\Theta$  v jednotkách km nebo NM viz dále.  
e) Gravitační konstanta je implicitně stanovena na hodnotu  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$  (68 625 NM/h<sup>2</sup>)  
f) Reakce pilota stanovena na hodnotu 6 sekund [10]

#### 4.14.2. Metoda kruhových oblouků

Metoda kruhových oblouků se aplikuje uvnitř letových úseků, kde úhel zatáčky musí být menší nebo roven  $30^\circ$  na bodech IAF a IF a menší nebo roven  $10^\circ$  na bodě FAF. Zatáčky jsou normálně aplikovány v bodě Fly-over. V příloze č. 19 je znázorněna konstrukce kruhových oblouků.

#### 4.14.3. Prostor zatáčky využívající metody spirály vlivu větru

Při použití metody spirály vlivu větru závisí vymezení prostoru na poloměru zatáčky vypočítané pro konkrétní hodnotu pravé vzdušné rychlosti (TAS) a úhlu příčného náklonu. Vnější hranice prostoru zatáčky je konstruována za použití spirály odvozené z poloměru zatáčky za nulového větru ( $r$ ). Spirála vychází z aplikace vlivu větru na ideální letovou dráhu. Výsledkem spirály je aplikace vlivu větru  $E_\Theta$  na dobu potřebnou ke změně směru letu o úhel  $\Theta$ , které je uplatněno v rovnici:

$$E_\Theta = \frac{\theta}{R} \cdot \frac{w}{3600} \text{ km [NM]}$$

kde:  $\Theta$  je úhel zatáčky,  $R$  je rychlost zatáčení,  $w$  je rychlost větru. [8], [10]

Určování hodnoty  $E_{\Theta}$  pro výpočet metody spirály vlivu větru je různá pro rozdílné intervaly, například  $\Theta$  po  $30^{\circ}$ . Přesnost může být zvýšena snížením intervalu. Konstrukce této metody je zobrazena na obrázku *příloha č. 20*.

#### 4.14.4. Prostor zatáčky využívající hraničních kružnic

Tato metoda je alternativou k metodě spirály vlivu větru. Může být použita zjednodušená metoda, kde nakreslené kružnice ohraničují prostor zatáčky. Na rozdíl od metody spirály vlivu větru, je v této metodě vliv větru ( $E$ ) vždy použitý pro účinek větru při změně kurzu o  $90^{\circ}$ . Metoda je graficky znázorněna na obrázku *příloha č. 21*.

Výše popsané metody spirály vlivu větru a hraničních kružnic se aplikují na různé fáze letu:

- a) odlety
- b) postup nezdařeného přiblížení
- c) zatáčky na fixu konečného přiblížení (FAF) o více než  $10^{\circ}$
- d) zatáčky RNAV v bodech IAF a IF o více než  $30^{\circ}$

#### 4.14.5. Druhy zatáček

Konstrukci zatáček v různých fázích letu, pro různé typy traťových bodů, rozeznáváme několik druhů zatáček:

- Zatáčka pro Fly-by traťový bod metodou spirály vlivu větru (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 22*).
- Zatáčka pro Fly-over traťový bod metodou spirály vlivu větru specifikována letovou tratí TF (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 23*).
- Zatáčka pro Fly-over traťový bod metodou spirály vlivu větru specifikována letovou tratí DF (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 24*).
- Zatáčka v bodě MAPt specifikována letovou tratí TF (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 25*).
- Zatáčka v bodě MAPt specifikována letovou tratí DF (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 26*).
- Zatáčka v předepsané výšce specifikovaná letovou tratí DF (konstrukce podrobně popsána v *příloze č. 27*).

[10]



#### 4.14.6. Předpisová zatáčka (Procedure turn)

Předpisová zatáčka je přesně stanovený a definovaný manévr, který umožňuje letadlu návrat na stejnou trať v opačném směru. První fáze předpisové zatáčky je část tratě s radionavigačním či prostorovým vedením vymezená časovým údajem, vzdáleností, aj. Druhá část předpisové zatáčky je definovaný manévr, umožňující návrat letadla na stejnou trať v opačném směru. Rozeznáváme dva typy předpisové zatáčky, a to typ  $45^\circ/180^\circ$  a typ  $80^\circ/260^\circ$ . Dále se budeme zabývat jen zatáčkou  $45^\circ/180^\circ$ .

První vybočení se provádí o  $45^\circ$  a poté následuje odletová trať o časovém intervalu jedné minuty pro kategorie letadel A a B. Po uplynutí jedné minuty letadlo začne točit zatáčku zpět na trať. Při této proceduře pilot musí vylučovat snos větru, aby se udržel na předepsané trajektorii letu. Kvůli velkým nepřesnostem při vedení letadla je ochranný prostor primární v celé šířce. [2]

Obrázek č. 19: Předpisová zatáčka  $45^\circ/180^\circ$  [10]



#### 4.15. Vyčkávání

Vyčkávání je část letu podle přístrojů určená k pozdržení letadla v procesu řízeného provozu. Je to předem stanovený a publikovaný postup, během kterého pilot udržuje požadovanou rychlost a letovou hladinu. Prostor, ve kterém je letadlu umožněno vyčkávat, je vyjádřen tzv. vyčkávacím obrazcem (*holding pattern*). Základní identifikační polohou postupu vyčkávání je vyčkávací bod. Tento bod může být buď radionavigační zařízení, nebo v našem případě RNAV WPT definovaný souřadnicovou polohou. Tento stanovený fix bývá umístěn v bodě IAF a je specifikován bodem Fly-over. Vyčkávací obrazec je definován údaji o magnetickém směru odletové a příletové tratě, délce odletové trati vyjádřené časem<sup>6</sup> (v případě nestandardního vyčkávacího obrazce vzdáleností od vyčkávacího bodu<sup>7</sup>) a minimální letové výšce. [2]

<sup>6</sup> Začátek odletové tratě se měří od přeletu polohy „na úrovni“ fixu nebo po dotočení zatáčky na odletové trati pokud nelze stanovit polohu „na úrovni“ fixu.

<sup>7</sup> Je-li délka odletového úseku založena na vzdálenosti od fixu, odletový úsek končí, jakmile je dosažena omezující vzdálenosti od fixu.

Časově omezená délka vyčkávání je standardně stanovena následovně:

- a) 1 minuta do a včetně výšky vyčkávání 14000ft a
- b) 1,5 minuty nad výškou vyčkávání 14000ft.

Ochranné prostory pro vyčkávání musí být početně a návrhově stanoveny pro nejrychlejší kategorie letadel. Stanovené maximální indikované rychlosti jsou uvedeny v *tabulce č. 7* rychlosti pro stanovení ochranného prostoru vyčkávání. Pro let po stanoveném vyčkávacím obrazci byl stanoven standardní úhel náklonu letadla 23°. Tento úhel náklonu je použit pro zatáčení z příletové trati na odletovou trať vyčkávacího obrazce a opačně.

Je zapotřebí počítat s meteorologickými podmínkami - účinek větru a teplota. Pokud jsou k dispozici statistická data, měly by být brány v potaz hodnoty s průměrnou maximální teplotou vzduchu a všesměrovou rychlostí větru s 95% pravděpodobností. Pokud nejsou statistická data k dispozici, všesměrový účinek je stanovený standardním ICAO větrem, který je uveden v *tabulce Příloha č. 18* základní parametry pro konstrukci zatáčky. Teplota je určena dle mezinárodní standardní atmosféry (ISA) navýšená o 15 °C (ISA+15 °C).

[2], [10]

*Tabulka č. 7: Rychlosti pro stanovení ochranného prostoru vyčkávání [2]*

Výška <sup>1</sup>	Normální podmínky	Podmínky turbulence
<b>Do 4250 m (14000 ft) včetně</b>	425 km/h (230 kt) <sup>2</sup> 315 km/h (170 kt) <sup>4</sup>	520 km/h (280 kt) <sup>3</sup> 315 km/h (170 kt) <sup>4</sup>
<b>Od 4250 m (14000 ft) do 6100 m (20000 ft) včetně</b>	445 km/h (240 kt) <sup>5</sup>	520 km/h (280 kt) nebo 0.8 Mach, Volí se nižší hodnota <sup>3</sup>
<b>Od 6100 m (20000 ft) do 10350 m (34000 ft) včetně</b>	490 km/h (265 kt) <sup>5</sup>	
<b>Nad 10350 m (34000 ft)</b>	0.83 Mach	0.83 Mach

<sup>1-</sup> Uvedené výšky reprezentují výšku nad mořem nebo odpovídající letovou hladinu podle nastavení výškoměru letadla.

<sup>2-</sup> Když po vyčkávacím úseku následuje počáteční úsek přiblížení podle přístrojů publikovaný s rychlostí vyšší než 425 km/h (230 kt), tam kde je to možné, vyčkávání by mělo být publikováno s touto vyšší rychlostí.

<sup>3-</sup> Vyčkávání letadla při rychlosti 520 km/h (280 kt)/0,8 Mach

<sup>4-</sup> Vyčkávací rychlosti limitované pouze pro kategorii letadel A a B.

<sup>5-</sup> Pokud je to možné, měl by být vyčkávací postup spojen se strukturou letových cest a použita rychlost 520 km/h (280 kt)

#### 4.15.1. Letově technická tolerance (FTT)

Základní letově technická chyba se rozděluje do 4 kategorií: Reakce pilota, zahájení náklonu, tolerance směru letu a určování času. Pro vyčkávání byly stanoveny následující tolerance:

- Tolerance fixu: Celková tolerance 11 sekund pro let nad stanoveným bodem vyčkávacího obrazce. Tato tolerance zahrnuje 6s toleranci reakce pilota a 5s toleranci pro zahájení náklonu.
- Tolerance odletové trati: Na odletové trati je stanovená tolerance mezi hodnotami +15 sekund až -5 sekund. Tato tolerance  $\pm 10$  sekund zahrnuje toleranci časování a 5s toleranci pro zahájení náklonu. V případě odletové trati určené vzdáleností, je celková chyba určena délkou 11 sekund, která zahrnuje 6s toleranci reakci pilota a 5s toleranci pro zahájení náklonu. V odletové trati vyčkávacího obrazce je stanovena tolerance směru letu na hodnotu  $\pm 5^\circ$ . [10]

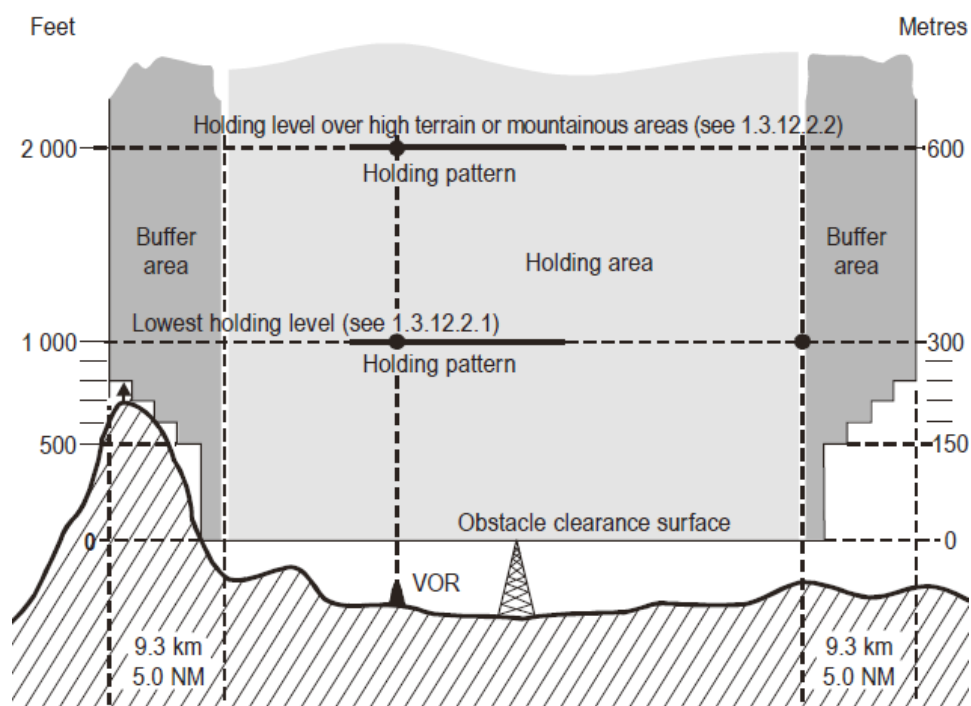
#### 4.15.2. Bezpečná výška nad překážkami

Stanovení ochranného prostoru vyčkávání není shodné s ochrannými prostory ostatních fází letu. Ochranný prostor vyčkávání zahrnuje základní oblast pro vyčkávání, oblast pro nalétnutí do vyčkávacího obrazce a nárazníkový prostor, který rozšiřuje základní ochranný prostor pro vyčkávání.

Základní ochranný prostor vyčkávacího obrazce je vzdušný prostor v určité výšce zahrnující povolené rychlosti letadla, efekt větru, chyby časování, charakteristiky bodu, nad kterým se vyčkává a další. Oblast pro nalétnutí do vyčkávacího obrazce je vzdušný prostor, který napomáhá letadlu přizpůsobit se specifickým postupům pro vstup do vyčkávacího obrazce. Nárazníkový prostor rozšiřuje oblast vyčkávání o 5 NM. Minimální výška vyčkávání musí být určena jak minimální výškou ochranného prostoru vyčkávání, tak i minimální výškou nárazníkového prostoru. Minimální povolená výška pro vyčkávání musí být stanovena 300 m (984 ft) nad překážkami a vhodnou hodnotou z *tabulky č. 8* určující minimální bezpečnou výšku nad překážkami v nárazníkovém prostoru. Tyto hodnoty určují postupné rozšiřování nárazníkového prostoru až na hodnotu 5 NM, jak je znázorněno na *obrázku č. 20*. V případě vysokého terénu nebo v hornaté oblasti je stanovena minimální bezpečná výška nad překážkami hodnotou 600 m (1969 ft).

[2], [10]

Obrázek č. 20: Minimální výška nad překážkami pro vyčkávání včetně nárazníkového prostoru [10]



Tabulka č. 8: Minimální bezpečná výška nad překážkami v nárazníkovém prostoru [10]

Vzdálenost do hranice vyčkávacího prostoru		Minimální bezpečná výška nad překážkami	
Kilometry	Námořní míle	Metry	Stopy
0 – 1,9	0 – 1	300	984
1,9 – 3,7	1 – 2	150	492
3,7 – 5,6	2 – 3	120	394
5,6 – 7,4	3 – 4	90	295
7,4 – 9,3	4 – 5	60	197

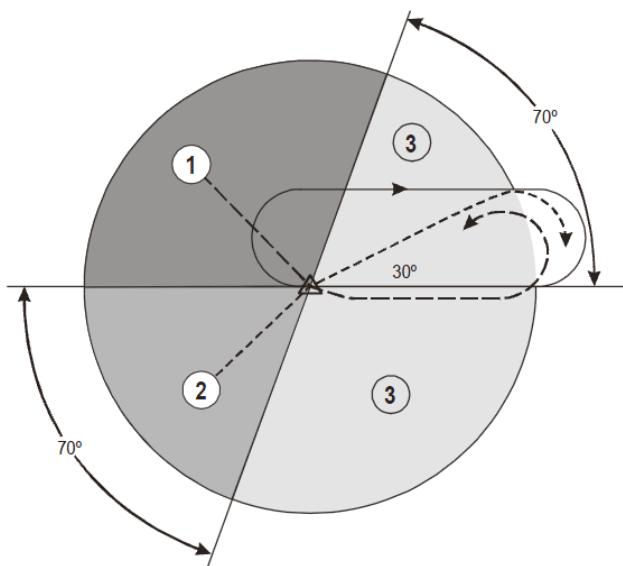
### 4.15.3. Postupy pro vstup do vyčkávacího obrazce

Pro vstup do vyčkávacího obrazce jsou stanoveny tři základní sektory, které jsou obecně stanoveny pro všechny druhy vyčkávání. Tyto sektory jsou stanoveny podle kurzu přiletu k vyčkávacímu bodu, což je vidět na obrázku č. 21. Tento prostor je rozdělen přímkou svírající úhel  $70^\circ$  s příletovou tratí k vyčkávacímu bodu. Mezi těmito sektory je stanovena zóna přizpůsobivosti  $\pm 5^\circ$  na každou stranu hranice sektoru. Těmito sektory jsou:

- Vstup pro sektor 1 – paralelní vstup (Parallel entry)
- Vstup pro sektor 2 – boční vstup (Tear drop)
- Vstup pro sektor 3 – přímý vstup (Direct entry)

[2], [8]

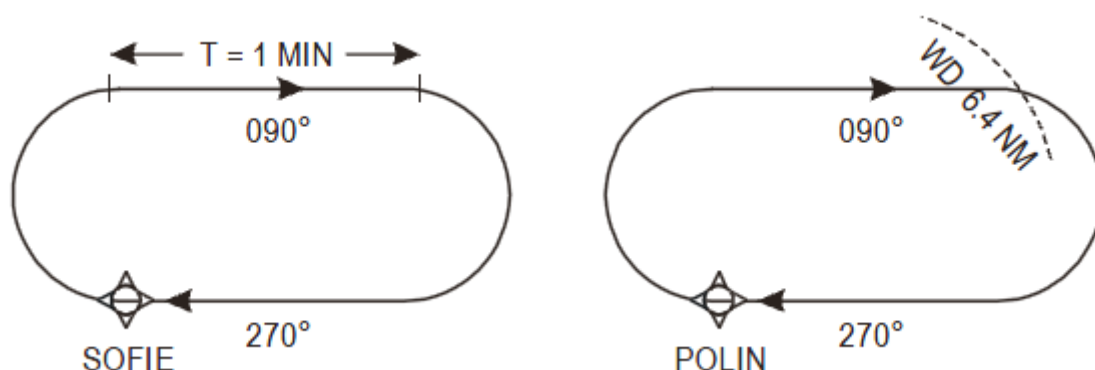
Obrázek č. 21: Vstupní sektory pro vyčkávání[10]



#### 4.15.4. RNAV vyčkávání

Funkce pro vyčkávání je u různých systémů RNAV rozdílná. Jednodušší systémy RNAV poskytují pouze schopnost sledovat kurz k traťovému bodu. Tento systém vybavení letadla je známý jako systém RNAV bez funkce pro vyčkávání. Jiné systémy vypočítávají velikost vyčkávacího obrazce podle rychlosti a směru větru, pravé vzdušné rychlosti (TAS) nebo předepsané rychlosti ve vyčkávání stanovené požadavky organizace ICAO (podle toho, která je menší), času a délky úseku vyčkávání. V zatáčkách poskytují vedení založené na přibližně konstantních úhlech náklonu. Tento systém se obecně nazývá systém RNAV s funkcí vyčkávání. Modernější systémy sledují během postupu stanovenou pozemní trasu. Starší typy letadel vstupují do vyčkávacího obrazce přeletem traťového bodu, zatímco moderní systémy zatáčejí s předstihem před traťovým bodem pro vyčkávání. Avšak ne všechna letadla jsou vybavena systémem s funkcí pro vyčkávání. Z tohoto důvodu bude níže popsán systém bez funkce pro vyčkávání. Existují dva druhy vyčkávání, a sice založení na časování odletové tratě nebo stanovené vzdálenosti od vyčkávacího bodu, jak je zobrazeno na obrázku č. 22. Tyto metody jsou určeny pro systém bez funkce pro vyčkávání. Pro naše účely si dále si dále vystačíme s vyčkáváním založené na časování odletové tratě. [8]

Obrázek č. 22: RNAV vyčkávání pro systémy bez funkce pro vyčkávání [8]



#### 4.15.4.1. Ochranný prostor vyčkávání RNAV bez funkce pro vyčkávání

Ochranný prostor RNAV pro vyčkávání je stanoven vyčkávacím bodem v prostoru a s ním souvisejícími kružnicemi, či jejich částí, a závisí na parametrech - indikovaná vzdušná rychlost, hladina vyčkávání, délka odletové tratě a teplota ISA + 15 °C.

Tento ochranný prostor je tvořen soustavou kružnic, spirál vlivu větru, tečen mezi kružnicemi a spirálami. Prostor je dále různě pootáčen a posouván v závislosti na toleranci fixu. Ve výsledku se ochranný prostor zvětší. Konstrukce ochranného prostoru vyčkávání pro určení odletové trati pomocí doby letu je znázorněna na obrázku v příloze č. 28. Tento vyčkávací prostor platí pouze pro vyčkávání a není zde zahrnut i ochranný prostor pro vstup do vyčkávacího obrazce. Pro stanovení ochranného prostoru vstupu do vyčkávacího obrazce, je nutné tento prostor pootočit v závislosti na vstupním sektoru. Na obrázku v příloze č. 29 je znázorněn ochranný prostor zahrnující postup pro vstup do vyčkávacího obrazce určený časem odletové tratě. [10]

## 4.16. Přiblížení okruhem (Circling Approach)

Přiblížení okruhem bude stanoveno v takových případech, kdy terén nebo jiné omezující okolnosti způsobí, že směrování trati konečného přiblížení nebo gradient klesání neodpovídají kritériím pro přímé přiblížení. Trať konečného postupu pro přiblížení okruhem je ve většině případů směřována tak, aby vedla nad některou částí použitelné přistávací plochy letiště.

