VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

METODY, TECHNICKÉ PROSTŘEDKY A PROCEDURY PLÁNOVÁNÍ A NAVIGACE LETU PO VOLNÝCH TRATÍCH V PODMÍNKÁCH RVSM

METHODS, TECHNICAL FACILITIES AND PLANNING PROCEDURES AND FLIGHT NAVIGATION OF FREE FLIGHT UNDER RVSM CONDITIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. JAN HODINKA
AUTHOR
VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. SLAVOMÍR VOSECKÝ, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav
Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Hodinka Jan, Bc.

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

obor: **Letadlová technika (2301T004)**

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

Metody, technické prostředky a procedury plánování a navigace letu po volných tratích v podmínkách RVSM

v anglickém jazyce:

Methods, Technical Facilities and Planning Procedures and Flight Navigation of Free Flight under RVSM Conditions

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor obsahu definice RNAV (volné tratě, paralelní tratě, potřeby jejich volby).
Rozbor obsahu definice RVSM (důvody zavádění; postupy). Požadavky na technické zabezpečení navigace v podmínkách RVSM.
RNAV - metody navigace po letových tratích; typy a úrovně RNAV.
Technické možnosti realizace B-RNAV a P-RNAV; současný stav v Evropě/předpoklady do budoucnosti.
RVSM - technické možnosti měření výšky letu/určení letové hladiny.
Očekávané přínosy RNAV a RVSM civilnímu letovému provozu.

Cíle diplomové práce:

Podrobně popsat cíle, obsah a smysl projektů RNAV a RVSM.
Objasnit metody jejich realizace v praxi.
Popsat požadavky na technické zázemí, potřebné k jejich zabezpečení.
Objasnit místo a význam RNAV a RVSM ve vývoji CNS a v rozvoji metod ŘLP.

Seznam odborné literatury:

Strategie rozvoje CNS (ICAO, EUROCONTROL)
KULČÁK, L. a kol.: Air Traffic Management, Žilina, 2002.
KAYTON, FRIED: Avionics Navigation Systems, John Wiley & Sons, Inc. London, 1997.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 26.11.2007

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

prof. Ing. Antonín Píštěk, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

V současné době dochází v letecké navigaci k přelomu v používání prostorové navigace v podmínkách RVSM z pohledu požadované navigační výkonnosti, tedy měnící se hodnoty dosahované navigační přesnosti určení polohy.

Tato diplomová práce se zabývá popisem projektu prostorové navigace v podmínkách RVSM. Popisuje požadavky na technické zázemí potřebné k jejich zabezpečení. Zobrazuje současný stav v Evropě a předpoklady do budoucna.

Cílem této práce je podrobně popsat obsah, význam a smysl projektu prostorové navigace v podmínkách RVSM, nastínit očekávané přínosy jejich zavádění v civilním letovém provozu a dále objasnit jejich místo a význam ve vývoji CNS.

Summary

At present happens at air navigation to break in use area navigation in conditions RVSM from look required navigation performance, so varying component reach navigation accuracy determination position.

This thesis deal with description of project Area navigation in conditions RVSM. Describes requirements on technical specification necessary to their safeguard. Displays contemporary state in Europe and expectations into future.

Main objectives of this thesis is to describe aims, area and sense of Area navigation inside of condition RVSM, outline expected benefits implementing in civil air operation and further clarify their place and signification under development of CNS.

Klíčová slova

RNAV, RVSM, prostorová navigace minima vertikálních rozestupů, význam, cíle, ECAC

Keywords

RNAV, RVSM, Area navigation, vertical separation minimum, signification, aims, ECAC

Bc. HODINKA, J. *Metody, technické prostředky a procedury plánování a navigace letu po volných tratích v podmínkách RVSM.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury, dokumentačních materiálů a ostatních zdrojů pod vedením vedoucího diplomové práce doc. Ing. Slavomíra Voseckého, CSc.

……..……..

V Brně dne 23. května 2008 Bc. Jan Hodinka

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval lidem, kteří mi pomáhali a podporovali mě po celou dobu mého studia. Jmenovitě děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Slavomíru Voseckému, CSc., za jeho ochotu a odborné připomínky. Dále patří mé poděkování také pracovníkům Leteckého ústavu FSI VUT v Brně.

Obsah

1. ÚVOD ... 9

1.1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY ... 9

1.1.2. KONCEPCE PROSTOROVÉ NAVIGACE ... 9

2. PROSTOROVÁ NAVIGACE (AREA NAVIGATION - RNAV) ... 11

2.1. KONVENČNÍ NAVIGACE – PŮVODNÍ ZPŮSOB NAVIGACE ... 11
2.2. PROSTOROVÁ NAVIGACE ... 11
2.3. RNAV SYSTÉM ... 15
2.4. ZÁKLADNÍ FUNKCE RNAV SYSTÉMU ... 17

3. BASIC RNAV (B-RNAV) ZÁKLADNÍ PROSTOROVÁ NAVIGACE ... 21

4. PRECISION RNAV (P-RNAV) PŘESNÁ PROSTOROVÁ NAVIGACE ... 25

4.1. POPIS SYSTÉMU P-RNAV ... 27
4.2. APLIKACE P-RNAV V TMA ... 28
4.2.1. PŘIBLÍŽENÍ RNAV ... 28
4.2.2. SID/STAR V TMA ... 29

5. NAVIGAČNÍ STRATEGIE PRO ECAC ... 30

6. POŽADOVANÁ NAVIGAČNÍ VÝKONNOST (RNP-REQUIRED NAVIGATION PERFORMANCE) ... 32

6.2. CHARAKTERISTIKY VZDUŠNÉHO PROSTORU ... 33

7. ICAO KONCEPCE PBN ... 34

7.2. KONCEPCE PBN (PERFORMANCE BASED NAVIGATION) ... 35
7.3. CELKOVÁ CHYBA SYSTÉMU ´TOTAL SYSTEM ERROR´ (TSE) ... 39

8. RVSM - SNÍŽENÍ MINIM VERTIKÁLNÍCH ROZESTUPŮ ... 40

8.2. HISTORIE RVSM ... 40
8.3. PŘEDSTAVENÍ RVSM ... 42
8.4. VÝZNAMNOST PROJEKTU RVSM ... 44
8.5. CHARAKTERISTIKA EVROPSKÉHO EUR/RVSM VZDUŠNÉHO PROSTORU ... 45

9. LETOVÝ PROVOZ V EUR RVSM PROSTORU ... 48

9.2. SCHVÁLENÍ PROVOZU RVSM – SCHVALOVACÍ PROCES ... 48
9.3. SLUŽBY POSKYTOVANÉ PRO STÁTNÍ LETADLA PROVOZOVANÁ JAKO NESCHVÁLENÁ PRO RVSM ... 53

10. RVSM PROCEDURY – LETOVÉ POSTUPY ... 54

10.2. POŽADAVKY NA LETOVÝ PLÁN ... 54
10.3. MINIMA VERTIKÁLNÍCH ROZESTUPŮ ... 56
10.4. PŘECHOD LETADLA DO/Z PROSTORU EUR/RVSM (PŘECHODOVÉ OBLASTI) ... 57

11. LETOVÉ VÝJIMEČNÉ POSTUPY/ MIMOŘÁDNÉ SITUACE ZA LETU ... 63

11.2. DEGRADACE PALUBNÍHO ZAŘÍZENÍ ... 63

11.3. SILNÁ TURBULENCE – NEPŘEDPOVÍDANÁ 63
11.4. SILNÁ TURBULENCE – PŘEDPOVÍDANÁ 64

12. POPIS SYSTÉMU SLEDOVÁNÍ VÝŠKY 64

13. ZÁVĚR 65

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ INFORMACÍ: 67

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 69

1. Úvod

Letecká doprava z hlediska přepravních výkonů vykazuje trvalý růst. Přesycení vzdušného prostoru a komplikovanost koordinace jsou už jen logickým důsledkem. Mezi řadu nedostatků a omezení patří například znemožnění přistání na cílové letiště bez zpoždění, optimální trajektorie se nemohou vždy použít a chybí určitý stupeň flexibility. Na počátku vzniklá situace vyžadovala reakci, a proto Rada ICAO ustanovila výbor FANS (Special Committee on Future Air Navigation System), který prováděl analýzu a řešení nevyhovujícího stavu. FANS navrhl zavedení nových systémů CNS/ATM (komunikace, navigace, sledování/ uspořádání letového provozu). Vzdušné prostory států ECAC musí být pro účely organizace letového provozu považovány za kontinuální a neomezené státními hranicemi. Hlavním cílem je optimalizovat strukturu celého vzdušného prostoru ECAC, aby byla všem uživatelům poskytnuta maximální volnost pohybu. [1] Pružné struktury tratí a vzdušného prostoru jsou plánovány a zaváděny kolektivně pro zajištění nejúčinnějšího a cenově nejvýhodnějšího řešení se zřetelem na kapacitu, produktivitu a efektivnost letu. Mezi základní kameny pro postupné zdokonalování způsobů řízení a využívání vzdušného prostoru patří kromě rozvoje prostorové navigace RNAV a pružného využívání vzdušného prostoru (FUA) také zmenšení minim vertikálních rozstupů (RVSM).

1.1. Úvod do problematiky

1.1.2. Koncepce prostorové navigace

Do roku 1998 byl systém navigace v evropském vzdušném prostoru založen na používání pevných letových cest ATS, které byly pevně spjaty s polohou pozemních navigačních zařízení VOR/DME. Jak se navigační způsobilost letadel neustále zlepšovala, začal být tento systém nevyhovující. Tento systém navigace se stával stále více neekonomický, nepružný a neefektivní z pohledu využívaní vzdušného prostoru a navigační způsobilosti letadel.

Koncem 70. let 19. století se hustota leteckého provozu v Evropských regionech zvýšila na tolik, že docházelo ke značným zpožděním a přeplnění letového prostoru. Bylo rozhodnuto, že je nutné zvýšit kapacitu ATS systému. Jednou z metod, jak dosáhnout tohoto cíle, bylo využití nové generace navigačních systémů na palubě letadla během fáze letu po trati. Tyto systémy byly schopny velmi přesné navigace mezi dvěma body, bez závislosti na rozmístění pozemních zařízení. Tato způsobilost byla známá jako prostorová navigace

(RNAV). V 80. letech se letecká elektronika rozvinula do takového rozsahu, že se potvrdilo, že RNAV by mohl tvořit základ budoucího navigačního systému.[1]

RNAV je metoda navigace, která umožňuje letadlu letět po jakékoliv požadované letové cestě uvnitř dosahu pozemních navigačních zařízení nebo jiných zdrojů navigačních dat pro palubní počítač.

V roce 1983 organizace ICAO European Air Navigation Planning Group (EANPG) založila pracovní skupinu pro rozvoj provozních kritérií prostorové navigace. Výsledkem byla průvodní příručka pro aplikaci RNAV v evropském regionu.

V roce 1990 Ministerstva dopravy členských států ECAC nařídila zavést a užívat palubní zařízení pro RNAV od r. 1998 ve vzdušných prostorech států ECAC. Následně navigační strategie výboru FANS FEATS a koncepce ECAC potvrdila, že RNAV umožňuje dosažení zvýšení kapacity a efektivnosti vzdušného prostoru. A proto Ministerstvo dopravy vydalo směrnice pro zavedení Basic RNAV (B-RNAV), které byly zavedeny v EUR na letových tratí od 23. dubna 1998. Uvedení B-RNAV se považovalo jako první vývojový krok k celoplošnému zavedení prostorové navigace, které by pokrylo všechny fáze letu založené na navigační výkonnosti s vysokým stupněm přesnosti a funkčnosti. [2]

V oblasti navigace vyvinula organizace ICAO koncepci požadované navigační výkonnosti (RNP), která definuje výkonnost požadovanou v daném vzdušném prostoru nebo pro danou fázi letu a umožní, aby se požadovaná výkonnost dosáhla libovolným navigačním vybavením. Je tedy důležité zdůraznit rozdíl mezi konceptem RNP a prostorovou navigaci RNAV. Typ RNP tedy charakterizuje vzdušný prostor požadovanou navigační přesností, která je závislá jednak na palubním vybavení letadla a na kvalitě navigační infrastruktury dané oblasti. Prostorová navigace je navigační metoda umožňující letadlu letět na jakékoli trati v dosahu navigačních zařízení v hranicích možností autonomních navigačních systémů, nebo v kombinaci obou možností. Za primární způsob k dosažení předepsané RNP se očekává užití vybavení RNAV.

2. Prostorová navigace (Area navigation - RNAV)

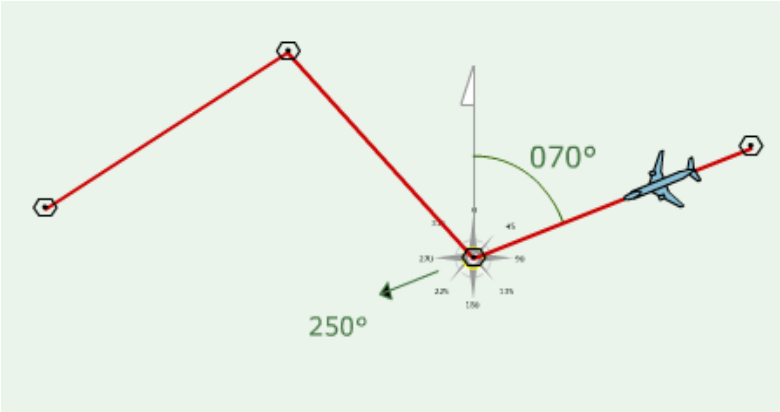
Co je to prostorová navigace?

Prostorová navigace je definována dle dokumentu ICAO Doc 9613 jako „metoda navigace, která umožňuje letadlu letět po jakékoliv požadované letové cestě v dosahu referenčních signálů od pozemních navigačních zařízení nebo v rámci možností pomocí autonomního navigačního systému nebo jejich kombinaci“. Tato metoda odstraňuje nedostatky od konvenčních tratí a procedur, kde letadlo muselo letět přes pozemní navigační zařízení. Všeobecně řečeno, RNAV systém automaticky určuje polohu letadla na požadované trase letu a poskytuje vedení k dalšímu cílovému bodu trati.

Specifikace RNAV navigace, která zahrnuje požadavky na palubní monitorovací a výstražný systém je známa jako RNP specifikace. Pokud na palubě není potřebný kontrolní a výstražný systém, navigační specifikace se označuje jako RNAV specifikace.

2.1. Konvenční navigace – původní způsob navigace

Letadla používala k navigaci data od vnějšího zdroje informací nebo využívala autonomního navigačního systému. Vnějším zdrojem informací byla pozemní radionavigační zařízení (NDB, VOR) nebo družicové navigační systémy GNSS. Běžná konveční navigace probíhala na základě letu od jednoho k druhému pozemnímu navigačnímu zařízení, jimiž byly vytyčeny letové tratě nebo pomocí tzv. fixů definované průsečíkem radiálu ze dvou NAVAIDs nebo vzdáleností a radiálem od jednoho pozemního navigačního zařízení. [3]

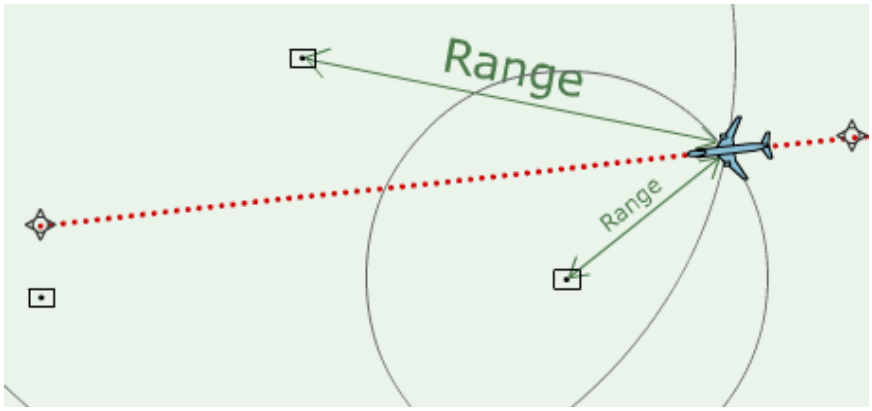


Obr. 1 Trať ATS – VOR

2.2. Prostorová navigace

V současnosti většina letadel používá k navigaci tzv. navigační počítač známý jako RNAV systém, který bývá součástí systému Optimalizace letu (FMS). Jeho úkolem je zajistit optimalizované automatické řízení letadla během celého letu. Tratě RNAV jsou definovány

traťovými body (Waypoints), které jsou určeny souřadnicemi. Pouze letadlo vybavené systémem RNAV je schopno navigace po těchto předem definovaných bodů na letové trati. Tyto tratě umožňují letět požadovanou trasu a nejsou při tom omezeny umístěním pozemních navigačních zařízení.

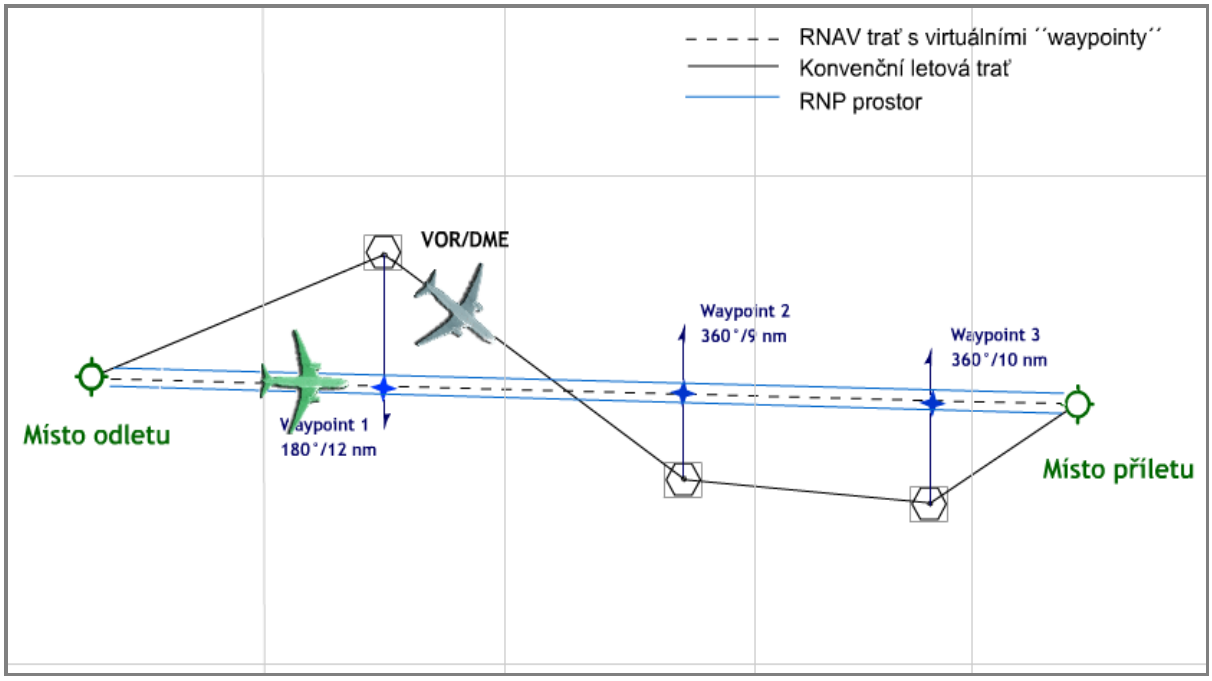


Obr. 2 Trať RNAV využívající pozemní navigační zařízení DME/DME (Range-vzdálenost)

Systém RNAV v letadle se skládá z počítačové jednotky, zdrojů navigační informace a případné databáze navigačních údajů. Úkolem zařízení je zjistit aktuální geografickou polohu (v moderních systémech FMS je v tomto systému soustředěna i informace o vertikální navigaci) v systému WGS-84. Poloha letadla je odvozena z jednoho nebo z kombinace vstupů z následujících navigačních systémů.

- VOR/DME
- DME/DME
- GNSS (GPS)
- INS nebo IRS
- LORAN C

VOR/DME je nejjednodušší systém prostorové navigace. Určuje polohu z informace o geografické poloze přijímaného radiomajáku VOR, radiálu, na kterém se nachází letoun a vzdálenosti od radiomajáku zjištěnou DME. Počítačovým vyhodnocením je možné zajistit navigační údaje pro let k danému bodu na trati (waypoint), při indikaci jako při letu na VOR maják, což umožní let po RNAV tratích. VOR/DME principielně není schopen poskytnout natolik přesnou informaci jako systém DME/DME, ale je levnější a technicky výhodnější pro menší letadla a pro let po trati postačuje. Využívá se většinou pouze jako záložní pro systém GPS nebo jako součást multi-senzorových systémů FMS.



Obr. 3 Princip funkce VOR/DME RNAV

DME/DME je systém zajišťující navigační informaci z měření vzdáleností ke dvěma předem definovaným odpovídačům DME. Tato metoda je velmi progresivní, avšak má finančně a technologicky náročný přijímač a je tudíž využívána především u větších letadel s FMS. Umožňuje navigaci s přesností srovnatelnou s GPS a spolu s ní je systémem, s jehož využitím a vývojem se počítá i v budoucnu (Tab.č.1) neboť umožňuje dosahovat stupně přesnosti P-RNAV.

