

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Erika Hrubešová

MOŽNOST VYUŽITÍ PŘEHLEDOVÉ INFORMACE
PRO DISPEČERY AFIS

Diplomová práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621 Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Erika Hrubešová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Možnost využití přehledové informace pro dispečery AFIS**

Název tématu (anglicky): The possibility of utilization of surveillance information for AFIS officers

Zásady pro vypracování

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

- Pravidla poskytování AFIS
- Zdroje přehledové informace
- Možnost využití přehledových dat pro AFIS
- Certifikované vs. necertifikované přehledové systémy
- Případová studie aplikace přehledové informace pro stanoviště AFIS vybraného letiště



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Aerodrome Information Service (AFIS), Eurocontrol
Multilateration (MLAT) Concept of use, ICAO
Notice of Proposed Amendment 2016-09(B),
Requirements for ATS

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

Datum zadání diplomové práce: **28. července 2017**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **29. května 2018**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

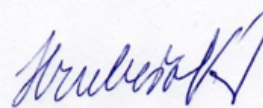
Bc. Erika Hrubešová
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....28. července 2017

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu tvorby mé diplomové práce. Děkuji i mé rodině a blízkým za podporu během celého mého studia.

V Praze dne 28.5.2018



Bc. Erika Hrubešová

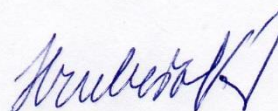
Čestné prohlášení

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

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

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

V Praze dne 28.5.2018



Bc. Erika Hrubešová

Abstrakt

Autor:	Bc. Erika Hrubešová
Název diplomové práce:	Možnost využití přehledové informace pro dispečery AFIS
Vedoucí diplomové práce:	Doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
Škola:	České vysoké učení technické, Fakulta dopravní
Místo a rok vydání:	Praha, 2018
Počet stran:	140
Počet příloh:	32
Klíčová slova:	AFIS, AFISO, požadavky, přehledový systém, RSP, multilaterace, bezpečnost, výkonnost, zátěž, situační povědomí

Tato diplomová práce se zabývá popisem pravomocí a omezení letištní letové informační služby AFIS. Práce především upozorňuje na potřebu lepší podoby informací o provozu na AFIS stanovištích. Řešení vidí v podobě implementace vhodně zvoleného přehledového systému na AFIS letiště, čímž sleduje snížení zátěže dispečera AFIS, která je na něj kladena z důvodu narůstající hustoty letového provozu. Práce také poukazuje na překážky související se zavedením přehledového systému na AFIS letiště a navrhuje jejich řešení. Celá problematika je poté aplikována na případovou studii konkrétního letiště a zvoleného přehledového systému.

Abstract

Author:	Bc. Erika Hrubešová
Title of Master's Thesis:	The possibility of utilization of surveillance information for AFIS officers
Thesis Mentor:	Doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
University:	Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation
Place and Year of Issue:	Prague, 2018
Number of Pages:	140
Number of Appendices:	32
Keywords:	AFIS, AFISO, requirements, surveillance system, RSP, multilateration, safety, performance, situational awareness, mental strain

This diploma thesis studies competences and limitations of Aerodrome Flight Information Service (AFIS). Primarily it points out the need for better form of operational information on airports with AFIS service. A solution which is based on implementation of chosen surveillance system appropriate for use at AFIS airports is suggested. This should decrease the mental strain of AFIS officer which results in an increase of air traffic density. Next, the thesis focuses on the obstacles related to the implementation of surveillance systems on AFIS airport and proposes their solution. Finally, a case study of a given airport and chosen surveillance system which implements the proposed methods and solutions, is performed.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK	7
ÚVOD	11
1 PROBLEMATIKA NEŘÍZENÝCH LETIŠŤ	13
1.1 LETIŠTNÍ LETOVÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA AFIS	13
1.1.1 Poskytování informací stanovištěm AFIS	13
1.1.2 Dispečer letištní letové informační služby	15
1.2 POROVNÁNÍ LETIŠTNÍ LETOVÉ INFORMAČNÍ SLUŽBY S ŘÍZENÍM LETOVÉHO PROVOZU	16
1.2.1 Minimální úroveň vybavení AFIS jednotky	17
1.3 VÝVOJ STANOVIŠTĚ AFIS A JEHO NEDOSTATKY	17
2 ZDROJE PŘEHLEDOVÉ INFORMACE	22
2.1 PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM	22
2.2 DRUHY PŘEHLEDOVÝCH SYSTÉMŮ	23
2.2.1 Radar	24
2.2.2 Automatický závislý přehledový systém – vysílání	29
2.2.3 Multilaterační systémy	30
2.3 VÝBĚR VHODNÉHO SYSTÉMU PRO AFIS LETIŠTĚ	31
3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ PŘEHLEDOVÝCH DAT PRO AFIS	34
3.1 SOUČASNÝ STAV PŘEHLEDOVÝCH SYSTÉMŮ NA AFIS LETIŠTÍCH	34
3.1.1 Implementace radaru na AFIS letiště	34
3.2 DRUHY INFORMACÍ Z PŘEHLEDOVÉHO SYSTÉMU VYUŽITELNÉ PRO STANOVIŠTĚ AFIS	41
3.2.1 Využití přehledových dat z radaru na AFIS letištích	41
3.2.2 Zavedení multilateračního systému na AFIS letiště	42
3.3 KATEGORIE PŘEHLEDOVÝCH DAT	43
3.3.1 Přehledová data	44
3.3.2 Extrahování a kalkulace přehledových dat	44
4 POŽADAVKY NA PŘEHLEDOVÉ SYSTÉMY NA AFIS LETIŠTÍCH	45
4.1 TECHNICKÉ VÝKONNOSTÍ POŽADAVKY NA PŘEHLEDOVÉ SYSTÉMY ..	46
4.1.1 Parametry popisující kvalitu přehledového systému	46

4.2 POŽADAVKY NA PLNOHODNOTNÝ PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM	50
4.2.1 Předpisová základna pro certifikaci a schválení multilateračního systému a systému automatického závislého sledování pro provoz	51
4.2.2 Postup pro přípravu implementace MLAT a ADS-B do provozu	53
4.2.3 Vývoj a projektování leteckého pozemního zařízení.....	57
4.3 POŽADAVKY NA PODPŮRNÝ PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM	58
5 PŘÍPADOVÁ STUDIE VYUŽITÍ PŘEHLEDOVÉ INFORMACE PRO STANOVIŠTĚ AFIS.....	60
5.1 STANOVIŠTĚ LETIŠTNÍ LETOVÉ INFORMAČNÍ SLUŽBY NA LETIŠTI V LETŇANECH	60
5.1.1 Popis současného pracoviště letištní letové informační služby	63
5.2 VOLBA PŘEHLEDOVÉHO SYSTÉMU	64
5.2.1 Funkční analýza rizik systému	64
5.2.2 Provozní požadavky na přehledový systém	65
5.2.3 Návrh úpravy pracoviště letištní letové informační služby	69
5.2.4 Technická specifikace přehledového systému	71
5.3 Návrh nízkonákladového přehledového systému.....	79
5.3.1 Aplikace provozních požadavků na nízkonákladový systém	80
5.3.2 Aplikace technických požadavků na nízkonákladový systém	82
5.3.3 Pohled Úřadu pro civilní letectví na návrh implementace nízkonákladového přehledového systému na AFIS letiště.....	89
SHRNUTÍ.....	94
ZÁVĚR	97
POUŽITÁ LITERATURA	99
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	108
SEZNAM TABULEK.....	110
SEZNAM PŘÍLOH	111
ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK.....	112
PŘÍLOHY	116

SEZNAM ZKRATEK

Tabulka 1 – Tabulka zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení	
A/V	Aircraft/Vehicle	Letadlo/Vozidlo
ACC	Area Control Centre	Oblastní služba řízení
ADC	Air Data Computer	Počítač letových dat
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast	Automatický závislý přehledový systém – vysílání
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance – Contract	Automatická závislý přehledový systém – kontrakt
AFIS	Aerodrome Flight Information Service	Letištní letová informační služba
AFISO	AFIS officer	Dispečer AFIS
AMC	Acceptable Means of Compliance	Přijatelné způsoby průkazu
ANSP	Air Navigation Service Providers	Poskytovatelé letových navigačních služeb
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System	Zdokonalený systém pro řízení pohybů na pohybové ploše
ATC/ŘLP	Air Traffic Control	Služba řízení letového provozu
ATO	Approved Training Organisation	Schválená výcviková organizace
ATM	Air Traffic Management	Uspořádání toku letového provozu
ATS	Air Traffic Services	Letové provozní služby
ATSP	Air Traffic Service Provider	Poskytovatelé letových provozních služeb
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Letištní provozní zóna
BITE	Built-In Test Equipment	Zabudované testovací vybavení
CDTI	Cockpit Display of Traffic Information	Zobrazení informací o provozu v kokpitu
CDU	Control Display Unit	Řízená displejová jednotka
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication	Komunikace mezi pilotem a řídicím pomocí data linku
CPS	Central Processing System	Centrální systém zpracování
CSP	Communication Service Provider	Síť poskytovatelů komunikačních služeb
Zdroje	[1], [3], (1)	

SEZNAM ZKRATEK

Tabulka 2 – Tabulka zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení	
DME	Distance Measuring Equipment	Zařízení pro měření vzdálenosti
DOV	Declaration of Verification	Prohlášení o ověření
DSU	Declaration of Conformity or Suitability of Use	Prohlášení o shodě a vhodnosti k použití
DT	Delivery Time	Čas, ve kterém musí být přehledová data doručena, nominální čas doručení
ELS	Elementary Surveillance	Základní přehled v módu S
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment	Evropská organizace pro vybavení v civilním letectví
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu
FHA	Functional Hazard Analysis	Funkční analýza rizik
FIC	Flight Information Centre	Středisko letové informační služby
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FIS	Flight Information Service	Letová informační služba
FL	Flight Level	Letová hladina
FMS	Flight Management System	System řízení letu
FRUIT	False Replies Unsynchronised To Interrogator Transition	Chybné odpovědi nesynchronizované s vysílajícím dotazovačem
FTS	Functional and Technical Specification	Funkční a technická specifikace
GAT	General Air Traffic	Obecné letectví
GS	Ground Speed	Rychlost letadla vůči zemi
HF	High Frequency	Vysoké frekvence
IAS	Indicated Airspeed	Indikovaná vzdušná rychlost
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFF	Identification Friend or Foe	Identifikace přítele nebo nepřítele
Zdroje	[1], [3], (1)	

SEZNAM ZKRATEK

Tabulka 3 – Tabulka zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení	
IFR	Instrument Flight Rules	Lety podle přístrojů
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
LT	Local time	Místní čas
MCDU	Multi-purpose Control and Display Unit	Víceúčelová řídicí a zobrazovací jednotka
MCTR	(Military) Control Region	Vojenský řízený okresek
MLAT	Multilateration System	Multilaterační systém
NAVAID	Navigational Aid	Navigační pomocné zařízení
ND	Navigation Display	Navigační displej
NOTAM	Notice To Airmen	Poznámka pro letce
NSA	National Supervisory Authority	Národní dohlížecí úřad
OSD	Operational Services and Environment Definition	Definice provozních služeb a prostředí
OT	Operational Overdue Time	Doba, za kterou musí být přehledová data přenesena bez zpoždění
PBCS	Performance Based Communication and Surveillance	Komunikace a přehled založený na výkonnosti
PBN	Performance Based Navigation	Navigace založená na výkonnosti
PRM	Precision Runway Monitor	Přesné sledování vzletové a přistávací dráhy
PSR	Primary Surveillance Radar	Primární přehledový radar
PSSA	Preliminary System Safety Assessment	Předběžné zhodnocení bezpečnosti systému
RADAR	Radio Detection and Ranging	Rádiové rozpoznávání a zaměřování
RCMS	Remote Control and Monitoring	Řídicí a monitorující stanice
RMTR	Reference and Monitoring Transponder	Referenční a monitorující odpovídač
RSP	Required Surveillance Performance	Požadavky na přehledovou výkonnost
Zdroje	[1], [3], (1)	

SEZNAM ZKRATEK

Tabulka 4 – Tabulka zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení	
RU(s)	Receiving Units	Přijímací jednotky
RVSM	Reduced Vertical Separation Minima	Snížená minima na vertikální rozstupy
RWY/VPD	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SAM	Safety Assessment Methodology	Metodika posouzení bezpečnosti
SARPs	Standards and Recommend Practices	Standardy a doporučení ICAO
SASP	Separation and Safety Panel	Požadované rozstupy a úroveň bezpečnosti
SES	Single European Sky	Jednotné evropské nebe
SLS	Side Lobe Suppression	Potlačení postranních laloků
SPI	Surveillance Performance and Interoperability	Výkonnost přehledových systémů a interoperabilita
SSA	System Safety Assessment	Vyhodnocení bezpečnosti systému
SSR	Secondary Surveillance Radar	Sekundární přehledový radar
TA	Traffic Advisory	Upozornění na provoz
TAS	True Airspeed	Pravá vzdušná rychlost
TDOA	Time Difference of Arrival	Časový rozdíl příchodu signálů
TMA	Terminal Control Area	Koncová řízená oblast
TWY	Taxiway	Pojížděcí dráha
ÚCL/CAA	Civil Aviation Authorities	Úřad pro civilní letectví
UPS	Uninterruptable Power Supply	Zdroj nepřerušovaného napájení
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinovaný světový čas
VFR	Visual Flight Rules	Lety za viditelnosti
VHF	Very High Frequency	Velmi vysoké frekvence
WAM	Wide Area Multilateration	Multilaterační systém pro široké oblasti
XPDR	Transponder	Odpovídač
Zdroje	[1], [3], (1)	

ÚVOD

Flexibilní využívání vzdušných prostorů, efektivita provozu letadel a s ní související snížení negativního vlivu letecké dopravy na životní prostředí představují dnes hlavní požadavky na vývoj letecké dopravy. Těchto cílů je možné dosáhnout pomocí implementace inovativních technologií, které mají za úkol podpořit rozvoj a modernizaci řízených i neřízených letišť. Aby bylo možné rozhodnout, které systémy pro implementaci na dané letiště přicházejí nejvíce v úvahu, je nutné důkladně analyzovat problematiku současného stavu letecké dopravy.

Obecně je možné říct, že poptávka po letecké dopravě neustále roste. Hlavním důvodem může být snižování cen letenek leteckými společnostmi, čímž se letecká doprava stává dostupnější i pro ekonomicky slabší jedince naší společnosti. Nicméně, zájem neroste pouze na poli dopravního létání. Velkou šanci na zvýšení klientely mají dnes i provozovatelé jednomotorových letadel, která se již dají využívat i pro obchodní účely. Jak se zdá, letecká doprava je velice perspektivním odvětvím se zajímavým potenciálem dynamického vývoje do budoucna. Avšak je potřeba vždy vidět i druhou stranu mince. Na jedné straně stojí provozovatelé letadel těšící se ze zájmu cestujících o jejich služby, a na straně druhé poskytovatelé letových navigačních služeb a provozovatelé letišť, pro něž se vykonávání služby stává každým dnem náročnější. Důvodem je neustálé zvyšování hustoty letového provozu jakožto důsledek zvýšené poptávky po letecké dopravě.

Jak se zdá, současný systém uspořádání toku letového provozu (ATM – Air Traffic Management) začíná být nevyhovující pro řízení rapidního, ekonomického a spolehlivého vývoje letecké dopravy. Tato situace může představovat riziko, že v budoucnu nebude ATM systém schopný zaručit poskytování vysokých bezpečnostních standardů požadovaných Mezinárodní Organizací pro Civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organization) a Evropskou organizací pro bezpečnost letového provozu (EUROCONTROL – European Organization for the Safety of Air Navigation). Problém vzrůstajícího stupně hustoty letového provozu však není otázkou jen služby řízení letového provozu na řízených letištích. Právě z důvodu komercializace jednomotorových letounů se předpokládá, že hustota letového provozu poroste i na neřízených letištích. Protože některá neřízená letiště začala být v současné době významně vytížena, nebylo už možné na nich zajistit bezpečný provoz pouze pomocí služby Rádio. Neřízená letiště se proto rozdělila na letiště neřízená a letiště neřízená poskytující letištní letovou informační službu (AFIS – Aerodrome Flight Information Service).

Tato práce se zabývá právě problematikou růstu hustoty letového provozu na neřízených AFIS letištích. V práci jsou popsány základní rozdíly mezi stanovištěm AFIS a řízením letového provozu, a dále pak pravomoci a omezení při poskytování služeb AFIS. V práci jsou také porovnány cíle, výhody a nedostatky, které provázely vznik stanoviště AFIS.

Obecně je možné říci, že mezi hlavní aspekty ovlivňující úroveň poskytování služeb AFIS patří vybavení stanoviště AFIS a výcvik dispečera stanoviště AFIS, tzv. AFISO (AFISO – AFIS officer). Aby nedocházelo k přetěžování AFISO a tím i ke snížení požadované hladiny bezpečnosti, je potřeba vývoj letecké dopravy na daném letišti a v k němu přiléhajícím prostoru sledovat. Analýza vývoje letecké dopravy na daném letišti umožní pružnou reakci na vznikající rizika snížení bezpečnosti ve smyslu včasného podchycení nutnosti modernizace stanoviště AFIS a struktury systému poskytování jeho služeb.

Rizika je možné si představit v podobě neplnění funkce služby, ke které bylo stanoviště založeno. Stanoviště AFIS bylo zřízeno především za účelem poskytování informací o provozu a meteorologické situaci na daném letišti a v k němu přilehlém prostoru. Ovšem s ohledem na zvyšující se stupeň hustoty letového provozu je možné potvrdit, že stanoviště AFIS potřebuje změnu ve formě lepší podoby informací o provozu. Hlavními nástroji modernizace je implementace pokrokových technologií a systémů, jejichž úkolem je podpořit vyloučení potenciálních rizik vyplývajících ze zastaralé struktury ATM systému, pomocí zvýšení navigační a přehledové výkonnosti poskytovaných služeb.

Proto hlavním cílem této práce není pouze představení a zhodnocení současného stavu služeb AFIS, ale především posouzení modernizace AFIS stanoviště z hlediska možnosti implementaci přehledových systémů. Zavedení přehledových systémů má význam především při zdokonalení podoby informací o provozu a dále pak také při snižování zátěže řídicího v podobě zvýšení jeho situačního povědomí o letovém i letišťím provozu. Práce hodnotí a rozebírá vhodnost aplikace přehledových systémů na AFIS letiště na základě porovnání jejich výhod a nevýhod z hlediska funkce, ale i poměru cena/výkon. Práce dále také vyhodnocuje úspěšnost již zavedených přehledových systémů na AFIS letiště, kterých není mnoho. Hlavní překážku zavedení přehledových systémů na AFIS letiště totiž představuje nejednotnost legislativy pro stanoviště AFIS. Práce proto sjednocuje požadavky na zavedení přehledového systému na AFIS letiště jak z hlediska technického, tak z hlediska potřeb a využitelnosti služeb AFIS. Výsledky teoretické části jsou následně aplikovány v případové studii, kde byl připraven návrh implementace zvoleného přehledového systému na vybrané AFIS letiště.