#### 4.16.1. Ochranný prostor pro přiblížení okruhem

Manévrovací prostor pro přiblížení okruhem je stanoven zakreslením částí kružnic se středy na prahu každé dráhy a spojením těchto kružnic tečnami. Poloměr kružnic závisí na kategorii letadla, rychlosti letu, rychlosti větru a úhlu náklonu. Určení těchto parametrů bylo popsáno výše. V tomto prostoru je zajištěna minimální výška nad překážkami OCA/OCH pro každou kategorii viz *tabulka č. 9*. Pokud je zřízena OCA/H, je rovněž stanovena MDA/H, aby se vyhovělo provozním ohledům. V *tabulce č. 10* jsou hodnoty určující ochranný prostor přiblížení okruhem.

#### 4.16.2. Postup nezdařeného přiblížení okruhem

Jestliže po přiblížení okruhem dojde ke ztrátě vizuální reference, musí následovat stanovený postup pro nezdařené přiblížení. Přechod z přiblížení okruhem k nezdařenému přiblížení by měl být zahájen stoupavou zatáčkou v prostoru přiblížení okruhem směrem k dráze pro přistání. Dále je nutné vrátit se na výšku pro přiblížení okruhem nebo na výšku vyšší, bezprostředně poté následuje provedení postupu nezdařeného přiblížení. Indikovaná rychlost letu během těchto manévru nesmí přesáhnout maximální indikovanou rychlost spojenou s vizuálním manévrováním. [2], [8]

*Tabulka č. 9: OCA/H pro přiblížení okruhem [8] - upraveno autorem*

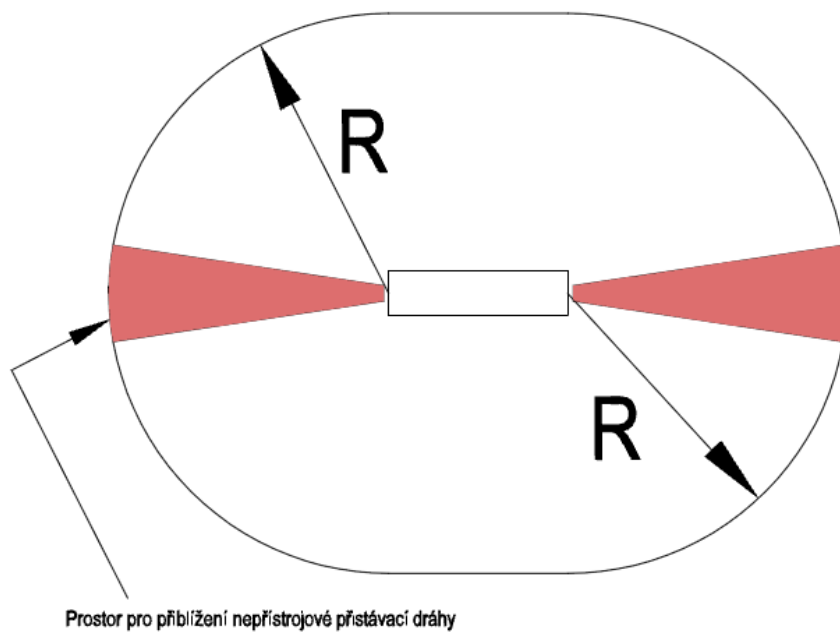
<b>Kategorie letadla</b>	<b>Výška nad překážkami m (ft)</b>	<b>Nejnižší OCH nad výškou letiště nad mořem m (ft)</b>	<b>Minimální dohlednost km (NM)</b>
<b>A</b>	90 (295)	120 (394)	1,9 (1,0)
<b>B</b>	90 (295)	150 (492)	2,8 (1,5)

*Tabulka č. 10: Příklad hodnot pro určení prostoru přiblížení okruhem pro letiště ve výšce 1000 ft nad MSL [8] - upraveno autorem*

<b>Kategorie letadla IAS (kt)</b>	<b>A/100</b>	<b>B/135</b>
<b>TAS ve 2000ft MSL + 25kt faktor větru (kt)</b>	131	168
<b>Poloměr (r) zatáčky (NM)</b>	0,69	1,13
<b>Přímý úsek (k) (NM) (konstantní hodnota)</b>	0,30	0,40
<b>Poloměr (R) od prahu (NM)</b>	1,68	2,66

*Pozn.  $R = 2*r + k$*

Obrázek č. 23: Ochranný prostor pro přiblížení okruhem [2], [22]





## 5. Návrh RNAV (GNSS) přiblížení a odletů z letiště Roudnice

### 5.1. RNAV (GNSS) RWY 13L LKRO

#### 5.1.1. Sekvence bodů a souřadnice

Tabulka č. 11: Sekvence bodů pro RWY 13L

Název WPT	Druh WPT	Souřadnice WPT
<b>LKRO<sup>1</sup></b>	Flyby	N50 24.63 E014 13.57
<b>RO111</b>	Flyby	N50 25.90 E014 07.36
<b>RO112<sup>1</sup></b>	Flyby	N50 28.43 E014 03.59
<b>RO113<sup>1</sup></b>	Flyby	N50 29.81 E014 05.86
<b>RO13F<sup>2</sup></b>	Flyby	N50 28.36 E014 08.03
<b>RW13L<sup>3</sup></b>	Fly-over	N50 24.75 E014 13.42
<b>RO111</b>	Flyby	N50 25.90 E014 07.36

<sup>1</sup>WPT LKRO, RO112 a RO113 jsou body IAF

<sup>2</sup>WPT RO13F je bodem FAF

<sup>3</sup>WPT RW12L je bodem MAPt

Tabulka č. 12: Parametry normální trati od bodu LKRO (IAF)

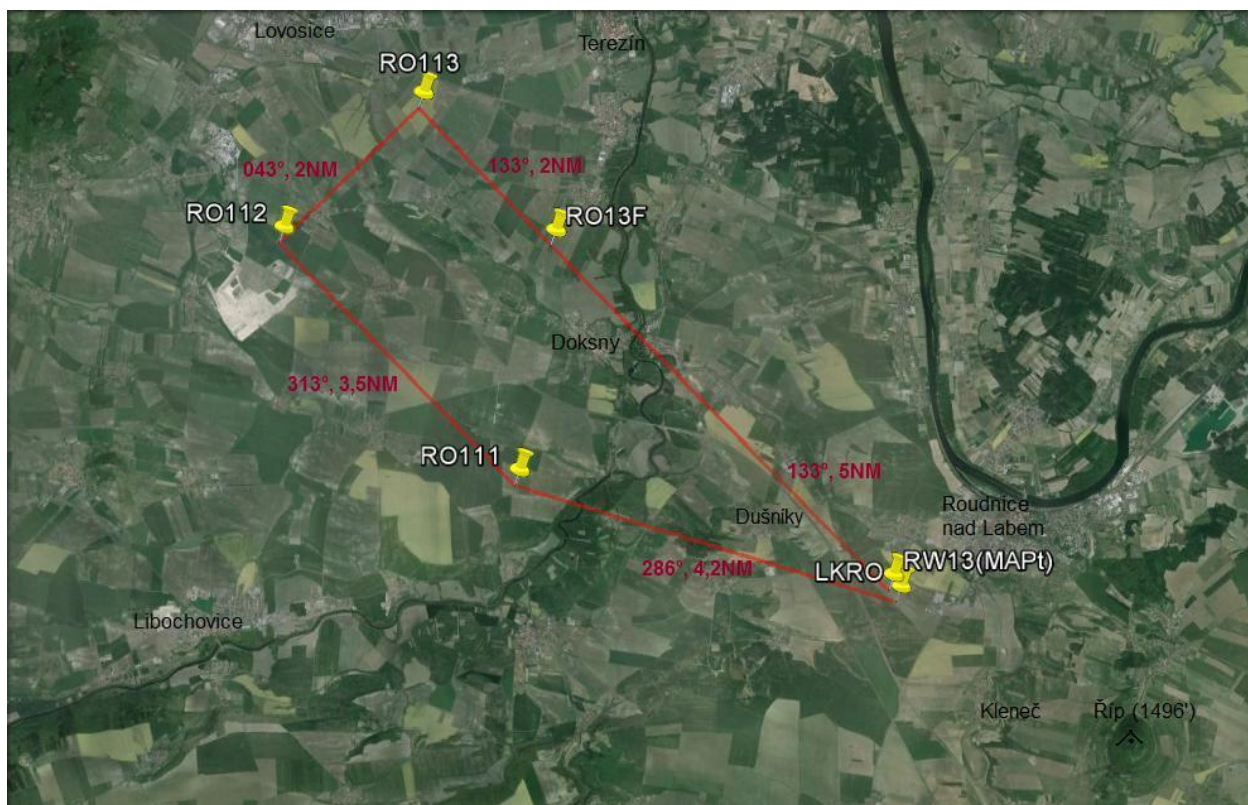
Úsek trati	Směr*	Vzdálenost
<b>LKRO – RO111</b>	286°	4,2 NM
<b>RO111 – RO112</b>	313°	3,5 NM
<b>RO112 – RO113</b>	043°	2 NM
<b>RO113 – RO13F</b>	133°	2 NM
<b>RO13F – RW13L</b>	133°	5 NM

\*veškeré směry jsou magnetické

Trat' splňuje požadavky na minimální stabilizační vzdálenosti MSD viz. příloha č. 13 a příloha č. 15.

Minimální výška postupu přiletu od IAF LKRO je 2300ft až do dosažení FAF RO13F. I přesto, že jednotlivé úseky jsou voleny s ohledem na minimalizaci hlukového zatížení okolních obcí, při sestupech z vyšších hladin se předpokládá CFDA od IAF LKRO. Trat' je volena tak, aby nenarušila TMA I VODOCHODY resp. TMA VIII PRAHA do 2000 jižně LKRO. Na obrázku č. 24 je zobrazena trat' přiblížení na letiště Roudnice. Ochranný prostor této přiletové tratě je zobrazen v příloze č. 30.

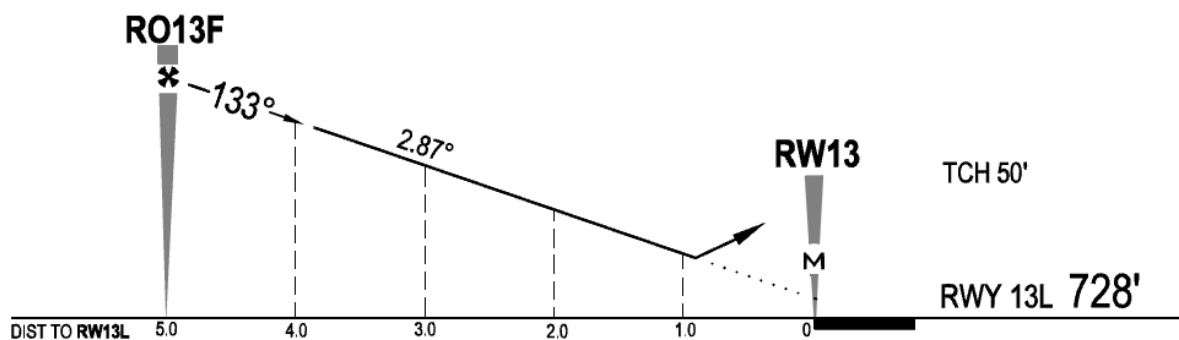
Obrázek č. 24: Návrh RNAV (GNSS) přiblížení na RWY 13L



### 5.1.2. Finální přiblížení

Finální přiblížení je stanoveno z bodu FAF (RO13L) do MAPt (RW13L). FAF je stanoven ve výšce 2300 ft a MAPt je stanoven dle MDA resp. MOC. Úhel sestupu je stanoven na 2,87°, což odpovídá gradientu klesání 5,0 %. Od toho se také odvíjí stanovení výšky vzhledem ke vzdálenosti od prahu přistávací dráhy viz. *tabulka č 13* k zajištění kontinuálního klesání do 50 ft nad práh přistávací dráhy. Letadlo by se mělo nacházet v této výšce po přeletu prahu přistávací dráhy. Od gradientu klesání se odvíjí i rychlost klesání pro určité rychlosti vzhledem k zemi viz *tabulka č. 14*.

Obrázek č. 25: Postup finálního přiblížení



Tabulka č. 13: Tabulka vzdáleností a výšek vzhledem k prahu RWY

DIST TO RW13L	5	4	3	2	1
ALTITUDE	2300'	2000'	1690'	1390'	1180'

\*Výšky jsou zaokrouhlené na desítky

Tabulka č. 14: Tabulka rychlostí klesání vzhledem k pozemní rychlosti

Gnd speed – kts	70	90	100	120	140
Speed of descent (5,0%)	355	457	507	609	710

### 5.1.3. Postup nezdařeného přiblížení

Postup nezdařeného přiblížení se musí provést v případě, kdy pilot nemá vizuální kontakt s přistávací dráhou po dosažení MDA resp. MAPt, v případě překážky na dráze, nestabilizovaného přiblížení a jiných důvodů dle uvážení velitele letadla.

Postup nezdařeného přiblížení je navržen tak, aby pilot po dosažení bodu MAPt začal točit zatáčku pod úhlem náklonu 15° a stoupat do výšky 2300 ft do WPT RO111. V bodě RO111 je navržen postup vyčkávání na pravou stranu z důvodu nízkého TMA jižně od letiště. Příletová trať vyčkávacího obrazce je 286° a minimální výška vyčkávání je 2300 ft. Ochranný prostor postupu nezdařeného přiblížení je zobrazen v příloze č. 30.

### 5.1.4. Předpisová zatáčka

Tento postup nepřesného přiblížení bude nejdříve sloužit pro výcvikové účely. V databázi GNSS letecké školy budou vloženy body pro provedení celého navrženého postupu přiblížení. Pro případ příletu jiného letadla, které nemá v databázi GNSS nahrané WPT příletové trati byl navržen postup reversal v bodě FAF vztažený k bodu LKRO.

Do trati je nutné nalétnout z bodu LKRO a poté pokračovat opačným kurzem přiblížení (313°) do vzdálenosti 5,2 NM a v tomto bodě provést předpisovou zatáčku na levou stranu (LKRO je vzdálené od RW13L 0,2 NM ve směru přistávací dráhy). Po dokončení předpisové zatáčky lze pokračovat do bodu FAF vzdáleného 5,2 NM z bodu LKRO. Minimální výška pro předpisovou zatáčku je 2300 ft. Ochranný prostor předpisové zatáčky je zobrazen v příloze č. 30.

### 5.1.5. Vyčkávací obrazec

Je nutné stanovit dva vyčkávací obrazce. Jeden byl zmíněn v postupu nezdařeného přiblížení na bodě RO111. Vyčkávací obrazec je vpravo z důvodu TMA Vodochody a Praha. Příletová trať do vyčkávacího obrazce je volena  $286^\circ$ . Odletová trať vyčkávání je ve směru  $106^\circ$  stanovena standardním intervalem jedné minuty. Měla by být provedena oprava na snesení větrem. Minimální výška vyčkávání je 2300 ft. Ochranný prostor vyčkávacího obrazce je zobrazen v příloze č. 31.

Druhý vyčkávací obrazec je stanoven v bodě FAF. V tomto bodě je volen pro případ provozu na přistávací dráze. Vyčkávací obrazec je stanoven vpravo směrem do ochranného prostoru přiblížení. Příletová trať do vyčkávacího obrazce je volena  $133^\circ$ . Odletová trať vyčkávání je ve směru  $313^\circ$  stanovena standardním intervalem jedné minuty. Měla by se provést oprava na snesení větrem. Minimální výška vyčkávání je 2300 ft.

## 5.2. RNAV (GNSS) RWY 31P LKRO

Přílet na přistávací dráhu 31P je možný pouze přiblížením okruhem, tzn. je volen postup přiblížení na dráhu 13L a poté je proveden přiblížení okruhem na dráhu 31P. Tento postup přiblížení je volen z důvodu překážek na prodloužené ose přistávací dráhy 31P (hora Říp, která se nachází přibližně 3 NM od LKRO).

Minimální výška pro přiblížení okruhem je stanovena na MDA 1200 ft (MDH 472 ft). Tato výška je volena na základě terénu jižně od obce Přestavlky, 244 m + MOC, podle *tabulky č. 9*. Dohlednost pro přiblížení okruhem je minimálně 1900 m podle *tabulky č. 9*.

Ochranný prostor pro přiblížení okruhem je stanoven podle *tabulky č. 10*. Postup přiblížení okruhem je povolen pouze jižně od letiště z důvodu hlukového omezení pro město Roudnice nad Labem. Do ochranného prostoru o velikosti  $R=2*r+k$  (viz *tabulka č. 10*), nezasahuje žádná překážka. Ochranný prostor přiblížení okruhem je zobrazen v příloze č. 32.

### 5.3. Příletová trať

Z traťových „Enroute“ bodů RAK, KOMUR a ODPAL je přímé spojení na IAF s vyznačením minimálních bezpečných výšek, které zajišťují MOC 1000 ft:

- IAF LKRO přímé spojení s WPT KOMUR a vnesený radiál z VOR NER. Minimální bezpečná výška stanovená na 2500 ft. Nejvýznamnější překážka pro tyto příletové tratě tvoří hora Říp nacházející se 2,8 NM, 120° od LKRO, měřící 1496 ft.
- IAF RO112 přímé spojení s NDB RAK, minimální bezpečná výška na této příletové trati je stanovená na 2500 ft.
- IAF RO113 přímé spojení s WPT ODPAL. Minimální bezpečná výška je stanovená do dvou úseků. V prostoru Českého středohoří (ODPAL → D6.0 from RO113) je stanovena minimální výška 3500 ft. Od vzdálenosti 6.0 NM from RO113 do WPT RO113 je minimální výška 2500 ft.

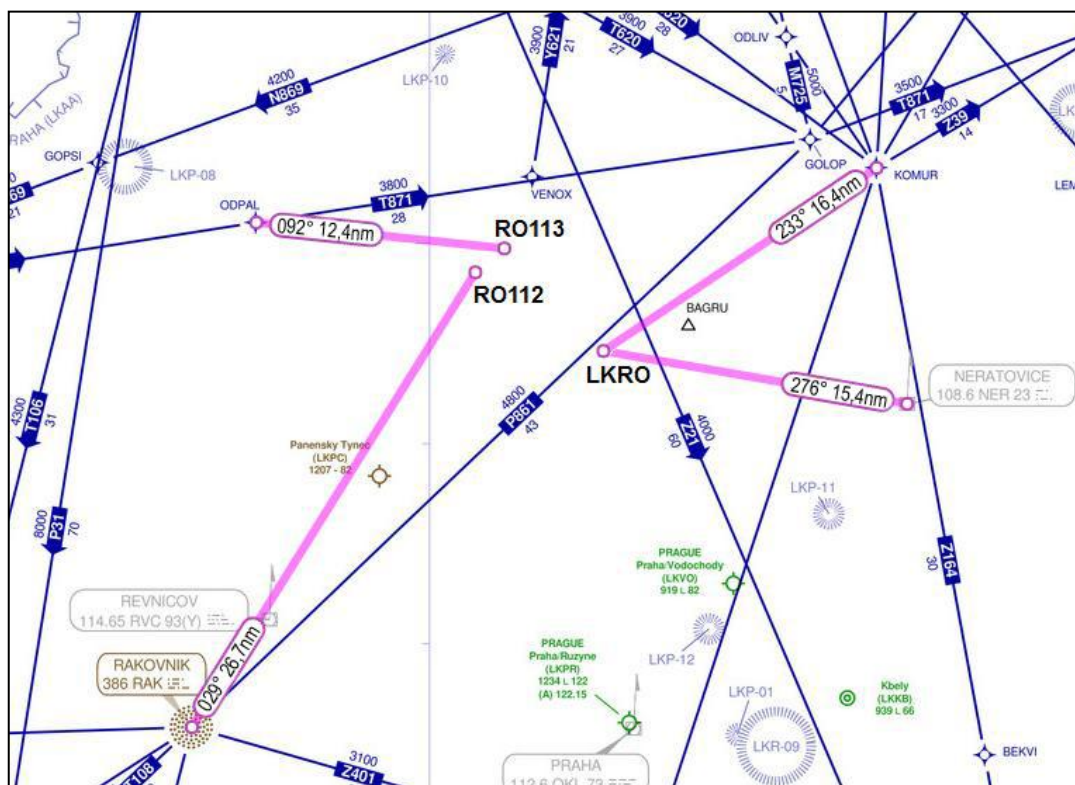
Rovněž je nutné zdůraznit minimální výšku pro NW sektor v ose dráhy  $\pm 20^\circ$  při návratu z prostoru v oblasti Českého středohoří, kde se nachází vysoká MRVA. MSA pro tento NW sektor je stanoven na 3900 ft. Nejvyšší překážka v tomto sektoru je hora Milešovka, která měří 2746 ft (837 m). MSA pro zbylý sektor je stanovena na 2500ft. Alternativně je zařazeno vedení z NER, jenž však není součástí infrastruktury traťových „Enroute“ bodů, slouží pro výcvik letů dle přístrojů.