GPS je systém, který je v poslední době nejvíce používán. Jedná se o systém družicové navigace, pokrývající prakticky celý svět. Principiálně pracuje na základě měření vzájemného časového posunu příjmu signálů od jednotlivých družic. Je potřeba příjem minimálně 4 satelitů (nebo tří a informace o výšce je pak nutné zajistit např. barometrickým výškoměrem). Nenáročnost tohoto systému a jeho výhodná cena i velikost umožňuje jeho využití téměř u všech systémů RNAV. Většinou je jeho výstup prováděn na vlastním grafickém displeji v režimu mapy nebo je využíván jako součást FMS. V obou případech je jeho využití pro navigaci velmi jednoduché. Nevýhodou tohoto systému je dosud ne zcela zajištěné pokrytí a záruky na jeho funkčnost za všech okolností. Z toho vyplývá nutnost zajistit vždy pro letadlo letící po RNAV tratích záložní systém na jiném principu (většinou VOR/DME). [4]

Využití INS je většinou součástí FMS pro vykrytí doby, kdy vnější signály neumožňují určení přesné polohy. Pak je tento systém schopen po určitou dobu pomocí počátečních rychlostí, sumace zrychlení a rotací v jednotlivých osách zjistit změnu polohy. Avšak přesnost tohoto systému je schopna zajistit samostatnou navigaci při letu po trati maximálně do cca 2 hodin. Tím je předurčen jako systém pro krátké regionální lety, kde může být použit jako záložní systém např. VOR/DME.

LORAN C je hyperbolický systém dalekého dosahu, přijímající signál z minimálně tří vysílačů, a to principem měření časových hyperbol posunu signálu vždy mezi dvěma vysílači. Podmínka příjmu min. 3 stanic je splněna v případě využití i stanic ruského protějšku tohoto systému, prakticky na jakémkoli místě na zeměkouli. Umožňuje dostatečné určení polohy pro lety po tratích, ale jeho další rozvoj zvláště pro využití v oblastech s dostatečnou sítí vysílačů DME a dostatečným pokrytím GPS je neperspektivní. [26]

V budoucnosti se předpokládá především u větších dopravních letadel vývoj systémů FMS, které sdružují více systémů prostorové navigace a zajišťující přesné vyhodnocení polohy a automatické mapové výstupy ze systému na MFD (Multi-Functional Display) tak, aby byla zřejmá navigace v prostoru, vůči letové trase a v kombinaci s výstupy proti srážkových systémů i pohyb ostatních letadel. U malých letadel se předpokládá využití systémů GPS, dosud povinně v kombinaci se záložními systémy VOR/DME.

Pro potřeby technických specifikací a pro potřeby definování jednotlivých typů jsou systémy RNAV rozdělovány v závislosti na přesnosti na dva druhy. První z nich je tzv. základní (Basic) zařízení označované B-RNAV. To musí splňovat požadavky nezbytné pro traťové létaní odpovídající přesnosti navigace při letu po standardní trati definované majáky typu VOR se vzdáleností do 100 NM (dle definice ICAO jde o přesnost stupně RNP 5). Jde o minimální přesnost ± 5 NM od osy tratě 95% případů. Zařízení tohoto typu lze využívat pro traťové vedení, ať již v prostorech RAN, nebo při letu po trati definované pomocí RNAV bodů. Tuto přesnost většinou zajišťuje zařízení se senzory typu VOR/DME. Další, přesnějším, je kategorie přesných (Precision) zařízení označovaná jako P-RNAV. Zde je již požadovaná přesnost vždy do ± 0,5 NM od tratě. Tuto přesnost umožňuje použití navigace DME/DME s automatickým počítačovým vyhodnocením. Tato kategorie se stává nosným navigačním zařízením, která umožňuje, kromě traťové navigace, i velmi flexibilní možnost pro potřeby navigace na příletových a odletových tratích v TMA.

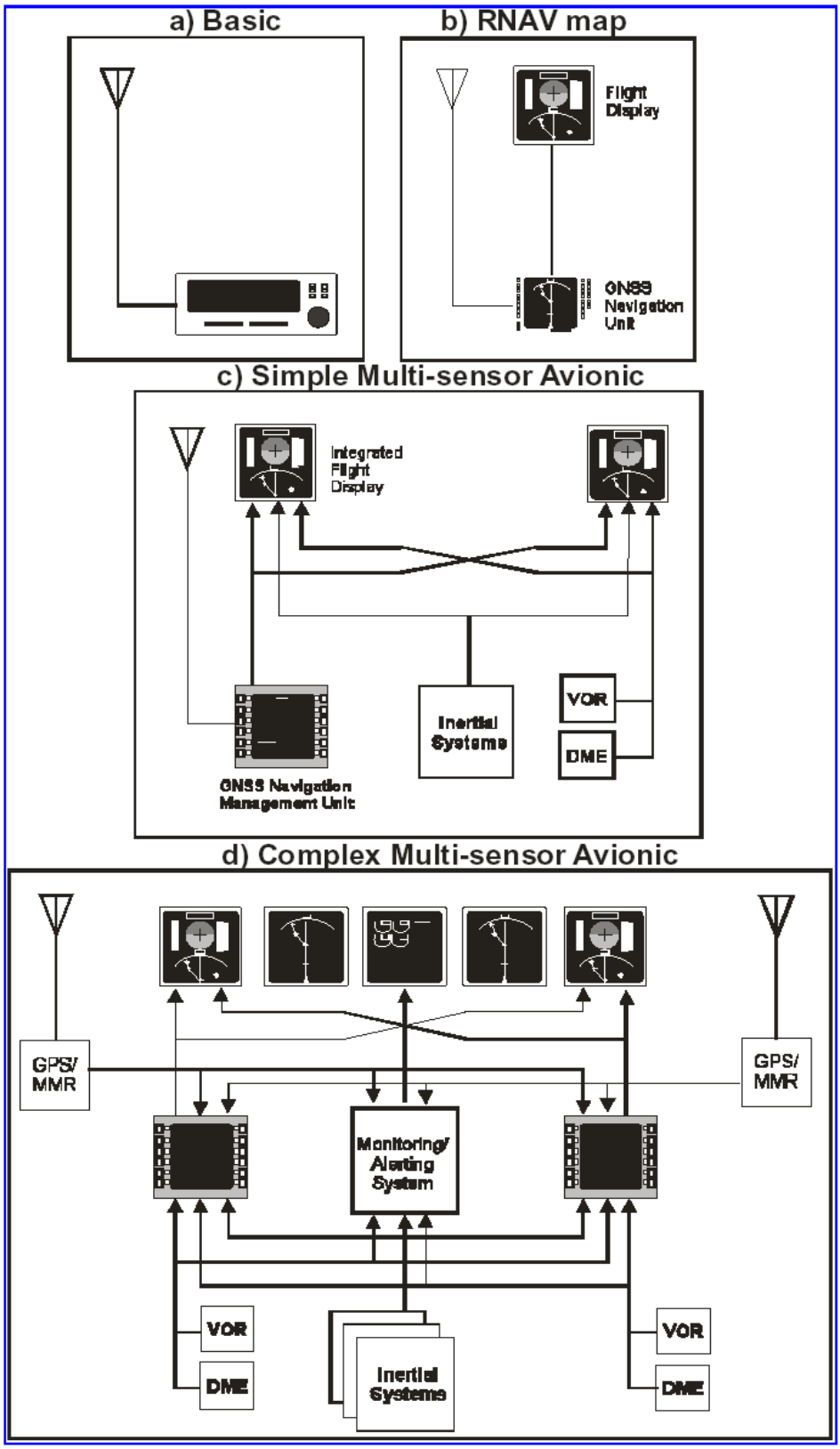
Od roku 1998 je RNAV používán jako základní navigační systém v horním vzdušném prostoru kontrolovaném institucí EUROCONTROL (s přesností stupně B-RNAV). I když i zde zatím zůstávají standardní letové cesty po radiomajácích v provozu. Jsou též v některých státech vytvářeny v nižších letových hladinách stálé a dočasné pevně definované a vyhlášené RNAV tratě. Zde jsou však stále za základní považovány standardní navigační postupy. Lety s pomocí RNAV jsou odlišné pouze využíváním RNAV definovaných bodů místo skutečných majáků. Již tento systém umožňuje při plném zavedení zvýšení propustnosti vzdušného prostoru až o 30% oproti klasickým postupům. V roce 2002 začalo postupné vytváření tzv. RAN prostorů (prostory s možností letu mimo letové cesty dle B-RNAV). Předpokládá se též postupné vybavování letadel systémy P-RNAV s možností využití pro přibližovací a odletové postupy. V roce 2005 se již předpokládalo plné využívání systémů RNAV pro lety po trati a rozsáhlé využití při letu v TMA. Také postupné omezování standardních systémů traťové navigace a s tím související vyřazování zejména některých NDB a VOR zařízení. Je nutné zde uvést, že tento systém klade v případě rozsáhlejšího zavedení vysoké nároky na systémy ŘLP

a vyžaduje jejich rozsáhlou modernizaci s možností nejen taktické, ale i strategické predikce konfliktů a též automatických návrhů řešení případných hrozících konfliktů.

2.3. RNAV systém

V současné době existuje mnoho různých typů navigačních zařízení, které vyhovují požadavkům jednoho nebo několika typů RNP. Tato zařízení mají široké spektrum možností a jsou charakterizována různým stupněm složitosti. K méně složitým zařízením patří navigační systémy VOR/DME a jednodušší výpočetní systémy RNAV, které mohou zpracovávat pouze vstupní data VOR/DME. Některé typy složitějšího zařízení RNAV, které používají vstupní data inerciálního navigačního systému (INS), OMEGA nebo LORAN-C je třeba také posuzovat z hlediska jejich použití v podmínkách speciálních provozních pravidel nebo použití doplňkových navigačních bodů, které umožňují získat požadovanou přesnost navigace. K nejsložitějším zařízením patří novější systémy RNAV a FMS, kterými je vybaven stále větší počet letadel. [4]

Protože všechny systémy nejsou stejné, jejich rozdíly ve schopnostech, vlastnostech a funkcí letadlových systémů RNAV mají za následek neurčitosti a záměny týkající se provozu RNAV na letadle. Na obr. 4 je pro ukázku zobrazeno schéma složitosti, které je značně rozdílné u letecké elektrotechniky systému RNAV.



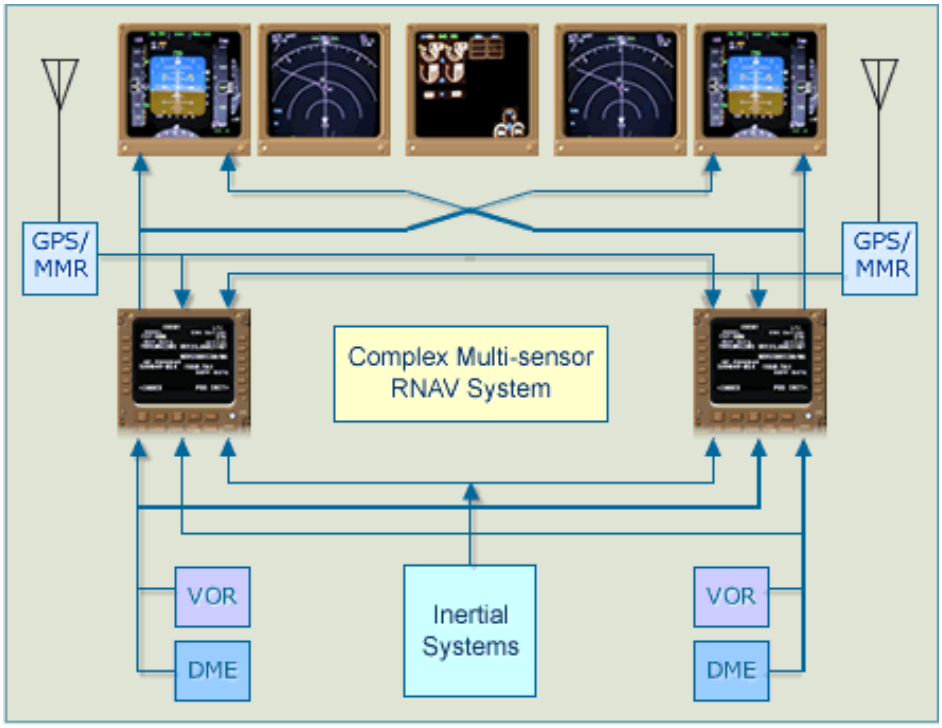
Obr.4 RNAV systém základní-komplexní

Systémy RNAV mohou být spojeny s dalšími systémy jako je například automat tahu motoru, autopilot/FD. Posádka letadla může tedy volit úroveň automatizace procesu od indikace při ručním řízení až do stupně zcela automatického řízení letu.

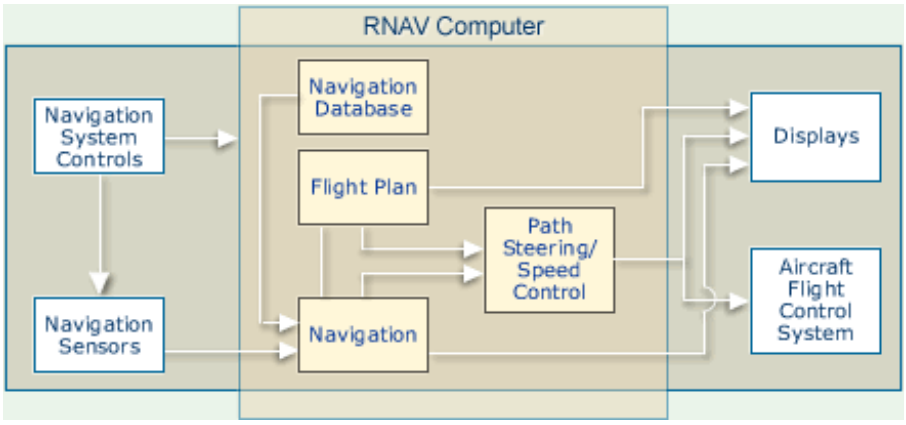
2.4. Základní funkce RNAV systému

Systémy RNAV jsou navrhnuté tak, aby poskytovaly určitou úroveň přesnosti na vymezené letové cestě. Všechny systémy RNAV nejsou stejné, nicméně se shodují v základních funkcích. Systém RNAV integruje informaci přijatou od senzorů, a to letová data, jako jsou referenční signály, data od radionavigace, satelitní navigace společně se vstupy z jeho vnitřní databáze a data zadaná posádkou. Poskytuje následující funkce:

- Navigace (Navigation)
- Správa letového plánu-odkaz na cílové body tratě (Flight Plan Management)
- Řízení a vedení (Guidance and Control)
- Zobrazení a ovládací prvky systému (Display and System Control)



Obr.5 Schéma RNAV systému –Komplexní Multi-senzorový



Obr.6 RNAV počítač – funkce systému

Systém RNAV je navržený a kvalifikovaný pro poskytnutí specifické úrovně navigační přesnosti požadované letové tratě.

Funkce ***navigace*** vypočítává data zahrnující polohu letadla, rychlost, traťový úhel a další hodnoty. Tyto informace jsou zobrazeny na navigačním displeji (ND) nebo ukazateli směrové odchylky (CDI). Mohou být také zobrazeny na primárním letovém displeji (PFD). Data z RNAV systému jsou zdrojem informací pro Autopilot.

Zatímco navigace může být založena na jediném typu navigačního senzoru, mnoho systémů jsou tzv. multi-senzorové RNAV systémy. Takové systémy využívají různé druhy navigačních senzorů zahrnujících GNSS, DME, VOR a IRS pro výpočet polohy a rychlosti letadla. Zatímco provedení se může měnit, výpočet polohy bude založen na nejvhodněji umístěných dostupných senzorů, tedy od senzoru, které poskytnou data pro nejpřesnější výpočet polohy.

RNAV systém potvrzuje platnosti jednotlivých dat od senzorů a u většiny těchto sytému potvrdí úplnost různorodých souborů dat předtím, než je použije. Data od GNSS jsou podrobeny pečlivé kontrole integritě dat a kontrolám přesnosti dat, než jsou přijaty pro výpočet polohy a rychlosti. Přijaté informace od DME a VOR jsou vystavené sériím kontrol, než jsou přijaty do FMC. U tzv. multi-senzorových RNAV systémů, pokud není dostupný GNSS pro výpočet polohy/rychlosti, pak systém automaticky vybere zařízení s nižší prioritou jako DME/DME nebo VOR/DME. Pokud nejsou dostupná data ani z těchto zařízení, systém se vrátí k INS.

Jak letadlo postupuje podél své dráhy letu, RNAV systém používající pozemní navigační zařízení podle odhadu své aktuální polohy ladí automaticky pomocí vnitřní databáze dat pozemní stanice pro získání co nejpřesnější „radiové“ polohy. Horizontální (boční) a vertikální vedení letu je pilotovi k dispozici na displeji RNAV systému.

Systém RNAV má k dispozici navigační databázi, která obsahuje předem uložené informace o pozemním navigačním zařízení, cílové body tratě (waypoint), tratě ATS, postupy

v TMA a související informace. Systém RNAV bude používat tyto informace pro plánování letů a může také provádět křížové kontroly mezi informací od senzoru a databází. [4]

RNAV databáze letadel:

Navigační databáze jsou elektronické paměti, obsahující příslušné tratě ATS, zahrnující SID/STAR, které jsou aktualizovány AIRAC cyklus (Aeronautical Information Regulation And Control).

- Provozovatel letadla nebo pilot přizpůsobují svoje individuální databáze v závislosti na svých potřebách.
- Pro B-RNAV osvědčení není požadovaná databáze.
- Letadla certifikovaná pro B-RNAV tudíž potřebují manuálně vkládat cílové body tratě (waypoint), minimálně 4 jsou uloženy a zobrazeny.
- Pro P-RNAV osvědčení tedy přesnou prostorovou navigaci je požadavek, že SID/STAR musí být automaticky zaváděny z palubní databáze. [5]

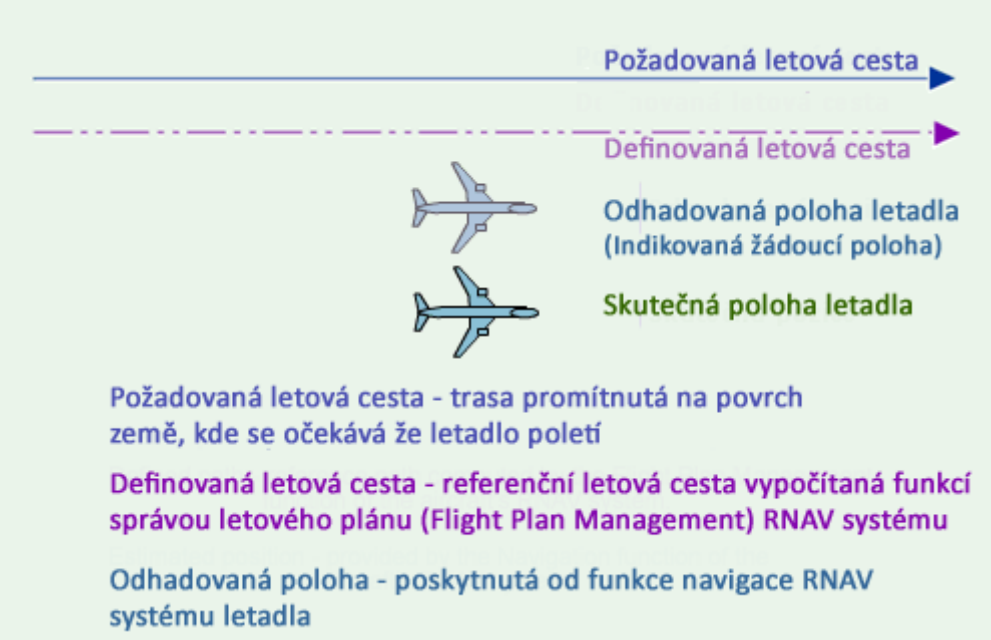
Funkce ***plánování letu*** vykonává tvorbu a shromažďování horizontálních a vertikálních profilů letu prováděné funkcí řízení. Funkce vedení plánu letu používá vnitřní databázi pro výpočet referenční trati (definovanou trať). Klíčové hledisko plánů letů je specifikace cílových bodů trati (waypoint) letového plánu za pomocí zeměpisné šířky a délky, bez ohledu na umístění pozemních navigačních zařízení.

Vyspělejší systémy RNAV zahrnují schopnost pro optimální nastavení výkonu vypočítat vertikální letové profily daného letadla a splňovat omezení předepsaná řízením letového provozu. Výkonová řídící funkce je komplex využívající data od aktuálního průtoku spotřebovaného paliva, celkového zbývajícího paliva, polohy klapek, parametry a omezení motorů, data o nadmořské výšce, vzdušné rychlosti, teploty vzduchu, vertikální rychlost a dále data z letového plánu a vstupů pilota. Systém RNAV stále poskytuje letovou informaci o poloze do cílového bodu na trati, do TMA a přiblížení na přistání. Informace zahrnuje očekávaný čas příletu a vzdálenost. [4]

Funkce ***řízení a vedení letu*** – RNAV systém umožňuje vedení/řízení v horizontální/boční rovině porovnáváním polohy letadla určené od funkce navigace, která vypočítává data zahrnující polohu letadla s definovanou letovou trasou generovanou příkazem řízení. Kvůli několika faktorům jako jsou:

- definovaná letová trať nemusí přesně odpovídat požadované trati,
- aktuální poloha letadla se nemusí shodovat se svojí odhadovanou polohou,

musí požadovaná navigační přesnost letadla brát v úvahu všechny možné chyby. Tato chyba se označuje jako celková chyba systému (TSE-Total system Error). [4]



Obr.7 Celková chyba RNAV systému

Zobrazení a ovládací prvky systému poskytují prostředky pro nastavení počátečních hodnot systému, plánování letů, odchylky letových tratí, postupné monitorování, aktivní ovládání řízení a uvedení navigačních dat pro situační uvědomění letové posádky. [6]

Termíny (Basic) ,,základní‘‘ a (Precision) ,,přesný‘‘ RNAV byly na počátku zavádění prostorové navigace vyvinuty organizací ICAO EANPG, dříve než byl vyvinut koncept RNP. V rámci horizontální přesnosti Basic RNAV odpovídá RNP 5 a Precision RNAV můžeme přirovnat k RNP 1. Nicméně funkční požadavky jsou nižší než ty, které jsou nutné pro provoz RNP.