1 PROBLEMATIKA NEŘÍZENÝCH LETIŠŤ

Obecně je možné rozdělit letiště na řízená a neřízená. Řízená letiště jsou taková letiště, na kterých je letištnímu provozu poskytována služba řízení letového provozu. [1] Ostatní letiště jsou letiště neřízená. Neřízená letiště se dále dělí na letiště AFIS a letiště bez letových provozních služeb (ATS – Air Traffic Services). Na AFIS letištích je poskytována letištní letová informační služba (AFIS – Aerodrome Flight Information Service) a pohotovostní služba známému provozu. Na letištích bez ATS a v jejich příslušné letištní provozní zóně (ATZ – Aerodrome Traffic Zone), která slouží k ochraně letištního provozu, se neposkytuje ani služba řízení letového provozu ani služba AFIS. Poskytovány jsou pouze omezené informace známému provozu. [1]

Obecně na jednom letišti mohou být poskytovány letové provozní služby stanovištěm ATS, letištní letovou informační službou AFIS nebo službou Rádio. Avšak vždy může být na letišti aktivní pouze jedna z nich. Mezi letové provozní služby ATS patří služba řízení letového provozu, letová informační služba a pohotovostní služba. Oproti tomu stanoviště AFIS poskytuje pouze letištní letovou informační službu a pohotovostní službu, a služba Rádio zajišťuje pouze omezenou informační službu. Aby bylo jasné, kdy je jaká služba na daném letišti právě aktivní, a v jaké části vzdušného prostoru působí, musí být mezi stanovišti daných služeb uzavřena dohoda o koordinaci a stanoveny místní postupy. [7]

1.1 LETIŠTNÍ LETOVÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA AFIS

Letištní letová informační služba AFIS vznikla jako reakce na zvyšující se hustotu letového provozu na neřízených letištích. V mnoha zemích Evropy se AFIS poskytuje na letištích, která nejsou dostatečně vytížená na to, aby na nich bylo nutné poskytovat kompletní služby řízení letového provozu, ale provoz je natolik hustý, že vyžaduje zřídit alespoň nějakou službu. Tato služba by měla poskytovat pilotům dostatečné informace pro bezpečný a efektivní pohyb na letišti i v příslušném prostoru v okolí letiště, který se většinou klasifikuje jako letištní provozní zóna ATZ. O tom, zda je nutné zřídit řízené letiště nebo je dostačující stanoviště AFIS, rozhoduje provozovatel letiště na základě posouzení vzdušného provozu, hustoty letadel na letišti a v příslušném prostoru v okolí letiště, topografických a meteorologických podmínek, a dalších faktorů ovlivňující bezpečnost a efektivnost letů. [8]

1.1.1 Poskytování informací stanovištěm AFIS

Letištní letová informační služba AFIS vznikla na základě zkušeností, které ukázaly, že při poskytování informací o provozu v okolí se významně zvyšuje situační povědomí pilota, čímž se předchází řadě problémů, incidentů a nehod. Poskytování informací službou AFIS se postupně vyvíjelo, což znamenalo, že se obsah zpráv ze stanoviště AFIS podstatně zvyšoval. Ukázalo se, že velice záleží, jaké informace pilot po dobu letu dostává. Vždy je potřeba myslet

na to, že pilot by měl dostat co nejvíce informací, které mu poskytnou úplný přehled, v jakých podmínkách se pohybuje nebo o situaci ve vzduchu nebo na zemi. Pouze tak dokáže správně vyhodnotit situaci. Avšak, na druhou stranu je potřeba myslet na to, že pilot by neměl být zahlcen přebytečnými informacemi. Posoudit, jaké informace jsou podstatné, není jednoduché. Některé informace, které se zdají ve většině případů přebytečné, mohou být v konkrétním případě velice cenné. Příkladem mohou být detailní informace o poloze letadla v podobě navigační pomoci při ztrátě orientace pilota, které však při běžném letu potřeba nejsou. Proto jsou poskytovány až na vyžádání.

Na základě zkušeností byl vytvořen předpis, který stanovuje, jaké informace musí být během provozu poskytovány, a jakým způsobem. Konkrétně je v předpisu stanoveno, že úkolem stanoviště AFIS je dosáhnout bezpečného, řádného a časově úsporného toku letového provozu na letišti i v jeho okolí pomocí podávání informací pilotům tak, aby bylo předcházeno kolizím letadel. Proto bylo na základě zkušeností dohodnuto, že stanoviště AFIS bude poskytovat pilotům vždy následující služby [7]:

- **Podáváním informací o známém provozu**

Informace o známém provozu by měly zahrnovat informace o dráze v užívání, směru letištního okruhu a druhu letové činnosti na letišti a v příslušném přilehlém prostoru letiště. Dále pak informace o provozu na letišti a v jeho okolí. Jako příklad lze uvést podání informace letadlu, že jiné letadlo se nachází na x-té hodině vůči němu. Nebo podání informace o pořadí letadla na finále či informace o výsádkách v okolí letiště.

- **Podávání informací o letišti**

Mezi informace o letišti se řadí informace o stavu letiště, jako například o stavu pohybové plochy, zkrácení dráhy, uzavření části pohybové plochy apod. Patří sem i informace o překážkách na letišti a v jeho blízkosti, které jsou jiné než obvyklé. Na vyžádání se poskytují všechny dostupné informace o letišti a jeho okolí, jako je například směr, délka, šířka, únosnost a sklon vzletové a přistávací dráhy (RWY/VPD – Runway), nadmořská výška letiště, souřadnice vztažného bodu letiště, význačné překážky na letišti a v jeho okolí atd. Nicméně dle předpisu L 11, dodatku N, spadá podávání informací o letišti pod bod podávání informací o známém provozu.

- **Podávání informací o meteorologických podmínkách**

Mezi informace o meteorologických podmínkách patří například informace o směru a rychlosti přízemního větru, včetně zjištěných nárazů a význačných odchylek, dále pak informace o význačném počasí, jako jsou bouřky, krupobití, snížená dohlednost, silné turbulence atd. Patří sem i informace o QNH letiště.

- **Koordinace drah v užívání**
- **Spolupráce a zaktivování týmu pro hledání a záchranu v případě nehody**

Dle předpisu L 11, dodatku N, se nemusí informace o letišti a meteorologické informace poskytovat v případě, že letadlo provádí místní činnost a je jisté, že pilot již tyto informace obdržel a podmínky se od té doby nezměnily. Na vyžádání však dispečer AFIS tyto informace musí poskytnout.

Z výše uvedeného vyplývá, že stanoviště AFIS musí mít vždy k dispozici informace na daném letišti o aktuálním i oblastním QNH, směru a rychlosti přízemního větru, teplotě, podmínkách na pohybových plochách včetně překážek a jiných nebezpečí, o koordinovaném světovém čase (UTC – Coordinated Universal Time), a meteorologických podmínkách včetně předpovědi počasí. [7]

Dle předpisu L 11 dodatku N [7] musí být služba AFIS poskytována v publikované provozní době letiště. Nicméně služba AFIS musí být za určitých okolností, jakými jsou například plánované lety v noci, výcvik pilota, výsadky atp., poskytována i mimo provozní dobu letiště.

1.1.2 Dispečer letištní letové informační služby

Provoz na stanovišti AFIS řídí dispečer AFIS, tzv. AFISO, který musí být řádně vycvičen pro výkon své profese. AFISO musí být držitelem AFIS licence a průkazu radiotelefonisty letecké pohyblivé služby. Konkrétně v České republice je hustota letového provozu zatím ještě relativně nízká, tudíž dle leteckého předpisu může být na stanovišti AFIS pouze jeden AFISO. [14] Výcvik AFISO se může částečně lišit na základě vybavení stanoviště AFIS, nicméně minimální požadavky na výcvik AFISO zůstávají stejné. Požadavky se mohou zpříšňovat či rozšířit v případě dokonalejšího vybavení stanoviště AFIS. V případě aplikace přehledového systému na AFIS letišti musí být zaručeno, že AFISO byl řádně proškolen, jakým způsobem se přehledový systém používá a jaké informace systém poskytuje. Konkrétněji, jestli se jedná pouze o podpurný systém pro ověření informací, které získává z jiného systému, nebo jestli mu systém poskytuje plnohodnotné informace, které už není nutné dále ověřovat.

Dispečer AFIS vychází při výkonu svého povolání z následujících publikací:

- L 2 - Pravidla létání
- L 11 - Letové provozní služby
- L 11 DODATEK N 23. 11. 2006 Oprava č. 3/ČR Dod. N–2
- L 13 - Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů
- L 14 – Letiště
- L 15 - Předpis o letecké informační službě

- L 4444 - Postupy pro letové navigační služby
- Letecká informační příručka AIP ČR, Díl I, Díl II a Díl III
- Letecké oběžníky podle charakteru letiště
- Platné NOTAMy (Notice To Airmen), které mají vztah k letišti nebo ATZ

1.2 POROVNÁNÍ LETIŠTNÍ LETOVÉ INFORMAČNÍ SLUŽBY S ŘÍZENÍM LETOVÉHO PROVOZU

Letová informační služba (FIS – Flight Information Service) je služba, která je poskytována pouze letadlům na trati střediskem letové informační služby (FIC – Flight Information Centre). V případě, že je letová informační služba poskytována letadlu na neřízeném letišti nebo v jeho okolí, je tato služba označována jako letištní letová informační služba AFIS. [31] Dispečer AFIS poskytuje službu AFIS z AFIS jednotky, která musí být umístěna na letišti tak, aby bylo možno v maximální možné míře sledovat provoz na provozní ploše a v blízkosti letiště. Jednotka AFIS není jednotkou řízení letového provozu, tudíž AFIS dispečer nesmí vydávat letová povolení. Avšak v jeho pravomoci je letové povolení a varování vydané stanovištěm služby řízení letového provozu (ŘLP) pilotovi předat. Z toho vyplývá, že piloti jsou zcela zodpovědní za udržování patřičných rozstupů na AFIS letištích a v příslušných zónách ATZ. Nicméně je třeba říci, že předpis L 11, dodatek N, umožňuje AFISO ve výjimečném případě, tj. v případě, kdy je nutné odvrátit hrozící nebezpečí, vydat pilotům příkaz nebo zákaz. Příkaz nebo zákaz smí být vydán jen pro bezprostřední zabránění možnosti vzniku incidentu nebo letecké nehody. V případě vydání příkazu je pilot letadla odpovědný za rozhodnutí, zda je schopen takový příkaz dodržet, aniž by ohrozil bezpečnost letu.

Oproti tomu na řízeném letišti je poskytována služba řízení letového provozu (ŘLP), jejímž úkolem je zabránit srážkám letadel na letišti nebo v jeho blízkosti. Pro splnění tohoto úkolu ŘLP využívá vizuální navigační vybavení, radionavigační vybavení a přehledové systémy. Mezi vizuální navigační vybavení patří znaky, značení a značky. V menším rozsahu je možné se s nimi setkat i na neřízených letištích.

Rozdíl mezi řízeným a neřízeným letištem je především v tom, že řízená letiště mají takové vybavení, které umožňuje řídicímu určit přesnou polohu letadla. Díky radionavigačnímu vybavení může řídicí navádět neboli „trackovat“ letadla na trati nebo je usadit do správné sestupové roviny, a i za zhoršených meteorologických podmínek dovést letadlo až na zem. Oproti tomu letištní letová informační služba AFIS tuto službu nenabízí, protože neřízená letiště nejsou pro poskytování takových služeb vybavena. Důvodem mimo jiné je, že na neřízených letištích převládají lety za viditelnosti (VFR – Visual Flight Rules), u kterých se předpokládá, že jsou prováděny pouze za příznivých meteorologických podmínek stanovených předpisem. Let se provádí jako srovnávací navigace mapy a terénu, tudíž není vektorování letounu potřeba.

Dalším nástrojem pro sledování polohy letadla ve vzduchu jsou přehledové systémy. Přehledové systémy se používají především na řízených letištích, kde podobně jako radionavigační systémy pomáhají určit polohu letadla ve vzduchu nebo na zemi. Nyní je otázkou, jestli by nebylo vhodné zavést přehledové systémy i na neřízená AFIS letiště. [5]

1.2.1 Minimální úroveň vybavení AFIS jednotky

Minimální úroveň vybavení AFIS jednotky je dána předpisem L 11. [12], [5], [17] Toto vybavení musí být vždy na každém stanovišti AFIS. Patří sem například hlavní a záložní rádiová stanice, zařízení pro záznam korespondence, telefon, indikátor směru a rychlosti přízemního větru, barometrický výškoměr/přesný barometr, teploměr, hodiny ukazující místní čas (LT – Local Time) i koordinovaný světový čas UTC, dalekohled, zobrazovač letových dat nebo pozemní vizuální osvětlení včetně pohotovostního osvětlení. Při větší vytěžitelnosti letiště může být AFIS jednotka vybavena dalšími pomocnými zařízeními a nástroji.

V tabulce 5, která je přiložena v příloze, bylo porovnáno vybavení AFIS letišť v Českých Budějovicích a Letňanech. Horní část tabulky přejímá povinné vybavení stanoviště AFIS z předpisu L 11 a sleduje úspěšnost dodržení tohoto vybavení na sledovaném letišti. V dolní části tabulky je uvedeno vybavení, kterým disponují daná stanoviště navíc oproti vybavení, které je uvedené v předpisu.



(4)

Obrázek 1 – Stanoviště AFIS

1.3 VÝVOJ STANOVIŠTĚ AFIS A JEHO NEDOSTATKY

Letectví je obor, který se neustále vyvíjí a zájem o něj roste. Tudiž roste i počet pohybů na neřízených letištích. V minulosti první reakcí na neustále se zvyšující hustotu letového provozu bylo rozdělení neřízených letišť na neřízená letiště a neřízená letiště se službou AFIS. Přičemž stanoviště AFIS představovalo v podstatě mezikrok mezi neřízenými a řízenými letišti, mezi kterými byl obrovský rozdíl, co se jejich vybavenosti týče. Je nutné zmínit, že zavedení

AFIS na neřízených letištích nebylo vůbec jednoduché, protože právě obrovský propad mezi neřízeným a řízeným letišťem znamenal řadu úprav neřízených letišť a tím pádem i spoustu nákladů. Mnohá letiště nebyla schopná nově nastavených požadavků na vznik AFIS letišť dosáhnout. Proto bylo potřeba přijít alespoň s částečnou ekonomickou výhodou pro AFIS letiště. Výhoda spočívala v umožnění pilotům odlétat letecký výcvik s doložkou létání podle přístrojů (IFR – Instrument Flight Rules) na neřízených AFIS letištích. To mělo přinést provozovateli finance z dalších přistávacích poplatků, které uspíší navrácení počáteční investice do vybavení AFIS letiště a financování jeho provozu. Avšak v praxi se ukázalo, že tato výhoda nemá pro provozovatele AFIS letiště zásadní význam, a že provozování AFIS letiště není levnou záležitostí. Z tohoto důvodu existuje v České republice neřízených letišť se službou AFIS jen omezený počet. Na druhou stranu například v Německu je možné nalézt 28 AFIS letišť z celkového počtu 103 letišť v zemi [39], ve Francii 31 AFIS letišť ze 131 letišť v zemi [40] a v Norsku 35 AFIS letišť z 59 letišť v zemi. [41] [30]

Avšak růst hustoty letového provozu od zavedení AFIS letišť stále pokračoval. Na řízených letištích se začaly zavádět nové, modernější systémy, a tím se začal prohlubovat rozdíl i mezi AFIS letišti a řízenými letišti. Otázkou proto je, jestli by se neměl počet řízených letišť navýšit a převést některá AFIS letiště na letiště řízená. Jak ale vyplývá z odstavce výše, minimálně v České republice by tato změna neměla smysl.

Dále je potřeba si uvědomit, že na neřízená letiště létají převážně piloti, kteří mají létání jako koníček. Proto, i kdyby AFIS letiště našly dostatečné finanční prostředky pro přestavbu letišť na letiště řízená, je jasné, že by hledaly cestu, jakým způsobem se jim počáteční investice vrátí. Okamžité řešení se nabízí v podobě zvýšení cen přistávacích poplatků. A tak je velice pravděpodobné, že piloti, kteří se nevěnují létání profesionálně, by na bývalá AFIS letiště přestali z finančních důvodů létat. Proto se jako nejzajímavější řešení nabízí využití jen některých moderních nástrojů a zařízení pro modernizaci AFIS letišť, které by neměly mít na AFIS letiště tak enormní ekonomický dopad. Avšak aby měla investice do modernizace těchto letišť smysl, je potřeba najít největší nedostatky při poskytování služby AFIS a zavést pouze takové systémy, které pomohou největší současné nevýhody služby AFIS vyřešit.

Jak již bylo řečeno dříve, hlavním úkolem stanoviště AFIS je podávání přesných informací známému provozu. Ačkoliv stanoviště AFIS nezodpovídá za konečné provedení letu a jedná se pouze o poradní orgán, je důležité si uvědomit, že pilot, který je za provedení letu zodpovědný spoléhá na to, že informace, které obdrží ze stanoviště AFIS jsou správné a jejich základě dělá další rozhodnutí. Tudíž pokud pilot od AFIS neobdrží přesné informace, může to zásadně ovlivnit jeho rozhodnutí a způsobit fatální následky. Doposud stanovené minimální vybavení stanoviště AFIS, které bylo zvoleno na základě provozních zkušeností, bylo dostatečné. Avšak, požadavky, které představovaly před několika lety dostatečnou úroveň bezpečnosti, nemusí dnes zaručovat stejné výsledky.