Tabulka č. 15: Parametry příletových tratí od bodu IAF

Příletová trať	Směr*	Vzdálenost	MEA
KOMUR - LKRO	233°	16,4 NM	2500 ft
NER – LKRO	R-276	15,4 NM	2500 ft
RAK – RO112	029°	26,7 NM	2500 ft
ODPAL – RO113	092°	12,4 NM	3500 ft, 2500 ft (6,0 NM z WPT RO113)

\*veškeré směry jsou magnetické

Obrázek č. 27: Příletové tratě na IAF



## 5.4. Odlet z letiště LKRO

Odlet z letiště bude veden na nejbližší a nejfrekventovanější traťové body. Těmito body jsou: KOMUR, RAK, GOPSI. Odletová trať východním směrem bude řešena radarovým vektorováním. Postup odletu na zmíněné traťové body je volen nejjednodušší metodou, která spočívá v tom, že zatáčka se provede po vzletu v minimální výšce 120 m (400') nad výškou DER, a nebo v určité vzdálenosti a minimální výšce zatáčky. Po dosažení této výšky/vzdálenosti je provedena zatáčka s náklonem 15° směrem k danému traťovému bodu. Všechny zatáčky jsou typu DF (*Direct to Fix*). Po dotočení zatáčky by se mělo být letadlo udržováno pod spodní hranicí TMA, do té doby než obdrží letové povolení. Stanovený postup je navržen pro RWY 13L a RWY 31R. Ochranné prostory odletových tratí jsou zobrazeny v příloze č. 35.

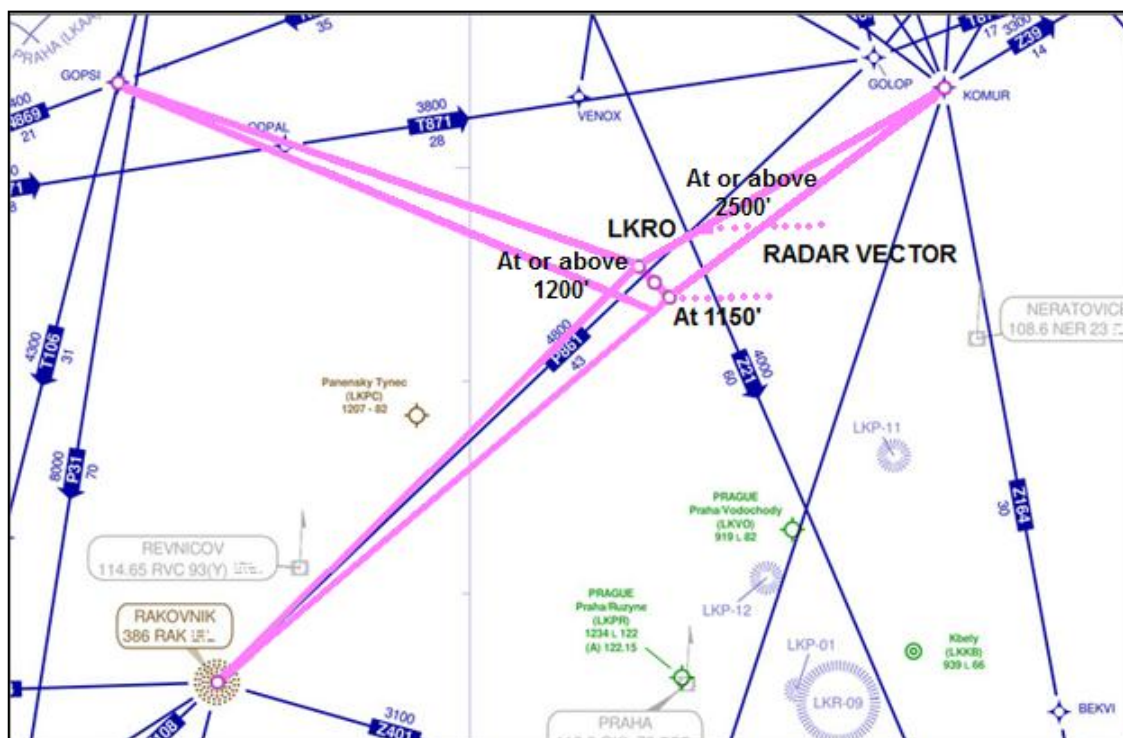
Pro odlet z RWY 31R není žádné omezení z důvodu překážky, proto je minimální předepsaný gradient stoupání (PDG) 2,5 %. Omezením je pouze spodní hranice TMA II a V Praha. Nejnižší hranice TMA při odletu směrem na RAK je TMA II Praha, která je stanovena ve výšce 3500'. Odlet severním směrem je limitní TMA V Praha, ta se nachází ve FL 65. Na prodloužené ose vzletové dráhy se nachází obec Nové Dvory

vzdálená 2,7 NM od DER. Při odletu z RWY 31 levou zatáčkou na RAK se nachází obec Dušníky ve vzdálenosti 1,4 NM od DER RWY 31. Pro odlet severním směrem na traťový bod KOMUR nebo HDG 090° se nachází město Roudnice nad Labem. Nad Městem je stanovena minimální výška 2500'. Z důvodu omezení hlukové zátěže a města Roudnice nad Labem a splnění podmínky min. 2500' je stanoven minimální gradient stoupání 6,3 % pro tratě na KOMUR a pro HDG 090 a zatáčka ve vzdálenosti 2,0NM od LKRO. Odlet směrem na RAK je volen minimálním gradientem se zatáčkou ve vzdálenosti 2,0 NM od LKRO pro vyhnutí se obce Dušníky. V *tabulce č. 16* je shrnutý popis těchto odletových tratí.

Po odletu z RWY 13L se v blízkosti letiště nachází přírodní překážka - hora Říp. Říp je vzdálený 2,8 NM směrem 120° od LKRO. Minimální předepsaný gradient stoupání je stanoven na 6,3 %. Jestliže letadlo začne točit zatáčku v minimální předepsané výšce 120 m nad letištěm, bude zajištěna separace od překážek 90 m v primárním ochranném prostoru a ve snižujícím se sekundárním ochranném prostoru. Na prodloužené ose vzletové dráhy ve vzdálenosti 1 NM od DER se nachází obec Kleneč. Pro snížení hlukové zátěže této obce je dostačující PDG 6,3 %. V *tabulce č. 16* je shrnutý popis těchto odletových tratí.

V *příloze č. 34* jsou znázorněné ochranné prostory blízko letiště. Jsou zde také znázorněné trajektorie letu mezi obcemi a městem. V *příloze č. 35* je znázorněné celý ochranný prostor odletů s definovanou zatáčkou DF.

Obrázek č. 28: Odletové tratě z LKRO



Tabulka č. 16: Odletové tratě z letiště Roudnice

Název Trate	RWY	Popis tratí
<b>GOPSI 1E</b>	13L	Po vzletu ve výšce 1150 ft točit pravou zatáčku směrem na GOPSI.
<b>GOPSI 1W</b>	31R	Po vzletu ve vzdálenosti 2,0 NM od LKRO zatočit směrem na GOPSI.
<b>KOMUR 1E</b>	13L	Po vzletu ve výšce 1150 ft točit levou zatáčku směrem na KOMUR.
<b>KOMUR 1W</b>	31R	Po vzletu ve vzdálenosti 2,0 NM od LKRO zatočit směrem na KOMUR. Po dotočení zatáčky minimální výška 2500'.
<b>RAK 1E</b>	13L	Po vzletu ve výšce 1150 ft točit pravou zatáčku směrem na NDB RAK.
<b>RAK 1W</b>	31R	Po vzletu ve vzdálenosti 2,0 NM od LKRO zatočit směrem na NDB RAK.
<b>RADAR 1E</b>	13L	Po vzletu ve výšce 1150 ft zatočit na HDG 090° a vyžádat si vektorování.
<b>RADAR 1W</b>	31R	Po vzletu ve vzdálenosti 2,0 NM od LKRO zatočit na HDG 090° a vyžádat si vektorování. Po dotočení zatáčky minimální výška 2500'.



## 5.5. Výpočty ochranného prostoru

### 5.5.1. Parametry zatáček od IAF LKRO do usazení na trati konečného přiblížení

Minimální výška zatáčky: 2300 ft

Maximální indikovaná rychlost pro počáteční přiblížení kategorie letadel A: 150 kt

Převodní faktor:  $1,0615$  pro výšku 2300 ft

Pravá vzdušná rychlost TAS:  $150 * 1,0631 = 159$  kt

Rychlost zatáčení:  $R = \frac{3431 \tan 25}{\pi 159} = 3,2^\circ/s$

$R = 3^\circ/s$  (volím nižší hodnotu)

Poloměr zatáčky:  $r = \frac{159}{20 * \pi * 3} = 0,84$  NM

Vítr  $w = 30$  kt

Spirála vlivu větru:  $E_{45} = \frac{45}{3} * \frac{30}{3600} = 0,125$  NM

$E_{90} = \frac{90}{3} * \frac{30}{3600} = 0,25$  NM

Vzdálenost pro zahájení zatáčky o  $90^\circ$ :  $TID_{90} = 0,84 * \tan \frac{90}{2} = 0,84$  NM

Vzdálenost pro zahájení zatáčky o  $30^\circ$ :  $TID_{30} = 0,84 * \tan \frac{30}{2} = 0,23$  NM

Tolerance reakce pilota:  $PRT = 6$  s = 0,26 NM

Podélná tolerance trati:  $ATT = 0,8$  NM

První možný bod točení pro:

- WPT RO112 a RO113 (KK line):  $ATT + TID_{90} = 0,8 + 0,84 = 1,64$  NM
- WPT RO111 (KK line):  $ATT + TID_{30} = 0,8 + 0,23 = 1,03$  NM

Nejzazší možný bod točení:

- WPT RO112 a RO113:  $TID_{90} - ATT - PRT = 0,84 - 0,8 - 0,26 = -0,3$  NM
- WPT RO111:  $TID_{30} - ATT - PRT = 0,22 - 0,8 - 0,26 = -0,84$  NM

Žádná překážka v prostoru počátečního přiblížení nezasahuje do primárního ani sekundárního ochranného prostoru v rovném úseku, ani v prostorách zatáček zkonstruovaných na základě výše uvedených parametrů.

### 5.5.2. Nezdařené Přiblížení (fly-over)

Minimální výška zatáčky (LNAV minima): 1200 ft

Maximální indikovaná rychlost pro počáteční přiblížení kategorie letadel A: 110 kt

Převodní faktor:  $1,0442$  pro výšku 1200 ft

Pravá vzdušná rychlost TAS:  $150 * 1,0442 = 115$  kt

Rychlost zatáčení:  $R = \frac{3431 \tan 15}{\pi 115} = 2,54^\circ/s$

Poloměr zatáčky:  $r = \frac{115}{20 * \pi * 2,54} = 0,72$  NM

Vítr  $w = 30$  kt

Spirála vlivu větru:  $E_{45} = \frac{45}{2,54} * \frac{30}{3600} = 0,15$  NM

$$E_{90} = \frac{90}{2,54} * \frac{30}{3600} = 0,3$$
 NM

Hranice kružnic  $E_{180} = E_{90} + r = 0,3 + 0,72 = 1,02$  NM

Tolerance reakce pilota:  $PRT = 3$  s = 0,095 NM

Podélná tolerance trati:  $ATT = 0,24$  NM

První možný bod točení (KK line):  $ATT = 0,24$  NM

Nejzazší možný bod točení:  $ATT + PRT = 0,24 + 0,095 = 0,336$  NM

Žádná překážka v prostoru nezdařené přiblížení nezasahuje do primárního ani sekundárního ochranného prostoru v rovném úseku, ani v prostorách zatáček zkonstruovaných na základě výše uvedených parametrů.

### 5.5.3. Reversal (procedure turn 45°/180°)

Minimální výška zatáčky: 2300 ft

Maximální indikovaná rychlost pro počáteční přiblížení kategorie letadel A: 110 kt

Převodní faktor:  $1,0615$  pro výšku 2300 ft

Pravá vzdušná rychlost TAS:  $110 * 1,0615 = 115$  kt

Rychlost zatáčení:  $R = \frac{3431 \tan 25}{\pi 115} = 4,4^\circ/s$

$R = 3^\circ/s$  (volím nižší hodnotu)

Poloměr zatáčky:  $r = \frac{115}{20 * \pi * 3} = 0,61$  NM

Standardní ICAO vítr  $w = 2 * 2,3 + 47 = 51,3$  kt

Spirála vlivu větru:  $E_{90} = \frac{90}{3} * \frac{51,3}{3600} = 0,43$  NM

$E_{180} = \frac{180}{3} * \frac{51,3}{3600} = 0,86$  NM

$E_{225} = \frac{225}{3} * \frac{51,3}{3600} = 1,07$  NM

Tolerance reakce pilota:  $PRT = 5 + 6 + 10 + 5 = 26$  s = 0,83 NM

Podélná tolerance trati:  $ATT = 0,24$  NM

První možný bod točení (KK line):  $ATT = 0,24$  NM

Nejzazší možný bod točení:  $ATT + PRT = 0,24 + 0,83 = 1,07$  NM

Žádná překážka v prostoru předpisové zatáčky nezasahuje do primárního ani sekundárního ochranného prostoru v rovném úseku, ani v prostorách zatáčky zkonstruovaných na základě výše uvedených parametrů.

#### 5.5.4. Vyčkávání:

Minimální výška zatáčky: 2300 ft

Maximální indikovaná rychlost pro počáteční přiblížení kategorie letadel A: 159 kt

Převodní faktor:  $1,0615$  pro výšku 2300 ft

Pravá vzdušná rychlost TAS:  $150 * 1,0615 = 159$  kt

Rychlost zatáčení:  $R = \frac{3431 \tan 23}{\pi 159} = 2,9^\circ/s$

Poloměr zatáčky:  $r = \frac{159}{20 * \pi * 2,9} = 0,61$  NM

Standardní ICAO vítr  $w = 2 * 2,3 + 47 = 51,3$  kt

Odletová trať 1 min  $TAS_{1min} = 2,65$  NM

Spirála vlivu větru:  $E_{45} = \frac{45}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 0,22$  NM

$$E_{90} = \frac{90}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 0,44$$
 NM

$$E_{135} = \frac{135}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 0,66$$
 NM

$$E_{180} = \frac{180}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 0,88$$
 NM

$$E_{225} = \frac{225}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 1,1$$
 NM

$$E_{270} = \frac{270}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 1,33$$
 NM

$$E_{315} = \frac{315}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 1,55$$
 NM

$$E_{360} = \frac{360}{2,9} * \frac{51,3}{3600} = 1,77$$
 NM

Tolerance reakce pilota:  $PRT = 5$  s = 0,22 NM

Podélná tolerance trati:  $ATT = 0,8$  NM

První možný bod točení KK line:  $ATT = 0,8$  NM

Nejzazší možný bod točení:  $ATT + PRT = 0,8 + 0,22 = 1,02$  NM

Žádná překážka v prostoru předpisové zatáčky nezasahuje do primárního ani sekundárního ochranného prostoru v rovném úseku, ani v prostorách zatáčky zkonstruovaných na základě výše uvedených parametrů.

### 5.5.5. Zahájení zatáčky po vzletu

Výška zatáčky: 1200 ft

Maximální indikovaná rychlost pro počáteční přiblížení kategorie letadel A:  $110+10\%$  kt

Převodní faktor:  $1,0442$  pro výšku 1200 ft

Pravá vzdušná rychlost TAS:  $121 * 1,0442 = 126$  kt

Rychlost zatáčení:  $R = \frac{3431 \tan 15}{\pi 126} = 2.32^\circ/s$

Poloměr zatáčky:  $r = \frac{126}{20 * \pi * 2,32} = 0,864$  NM

Vítr  $w = 30$  kt

Spirála vlivu větru:  $E_{90} = \frac{90}{2,32} * \frac{30}{3600} = 0,323$  NM

Tolerance reakce pilota:  $PRT = 6$  s = 0,21 NM

Nejzazší možný bod točení:  $PRT = 0,21$  NM (389 m)

#### Výška překážky (vzlet z RWY 13L)

- TNH = 120 m
- Max. výška překážky = 230m
- H = 5 m (16 ft)
- MOC pro nejzazší bod zahájení zatáčky je stanoven pro vyšší hodnotu z: 90 m (295 ft), a  $0.008 (d_r + d_o) = > MOC = 90m$
- $d_r = 2,1$  NM (3889 m)
- $d_o = 0,6$  NM (1111 m)

$$\text{Max. výška překážky} = PDG(d_o + d_r) + H - MOC$$

$$PDG = 6,3\%$$

Kvůli překážce ve vzdálenosti 2,8 NM od LKRO a snížení hlukové zátěže obce Kleneč je stanoven PDG na 6,3%. Žádná překážka nezasahuje do primárního ani do sekundárního ochranného pásma zajišťující MOC 90 m.

### Výška zatáčky (vzlet z RWY 31P – KOMUR 1W, RADAR 1W)

- Po dotočení zatáčky alt = 2500 ft (height = 1300 ft)
- Vzdálenost od LKRO zahájení zatáčky = 2NM
- 1NM = 6076 ft

$$\text{Dráha zatáčky o cca } 90^\circ = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{4} = 1,36 \text{ NM}$$

$$PDG = \frac{1300'}{(2 \text{ NM} + 1,36 \text{ NM}) \cdot 6078}$$

$$PDG = 6,3\%$$

Minimální návrhový gradient pro odletové tratě KOMUR 1W a RADAR 1W je stanoven na 6,3% z důvodu omezení hluku nad městem Roudnice. Tímto se splní požadavek přeletu nad městem v minimální výšce 2500 ft. Žádné překážky se nenachází v blízkosti těchto tratí ani neprochází primárním ani sekundárním ochranným prostorem.

# Závěr

Cílem práce bylo navrhnout postup přístrojového přiblížení a odletů z letiště Roudnice (LKRO) za pomoci systému GNSS podle předpisu PANS OPS. Práce popisuje metody a postupy jak se provádí návrhy různých fází letu od příletu, přiblížení až po odlet z letiště. Toto vše je realizováno za pomoci prostorové navigace a systému GNSS.

Na začátku této práce jsou v krátkosti popsány základní systémy GNSS a jejich zpřesňující systémy. Práce dále shrnuje postupný vývoj navigace. Ukazuje rozdíly v navigaci mezi konvenčními navigačními prostředky a prostorovou navigací. Je zde nastíněna i predikce využívání přístrojů pro Českou republiku, kde je vidět, jak se upouští od konvenčních navigačních prostředků a plynule se přechází na prostorovou navigaci. Práce popisuje základní princip navigování podle prostorové navigace a její různé druhy specifikací. Prostorová navigace nemusí sloužit jen pro traťové vedení, ale také pro postup přiblížení a dovedení letadla na přistání za pomoci různých druhů RNAV přiblížení.

V práci je znázorněn postup zavádění RNAV přiblížení, nejdříve byl postup zaveden na mezinárodních letištích a v poslední době se začal aplikovat i na menších letištích všeobecného letectví. Je zde také uvedeno, jak různé evropské státy využívají tohoto přiblížení v závislosti na rozvržení vzdušného prostoru a je poukázáno na možnost aplikace GNSS přiblížení v České republice.

Popsáno je i samotné letiště Roudnice - kde je situováno, jaké má vybavení a základní informace o vzletových a přistávacích drahách. Je vysvětleno, proč by se měl na tomto letišti zavádět postup GNSS přiblížení či odletu. Aby mohl být zaveden postup přiblížení dle GNSS na letišti Roudnice, musela by se zavést služba AFIS, která doposud na letišti není, ale předpokládá se s jejím zavedením. Stanoveny jsou také podmínky pro realizaci - čím se letištní věž musí vybavit, aby byla zavedena tato služba.

Dále je v práci uveden postup návrhu přístrojového přiblížení se zaměřením na GNSS LNAV, které se posléze aplikuje na přiblížení v Roudnici. Tyto postupy jsou prováděny podle předpisu PANS OPS (Doc 8168 vol II).

Pro postup přiblížení bylo stanoveno šest bodů, kterými bude příletová trať letadla vést. Tyto body jsou stanoveny souřadnicemi a ověřeny systémem GPS. Minimální výška přiblížení je stanovena na 2300ft, což je ideální kompromis mezi výškou překážek a spodní hranice TMA

prostoru. Bod Konečného přiblížení pro přistávací dráhu 13L je stanoven ve vzdálenosti 5,0 NM k prahu přistávací dráhy, resp. k bodu MAPt. Z toho vyplývá gradient klesání, který je stanoven na hodnotu 5,0 % z bodu FAF. Z tohoto bodu byl sestaven postup nezdařilého přiblížení, který je popsán pravou zatáčkou směrem k bodu RO111. Nad tímto bodem je navržen postup vyčkávání. Vyčkávací obrazec je stanoven na pravou stranu od ochranného prostoru přiblížení z důvodu nízké spodní hranice TMA. Další vyčkávací obrazec je stanoven nad bodem FAF, pro případ nečekaného provozu na přistávací dráze.