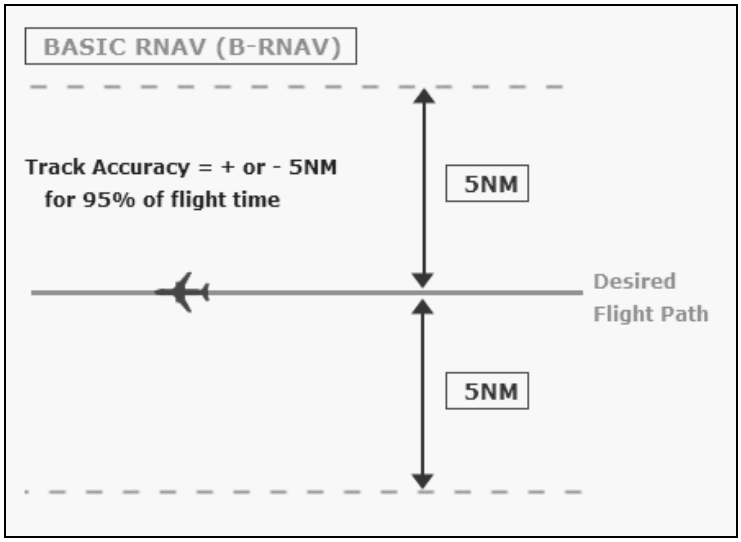
3. Basic RNAV (B-RNAV) základní prostorová navigace

B-RNAV byl uveden v evropském vzdušném prostoru podle směrnic ministrů dopravy členských států ECAC z roku 1990. Úroveň B-RNAV je v současné době požadována v celém evropském regionu. Během období 2003-2005 byl tento požadavek rozšířen do celé sítě ATS v oblasti EURO regionu pro veškerý provoz nad FL 095.

Provozovatel letadla musí pro provoz v navrženém prostoru B-RNAV získat nejprve schválení/osvědčení od příslušného státu, a proto musí splňovat:

Přesnost

Navigační výkonnost letadla, která je schválena pro provoz B-RNAV uvnitř evropského vzdušného prostoru, vyžaduje přesnost určení polohy 5 NM v 95% případů měření okamžité polohy. Tato hodnota zahrnuje signální zdrojovou chybu, chybu palubního přijímače, chybu systému zobrazení a letovou odchylku.



Obr.8 Přesnost P-RNAV

Dostupnost a integrita

Minimální úroveň integrity a dostupnosti požadovaná pro B-RNAV může být v evropském vzdušném systému dosažena jednotným systémem, zahrnující jeden nebo více snímačů, RNAV počítač, ovládací a navigační displej (CDU, ND, HSI, CDI). Systém je sledován posádkou letadla a v případě poruchy systému si ´´letadlo´´ udrží schopnost navigace přes pozemní navigační zařízení (např. VOR, DME, NDB)

Požadované funkce

Pro provoz ´´základní´´ prostorové navigace jsou požadovány minimálně následující funkce systému:

- nepřetržitá indikace polohy letadla vzhledem k letové trati zobrazená na navigačním displeji umístěném v zorném poli pilota,
- zobrazení vzdálenosti a směru k aktivnímu bodu na trati (Waypoint),
- zobrazení traťové rychlosti nebo času k aktivnímu bodu na trati (Waypoint),
- uložení minimálně 4 bodů (Waypoint), a
- vhodná indikace poruchy RNAV systému, včetně snímačů.

Doporučené funkce

Navíc k předcházejícím funkcí systému jsou doporučené:

- autopilot nebo FD,
- aktuální poloha v rámci zeměpisné šířky a délky,
- funkce ´´Direct to´´,
- indikace navigační přesnosti (např. činitel jakosti),
- automatická volba kanálu radionavigačních zařízení,
- navigační databáze,
- automatický přechod na další úsek letu před očekávaným bodem zatočení.

Je doporučeno, že B-RNAV systémy by měly poskytnout ´´chycení´, jinými slovy přechod letadla k další části traťového úseku takovým způsobem, aby se minimalizoval přesah tj. délka přeletu. Očekávané zatočení k dalšímu ´´waypointu´´ by nemělo nastat, dokud je letadlo vzdálené 5NM od osové čáry dalšího úseku tratě. [2]

Specifikace B-RNAV

- velmi omezená funkčnost
- letadlo nemusí být vybaveno databází
- vkládání bodů (waypoints) ručně je náchylné k chybám

- omezené požadavky na zobrazení
- není požadavek na schopnost 'FLY-BY' (FLY-BY Waypoint: znamená, že navigační systém předvídá otočení kurzu na další směr úseku letové tratě)
- dráhová přesnost ±5 NM (95% z letového času)
- **B-RNAV má velmi omezený potenciál pro aplikaci v koncové řízené oblasti (TMA)**

  Omezení v TMA:

  - žádné palubní databáze,
  - možné zvýšení pracovního zatížení pilota a snížení integrity dat, které je způsobeno ručním zadáváním bodů (waypoints), může mít důsledky v letové bezpečnosti,
  - bez funkce 'DIRECT TO'.
- vědomí, že chyby při ručním vkládání cílových bodů trati jsou jednou z největších příčin lidského selhání. [6]

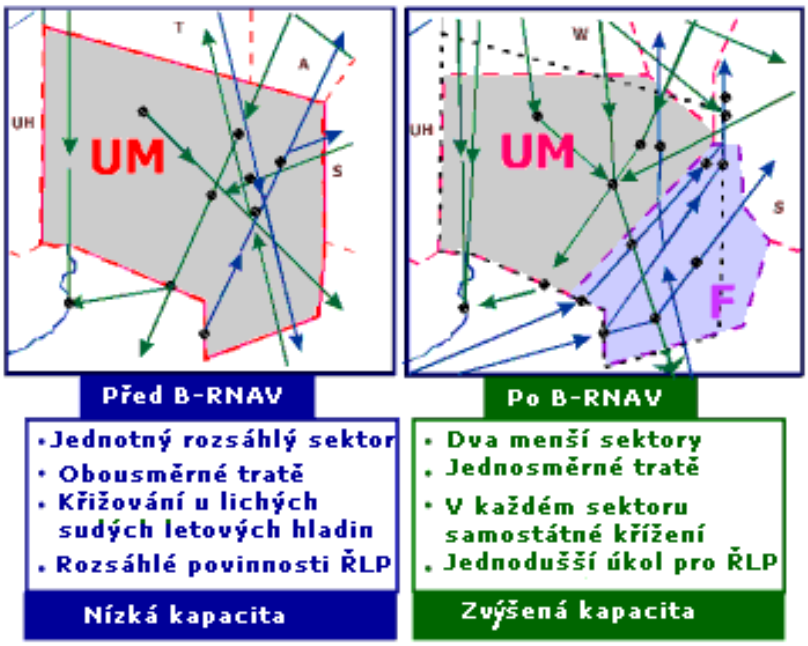
Co umožňuje provoz B-RNAV

Provoz B-RNAV ve vzdušném prostoru ECAC poskytuje řadu výhod oproti původní navigaci založené na pevných letových tratích pevně spojených s pozemními navigačními zařízeními a to při dodržení existujících bezpečnostních předpisů. Tyto výhody zahrnují:

- zlepšení řízení letového toku přemístěním průsečíků letových cest,
- účinnější využívání dostupného vzdušného prostoru prostřednictvím pružnější struktury tratí ATS a užitím koncepce pružné využívaní vzdušného prostoru (FUA) umožňuje organizovat:
  - přímější tratě (zdvojené nebo paralelní), které vycházejí vstříc většímu letovému toku na trati;
  - tratě umožňující letadlu vyhnout se koncovým oblastem (TMA) s vysokou hustotou provozu;
  - náhradní nebo podmíněné tratě buď pro plánované, nebo neplánované situace;
  - zřízení vhodných míst pro vyčkávací prostor;
  - optimální připojení na tratě;

- zmenšení letové vzdálenosti mající za následek úsporu paliva,
- snížení počtu pozemních navigačních zařízení.

Jako jeden z hlavních cílů tohoto počátečního zavedení prostorové navigace RNAV, bylo zajistit, že plné použití bude založeno na existujících RNAV systémů na palubách letadel. Již mnoho z nich bylo po nějakou dobu vybaveno a schopno dosahovat navigační přesnosti lepší než RNP 5. Proto byly ustanoveny takové požadavky, aby mohla většina systému RNAV vyhovovat. Simulace demonstrovaly, že by mohlo dojít ke zvýšení kapacity vzdušného prostoru až o 30% a to pouze za použití B-RNAV souběžně s revidovanou sítí ATS tratí a implementaci konceptu FUA.



Od 23. dubna 1998 se B-RNAV stal povinný jako prvořadý prostředek navigace ve všech tratích vzdušného prostoru ECAC. VOR/DME zůstává dostupný pro rezervní navigaci a pro použití na některých tuzemských tratích ATS v nižším vzdušném prostoru.

B-RNAV platí pro všechny lety podle přístrojů (IFR) provozované jako všeobecné letectví (GAT) podle procedur dle ICAO. V některých případech byla B-RNAV zrealizována také na některých SID a STAR za předpokladu, že:

a) část tratě B-RNAV je nad minimální sektorovou výškou MSA/minimální letovou výškou MFA/minimální radarovou výškou pro vektorování byla vyvinuta v souladu s ustanovením kritérii PANS-OPS pro provoz po trati,

b) počáteční část fáze postupů pro odlet je non-RNAV až do tradičního fixu za, kterým je v souladu s danými kriterii poskytnuta B-RNAV. [7]

Národní úřady mohou určit domácí tratě v nižším vzdušném prostoru, ve kterých mohou být provozovány letadla, které nejsou způsobilé pro provoz B-RNAV. Každý stát by měl publikovat příslušné povinné požadavky na letadla. Státní letadla (tak jak jsou popsaná v Chicagské úmluvě) jsou vyňata z požadavků na B-RNAV. Národní úřady jsou požadovány, aby publikovaly pokrytí jejich navigačních zařízení, ohlašovaly stav těchto zařízení a zabezpečily sladění všech zařízení a cílových bodů tratě (waypoints) s geodetickým systémem WGS-84. Výrobci, provozovatelé a správci databází jsou odpovědní za zajištění, že RNAV systémy fungují v souladu se systémem WGS-84. Zvláštní postupy pro provoz B-RNAV jsou obsaženy v ICAO dokumentu L 7030.

Po zavedení B-RNAV podstoupila síť letových cest sérii modifikací pro racionalizaci toku letecké dopravy a snížení dopravní přeplněnosti. Tyto změny na letových tratích mají za následek doprovodné změny na tratích z, a do koncových řízených oblastí. V tomto důsledku vzrostl tlak na použití RNAV v dalších fázích letu. B-RNAV je pro mnoho aspektů nevhodný pro odlety, přílety a přiblížení a proto JAA společně s EUROCONTROLEM a členskými státy ECAC pracovali na vývoji dalších standardů, které umožňují použití prostorové navigace na odletech, příletech a přiblížení. [7]

4. Precision RNAV (P-RNAV) přesná prostorová navigace

Jako další součást vývoje prostorové navigace v evropském regionu byla P-RNAV, která byla vyvinuta pro realizaci RNAV v prostoru TMA, a která přinesla optimalizaci a zvýšení provozní kapacity spolu s výhodami vyplývající z cestovní flexibility.

Přesná prostorová navigace (P-RNAV) vyžaduje schopnost letadla ke směrové stabilitě s přesností ±1NM nejméně v 95% z letového času, společně s významně zvýšenou funkčností na palubě letadla. P-RNAV může být dosažena používáním vstupních dat z GPS nebo DME/DME (IRS může být přijatelný jako rezervní režim pro několik minut). Užívaní P-RNAV je výslovně navrženo pro použití pro SID, STAR a pro počáteční přiblížení na přistání. Postupy jsou navrženy v souladu s danými kritérii ICAO PANS-OPS pro RNAV používající DME/DME nebo základní GNSS (GPS). P-RNAV nesmí být užíváno pro konečné přiblížení na přistání. Pro systém RNAV, schválený pro konečné přiblížení je požadována větší přesnost směrové stability a další zlepšení funkčnosti systému letadel. Tyto kritéria jsou v současné době ve vývoji pod JAA.

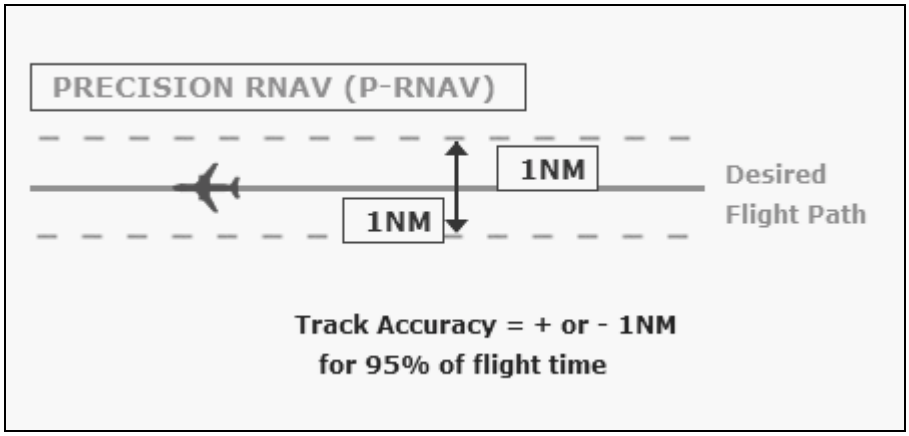
Navíc P-RNAV může být uvedený na části letové tratě, kde to může být výhodou, například na tratích v blízkém prostoru. Rozšíření, z aktuální prostorové navigace 2D do 3D s vedením profilu letu a nakonec 4D s trajektorií preferovanou uživatelem, bude záviset na pokroku dosaženým v jiných částech Evropského ATM Programu (EATMP). Aplikace 3D v koncových řízených oblastech TMA vyžadují komplexní podpůrné nástroje ATM, společně s ATC a letovými palubními postupy. 4D vyžaduje aktualizaci nejnovějších systémů RNAV společně s implementací vzdušných a pozemních datových spojů.

Co je to P-RNAV

P-RNAV je schválení pro letadlo a provozovatele provádět RNAV procedury v koncové řízené oblasti (TMA) ECAC. Postupy v TMA, které vyžadují P-RNAV schválení, jsou navrženy dle:

Přesnost

Navigační výkonnost letadla, schváleného pro provoz B-RNAV uvnitř evropského vzdušného prostoru, vyžaduje přesnost určení polohy rovné nebo lepší než ± 1.85km (± 1NM) v 95% případů měření okamžité polohy.



Obr.9 Přesnost B-RNAV

Co P-RNAV nabízí?

Ve srovnání s aktuální situací, nejdůležitější aspekt, který P-RNAV nabízí, je shoda v návrhu a provedení RNAV procedur. P-RNAV umožňuje využití prostorové navigace ve všech fázích letu, kromě konečného přiblížení a nezdařeného přiblížení. Tratě v TMA umožňují lepší splnění požadavků letišť, ŘLP a pilotů. Znamená to kratší, přímější tratě s jednoduchým napojením na strukturu letových tratí. Nicméně tam, kde hrají významnou roli otázky životního prostředí, mohou být tratě navrženy tak, aby se vyhnuly hustě obydleným prostorům. Správným návrhem mohou být také vhodně odděleny příletové a odletové letové toky a tím se sníží potřeba pro radarové vektorování a pracovní zatížení pro pilota a ŘLP. Osvědčení a kritéria pro provozní schválení byla vyvinuta se záměrem způsobení minimálních cenových nákladů do existujících letadlových flotil. Mnoho systémů, dnes užívaných, jsou schopny udržovat dráhu letu s přesností lepší než ± 1NM. [2]

Další výhody P-RNAV

Existující aplikace RNAV v koncových řízených oblastech ve státech ECAC jsou charakterizovány určitými požadavky daného státu. Tyto různorodé aplikace byly schváleny národními úřady příslušných států, odlišnosti v požadavcích na provozní schválení a národní procedury ATC má určité bezpečnostní důsledky z perspektivy ECAC.

4.1. Popis systému P-RNAV

Vybavení P-RNAV umožňuje letadlu navigaci po trati definované ´´waypointy´´, uložené v palubní navigační databázi s požadavky systému P-RNAV na přesnost. Schopnost vertikální navigace není součástí kritérií pro systém P-RNAV.

Provoz P-RNAV je založen na užití zařízení P-RNAV, které automaticky určuje polohu letadla v horizontální rovině při užití následujících zdrojů navigačních dat:

- zařízení pro měření šikmé vzdáleností DME (Distance Measuring Equipment), dávající automaticky aktualizovanou hodnotu měření ze dvou nebo více pozemních zařízení,
- VKV radiomaják (VHF Omni-directional Radio range - VOR / DME),
- Globální navigační systémy - Global Navigation Satellite System (GNSS),
- Inertial Navigation System (INS), nebo Inertial Reference System (IRS).

Specifikace P-RNAV

- Zcela vhodný pro aplikaci prostorové navigace v koncových řízených oblastech (TMA);
- P-RNAV není povinný, protože všechna letadla jim nejsou vybavena;
- zlepšená integrita a přesnost výkonu; významně zlepšená funkčnost;
- rozsáhlá databáze pro provoz v příslušných TMA, SID/STAR jsou automaticky nahrány z databáze (integrita dat je kontrolována);
- systém P-RNAV je schopný interpretovat kódované SID/STAR;
- požadavky na komplexní zobrazení situace pro pilota;
- zobrazení minimálně 10 bodů (waypoint);
- dráhová přesnost ±1 NM (95% z letového času);

- požadovaná funkce 'DIRECT TO' (nasměrovat);
- požadovaná schopnost 'FLY-BY' a 'FLY-OVER' („míjet" a přeletět cílový bod trati);
- není požadovaný paralelní posun, ačkoliv většina letadel již má tuto způsobilost;
- Pilot vybere podle označení vhodný SID/STAR a všechny cílové body tratě (waypoint) jsou automaticky nahrány z databáze a zobrazeny na navigačním displeji v grafické podobě;
- Možnost chyby je značně snížena a vytváření nových cílových bodů trati pilotem v TMA ručním vkládáním není dovoleno;
- Pro P-RNAV je požadován určitý výcvik pro posádky, provozní postupy a kvalita navigačních dat; [2]

4.2. Aplikace P-RNAV v TMA

4.2.1. Přiblížení RNAV

Provozní požadavky na RNAV při přiblížení s vertikálním vedením jsou:

- Zvýšit bezpečnost prostřednictvím RNAV přiblížením, tedy nahrazení původních nepřesných přiblížení (NDB/VOR/LLZ). Toto bude dosaženo zajištěním zvýšené přesnosti a integrity polohových dat, přičemž se zvýší povědomí o poloze. Zajištění vertikálního vedení a nepřetržité vzdálenosti k prahu dráhy rovněž umožní standardizaci provozních postupů při přiblížení. Tímto bude významně sníženo nebezpečí u řízených letů v terénu.
- Zvýšit kapacitu a lepší využívání vzdušného prostoru za podmínek špatné viditelnosti na letištích, která nejsou vhodně vybavena systémy pro přesné přiblížení a přistání.
- Použít schopnost RNAV pro zajištění přiblížení po letové trase, která se vyhne např. hustě osídleným oblastem pro snížení hladiny hluku, vertikálním překážkám na prodloužené ose a tím zvýšit provozní účinnost a snížení dopadu na životní prostředí prostřednictvím postupu RNAV v TMA.

Předpokládaná navigační infrastruktura je založená na GNSS, za dostupnosti EGNOS umožňující vertikální letovou cestu. Uvedení systému EGNOS (SBAS) do plného provozního využívání se předpokládalo v roce 2007. Využívání systému EGNOS pro traťovou navigaci a popřípadě pro přiblížení s výškovým vedením (APV) lze očekávat nejdříve po roce 2008. Systém EGNOS je budován jako regionální evropský komponent GNSS, který jako první družicový systém zajistí požadovaný stupeň integrity, přesnosti a pokrytí v prostoru EUR. [5]

4.2.2. SID/STAR v TMA

- v TMA mohou být použity rozdílné SID/STAR,

  Tradiční:

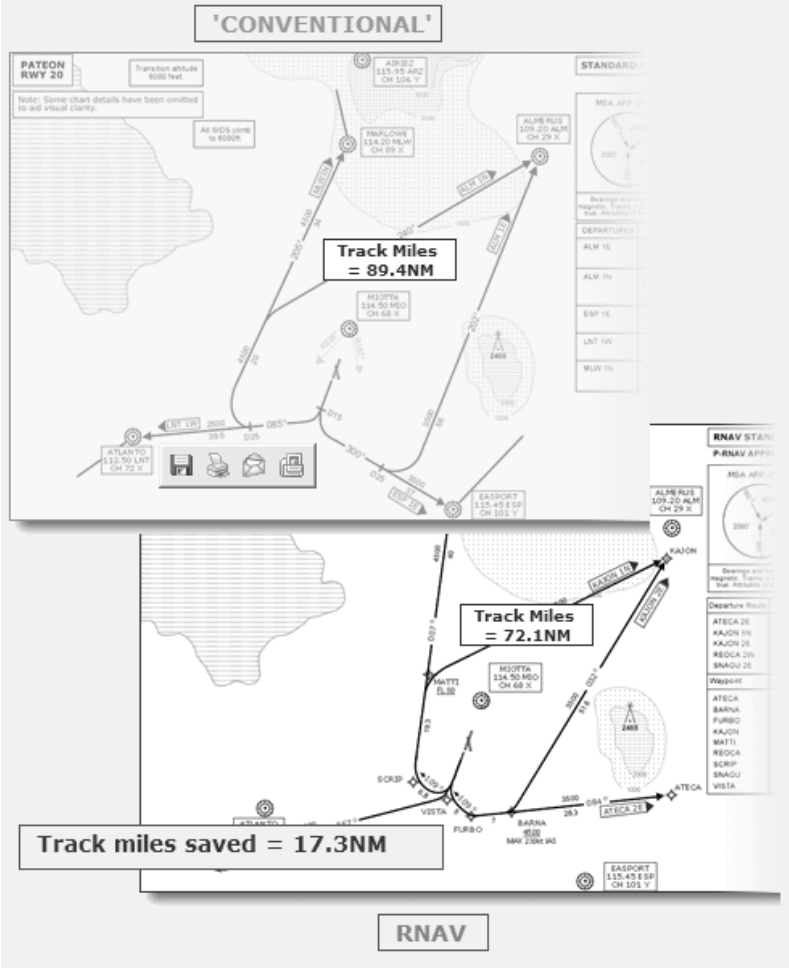
  - vhodné pro všechny letadla vybavené pro let za IFR (Instrument Flight Rules), protože jsou založeny na VOR (VHF Omni-directional Radio Ranges) a dalších tradičních pozemních navigačních zařízení,

  - některé letadla létají podle tradičních SID/STAR a požívají systém RNAV.