Obecně by měl pilot vždy dostat co nejvíce informací, které mu pomohou zformovat správný úsudek o vzdušné či pozemní situaci, ale zároveň nesmí být informacemi přehlcen. Na druhé straně stojí AFISO, který má balíček vhodných informací pilotovi předat. Pokud bude AFISO poskytovat službu malému počtu letadel, které se budou nacházet v daném přilehlém prostoru letiště, je jasné, že bude mít na přípravu vhodného balíčku informací pro piloty dostatečný čas, stejně tak jako na sledování všech pohybů ve vzduchu nebo na zemi. Jakmile ale začne letový provoz houstnout, bude se krátit i čas na přípravu vhodného balíčku informací. AFISO začne být vystavován stresovým situacím, kdy musí rozhodovat, jaké informace je pilotovi potřeba sdělit neprodleně a jaké informace ho zdrží od předání jiných důležitých informací jinému pilotovi. Aby AFISO dokázal situaci správně vyhodnotit a stresové okamžiky zvládnout, musí projít náročným výcvikem. Ačkoliv řádný a pečlivý výcvik je jednou z forem, jak předejít chybám osob na pracovišti, je důležité brát také ohled na výběr kandidáta na pozici AFISO. Důležité je především uvážit různé indispozice každého člověka pro výkon tohoto povolání. Pouze tak bude zaručena vysoká bezpečnost a úroveň poskytovaných služeb na různých stanovištích AFIS nebude kolísat. Požadavky na výcvik AFISO by proto měly být sjednoceny stejně tak jako definice náplně práce AFISO. AFISO by se měl věnovat pouze činnosti definované předpisem a neupínat svou pozornost jinam. AFISO by měl také být řádně jazykově vybaven. V případě České republiky to znamená, že by měl hovořit i psát českým a anglickým jazykem proto, aby nedocházelo k nedorozumění v případě komunikace s pilotem nebo dalšími letovými/letištními složkami.

Zátěžovým faktorem pro AFISO může být nejen vysoká hustota letového provozu, ale také VFR lety bez radiostanice na palubě letadla. AFISO musí počítat s tím, že se v jeho sledovaném vzdušném prostoru mohou objevit i letadla bez spojení nebo jiný neznámý provoz, a dle předpisu L-11 dodatku N (2.4.5. d)) má na ně povinnost reagovat. Nicméně, AFISO by měl s přiletem/odletem takového letadla počítat dopředu. Důvodem je, že dle předpisu L-2 3.2.5.6 pilot letadla nevybaveného radiostanicí, který má v úmyslu přiletět na neřízené letiště nebo z něho odletět, je povinen předem zkoordinovat přilet nebo odlet se stanovištěm AFIS. [57] AFISO dále také musí udržovat přehled o známých letech z hlediska předpokládaného času návratu, je-li tak dohodnuto. [7] Z výše zmíněného je jasné, že pro odlehčení zátěže řídicího je potřeba zvýšit jeho situační povědomí a zautomatizovat jeho přehled o vzdušném prostoru. Přestože se jako řešení nabízí nařídit povinné zavedení radiostanice do všech letadel, narazí se zde na již výše zmíněný problém. Zavedení radiostanic do všech letadel, včetně starších typů, by znamenalo značné náklady pro majitele letadel, a ne vždy by to bylo vůbec technicky proveditelné. Je proto potřeba vydat se jinou cestou.

Další možností, která by mohla přispět ke zvýšení situačního povědomí AFISO, je zavedení přehledových systémů na AFIS letiště. Jak vyplývá z podkapitoly Minimální úroveň

vybavení AFIS jednotky, stanoviště AFIS zatím využívá pouze základního vybavení a prakticky vůbec nevyužívá moderních technologií. Přehled o provozu získává dispečer na základě vizuálních poznatků, případně pomocí dalekohledu, dále pak pomocí sluchátek a komunikace s pilotem. Jestli je skutečně potřeba zavést lepší moderní vybavení lze na základě předpisů těžko vyvodit, protože se předpisy popisující AFIS rozcházejí a každý provozovatel AFIS vychází z jiného předpisu. Například na základě předpisu L 11 byl vytvořen konkrétní seznam minimálního vybavení AFIS stanoviště. Naopak dle tzv. AFIS manuálu má být stanoviště AFIS vybaveno stejně jako letištní řídicí věž na letišti s malou hustotou letového provozu, čímž vlastně nejsou uvedeny žádné konkrétní požadavky. Toto může být jeden z důvodů, proč se doposud nad implementací přehledových systémů na AFIS letiště zatím neuvažovalo. Otázkou také zůstávají náklady na implementaci. Navíc, zavedení přehledových systémů by nebyla pouze otázka financí. Aby byly systémy správně používány, bude potřeba proškolit AFISO, jak s nimi pracovat.

Vydat se tímto směrem se zdá být jako nezbytné řešení už z důvodu předpokladu zvyšující se hustoty letového provozu v budoucnu. Mělo by se však myslet na to, že mít nápad je dobrý začátek, ale bohužel nějakou dobu trvá, než dojde k jeho realizaci. Proto, i když se na některých AFIS letištích nemusí zavedení přehledových systémů zdát být nutné nyní, je možné, že za několik let se situace výrazně změní. Tak jako tak prvním krokem by mělo být přesvědčení provozovatelů stanovišť AFIS o nutnosti zavedení přehledových systémů jako reakci na snižující se bezpečnost, jinak by služba AFIS mohla ztratit svůj smysl. Dalším krokem by mělo být zvážení jaké konkrétní přehledové systémy na AFIS letiště zavést a zjistit jejich využitelnost. Následně by měl být připraven konkrétní návrh a jeho certifikace. Nicméně zde je právě další kámen úrazu. Problém spočívá v tom, že zavedení přehledových systémů na AFIS letiště může mít podstatně komplikovanou certifikaci, což může celý proces modernizace AFIS letišť značně zpomalit. Zatím neexistuje certifikační báze, která by přesně specifikovala, které přehledové systémy mohou být na AFIS letiště zavedeny, a které ne, a tím pádem neexistují ani konkrétní požadavky, jaké informace smí dispečer AFIS z přehledového systému využívat. Konkrétněji zda přehledový systém může být využit jako pouze podpůrný systém nebo může být využíván plnohodnotně.

Dále je potřeba také myslet na to, že hustota letového provozu neporoste pouze na AFIS letištích, ale také na letištích bez služby AFIS. Proto se odhaduje, že i počet neřízených letišť se stanovištěm AFIS poroste. Je proto potřeba nastavit požadavky na poskytování služby AFIS co nejdříve tak, aby stanoviště vysoký stupeň provozu bez problémů zvládalo a nevznikaly tak přehnané nároky na dispečera AFIS.

Nakonec je potřeba si uvědomit, že pokud nedojde ke sjednocení požadavků na poskytování AFIS a certifikaci přehledových systémů na těchto letištích, bude i úroveň

poskytování této služby na jednotlivých stanovištích odlišná. Tím pádem může i úroveň bezpečnosti na jednotlivých stanovištích kolísat.

2 ZDROJE PŘEHLEDOVÉ INFORMACE

Hlavní cílem uspořádání letového provozu ATM je nastavení flexibilnějšího a efektivnějšího využívání vzdušného prostoru, a dále pak snížení nepříznivého efektu letecké dopravy na životní prostředí. Aby bylo možné udržet stálou kontrolu nad letovým provozem a co nejefektivněji vést letadla ve vzdušných prostorech, jsou nezbytnou součástí moderní nástroje a zařízení, které mají za úkol pomoci pilotům i řídicím zajistit vysokou bezpečnost a spolehlivost letového provozu.

Právě letecké přehledové systémy představují jednu z nejdůležitějších skupin těchto nástrojů pro uspořádání toku letového provozu ATM. Je však nezbytné určit, jaký přehledový systém by pro použití na neřízených letištích s AFIS byl nejlepší, a proto je nutné se na ně podívat blíže.

2.1 PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM

Přehled hraje velmi významnou roli v letovém provozu. Schopnost přesně určit, navádět a aktualizovat polohu letadla má přímý vliv na minima rozstupů letadel a zároveň i na efektivnost využívání vzdušného prostoru. Ve vzdušných prostorech bez elektronického sledování a přehledových systémů, kde polohu letadla hlásí sami piloti, musí být zavedeny podstatně větší rozstupy mezi letadly. Důvodem je nutnost počítat s nepřesností ohlášené polohy plynoucí ze zpoždění doručení informace o poloze a nízké rychlosti aktualizace této informace. Naopak v řízených vzdušných prostorech, kde jsou přehledové systémy používány a polohy letadel jsou pravidelně aktualizovány, je možné využívat vzdušný prostor efektivněji a zvládnout tak vyšší hustotu letového provozu při snížených hodnotách minimálních rozstupů. V tomto případě přehledové funkce poskytují indikaci neočekávaných pohybů letadel, čímž zajišťují bezpečnost. Přesné sledování může být také využito jako základ pro automatické pohotovostní systémy.

Doposud byly přehledové systémy využívány především na řízených letištích, kde na základě jejich funkce bylo možné letadla sledovat, navádět a vektorovat. Schopnost přesného sledování umožňuje řídicímu být včas upozorněn, když je zaznamenáno, že se letadlo odchyluje od výšky nebo trati, kterou má pilot zadanou ve svém letovém plánu, nebo v případě, když je předpovězeno, že poloha dvou letadel dosáhne nižších hodnot minim rozstupů, než je povoleno dle přijatelných standardů. Upozornění musí být také vydáno v případě, že se letadlo nachází pod minimální bezpečnou výškou, nebo pokud vstoupí do zakázaného vzdušného prostoru.

Za účelem zvýšení kapacity vzdušných prostorů a využitelnosti přehledových systémů je potřeba se zamyslet také nad koncepcí uspořádání letových tratí. Původní myšlenka fixní struktury letových tratí měla poskytovat vyšší jistotu pohybu letadla, ale především menší zátěž řídicího při jeho sledování a řešení potenciálních konfliktů, a tím i dynamičtější letecké

prostředí. S narůstající hustotou letového provozu však začínají být tratě čím dál více přeplněné, a to vede k neefektivnímu využívání vzdušného prostoru. Zavedením moderních technologií dochází ke zlepšování navigační výkonnosti na palubě letadla, a tím pádem mají uživatelé vzdušného prostoru možnost flexibilněji určit trať nejhodnější z hlediska provozních podmínek. Za účelem podpory přehledu řídicích a AFISO pro snadné využívání konceptu navigace založené na výkonnosti (PBN – Performance Based Navigation), vznikl koncept navigace založené na komunikaci a přehledu (PBCS – Performance Based Communication and Surveillance), který upravuje požadavky na zavádění přehledových a komunikačních systémů. Protože požadavky na přehledovou výkonnost (RSP – Required Surveillance Performance) nastavují pouze výkonnost, kterou má systém splňovat, neomezují vývoj a zavádění nových modernějších systémů. Konkrétně díky RSP není dáno, jakým způsobem musí být přehledový systém přesně konstruován, ale je dána pouze výkonnost, kterou musí systém poskytnout.

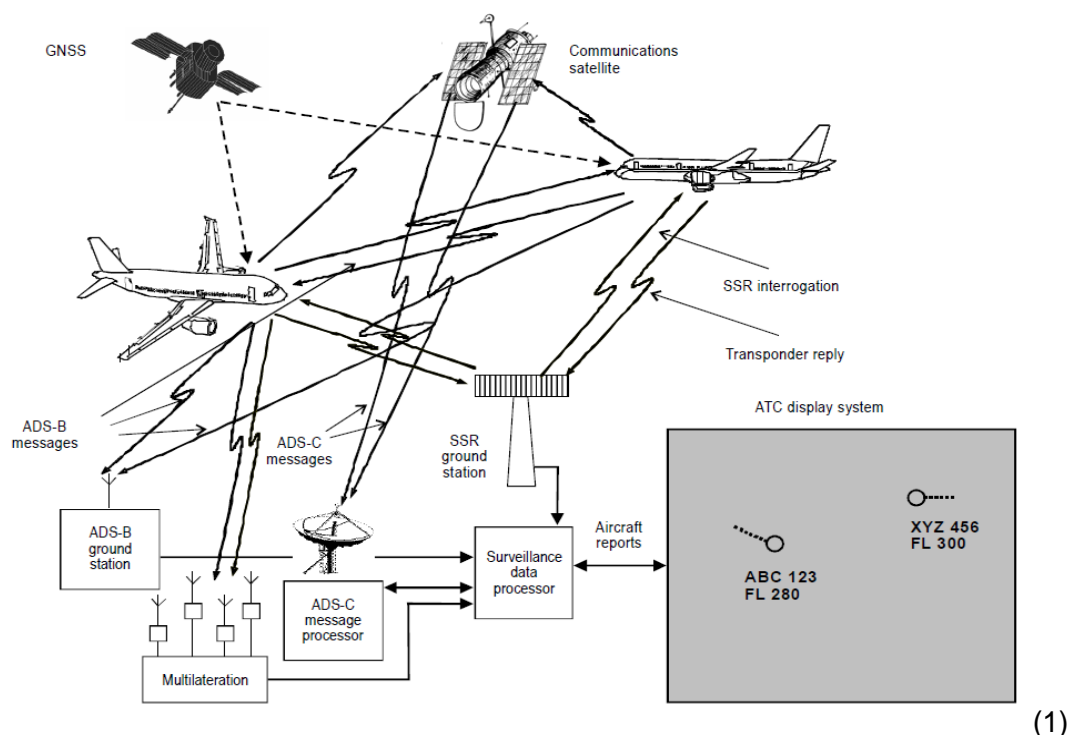
Obecně existuje přehledových systémů několik druhů. Protože však zavádění přehledových systémů na letišti není zrovna levnou záležitostí, musí být vždy provedena analýza, která posoudí, které přehledové systémy se na letišti vyplatí zavést, a které by efektivnosti letového provozu výrazně nepřispěly. Níže jsou proto představeny nejpoužívanější přehledové systémy včetně popisu jejich funkce a zvážení jejich využitelnosti na neřízených AFIS letištích s vyšší hustotou letového provozu.

2.2 DRUHY PŘEHLEDOVÝCH SYSTÉMŮ

Letecké přehledové systémy jsou primárně navrhovány pro použití službou řízení letového provozu za účelem zlepšení kapacity vzdušného prostoru a zajištění bezpečnosti při stanovování rozstupů mezi letadly. Řízené oblasti mohou zasahovat velké objemy vzdušného prostoru a zahrnovat například oceánské oblasti, kde jsou letadla velice dobře usazena na jejich letových tratích a obvykle letí vysokou rychlostí v tzv. cruise mode. Změny výšky nejsou tak časté, nicméně mohou být vyžadovány z důvodu nedostatečných rozstupů provozu, počasí nebo z důvodu efektivnosti provozu. Komunikace mezi řídicími a letovými posádkami nejsou tak časté jako v ostatní fázích letu. Mezi přehledové systémy vhodné pro oblastní řízení patří automatický závislý přehledový systém – kontrakt (ADS-C – Automatic Dependent Surveillance – Contract) obzvláště v oceánských a odlehlých oblastech, dále pak sekundární přehledový radar (SSR – Secondary Surveillance Radar), multilaterační systém pro rozsáhlé oblasti (WAM – Wide Area Multilateration) a automatický závislý přehledový systém – vysílání (ADS-B – Automatic Dependent Surveillance – Broadcast). Některé instalace dalekodosahových primárních přehledových radarů (PSR – Primary Surveillance Radar) jsou umístovány společně se sekundárními přehledovými radary.

Pomocí těchto systémů se také zajišťuje přehled řízeného letiště a jeho okolí. Pro lepší situační povědomí řídicího o letištním provozu na větších řízených letištích se používá tzv. zdokonalený systém pro řízení pohybů na pohybové ploše A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System). A-SMGCS je přehledový systém, který automaticky sleduje situaci na letišti a poskytuje varování řídicímu v případě narušení vzletové a přistávací dráhy, pojezdové dráhy (TWY – Taxiway) nebo v případě jakékoliv ohrožení. [10] Nicméně neřízená AFIS letiště mají ve většině případů jednoduchý a přehledný dráhový systém, jehož vytíženost není až tak velká, aby bylo nutné nějaký přehledový systém pro podporu přehledu o provozu na letištních plochách zavést. Proto nebudou tyto letištní přehledové systémy v této práci více rozváděny a pozornost bude věnována především přehledovým systémům pro zvýšení přehledu o provozu v blízkosti letiště.

Na obrázku 2 je znázorněna architektura nejpoužívanějších přehledových systémů, které budou detailněji popsány níže.



Obrázek 2 – Oblastní řízení pomocí přehledové architektury

2.2.1 Radar

Rádiové rozpoznávání a zaměřování – zkráceně radar (RADAR – Radio Detection and Ranging) se dá rozdělit na několik druhů, které se liší v principu i následném způsobu využití.

V praxi je možné se setkat s následujícími radary:

1. Primární přehledový radar PSR (Primary Surveillance Radar)

PSR má aktivní vysílač, ale pasivní cíl.

2. Sekundární přehledový radar SSR (Secondary Surveillance Radar)

SSR má aktivní vysílač i cíl.

3. Pasivní přehledový radar PPSR (Passive Primary Surveillance Radar)

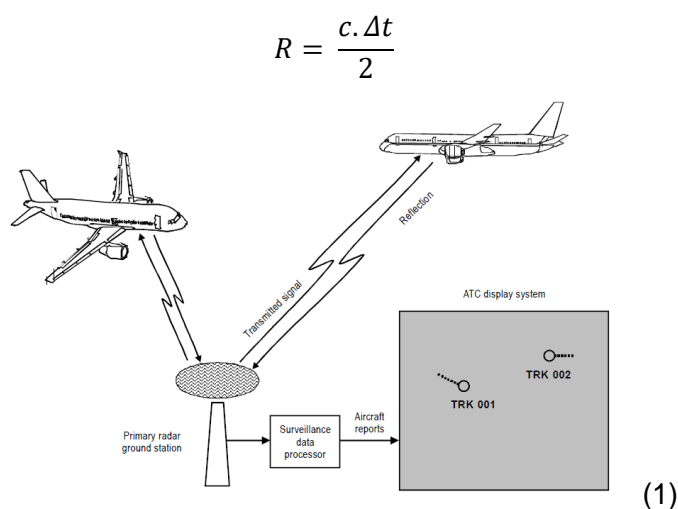
PPSR má aktivní cíl, ale pasivní příjem.

Radary se obecně používají pro stanovení polohy letounu. Díky této znalosti mohou řídicí poskytovat službu stanovení rozstupu mezi letadly. Avšak je potřeba si uvědomovat chyby, které plynou z použití daného přehledového systému. Mezi tyto chyby patří například nepřesnosti, opožděné aktualizace dat nebo možnost chyby z důvodu nedorozumění. To vše ovlivňuje potřebu dodržet určité rozstupy mezi letadly tak, aby byla zaručena bezpečnost letového provozu. Radar poskytuje řídicímu využití relativně přesného, věrohodného přehledu poloh letadel, které jsou zobrazeny na obrazovce, čímž mohou být rozstupy mezi letadly sníženy při stejné nebo vyšší bezpečnosti ve srovnání s procedurálním řízením, tj. řízením bez radaru. [26]

Protože se pasivní přehledový radar PPSR dnes tolik nepoužívá, budou dále rozebrány pouze PSR a SSR.