Pro možnost přistání na přistávací dráhu 31R je stanoven postup přiblížení okruhem z důvodu překážky v prodloužené ose přistávací dráhy 31R. Přiblížení okruhem je stanoveno jižně od letiště z důvodu města Roudnice nad Labem severně od letiště.

Postup příletu z traťových bodů je volen přímo ke stanoveným IAF bodům. Příletová trať je navržena z traťových bodů: KOMUR, RAK, ODPAL a z bodu NER, který není traťovým bodem, ale bude sloužit pro výcvik letu podle přístrojů. Minimální výšky příletových tratí jsou stanoveny na 2500 ft a z bodu ODPAL je do určité vzdálenosti minimální výška 3500 ft (z důvodu přeletu českého Středohoří).

Tento postup příletu a přiblížení bude zpočátku sloužit po výcvik letu podle přístrojů. Uvedené souřadnice budou vloženy do databáze systému GNSS letecké školy pro. V případě příletu letadla, které nemá uložené body přiblížení v databázi, je stanoven postup příletu na bod IAF, který je v tomto případě pouze bod LKRO. Od toho bodu je vedena trať opačným směrem přiblížení. Nad bodem FAF, který je vzdálen od bodu LKRO 5,2 NM je stanovena předpisová zatáčka na levou stranu a následně je možné využít přiblížení, které je publikováno. Celý tento postup je navržen v mapce přiblížení, nazvané 12-1 RNAV (GNSS) RWY 13L, do které je zanesen celý postup přiblížení, včetně příletů. Mapka se nachází v *příloze č. 36*.

Dalším cílem této práce bylo navrhnout postup odletu z letiště Roudnice. Odlet je volen pomocí traťových bodů KOMUR, GOPSI, RAK. Je zde volena i trať směrem na východ pro účely vektorování nebo povolení přeletu přes omezený vzdušný prostor na traťové body např. TIPRU nebo BEKVI. Tyto odletové tratě se nacházejí z obou stran vzletové dráhy s ohledem na překážky v okolí letiště. Největší překážkou při odletu ze vzletové dráhy 13L je hora Říp, která se nachází na prodloužené ose přímého odletu. Odletová trať z této dráhy je volena se zatáčkou v minimální výšce se zvýšeným gradientem stoupání z důvodu hory Říp a hlukové ochrany okolních obcí. Odlet ze vzletové dráhy 31R není limitován překážkou, ale



postupem pro snížení hlukové zátěže okolních obcí a minimální výškou nad městem Roudnice nad Labem.

Pro odlet severním směrem je zvýšen gradient stoupání pro již zmíněnou minimální výšku přeletu nad městem Roudnice n. L. Tento postup odletu je znázorněn v mapce odletů 10-3 RANV SID Roudnice v *příloze č. 38*.

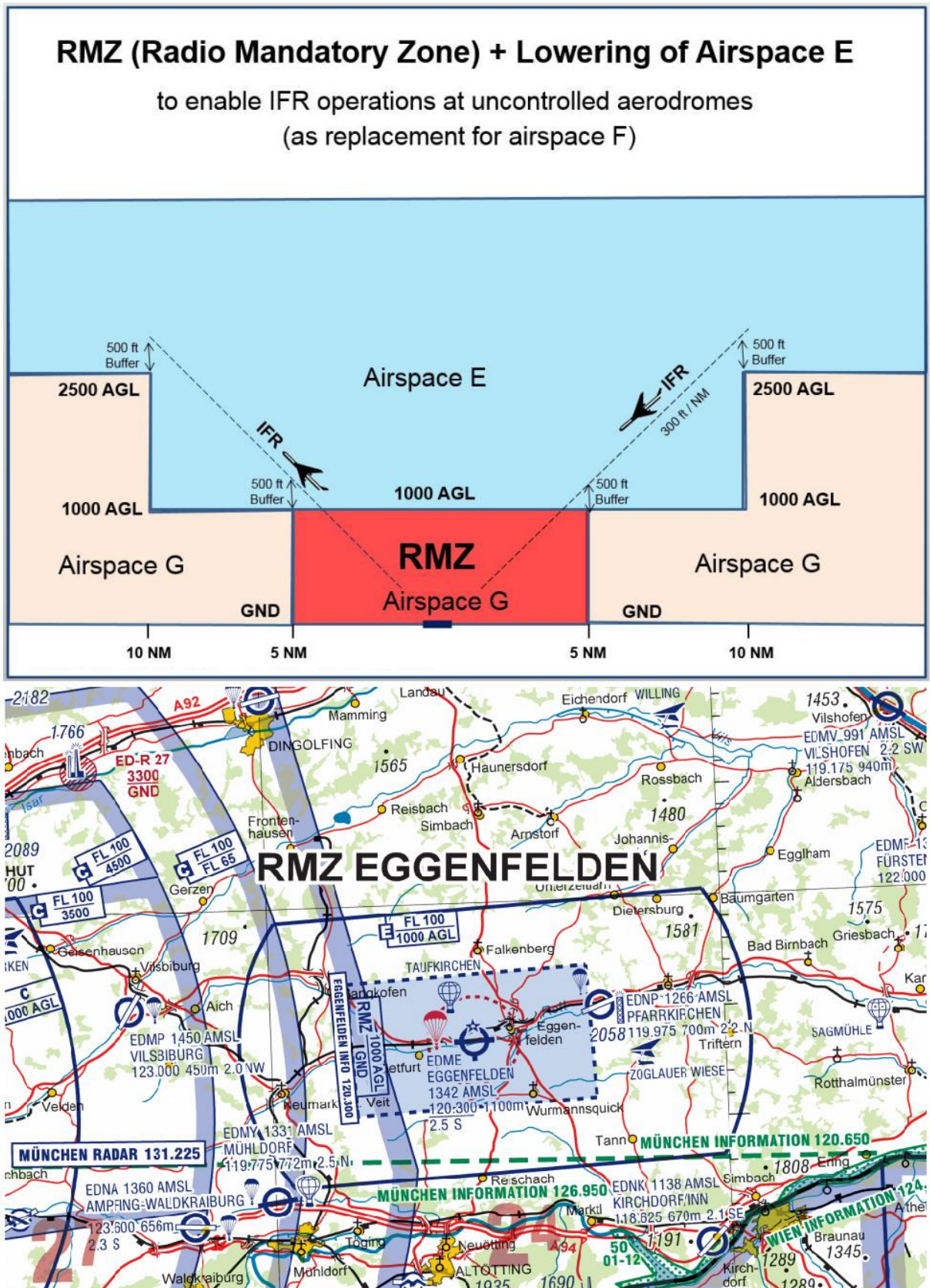
Předložená diplomová práce má sloužit jako návrh přístrojového přiblížení a přistání a jak už bylo zmíněno pro výcvikové účely na tomto letišti.

# Přílohy

Příloha č. 1: Seznam dostupných přijímačů GNSS pro oblast letectví schopných přijímat signály SBAS [9]

Výrobce	Model
Avmap	EKP IV Pro
Garmin	Aera range
Garmin	G1000 (with GIA63W unit)
Garmin	G600 (with 430W/530W units)
Garmin	G900X (with GIA63W unit)
Garmin	GNC 420W
Garmin	GNS 430W
Garmin	GNS 530W
Garmin	GPS 400W
Garmin	GPS 500W
Garmin	GPSMAP 196
Garmin	GPSMAP 296
Garmin	GPSMAP 396
Garmin	GPSMAP 495
Garmin	GPSMAP 496
Garmin	GPSMAP 695/696
Garmin	GPSMap 96
Garmin	GPSMap 96c
Garmin	GTN 625
Garmin	GTN 635
Garmin	GTN 650
Garmin	GTN 725
Garmin	GTN 750
Honeywell Bendix King	AV80R range
Honeywell Bendix King	KI 825 - New units or in-service upgrade
Honeywell Bendix King	KSN 770
Honeywell Bendix King	EASy II
Honeywell Bendix King	Primus Apex® Avionics System
Rockwell Collins	GPS-4000S Global Positioning System Sensor
Septentrio	AiRx OEM
Thales	Multi-Mode Receiver - MMR
Thales	TopDeck LPV
Thales	TopStar 200 GPS

Příloha č. 2: Zavedení oblasti s RMZ a snížení prostoru třídy E [21]



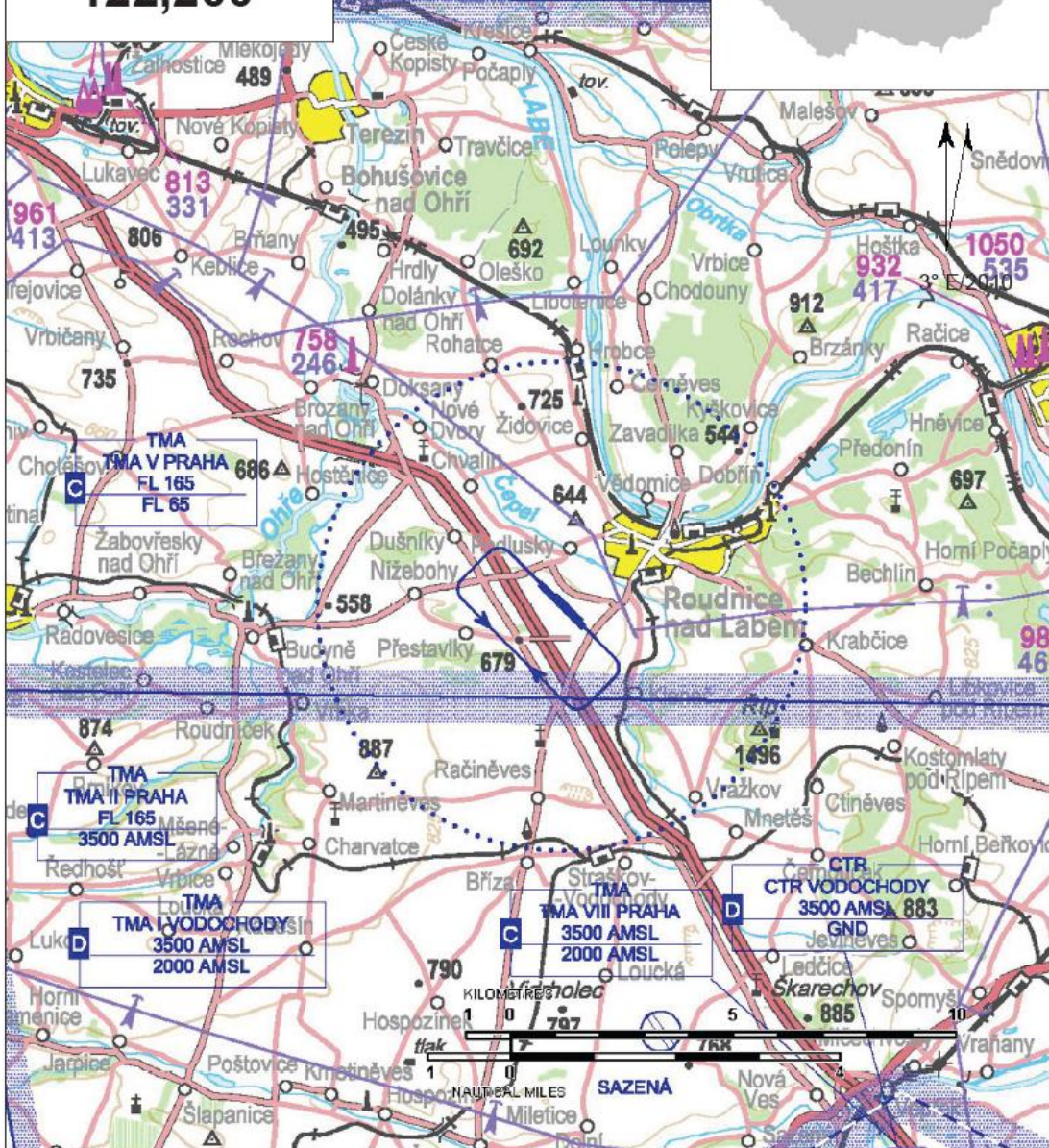
# LKRO Roudnice

§ Veřejné vnitrostátní letiště / Neveřejné mezinárodní letiště ✕ VFR den/noc, výsadková činnost



Roudnice RADIO  
**122,200**

ARP: 50° 24' 38" N, 14° 13' 34" E  
2 km SW Roudnice nad Labem  
ELEV: 728 ft / 222 m  
Okruh: 1500 ft / 457 m AMSL




! Dodržovat vzdálenost 1 km od obcí Dušníky a Kleneč.

Při přeletu a odletu se vyhnout obcím Dušníky a Kleneč ve vzdálenosti minimálně 1 km. Lety nad Roudnicí nad Labem ve výškách pod 2500 ft/830 m jsou zakázány z důvodu omezení hluku.

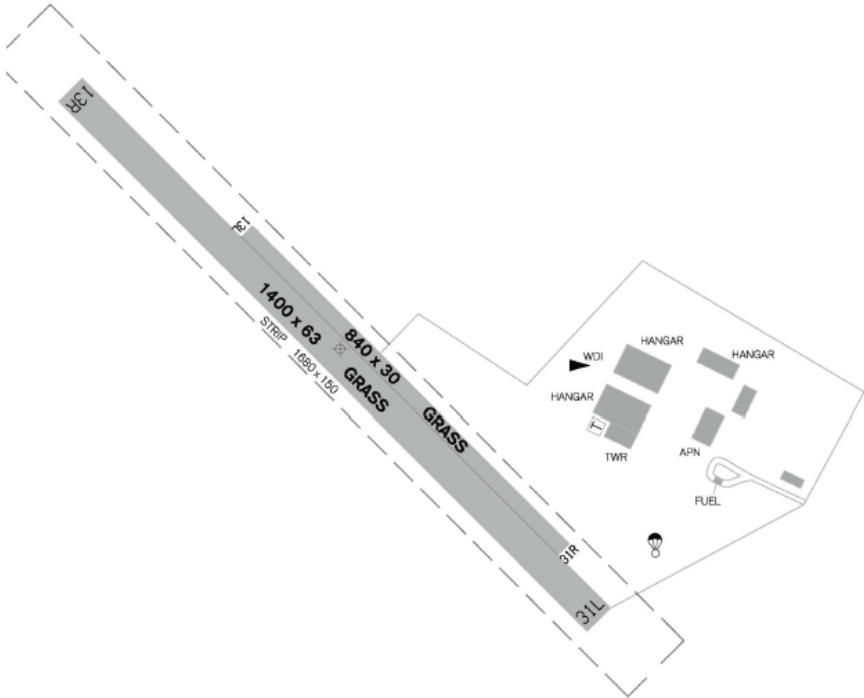
Lety v ATZ jen do 2200 LT. Po této době jen traťové lety (přiletý a odlety).


# LKRO Roudnice



**Roudnice RADIO**  
**122,200**

RWY	Magnetický směr	Rozměry RWY	Únosnost	TORA	TODA	ASDA	LDA
31L	313°	1400 x 63	10000 kg / 1 MPa	1400	1540	1400	1400
13R	133°	1400 x 63	10000 kg / 1 MPa	1400	1540	1400	1400
31R	313°	840 x 30	10000 kg / 1 MPa	840	1400	840	840
13L	133°	840 x 30	10000 kg / 1 MPa	840	1120	840	840





 **Aeroklub Memorial Air Show Roudnice nad Labem**  
 Žižkova 3389/4, 413 01 Roudnice nad Labem,  
 ☎/☎ +420 416 831 618


Poskytování informací známému provozu  
 - ☎ +420 416 831 618, afislkro@gmail.com  
 Vlastimil Dvořák - vedoucí letového provozu  
 - ☎ +420 724 072 467  
 Bohumil Švec - ☎ +420 605 454 306, EN  
 Štěpánka Mašková - ☎ +420 776 625 611  
 LPS, s.r.o. - Jiří Zdvořák - ☎ +420 777 349 444


Celní a pasové odbavení: O/R, 48 HR předem, víza se neudělují


Požadavky na rozsvícení RWY a TWY pro jednotlivé přilety a odlety po dohodě na +420 605 454 306, +420 776 625 611. Cena 400 Kč/HR.


 1 APR - 15 OCT  
 SAT, SUN, HOL 0700 - 1500  
 jinak O/R


 AVGAS 100LL - v provozní době  
 NATURAL 95 - MON-FRI 0400-1800 UTC,  
 SAT-SUN 0600-1700 UTC


 TOTAL AERO 100, D100

 O/R, omezeně

 O/R - dle smlouvy s LPS, s.r.o.  
 Typy: Cessna - řada 100, ULL - všechny typy,  
 vrtulníky - Robinson

 O/R 24HR, na AD ubytovna pro 64 osob

 Roudnice nad Labem

 bus, vlak - zastávka Roudnice nad Labem

Příloha č. 5: Převodní faktor TAS [10]

Nadmořská Výška (ft)	Převodní faktor							
	ISA-30	ISA-20	ISA-10	ISA	ISA+10	ISA+15	ISA+20	ISA+30
<b>0</b>	0.9465	0.9647	0.9825	1.0000	1.0172	1.0257	1.0341	1.0508
<b>1000</b>	0.9601	0.9787	0.9969	1.0148	1.0324	1.0411	1.0497	1.0667
<b>2000</b>	0.9740	0.9930	1.0116	1.0299	1.0479	1.0567	1.0655	1.0829
<b>3000</b>	0.9882	0.9930	1.0266	1.0453	1.0637	1.0728	1.0818	1.0995
<b>4000</b>	1.0027	1.0225	1.0420	1.0611	1.0799	1.0892	1.0984	1.1165
<b>5000</b>	1.0175	1.0378	1.0577	1.0773	1.0965	1.1059	1.1153	1.1339
<b>6000</b>	1.0327	1.0534	1.0738	1.0938	1.1134	1.1231	1.1327	1.1517
<b>7000</b>	1.0481	1.0694	1.0902	1.1107	1.1307	1.1406	1.1505	1.1699
<b>8000</b>	1.0639	1.0857	1.1070	1.1279	1.1485	1.1586	1.1686	1.1885
<b>9000</b>	1.0801	1.1024	1.1242	1.1456	1.1666	1.1770	1.1872	1.2075
<b>10000</b>	1.0967	1.1194	1.1418	1.1637	1.1852	1.1958	1.2063	1.2270

Příloha č. 6: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP4 pro fázi traťového letu (NM) [10]

Traťový let/SID/STAR do vzdálenosti > 30 NM od letiště		
XTT	ATT	½ A/W
4,00	3,20	8,00

Navigační specifikace RNP4 je vhodná pro traťový let v oblasti s omezenou službou ATS.

Příloha č. 7: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP1 (pro letadla) pro fázi přiletu a odletu (NM) [10]

SID/STAR do vzdálenosti > 30 NM od letiště			SID/STAR do vzdálenosti < 30 NM od letiště			SID/STAR do vzdálenosti < 15 NM od letiště		
XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
1,00	0,80	3,50	1,00	0,80	2,50	1,00	0,80	2,00

Navigační specifikace základní RNP1 je vhodná pro konečnou fázi letu (SID/STAR) v oblasti s omezenou službou ATS.

Příloha č. 8: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP APCH (pro kategorie letadel A - E) pro počáteční/střední/konečnou fázi přiblížení a fázi postupu nezdařilého přiblížení (NM) [10]

IAF/IF/ Postup nezdařilého přiblížení do vzdálenosti < 30 NM od letiště			FAF			MAPt			Postup nezdařilého přiblížení ve vzdálenosti < 15 NM od letiště		
XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
1,00	0,80	2,50	0,30	0,24	1,45	0,30	0,24	0,95	1,00	0,80	2,00

Navigační specifikace RNP APCH lze použít pouze pro konečnou fázi letu přiblížení.

Příloha č. 9: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNAV 1 a RNAV 2 pro fázi traťového letu, fázi přiletu, počáteční/střední fázi přiblížení a fázi odletu (NM) [10]

Traťový let/SID/STAR do vzdálenosti > 30 NM od letiště			STAR/IAF/IF/SID do vzdálenosti < 30 NM od letiště			SID do vzdálenosti < 15 NM od letiště		
XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
2,00	1,60	5,00	1,00	0,80	2,50	1,00	0,80	2,00

Navigační specifikace RNAV 1 a RNAV 2 je vhodná pro konečnou fázi letu (SID/STAR) v oblasti, kde je dobré radarové pokrytí a poskytována službou ATS.

Příloha č. 10: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNAV 5 pro fázi traťového letu (NM) [10]

Traťový let/SID/STAR do vzdálenosti > 30 NM od letiště		
XTT	ATT	½ A/W
2,51	2,01	5,77

Navigační specifikace RNAV 5 je vhodná pro traťový let v oblasti, kde je dobré radarové pokrytí a poskytována službou ATS.