  RNAV:

  - mohou létat pouze letadla a posádky oprávněné pro P-RNAV.

- V některých státech je v TMA dovoleno používat B-RNAV. V takových SID/STAR musí použít tradiční navigaci pod minimální letovou výškou. [5]



Obr.9 Rozdíl SID/STAR - redukce let.tratě

5. Navigační strategie pro ECAC

Koncepce vychází z dokumentu EUROCOTROL "ECAC Navigation Strategy and Implementation Plan". Rozvoj navigace v ČR je založen na využívání prostorové (RNAV) navigace a zejména satelitní (GNSS) navigace. Rozvoj letecké navigace ČR je rozdělen na období do 2010, od 2010 do 2015 a na období od 2015 do 2020.

Pro období do roku 2010 je program rozvoje navigačního prostředí přímo závislý na tempu dalšího rozvoje satelitní navigace (GNSS). Využití satelitní navigace se předpokládá pro základní prostorovou navigaci B-RNAV na tratích, pro přesnou prostorovou navigaci P-RNAV na SID/STAR v TMA a pro navigaci na konečném přiblížení.

Do doby zahájení plnohodnotného využívání GNSS bude v ČR pro podporu B-RNAV a P-RNAV využíváno pokrytí signálem zařízení DME. Po zahájení plnohodnotného využívání GNSS, bude DME infrastruktura i nadále sloužit jako podpůrné prostředí pro RNAV a jako záloha k satelitní navigaci. Traťová zařízení NDB, jejichž životnost v uvedeném období skončí, již nebudou obnovována. (Tab. č. 1)

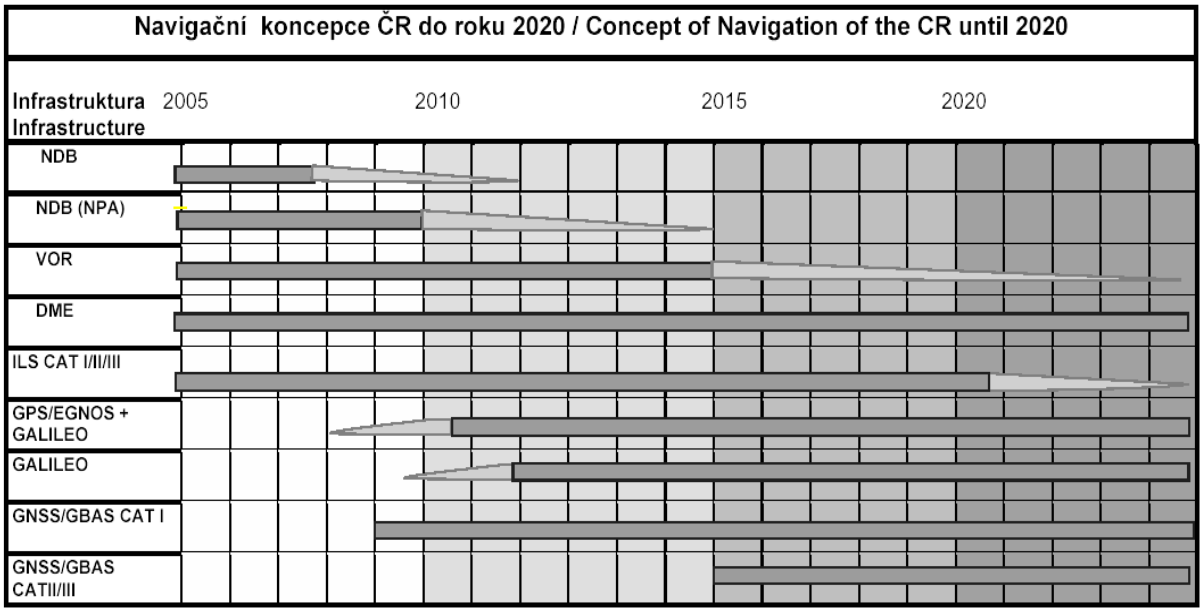
Základní ***traťovou navigací*** je prostorová navigace B-RNAV s využitím infrastruktury VOR, DME a GNSS. V případě nedostačujícího pokrytí signálem dojde k další instalaci zařízení DME. Infrastruktura DME bude využívána pro plné pokrytí ČR pro účely B-RNAV a na SID/STAR tratích pro P-RNAV. Ke konci období, v souladu s provozním využíváním systému EGNOS, je možné očekávat využití GNSS pro P-RNAV na tratích mimo TMA.

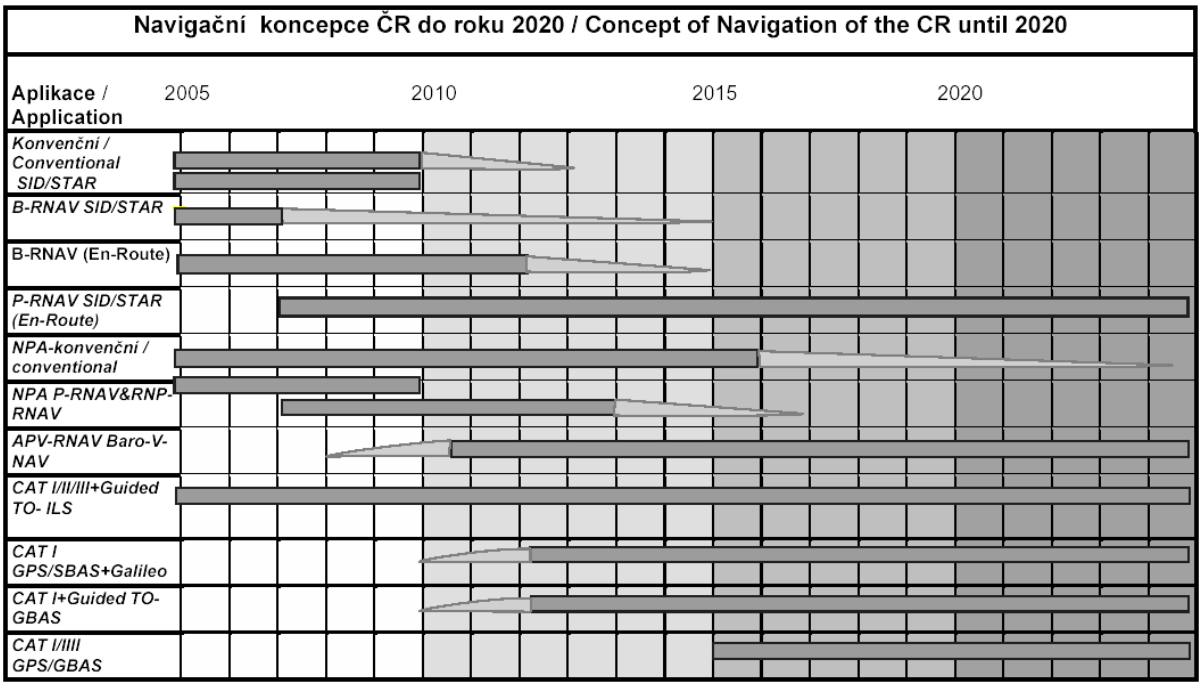
V ***navigaci pro přílet a odlet*** budou v období do roku 2010 zavedeny P-RNAV tratě (SID/STAR) v TMA letišť Praha/ Ruzyně, Brno/ Tuřany a Ostrava/ Mošnov s využitím systémů DME/DME a GNSS. Odlety a přílety z/do TMA budou prováděny po P-RNAV SID a STAR. Na ostatních letištích budou dále využívány konvenční tratě nebo B-RNAV nad MSA.

U ***navigace na konečném přiblížení*** je primárním druhem přiblížení podle přístrojů na letištích Praha/ Ruzyně, Brno/ Tuřany, Ostrava/ Mošnov a Karlovy Vary zůstane přesné přiblížení ILS. Ke konci období lze očekávat redukci markerů, které jsou součástí systému ILS tam, kde je nainstalováno DME. Nepřesná přístrojová přiblížení na ostatních letištích založená na využívání NDB a VOR zůstanou do roku 2010 zachována. Ke konci období bude možné očekávat využití systému GPS/EGNOS pro přiblížení podle přístrojů s výškovým vedením. Současně s konvenčními postupy pro nepřesné přístrojové přiblížení (non-precision) je možné očekávat publikování postupů založených na APV (RNAV nebo Baro-VNAV), popřípadě RNP RNAV.

Rozvoj navigačního prostředí v ČR ve výše uvedeném smyslu je podmíněn schválením uvedených satelitních systémů pro letectví (po splnění požadavků na spolehlivost, přesnost, integritu a dostupnost) a následným vydáním příslušných provozních a technických předpisů. S ohledem na dynamický vývoj uvedených systémů je nutno počítat s možnými změnami

požadavků na konfiguraci palubního navigačního vybavení. Proto v období, kdy bude prokazatelně GNSS spolehlivým systémem navigace, se předpokládá diferencované ukončení provozu jednotlivých pozemních radionavigačních zařízení s ohledem na jejich životnost. [10]





Tabulka. č.1- Navigační koncepce pro ČR

6. Požadovaná navigační výkonnost (RNP-Required navigation performance)

ICAO (RGCSP) vyvinula koncept RNP, který stanovuje charakteristiky navigace v rámci dané části prostoru, a proto ovlivňuje jak vzdušný prostor, tak i letadlo. RNP jsou předurčeny charakterizovat vzdušný prostor pomocí ukazatele přesnosti dodržování navigačních charakteristik (typ RNP), které je nutno zajišťovat v rámci tohoto vzdušného prostoru. Typ RNP je založen na dodržování přesnosti navigačních charakteristik, které, jak se předpokládá, budou zajištěny nejméně v průběhu 95 % času všemi typy letadel, které letí v daném prostoru. Zavedení koncepce RNP svědčí o tom, že současné palubní navigační systémy jsou schopny zajistit plánovanou úroveň přesnosti dodržování navigačních charakteristik, a že na základě těchto navigačních systémů se může efektivněji využívat daný vzdušný prostor.

Použití metod RNAV v rámci koncepce RNP dovoluje realizovat let v libovolném vzdušném prostoru v rámci předepsaných požadavků na přesnost polohy. Přitom je zrušena nutnost letu bezprostředně nad pozemními navigačními prostředky. Zkušenosti s použitím metod RNAV v různých částech světa dokazují řadu jejich předností nad obyčejnými způsoby navigace. [8]

Jedná se o možnosti:

a) zavedení přímějších tratí, které dovolují zkrátit proletěnou vzdálenost,

b) zavedení blízko položených nebo paralelních tratí pro zajištění intenzivnějšího toku letového provozu při letu po trati,

c) zavedení oblétávajících tratí pro letadla, která by měly prolétávat nad prostory s vysokou intensitou pohybů,

d) zavedení alternativních nebo rezervních tratí na plánovaném nebo speciálním základě,

e) zajištění optimálních poloh letů v prostoru vyčkávání,

f) snížení počtu pozemních navigačních prostředků.

Existuje také možnost použití RNP pro stanovení optimálních tratí příletu/vzletu a způsobu přiblížení na přistání. Všechny tyto přednosti znamenají reálné výhody pro státy, orgány ATS a provozovatele.

RNP představuje základní parametr spojený se stanovením bezpečných norem rozstupů. Riziko střetnutí závisí na navigačních charakteristikách, kritickém čase pro letadlo a vlastností systémů zasahovat do řízení při odvrácení střetnutí nebo dodržení požadované úrovně navigačních charakteristik. V důsledku zvýšení intensivnosti letů se může posuzovat otázka změny využití vzdušného prostoru (např. minima rozstupů, konfigurace tratí), při zachování přípustné úrovně růstu.

Koncepce RNP je založena na očekávané přesnosti dodržování navigačních charakteristik všemi typy letadel, které využívají daný vzdušný prostor. To znamená, že jednotlivá letadla, výrobci a provozovatelé letadel musí zajistit navigační charakteristiky v horizontální rovině, nezbytné pro splnění každého letu v prostoru s konkrétním typem RNP. Koncepce RNP také může vyžadovat existenci různých funkčních možností na letadlech v prostorech s různými typy RNP. Např. v prostoru s vysokou přesností RNP se mohou předpokládat funkční požadavky na lety po blízkých paralelních tratích a současně v prostoru s méně přesnými RNP se může požadovat pouze navigace podle kontrolních bodů.

6.2. Charakteristiky vzdušného prostoru

Pevné tratě RNP

Pevné tratě RNP, to jsou publikované trvalé tratě ATS, které mohou být plánovány pro použití letadly, která jsou schválena pro provádění letů v podmínkách konkrétního typu RNP. Přitom se nevylučují omezení v době použití tratí a v hladinách letu.

Pevné tratě RNP musí začínat a končit v publikovaných bodech hlášení posádek a nepovinně jsou vybaveny pozemními prostředky. V souladu s požadavky států podél pevné tratě RNP se musí definovat traťové body.

Rezervní tratě RNP

Rezervní tratě RNP, to je publikované tratě RNP, které se mohou plánovat a navrhovat letadlům, která jsou schválena pro provádění letů v podmínkách konkrétního typu RNP v průběhu časově omezených period (hodiny, dny, sezóny). Mohou se také vytvářet pro uspokojení nenadále vzniklých dočasných potřeb.

Oblast RNP

RNP se mohou používat v některé oblasti, části vzdušného prostoru nebo libovolném vzdušném prostoru stanovených rozměrů. Zplnomocněné orgány mohou požadovat speciální schválení typu RNP pro tratě ATS v rámci dané oblasti RNP.

Protože RNP představují ukazatel přesnosti dodržení navigačních charakteristik, na stát a provozovatele jsou kladeny povinnosti zajistit nezbytné vybavení pro dosažení požadované přesnosti navigačních charakteristik.

Stát musí garantovat, že zajištění provozu (tj. spojení, navigace a sledování - CNS) v rámci posuzovaného vzdušného prostoru zajistí bezpečné rozstupy při stanovených normách rozstupů. Provozovatelé letadel (a stát registrace) musí zajistit u letadel, u kterých se předpokládají lety do prostorů s konkrétními RNP, odpovídající vybavení pro dosažení požadovaných navigačních charakteristik. Je třeba říci, že požadované RNP se může dosáhnout různými způsoby, ani stát ani provozovatel nejsou omezování ve způsobu dosažení RNP, pokud mohou předvést dosažení požadavků.

7. ICAO koncepce PBN

Co to je PBN?

Pokračující růst zaplnění letového prostoru zvyšují požadavky na kapacitu vzdušného prostoru a zdůrazňují potřebu jeho optimálního využití. Společně se zlepšením provozní efektivnosti odvozené od použití prostorové navigace, což byl výsledek ve vývoji navigačních aplikací v různých regionech a pro všechny fáze letu. Ve stanovených požadavcích pro navigační aplikace na určitých tratích nebo v určitém vzdušném prostoru, je nezbytné definovat požadavky v jasném a stručném výkladu, čím se zabezpečí to, že jak posádka letadla tak ATC si jsou vědomi o způsobilosti/úrovni RNAV na palubě letadla a zajistí, že výkonnost RNAV systému odpovídá požadavkům v příslušném vzdušném prostoru tak, aby byl určitý typ RNAV systému identifikovaný a jeho výkon byl hodnocen přes kombinaci analýzy a testováním za letu.

PBN je nový koncept založený na použití prostorové navigace založené na výkonových požadavcích pří provozu letadel po letových tratí ATS, přístrojových přiblížení nebo v určeném vzdušném prostoru. Nahrazuje koncepci požadované navigační výkonnosti RNP, z tohoto důvodů je taky většina terminologie z RNP nahrazena novou terminologii PBN.

Cílem konceptu PBN, kterou vytvořila organizace ICAO, je zajistit celosvětový standard na požadavky v RNAV a RNP. Je to významné zlepšení od omezujících požadavků RNP k rozsáhlejším požadavkům výkonnosti v rámci přesnosti, integrity, spojitosti a dostupnosti společně s popisem o tom, jak tato výkonnost má být dosažena v rámci požadavků na letadlo a posádku.

PBN je jeden z několika pilířů, které tvoří nový koncept vzdušného prostoru. Mezi ostatní patří Komunikace, Sledování a ATM. PBN koncept zahrnuje tři složky: Navigační požadavky, Navaid-navigační infrastruktura, aplikace-užití navigace. [6]

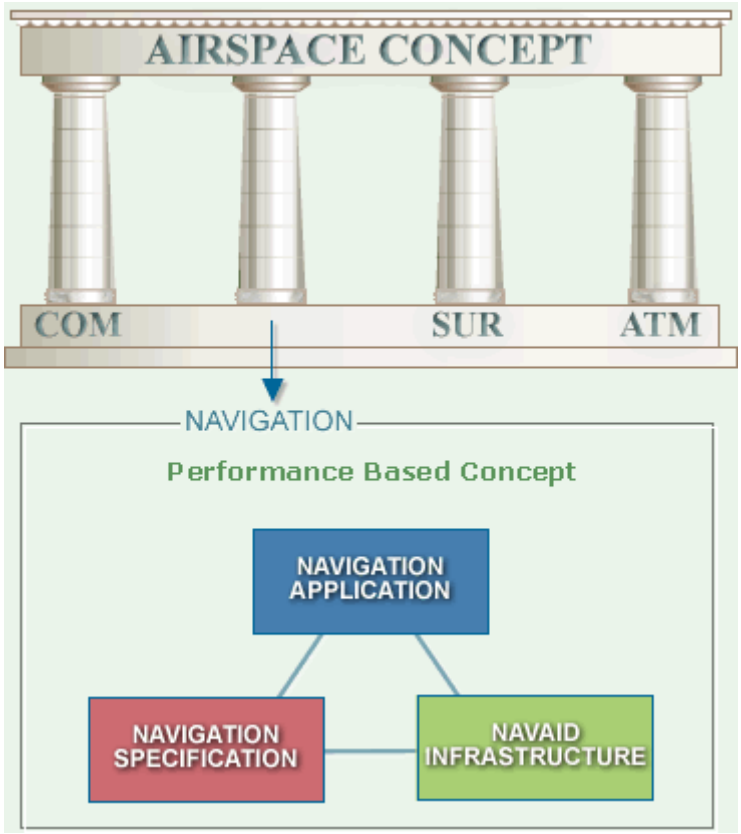
Výhody PBN:

- PBN koncept přesáhne požadovanou navigační přesnost, která byla požadována u konceptu RNP.
- PBN zahrnuje ukazatele, mezi které patří postupy letové posádky, funkčnost RNAV soustavy a navigační snímače, pomocí kterých jsou schopny dosáhnout požadovaného výkonu, což nebyl případ koncepce RNP.
- Zaměření nejen na přesnost, RNP koncept, který byl soustředěný pouze na navigační přesnost, měl za následek různorodou oblastní implementaci, nedostatečnou harmonizaci a součinnost.

- PBN vyjasní způsoby, jakými jsou systémy RNAV užívány.
- Vyhne se potřebě vyvinout snímače letových tratí a procedur.
- PBN umožní účinnější užívání vzdušného prostoru.

7.2. Koncepce PBN (Performance Based Navigation)

PBN není autonomní koncepce, ale jeden z elementů, které podporují strategické cíle koncepce Vzdušného prostoru (Airspace concept) společně s Komunikací (COM), Sledováním (SUR) a Uspořádaní letové provozu (ATM). PBN tvoří tři základní prvky:



Obr. 10 Zařazení PBN do koncepce vzdušného prostoru

- **Navigační infrastruktura** (NAVAID infrastructure) – *pozemní* (Very High Frequency Omni-Range [VOR], Distance Measuring Equipment [DME], atd.), *vesmírná* (Global Navigation Satellite System [GNSS], Global Positioning System [GPS] a GLONASS, *nebo palubní navigační zařízení* INS, IRS.
- **Navigační specifikace** (Navigation specification) – podrobnosti o požadavcích na vybavení letadla a letovou posádku nutné pro zajištění provozu PBN. Navigační specifikace-určení je buď ´RNP´ údaj nebo ´RNAV´ údaj. RNAV a RNP systémy

jsou v zásadě stejné. Údaj RNP zahrnuje požadavky na soběstačný palubní systém monitorování a výstrahy, zatímco u RNAV tomu tak není.

Navigační specifikace definuje požadovanou výkonnost RNAV systému společně s požadavky na letadlo a letovou posádku pro zajištění definované úrovně výkonnosti dle ICAO: RNAV 10, RNAV 5, RNAV 1 & RNAV 2, RNP 4, BASIC-RNP 1, RNP APCH, (ICAO Performance Based Navigation Manual).