2.2.1.1 Primární přehledový radar

Primární přehledový radar PSR funguje na principu odrazu signálu od cíle. Cíl je v tomto případě pasivní, protože signál vyslaný vysílačem ze země se v letadle nikterak nepřijímá ani nezpracovává. Odráží se od letadla a následně je přijímán přijímačem na zemi. To představuje i hlavní výhodu PSR. Vzdálenost cíle R se měří na základě doby Δt , která uplyne od okamžiku, kdy byl signál vyslán, do okamžiku, kdy je odražený signál přijat přijímačem na zemi.



Obrázek 3 – Funkce primárního přehledového radaru PSR

PSR se využívá především z důvodu podávání bezpečných informací o směru a vzdálenosti letadla. Nicméně nevýhodou primárního přehledového radaru je, že PSR neposkytuje žádné další informace, jako například identifikaci a výšku letu. Tudíž řídící nemá prakticky žádné informace o tom, o jaké letadlo se jedná. Jediné, co ví, že v určité vzdálenosti se pohybuje objekt v určitém směru. Proto použití PSR na řízeném letišti bez kombinace s dalším přehledovým systémem nemá prakticky význam. V tomto směru je výhodnější použití sekundárního přehledového radaru.

Další nevýhodou PSR je jeho závislost na výkonu, který je vyjádřen pomocí radarové rovnice:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \sigma \lambda^2 F_t^2 F_r^2}{(4\pi)^3 R_t^2 R_r^2}$$

P_t = výkon vysílače

G_t = zisk vysílající antény

G_r = zisk přijímací antény

σ = radar cross section

λ = vlnová délka

F_t = vzorový propagační faktor pro vysílající anténu

F_r = vzorový propagační faktor pro přijímací anténu

R_t = vzdálenost od vysílače k cíli

R_r = vzdálenost od cíle k přijímači

Jak je vidět z radarové rovnice, pokud vzdálenost letounu se zvětší 1x, výkon vysílače poklesne čtyřnásobně. Tudíž je patrné, že výkon vysílače musí být obrovský (především při detekci cíle na dlouhé vzdálenosti), aby bylo zajištěno, že se odraz od cíle vrátí. Odražený signál se vzdáleností slábne, a pokud není výkon vysílače dostatečný už na začátku, může docházet k značnému rušení odraženého signálu od letadla a tím i k problémům s jeho detekcí a správným vyhodnocením polohy letadla. Odražený signál mohou ovlivnit například změny výšky letadla nebo špatné počasí.

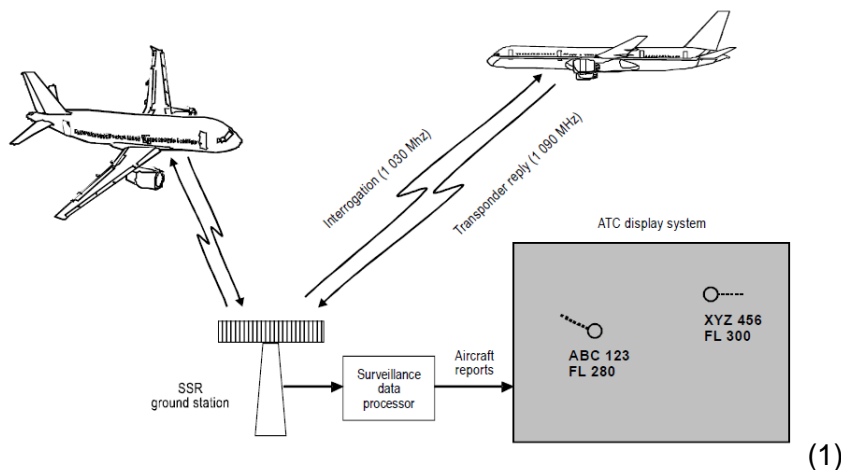
Třetím problémem může být identifikační proces. Pokud je PSR jediným zařízením pro identifikaci letadla, musí řídící požádat letoun o otočný manévr za účelem ujištění se, že letadlo zobrazené na displeji je tím letadlem, se kterým komunikuje. Dalším možným způsobem ověření polohy letadla může být identifikace na základě nahlášení pilotovy vzdálenosti od daného zařízení pro měření vzdálenosti (DME – Distance Measuring Equipment). Další možnosti identifikace letounu popisuje předpis L 4444. [10]

Poslední nevýhodou PSR je možnost, že příliš malá letadla nebo letadla vyrobená z materiálů se špatnými charakteristikami odrazu nemusí být detekována. Avšak ačkoliv identifikační proces je ve srovnání s jinými přehledovými systémy komplikovanější, je potřeba zmínit i výhody PSR ve srovnání s ostatními přehledovými systémy. Jeho výhodou je jeho širokopásmové nepřetržité pokrytí a zachycení cíle na dlouhé vzdálenosti. PSR dokáže prohledávat obrovské objemy vzdušného prostoru nejen ve velmi krátkém čase, ale také

při velmi špatné viditelnosti. PSR detekuje letoun až na vzdálenost 400 km s pokrytím 360° od země až do velkých výšek nad zemským povrchem. [22][21][20]

2.2.1.2 Sekundární přehledový radar

Vývoj primárního přehledového radaru vyústil v systém identifikace přítele a nepřítele (IFF – Identification Friend or Foe) používaný armádou. Později se systém začal používat i v civilním letectví v podobě sekundárního přehledového radaru SSR. SSR má aktivní vysílač i cíl. To znamená, že se jedná o závislý systém, který musí mít na palubě letadla zařízení, které přijme signál a odpoví na dotaz. Tomuto zařízení se říká odpovídač. Odpovídač (XPDR – Transponder) představuje rádiový přijímač a vysílač pracující na radarové frekvenci. Odpovídač letadla odpovídá dotazům z pozemní stanice v podobě vyslání odpovědi, tj. zakódovaného signálu.

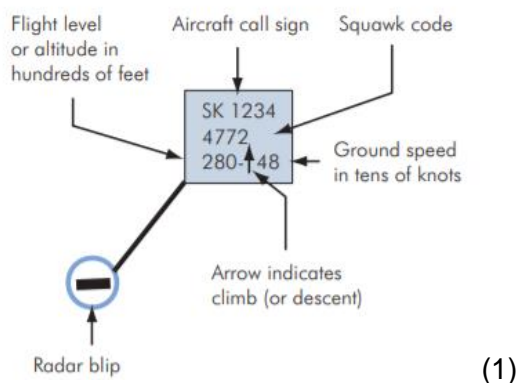


Obrázek 4 – Funkce sekundárního přehledového radaru SSR

Obrovskou výhodou SSR je, že podstatně silnější signál, ve srovnání s odraženým signálem PSR, je vyslán odpovídačem SSR, tudíž není problém s příjmem signálu přijímačem umístěným na pozemní stanici. Díky tomu má SSR větší dosah a eliminují se tím problémy rozrušeného signálu, což snižuje problém s identifikací letadla. Stejně tak potřebný vysílaný výkon pozemní stanicí na danou vzdálenost je mnohem nižší ve srovnání s PSR, čímž představuje ekonomičtější řešení. Nakonec, protože jsou signály v určitém směru elektronicky kódované, tak se nabízí možnost přenosu dalších informací mezi dvěma stanicemi, což v případě PSR není možné.

Právě výhody plynoucí z umístění odpovídače na palubě letadla představují také nevýhodu v podobě závislosti využití SSR pouze v případě, že letadlo má odpovídač na palubě. Pokud tomu tak není, což je především případ menších letadel, nebo je-li XPDR vypnutý, nelze SSR využít. Proto se SSR používá pouze na řízených letištích a jeho umístění na AFIS letiště nemá takový význam, protože na AFIS letištích obecně značnou část provozu

představují letadla bez XPDR na palubě. V ideálním případě by měl PSR pracovat ve spolupráci se SSR v určitých oblastech proto, aby nespolupracující cíle (jako některá lehká letadla) mohly být detekovány. Na displeji řídicího je pak zobrazena stopa a rychlost letounu vůči zemi (GS – Ground Speed) na základě informací z PSR a informace výšce letu a identifikaci letounu na základě výstupu ze SSR, jak je naznačeno na obrázku 5.



Obrázek 5 – Informace na obrazovce řídicího

SSR má několik provozních módů. Základním z nich je Mód A, ve kterém odpovídač letadla poskytuje informace o identifikaci letadla pomocí přenosu čtyřmístného signálu na pozemní stanici. Dalším možným módem je mód C, který poskytuje kromě identifikace také informaci o výšce letadla na základě údajů, které poskytují přístroje na palubě letadla. Posledním módem je mód S. Letadlu, které je vybaveno odpovídačem, je trvale připsána identifikace, která může být selektivně adresována pozemním radarem v rámci módu S. To snižuje problém špatné identifikace nebo záměny letadel, které letí v malé vzdálenosti od sebe. Mód S nabízí širokou škálu dat, která mohou být přenesena, včetně přenosu dat z pozemní stanice letadlu. [21] Zavedení módu S by mělo pomoci k eliminaci synchronního garblingu¹, eliminaci fruitingu², zvýšení kapacity vzdušných prostorů a ke zvýšení bezpečnosti.

SSR lze využít také pro sledování vývoje počasí, obzvláště srážek. Nicméně SSR má ještě další nevýhodu, stejnou jako PSR. Jedná se o tzv. clutter. Clutter je efekt, který vzniká, když radarové pásmo narazí na pevné objekty, jako budovy, kopce nebo terén, čímž se může radar zablokovat. Další hrozbu pro radar představují nemeteorologické ozvěny, které díky přízemnímu clutteru mohou zvýšit svoji velikost a intenzitu, čímž mohou docílit toho, že radar začne intenzitu srážek přeceňovat. [23]

¹ Garbling – stav, kdy postranní pásma laloků radaru zachytí letadlo a vysílají také odpovědi, nebo když se dvě letadla nacházejí příliš blízko sobě a není možné je od sebe rozeznat.

² Fruiting (FRUIT - False Replies Unsynchronised to Interrogator Transmission) - odpověď letadla směřující k jednomu dotazovači je detekována jinou pozemní stanicí. Takové odpovědi nejsou se synchronizované a způsobují náhodné odpovědi.

2.2.2 Automatický závislý přehledový systém – vysílání

Automatický závislý přehledový systém (ADS – Automatic Dependent Surveillance) je technologie, která se začala používat především v oblastech, kam radarové pokrytí nedosáhne. Předpis L 4444 definuje automatické závislé sledování ADS jako sledovací techniku, ve které letadlo automaticky poskytuje data odvozená z palubní navigace a ze systémů přesně stanovujících polohu, včetně rozpoznání letadla, 4 D polohy a další vhodných dat.

Automatický závislý přehledový systém je automatický, protože nepožaduje žádné vstupy od pilota ani řídicího pro svou funkci, a závislý proto, že je nutné, aby letadlo mělo obdobně jako u SSR dané vybavení na palubě letadla. ADS systém představuje v podstatě data link, který přenáší data z navigačních systémů na palubě letadla týkající se polohy, výšky a povahy letu (jako např. plánovanou trať) do pozemního systému. Systém pracuje jak na velmi vysokých frekvencích (VHF – Very High Frequency) a vysokých frekvencích (HF – High Frequency), tak i za pomoci satelitů. Rozlišujeme dva druhy ADS a to, ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) a ADS-C (Automatic Dependent Surveillance – Contract).

Součástí ADS-B je speciální odpovídač, který vysílá výše zmíněné informace velmi vysokou rychlostí, konkrétně 2x za 1 s. To umožňuje řídicímu řešit rychle a efektivně potenciální hrozby. Tyto informace mohou být přijaty buď pozemní stanicí a dále jsou využívány ATS nebo jiným letadlem. To vede k možnosti využití tzv. zobrazení informací o provozu v kokpitu (CDTI – Cockpit Display of Traffic Information). Použití ADS-B umožňuje efektivní využívání vzdušného prostoru, optimální tvorbu tratí, tzv. routing, v neradarovém prostředí, zahrnující vytížený vzdušný prostor, horské oblasti nebo lety v nízkých výškách. Letadla vybavená ADS-B zlepšují přehled řídicího o provozu ve vzdušném prostoru. Výhodou ADS-B je hlavně jeho cenová dostupnost, je totiž levnější než radar. Informace poskytované ADS-B zlepšují také pilotovo povědomí o provozu letadel v jeho okolí, a tím mu dávají možnost změny letu do optimální letové hladiny. Důsledkem je i následná úspora paliva.

ADS-B se skládá ze dvou částí ADS-B OUT a ADS-B IN:

ADS-B OUT

ADS-B OUT obecně poskytuje automatický přenos informací pomocí vysílání. Informace může přijímat kdokoliv s vhodným přijímačem. Nicméně v letectví se ADS-B OUT využívá především pro služby ŘLP, které data z letadla přijímají.

ADS-B IN

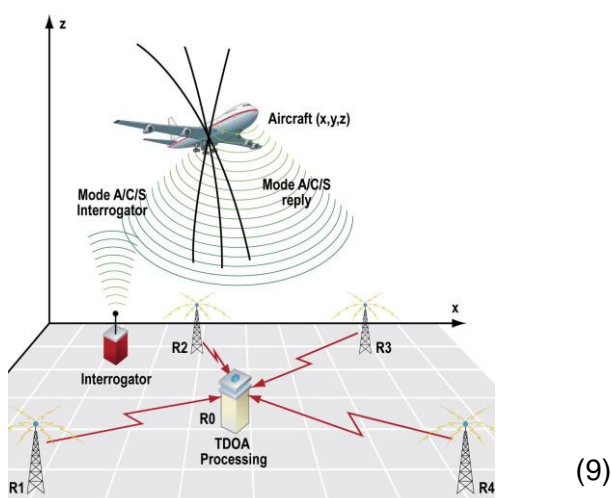
ADS-B IN obecně poskytuje automatický přenos informací. V letectví se nejčastěji používá pro přenos informací mezi letadly v okolí. Informace jsou potom v letadle zobrazovány na navigační displej (ND – Navigation Display) a na víceúčelovou řídicí a zobrazovací jednotku (MCDU – Multi-purpose Control and Display Unit).

Hlavní rozdíl mezi přehledem pomocí radaru a ADS-B je způsob určení polohy letadla a stavového vektoru. Radar měří polohu letadla nezávisle na systémech letadla a odhaduje jeho rychlost, směr a další elementy stavového vektoru z po sobě jdoucích zpráv. Poloha letadla a stavový vektor jsou určovány v případě ADS-B v letadle na základě dat z avioniky. Data jsou vysílána periodicky a přijímána jakýmkoliv přijímačem, ať už na zemi nebo ve vzduchu. Identita letu je dodávána pilotem přímo nebo přes systémy jako systém řízení letu (FMS – Flight Management System). [26]

2.2.3 Multilaterační systémy

Multilaterační systémy (MLAT – Multilateration System) jsou založeny na triangulaci signálů z letadlového odpovídače pracujícím v módu A/C nebo S, tudíž se opět jedná o závislý systém. Multilaterace je v podstatě způsob hyperbolického stanovení polohy, jehož princip objasňuje obrázek 6. [27]

Systém poskytuje stejné informace o poloze jako SSR. Nicméně získání těchto informací je odlišné. Pro určení polohy letadla v prostoru jsou potřeba 4 pozemní stanice, které se skládají ze sítě přijímacích jednotek (RUs – Receiving Units). Systém měří polohu letadla na základě časového rozdílu mezi příchozími odpověďmi z odpovídače na jednotlivé přijímací jednotky RUs (TDOA – Time Difference of Arrival). Tudíž určování polohy není dále závislé na čase vysílání jako u primárních a sekundárních radarů.



Obrázek 6 – Vysvětlení funkce multilateračního systému

3 D poloha každého letadla je spočítána na základě porovnání odpovědí z každé RU v centrálním procesoru, ke kterému jsou telekomunikační sítě přijímací jednotky připojeny. Na základě výpočtu jsou vytvořeny 3 hyperboloidy. Poloha letadla se nachází v průsečíku těchto hyperboloidů. Informace o poloze jsou následně předány z centrálního procesoru na displej řídicího nebo na automatický systém. Data z MLAT mohou být prezentovány samostatně nebo společně s radarem a ADS-B. [26]

Přesnost určení polohy je závislá pouze na přesnosti přijímačů MLAT, a už ne na přesnosti vysílače v letadle. Přesnost je dále ovlivněna rozmístěním přijímačů a vzdáleností přijímače od vysílače. [27] Velkou výhodou MLAT systému je právě dosažení vyšší rychlosti aktualizace dat ve srovnání s radarem.

2.3 VÝBĚR VHODNÉHO SYSTÉMU PRO AFIS LETIŠTĚ

Jak již bylo řečeno výše, existuje celá řada přehledových systémů, které souží pro získání přehledových dat, nicméně plně nezávislý je pouze jeden – primární přehledový radar. Pro porovnání přehledových systémů je potřeba posoudit jejich výhody a nevýhody. Nicméně to, co může být na řízeném letišti velkou výhodou, na neřízeném AFIS letišti nemusí mít velký význam a naopak. To ovšem neznamená, že to, co funguje na řízeném letišti, nemůže fungovat i na letišti neřízeném. Proto je potřeba se zamyslet, jestli možnost rozšířených informací je výhodou nejen na řízených letištích, a zda by zavedení přehledových systémů na AFIS letiště nepomohlo ke zvýšení situačního povědomí AFISO.

Obecně je možné říct, že na řízených letištích nabývá většího významu například sekundární přehledový radar SSR, protože se předpokládá, že na řízená letiště vstupují pouze letouny, které mají potřebné vybavení pro správnou funkci SSR na palubě letadla. Avšak na menší neřízená AFIS letiště létají i letouny nedostatečně vybavené pro přenos přehledových dat pomocí tohoto systému. Proto by se pravděpodobně zřízení SSR na neřízených AFIS letištích mohlo považovat za zbytečné při porovnání poměru cena/výkon a přínosů plynoucích ze zavedení tohoto systému.

Avšak je na zvážení, zda by se na velmi vytížených neřízených AFIS letištích nevyplatil zřídit alespoň PSR. PSR zvyšuje přehled řídicího a zaznamenává i cíle bez potřebného vybavení na palubě. PSR by se proto mohl stát zajímavým řešením, jak reagovat na zvyšující se hustotu letového provozu na neřízených AFIS letištích. Nicméně před zavedením radaru na AFIS letiště je potřeba uvážit, jestli stupeň hustoty letového provozu a prognóza budoucího vývoje letecké dopravy na daném letišti vykazují nutnost zavedení radaru pro zvýšení bezpečnosti. Důvodem jsou velké finanční náklady na zřízení radaru. Proto je potřeba se také zamyslet nad přínosem zavedení PSR na dané letiště. Výhodou bezesporu je, že PSR zachytí všechny cíle v rámci jeho pokrytí, a to nezávisle na vybavení daného letounu, nicméně na druhou stranu PSR nepřináší o cíli žádné další informace. PSR by proto mohl být zaveden

v podobě podpůrného systému, který zvýší přehled pro AFISO tým, že dodá zprávu o existenci všech cílů ve sledovaném prostoru.