Příloha č. 11: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 15°)[10]

Změna kurzu (°)*	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
<b>50</b>	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
<b>55</b>	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
<b>60</b>	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
<b>65</b>	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
<b>70</b>	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8
<b>75</b>	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
<b>80</b>	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1
<b>85</b>	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3
<b>90</b>	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5
<b>95</b>	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7
<b>100</b>	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9
<b>105</b>	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1
<b>110</b>	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
<b>115</b>	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7
<b>120</b>	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,0

\*V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°



Příloha č. 12: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 20°)\*[10]

Změna kurzu (°)**	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
50	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0
55	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
60	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
65	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
70	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
75	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
90	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9
95	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0
100	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
105	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4
110	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6
115	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8
120	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1

\* 20° nebo 3°/s

\*\* V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°

Příloha č. 13: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 25°)\*[10]

Změna kurzu (°)**	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
50	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
55	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
60	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
65	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
70	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
75	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2
80	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
85	0,7	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
90	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5
95	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6
100	0,8	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8
105	0,9	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	18,0
110	1,0	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1
115	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
120	1,2	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4

\*25° nebo 3°/s

\*\*V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°

Příloha č. 14: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 15°)[10]

Změna kurzu (°)*	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
<b>50</b>	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7
<b>55</b>	2,3	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1
<b>60</b>	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5
<b>65</b>	2,6	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,9
<b>70</b>	2,8	3,2	3,6	4,1	4,6	5,1	5,7	6,2
<b>75</b>	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,4	6,0	6,6
<b>80</b>	3,1	3,5	4,0	4,6	5,1	5,7	6,3	7,0
<b>85</b>	3,2	3,7	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,3
<b>90</b>	3,4	3,9	4,4	5,0	5,6	6,3	6,9	7,7
<b>95</b>	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,5	7,2	8,0
<b>100</b>	3,6	4,2	4,8	5,4	6,1	6,8	7,5	8,3
<b>105</b>	3,7	4,3	4,9	5,6	6,3	7,0	7,8	8,6
<b>110</b>	3,9	4,4	5,1	5,7	6,4	7,2	8,0	8,8
<b>115</b>	4,0	4,6	5,2	5,9	6,6	7,4	8,2	9,1
<b>120</b>	4,0	4,7	5,3	6,0	6,8	7,5	8,4	9,3

\*V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°

Příloha č. 15: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 20°)\*[10]

Změna kurzu (°)*	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
<b>50</b>	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
<b>55</b>	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1
<b>60</b>	2,0	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3
<b>65</b>	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6
<b>70</b>	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9
<b>75</b>	2,3	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,7	5,2
<b>80</b>	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4
<b>85</b>	2,6	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7
<b>90</b>	2,7	3,0	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9
<b>95</b>	2,8	3,1	3,6	4,0	4,5	5,1	5,6	6,2
<b>100</b>	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4
<b>105</b>	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,4	6,0	6,6
<b>110</b>	3,0	3,4	3,9	4,4	5,0	5,6	6,2	6,8
<b>115</b>	3,1	3,5	4,0	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0
<b>120</b>	3,2	3,6	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,1

\*20° nebo 3°/s

\*V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°

Příloha č. 16: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 25°)\*[10]

Změna kurzu (°)*	Pravá vzdušná rychlost TAS (kt)							
	< nebo =							
	130	140	150	160	170	180	190	200
50	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2
55	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,1	3,4
60	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6
65	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9
70	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,7	4,1
75	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,9	4,3
80	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,7	4,1	4,5
85	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7
90	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	4,9
95	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	4,2	4,6	5,1
100	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,3	4,8	5,2
105	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,9	5,4
110	3,0	3,3	3,6	3,8	4,1	4,5	5,0	5,6
115	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,7	5,2	5,7
120	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,8	5,3	5,8

\*25° nebo 3°/s

\*V případě menšího úhlu pro změnu kurzu použijte hodnoty to změnu kurzu o 50°

Příloha č. 17: Minimální délka RNAV úseku limitovaný minimálně jedním traťovým bodem, která není bodem, při kterém se provádí zatáčka. [10]

Fáze letu	D: Minimální vzdálenost do traťového bodu*
<b>Traťový úsek</b> Více než 56 km (30 NM) z letiště přiletu nebo odletu	9,3 km (5 NM)
<b>STAR</b> Méně než 56 km (30 NM) od letiště	5,6 km (3 NM)
<b>SID</b> Méně než 28 km (15 NM) od konce DER a konečného přiblížení	2,8 km (1,5 NM)
<b>Postup nezdařilého přiblížení, SID</b> Méně než 56 km (30 NM) od letiště	5,6 km (3 NM)

\*V případě větší minimální délky pro stabilizaci než D, D se bude rovnat MSD.

Příloha č. 18: Základní parametry pro konstrukci zatáčky [10],[8]

Úsek nebo fix v místě zatáčky	Rychlost (IAS) <sup>1</sup>	Nadmořská výška/výška	Vítr	Úhel náklonu <sup>2</sup>	Letově technické tolerance (FTT) (vteřiny)			
					Doba pro provedení náklonu	Reakční doba pilota	Časová tolerance při odletu	Tolerance kurzu
<b>Odlet</b>	Konečná fáze nezdařeného přiblížení ISA + 10% (dle tabulky č. 2) <sup>3</sup>	Zatáčka v nadmořské výšce/výšce: stanovená nadmořská výška/výška Zatáčka v TP: výška letiště nad mořem + výška založená na 10% stoupání z DER	95% všesměrový vítr nebo 56 km/h (30 kt) pro spirálu vlivu větru	15° do 1000 ft, 20° mezi 1000 ft a 3000 ft, 25° nad 3000 ft	3	3	N/A	N/A
<b>Let na trati</b>	585 km/h (315 kt)	Stanovená nadmořská výška	95% pravděpodobný vítr nebo standardní vítr ICAO <sup>4</sup>	15°	5	10	N/A	N/A
<b>Vyčkávání</b>	Tabulka č. 7	Stanovená nadmořská výška	Standardní vítr ICAO <sup>4</sup>	23°	N/A	5	N/A	N/A
<b>Počáteční fáze přiblížení – postup reversal a racetrack</b>	Tabulka č. 2	Stanovená nadmořská výška	Standardní vítr ICAO <sup>4</sup> nebo statistický vítr	25°	5	0-6	10	5
<b>Počáteční fáze přiblížení – traťové postupy dle navigace výpočtem</b>	CAT A, B 165 až 335 km/h (90 až 180 kt)	CAT A, B 1500m (5000ft)	Standardní vítr ICAO <sup>4</sup> nebo úsek navigace výpočtem: 56 km/h (30 kt)	25°	5	0-6	N/A	5
<b>IAF, IF, FAF</b>	Tabulka č. 2 Použijete rychlost počáteční fáze přiblížení pro zatáčku v IAF nebo IF	Stanovená nadmořská výška	95% všesměrový vítr nebo 56 km/h (30 kt)	25°	3	3	N/A	N/A
<b>Nezdařené přiblížení</b>	Tabulka č. 2 <sup>3</sup>	Výška letiště nad mořem + 1000 ft	56 km/h (30 kt)	15°	3	3	N/A	N/A
<b>Vizuální manévrování po předepsané trati</b>	Tabulka č. 2	Výška letiště nad mořem + 1000 ft	46 km/h (25 kt)	25°	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Let okruhem</b>	Tabulka č. 2	Výška letiště nad mořem + 1000 ft	46 km/h (25 kt)	20°	N/A	N/A	N/A	N/A

*Všeobecná poznámka – Poloměr zatáčky spojeného se stanoveným úhlem náklonu nesmí být větší než 3°/s*

*Poznámka 1 - Kde je to provozně nezbytné pro vyhnutí se překážkám, mohou být použité omezené rychlosti tak nízké, jako IAS pro střední fázi nezdařilého přiblížení. V takovém případě je postup označen IAS pro zatáčku nezdařeného přiblížení je omezena na maximálně \_\_\_\_\_ km/h (kt)*

*Poznámka 2 - Přepočet z IAS na TAS je ovlivněn použitím teploty odpovídající IAS v příslušné nadmořské výšce plus 15 °C. Postupy vyčkávaní jsou vyjmuty, výpočtový vzorec je:*

$$V = 55,1088\sqrt{T} \sqrt{\sqrt{1 + 0,0023157 \frac{IAS^2}{P} \left(1 + \frac{IAS^2}{1750200}\right)} - 1}$$

*Kde:*

*T = Teplota kelvin K při teplotě ISA +15 °C*

*P = Tlak v hPa*

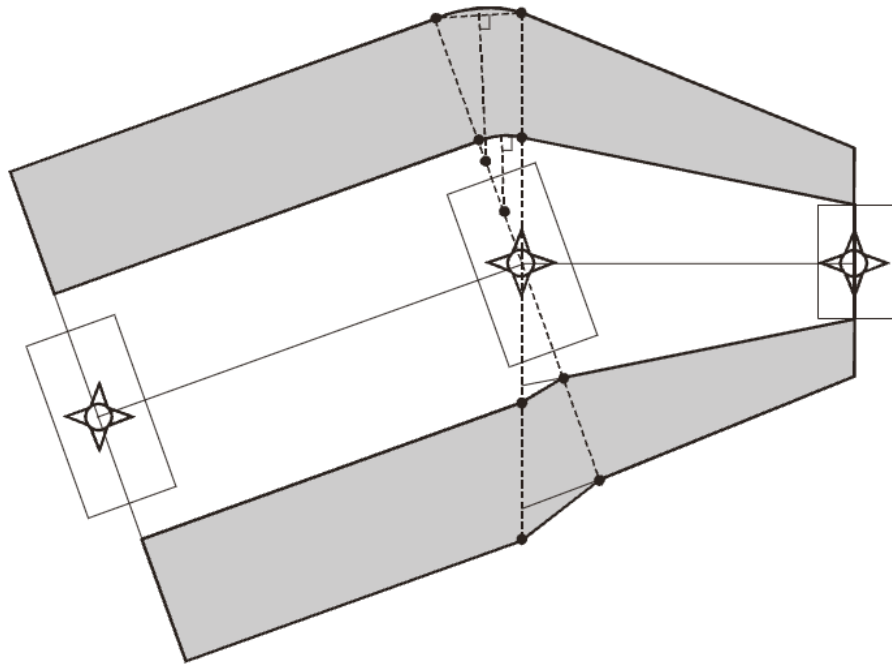
*ISA= Indikovaná vzdušná rychlost v uzlech (kt)*

*V = Pravá vzdušná rychlost v uzlech (kt)*

*Poznámka 3 - Kde je to provozně nezbytné pro vyhnutí se překážkám, být použité omezené rychlosti tak nízké, jako IAS pro střední fázi nezdařilého přiblížení v tabulce č. xx rychlosti pro výpočty postupů v uzlech (kt) zvýšené o 10 %. V takovém případě je postup označen „IAS pro odletovou zatáčku je omezena na maximálně \_\_\_\_\_ km/h (kt)*

*Poznámka 4 - Standardní vítr ICAO = 12h + 87 km/h (h v tisících metrech). 2h + 47 kt (h v tisících stopách)*

[10], [8]

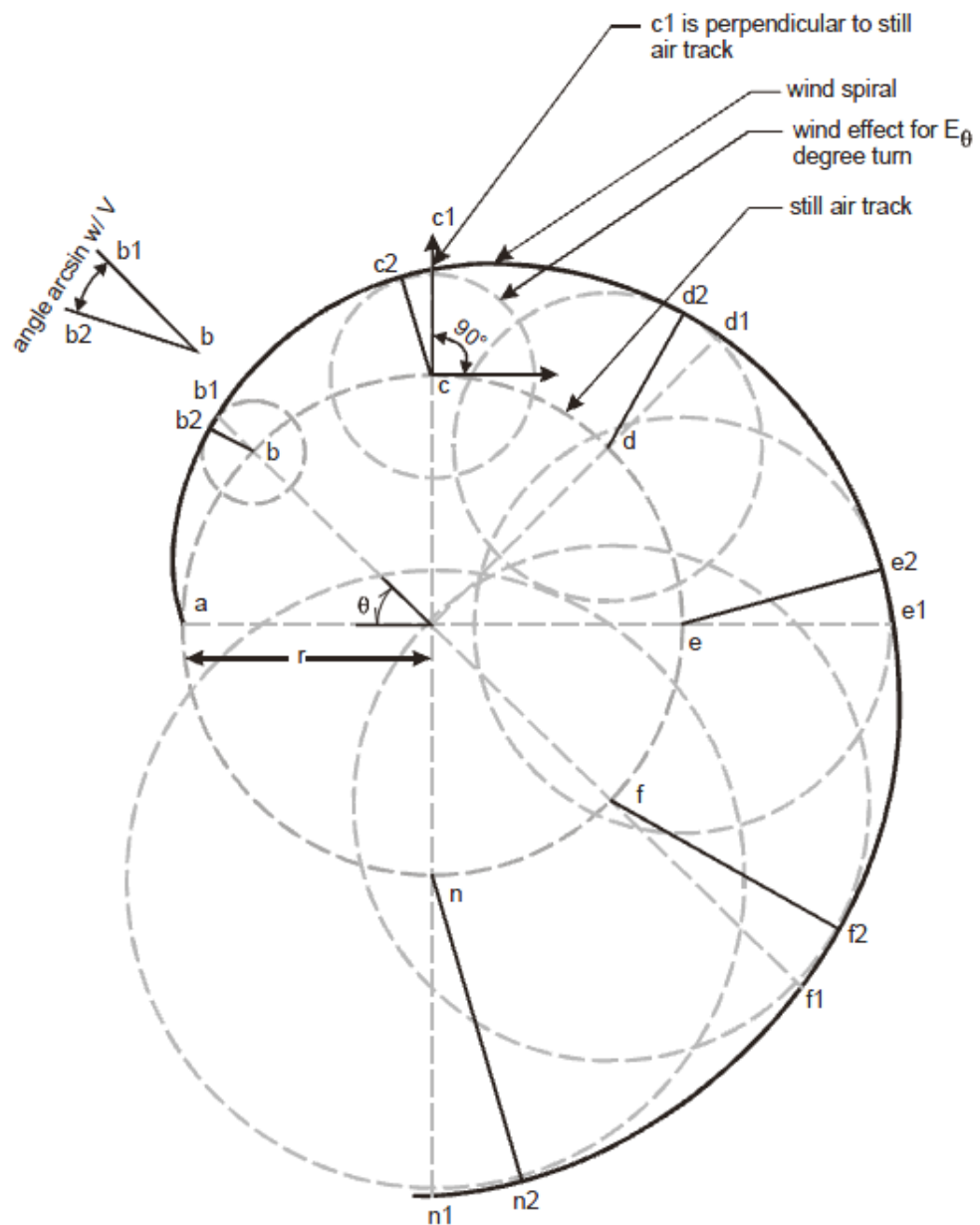


Hranice ochranného prostoru vnitřní zatáčky je dána primárním a sekundárním ochranným prostorem před a po traťovém bodě. Tento bod vznikne protnutím hrany primárního ochranného prostoru předchozího úseku vnitřní zatáčky a kolmicí vynesenu z bodu točení k nadcházejícímu úseku. Další bod vnitřní zatáčky vznikne protnutím hrany primárního prostoru nadcházejícího úseku a kolmicí vynesenu z bodu točení k předchozímu úseku letu. Tyto dva body vnitřní zatáčky se spojí rovnou čarou, která vymezuje primární ochranný prostor vnitřní zatáčky. Stejná metoda se uplatňuje pro sekundární ochranný prostor vnitřní zatáčky.

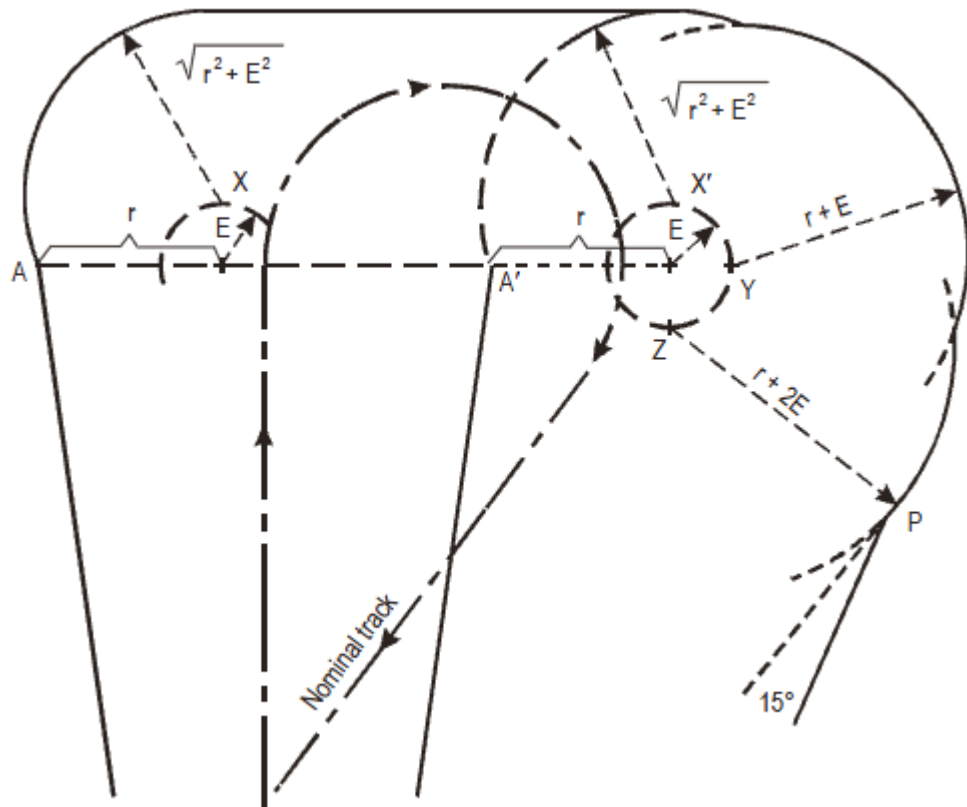
Primární a sekundární ochranný prostor vnější zatáčky je ohraničen obloukem mezi kolmicemi předchozího a následujícího letového úseku.



Příloha č. 20: Konstrukce ochranného prostoru metodou spirály vlivu větru [10]

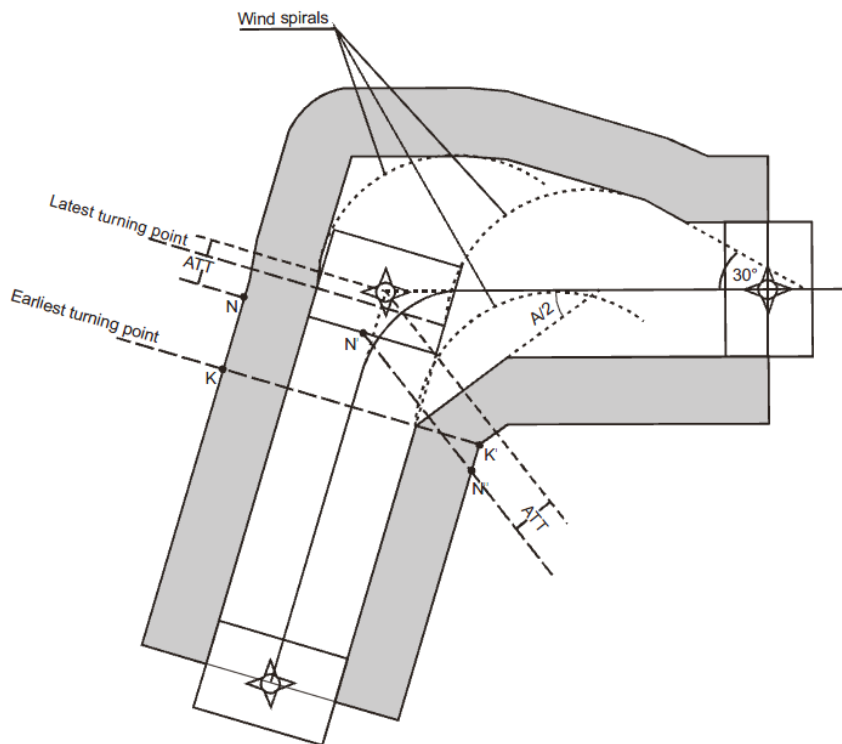


- 1) umístění bodů  $b_1, c_1, \dots, n_1$  přidáním vzdálenosti  $E_\theta$  kolmo na poloměr zatačky za nulového větru
- 2) Spočtené body  $b_2, c_2, \dots, n_2$  se nachází na úhlu  $\arcsin(w/V)$  kolmých bodů  $b_1, c_1, \dots, n_1$  a vzdálenosti  $E_\theta$  z bodu  $b, c, \dots, n$
- 3) Výsledek této spirály sledování křivky počínající v bodě  $a$ , který je umístěn v poloměru zatačky za nulového větru a prochází body  $b_2, c_2, \dots, n_2$ .