Požadovaná výkonnost je definována následujícími pojmy:

- *Přesnost* … je pravděpodobnost toho, že chyba měření, provedených pomocí daného systému, nepřekročí stanovenou hodnotu, (NSE, TSE)
- *Integrita* ... je pravděpodobnost toho, že v systému nenastane porucha, která vyřadí systém z předpokládaného režimu činnosti,
- *Dostupnost* … je pravděpodobnost toho, že v daném prostoru budou informace systému k dispozici v celém sortimentu tzn. úplné a neporušené,
- *Nepřetržitost* … je pravděpodobnost toho, že informace systému budou k dispozici v každém okamžiku (trvale),

Požadavky na výkonnostní úroveň:

- Každé navigační určení má svoje označení např. RNAV 5, BASIC-RNP 1, RNP APCH, RNP AR APCH.
- Číslo v navigačním určení reprezentuje nejmenší boční navigační přesnost v NM, která musí být udržována nejméně v 95% letového času.
- Požadovaná postranní přesnost omezí kombinaci všech chyb, které mohly existovat v systému letadla. Tato kombinovaná chyba je známa jako celková chyba systému ´Total systém error´(TSE).
- Mělo by být poznamenáno, že přesnost je pouze jeden z výkonových požadavků pro PBN procedury.

Mezi další požadavky jak dosáhnout požadované úrovně výkonnosti patří:

- Navigační schopnosti systému RNAV (např. vyčkávací místa, navigační databáze, schopnost paralelní zálohování).
- Volba navigačních snímačů, které mohou být použity.
- Kvalifikace letové posádky.

Požadavky na monitorování a výstrahy systému:

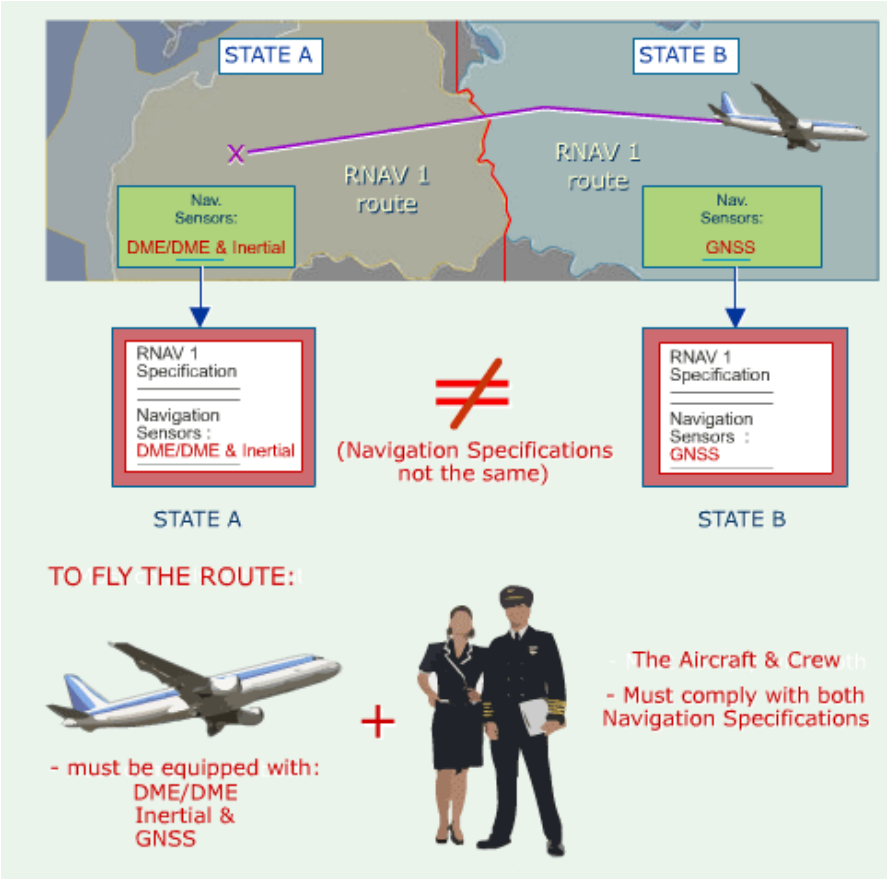
V RNP je kladen požadavek na palubní kontrolní monitorování a výstražné zařízení, zatímco v RNAV žádný takový požadavek není.

Navigační specifikace dle ICAO jsou:

- navrženy k tomu, aby uspokojily globální požadavky,
- globálně kompatibilní,
- omezeny pro zajištění globálního souladu.

Tyto navigační normy byly navrženy tak, aby snížily realizační výdaje pro letadlové systémy, které jsou již v provozu. [6]

Navigační normy/specifikace mají byt podle ICAO užívány jednotlivými státy jako základ pro certifikaci a provozní schválení. Navigační specifikace, které jsou definovány v daném regionu, můžou omezit počet požadovaných navigačních snímačů na palubě letadla dle odpovídající navigační infrastruktury. Jako takové navigační specifikace se stejným označením se mohou lišit mezi jednotlivými státy, které jsou závislé na vlastní navigační infrastruktuře.



Obr. 11 Podmínky nutné pro splnění navigační specifikace

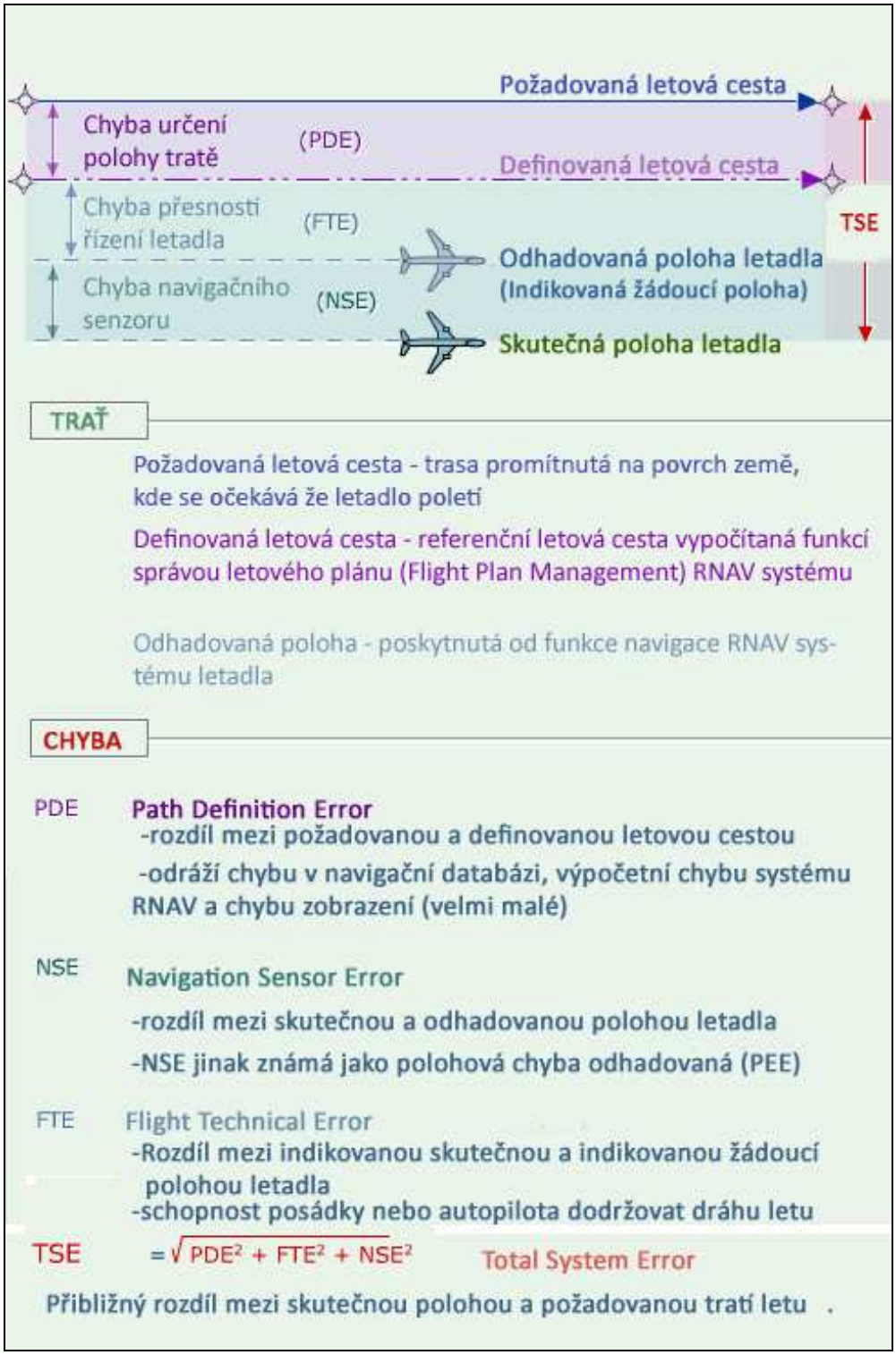
Letadlo směřující ze státu A do státu B letí po letové trati, přičemž ve státu A využívá pozemní navigační zařízení DME/DME , INS a dosahuje navigační specifikace RNAV 1 (podle rozdělení navigační přesnosti v koncepci PBN). Ve státu B využívá navigačních senzorů GNSS a dosahuje navigační specifikace také RNAV 1. Aby byla splněna požadovaná navigační specifikace musí být letová trať vybavena navigačními senzory DME/DME, INS, GNSS + letadlo a letová posádka musí vyhovět navigačním specifikacím pro oba státy.

- **Navigační aplikace/uplatnění** (Navigation application) – užití navigačních údajů od navigačních infrastruktur k určení letových tratí, procedur nebo stanovení oblasti vzdušného prostoru.

Navigační aplikace/uplatnění je použití navigačních specifikací/norem společně s NAVAID infrastrukturou na určitých letových trasách ATS, postupech a nebo v určitém vzdušném prostoru.

Kód (označení letu) navigační aplikace je souhlasný s navigačním zpřesněním/specifikací. Aplikace RNAV jsou zpřesněny RNAV specifikacemi a aplikace RNP jsou zpřesněny RNP specifikacemi. Každá stanovená omezení a požadované navigační specifikace budou podrobně popsána v AIPech. [6]

7.3. Celková chyba systému ´Total system error´ (TSE)



8. RVSM - Snížení minim vertikálních rozestupů

Úvod do problematiky

Mezi základní kameny pro postupné zdokonalování způsobů řízení a využívání vzdušného prostoru patří kromě rozvoje prostorové navigace RNAV a pružného využívání vzdušného prostoru (FUA) také zmenšení minim vertikálních rozstupů (RVSM-Reduce vertical separation minim).

Letadlo při letu po trati letí v určité letové hladině. Nejnižší letovou hladinou je převodní hladina, nad ní se nachází systém letových hladin, které jsou od sebe vzdáleny tlakovými intervaly odpovídající výškové hodnotě 1000ft (305m). Pojem 'letová hladina' (FL-flight level) znamená vždy výškový údaj při nastavení výškoměru na tlak 1013,25 hPa. Výškové rozestupy mezi letouny letícími např. v sousedních hladinách jsou konstantní. Do FL 290 jsou letadlům letícím ze západu na východ standardně přidělovány liché letové hladiny a provozu směřující z východu na západ sudé letové hladiny. [12] Nad FL 290 se zvyšují rozstupy na 2000 ft z důvodů nezpůsobilosti v přesnosti dodržování požadované letové hladiny. Takto známé letové hladiny jsou označeny jako CVSM (Conventional Vertical Separation minim) tj. tradiční vertikální rozestupy mezi letovými hladinami.

Z důvodů rostoucí hustoty provozu se i nad FL 290 začíná přecházet po splnění podmínek na snížení vertikálních rozestupů mezi letadly na 1000 ft – zavádí se RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum).

Prostor RVSM je definován jako letový prostor nebo trať, kde jsou od sebe letadla vertikálně odděleny vzdáleností (výškou) 1000ft mezi letovou hladinou FL 290 až FL 410 včetně, na místo původních 2000ft. Cílem je zvýšení traťové kapacity nasyceného letového prostoru při udržení stejné úrovně bezpečnosti. Toho může být dosaženo jen přísnými požadavky na vybavení a výcvik personálu, jak letové posádky, tak řídících letového provozu. Jako součást programu RVSM je systém sledování udržování nadmořské výšky letadla, dále je součástí pozemní měřící jednotka, která neustále přezkušuje, jestli uživatelé letového prostoru splňují kritéria a že úroveň bezpečnosti je zachována.

8.2. Historie RVSM

Koncem 50. let bylo známo, že následkem snížené přesnosti tlakových snímačů barometrických výškoměrů s rostoucí nadmořskou výškou je potřeba nad určitou letovou hladinou zvýšit předepsané minima vertikálních rozestupů (VSM) z 1000ft (300m). V roce 1960 se zvýšila minima vertikálních rozestupů nad FL 290 na 2000ft (600m). V té době nebyl výběr letové hladiny tak moc empiricky založený, ale rozhodovalo spíše provozní omezení letadla. V roce 1966 byla tato změna letových hladin od FL 290 ustavena v celosvětovém měřítku.

Koncem 70. let, kvůli rostoucím nákladům na palivo a zvyšujícím se požadavkům na účinnější využívaní dostupného vzdušného prostoru, zahájila organizace ICAO komplexní

program o studiích uskutečnitelnosti snižování VSM z 2000ft (600m) nad FL 290 na VSM 1000ft (300m), které bylo aplikováno pod FL 290. Během 80. let byla pod záštitou organizace ICAO vedena řada různorodých studií v Evropě, Kanadě, Japonsku a Spojených státech. Mezi základní prvky programu bylo zahrnuto:

- zjistit úroveň dodržování přesnosti výškoměrných systémů tehdejších letadel,
- stanovit příčiny zjištěných chyb,
- zjistit požadovanou úroveň bezpečnosti pro implementaci a použití snížení minim vertikálních rozestupů (RVSM) 1000ft mezi skupinou letových hladin FL 290 – FL 410 včetně,
- definovat specifikace minimální výkonnosti letadel (MASPS) pro letecké systémy měření výšek a přidružená vybavení pro udržování výšky, které by mělo zlepšit dodržování přesnosti ke standardům slučitelnými s dohodnutými bezpečnostními požadavky pro RVSM,
- rozhodnout zdali globální implementace a použití RVSM je:
    1. technicky proveditelné, předmětem bylo v prvé řadě uspokojit dohodnuté bezpečnostní předpisy, a
    2. cenovou prospěšnost.

Výsledky těchto důkladných studií demonstrovaly, že snížení minim vertikálních rozestupů je bezpečné, finančně prospěšné a proveditelné bez založení nadměrných technických požadavků.

Studie také ukázala, že specifikace minimální navigační výkonnosti (MNPS) používaných letadel a v zásadě jednosměrný dopravní proud v Severním Atlantiku (NAT), je oblast NAT nejvhodnější kandidát pro první implementaci RVSM. Plánování RVSM v oblasti NAT bylo zahájeno v roce 1990. První stupeň fáze provozního hodnocení používaní RVSM 1000ft začalo 27. března 1997 na úrovni mezi letovými hladinami FL 330 – FL 370 včetně. Použití RVSM bylo rozšířeno ve druhém stupni v říjnu 1998 a zahrnovalo FL 310, FL 320, FL 380 a FL 390. Od počátku bylo jasné, že komplikovaná povaha struktury evropských ATS tratí, široká různorodost používaných typů letadel, vysoká hustota dopravy a vysoké procento letadel během fáze letu při stoupání a klesání, je evropský prostor mnohem více komplikovaným prostředím než oblast NAT pro realizace RVSM. Proto měly bezpečnostní předpisy vysokou prioritu v počátečních ECAC RVSM projektových úkolech, které byly vedeny pod záštitou EUROCONTROLu a Navigačního týmu (ANT). Tyto studie indikovaly, že po splnění specifikace minimální výkonnosti letadel (MASPS) měření výšek by mohlo být RVSM zavedené v evropské oblasti bez kompromisů, které by změnily požadovanou úroveň bezpečnosti. Zavedení by rovněž poskytlo kladný prospěch přes široký okruh předpokladů ve věci vývojových trendů v budoucnu uvnitř evropského prostoru. [13]

8.3. Představení RVSM

Zavedení snížení vertikálních rozestupů představuje významné zvýšení kapacity v plánu harmonizace a integrace evropského vzdušného prostoru EATCHIP (European Air Traffic Control Harmonization and Integration Programme). Uvedení RVSM umožňuje použití vertikálního rozestupu (VSM) 1000ft mezi vhodně vybavenými letadly mezi úrovní letových hladin FL 290 – 410, tím se vytváří dalších 6 nových použitelných cestovních hladin. Účel implementace RVSM je zvětšení kapacity za pomocí těchto šesti dalších letových hladin, snížení pracovního zatížení řídících letového provozu při stejné nebo zvyšující úrovni bezpečnosti a poskytnout uživatelům letového prostoru možnost volby optimálního profilu letu.

Takto nově vzniklé letové hladiny je jedním z prostředků, které umožní řídícímu letového provozu:

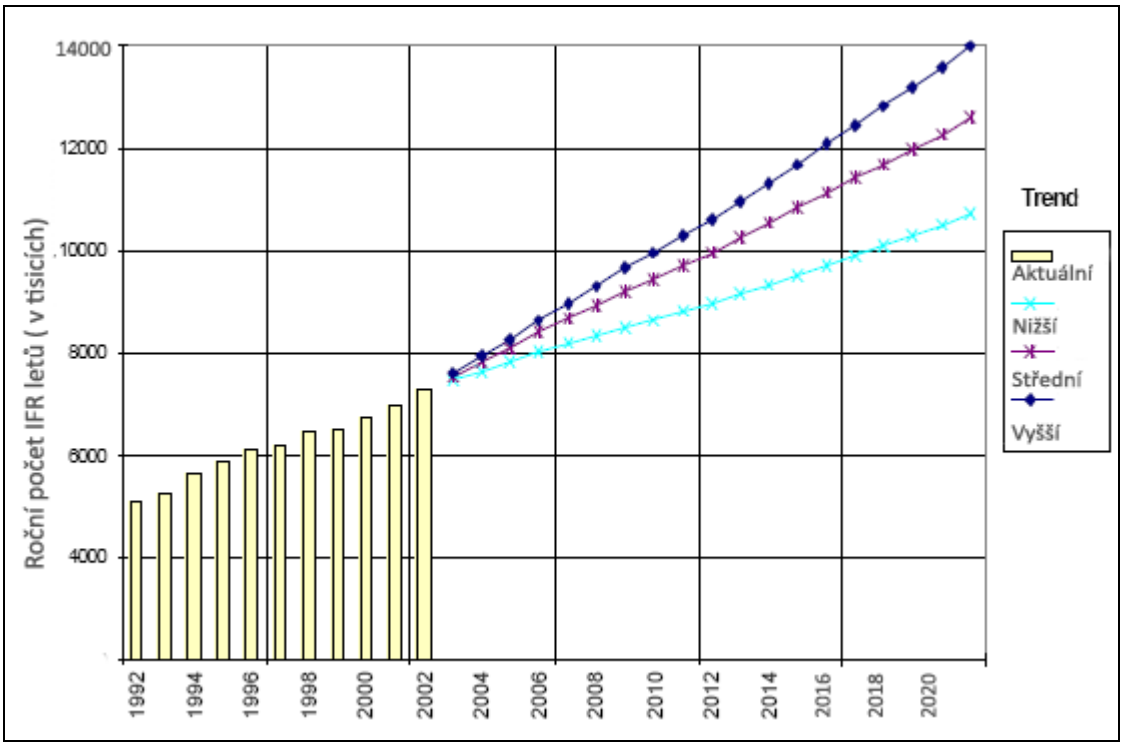
- efektivně řídit aktuální a budoucí úrovně provozu uvnitř jejich oblasti působnosti,
- efektivněji zabránit konfliktu, střetu na křižujících se bodech v evropské síti letových tratí,
- vyhovět žádostem pilotů o optimální cestovní (letovou) hladinu.

Jak již bylo zmíněno, jako základní požadavek k realizaci RVSM ve vzdušném prostoru ECAC, je požadovaná úroveň bezpečnosti, která má být ve srovnání s aktuální úrovní bezpečnosti stejná nebo vyšší. Ve studiích, které provedl Eurocontrol ve formě ´real-time´ simulací a bezpečnostní studia se potvrdila uskutečnitelnost zavedení RVSM, jak po technické, tak provozní stránce na požadované úrovni bezpečnosti. Získané zkušenosti během použití RVSM v ICAO NAT (North Atlatic) oblasti byly použity ve vývoji významných přidružených aspektů v realizaci RVSM v evropském vzdušném prostoru. Mimoto, program EATCHIP RVSM byl podniknut v blízké koordinaci s plánovací skupinou evropské letecké navigace (EANPG) European Air Navigation Planning Group. Materiál je výsledkem vývoje programu EATCHIP RVSM a je v souladu se všemi významnými ICAO standardy a doporučenými směrnicemi (SARP) a pomocnými ICAO příručky na RVSM a ATS. [14]

Obr.12 Letové hladiny EUR/RVSM

8.4. Významnost projektu RVSM

Zlepšení, která přinesl program EATCHIP za posledních 5 let přispěla k ustálení délky a četnosti výskytů ATC zpoždění navzdory každoročním zvýšením mezi 3 až 10 %. Nicméně, aktuální předpovědi ukazují, že počet pohybů ve vzdušném prostoru bude růst, a bude více než dvojnásobný do roku 2015 ve srovnání s rokem 2007. Očekávaný trend je zobrazený v obr. Vývojový trend počtů IFR letu.



Obr. 13 Vývojový trend počtů IFR letu

Předpokládá se, že významnější změny k systému ATM budou nezbytné za účelem zvládat tento pokračující dopravní růst. Realizace RVSM posuzovaná z různých pohledů se považuje za nejvíce cenově příznivý prostředek, při kterém se prostřednictvím 6 nových letových hladin sníží přeplněnost vzdušného prostoru mezi FL 290 – FL 410. [13]

Zavedení programu RVSM přináší tyto výhody:

- Volba optimálního profilu letu - dostupnost dalších letových hladin v nejrušnějších letových úrovních umožňuje provozovatelům plánovat a realizovat let v nebo blíže k optimálnímu letovému profilu jednotlivým typů letadel, což přináší snížení množství spotřebovaného paliva za let. Tato úsporná

opatření jsou odhadovaná mezi 0,5% až 1% z celkového množství spotřebovaného paliva.