V tabulce 6 je uvedena finanční analýza srovnání přibližných nákladů na implementaci radaru a MLAT. Finanční analýza zpracovává odhad nákladů na zavedení radaru a MLAT systému na letišti za účelem dosažení pokrytí o rádiu 200 NM. Pro dosažení pokrytí o rádiu 200 NM pomocí MLAT systému je potřeba 9 pozemních stanic. Toto uspořádání MLAT bude porovnáno s radarem o maximálním dosahu přibližně 250 NM. Terén a dostupnost systému nebudou v rámci analýzy uvažovány. [44]

Tabulka 6 – Finanční analýza srovnání MLAT a radaru při rádiu 200 NM

FINANČNÍ ANALÝZA	MLAT SYSTÉM (9 STANIC)	RADAR
Náklady na vybavení	22,2 miliónů CZK	126,5 miliónů CZK
Věž a stojan na anténu	7,6 miliónů CZK	již zahrnuto
Elektrické vybavení a záloha	3,8 miliónů CZK	již zahrnuto
Založení telekomunikací	1,9 miliónů CZK	210 800 CZK
Pokračující telekomunikační náklady	28,5 miliónů CZK	3,2 miliónů CZK
Instalace (plánování, testování, ..)	1,9 miliónů CZK	421 600 CZK
CELKEM	65,8 miliónů CZK	130,5 miliónů CZK
ZDROJ:	(17)	

Na základě písemného sdělení pana Jense Christiana Johansena (provozovatele AFIS Esbjerg Lufthavn, John Tranums Vej 20, 6705 Esbjerg, Denmark) ze dne 27. 4. 2018 je možné potvrdit, že částky v tabulce 6 odpovídají skutečnosti. Proto si pan Johansen také myslí, že pokud na daném AFIS letišti radar nebyl původně zřízen, nepřipadá v úvahu jeho implementace už ani v budoucnu z důvodu vysokých finančních nákladů na jeho výstavbu. Jak ukazuje tabulka 6, náklady na zavedení radaru na AFIS letišti jsou dvojnásobné ve srovnání se zavedením MLAT systému. Pan Johansen také upozorňuje, že implementace radaru na letišti trvá obvykle nejméně jeden rok.

Co se týče možnosti zavedení MLAT na AFIS letišti, tak je třeba říct, že MLAT může fungovat samostatně buďto jako pasivní nebo jako aktivní systém. Nicméně největšího využití má v případě kombinace s ADS-B, protože poskytovatelé letových navigačních služeb (ANSP – Air Navigation Service Providers) mohou poskytovat službu rozstupu i v případech, kdy letadlo nemá potřebné ADS-B vybavení na palubě. Největší výhodou MLAT systému je jeho multifunkčnost, protože je schopen přijímat jak data z ADS-B, tak z SSR. Proto se také uvažuje, že bude tento systém použit při prvotní fázi rozšíření ADS-B v provozu. MLAT je totiž schopen zprávy o poloze z ADS-B ověřit, a v případě výpadku systému ADS-B, přijímat alespoň data ze SSR. Může tak fungovat jako záloha ADS-B systému. Tím se zvyšuje spolehlivost a dostupnost přijatých přehledových dat. [42]

Multilaterační systémy jsou certifikované, vysoce výkonné a dosahují lepšího pokrytí. [28] Začaly se používat právě z důvodu jejich dalekodosahovému pokrytí, čímž vyplnily omezení, která vyplývala z použití krátkodosahového SSR, a zajistily flexibilitu využívání vzdušného prostoru za mnohem nižší finanční náklady. Zajímavou myšlenku proto představuje využití MLAT i na neřízených AFIS letištích.

Co se týče modernizace neřízených AFIS letišť pomocí přehledových systémů, tak MLAT přichází v úvahu nejvíce. Má totiž výhodu mnohem jednodušší a levnější pozemní instalace ve srovnání s konvenčním SSR. Navíc z pohledu ŘLP přehledová data z MLAT vypadají stejně jako by přicházely z konvenčního radaru. [21] MLAT systém se dá také využít při dohledu nad letištními pohyby místo PSR, který dosahuje ve srovnání s MLAT nižší přesnosti. MLAT zvládá také lépe práci ve špatném počasí. Navíc dokáže monitorovat lety i v členitém terénu (na rozdíl od PSR) s mnohem větším dosahem. Ovšem jeho největší výhodou je pořizovací cena MLAT systému, která má v případě neřízených AFIS letišť velký význam.

Je prokázáno, že dnešní pozemní multilaterační stanice jsou schopné navádět letadla vysílající přehledová data z ADS-B stejně tak efektivně jako při příjmu dat z módů A/C/S. Multilaterační systémy mohou také sloužit jako plně funkční ADS-B pozemní stanice, a to při podstatně nižších nákladech.[42]

Co se týče ADS-B jako takového, tak mezi výhody tohoto přehledového systému patří jednoduchost konstrukce pozemní stanice, vynikající rozlišovací schopnost a přesnost údajů z palubních přístrojů, která je o něco vyšší než u samotného MLAT. ADS-B je nekonfliktní s jinými zařízeními a přesnost tohoto systému nezávisí na vzdálenosti od pozemní stanice.

Nicméně pro plnou funkčnost ADS-B je potřeba mít na palubě potřebné moderní vybavení. To znamená, že ADS-B systém není sám o sobě vhodný pro implementaci na AFIS letiště. Přichází zatím v úvahu pouze při kombinaci s MLAT systémy. Nicméně v budoucnu by se mohla situace změnit, protože například v USA bude ADS-B patřit mezi povinné vybavení letadel pro určité třídy vzdušných prostorů už do dvou let. [45] Předpokládá se, že časem bude tento trend zaveden i v evropských zemích. Na obrázku 7 v příloze je pro ilustraci zobrazeno navýšení dosahu MLAT systému po jeho kombinaci s ADS-B.

Na základě výše uvedeného porovnání přehledových systému je možné říci, že nejvýhodnějším systémem při porovnání poměru cena/výkon a předpokládaných přínosů je pro neřízené AFIS letiště multilaterační systém MLAT sám o sobě nebo v kombinaci s ADS-B.

3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ PŘEHLEDOVÝCH DAT PRO AFIS

V současné době AFISO získává informace o provozu na základě nástrojů, které jsou součástí minimálního vybavení stanoviště AFIS. Avšak tento soubor požadavků plní svou funkci pouze při určité maximální hustotě letového provozu. Pokud stupeň hustoty letového provozu přesáhne určitou mez, nemusí být vybavení stanoviště AFIS dostatečné pro zaručení takového přehledu AFISO, aby mohl bezpečně službu AFIS poskytovat. S narůstající hustotou letového provozu na neřízených AFIS letištích se s rizikem nezvládnutí zvyšujícího se počtu letadel na zemi i ve vzduchu je možné setkat čím dál častěji a předpoklad je, že se tento stav bude ještě zhoršovat. Reakcí na tento problém je zavádění přehledových systémů, které doposud byly používány pouze na řízených letištích, i na neřízená AFIS letiště.

3.1 SOUČASNÝ STAV PŘEHLEDOVÝCH SYSTÉMŮ NA AFIS LETIŠTÍCH

Myšlenka zavádění přehledových systémů na AFIS letiště je poměrně novou záležitostí. Nicméně, tzv. AFIS manuál [15] vydaný EUROCONTROL už s možností zavedení přehledového systému na AFIS letiště počítá. Konkrétně je v manuálu uvedeno, že v případě, že dojde ke schválení a splnění předepsaných podmínek příslušným úřadem, může být ATS přehledový systém použit na AFIS letištích k zajištění sledování letové cesty letadla na konečném přiblížení nebo letové cesty jiného letadla v okolí letiště, nebo také pro poskytování navigační pomoci letům VFR. Avšak, při předepisování podmínek a postupů pro použití ATS přehledových systémů pro poskytování služby AFIS, musí příslušný úřad zajistit, že dostupnost použití ATS přehledového systému nebude bránit vizuálnímu pozorování letištního provozu.

3.1.1 Implementace radaru na AFIS letiště

V současné době již existují tři neřízená letiště AFIS, na kterých byl zaveden přehledový systém. Přehled zemí s letišti AFIS vybavenými přehledovým systémem je uveden v tabulce 7.

Tabulka 7 – Přehled AFIS letišť vybavených přehledovým systémem

ZEMĚ	AFIS LETIŠTĚ	ICAO kód	PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM
Dánsko	Esbjerg	EKEB	SSR
Dánsko	Sonderborg	EKSB	SSR
Norsko	Brønnøysund	ENBN	Pravděpodobně SSR

(10)

Jak je patrné z tabulky, doposud byl na AFIS letiště zaveden pouze sekundární přehledový radar, což je vzhledem k výše uvedenému porovnání výhod a nevýhod přehledových systémů docela překvapující. Radar je v podstatě nejdražším řešením. Další

podkapitoly budou proto věnovány objasnění zavedení SSR na AFIS letiště v Norsku a Dánsku.

3.1.1.1 Letiště Esbjerg a Sonderborg

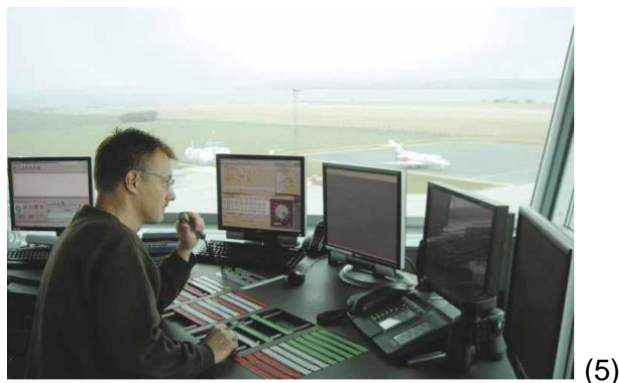
Příkladem AFIS letiště, kde už byl zaveden radar je letiště Esbjerg (EBJ, EKEB) v Dánsku. Tam představili v roce 2002 výcvikový plán, který připravil bývalý řídící letového provozu, a který byl schválen dánským Úřadem pro civilní letectví (ÚCL, CAA – Civil Aviation Authority). Vytvořený výcvikový plán pro AFIS byl dále uplatněn na dánském letišti Sonderborg (SGD, EKSB) v roce 2005. Avšak dánské ŘLP bylo nejprve silně proti činnosti obou AFIS letišť a místního CAA.



Obrázek 8 – Sonderborgské letecké centrum

Dnes se teoretický výcvik dánského AFISO pracujícího na letišti vybaveném přehledovým systémem řídí dánskými počátečními požadavky na výcvik letových provozních služeb ATS dle místního CAA. V předpisu se hovoří přímo o AFIS letišti vybaveném radarem. Výcvik na základě těchto požadavků musí trvat minimálně 20 hodin a k tomu musí absolvovat každý student 15 h na simulátoru. Výcvik je poskytován v dánském Sonderborgském leteckém centru.

V rámci praktického výcviku musí AFISO absolvovat nejméně 160 h praxe na stanovišti AFIS a 80 h praxe v práci s radarem v provozu. Hodiny, kdy není provoz dostatečně hustý, by neměly být do minimálního počtu hodin v praktickém výcviku započítány.



Obrázek 9 – Stanoviště AFIS na letišti v Sonderborgu

Stanoviště AFIS v Dánsku využívá instrukce od ATS, které jsou na bázi ICAO dokumentu 4444, který byl vydán dánským CAA. Stejnými předpisy se řídí i řídící na ŘLP s rozdílem, že AFISO se neřídí kapitolami popisující stanovování rozstupů a vektorování. Stanoviště AFIS se musí řídit instrukcemi místního ŘLP.

Na základě písemného sdělení pana Jense Christiana Johansena (provozovatele AFIS Esbjerg Lufthavn, John Tranums Vej 20, 6705 Esbjerg, Denmark) ze dne 11. 4. 2018 a pana Mortena Nielsena (vedoucího stanoviště AFIS v Sonderborgu, Sonderborg Lufthavn, Lufthavnsvej 1, 6400 Sonderborg, Denmark) ze dne 9. 4. 2018 je možné potvrdit, že jak na letišti Esbjerg, tak na letišti Sonderborg byl zaveden sekundární přehledový radar. Konkrétně na letišti Esbjerg byl zaveden radar v roce 1996 na druhé straně vzletové a přistávací dráhy národními poskytovateli leteckých navigačních služeb ANSP za účelem zajištění pokrytí vzdušného prostoru nad Severním mořem. Fotografie radaru na letišti Esbjerg jsou zobrazeny na obrázcích 10 a 11.



Obrázek 10 – Sekundární přehledový radar na letišti Esbjerg



Obrázek 11 – Sekundární přehledový radar na letišti Esbjerg – detail

Do roku 2002 však fungovala na obou letištích tzv. dělená služba mezi ŘLP a AFIS. Myšlenkou bylo, že v případě překročení určitého stupně hustoty letového provozu, kdy už byla zátěž stanoviště AFIS neúnosná, převezme řízení vzdušného prostoru stanoviště ŘLP. V praxi se ukázalo, že nejvýhodnější nastavení dělené služby bude, když ŘLP bude pracovat ve standardní pracovní době letiště uvedené v AIP a mimo pracovní dobu a o víkendech, kdy je očekáván menší provoz, převezme službu stanoviště AFIS. Avšak díky dokonalejšímu vybavení AFIS stanoviště a přeškolení AFISO na práci s novým systémem, bylo po čase prokázáno, že AFIS stanoviště je připraveno na zvládnutí i vyššího stupně hustoty

letového provozu. Proto přešlo letiště Sonderborg v roce 2002 a letiště Esbjerg v roce 2008 pod plnou působnost AFIS. V roce 2009 byl na letišti Esbjerg implementován systém ARTAS.

Na dotaz, proč byl zvolen pro implementaci na letiště v Dánsku zrovna radar, a ne nějaký jiný přehledový systém, odpověděli oba dotazovaní prakticky stejně. Především se jednalo o to, že před přechodem z dělené služby ŘLP/AFIS na pouze službu AFIS byl již radar implementován pro potřeby ŘLP. Proto, když se uvažovalo, že na letištích bude působit pouze stanoviště AFIS, a že by bylo potřeba zlepšit jeho vybavení a situační povědomí AFISO, jako nejrozumnější řešení bylo využít radar i pro potřeby AFIS. Nemělo by smysl investovat do nějakého nového přehledového systému, když už byl radar před samostatným vznikem AFIS zřízen.

Dle provozovatele stanoviště AFIS se nikdy nestalo, že by došlo ke kolizi ve vzduchu nebo na zemi ani před zavedením radaru, ani po jeho zavedení. Je možné proto oponovat, že zavedení radaru znamenalo ztrátu peněz. Nicméně, díky těmto letištím v Dánsku lze prokázat výrazné zvýšení situačního povědomí a jistoty AFISO při výkonu služby, a tím i zvýšení letové bezpečnosti v praxi. Ukazuje se, že zobrazení provozu je výrazně přehlednější a stejně tak je dosažena i vyšší přesnost při podávání informací o provozu. Zobrazení přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg je zobrazeno na obrázku 12 v příloze. Detail ze zobrazení přehledových dat je zobrazen na obrázku 13. Jak je vidět z obrázku, AFISO má informace o poloze letadla, směru, výšce a rychlosti letu, dále pak informace o identifikaci letounu, tj. typu letounu a jeho registrační značce.



Obrázek 13 – Detail přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg

Radar může být na těchto letištích také použit při poskytování navigační pomoci. Nicméně poskytování této služby není příliš časté. K poskytování navigační pomoci dochází především v případě, že se letadlo dostane příliš blízko omezeného prostoru. Tak jako tak stále platí podmínky pro poskytování služby AFIS, že stanoviště AFIS v Dánsku nikdy neposkytuje

službu rozstupů mezi letadly ani vektorování, i když by to bylo na základě vybavení AFIS stanoviště teoreticky možné.

AFIS stanoviště na letišti Esbjerg spadá do vzdušného prostoru třídy G (TIZ) [49], stejně tak jako AFIS stanoviště na letišti Sonderborg. Přehled o struktuře dánského vzdušného prostoru, kam spadají tyto dvě letiště, je zobrazen na obrázcích 14-18 v příloze. Níže je dále uvedena tabulka 8 popisující požadavky na lety VFR v dánském vzdušném prostoru třídy G.[50] Jak vyplývá z tabulky, v tomto prostoru není povinností mít XPDR.

CL.	TYPE OF FLIGHT	SEPARATION PROVIDED	SERVICE PROVIDED	VMC VISIBILITY AND DISTANCE FROM CLOUD MINIMA	SPEED LIMIT	REQUIREMENT FOR		
						RADIO COM	SSR	CLEARANCE
G	VFR	NIL	FIS	8 km at/above FL 100, 5 km below FL 100 ²⁾ - 1500 m horizontal and 300 m (1000 ft) vertical distance from cloud.	250 KIAS below FL 100 ³⁾	In TIZ and TIA	No	No
				at or below 3000 ft MSL or 1000 ft AGL: 5 km, clear of cloud, surface in sight	250 KIAS ³⁾	In TIZ and TIA	No	No
				at or below 3000 ft MSL or 1000 ft AGL: 3 km, clear of cloud, surface in sight ⁴⁾	140 KIAS	In TIZ and TIA	No	No
¹⁾ See next page concerning VFR flight in airspace class "C". ²⁾ For all aircraft operated at 250 KIAS or more, a flight visibility of 8 km or more is required except in airspace class "G" ³⁾ The 250 KIAS speed limit does not apply to military fighter aircraft. ⁴⁾ Helicopters may operate VFR, if flight visibility is equal to or greater than 800 M, if manoeuvring at a speed that will give adequate opportunity to observe other traffic or any obstruction in time to avoid collision. ⁵⁾ Required flight visibility at night, at least: - Fighters and other aircraft operated at speeds exceeding 140 KIAS: 8 KM. Aircraft operated at speeds at 140 KTS IAS or less: 5 KM - Helicopters operated at 140 KTS IAS or less: 3 KM								

(20)

Tabulka 8 – Pravidla pro lety VFR ve v dánském vzdušném prostoru třídy G

Vedoucí AFIS popisuje zavedení radaru na AFIS letiště jako velice pozitivní. Chválí si ho místní AFIS letiště, oblastní služba řízení (ACC – Area Control Centre), stanoviště INFO v Kodani, i další sousedící řídicí jednotky. [13] Provozovatel AFIS tvrdí, že zavedení radaru nebylo levnou záležitostí, avšak navzdory vysokým nákladům se vyplatilo. Poznamenal, že nikdy by se neměla dostat cena před bezpečnost letecké dopravy. Částka za přeškolení AFISO na používání radaru byla v roce 2004 přibližně 500 000 DKK, což je přibližně 1,7 miliónu CZK.