Konstrukcí této metody je následující:

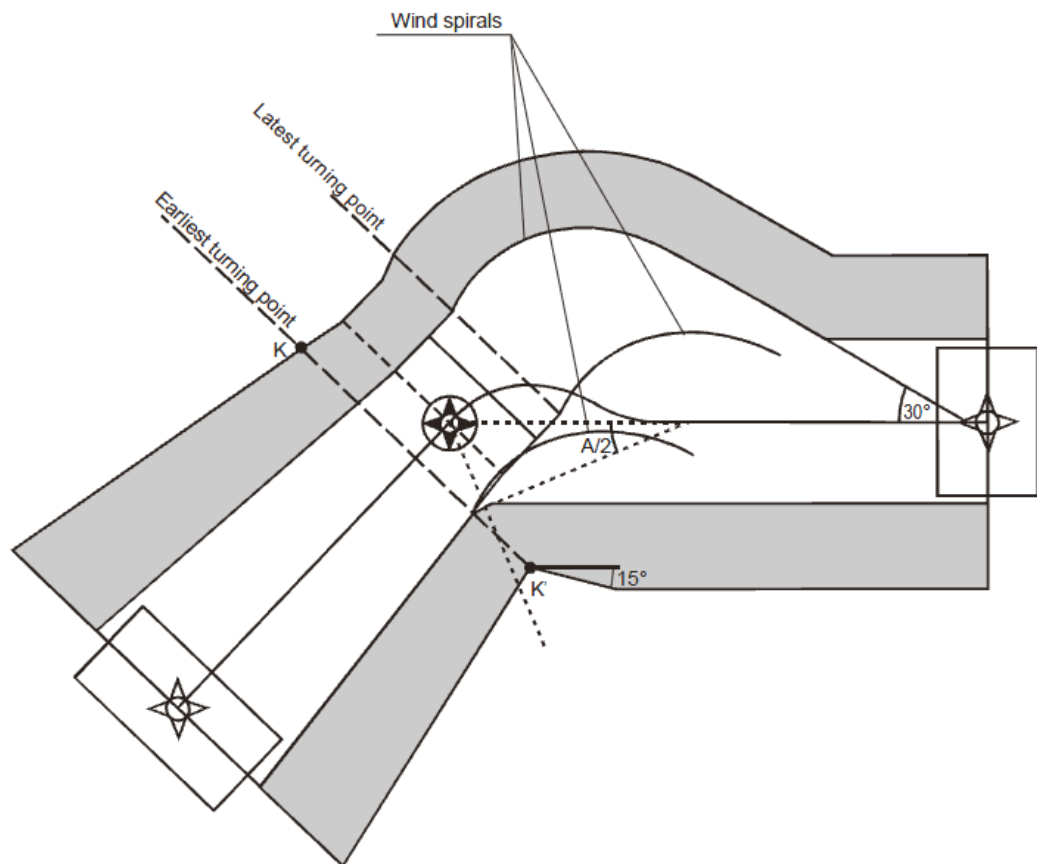
- 1) Počáteční bod A na vnější hranici ochranného prostoru
- 2) Ve vzdálenosti r z bodu A, na úrovni normální dráhy letu je vytvořen kruh o poloměru E,
- 3) Z bodu X je nakreslen oblouk o poloměru  $\sqrt{r^2 + E^2}$  (tento poloměr platí pro zatáčku mezi 0 až 90°)
- 4) Začátek bodu A', který je na vnitřní hraně zatáčky
- 5) Ve vzdálenosti r z bodu A', na úrovni normální dráhy letu je vytvořen kruh o poloměru E,
- 6) Z bodu X' je nakreslen oblouk o poloměru  $\sqrt{r^2 + E^2}$  (tento poloměr platí pro zatáčku mezi 0 až 90°)
- 7) Dva body z poznámek číslo 3 a 6 jsou spojeny.
- 8) Z bodu Y je nakreslen oblouk o poloměru  $r + E$  (tento poloměr platí pro zatáčku mezi 90 až 180°)
- 9) Z bodu Z je nakreslen oblouk o poloměru  $r + 2E$  (tento poloměr platí pro zatáčku mezi 180 až 270°)



Nejdříve je potřeba si spočítat očekávaný bod točení ve vzdálenosti  $r \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$  od Fly-by waypointu. Vynesená čára K-K' udává, první možný bod očekávaného točení, je dána tolerancí bodu ATT. Nejzazší bod točení je dán tolerancí bodu ATT a tolerancí reakce pilota „c“ za bodem očekávaného bodu točení. Hodnota „c“ pro Fly-by traťový bod je složena pouze z tolerance reakce pilota nikoliv z doby provedení náklonu. Průsečík vynesené čáry K-K' a hranice primárního sektoru udává bod, kde je vynesená čára pod úhlem poloviční zatáčky. V průsečíku vynesené čáry K-K' a hranicí sekundárního sektoru je vynesená rovnoběžka s primárním sektorem vnitřní zatáčky. Ze stanovené linie nejzazšího točení (uvnitř a vně tolerance zatáčky) jsou vyneseny spirály vlivu větru. Poté se vynese tangenta ke spirále rovnoběžnou s trajektorií předcházejícího úseku, který se protne s tangentou, která je rovnoběžná s trajektorií následujícího úseku a obě dvě spirály se spojí rovnou čarou. Nakonec je vynesená tangenta k druhé spirále pod úhlem  $30^\circ$  k trajektorii následujícího úseku.

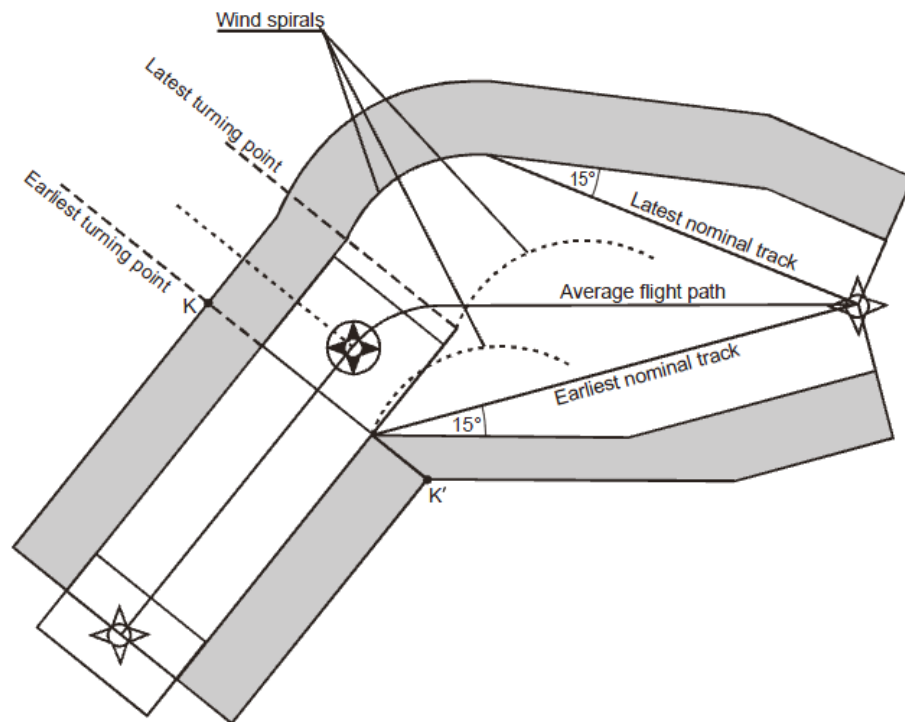
Stanovení sekundárního ochranného prostoru je totožné s primárním prostorem odsazený o konstantní šířku prostoru. V případě ochranného prostoru zatáčky o více než  $90^\circ$ , je hranice vnějšího prostoru zatáčky konstruovaná stejným způsobem, jak je popsáno výše, s výjimkou tečny rovnoběžky k trajektorii následujícího úseku. Ochranný prostor pro zatáčku větší než  $90^\circ$  je stanoven čarou tečně protínající maxima obou spirál. [10]

Příloha č. 23: Konstrukce zatáčky pro Fly-over WPT metodou spirály vlivu větru specifikována letovou trasí TF [10]

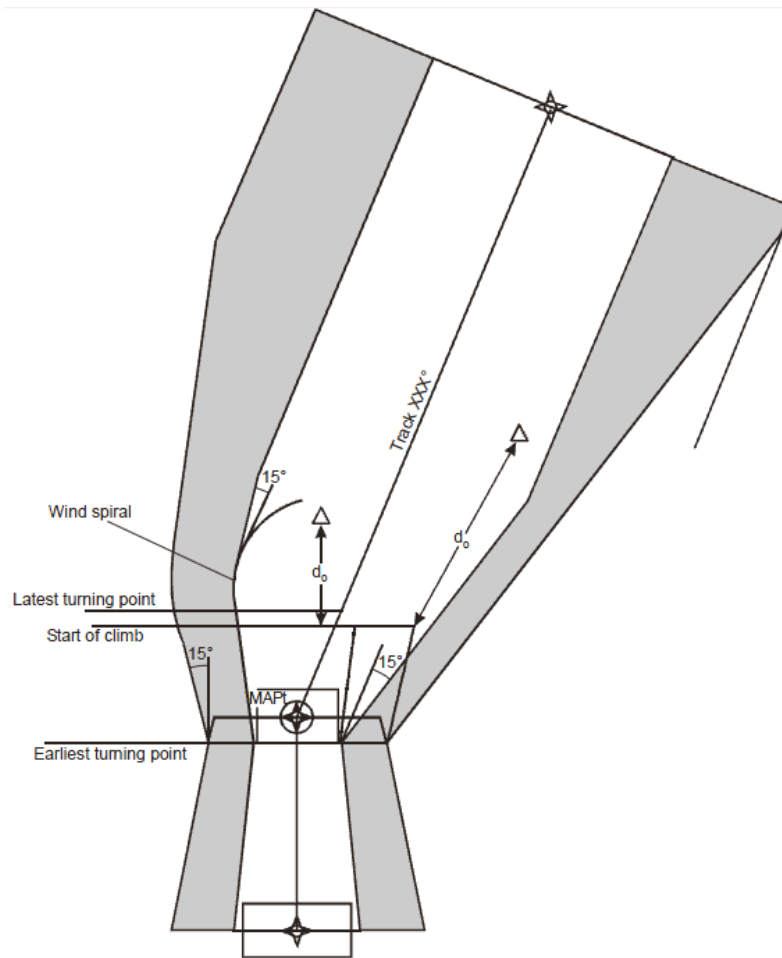


V případě zatáčky provedené přes bod Fly-over, udává vynesená čára K-K' první možný bod očekávaného točení, který je dán přímo tolerancí ATT daného bodu. Nejzazší bod točení je dán tolerancí bodu ATT a tolerancí reakce pilota + tolerancí provedení náklonu „c“ za WPT Fly-over. Z nejzazší tolerance vnější zatáčky primárního prostoru je vynesena spirála. Tečna spirály se spojí s trasí následujícího úseku pod úhlem 30°. Sekundární prostor vnější zatáčky kopíruje primární prostor se standardním odsazením sekundárního prostoru. Průsečík vynesené čáry K-K' a hranice primárního sektoru vnitřní zatáčky udává bod, kde je vynesená čára pod úhlem poloviční zatáčky. V průsečíku vynesené čáry K-K' a hranicí sekundárního sektoru je hranice rozšiřující sektor následujícího úseku o 15° na standardní šířku sekundárního ochranného prostoru.

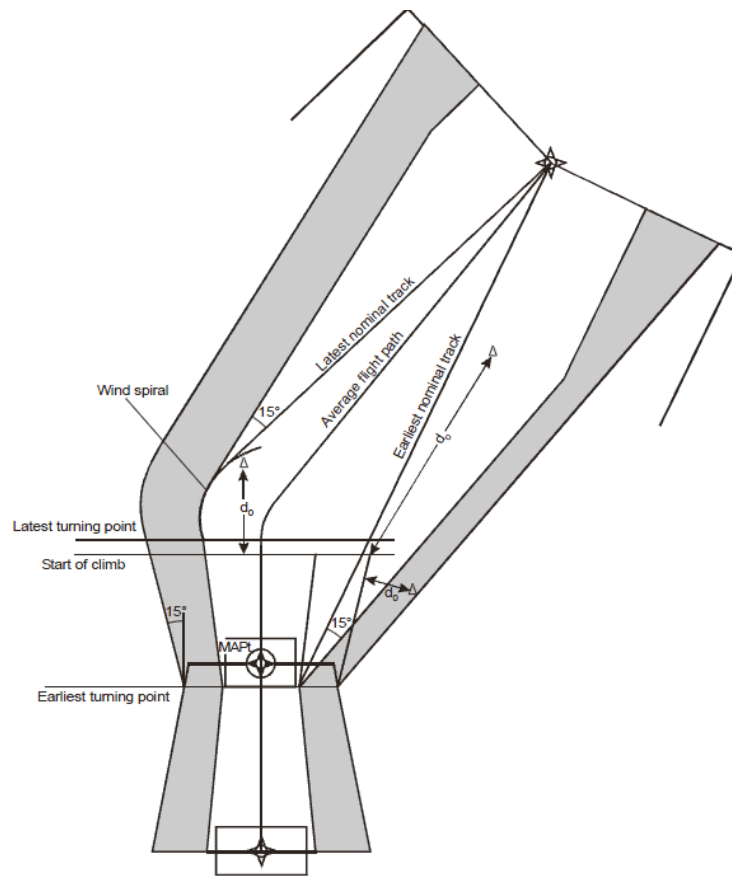
Příloha č. 24: Konstrukce zatáčky pro Fly-over WPT metodou spirály vlivu větru specifikována letovou trati DF [10]



Tolerance prvního možného a nejzazšího bodu točení je shodná s typem tratě TF. Z nejzazší tolerance vnější zatáčky primárního prostoru se vynese spirála. Tečna spirály se spojí s následujícím traťovým bodem. Tím je stanovena trať nazvaná maximální normální letová trať. Tečna spirály rozšiřující prostor o 15° maximální normální letové trati vymezuje primární prostor zatáčky. Tento prostor se rozšiřuje do takové vzdálenosti, než dojde k protnutí s primárním ochranným prostorem maximální normální letové trati. Vedením rovnoběžky celého tohoto ochranného prostoru vnější zatáčky s rozšířením o konstantní vzdálenost vznikne sekundární ochranný prostor. Průsečík vynesené čáry K-K' a hranice primárního sektoru vnitřní zatáčky udává bod, kde vynesená čára spojuje následující traťový bod. Tato trať se nazývá minimální možná letová trať. Z průsečíku úsečky K-K' a minimální normální letové trati vznikne ochranný prostor vnitřní zatáčky rozšiřující se o 15°, než protne standardní šířku primárního ochranného prostoru minimální normální letové trati. Tento stejný postup se zopakuje i pro sekundární ochranný prostor.



Pro případ zatáčky provedené přes bod MAPt, která je charakterizována bodem typu Fly-over, je první možný bod očekávaného točení dán tolerancí ATT daného bodu MAPt. Nejzazší bod točení je dán hodnotou tolerance „c“ za hranicí začátku stoupání. Z nejzazšího bodu točení vnější zatáčky se vynese spirála vlivu větru. Tangenta ke spirále se rozšiřuje pod úhlem  $15^\circ$  ke směru trati následujícího úseku až dosáhne šířky standardní ho primárního ochranného sektoru nezdařilého přiblížení. Pro sekundární ochranný prostor bude postup obdobný. Konstrukce ochranného prostoru vnitřní strany zatáčky vzniká z prvního možného bodu zatáčky. Z tohoto bodu se vynese přímka rozšiřující primární ochranný prostor pod úhlem  $15^\circ$  do vzdálenosti, než protne standardní šířku ochranného prostoru následujícího úseku. Stejný postup se provede pro sekundární ochranný prostor. [10]

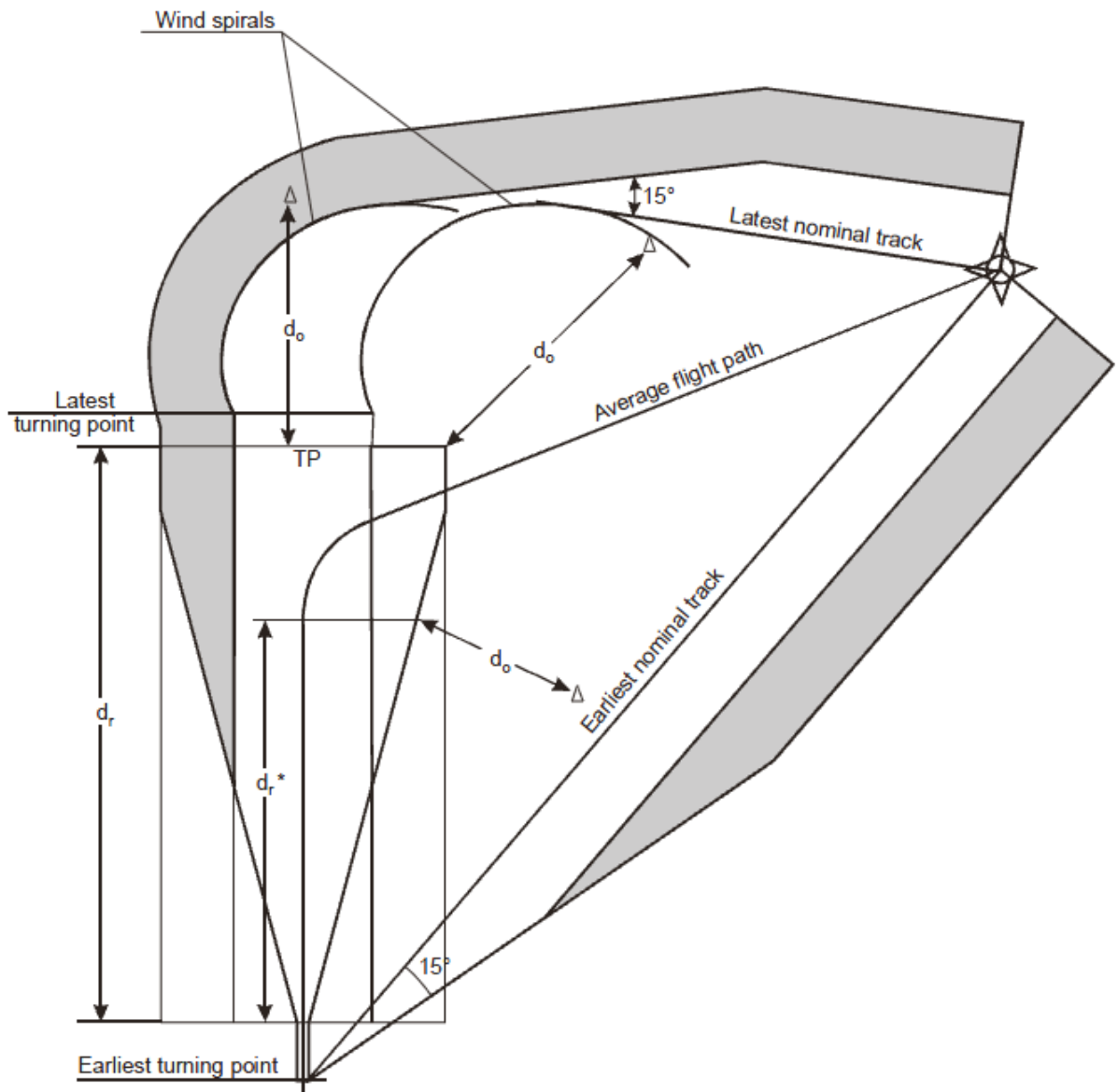


$d_0$  – nejkratší vzdálenost od polohy zahájení zatáčky k poloze překážky

Pro typ DF letové trati je tolerance bodu MAPt stejná. Hranice prvního možného točení je dána tolerancí bodu ATT a nejzazší hranice točení je dána hodnotou „c“ za počátkem stoupání. Pro konstrukci ochranného prostoru vnější zatáčky se vynese spirála vlivu větru z nejzazšího bodu zatáčení. Poté se vynese přímka, která je tečnou ke spirále a vede do následujícího bodu postupu nezdařilého přiblížení. Z toho vznikne hranice nazvaná maximální normální letová trať. Pro stanovení primárního ochranného prostoru vedeme tečnou přímku k maximální normální letové trati rozšiřující se pod úhlem  $15^\circ$  do vzdálenosti, kdy protne standardní šířku primárního ochranného prostoru nezdařilého ochranného prostoru. Stejný postup je používán pro sekundární ochranný prostor vnější zatáčky.

Konstrukce ochranného prostoru vnitřní strany zatáčky se vede z prvního možného bodu zatáčky. Z tohoto bodu se vynese přímka, která vede do následujícího bodu postupu nezdařeného přiblížení. Tímto způsobem vznikne hranice nazývající se minimální normální letová trať. Konstrukce primárního a sekundárního ochranného prostoru vnitřní zatáčky se provádí stejným způsobem jako ochranné prostory vnější zatáčky. [10]

Příloha č. 27: Konstrukce zatáčky v předepsané výšce specifikované letovou trasí DF [10]



$d_r$  – horizontální vzdálenost od konce vzletové dráhy DER k bodu točení TP

$d_r^*$  - měřená vzdálenost podél odletové trati vzhledem k bodu na hranici oblasti zahájení zatáčky, kde je měřena vzdálenost  $d_o$ .

$d_o$  – horizontální vzdálenost od překážky k bodu točení.