- Zvýšení kapacity ATC – na základě sérií simulací, které proběhly v rámci vývoje EUROCONTROLu v EEC (Experimental centre v Bretignu, Francie) se poskytl důkaz, že RVSM snižuje pracovní zatížení službám ATS. Simulace ukázaly, že kapacita v simulovaných sektorech se zvýšila až o 20% při srovnáním s CVSM prostředím.

- Nicméně přítomnost letadel, která nejsou schválená pro provoz v RVSM prostoru (letadla Non-RVSM), tedy nesplňují požadavky RVSM MANPS, a která musí letět v CVSM ATS tratích snižují očekávané zvýšení propustnosti v letových hladinách.

8.5. Charakteristika evropského EUR/RVSM vzdušného prostoru

Evropsky prostor RVSM

RVSM se uplatňuje ve vzdušném prostoru mezi letovými hladinami FL 290 až FL 410 v jednotlivých letových informačních oblastech (FIR)/ horních letových informačních oblastech (UIRs):

Amsterdam, Ankara, Baku, Barcelona, Beograd, Berlin, Bodø, Bratislava, Brindisi, Bruxelles, Bucuresti, Budapest, Casablanca, Chisinau, France, Hannover, Hellas, Istanbul, Kaliningrad, Kharkiv, København, Kyiv, Lisboa, Ljubljana, London, L'viv, Madrid, Malta, Milano, Minsk, Nicosia, Odesa, Oslo, Praha, Rhein, Riga, Roma, Rostov, Rovaniemi, Sarajevo, Scottish, Shannon, Simferopol, Skopje, Sofia, Stavanger, Sweden, Switzerland, Tallinn, Tampere, Tbilisi, Tirana, Trondheim, Tunis, Varna, Vilnius, Warszawa, Wien, Yerevan, Zagreb.

RVSM může být také použito buď ve všech, nebo některých vzdušných prostorech mezi FL 290 – FL 410 zahrnující následující FIR/UIR:

Canaries (AFI Region), Casablanca, Lvov, Odesa, Simferopol, Tunis.

Všechny tyto vzdušné oblasti představují ´´ EUR RVSM vzdušný prostor´´.

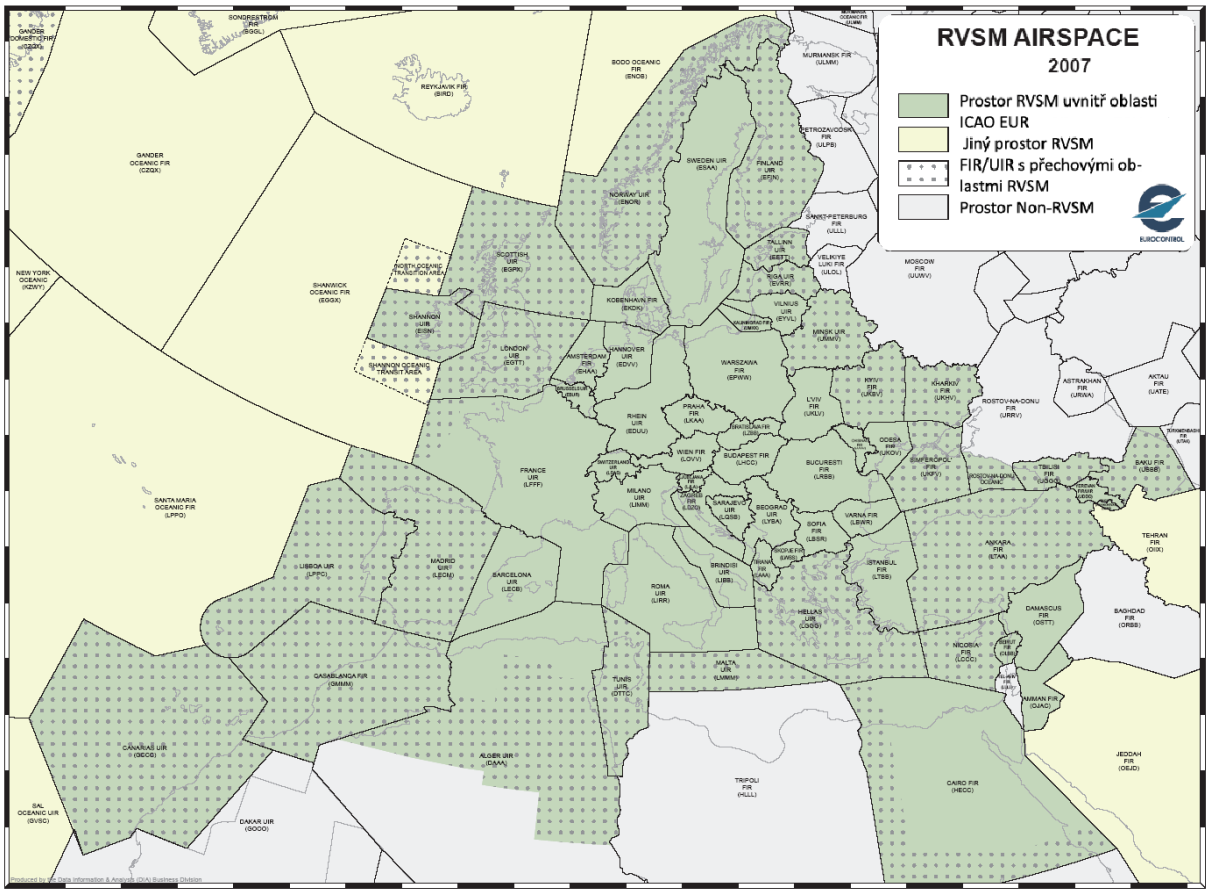
Přechodové oblasti spojené s použitím VSM 1000ft (300m) v evropském vzdušném prostoru jsou v následujících FIR/UIR:

Ankara, Athinai, Barcelona, Bodø, Canaries (ICAO AFI Region), Casablanca, France, Kishinau, Lvov, Madrid, Malta, Nicosia, Odesa, Riga, Rovaniemi, Simferopol, Tallinn, Tampere, Tunis, Vilnius, Warszawa.

Na rozhraní mezi Evropou a Severním Atlantikem jsou navíc k přechodovým oblastem ustaveny následující FIR, sloužící pro účely přechodu letadel nechválených pro RVSM tzv. non-RVSM. (*Bodø (Domestic), Stavanger, Trondheim, Scottish, Shannon, London, Brest, Madrid, a Lisbo*)

Albania	Luxembourg
Austria	Malta
Belgium	Moldova
Bosnia and Herzegovina	Monaco
Bulgaria	Morocco
Croatia	Norway
Cyprus	Poland
Czech Republic	Portugal
Denmark	Romania
Estonia	Slovak Republic
Federal Republic of Yugoslavia	Slovenia
Finland	Spain
France	Sweden
Germany	Switzerland
Greece	The Former Yugoslav Republic of Macedonia
Hungary	The Netherlands
Ireland	Tunisia
Italy	Turkey
Latvia	Ukraine
Lithuania	United Kingdom

Obr.14 - 40 států podílející se na evropském programu RVSM



Obr. 15 Oblast evropského RVSM 1

ICAO tabulka cestovních hladin použitelných v Evropském vzdušném prostoru

Se zavedením EUR/RVSM se cestovní hladiny uvnitř Evropského prostoru uspořádaly podle následující tabulky cestovních hladin obsažených v ICAO Annex 2(L2) Hlava 3.) Cestovní hladiny pro příslušný směr jsou uvedeny v tabulce č. 2

Cestovní (letové) hladiny pro příslušný směr letu - EUR Region (FL 280 - FL 430)	
Směr tratě od 180° do 359°	Směr tratě od 000° do 179°
← FL 430	*(non-RVSM level)*
	FL 410 →
← FL 400	
	FL 390 →
← FL 380	
	FL 370 →
← FL 360	
	FL 350 →
← FL 340	
	FL 330 →
← FL 320	
	FL 310 →
← FL 300	
	FL 290 →
← FL 280	*(non-RVSM level)*

Tabulka č. 2. Cestovní hladiny v EUR/RVSM 1

Použití cestovních hladin dle ICAO tabulky v prostředí RVSM má za účinek obrácený směr letu pro FL 310, 350, 390. Letové hladiny 310, 350, 390 jsou cestovní hladiny směřující na východ v prostředí RVSM, zatímco v prostředí Non-RVSM patřím mezi cestovní hladiny směřující na západ. [13]

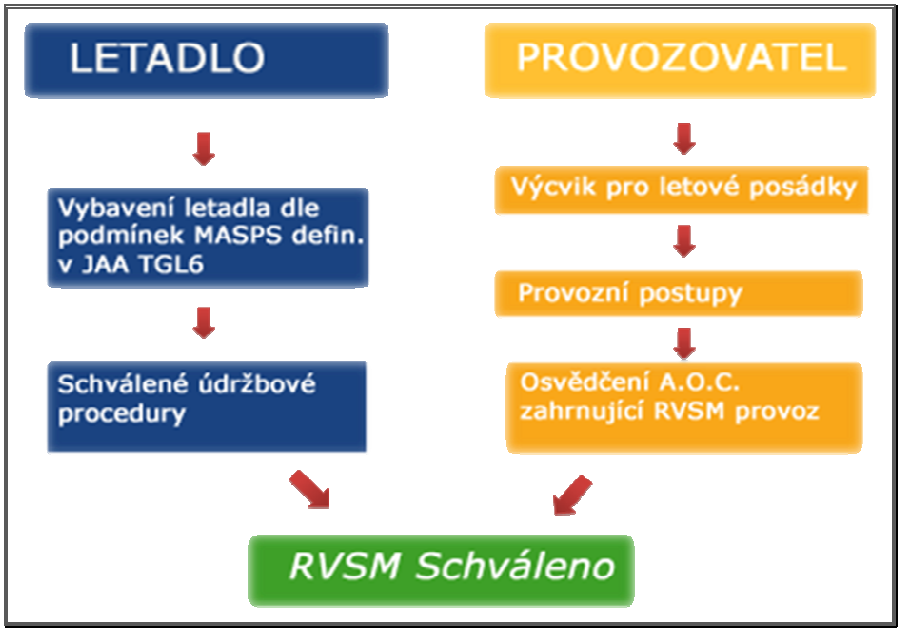
9. Letový provoz v EUR RVSM prostoru

9.2. Schválení provozu RVSM – schvalovací proces

Všeobecně – Pro provoz letadla uvnitř prostoru RVSM musí provozovatel získat provozní schválení od národních úřadů. Jak je uvedeno v ICAO Doc 7030, schválení RVSM není vyhrazeno pro určitou oblast. Místo toho je platné globálně v tom smyslu, že nejsou stanoveny žádné provozní procedury k danému regionu, ale pouze jako k celému EU oblasti by měly být uvedeny v provozní příručce. Pro schválení k provozu RVSM je třeba splnit požadavky na provozovatele a palubní vybavení letadla.

Pro dosáhnutí tohoto cíle je třeba dokázat, že jsou následující body splněny:

Proces schválení EUR/RVSM



Letová způsobilost

Minimální palubní vybavení letadla pro získání letové způsobilosti v evropském RVSM:

a) Dva nezávislé systémy pro měření výšky. Každý systém musí být složen z následujících prvku:

- snímač statického tlaku s protinámrazovou ochranou,
- zařízení pro měření statického tlaku od snímače statického tlaku, převádějící tlakovou výšku a zobrazující údaje letové posádce,
- oprava chyby statického snímače (SSEC – Static source error corection), pokud mají být splněna výkonnostní kritéria,

- signál ukazující pilotovi vybranou výšku pro automatické řízení a výstrahy.

b) Jeden odpovídač SSR se systémem hlášení výšky, který může být propojen se systémem měření výšky pro udržování výšky letu.

c) Systém varování změny výšky.

d) Systém pro automatické udržení výšky.

Požadavky pro schválení letové a provozní způsobilosti pro provoz RVSM jsou uvedeny v dokumentu JAA TGL No. 6 (Průvodní materiál pro schválení letadel a provozovatele opravňující provádět let v letových hladinách FL 290 – 410 s vertikálním rozestupem 300m (1000ft). Mimo to musí být letadlo vybaveno systémem ACAS II. [14]

Požadavky pro schválení provozní způsobilosti:

Provozní postupy pro provoz ve vzdušném prostoru RVSM

a) Plánování letu:

- Ověření, že letadlo je schváleno pro provoz RVSM.
- Vyhodnocení hlášeného a předpovídaného počasí na trati letu.
- Kontrola minimálního požadovaného vybavení.
- Provozní omezení.

b) Předletové postupy

- Kontrola technických záznamů pro určení podmínek požadovaného vybavení.
- V průběhu vnější prohlídky klást důraz na zdroje statického tlaku, povrchu trupu v jejich blízkosti a ostatních částí ovlivňujících přesnost výškoměrných systémů.
- Nastavení výškoměrů letadla na QNH letiště před vzletem a kontrola indikace známé výšky letiště. Maximální hodnota nesmí být větší než 23 m (75ft).
- Před vzletem musí být požadované vybavení pro let v prostoru RVSM provozuschopné.

c) Postupy před vstupem do prostoru RVSM

Před vstupem do prostoru RVSM musí být provozuschopné následující vybavení:

- Dva primární výškoměrné systémy
- Jeden automatický systém řízení výšky
- Jeden systém výstrahy výšky
- Jeden odpovídač

Pokud některé z požadovaného vybavení vysadí před vstupem do prostoru RVSM, pilot musí vyžádat nové letové povolení pro vyhnutí se tomuto prostoru. [15]

e) Letové postupy

Provozní omezení:

- Nastavení výškoměrů na 1013,2 hPa při průletu převodní výšky a opětovná kontrola nastavení výškoměrů při dosažení počáteční povolené letové hladiny.
- Pokud letadlo neúmyslně opustí povolenou letovou hladinu, musí být provedeny abnormální nebo nouzové postupy.
- Při změnách letových hladin nesmí být tyto přelétávány o více než 45 m (150 ft).
- Automatické řízení výšky musí být provozuschopné a musí být zapojeno vyjma případů vyvážení nebo turbulence.
- Kontrola systému výstrahy výšky.
- V intervalech minimálně 1 hodiny musí být provedena křížová kontrola výškoměrů. Hodnota rozdílu nesmí přesahovat 60 m (200 ft).
- Obvyklé sledování přístrojů v kabině letadla.
- Před vstupem do prostoru RVSM musí být zaznamenána počáteční křížová kontrola primárních a záložního výškoměru.
- Za normálního provozu musí být výškoměrný systém používaný pro řízení letadla nastaven na vstup do vysílajícího odpovídače.
- Pokud je pilotovi oznámeno monitorovacím systémem výšky, že TVE je větší než 90 m (300 ft), nebo ASE je větší než 75 m (245 ft), pak by měl zahájit oblastní postup pro ochranu bezpečného provozu letadla.
- Pokud je pilotovi oznámeno složkou ATC, že odchylka od povolené letové hladiny je větší než 90 m (300 ft), musí se neprodleně vrátit do povolené letové hladiny.

e) Postupy po letu v případě jakékoli závady na systémech požadovaných pro provoz RVSM musí být do technického záznamu zaznamenána následující data:

- Hodnoty primárních a záložního výškoměru,
- Nastavení výškoměru,
- Autopilot používaný pro řízení letadla a všechny rozdíly, pokud je použit záložní autopilot,
- Rozdíly v hodnotách výškoměrů, pokud je použit záložní zdroj statického tlaku,
- Použití přepínače ADC pro diagnostiku,
- Použitý odpovídač pro vysílání údajů výšky a rozdíly při přepnutí na záložní odpovídač.

f) Postupy pro nahodilosti:

Pilot musí oznámit ATC všechny nahodilosti související s provozem RVSM:

- Vysazení všech automatických systémů udržování výšky,
- Ztrátu souhlasné indikace primárních výškoměrů,
- Ztrátu tahu motoru vyžadující klesání,
- Jakoukoli závadu vybavení ovlivňující schopnost udržovat povolenou letovou hladinu,
- Střední a silnou turbulenci.

g) Použitá frazeologie (JAA TGL No.6, Příloha 6).

h) Výcvikový program pro výcvik posádek pro lety ve vzdušném prostoru RVSM.

Výcvikový program musí být zpracován s důrazem na body, které jsou uvedeny v JAA TGL No.6, Příloha 4, článek 7.

- Znalost standardní radiové korespondence používané v oblasti provozu,
- Důležitost křížových kontrol posádkou, že letová povolení jsou přesně a ihned prováděna,
- Omezení a přesnosti záložního výškoměru v případě postupů pro nahodilosti,
- Problematika vizuálního vnímání při snížených vertikálních rozstupech

- Charakteristika letadla při zachycení výšky, kdy může přelétnout povolenou letovou hladinu
- Závislost mezi letadlovými výškoměry, automatickým řízením výšky a odpovídači v normálních a abnormálních podmínkách letu,
- Omezení letadla vzhledem k provozu RVSM,
- Provozní postupy RVSM.

Monitorování

Pokud provozovatel vyhoví požadavkům v souladu s výše uvedenými body 1. a 2., může zahájit letové monitorování přesnosti dodržování přidělené letové hladiny.

Letové ověření formou monitorování přesnosti přidělené letové hladiny musí provozovatel provést na 25% letadel z celkového počtu stejného typu, avšak nejméně na 3 letadlech. U provozovatelů se 3 a méně letadly musí provést letové ověření na všech letadlech.

Provozovatel vyplní a odešle na Eurocontrol USC FORM F1 na každé letadlo a USC FORM F2 a provede letové ověření přeletem nad monitorovací stanicí.

V případě kladných výsledků Sekce letová a provozní schválí provoz RVSM.

Po zahájení provozu RVSM

Provozovatel schválený pro provoz RVSM má za povinnost hlásit ÚCL do 72 hodin případný výskyt nedostatečného dodržení výšky v případech kdy :

- TVE bude rovno nebo větší než +/- 90m (+/- 300ft)
- ASE bude rovno nebo větší než +/- 75m (+/- 245ft)
- Odchylka od přidělené výšky bude rovna nebo větší než +/- 90m (+/- 300ft)

Toto hlášení musí provozovatel doložit předběžnou analýzou příčiny a opatřením pro zabránění opakování výskytu. [15]

S výjimkou přechodových oblasti je letový provoz rozdělen uvnitř EUR RVSM prostoru pouze na letadla schválená pro provoz RVSM a letadla nechválená pro provoz RVSM označená jako non-RVSM. S výjimkou státních letadel provozované jako OAT budou lety vedené v souladu s IFR tj. s pravidly letu podle přístrojů provozované v nebo nad EUR RVSM vzdušném prostoru.

9.3. Služby poskytované pro státní letadla provozovaná jako neschválená pro RVSM

Z pohledu fyzické neschopnosti (kvůli omezením v konstrukci letadel) přizpůsobit velkou většinu vojenských taktických letadel podmínkám MASPS RVSM byly státní letadla vyjmuta z požadavku na RVSM schválení v EUR/RVSM vzdušném prostoru, mezi státní letadla patří kromě vojenských letadel také letadla celní správy a policie. Avšak po státech se vyžaduje, aby svoje letadla přizpůsobila podmínkám schválení RVSM a to zejména u letadel pro všeobecné letectví (GAT). Nicméně všechny státní letadla nelze přizpůsobit podmínkám MASPS RVSM. Tyto letouny jsou státy povoleny provozovat jako OAT nebo GAT uvnitř prostoru EUR RVSM.

Uvnitř evropského RVSM vzdušného prostoru jsou non-RVSM státní letadla provozovaná jako GAT oddělena vertikálním rozestupem 600 m (2000 ft) od všech letadel při letu podle IFR. Přestože počet non-RVSM státních letadel, provozovaných jako GAT uvnitř EUR/RVSM je velmi malý, způsobuje zvýšené pracovní zatížení na řídící letového provozu. Požadavek na ATC vyhovět non-RVSM letadel v EUR/RVSM způsobuje potřebu zvýšeného uvažování. Několik ´real-time´ simulací, uskutečněných Eurocontrolem na podporu programu RVSM potvrdil, že významné zvýšení pracovní zatížení vyplývají z požadavku na selekci letadel s odlišnými minimem vertikálních rozestupů (VSM), výslovně:

a) 300 m (1 000 ft): mezi dvěma letadly provozované jako GAT, kde obě letadla jsou schválená pro provoz RVSM, a

b) 600 m (2 000 ft): mezi dvěma letadly provozované jako GAT, kde jeden nebo druhý:

   - Jedno letadlo ze zmíněných je schválené non-RVSM, nebo
   - Obě zmíněná letadla jsou schválená non-RVSM.

Z primární provozní důležitosti je proto potřeba, aby si řídící byl neustále vědom o stavu RVSM schválení všech letadel provozovaných uvnitř nebo bezpečné vzdálenosti do vzdušného prostoru EUR/RVSM. Pro tuto potřebu jsou provozní požadavky a ATC procedury vyvinuté pro EUR/RVSM prostor. [13]

10. RVSM procedury – letové postupy

10.2. Požadavky na letový plán

Označení statutu schválení pro RVSM v letovém plánu

Plánování letů letadel schválených pro RVSM a letů státních letadel neschválených pro RVSM

Provozovatelé letadel schválených pro RVSM musí vyznačit statut schválení uvedením písmena W v poli ICAO letového plánu, bez ohledu na požadovanou letovou hladinu. Provozovatelé skupinových letů státních letadel nesmí uvádět písmeno W v poli ICAO letového plánu bez ohledu na RVSM schválení jednotlivých letadel ve skupině. Provozovatelé skupinových letů státních letadel zamýšlejících provést let ve vzdušném prostoru EUR RVSM podle pravidel a postupů GAT, musí uvést v poli 18 ICAO letového plánu STS/NONRVSM.