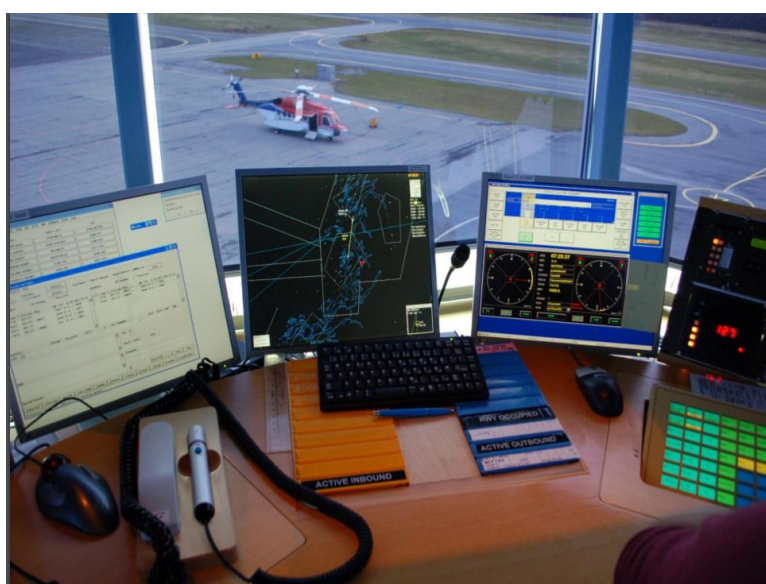
(19)

Obrázek 19 – Stanoviště AFIS na letišti Esbjerg

3.1.1.2 Letiště Brønnøysund

Dalším příkladem letiště, kde již byl radar implementován, je norské letiště Brønnøysund. Jak uvádí projekt z roku 2003, hlavní myšlenkou zavedení radaru na letiště Brønnøysund bylo zvýšení standardu AFIS služeb pomocí zpřesnění informační služby a zvýšení možnosti pozorování poloh hlášených letadel. Zavedení radaru mělo dále vést k usnadnění koordináčních postupů se sousedními službami a zlepšit schopnost poskytovat asistenční službu v případě nouzových situací. [32] Výsledek nově vybudovaného stanoviště AFIS je zobrazen na obrázku 20.

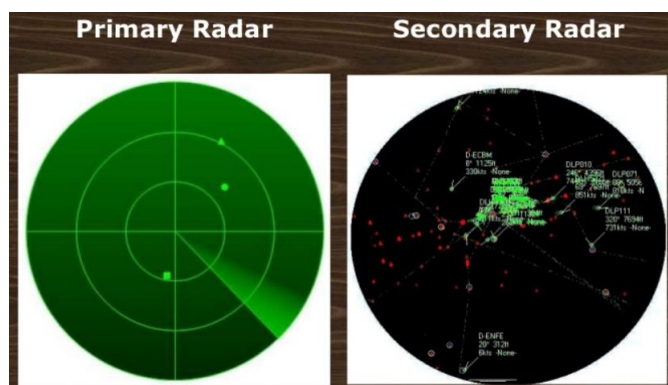
Ačkoliv je uvedeno pouze, že stanoviště AFIS bylo vybaveno radarem a není už specifikováno, jaký radar byl na AFIS letišti použit, na základě obrázku 20 se lze domnívat, že se nejedná o primární radar.



(10)

Obrázek 20 – Stanoviště AFIS vybavené radarem v Brønnøysund

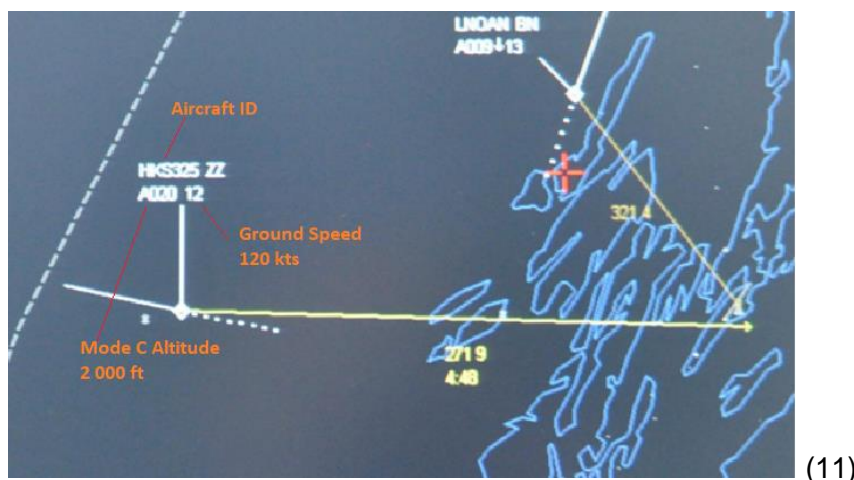
Na základě rozdílu výstupů z PSR a SSR na obrazovce AFISO/řídícího, který je patrný z obrázku 21, lze usoudit, že výstup z radaru nacházejícího se na letišti Brønnøysund se více podobá výstupu SSR nebo minimálně kombinaci PSR s dalším přehledovým systémem.



(11)

Obrázek 21 – Rozdíl mezi PSR a SSR

Pro porovnání je na obrázku 22 přiblížen výstup z radaru na letišti Brønnøysund, na kterém je patrné, že výstup poskytuje informaci o identifikaci letadla, vzdálenosti, směrový vektor, výšku a rychlost letadla vůči zemi.



Obrázek 22 – Výstup radarových dat na letišti Brønnøysund

Obecně v Norsku je vzdušný prostor rozdělen do 5 tříd (A, C, D, E a G) na základě standardů ICAO. Třídy B a F se v Norsku nevyskytují. Prostory A, C, D jsou prostory řízené a prostor třídy G je prostor neřízený. Popis tříd vzdušných prostorů v Norsku je zobrazen v tabulce 9 v příloze. [46] Letiště Brønnøysund spadá od země do výšky 2 500 ft do vzdušného prostoru třídy G v podobě zóny s informacemi o provozu (TIZ – Traffic Information Zone), a od výšky 2 500 ft do letové hladiny (FL – Flight Level) FL 145 se jedná o vzdušný prostor třídy D. Tyto informace byly zjištěny pomocí softwaru Rocketroute a Jeppview. [54] [55] Popis vzdušného prostoru je zobrazen na obrázku 23 v příloze.

Po zavedení radaru byl vytvořen program školení AFISO na nový systém, který obsahuje detailní teoretické znalosti o fungování radaru ověřené testem, dále praktický výcvik na radarovém simulátoru zakončený zkouškou a následné zacvičení v provozu po dobu alespoň 100 hodin. Poté, když byl personál připraven na výkon povolání, byla spuštěna tzv. fáze provozního testování, která trvala jeden rok. Poté se norský Úřad pro civilní letectví CAA vyjádřil k věci zavedení letové informační služby poskytované AFIS jednotkou kladně v podobě schválení nové formy poskytování služeb, která nebude představovat riziko při částečném nahrazení služeb ŘLP na neřízených letištích, kde komplexnost provozu se už k potřebě zavedení řízeného letiště přibližuje. [32]

3.2 DRUHY INFORMACÍ Z PŘEHLEDOVÉHO SYSTÉMU VYUŽITELNÉ PRO STANOVIŠTĚ AFIS

Obecně mohou mít data z přehledového systému pro stanoviště AFIS různou podobu. Je možné je rozdělit na plnohodnotné informace a podpůrné informace. Toto dělení vychází z cíle zavedení přehledového systému na AFIS letiště. To znamená, jestli je systém zaveden za účelem poskytování plnohodnotných informací, na které se může AFISO určitě spolehnout, nebo za účelem podpory či ověření přehledu, který AFISO získává z jiného plnohodnotného systému. Zavedení podpůrného přehledového systému je paradoxně o něco náročnější ve srovnání se zavedením plnohodnotného přehledového systému. Problémem je, že v současné době existují pouze požadavky pro zavedení plnohodnotných přehledových systémů na řízená letiště, a kromě výjimky Dánska a Norska, které přišly s myšlenkou zavedení SSR na AFIS letiště, jiná certifikační báze pro zavedení přehledových systémů na AFIS letiště neexistuje. Natož pak certifikační báze pro podpůrné systémy. Důvodem může také být, že podpůrné přehledové systémy by na řízených letištích neměly pravděpodobně smysl. Nicméně na AFIS letištích, kde není náplní služby AFIS poskytovat rozstupy, ale pouze informace o provozu, by využití najít mohly. Pro zavedení podpůrného systému je potřeba stanovit funkci daného systému, kterou by měl v budoucnu plnit. Následně je možné vyjít z požadavků na plnohodnotný přehledový systém, které budou upraveny na základě zvolené funkce podpůrného systému. Musí být nastaveny technické i provozní požadavky. Posledním krokem je předložení návrhu Úřadu a prodiskutování potřebných úprav pro zavedení systému do praxe.

Další podkapitoly se věnují využitelnosti implementace plnohodnotných přehledových systémů.

3.2.1 Využití přehledových dat z radaru na AFIS letištích

Obecně stanoviště AFIS může radar využít při poskytování informací o provozu nebo o meteorologických podmínkách a jako navigační pomocné zařízení po vznesení požadavku od letadla. K těmto činnostem je dostačující PSR. Dále je možné dle předpisu využít radar při přiřazování kódů odpovídače a identifikaci letadla, při převádění identifikace radarového cíle na jinou radarovou jednotku, při určování radarového cíle z jiné radarové jednotky, při kontrole módu C, tj. kontrole výšky nebo při poskytování pohotovostní služby. V těchto případech už PSR nestačí a musí se použít buď SSR nebo PSR v kombinaci s jiným přehledovým systémem.

AFIS stanoviště nesmí nikdy zajišťovat rozstupy mezi letadly nebo vektorovat letadla, i když k tomu bude mít poskytnuty dostatečné informace. Výjimku tvoří pouze případ, kdy zajištění rozstupu zabrání hrozící kolizi.

Po tom, co je radar na AFIS letišti certifikován, je nutné informovat sousední řídicí jednotky o jeho zavedení, například ŘLP, oblastní službu řízení ACC, letové informační středisko FIC atp., aby věděli, že se struktura daného stanoviště AFIS změnila.

Po zavedení radaru na AFIS letiště je potřeba také proškolit AFISO, aby věděl, jaké informace může pomocí radaru využívat a jak s radarem pracovat. Jak vyplývá z předchozích podkapitol přístup zavedení radaru na AFIS letiště byl odlišný v Norsku i Dánsku. Místní Úřady přistoupily ke schválení výcviku AFISO na letištních AFIS vybavených radarem odlišně. Ačkoliv se shodly na podobné struktuře teoretického a praktického výcviku AFISO, délka výcviku „práce s radarem v provozu“ se velmi liší. Rozdíl může být dán odlišným výběrem druhu radaru pro AFIS stanoviště na letištích v Dánsku. Toto je ovšem jen spekulace, protože bohužel nebylo možné dohledat data uvádějící více informací o dánských radarech.

Tak jako tak se za dobrý začátek nedá považovat odlišné nastavení výcviku AFISO po zavedení stejného nebo velmi podobného přehledového systému na AFIS letiště. Ačkoliv je minimální úroveň výcviku dodržena, problém nejednotnosti výcviků AFISO může způsobit nepříjemnosti jedinci, který se rozhodne funkci AFISO vykonávat v jiném státě, kde jeho úroveň výcviku na AFISO nemusí být uznána, protože si daný stát stanovil přísnější pravidla.

3.2.2 Zavedení multilateračního systému na AFIS letiště

Dalekodosahová multilaterace WAM je termín, který popisuje přehled na tratích vzdušného prostoru, zatímco multilaterací MLAT je myšleno monitorování koncových řízených oblastí nebo letištních ploch. [51] Vzhledem k tomu, že v případě letiště AFIS se jedná o poskytování služeb letištnímu provozu nebo provozu v rámci přilehlého vzdušného prostoru, která je definována jako oblast sahající do výšky 1 200 m.n.m., a která je ohraničena kružnicí o poloměru 5,5 km (platí pro Českou republiku), nemá o WAM v rámci AFIS letiště prakticky smysl uvažovat. Nicméně MLAT systémy se mohou stát zajímavým nástrojem pro zvýšení přehledu a bezpečnosti AFIS letišť. Navzdory tomu nebyly doposud na žádné neřízené AFIS letiště zatím aplikovány.

MLAT systémy se v případě řízených letišť nepoužívají z pravidla samostatně, ale většinou v kombinaci s dalším ATM přehledovým systémem jako například s ADS-B nebo SSR, proto aby byly splněny dané požadavky na přehled. [9]

Výhodou zavádění MLAT systémů je definice dle ICAO Annexu 10 Volume 4 v odstavci 6.4.1., ve kterém je uvedeno, že výkonnostní charakteristiky MLAT systému použitého pro přehled o letovém provozu mají být takové, aby bylo zaručeno, že zamýšlená provozní služba bude uspokojivě poskytována. Tím se výrazně zvyšuje manévrovací prostor pro zavedení MLAT systému na AFIS letiště. [34]

3.3 KATEGORIE PŘEHLEDOVÝCH DAT

Přehledová data je obecně možné rozdělit do dvou skupin podle způsobu jejich zpracování přehledovým systémem.

1) Vypočtená přehledová data

Přehledová data jsou vypočtena nebo přepočteny pro daný časový okamžik nebo v daném časovém okamžiku na bázi poskytnutých dat například o horizontální poloze.

Mezi vypočtená přehledová data patří i případ, kdy přehledový systém extrapoluje nebo převádí vstupní data (například z geodetického do kartézského systému souřadnic). Hlavní cíl vypočtených dat je poskytovat informace, které co nejvíce popisují realitu v čase, ve kterém jsou poskytována.

Přehledová data, která jsou počítána přehledovými systémy:

- Vypočtená horizontální poloha letadla
- Vypočtená rychlost
- Vypočtená rychlost stoupání/klesání
- Vypočtený mód pohybu
- Vypočtené zrychlení
- Vypočtená geometrická výška
- Vypočtená tlaková výška (například extrapolací)
- Jakákoliv data, která byla vypočtena systémem, ačkoliv jsou extrapolovány na bázi poskytnutých leteckých dat.

2) Převedená data

Mezi převedená data patří přehledová data, která jsou obdržena přehledovým systémem, a která jsou poskytována bez úprav jejich hodnot na výstupu přehledového systému. To je právě případ identifikačních dat (tj. např. mód A nebo identifikace letounu). Pro taková data může systém požadovat kontrolu integrity, což může vést ke zpoždění při podání zprávy o nové nebo změněné hodnotě.

Do skupiny převedených dat patří také data, kdy přehledový systém pouze data dekóduje nebo zformátuje (například identifikace letadla z IA-5 do ASCII). V případě převedených dat je cílem přehledového systému, aby měl výstup stejnou hodnotu jako vstup s co nejkratším zpožděním.

Přehledová data řadící se mezi převedená data:

- Tlaková výška, například z módu C
- Kódy 1,2,3/A módu

- Identifikace cíle, například identifikace letounu, výkonnosti přehledových systémů a interoperability (SPI – Surveillance Performance and Interoperability), nouzový status
- Jakýkoliv parametr letadla, jako například zvolená výška, pravý úhel trati, GS, magnetický kurz
- Jakákoliv data poskytována systémem, jejichž výstup se získává přímo bez modifikací jejich hodnoty

Tyto dvě skupiny přehledových dat byly uvažovány při definování klíčových výkonnostních parametrů na ATM systémy. [43]

3.3.1 Přehledová data

Seznam přehledových dat a jejich popis je uveden v tabulkách 10-13 v příloze.

3.3.2 Extrahování a kalkulace přehledových dat

Podle původu přehledových dat, jsou data extrahovány/počítány buďto periodicky nebo v určitých intervalech. Všechna data vztahující se k určení trajektorie letounu (poloha, rychlost atp.), jsou data, která jsou počítána periodicky. Na druhou stranu, data jako identifikace letadla, která se nemění nebo jen zřídka, jsou pouze extrahována z letadla v případě změny. Nicméně aby nedošlo k absenci záznamu změny, mohou být i tato data navržena pro periodické extrahování. [43]

4 POŽADAVKY NA PŘEHLEDOVÉ SYSTÉMY NA AFIS LETIŠTÍCH

V Evropě obecně existuje celá řada různých orgánů, které jsou zodpovědné za certifikaci a schvalování přehledových systémů. Národní dohlížečský úřad (NSA – National Supervisory Authority)³ je zodpovědný za schválení systému z hlediska služeb ATS, které má systém poskytovat. CAA schvaluje systém na základě přezkoumání důkazů prokazujících bezpečnost služeb, které předložili poskytovatelé letových provozních služeb (ATSP – Air Traffic Service Provider). Bezpečnost se posuzuje na základě výkonnostních požadavků, technických požadavků a postupů při poskytování služeb ATS nebo opatření proti definovaným rizikům, která mohou v provozu nastat. ATSP musí proto vydat tzv. Prohlášení o ověření (DOV – Declaration of Verification), čímž se zavazuje, že všechny podmínky na fungování příslušného stanoviště ATS včetně podmínek na přehledový systém byly splněny. Pokud následně CAA schválí přehledový systém a fungování stanoviště ATS musí vydat potvrzující certifikát.

Kupující nového přehledového systému, tj. ATSP, vychází při stanovování požadavků na přehledový systém pro výrobce z požadavků ICAO a dokumentů Evropské organizace pro vybavení v civilním letectví (EUROCAE – European Organization for Civil Aviation Equipment) a dále pak také z požadavků, které jsou dány funkční a technickou specifikací systému (FTS – Functional and Technical Specification). Výrobce vybavení pro stanoviště služeb ATS, tj. v tomto případě přehledového systému, je pak zodpovědný za prokázání dodržení požadavků na systém tak, jak je požadoval kupující. Výrobce je také zodpovědný za dokončení prohlášení o shodě s požadavky a vhodnosti k použití (DSU – Declaration of Conformity or Suitability of Use), které spadá pod legislativu Jednotného evropského nebe (SES – Single European Sky).

Dále musí být dodrženy požadavky na přehledové systémy vydané ICAO, které jsou uvedeny ve Standardech a doporučeních (SARPs – Standards and Recommend Practices). ICAO, stejně tak jako požadavky EUROCONTROL. Nyní se jak ICAO tak EUROCONTROL soustředí především na zpracování požadavků na přehledovou výkonnost RSP, které mají umožnit jednodušší zavádění nových přehledových systémů do provozu. [35]

³ NSA více známo pod zkratkou CAA, která bude použita v dalším textu.