Zatáčka v předepsané výšce je určena pro bod točení, který zajišťuje vyhnutí se přímého letu k překážce nebo přeletu na úrovni překážky s předepsanou MOC. Tento typ zatáčky je určen pouze pro postup odletu nebo postup nezdařeného přiblížení. Výška zatáčky (TNH) se skládá z:

$$TNH = d_r PDG + 5m(16ft)$$



Minimální výška nad překážkami MOC v oblasti zahájení zatáčky je vypočtena pomocí horizontální vzdálenosti z konce vzletové dráhy měření podél normální letové trati s navrženým gradientem stoupání PDG. Zatáčka by měla být provedena ve specifikované výšce při normální výkonnosti letadel. Výsledkem bude, že letadla dosáhnou výšky zahájení zatáčky před bodem točení TP. Tyto kritéria musí splňovat maximální výšku překážky  $TNH - 90\text{ m}(295\text{ ft})$  pro letadla.

*MOC pro první možný bod zahájení zatáčky je stanoven pro vyšší hodnotu z (90 m (295 ft), a  $0.008 (d_r^* + d_0)$ )*

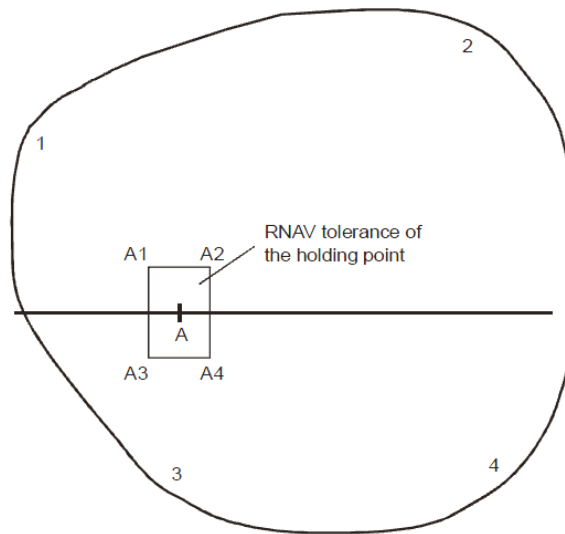
*MOC pro nejzazší bod zahájení zatáčky je stanoven pro vyšší hodnotu z (90 m (295 ft), a  $0.008 (d_r + d_0)$ )*

Maximální povolená výška překážky v oblasti zatáčky je stanovena:

$$\text{Max. výška překážky} = PDG(d_0 + d_r) + H - MOC$$

[10]

Příloha č. 28: Základní oblast RNAV vyčkávání pro systém bez funkce pro vyčkávání – odletová trať určená časem [10]

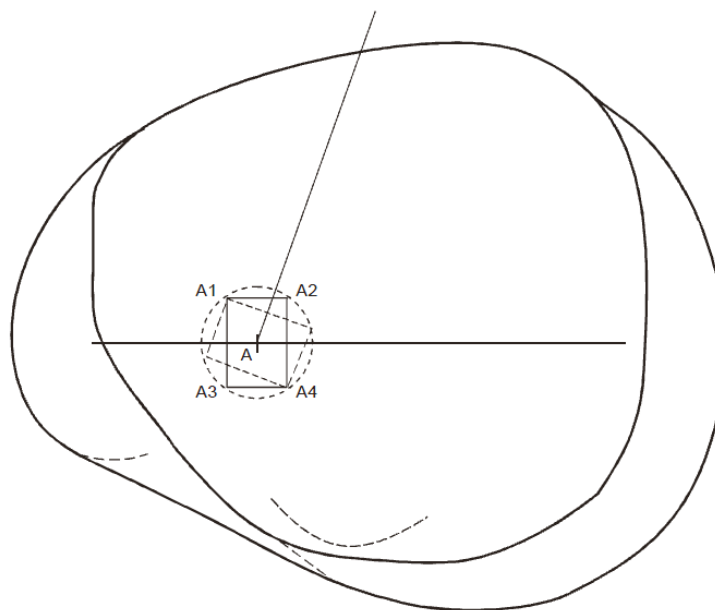


A – WPT (vyčkávací bod)

A1, A2, A3, A4 – Hrany tolerance fixu

1, 2, 3, 4 – Rozšířený ochranný prostor vyčkávání se středem v bodě tolerance A1, A2, A3, A4

Příloha č. 29: Vyčkávací oblast zahrnující ochranný prostor vstupu do vyčkávacího obrazce pro RNAV systém bez funkce pro vyčkávání – odletová trať určená časem [10]



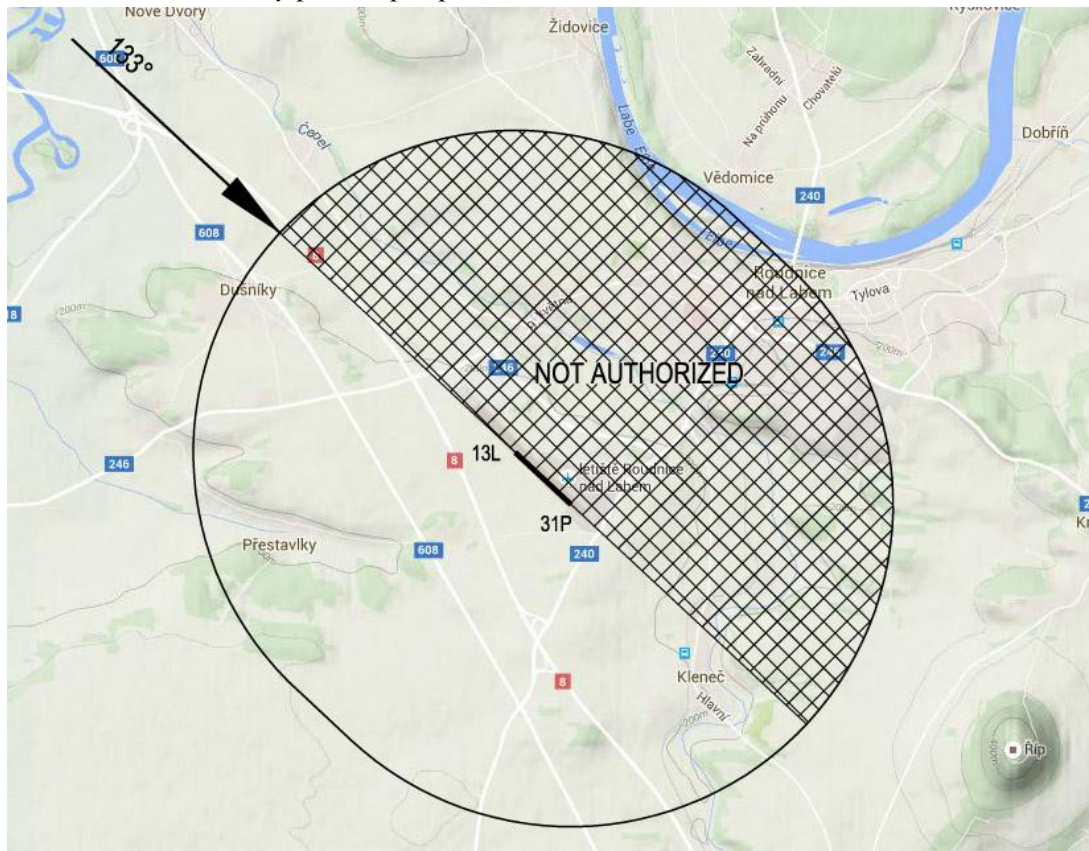
Příloha č. 30: ochranný prostor přiblížení a nezdařeného přiblížení



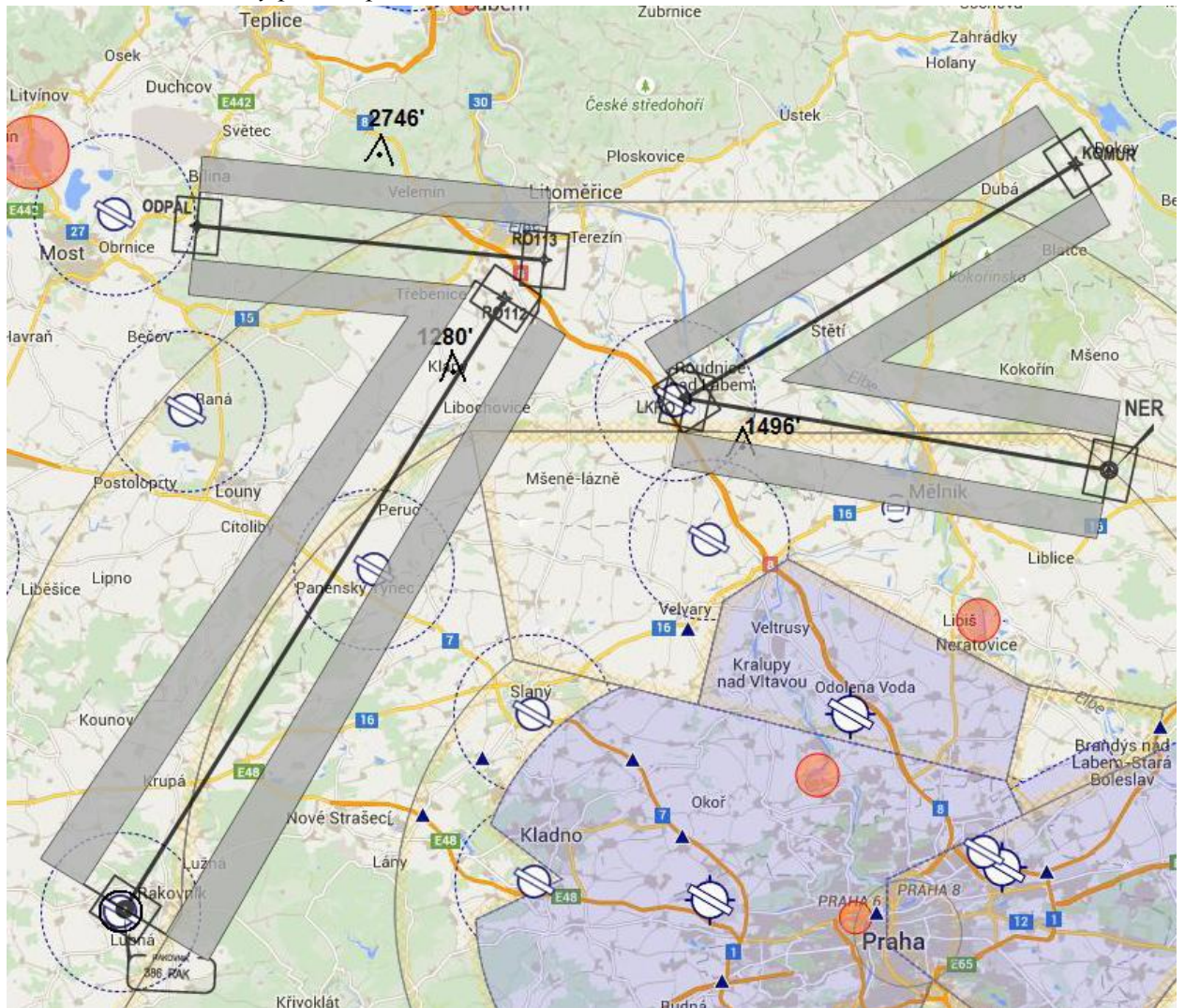
Příloha č. 31: Ochranný prostor vyčkávacího obrazce



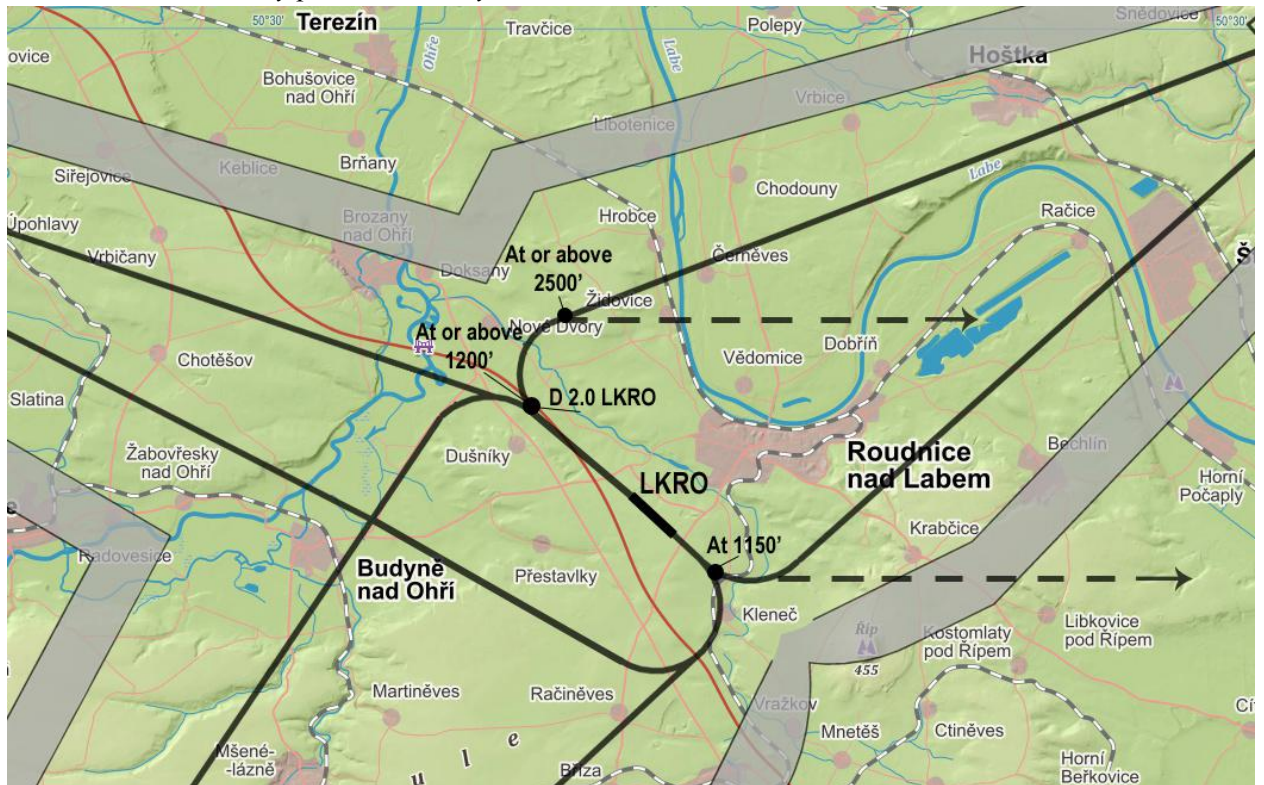
Příloha č. 32: Ochranný prostor pro přiblížení okruhem na RWY 31P



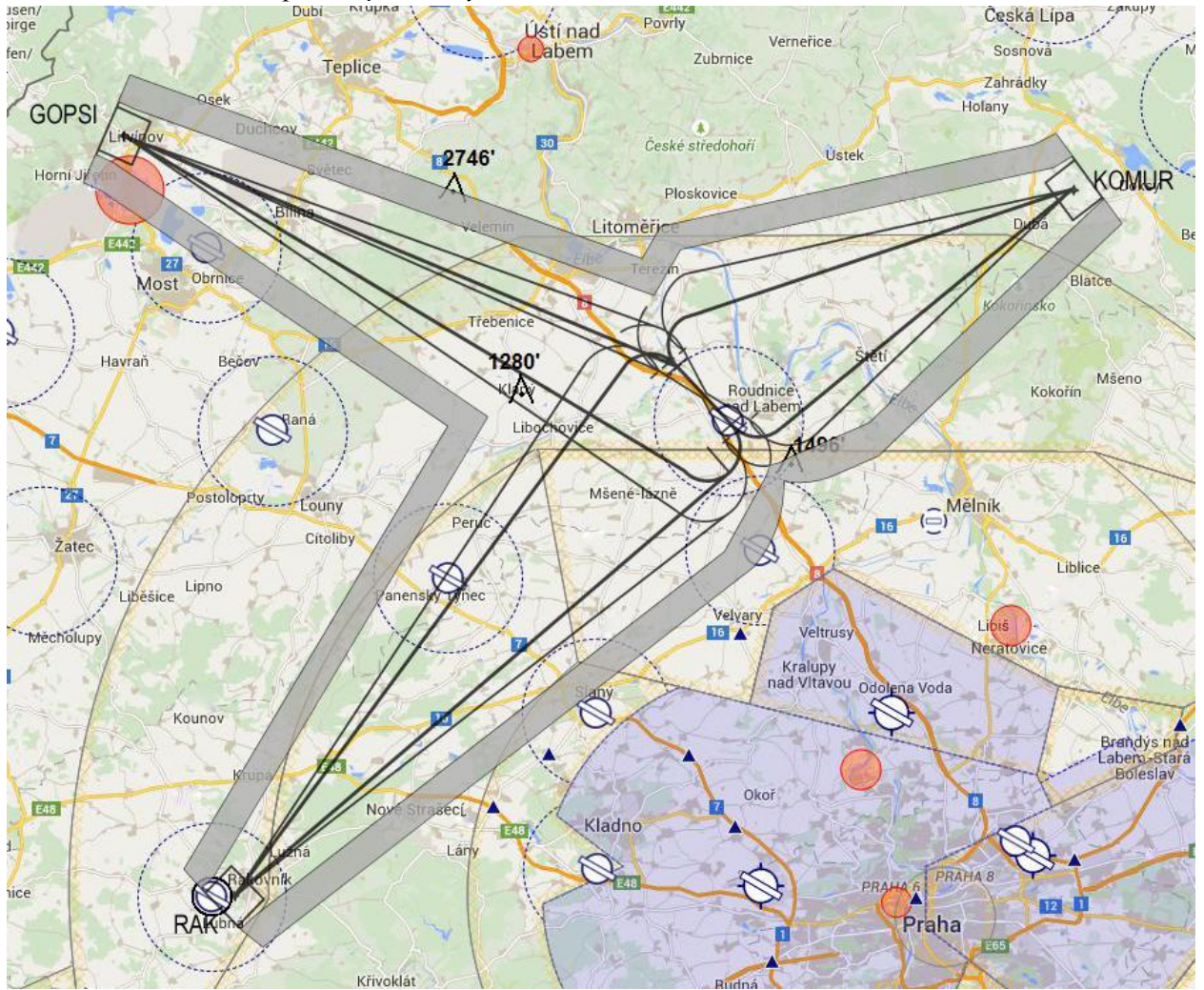
Příloha č. 33: Ochranný prostor přiletové tratě



Příloha č. 34: Ochranný prostor odletových tratí blízko letiště



Příloha č. 35: Ochranné prostory odletových tratí DF



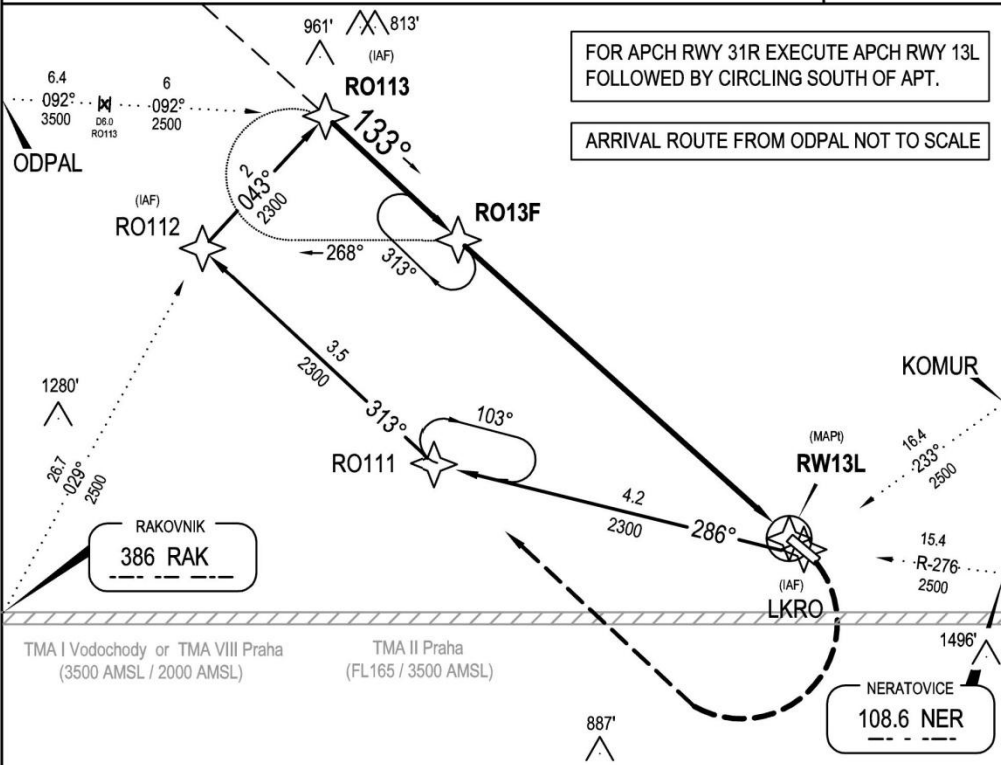
Příloha č. 36: Mapa RNAV přiblížení na letišť Roudnice RWY 13L