Provozovatelé letadel schválených pro RVSM musí rovněž uvést písmeno W v položce Q RPL, bez ohledu na požadovanou letovou hladinu. Provozovatel musí předat zprávu o změně (CHG), jestliže změnou letadla provozovaného dle RPL dojde ke změně statutu schválení pro RVSM, uvedeném v položce Q.

Provozovatelé letadel schválených pro RVSM a státních letadel neschválených pro RVSM zamýšlejících letět z prostoru mimo horizontální hranice vzdušného prostoru RVSM do přiléhajícího vzdušného prostoru RVSM musí uvést v poli 15 ICAO letového plánu vstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM a požadovanou letovou hladinu pro tu část trati, která začíná na vstupním bodu.

Provozovatelé letadel schválených pro RVSM a provozovatelé státních letadel neschválených pro RVSM zamýšlejících letět ze vzdušného prostoru RVSM do přiléhajícího prostoru mimo horizontální hranice vzdušného prostoru RVSM musí uvést v poli 15 ICAO letového plánu výstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM a požadovanou letovou hladinu pro tu část trati, která začíná na výstupním bodu.

Provozovatelé státních letadel neschválených pro RVSM, požadující cestovní hladinu FL 290 a vyšší, musí uvést v poli 18 ICAO letového plánu STS/NONRVSM. [17]

Plánování letadel neschválených pro RVSM

Vyjma provozu uvnitř přechodového vzdušného prostoru provozovatelé letadel neschválených pro RVSM musí plánovat lety mimo vzdušný prostor RVSM.

Provozovatelé letadel neschválených pro RVSM, zamýšlející provést let z letiště mimo horizontální hranice vzdušného prostoru RVSM na letiště uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM v cestovní hladině FL290 nebo vyšší musí uvést v poli 15 ICAO letového plánu následující:

a) vstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM; a

b) požadovanou letovou hladinu pod FL 290 pro tu část trati, která začíná na vstupním bodu.

Provozovatelé letadel neschválených pro RVSM, zamýšlející provést let z letiště odletu na letiště určení, která obě leží uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM, musí uvést v poli 15 ICAO letového plánu požadovanou cestovní hladinu pod FL 290.

Provozovatelé letadel neschválených pro RVSM, zamýšlející provést let z letiště uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM, na letiště mimo horizontální hranice vzdušného prostoru RVSM v cestovní hladině FL 290 nebo vyšší musí uvést v poli 15 ICAO letového plánu následující:

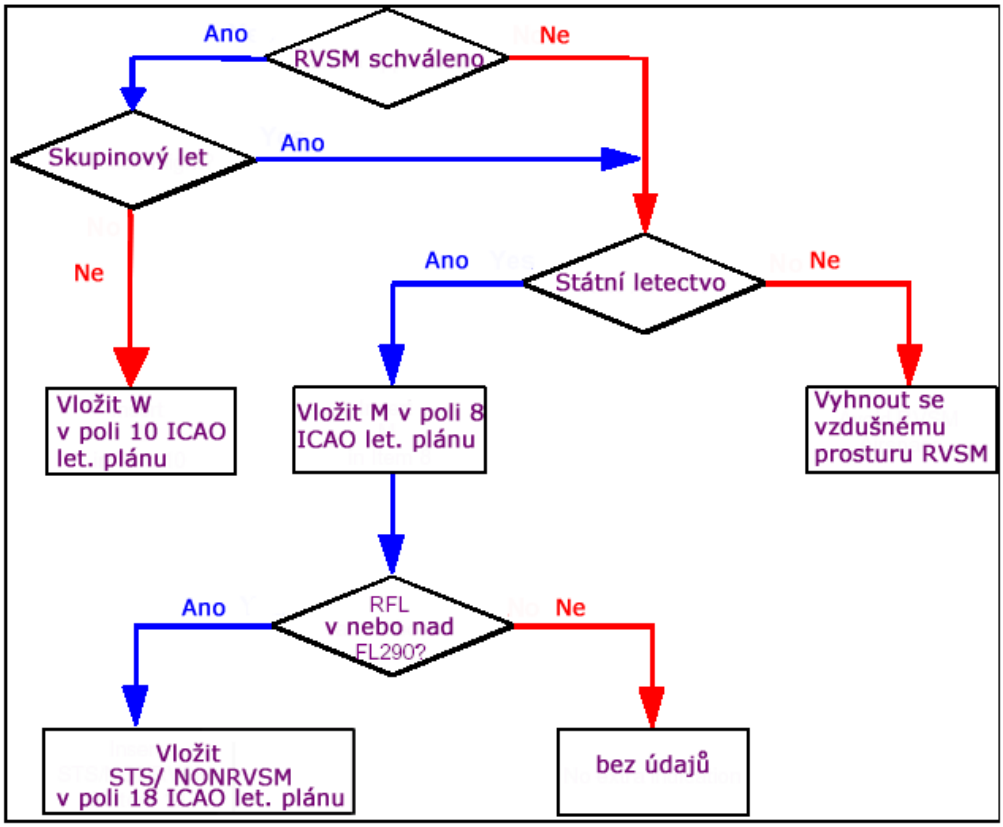
a) požadovanou letovou hladinu pod FL 290 pro část trati uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM; a

b) výstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM a požadovanou letovou hladinu pro tu část tratě, která začíná na výstupním bodu.

Provozovatelé letadel neschválených pro RVSM, zamýšlející provést let v cestovní hladině mezi FL 290 a FL 410 včetně z letiště na letiště, která obě leží vně horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM, kdy část trati leží uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru RVSM, musí v poli 15 ICAO letového plánu uvést:

a) vstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM a požadovanou letovou hladinu pod FL 290 nebo nad FL 410 pro tu část trati, která následuje ihned po vstupním bodu; a

b) výstupní bod na horizontálních hranicích vzdušného prostoru RVSM a požadovanou letovou hladinu pro tu část trati, která začíná na výstupním bodu.



Obr. 16 Přehled požadavků RVSM na letový plán pro provozovatele [13]

10.3. Minima vertikálních rozestupů

Ve vzdušném prostoru EUR RVSM, mezi hladinami FL290 a FL410 včetně, musí být minimum vertikálního rozstupu:

a) 300m (1000ft) mezi letadly schválenými pro RVSM;

b) 600m (2000ft) mezi:

1) státním letadlem neschváleným pro RVSM, a kterýmkoli jiným letadlem provádějícím let uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM;

2) všemi skupinovými lety státních letadel, a kterýmkoli jiným letadlem provádějícím let uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM; a

3) letadlem neschváleným pro RVSM, a kterýmkoli jiným letadlem provádějícím let uvnitř přechodového vzdušného prostoru EUR RVSM a uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM.

ATC musí zajistit minimum vertikálního rozstupu 600m (2000ft) mezi letadlem se ztrátou spojení za letu, a kterýmkoli jiným letadlem, jestliže obě letadla letí ve vzdušném prostoru EUR RVSM. [17]

10.4. Přechod letadla do/z prostoru EUR/RVSM (přechodové oblasti)

Jednotlivé ACC/UAC , které jsou zodpovědné za vzdušný prostor, kde k přechodům RVSM dochází a dohlédnou na to, že:

a) letadlo schválené pro RVSM a letadlo neschválené pro RVSM, vstupující do prostoru EUR RVSM z přiléhávajících non-RVSM prostoru, jsou správně umístěny v EUR/RVSM přechodové oblasti;

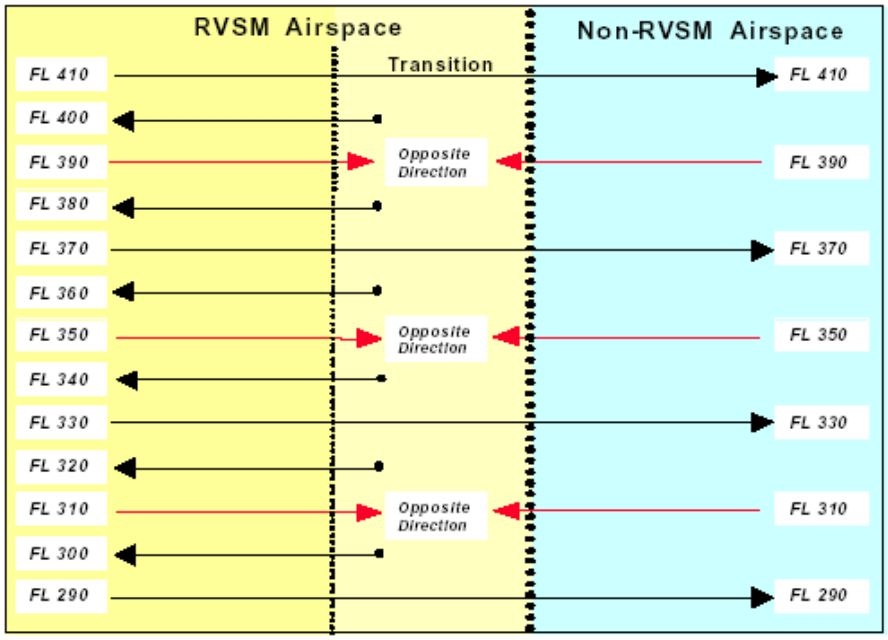
b) je použita příslušná vzdálenost vertikálních rozestupů podle odpovídajícího stavu RVSM schválení letadla;

c) letadla jsou ustavený v cestovních hladinách příslušných pro prostor EUR/RVSM nebo přiléhávajícím prostoru non-RVSM, a platí, že: letadlo dosáhne příslušného vertikálního rozestupu před dosažení bodu předání k sousedním ACC/UAC;

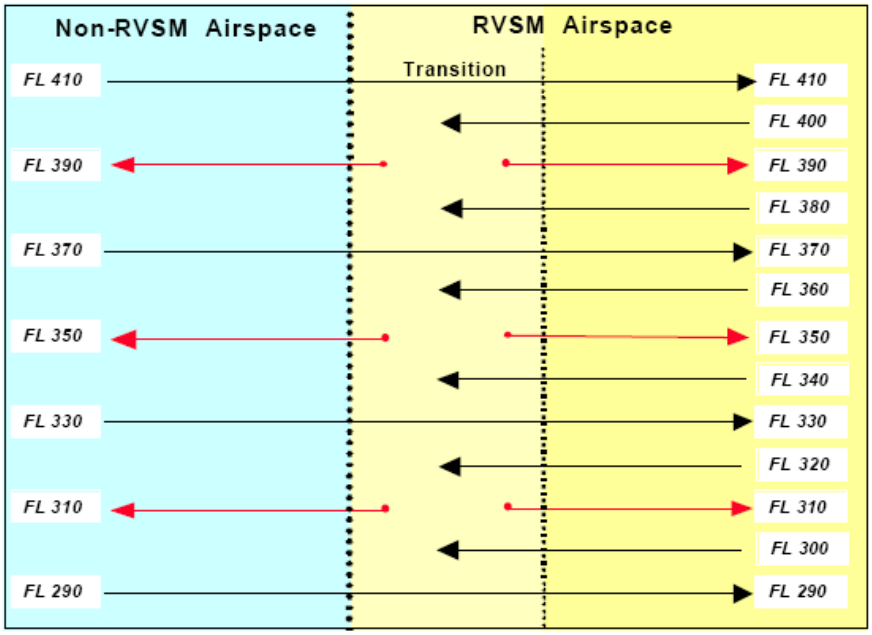
d) civilní letadla schválená jako non-RVSM přilétající ze non-RVSM vzdušného prostoru jsou povoleny v cestovní hladině mimo vertikální rozměr evropského RVSM vzdušného prostoru před průchodem letadla bodu předání k sousedním ACC/UAC.

Cestovní hladiny vyhrazené pro přímý let

Cestovní hladiny vyhrazené pro přímý let v RVSM a non-RVSM prostoru jsou obsaženy v ICAO Annex 2 Appendix 3. Uspořádání cestovních hladin příslušných pro přímý let, kde non-RVSM prostor je umístěn východně od prostoru RVSM. [13]



Obr. 17 Zobrazení kde non-RVSM prostor je sousedící s východem prostoru RVSM



Obr. 18 Zobrazení kde non-RVSM prostor je sousedící se západem prostoru RVSM

Je důležité si všimnout opačných směrů cestovních hladin v letových hladinách 310, 350, 390 jak je zobrazeno na obr. 17. ATM (Řízení letového provozu) umožňuje usnadnit přechod letadla z prostoru RVSM do přiléhajícího prostoru non-RVSM a naopak. [13]

Letadla schválená pro provoz RVSM a neschválená non-RVSM státní letadla

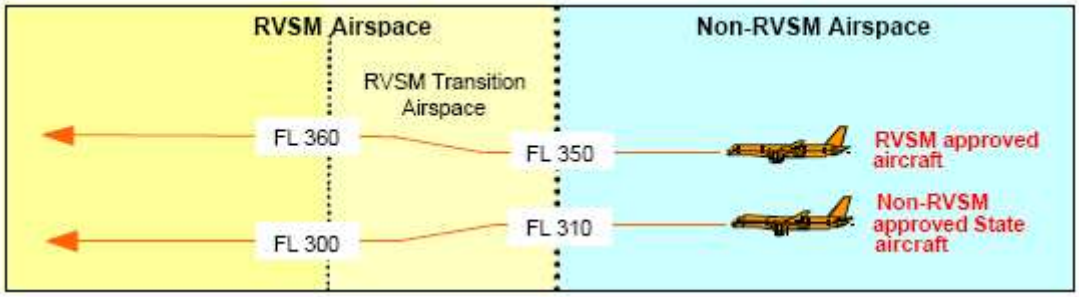
Letadla schválená pro provoz RVSM a letadla neschválená pro provoz RVSM vstupující do prostoru EUR RVSM z non-RVSM jsou řízena do letových hladin podle:

a) ICAO tabulky Cestovních hladin publikované v ICAO Annex 2.

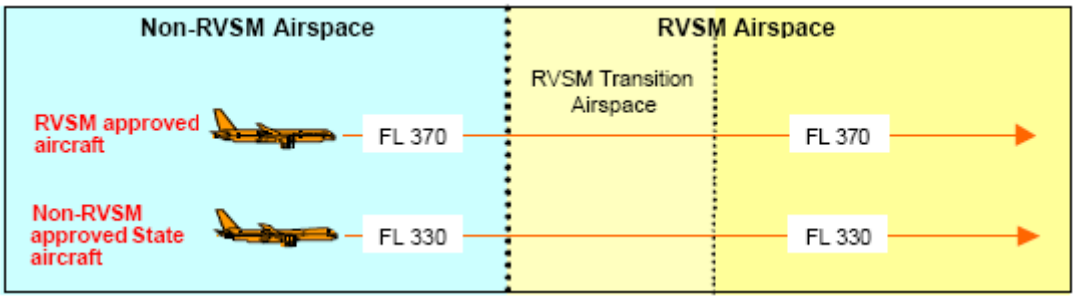
b) Plánovaných vybraných letových hladin.

c) ustanovení uvedeným v mezi oblastních (ACC) dohodách.

Všechny změny z non-RVSM cestovních hladin do RVSM cestovním hladin budou zahájeny nejprve od ACC/UAC poskytující službu řízení letového provozu letadlu uvnitř vzdušného prostoru EUR/RVSM a budou zahájeny před dosažení bodu předání řízení k přiléhávající ACC/UAC.

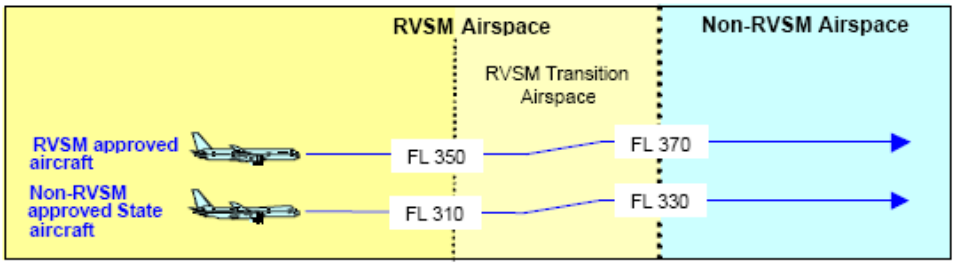


Obr.19 Přechod letadla schváleného pro RVSM a non-RVSM letadla z prostoru non-RVSM do prostoru RVSM, kde prostor non-RVSM je východně od RVSM prostoru.

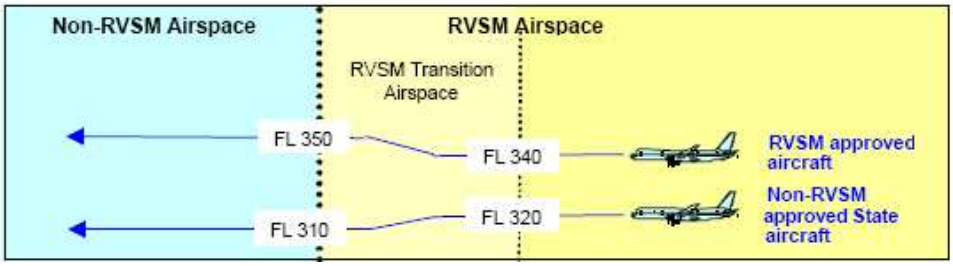


Obr. 20 Přechod letadla schváleného pro RVSM a non-RVSM letadla z prostoru non-RVSM do prostoru RVSM, kde prostor non-RVSM je západně od RVSM prostoru.

Letadla schválená pro provoz RVSM a letadla neschválená pro provoz RVSM vstupující do prostoru non-RVSM z prostoru RVSM ustavený



Obr. 21 Přechod letadla schváleného pro RVSM a non-RVSM letadla z prostoru RVSM do prostoru non-RVSM, kde prostor non-RVSM je východně od RVSM prostoru.



Obr. 22 Přechod letadla schváleného pro RVSM a non-RVSM letadla z prostoru RVSM do prostoru non-RVSM, kde prostor non-RVSM je západně od RVSM prostoru.

Civilní lety neschválené pro RVSM

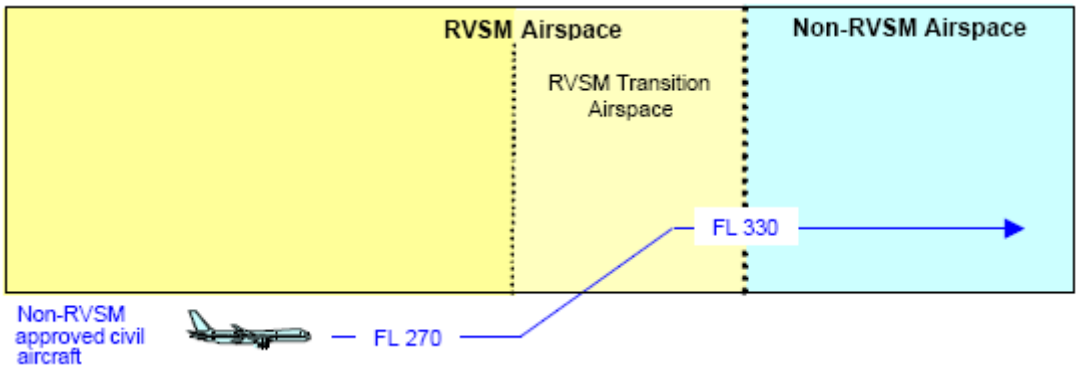
Letadlo neschválené pro RVSM, provádějící let z letiště vně horizontálních hranic vzdušného prostoru EUR RVSM na letiště určení uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru EUR RVSM, smí být povoleno pouze do letové hladiny pod FL 290. Takové změny letové hladiny musí být zahájeny prvním ACC/UAC poskytujícím službu ATC letadlu uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM a musí být dokončeny před tím, než letadlo přeletí bod předání řízení se sousedním ACC/UAC.

Letadlo neschválené pro RVSM, provádějící let mezi letišti, která leží uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru EUR RVSM, smí být povoleno pouze do letové hladiny pod FL290.

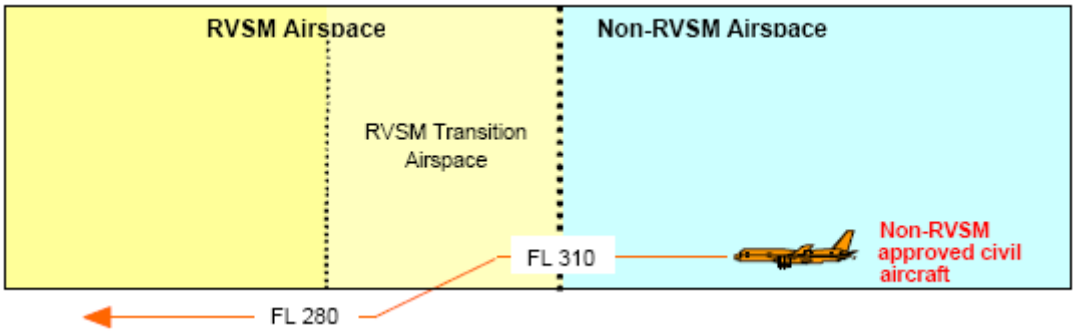
Letadlo neschválené pro RVSM provádějící let z letiště uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru EUR RVSM na letiště určení mimo horizontální hranice vzdušného prostoru EUR RVSM:

a) smí být povoleno pouze do letové hladiny pod FL290; a

b) může být povoleno do FL290 nebo vyšší posledním ACC/UAC poskytujícím službu ATC letadlům uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM a takovéto změny letových hladin musí být dokončeny před tím, než letadlo přeletí bod předání řízení se sousedním ACC/UAC.