4.1 TECHNICKÉ VÝKONNOSTÍ POŽADAVKY NA PŘEHLEDOVÉ SYSTÉMY

Na základě předpisu L 4444 Hlavy 8 jsou přehledové systémy definovány jako systémy ATS používané k poskytování letových provozních služeb, které musí mít velmi vysokou úroveň spolehlivosti, provozuschopnosti a integrity. Možnost výskytu poruch nebo významných degradací systému, které mohou způsobit úplné nebo částečné přerušení služby, musí být výjimečná. Radarové systémy proto musí být zálohovány.

Přehledový systém ATS se obvykle skládá z několika integrovaných prvků zahrnujících čidla, přenosové spoje, systémy pro zpracování dat a displeje situačních zobrazení. Systémy by měly být schopny přijímat, zpracovávat a jednotným způsobem zobrazovat data od všech připojených zdrojů. Měly by také být schopny integrace s jinými automatizovanými systémy používanými k poskytování služeb ATS a měly by zajistit příslušnou úroveň automatizace s cílem zlepšit přesnost a včasný příchod údajů zobrazovaných řídicímu, a tím snížit jeho pracovní zátěž a nutnost hlasové koordinace mezi sousedními řídicími pracovišti a stanovišti ŘLP. [25]

Mezi základní funkce leteckého přehledového systému patří přesný odhad polohy letadla a jeho výšky v daném čase. Nicméně ve většině případů letecké přehledové systémy poskytují mnohem více informací a přehledových dat.

Aby nedocházelo ke snížení situačního povědomí řídicího nebo AFISO, musí být přehledová data aktualizována určitou rychlostí. Pro zaručení rychlosti aktualizace a z důvodu snadného posuzování vhodnosti použití daného přehledového systému pro danou službu ATS byly nastaveny požadavky na přehledovou výkonnost RSP. Výkonnost je pak posuzována na základě kvality přehledových dat. Zavedení RSP je užitečné především pro návrh přehledového systému a odvození požadavků pro jeho části, dále pak pro dodržení určité úrovně bezpečnosti, pro zavedení nových přehledových systémů do provozu a pro monitorování funkčnosti přehledového systému na základě porovnání aktuální přehledové výkonnosti s předepsanou výkonností. [10]

4.1.1 Parametry popisující kvalitu přehledového systému

V minulosti byl přehled nad oceány a ve vzdálených kontinentálních oblastech omezený. Pilot musel hlásit polohu pomocí rádia na vysokých frekvencích HF. Po křížování hlásného bodu pilot kontaktoval jednotku služby ATS (ATSU – Air Traffic Service Unit) přes rádio a hlásil identifikaci, polohu, čas, výšku a další hlásný bod. Dnes je celý postup identifikování letounu úplně jiný. Pro přehled nad oceány a vzdálenými kontinentálními oblastmi se dají využívat moderní technologie jako například ADS-C. Zavedení takovýchto moderních technologií do provozu významně pomohl koncept komunikace a přehledu založeného na výkonnosti PBCS.

PBCS vychází z dokumentu ICAO 9869, který poskytuje provozní požadavky na různé komunikační a přehledové technologie. Obecně by definice požadavků na přehledovou výkonnost RSP měla být nezávislá na technologii tak moc, jak jen to možné. Pak bude i zavádění návrhu nového přehledového systému založeného na provozním prostředí snadné a mnohem efektivnější. Například právě ADS-C bylo zavedeno do provozu na základě požadavků RSP. Výkonnost tohoto systému je definována pro přenos polohy letadla, rychlost a plánovanou činnost ve vzdušném prostoru s definovanou přesností a rychlostí aktualizace přehledových dat.

RSP představují soubor provozních požadavků pro poskytování služeb ATS a na související pozemní vybavení. Dále pak také na způsobilost letadla a činnosti jdoucí ruku v ruce s dodržáním příslušné hodnoty výkonnosti. Tyto požadavky byly odvozeny na základě provozních zkušeností. Největší výhodou je, že nejsou založeny na žádné specifické technice ani technologii. Koncept PBCS dále zahrnuje okamžitá varování, když nejsou stanovené podmínky dodrženy, tj. například když se přeruší přenos komunikace nebo v případě, že zpráva o poloze je zpožděná.

Požadavky RSP mají význam především na řízených letištích, kde se dají využít například při stanovování rozstupů mezi letadly a při snížení minim na rozstupy, čímž umožňují efektivní využití vzdušného prostoru. To sice na AFIS letištích nemá význam, protože do pravomocí AFIS nespadá stanovení rozstupů ani vektorování. Avšak je možné z výkonnostních požadavků vyjít a následně odvodit požadavky na přehledové systémy zaváděné na AFIS letištích.

Specifikace RSP je mimo jiné dána hodnotou, která stanovuje minimální dobu, kdy musí být přehledová data v provozu doručena bez zpoždění pro řídící, výrobce letadel a provozovatele. Tato minimální doba je známá pod zkratkou OT (Operational Overdue Time). OT se pak v provozu využívá pro specifické činnosti, jako je například právě stanovení minimálních rozstupů. [37] Další parametry popisující kvalitu přehledového systému jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 – Parametry popisující kvalitu přehledového systému

PARAMETR	POPIS PARAMETRU
DATA ITEM	
Přehledová informace	Informace, která má být přehledovým systémem doručena.
ACCURACY	
Přesnost	Pravděpodobnost stanovení polohy v definovaném časovém intervalu, jehož přesnost je stanovena.

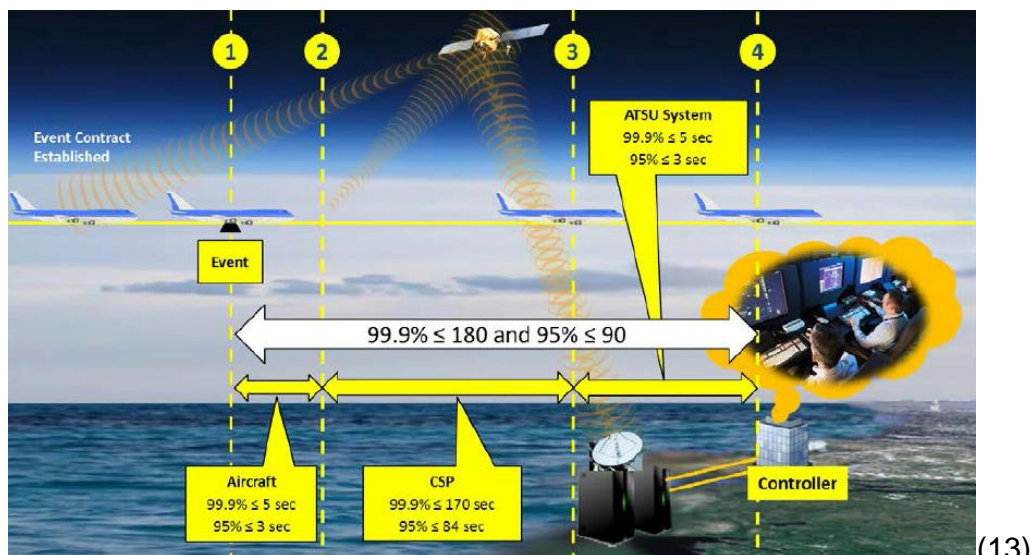
DATA INTEGRITY	
Integrita dat	Pravděpodobnost, že sledovací data jsou doručena bez jakýchkoliv zaznamenaných chyb.
SYSTEM INTEGRITY	
Integrita systému	Pravděpodobnost, s jakou po určitou dobu není zaznamenána chyba systému, která by měla za následek předání chybné informace uživateli.
AVAILABILITY	
Dostupnost	Pravděpodobnost, s jakou budou požadované informace z přehledových systémů doručeny uživatelům.
CONTINUITY	
Spojitosť	Pravděpodobnost, s jakou přehledový systém vykonává stanovenou funkci bez přerušení za určitých podmínek.
RELIABILITY	
Spolehlivost	Spolehlivost je funkcí frekvence, se kterou se objevují chyby v systému. Parametr odpovídá pravděpodobnosti, že systém bude plnit svojí funkci definovanou výkonnostními parametry po definovanou dobu za daných provozních podmínek.
UPDATE RATE	
Rychlost aktualizace dat	Časový rozdíl mezi oznámením dvou stejných typů informací, vysílané mezi letadlem/vozidlem (A/V – Aircraft/Vehicle).
COVERAGE	
Pokrytí	Objem vzdušného prostoru, který je pokryt přehledovým systémem a uvnitř kterého musí přehledový systém splňovat výkonnostní požadavky.
Zdroj	(1), (3)

Na obrázku 24 je znázorněna myšlenka zavedení požadavků RSP 180 do provozu. Mezi bodem 1 a 2 dosáhne letadlo určitého místa, od kterého mu běží čas maximálně 5 s nebo méně než 99,9 % OT a maximálně 3 s nebo 95 % nominálního času doručení DT (delivery time), než odpoví.

Mezi bodem 2 a 3 je signál přenesen pomocí sítě poskytovatelů komunikačních služeb (CSP – Communication Service Provider). Proces musí proběhnout maximálně během 170 s nebo méně než v 99,9 % OT, a méně než nebo rovno v 84 s při 95 % DT.

Mezi body 3 a 4 je poslána zpráva z CSP přes ATSU, která má požadovanou výkonnost ne menší nebo rovnou 5 s po 99,9 % času, a ne méně nebo rovno 3 s po 95 % času.

Celková doba komunikace od zahájení kontaktu, tj. vstup do bodu 1, až po přijetí zprávy řídicím musí být menší nebo rovno 90 s nebo 95 % DT. [37]



Obrázek 24 – Popis definice RSP

Obdobně vypadají požadavky RSP 400, jejichž konkrétní hodnoty lze najít buďto v Leteckém oběžníku 90-117 vydaným Federálním leteckým úřadem (FAA – Federal Aviation Administration) nebo v ICAO Manuálu pro letecké přehledové systémy. [37] [10]

Po zavedení systémů založených na výkonnosti do provozu je nutné přehledové systémy monitorovat proto, aby bylo zajištěno stálé dodržování RSP. Monitorování poskytuje vyšší úroveň bezpečnosti systému v provozu už tím, že problémy s nedodržením RSP jsou hlášeny, čímž je možné vyřešit nedostatky přehledového systému. Výstupem jsou pravidelné analýzy, které sledují dodržování výkonnosti daného systému.

Nicméně je důležité poznamenat, že RSP požadavky mají také určitá omezení. Některá kritéria se vztahují pouze na některé přehledové systémy, jako například přesnost vyjádřená v podobě dosahu a azimutu má smysl pouze pro radar, ale už ne pro jiný přehledový systém. Proto mohou být základní požadavky vynechány, protože dávají smysl pouze pro určité technologie. Nové technologie bývají už nadefinovány, pro jaké RSP mohou být použity.

ICAO Manuál na přehledové systémy představuje dokument obsahující minimální požadavky na výkonnost přehledového systému pro podporu určité aplikace. Avšak splnění těchto požadavků není dostačující k prokázání, že aplikace bude zaručovat příslušnou úroveň bezpečnosti. Je potřeba navíc zohlednit osoby na pracovišti, postupy a další systémy nebo vybavení, které souvisí s provozem přehledového systému. Proto je potřeba mít také na paměti, že technické požadavky na přehledový systém nejsou požadavky dostatečnými pro schválení zařízení pro provoz. [10]

Hlavním cílem výkonnostních požadavků je zajistit, že systém bude plnit zamýšlenou funkci, a bezpečnostní ohodnocení by mělo prokázat, že systém nevyvolá nebezpečné situace. [10] Na obrázku 25 v příloze je zobrazena tabulka s požadavky na výkonnost konkrétních přehledových systémů.

Protože se požadavky na přehledové systémy liší, a protože bylo v druhé kapitole ukázáno, že nejvýhodnější přehledový systém z hlediska možnosti zavedení na AFIS letiště je MLAT, případně jeho kombinace s ADS-B, budou následující kapitoly věnovány právě požadavkům na implementaci MLAT a ADS-B systémů.

4.2 POŽADAVKY NA PLNOHODNOTNÝ PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM

EASA ve svém výzkumu z roku 2016 uvádí, že jako právní základ pro poskytování služby AFIS a dohled nad jejím poskytováním použily jednotlivé státy různé právní akty. Některé státy vycházely čistě z nařízení ICAO, jiné upřednostnily evropskou nebo národní legislativu, ostatní braly jako podklad certifikačních požadavků na stanoviště AFIS tzv. AFIS manuál od EUROCONTROL. Problém při certifikování přehledového systému na AFIS letišti není pouze v nejednotnosti předpisů, ale především ve velmi strohém popisu AFIS a požadavků na jeho zavedení. [16]

Obecně dle provozních požadavků na řízená letiště platí, že řídicí letového provozu poskytují služby na základě informací z přehledového systému. Letadlo musí být vybaveno příslušným vybavením, dále musí řídicí i letecké posádky být řádně vycvičeni dle vhodných standardů a postupů.[10] Dle předpisu L-11, dodatku N, poskytování informací stanovištěm AFIS není zařazeno do kategorie letových navigačních služeb, ale musí být osvědčováno a dozorováno vnitrostátním dozorovým orgánem.

Při implementaci nové technologie je nutné prokázat, že zařízení podporuje provozní koncept co nejeekonomičtějším způsobem. Nejprve se stanoví, v čem je potřeba provoz letecké dopravy zlepšit, a poté se vybere vhodná technologie, která má tohoto zlepšení docílit. Výběr nového zařízení je probrán s provozovateli letišť na základě finanční analýzy, která má nalézt finanční úspory plynoucí ze zavedení nového zařízení do provozu. Je snahou eliminovat překrývající se pokrytí přehledovými systémy. V současné době se například pracuje na myšlence zavádění systému automatického závislého přehledového vysílání o vzdušné situaci ADS-B, jakožto náhradě radarů. Vesmírný segment technologie ADS-B představují přijímače ADS-B, které jsou umístěny na satelitech. Pokud satelity budou poskytovat celosvětové pokrytí, pak i přehledový systém ADS-B bude poskytován globálně. [10] Další možností přehledového systému, který by mohl nahradit radar je MLAT.

Před schválením ADS-B nebo MLAT, musí být ohodnoceny komunikační, navigační a přehledové služby CNS/ATM, aby bylo zajištěno, že systém dodržuje zamýšlenou a přijatelnou bezpečnost. Výkonnostní požadavky jako přesnost, integrita a dostupnost mohou být viděny jako bezpečnostní pilíře přehledového systému. Tyto výkonnostní požadavky, které mají vypovídat přímo o udržení bezpečnosti přehledového systému, nejsou samy o sobě dostatečné. Tudiž, za účelem zajištění, že implementace ADS-B nebo MLAT je bezpečná,

musí designéři vzdušných prostorů nastavit bezpečnostní opatření tak, aby bylo sníženo riziko výpadku přehledového systému. [10]

4.2.1 Předpisová základna pro certifikaci a schválení multilateračního systému a systému automatického závislého sledování pro provoz

Požadavky na implementaci multilateračního systému do provozu na AFIS letišti je velmi obtížné definovat, protože nejsou přesně stanoveny ani požadavky na implementaci MLAT systému do provozu na řízeném letišti. Důvodem je využití MLAT systému v drtivé většině případů ve spolupráci s jiným přehledovým systémem pouze jako doplňkový přehledový systém, a to buď radaru nebo ADS-B. Po prostudování řady materiálů se jako nejrozumnějším řešením zdá vyjít z publikace WAM Generic Guidance Process – Volume 1, Process Description, která popisuje doporučení podmínek pro implementaci WAM do provozu na řízeném letišti. Doporučení jsou vydána pro ANSP v Evropě, jejichž cílem je předložení návrhu na zavedení WAM do provozu Úřadu pro civilní letectví CAA. Tato publikace vychází ze zkušeností lidí, kteří si procesem zavedení nového WAM systému na letišti už prošli, a zároveň jsou v publikaci zapracovány existující požadavky evropských nařízeních, které byly vydány SES. [35]

Aby mohly ANSP přehledová data z WAM systému využívat v provozu, musí ANSP získat povolení od CAA. Povolení od CAA může ANSP získat pouze po prokázání, že WAM systém plní účel služby, ke kterému byl zamýšlen. Důležité je rozlišovat termín schválení systému a certifikace vybavení. Schvalovací proces je soubor aktivit, které mají vést k formálnímu prokázání produktu, procesu nebo služby splnění požadovaných bezpečnostních nařízeních a požadavků pro reálný provoz. Naproti tomu certifikace je specifická pro daný systém a je většinou dána vybavením od výrobce ještě před uvedením na trh. Certifikační proces představuje potvrzení, že systém má určité charakteristiky (jako například bezpečnost, funkčnost atp.). Avšak formální uznání v příslušném legislativním rámci je stále potřeba. Konkrétněji schválení kontroluje splnění podmínek služby uvnitř daného prostředí, zatímco certifikace řeší dodržení podmínek výrobce na produkt podporující službu. Například, pokud byl WAM systém certifikován výrobcem a příslušným úřadem jako vybavení, není možné ho použít v letovém provozu, dokud CAA neschválí WAM pro použití v provozu, tzv. provozním a technickým schválením.