LKRO  
ROUDNICE

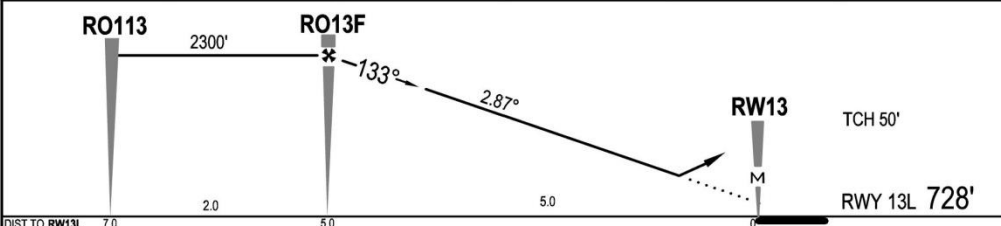
12-1

ROUDNICE, CZECH  
RNAV (GNSS) Rwy 13L

ROUDNICE Radio 122.2	RUZYNE ATIS (remote) 122.15	PRAGUE Info 126.1	RUZYNE Radar 118.3	VODOCHODY TWR 133.07	<p>MSA ARP ① 2500' WITHIN 12 NM</p>
RNAV	Final Apch Crs 133°	Minimum Alt RO13F 2300' (1572')	LNAV MDA(H) Refer to minimums	Apt Elev 728' RWY 728'	
<b>MISSED APCH:</b> Turn RIGHT to RO111, climbing to 2300' and hold					
Alt set: hPa	Rwy Elev: 26 hPa	Trans level: By ATC	Trans alt: 5000'		



DIST TO LKRO	5.2	4.2	3.2	2.2	1.2
DIST TO RW13L	5	4	3	2	1
ALTITUDE	2300'	2000'	1690'	1390'	1080'



DIST TO RW13L	7.0	5.0	3.0	1.0	0.2
DIST TO LKRO	7.2	5.2	3.2	1.2	0.2
Gnd speed-Kts	70	90	100	120	140
Descent Angle	5.0%	355	457	507	609
MAP at RW13L					

STRAIGHT - IN LANDING RWY 13		CIRCLE - TO - LAND	
<b>LNAV</b> MDA(H) 1150' (422')		Not authorized North of airport	
A	VIS 1500 m	MAX kts	100
B	NOT APPLICABLE		
C			
D			

PANS OPS

CREATED BY MAREK NEMEC



*Příloha č. 37: Doplnující informace k přibližovací mapě*

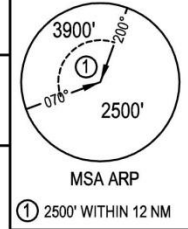
WPT	Type of WPT	Coordinates of WPT
LKRO	Flyby	N50°24'38" E014°13'34"
RO111	Flyby	N50°25'50" E014°07'24"
RO112	Flyby	N50°28'21" E014°03'33"
RO113	Flyby	N50°29'45" E014°05'49"
RO13F	Flyby	N50°28'19" E014°07'59"
RW13L	Fly-over	N50°24'45" E014°13'27"
RO111	Flyby	N50°25'50" E014°07'24"

LKRO  
ROUDNICE

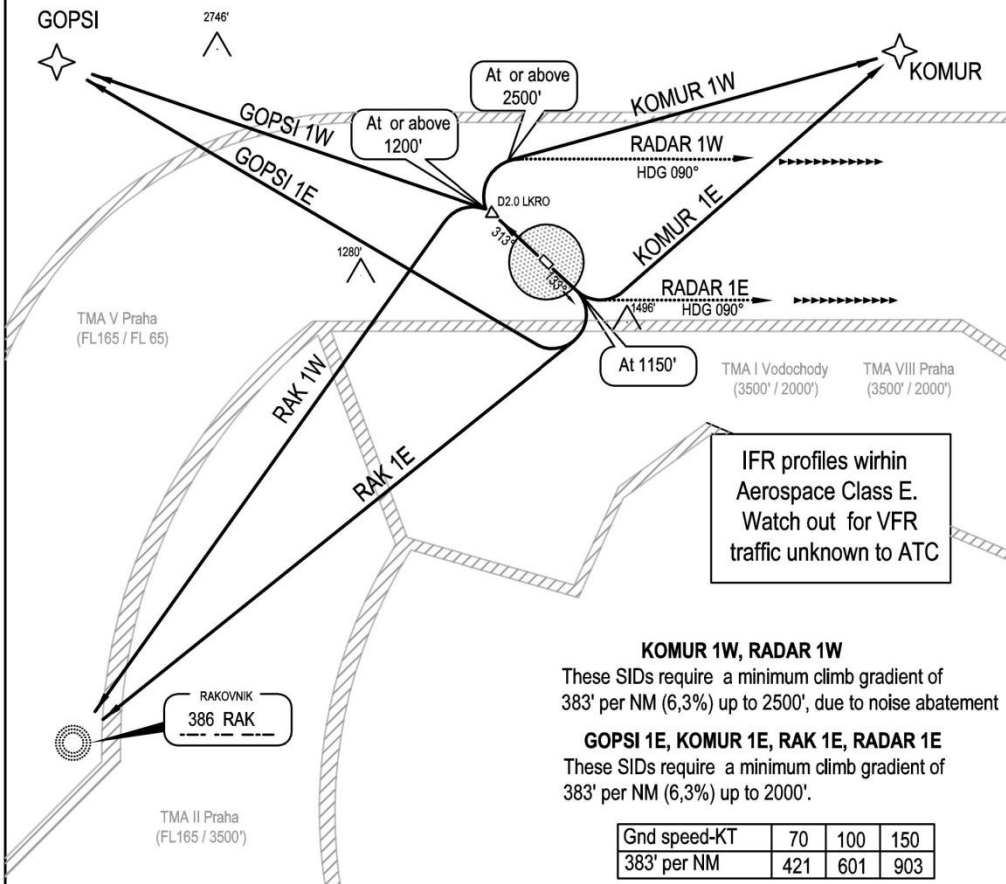
10-3

ROUDNICE, CZECH  
RNAV SID

ROUDNICE Radio 122.2	RUZYNE ATIS (remote) 122.15	PRAGUE Info 126.1	RUZYNE Radar 118.3	VODOCHODY TWR 133.07
Apt Elev 728'	Trans level: By ATC      Trans alt: 5000' 1. Contact Prague Info after departure and stay below TMA Praha / TMA Vodochody 2. RWY 13L: EXPECT close-in obstacles			



KOMUR ONE ECHO (KOMUR 1E)  
KOMUR ONE WHISKEY (KOMUR 1W)  
RAK ONE ECHO (RAK 1E)  
RAK ONE WHISKEY (RAK 1W)  
GOPSI ONE ECHO (GOPSI 1E)  
GOPSI ONE WHISKEY (GOPSI 1W)  
RADAR ONE ECHO (RADAR 1E)  
RADAR ONE WHISKEY (RADAR 1W)  
RWYS 31R, 13L DEPARTURES



**KOMUR 1W, RADAR 1W**

These SIDs require a minimum climb gradient of 383' per NM (6,3%) up to 2500', due to noise abatement

**GOPSI 1E, KOMUR 1E, RAK 1E, RADAR 1E**

These SIDs require a minimum climb gradient of 383' per NM (6,3%) up to 2000'.

Gnd speed-KT	70	100	150
383' per NM	421	601	903

**Initial climb clearance class E airspace**

SID	RWY	ROUTING
GOPSI 1E	13L	Climb on 133° track to 1150', to GOPSI.
GOPSI 1E	31R	Climb on 313° track to D2.0 LKRO, to GOPSI.
KOMUR 1E	13L	Climb on 133° track to 1150', to KOMUR.
KOMUR 1W	31R	Climb on 313° track to D2.0 LKRO, (2500' +) to KOMUR.
RAK 1E	13L	Climb on 133° track to 1150', to RAK.
RAK 1W	31R	Climb on 313° track to D2.0 LKRO, to RAK.
RADAR 1E	13L	Climb on 133° track to 1150', LEFT turn HDG 090, EXPECT VECTOR
RADAR 1W	31R	Climb on 313° track to D2.0 LKRO, RIGHT turn HDG 090 (2500' +), EXPECT VECTOR.

PANS OPS

CREATED BY MAREK NĚMEC

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Navigační specifikace pro různé fáze letu .....	24
Tabulka č. 2: kategorie letadel a rychlosti pro výpočty postupů v uzlech (kt) .....	36
Tabulka č. 3: Ztráta výšky (HL) dle kategorií letadel .....	39
Tabulka č. 4: Tabulka minimálních výšek .....	39
Tabulka č. 5: Nárazníkové hodnoty BV pro různé fáze letu .....	44
Tabulka č. 6: poloviční šířka fiktivního ochranného prostoru .....	53
Tabulka č. 7: Rychlosti pro stanovení ochranného prostoru vyčkávání .....	58
Tabulka č. 8: Minimální bezpečná výška nad překážkami v nárazníkovém prostoru .....	60
Tabulka č. 9: OCA/H pro přiblížení okruhem .....	63
Tabulka č. 10: Příklad hodnot pro určení prostoru přiblížení okruhem .....	63
Tabulka č. 11: Sekvence bodů pro RWY 13L .....	65
Tabulka č. 12: Parametry normální trati od bodu LKRO (IAF) .....	65
Tabulka č. 13: Tabulka vzdáleností a výšek vzhledem k prahu RWY .....	67
Tabulka č. 14: Tabulka rychlostí klesání vzhledem k pozemní rychlosti .....	67
Tabulka č. 15: Parametry příletových tratí od bodu IAF .....	69
Tabulka č. 16: Odletové tratě z letiště Roudnice .....	72

# Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Navigační specifikace pro konečnou fázi letu a odlet.....	24
Obrázek č. 2: Schematické rozdělení navigační specifikace .....	25
Obrázek č. 3: Schematické rozdělení RNP APCH .....	27
Obrázek č. 4: Vývoj aplikace navigačních systémů .....	29
Obrázek č. 5: Úseky přístrojového přiblížení .....	38
Obrázek č. 6: Primární a sekundární ochranný prostor .....	41
Obrázek č. 7: Konečná příletová oblast (TAA) ve tvaru Y .....	42
Obrázek č. 8: Traťový bod zatáčky s předstihem a Traťový bod zatáčky po přeletu.....	43
Obrázek č. 9: Tolerance traťového bodu .....	43
Obrázek č. 10: Zúžení ochranného prostoru .....	45
Obrázek č. 11: Rozšiřování ochranného prostoru.....	46
Obrázek č. 12: Koncepce T a Y příletové tratě.....	48
Obrázek č. 13: Koncept Y příletové tratě bez jednoho implementovaného ramena .....	48
Obrázek č. 14: Úseky přiblížení dle RNAV .....	50
Obrázek č. 15: Konečná fáze přiblížení s vybočením nebo bez vybočení k přistávací dráze .....	50
Obrázek č. 16: Snížení gradientu stoupání při odletu .....	52
Obrázek č. 17: Ochranný prostor odletu odletové tratě .....	53
Obrázek č. 18: Tolerance fixu.....	54
Obrázek č. 19: Předpisová zatáčka 45°/180° .....	57
Obrázek č. 20: Minimální výška nad překážkami pro vyčkávání.....	60
Obrázek č. 21: Vstupní sektory pro vyčkávání.....	61
Obrázek č. 22: RNAV vyčkávání pro systémy bez funkce pro vyčkávání.....	62
Obrázek č. 23: Ochranný prostor pro přiblížení okruhem .....	64
Obrázek č. 24: Návrh RNAV (GNSS) přiblížení na RWY 13L.....	66
Obrázek č. 25: Postup finálního přiblížení .....	66
Obrázek č. 27: Příletové tratě na IAF .....	70
Obrázek č. 28: Odletové tratě z LKRO.....	72

# Seznam příloh

Příloha č. 1: Seznam dostupných přijímačů GNSS pro oblast letectví schopných přijímat signály SBAS .....	82
Příloha č. 2: Zavedení oblasti s RMZ a snížení prostoru třídy E .....	83
Příloha č. 3: Mapa okolí letiště Roudnice LKRO .....	84
Příloha č. 4: Mapa letiště Roudnice LKRO .....	85
Příloha č. 5: Převodní faktor TAS .....	86
Příloha č. 6: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP4 pro fázi traťového letu (NM) .....	87
Příloha č. 7: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP1 (pro letadla) pro fázi přiletu a odletu (NM) .....	87
Příloha č. 8: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNP APCH (pro kategorie letadel A - E) pro počáteční/střední/konečnou fázi přiblížení a fázi postupu nezdařilého přiblížení (NM).....	87
Příloha č. 9: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNAV 1 a RNAV 2 pro fázi traťového letu, fázi přiletu, počáteční/střední fázi přiblížení a fázi odletu (NM) .....	87
Příloha č. 10: XTT, ATT a poloviční šířka ochranného prostoru (1/2 A/W) navigační specifikace RNAV 5 pro fázi traťového letu (NM) .....	87
Příloha č. 11: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 15°) ...	88
Příloha č. 12: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 20°) ...	89
Příloha č. 13: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyby (úhel náklonu 25°) ...	90
Příloha č. 14: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 15°)	91
Příloha č. 15: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 20°)	92
Příloha č. 16: Minimální vzdálenost ustálení mezi traťovými body Flyover (úhel náklonu 25°)	93
Příloha č. 17: Minimální délka RNAV úseku limitovaný minimálně jedním traťovým bodem, která není bodem, při kterém se provádí zatáčka.....	93
Příloha č. 18: Základní parametry pro konstrukci zatáčky .....	94
Příloha č. 19: Konstrukce zatáčky kruhových oblouků .....	96
Příloha č. 20: Konstrukce ochranného prostoru metodou spirály vlivu větru .....	97
Příloha č. 21: Konstrukce ochranného prostoru metodou hraničních kružnic.....	98
Příloha č. 22: Konstrukce zatáčky pro Fly-by WPT metodou spirály vlivu větru.....	99
Příloha č. 23: Konstrukce zatáčky pro Fly-over WPT metodou spirály vlivu větru specifikována letovou tratí TF .....	100
Příloha č. 24: Konstrukce zatáčky pro Fly-over WPT metodou spirály vlivu větru specifikována letovou tratí DF .....	101
Příloha č. 25: Konstrukce Zatáčky v bodě MAPt specifikovaná letovou tratí TF .....	102
Příloha č. 26: Konstrukce Zatáčky v bodě MAPt specifikovaná letovou tratí TF .....	103
Příloha č. 27: Konstrukce zatáčky v předepsané výšce specifikované letovou tratí DF .....	104
Příloha č. 28: Základní oblast RNAV vyčkávání pro systém bez funkce pro vyčkávání – odletová trať určená časem.....	106

Příloha č. 29: Vyčkávací oblast zahrnující ochranný prostor vstupu do vyčkávacího obrazce pro RNAV systém bez funkce pro vyčkávání – odletová trať určená časem .....	106
Příloha č. 30: ochranný prostor přiblížení a nezdařeného přiblížení .....	107
Příloha č. 31: Ochranný prostor vyčkávacího obrazce .....	108
Příloha č. 32: Ochranný prostor pro přiblížení okruhem na RWY 31P.....	108
Příloha č. 33: Ochranný prostor příletové tratě.....	109
Příloha č. 34: Ochranný prostor odletových tratí blízko letiště .....	110
Příloha č. 35: Ochranné prostory odletových tratí DF .....	111
Příloha č. 36: Mapa RNAV přiblížení na letiště Roudnice RWY 13L.....	112
Příloha č. 37: Doplnující informace k přibližovací mapě.....	113
Příloha č. 38: Mapa RNAV odletů z letiště Roudnice .....	114

## Seznam použité literatury

- [1] **VOSECKÝ, Slavomír.** Radionavigace, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2006. IBSN: 80-7204-448-6.
- [2] **SOLDÁN, Vladimír.** Letové postupy a provoz letadel, Letová informační služba Řízení letového provozu České republiky. Praha 2007 IBSN: 978-80-239-8595-5.
- [3] Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual, First edition – 2005 [PFD] International Civil Aviation Organization, [Citace: 10.01. 2015], Dostupné z: [http://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9849\\_cons\\_en\[1\].pdf](http://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9849_cons_en[1].pdf).
- [4] Galileo [Online] *European Space Agency*, 27. 06 2014. [Citace: 15.12. 2014] Dostupné z: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_-\\_Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo).
- [5] EGNOS brochure [PFD] *European Geostationary Navigation Overlay Service*, 2009. [Citace: 21.12. 2014] [http://www.egnos-pro.esa.int/Publications/ESA\\_EGNOS\\_br284\\_2009.pdf](http://www.egnos-pro.esa.int/Publications/ESA_EGNOS_br284_2009.pdf).
- [6] Předpis L8168, Hlava 1, Díl 2, část II [PFD] *Letová informační služba Řízení letového provozu České republiky*. [Citace: 13.02. 2015], Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8168/data/effective/ii-d2-h1.pdf>.
- [7] Performance Based Navigation Operational Approval Handbook, [PFD] International Civil Aviation Organization, August 2010. Dostupné z: [http://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/COSCAP\\_PBNOPS\\_HANDBOOK%20Version%202\\_4.pdf](http://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/COSCAP_PBNOPS_HANDBOOK%20Version%202_4.pdf).
- [8] **LETECKÝ PŘEDPIS L8168. Provoz letadel - Letové postupy.** MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Úřad pro civilní letectví. 946/2006-220-SP/1.
- [9] Receiver list [online] *EGNOS*, European GNSS Agency. [Citace: 12.03. 2015], Dostupné z: <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/developer-platform/developer-toolkit/receiver-list>.
- [10] *Doc 8168 Aircraft Operations: Volume II - Construction of Visual and Instrument Flight Procedures*. [PDF] International Civil Aviation Organization, Fifth edition – 2006. Doc 8168 OPS/611.
- [11] Introducing Performance Based Navigation (PBN) and Advanced RNP (A-RNP). *Eurocontrol*. [PFD] 2013. <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2013-introducing-pbn-a-rnp.pdf>.
- [12] *ICAO Doc 9613, Performance-based Navigation (PBN) Manual*. International Civil aviation organization, Third edition 2008. IBSN: 978-92-9231-198-8.
- [13] Performance Based Navigation Operational Approval Handbook. [PFD] International Civil aviation organization, August 2010. Dostupné z:

- [http://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/COSCAP\\_PBNOPS\\_HANDBOOK%20Version%202\\_4.pdf](http://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/COSCAP_PBNOPS_HANDBOOK%20Version%202_4.pdf).
- [14] RNAV Approaches. [PFD] *Eurocontrol*. December 2012. Dostupné z: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2013-rnav-approaches-factsheet.pdf>.
- [15] RNAV (GNSS) Approach Operations. [Online] *CAA, UK*. [Citace: 14.02. 2015] Dostupné z: <http://www.caa.co.uk/default.aspx?catid=1340&pageid=13338>.
- [16] AIC A 1/12, KONCEPCE ROZVOJE NAVIGAČNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ DO ROKU 2020. [PFD] *ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, s.p.*, Letecká informační služba, 22. March 2012. Dostupné z: [http://lis.rlp.cz/ais\\_data/aic/data/a\\_2012-001.pdf](http://lis.rlp.cz/ais_data/aic/data/a_2012-001.pdf).
- [17] The navigation application & navaid infrastructure strategy for the ECAC area [PFD] International Civil aviation organization, Dostupné z: <http://www.icao.int/EURNAT/Other%20Meetings%20Seminars%20and%20Workshops/PBN%20TF/PBN%20TF1/PBN%20Task%20Force.pdf>.
- [18] **Jiří Mošnička, Tomáš Duka, Vladimír Fajt**. Možnosti využití různých druhů RNAV přiblížení pro všeobecné letectví v ČR. [PFD], České vysoké učení technické, fakulta dopravní, ustav letadlové techniky, Dostupné z: <http://uld.fd.cvut.cz/magazindta/RNAV%20CZ%20GA.pdf>.
- [19] *LETECKÝ PŘEDPIS L11 - LETOVÉ PROVOZNÍ SLUŽBA, SLUŽBA ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU, LETOVÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA, POHOTOVOSTNÍ SLUŽBA*. [PFD] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY, Úřad pro civilní letectví . 25345/99-220.
- [20] Nařízení komise (EU) č. 923/2012 o společných pravidlech létání a provozní předpisy týkající se služeb a postupů v oblasti letecké navigace.
- [21] Latest news - Establishment of radio mandatory zones (RMZ). [Online] *FMB Flugplatz Magdeburg Betriebsgesellschaft* [Citace: 21.03. 2015], Dostupné z: <http://www.edbm.de/22-1-News.html>.
- [22] *ANNEX 14 - Aerodromes, Volume I - Aerodrome Design and Operations*. [PFD] International Civil Aviation Organization, Sixth Edition, July 2013. IBSN: 978-92-9249-281-6.
- [23] VFR Manual - LKRO Roudnice. [PFD] *Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p.* 30.04. 2015. Dostupné z: [http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/ad-lkro\\_map\\_cz.pdf](http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/ad-lkro_map_cz.pdf).
- [24] *LETECKÝ PŘEDPIS L6 - PROVOZ LETADEL, ČÁST I*. [PFD] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Úřad pro civilní letectví. 35/2012-220-SP/2.
- [25] Doc 9368 *Instrument Flight Procedure Construction Manual, International civil aviation organization AN/911*