Obr.23 Přechod civilního letadla schváleného jako non-RVSM z prostoru RVSM do prostoru non-RVSM, s letištěm odletu umístěného v prostoru RVSM do letiště příletu umístěného mimo vzdušný prostor RVSM.

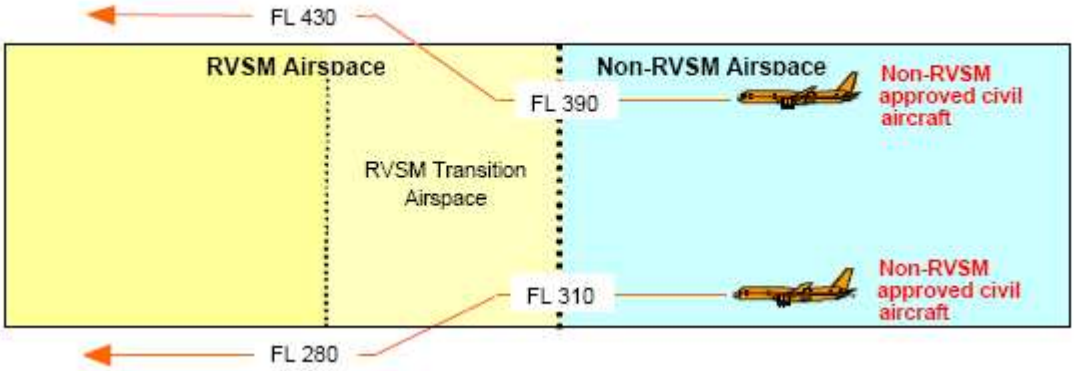


Obr. 24 Přechod civilního letadla schváleného jako non-RVSM z prostoru non-RVSM do prostoru RVSM, s letištěm odletu umístěného mimo vzdušný prostor RVSM do letiště příletu umístěného ve vzdušném prostoru RVSM.

Letadlo neschválené pro RVSM, provádějící let mezi letišti, která leží mimo horizontální hranice vzdušného prostoru EUR RVSM, letící částečně po tratích uvnitř horizontálních hranic vzdušného prostoru EUR RVSM:

a) smí být povoleno pouze do letové hladiny pod FL290 nebo nad FL410 prvním ACC/UAC poskytujícím službu ATC letadlům uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM a tato změna musí být dokončena před tím, než letadlo přeletí bod předání řízení se sousedním ACC/UAC v souladu se systémem přidělování letových hladin (FLAS), jestliže se aplikuje a/nebo, jak je stanoveno mezi oblastní dohodou; a

b) následně může být povoleno do požadované letové hladiny uvnitř nebo přes vzdušný prostor EUR RVSM posledním ACC/UAC poskytujícím službu ATC letadlu uvnitř vzdušného prostoru EUR RVSM a takové změny letových hladin musí být dokončeny před tím, než letadlo přeletí bod předání řízení se sousedním ACC/UAC.



Obr. 25 Přechod civilního letadla schváleného jako non-RVSM z prostoru non-RVSM do vzdušného prostoru RVSM, s letištěm odletu a příletu umístěného mimo vzdušný prostor RVSM. [13]

11. Letové výjimečné postupy/ mimořádné situace za letu

Zvláštní postupy při nenadálých situacích za letu zahrnující ztrátu způsobilosti dodržování hladin, požadovanou pro lety ve vzdušném prostoru EUR RVSM.

Všeobecně

Za letu mohou působit některé faktory, které mají přímo dopad na schopnost jednoho nebo více letadel letět v souladu s vertikálními navigačními výkonovými požadavky vzdušného prostoru EUR/RVSM. Degradace letecké palubní výstroje nebo neklidné (turbulentní) atmosférické podmínky by mohly zrušit letadlovou způsobilost pro nesplnění požadované vertikální navigační výkonnosti vzdušného prostoru EUR/RVSM. Pilot o této situaci musí informovat ATC co nejdříve. V takových případech pilot získá pokyny ATC na změnu letové hladiny dříve, než dojde odchýlení z cestovní hladiny. Následující činnosti ATC budou založené na záměrech pilota a celkové vzdušné letové situaci. [13]

11.2. Degradace palubního zařízení

Když je ATC informováno pilotem letadla schváleného pro provoz RVSM a letícího ve vzdušném prostoru EUR RVSM, že letadlo nadále nesplňuje RVSM MASPS, jak je uvedeno v v L 7030, musí ATC toto letadlo považovat za neschválené pro RVSM.

Seznam minimálního přístrojového vybavení (MEL) pro provoz uvnitř vzdušného prostoru EUR/RVSM :

- dva nezávislé systémy pro měření výšky (přesnost měření <80ft)
- odpovídač SSR vybavený minimálně módem C
- systém varování změny výšky
- systém pro automatické udržení výšky

11.3. Silná turbulence – nepředpovídaná

Jestliže se letadlo ve vzdušném prostoru RVSM setká se silnou turbulencí způsobenou meteorologickými podmínkami nebo úplavem, která podle pilota bude mít vliv na schopnost letadla udržovat povolenou letovou hladinu, pilot musí informovat ATC. ATC musí zajistit buď příslušný horizontální rozstup, nebo zvýšený minimální vertikální rozstup. ATC musí, v maximální možné míře přijmout požadavky pilota na změnu hladiny a/nebo tratě a musí předat informaci o provozu, jak je požadováno. ATC se musí snažit získat hlášení od ostatních letadel, aby bylo možné přijmout rozhodnutí, zda by mělo být RVSM pozastaveno úplně nebo jen v určitém rozsahu letových hladin a/nebo prostoru. ACC/UAC, které pozastavilo RVSM. Musí zkoordinovat toto pozastavení, a jakékoliv požadované úpravy sektorové kapacity se sousedními ACC/UAC podle vhodnosti, pro zajištění spořádaného předávání provozu. [17]

11.4. Silná turbulence – předpovídaná

Je-li v souladu s meteorologickou předpovědí očekávána silná turbulence ve vzdušném prostoru EUR RVSM, ATC musí rozhodnout, zda pozastaví RVSM, a když ano, musí určit časové období trvání a příslušnou hladinu/hladiny nebo prostor. V případech, kdy bude RVSM pozastaveno, ACC/UAC pozastavující RVSM, musí koordinovat se sousedními ACC/UAC letové hladiny určené pro předávání provozu, pokud neexistuje náhradní schéma letových hladin stanovené dohodou. ACC/UAC, pozastavující RVSM, musí rovněž koordinovat přijaté sektorové kapacity se sousedními ACC/UAC, podle vhodnosti. [17]

12. Popis systému sledování výšky

V současné době se používají k měření dodržení výšky letadel dvě přijatelné metody:

- **Pozemní systém monitorování výšky HMU** (Height monitoring systém) se skládá ze dvou hlavních součástí: HME (Height monitoring element) část pro monitorování výšky a TMU (Total vertical error monitoring unit) jednotka pro sledování celkové vertikální odchylky. HME zachycuje signál od odpovídače SSR vysílaného (odpovídajícího) letadla na signál od (tázajících se) radarových stanic. Signál obsahuje informace z módu S, C a A odpovídače. HME určuje geometrickou výšku a polohu letadla porovnáváním časů přijetí signálu odpovídače SSR z různých míst příjmu. Informace je přenesena do TMU rychlostí jeden ,,plot´´(jedna otáčka radaru) za vteřinu. Data jsou porovnány v TMU pro vytvoření dráhové historie letadla procházející oblastí pokrytí. Dráhová informace je pak porovnávána s meteorologickými údaji pro vyhodnocení celkové vertikální chyby TVE (Total Vertical Error).

Po dokončení monitorovací proces produkuje TVE (Total Vertical Error) celkovou vertikální chybu, AAD (Assigned Altitude Deviation) přiřazenou výškovou odchylku a ASE (Altimeter System Error) chybu systému výškoměru pro každé letadlo. V evropském RVSM jsou výsledky monitorování výšky automaticky přeneseny do EUR RMA (oblastní monitorovací agentura) v Eurocontrolu, Brusel, kde jsou ověřeny s informacemi o schválení letadla a provozovatele.

- **Jednotka monitorování systému GPS – GMU** (GPS Monitoring Unit): GMU je přenosný box (uložený v přepravní skříni přibližně 45x40x30 cm^3), která obsahuje GPS přijímač, zařízení pro ukládání, nahrávání trojrozměrné souřadnice GPS a dvě oddělené přijímací GPS antény. GMU je umístěno na palubě letadla a jsou poháněny bateriemi nezávisle na palubních systémech. Následující zaznamenaná GPS data letu jsou poslána zpět do centrálního stanoviště, kde jsou zpracována, a je vyhodnocena geometrická výška letadla. Celou síť systému GMS netvoří více než 25 GMS. [13]

13. Závěr

Výhody, které plynou ze zavádění nových konceptů CNS/ATM v civilním letectví jsou jednoznačné a v dnešní době se jeví jako nepostradatelné, jak z pohledu finančních úspor, tak vzrůstajících dopadů letecké dopravy na životní prostředí. Jedním z faktorů, které ovlivňují leteckou dopravu vůbec, je rekordní cena ropy, která jen v nedávné době překročila cenu 126 USD za barel.

Tento trend nutí aerolinie hledat další způsoby, jak spotřebovávat co nejmenší množství paliva. Vysoké ceny leteckých pohonných hmot představují v dnešní době pro aerolinie až 40 procent celkových nákladů. Jedním ze způsobů, jak některé aerolinie šetří na palivu, je například nepatrné snížení rychlosti při letu po trati, díky kterému letadlo spotřebuje menší množství paliva. Toto snížení rychlosti má i svá skrytá proti: letadla jsou ve vzduchu déle, a tak rychleji nalétávají předepsaný počet hodin, po kterých musí na prohlídku a údržbu.

Hlavní myšlenkou tedy logicky je, aby letoun nezůstával ve vzduchu déle, než je nutné. Toho lze dosáhnout užitím konceptu prostorové navigace ve všech fázích letu, kterým se při požadované navigační přesnosti (RNP) zabezpečí nejkratší dráha letu.

V dubnu 1998 byla v Evropě zavedena první fáze používání prostorové navigace B-RNAV, která umožňuje navigaci mezi virtuálními body místo fyzicky existujících radiomajáků díky rostoucím schopnostem palubních navigačních přístrojů.

Jako další součást vývoje prostorové navigace v evropském regionu byla P-RNAV, která byla vyvinuta pro realizaci RNAV v prostoru TMA, a která přinesla optimalizaci a zvýšení provozní kapacity spolu s výhodami vyplývající z cestovní flexibility.

Prostorová navigace umožňuje snížit nároky na danou trať a tím vytvořit prostor pro zvýšení kapacity, přitom hlavním cílem zůstává zvýšení kapacity letového prostoru při udržení stejné nebo lepší úrovně bezpečnosti.

Ke zlepšení efektivnosti letu ale nestačí pouze nejkratší dráha letu, je také důležitá volba optimální letové hladiny. Za účelem zvládat pokračující růst dopravy byla zavedena koncepce RVSM, která prostřednictvím nových letových hladin snížila přeplněnost vzdušného prostoru. Zavedení RVSM bylo umožněno rostoucí přesností navigačních zařízení, výsledkem je zvýšení efektivity dopravy a snížené nároky na množství paliva. RVSM umožňuje realizovat lety blíže k optimálnímu letovému profilu jednotlivých typů letadel, což přináší úspory v množství spotřebovaného paliva za let.

Aplikace prostorové navigace v podmínkách RVSM rozšiřuje možnosti bezpečnosti, výkonnosti, kapacity a ekonomiky leteckého provozu.

Úsporná opatření, která let po volných tratích v podmínkách RVSM přináší, umožňují kromě úspory za palivo i nižší důsledky pro životní prostředí, a to zejména snižováním množství emisí CO^2 o miliony tun ročně. Obr. 26

Obr.26 Úspory, které plynou z použití koncepce RVSM za rok

Nicméně veškerou snahu může zkomplikovat hustý provoz, který v současnosti nad Evropou panuje. Letadla tak zbytečně krouží nad letištěm a čekají na povolení k přistání, nebo naopak se zapnutými motory čekají na start. A proto je nutné učinit opatření i v tomto směru, které tyto problémy odstraní.

Seznam použité literatury a dalších zdrojů informací:

[1] AIR TRAFFIC MANAGEMENT (ATM), Uspořádání letového provozu, Prof. Ing. Ludvík Kulčák, CSc. a kolektiv, 2002. s.259

[2] ICAO Manual of Area Navigation 2005, Guidance material. URL:<http://www.icao.int/eurnat

[3] EUROCONTROL Navigation domain/ Area Navigation. URL:<http:// www.ecacnav.com

[4] ICAO Doc.9613 PBN manual (Performance Based Navigation), Attachment A, AREA NAVIGATION (RNAV) SYSTEMS, 2007.

[5] EUROCONTROL Navigation domain/ Navigation/ Training home, ATC Training Support for TMA RNAV URL: <http://www.ecacnav.com/Navigation/Training

[6] EUROCONTROL Navigation domain/ Navigation/ Training home, Performance Based Navigation (PBN) Training Course URL: <http://www.ecacnav.com/Navigation/Training

[7] EUROCONTROL Navigation domain/ B-RNAV. URL: <http://www.ecacnav.com/B-RNAV

[8] Doc 9613-AN/937 MANUAL ON REQUIRED NAVIGATION PERFORMANCE (RNP),second edition - 1999.

[9] ATCmonitor URL: <http://www.atcmonitor.com/rnav.html

[10] KONCEPCE LETECKÉ NAVIGACE ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ DO ROKU 2020 ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, s.p. , Letecká informační služba

[11] The Navigation Strategy for ECAC, EUROCONTROL Document NAV.ET.ST16-01, Road Map of Strategic Action.

[12] AIR TRAFFIC MANAGEMENT (ATM), Uspořádání letového provozu, Prof. Ing. Ludvík Kulčák, CSc. a kolektiv, 2002. s.95

[13] ATC Manual for a Reduced Vertical Separation Minimum (RVSM) in Europe, Eurocotrol . ASM.ET1.ST13.5000, Edition 2.0, EATMP

[14] Introduction to RVSM, Michael Hanke - Flight Crew Training, URL: <http://http://www.rvsm.de/

[15] Úřad pro civilné letectví ČR , URL: <http://www.ucl.cz

[16] Introduction to RVSM, Michael Hanke - Flight Crew Training, http://www.rvsm.de/

[17] Regionální doplňkové postupy EUR/RAC L 7030/4, MD ČR, zpracovatel: Úřad pro civilní letectví

[18] EUROCONTROL Transition Plan for the Implementation of the Navigation Strategy (TPINS) Document [15]

[19] ICAO EUR Doc 009: Guidance Material on the Implementation and Application of a

300m (1,000 ft) Vertical Minimum.

[20] European and North Atlantic Office of ICAO: "North Atlantic MNPS Airspace Operations Manual, 9th Edition"

[21] ICAO Document 9536,Review of the General Concept of Separation (RGCSP).

[22] JAA Temporary Guidance Leaflet - Guidance Material on the Approval of Aircraft and Operators for Flight in Airspace above Flight Level 290 where a 300 m (1 000 ft) Vertical Separation Minimum is applied (TGL No.6, Revision 1)

[23] ICAO) Document 9574, Manual on the Implementation of a 300m (1,000 ft) Vertical Separation Minimum Between FL 290 - FL 410 Inclusive.

[24] ICAO Document NAT/DOC/001, the Consolidated Guidance Material North Atlantic Region.

[25] EUROCONTROL Transition Plan for the Implementation of the Navigation Strategy (TPINS) Document [15]

[26] Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů – ATPL(A) dle předpisu JAR-FCL 1 (část 060), Zpracoval:Ing. Martin Jalovecký, CVUT a VUT, 2002

Seznam použitých zkratek

AAC	Area Control Centre	Oblastní středisko řízení
ADC	Air Data Computer	Počítač aero-metrických dat
AIP	Aeronautical Information Publication	Letecká informační příručka
AIRAC	Aeronautical Information, Regulation and Control	Systém a řízení rozšiřování leteckých informací
AOC	Air Operators Certificate	Osvědčení leteckého provozovatele
AP	Autopilot	Autopilot
APV	Approach and Landing Operations with Vertical Guidance	Přiblížení a přistání s vertikálním vedením
ASE	Altimetry System Error	Chyba systému měření výšky
ATS	Air Traffic Services	Letové provozní služby
B-RNAV	Basic Area Navigation	Základní prostorová navigace
CAT	Category	Kategorie
CDI	Course Deviation Indicator	Ukazatel směrové odchylky
CDU	Control Display Unit	Ovládací a zobrazovací jednotka
CNS	Communication Navigation Surveillance	Komunikace, Navigace, Sledování
CVSM	Conventional Vertical Separation Minimum	Tradiční systém vertikálních rozestupů
DGPS	Differential GPS	Diferenční GPS
DME	Distance Measuring Equipment	Měřič vzdáleností
EANPG	European Air Navigation Planning Group	Evropská letecká plánovací skupina
EATCHIP	European Air Traffic Control Harmonization and Integration Program	Program harmonizace a integrace evropského ŘLP
EATMP	European Air Traffic Management System	Evropský systém organizace letového provozu
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská konference civilního letectví
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	Služba evropského překryvného segmentu globální navigace
EUR	European Region	Evropský region
EURO-CONTROL	European organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu

FANS	Future Air Navigation System	Budoucí letecké systémy
FD	Flight Director	Letový povelový přístroj/ukazatel
FEATS	Future European Air Traffic Control Services	Budoucí evropské ATS
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FL	Flight Level	Letová hladina
FLAS	Flight Level Allocation System	Systém přidělování letových hladin
FMC	Flight Management Computer	Počítač systému řízení a optimalizace letu
FMS	Flight Management System	Systém řízení a optimalizace letu
FTE	Flight Technical Error	Nepřesnost řízení letadla
FUA	Flexible Use Airspace	Pružné využití vzdušného prostoru
GALILEO	European satellite system	Evropský satelitní systém
GAT	General Air Traffic	Letový provoz dle pravidel ICAO
GBAS	Ground Based Augmentation System	Systém s pozemním rozšířením
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System	Globální navigační satelitní systém na oběžné dráze
GMU	Global Positioning System Monitoring Unit	Jednotka monitorování systému GPS
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globální navigační družicový systém
GPS	Global Positioning System	Globální systém určení polohy
HMU	Height Monitoring Unit	Pozemní systém monitorování výšky
HSI	Horizontal Situation Indicator	Navigační ukazatel (horizontální situace)
CHG	Change Message	Zpráva o změně
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla letu podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	Systém pro přesné přiblížení na přistání
INS	Inertial Navigation System	Inerciální navigační systém
IRS	Inertial Reference System	Inerční referenční systém
JAA	Joint Aviation Authorities	Sdružení leteckých úřadů

LORAN C	Long Range Air Navigation System Type C	Radionavigační systém na velké vzdálenosti typ C
MASPS	Minimum Aircraft System Performance Specification	Specifikace minimální výkonnosti letadel
MEL	Minimum Equipment list	Seznam minimálního vybavení
MFD	Multi-Functional Display	Více funkční display
MMR	Mullet Mode Receiver	Více účelový přijímač
MNPS	Minimum Navigation Performance Specification	Specifikace minimální navigační výkonnosti
NAT	North Atlantic	Severní Atlantik
NAVAIDs	Navigation Infrastructure	Navigační infrastruktura
ND	Navigation Display	Navigační display
NDB	Non-Directional Radio Beacon	Nesměrový radiomaják
NM	Nautical Miles	Námořní mile
NSE	Navigation Sensor Error	Chyba navigačního systému
OAT	Operation Air traffic	Letový provoz nedodržující pravidla ICAO
OMEGA	OMEGA navigation System	Dálkový navigační systém (nízkofrekvenční)
PANS-OPS	Procedure for Air Navigation Services-Aircraft Operations	Postupy pro letecké služby – provozovatelé letadel
PBN	Performance Based Navigation	Navigace založená na výkonnosti
PDE	Path Definition Error	Chyba určení polohy tratě
PFD	Primary Flight Display	Primární letový displej
P-RNAV	Precision Area Navigation	Přesná prostorová navigace
QNH	Altimeter Sub-scale Setting to Obtain Elevation when on the ground	Tlak přepočítaný na hladinu moře vztažený k danému místu
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring	Autonomní monitorování integrity v přijímači
RGCSP	Review of the General Concept of Separation Panel	Skupina expertů pro všeobecnou koncepci rozstupů (ICAO)
RNAV	Area Navigation	Prostorová navigace
RNP	Require Navigation Performance	Požadovaná navigační výkonnost
RNP RNAV	Area Navigation with required navigation performance (RNP) ≤	Prostorová navigace s požadovanou navigační výkonností (RNP) ≤1

RPL	Repetitive Flight Plan	Stálý letový plán
RVSM	Reduced Vertical Separation Minimum	Snížení minim vertikálních rozestupu
ŘLP	-----	Řízení letového provozu
SARP	Standards and Recommended Practices	Normy a doporučené předpisy
SBAS	Satellite Based Augmentation System	Systém se satelitním rozšířením
SID	Standard Instrument Departure	Standardní odlet podle přístrojů
SSEC	Static Source Error Correction	Korekce chyby statického snímače
SSR	Secondary Surveillance Radar	Sekundární přehledový radar
STAR	Standard Instrument Arrival	Standardní přístrojový přílet
TGL	Temporary Guidance Leaflets	Dočasné příručky
TMA	Terminal Control Area	Koncová řízená oblast
TSE	Total System Error	Celková chyba systému
TVE	Total Vertical Error	Celková svislá odchylka (rozstupu letadel)
ÚCL	-----	Úřad pro civilní letectví
UIR	Upper Flight Information Region	Horní letová informační zóna
VOR	VHF Omni-directional Radio Range	VKV všesměrový maják
VSM	Vertical Separation Minimum	Minimum vertikálních rozestupů
WGS	World Geodetic System	Světový geodetický systém