Aby bylo možné získat schválení, musí ANSP podat na CAA kompletní popis systému a detaily o jeho implementaci na daném místě včetně [36]:

- Informací o bezpečnosti WAM systému (standardy na kvalitu a výkonnost, kterou dodržuje, jeho rozsah pokrytí a spolehlivost služby)
- Informace o technické a provozní způsobilosti

- Informace o ohlašujících systémech
- Finanční analýzy a pojištění
- Zálohy pokrytí
- Vlastnictví a organizační struktury
- Lidských zdrojů

V případech, kdy má MLAT a ADS-B nahradit radar, byly provedeny analýzy a pokusy, jejichž cílem bylo porovnat výkonnosti ADS-B a MLAT s výkonností radaru. Na základě těchto analýz bylo prokázáno, že ADS-B a MLAT systémy mají lepší výkonnost/bezpečnost nebo minimálně ne horší výkonnost/bezpečnost než radar. Tudiž ADS-B nebo MLAT přehledové systémy mohou být použity pro poskytování 2,5 NM, 3 NM a 5 NM minim rozstupů jakožto jediný přehledový systém pro poskytování služeb ŘLP nebo společně s radarem. To znamená, že CAA mohou certifikovat instalaci MLAT podle již zavedených certifikačních požadavků na zavedení radaru, který by měl MLAT nahradit. Navíc se nikdy nestalo, že by instalace MLAT systému byla zamítnuta pro nesplnění požadavků ICAO na SSR. [29]

Pro stanovení výkonnosti systému je základem porovnání technických požadavků s požadavky provozními a stanovení, jestli MLAT systém je dostatečně výkonný na to, aby požadavky na provoz dodržel. Nicméně technické požadavky nejsou jedinými požadavky, které je nutné dodržet. Obecně jako základ stanovení potřebných požadavků lze vyjít z dokumentu PANS-ATM. Státy, které se rozhodnou implementovat MLAT do podobného prostředí, musí porovnat MLAT systém s monopolzním sekundárním přehledovým radarem MSSR. Pokud má MSSR vybraný státem stejnou nebo menší výkonnost než referenční MSSR uvedený v předpisu, pak výkonnost MLAT musí být odvozena z dokumentu SASP (Separation and Safety Panel) – přílohy C nebo je nutné zvýšit bezpečnostní požadavky. Pokud má MSSR vybraný státem vyšší výkonnost než referenční MSSR, pak je nutné odvodit požadavky na MLAT systém a získat na ně schválení úřadu. Přičemž, požadavky nesmí být nižší než ty uvedené v SASP. Pro srovnání MLAT, který má být implementován, s referenčním radarem je v příloze v tabulce 15 přiložen přehled požadavků na referenční radar. [38]

Dalším krokem je zpracování tzv. funkční analýzy rizik (FHA – Funcional Hazard Analysis), jejímž cílem je stanovení cílů pro bezpečný provoz. Následně by měla být vypracována zpráva předběžného zhodnocení bezpečnosti systému (PSSA – Preliminary System Safety Assessment), která by měla být vpracována na základě dokumentu 9859, stejně tak jako FHA. Výstupem PSSA by měly být požadavky na bezpečný provoz a doplnění výkonnostních požadavků na MLAT systém, pokud je to nutné. Dále by měl být schválen koncept vzdušného prostoru v oblasti letiště na základě dokumentů 9426, ICAO 4444 a Annexu 11. Příkladem nástrojů pro ohodnocení konceptu může být kvalitativní ohodnocení nebo reálná a zrychlená simulace.

Dále je připraven návrh provozních postupů dle Doc 8168. To souvisí i s úpravou publikací popisující tratě, vyčkávací místa a strukturu vzdušného prostoru. Následuje modifikace systému ŘLP a s ním souvisejí výcvik řídicích/AFISO i leteckých posádek. Modifikace vychází z dokumentů 4444 (PANS-ATM), 8168 (PANS-OPS), 7030, Manuálu pro národní a místní ŘLP a Letový provoz. Odtud lze stanovit požadavky na MLAT a nastavit systém monitorování a jeho vyhodnocování. Pokračuje se vyhodnocením bezpečnosti systému (SSA – System Safety Assessment) na základě dokumentu 9859. Výstupem je důkaz bezpečnosti. [38]

4.2.2 Postup pro přípravu implementace MLAT a ADS-B do provozu

Pro implementaci MLAT a ADS-B do provozu je nutné dodržet následující postup. [35]

- 1) DEFINOVÁNÍ SYSTÉMU
 - a) Definování provozních požadavků
 - Definování zamýšleného použití systému
 - Provozní požadavky
 - Analýza funkčních rizik
 - b) Analýza možností návrhu a systémových požadavků
 - Realizovatelnost a kontrola poměru cena/výkon
 - Požadavky na výkonnost a bezpečnost
 - Požadavky na interoperabilitu
 - c) Definování prostředí letiště a jeho okolí
 - Analýza lokality letiště
 - Analýza selhání přehledového systému
 - Funkční a technická specifikace
- 2) VÝSTAVBA SYSTÉMU A ZAVEDENÍ DO PROVOZU
 - a) Doručení, integrita a ověření systému
 - Zřízení systému
 - Schvalovací test, včetně zohlednění různých faktorů
 - Letové testy
- 3) SCHVÁLENÍ SYSTÉMU A JEHO PROVOZ
 - a) Založení provozní služby
 - Posouzení bezpečnosti systému
 - Postupy a výcvik
 - Schválení systému pro provoz
 - b) Funkce provozní služby
 - Monitorování včetně kalibrace
 - Výcvik AFISO a pracovníků údržby

Jednotlivé body budou blíže specifikovány a popsány níže.

1) a) Definování provozních požadavků

Celý proces začíná odůvodněním, proč je přehledový systém potřeba zavést na dané letiště a popsáním výhod plynoucích z jeho zavedení. ANSP musí stanovit provozní požadavky na přehledový systém, jejichž součástí je definování ATS, kterou má systém podporovat a jaké informace má poskytovat. Musí být také definováno, jestli systém bude pracovat samostatně nebo v kombinaci s jiným přehledovým systémem. Ačkoliv by postup měl být takový, že nejprve dojde ke stanovení provozních požadavků bez ohledu na technologii, je lepší na začátku se rovnou zamyslet i nad předpokládanou technologií, která bude použita. Výstupem této fáze je tzv. Definice provozních služeb a prostředí (OSED – Operational Services and Environment Definition). OSED zahrnuje návrh leteckého systému, tratí, geografie včetně popisu terénu, rozsahu potřebné služby atp. V návrhu je nutné také uvažovat potřebnou úroveň pokrytí přehledovým systémem.

Je žádoucí projednat návrh implementace přehledového systému na AFIS letiště s CAA z důvodu zajištění potřebných bodů pro nastavení úrovně bezpečnosti systému a jeho aplikací. Úroveň bezpečnosti systému se nastavuje pomocí tzv. metodiky posouzení bezpečnosti (SAM – Safety Assessment Methodology). Prvním krokem SAM je tzv. funkční analýza rizik systému FHA, která popisuje, jak bezpečný má systém být. FHA má také ukázat, jaký systém je nejvhodnější pro implementaci na dané letiště. Výstupem by proto měla být definice systému a požadavků pro jeho použití. Proto se připravuje také bezpečnostní zdůvodnění (Safety Argument), ve kterém jsou definovány klíčové kroky, na jejichž základě by ANSP mělo prokázat schválení bezpečnosti nového systému. Na druhou stranu do výstupu fáze 1) a) nespadá výběr konkrétního přehledového systému. [35]

1) b) Analýza možností návrhu a systémových požadavků

V této fázi musí ANSP vybrat nejlepší technické řešení na základě analýzy přehledových systémů z pohledu poměru cena/výkon a realizovatelnosti projektu pro různé varianty návrhu. Jakmile je přehledový systém zvolen, musí být nastaveny technické požadavky. Ty mohou být sestaveny na základě informací od výrobce.

Protože tato práce se zaměřuje na implementaci multilateračního systému, budou níže specifikovány základní komponenty systému WAM.

- Odpovídače (TX, XPDR)
- Přijímací stanice/přijímače (Rx)
- Referenční a monitorující odpovídač (RMTR – Reference and Monitoring Transponder)

- Řídící a monitorující stanice (RCMS – Remote Control and Monitoring Station)
- Zabudované testovací vybavení (BITE – Built-In Test Equipment)
- Zdroj nepřerušovaného napájení (UPS – Uninterruptable Power Supply)
- Centrální systém zpracování (CPS – Central Processing System)

Kromě položek na seznamu sem patří ještě komunikační infrastruktura (spojení pomocí mikrovln, optických vláken atp.) a vnitřní části rozhraní ATM systému, jako například data z CPS.

Pro WAM se nejprve připraví návrh předpokládaného počtu a rozmístění pozemních stanic. Kromě provozních výkonnostních požadavků jsou také definovány požadavky na interoperabilitu. Proto se provádí druhá fáze SAM tzv. předběžné zhodnocení bezpečnosti systému PSSA. PSSA má zajistit, že zavedení navrhovaného systému je dostatečně bezpečné a zároveň navrhnout bezpečnostní opatření při selhání systému. Tato opatření musí být realizovatelná. V rámci kontroly požadavků na interoperabilitu musí být zkontrolována správná interakce systémů na daném letišti mezi sebou. Například interakce mezi WAM a ASTERIXem⁴. Kontrolovány musí být především formáty dat, komunikační formáty a cenová dostupnost jakéhokoliv uvažovaného řešení v návrhu. Snadnému zavedení systému do provozu při schvalovacím procesu by mělo pomoci udržovat kontakt s CAA. Doporučuje se také, aby popis požadavků na výkonnost systému byl srovnán s existující výkonností současných přehledových systémů na letišti. [35]

1) c) Definování a zohlednění místního prostředí

V tomto bodě musí být zohledněna lokalita letiště a okolní prostředí, které mají vliv na letový provoz. Navíc musí být detailně řešen 3D návrh pokrytí daného vzdušného prostoru. Konkrétně se musí rozhodnout, kde přesně budou umístěny vysílače a přijímače, a musí být získáno povolení pro jejich umístění. Systém musí zvládnout pokrytí celého vzdušného prostoru včetně všech výšek, ve kterém má být daná služba poskytována. Je také nutné pamatovat na to, že rozmístění pozemních stanic má přímý vliv na přesnost WAM. V případě instalace aktivního WAM je potřeba brát v úvahu i vliv na radiofrekvenční spektrum stejně tak jako v případě implementace radaru. Pokud budou instalovány nové vysílače a přijímače, je nutné provést navíc studii o jejich dopadu na životní prostředí. Nakonec musí být připravena analýza možného selhání systému a zvolena potřebná opatření. Výstupem této fáze budou funkční a technické specifikace, které mají být představeny na konkurzu firem, které budou soutěžit o získání a následné realizování projektu. Součástí těchto specifikací jsou mj. podmínky na údržbu, na náhradní díly, výcvik atp.

⁴ ASTERIX – binární formát předávání zpráv pro potřeby ATM [67]

2) a) Doručení, integrita a ověření

V této fázi musí výrobce prokázat, že systém je v souladu se standardy, a že je i technicky schválen CAA. Musí být především předloženo schválení EC, tj. Prohlášení o shodě a vhodnosti k použití, dále důkaz o dodržení požadavků na přehledovou výkonnost a pravidel na interoperabilitu. [52] Následuje i ověření pomocí schvalovacího testu. Tento test je nutný obzvláště v případě WAM systému, protože WAM systém závisí na geometrické konfiguraci mnohem více než radar. Test má zaručit správné technické nastavení systému, které lze měřit pouze v místním prostředí. Technické požadavky na WAM vycházejí z nařízení ED-142 od EUROCAE. [53] V ED-142 jsou také sepsány Přijatelné způsoby průkazu (AMC – Acceptable Means of Compliance) pro výrobce. Jakmile je systém nainstalován, jsou provedeny testy pro schválení systému. Systém je nastaven a ověřen. Výkonnost systému musí být dále průběžně ověřována letovými testy při běžných podmínkách a podmínkách při závadě. Nakonec je vydáno Prohlášení o ověření, čímž je potvrzeno, že systém je schválen pro použití na daném letišti.

3) a) Založení provozní služby

Provozní schválení je získáno od CAA včetně finalizace poslední fáze SAM, tzv. zhodnocení bezpečnosti systému po instalaci v daném prostředí (SSA). Postupy a výcviky jsou nastaveny jak pro AFISO, tak pro pracovníky údržby. AFISO musí být především schopen rozeznat selhání systému a příjem chybných dat a údajů, a vědět jakým způsobem na selhání systému reagovat. Avšak protože WAM je poměrně novou technologií, důkazy o úrovni její bezpečnosti založené na zkušenostech nejsou dostatečné. Proto ANSP musí vyhlásit tzv. přechodné období před tím, než bude nový WAM systém plně zaveden do provozu. Například počáteční použití systému může být omezeno na dobu, kdy je nízká hustota letového provozu. Pro první použití systému mohou být také zavedeny po dobu 6-12 měsíců zvýšené rozstupy letadel, zatímco jsou provozní a technická data shromažďována a systém ověřován. Na základě těchto dat je potřeba určit další nutná opatření proti selhání systému.

V tabulkách 16-20 v příloze jsou přiloženy kontrolní seznamy, ve kterých jsou uvedeny všechny podstatné body, které je nutné splnit při přípravě a samotné implementaci přehledového systému do provozu. Bližší informace pro naplnění požadavků seznamu je možné nalézt v dokumentu WAM Generic Guidance Process – Volume 1, Process Description. [35]

Úplný seznam požadovaných dokumentů, které musí předložit ANSP za účelem získání provozního schválení přehledového systému od CAA je uveden níže.

- Popis provozních služeb a prostředí (jaká data budou poskytována WAM)
- Funkční analýza rizik FHA
- Předběžné zhodnocení bezpečnosti systému PSSA
- Ohodnocení interoperability
- Požadavky na provozní a technickou přehledovou výkonnost
- Funkční a technická specifikace
- Dokument s požadavky uživatele (včetně mapy plánovaného pokrytí)
- Studie o tom, jaký dopad bude mít implementace systému na životní prostředí
- Veřejná soutěž firem ucházející se o zavedení přehledového systému do provozu a výběr nejlepšího řešení
- Smlouvy (Seznam smluv s kontraktory zabývající se implementací přehledového systému)
- Prohlášení o shodě a vhodnosti pro použití
- Zhodnocení bezpečnosti SSA
- Požadavky na monitorování výkonnosti a upozornění v případě jejich nedodržení
- Postupy, výcvikové plány, plány údržby
- Plán pro přechodné období
- Uvolnění bezpečného případu
- Prohlášení o ověření včetně provedení testu pro přijetí

3) b) Fungování provozní služby

Jakmile systém poskytuje provozní službu, je potřeba ho neustále monitorovat a kalibrovat tak, aby byla zajištěna požadovaná výkonnost.

4.2.3 Vývoj a projektování leteckého pozemního zařízení

Zpracování firemní příručky je jednou z nezbytných podmínek pro vydání Oprávnění k vývoji a projektování instalací leteckého pozemního zařízení (dále jen LPZ), které ve smyslu ustanovení § 17 zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb. a vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů č. 108/1997 Sb. (v platném znění), vydává CAA. Vývojem LPZ se pro účely firemní příručky rozumí soubor činností:

- a) směřujících k vypracování veškerých podkladů (dokumentace) potřebných pro výrobu, zkoušení i bezpečný a spolehlivý provoz vyvíjeného LPZ, jeho části nebo veškerých podkladů, potřebných ke zlepšení výkonnosti a vlastností již vyráběného LPZ, případně ke splnění nových požadavků civilních leteckých předpisů,

b) jejichž výsledkem je hotový výrobek (LPZ nebo jeho část) v kategorii funkční vzor nebo prototyp, jehož dokumentace umožňuje provádět opakovanou (sériovou) výrobu LPZ (nebo jeho částí) a případně i následné provozování, tzn., že pro dané LPZ je vyhotovena i dokumentace pro jeho instalaci, seřízení/nastavení parametrů po instalaci, údržbu, opravy a provozní manuály. [56]

Minimální požadavky na obsah firemní příručky jsou zobrazeny na obrázku 26 v příloze.

4.3 POŽADAVKY NA PODPŮRNÝ PŘEHLEDOVÝ SYSTÉM

Podpůrným přehledovým systémem je myšlen takový přehledový systém, který poskytuje informace, které mohou sloužit například pro ověření informací jiného přehledového systému. Nebo naopak, takový přehledový systém, pomocí kterého je možné využívat jen omezené množství přehledových dat. Jaké informace je možné z podpůrného přehledového systému využívat, je nutné nechat schválit Úřadem. Obecně je vždy potřeba myslet na přehlednost zavedených systémů z pohledu využití přehledových dat AFISO. Důležité je, aby namísto zvýšení přehledu AFISO nedošlo k jeho zmatení.

Požadavky na podpůrný přehledový systém nebyly zatím nastaveny. Důvodem může být, že podpůrné přehledové systémy se na řízených letištích nepoužívají. Význam by jejich zavedení však mohlo mít na neřízených AFIS letištích, kde je potřeba zvýšit situační povědomí AFISO.

Jednou možností by mohlo být využití dat z PSR v podobě informace o počtu cílů ve sledovaném prostoru při zvýšení hustoty letového provozu. Nicméně, AFISO by neměl stále informaci o identifikaci letounu, což by mohlo vést k právě výše zmíněnému zmatení AFISO.

Další možností by mohlo být zavedení MLAT v kombinaci s ADS-B, který dosahuje nižších výkonnostních standardů, než je stanoveno na řízených letištích. AFISO by tak dostal informaci nejen o poloze letounu, ale také o jeho identifikaci. Protože však úkolem stanoviště AFIS není poskytování rozstupů letadel, není potřeba stejná hodnota RSP ani provozní výkonnosti jako v případě řízeného letiště. AFISO také nutně nepotřebuje všechny přehledové informace, které jsou k dispozici na řízených letištích. Vždy záleží na lokalitě daného letiště a hustotě letového provozu. Na základě těchto parametrů je možné rozhodnout, v jakém směru má letiště slabiny, a jaké funkce přehledového systému by je mohly vyřešit. Z toho vyplývá, že na dané letiště není nutné implementovat přehledový systém na stejné úrovni jako v případě řízeného letiště, ale pouze takový systém, který je schopen nabídnout požadované funkce pro podporu stanoviště AFIS. Požadavky na funkci systému se mohou lišit, nicméně dá se předpokládat, že pro zvýšení situačního povědomí AFISO jsou nejvíce potřeba informace o poloze letounu, jeho výšce a rychlosti. Protože doposud nebyl žádný podpůrný přehledový systém na žádné letiště zaveden, není možné vyjít ze zkušeností, které by ukázaly úspěch či neúspěch této myšlenky. Proto byla v následující kapitole vypracována případová

studie, která vyhodnocuje možnost zavedení podpůrného přehledového systému na vybrané letiště.

5 PŘÍPADOVÁ STUDIE VYUŽITÍ PŘEHLEDOVÉ INFORMACE PRO STANOVIŠTĚ AFIS

Tato část diplomové práce představí případovou studii implementace vybraného přehledového systému na zvolené AFIS letišti. Jak vyplývá z předchozí kapitoly, prvním krokem by mělo být zhodnocení současného stavu zvoleného letiště a nastavení provozních požadavků pro výběr vhodného přehledového systému.

5.1 STANOVIŠTĚ LETIŠTNÍ LETOVÉ INFORMAČNÍ SLUŽBY NA LETIŠTI V LETŇANECH

Letiště Praha Letňany (LKLT) je veřejné vnitrostátní a neveřejné mezinárodní letiště s osvědčením k poskytování letištní letové informační služby AFIS, pohotovostní služby a meteorologické služby. Dispečer AFIS je přímo odpovědný za poskytování zmíněných služeb známému provozu letadel na letišti a v informační zóně Letiště Praha Letňany. Není oprávněn vydávat jakákoliv letová povolení nebo zákazy. Pokud je nutné odvrátit nebezpečí, které ohrožuje bezprostředně bezpečnost letového provozu přímo na letišti nebo v informační zóně LKLT, může dispečer AFIS vydat příkaz nebo zákaz přímo se dotýkající dané situace.

Provozovatelem letiště je Letiště Praha Letňany, s.r.o. Certifikace stanoviště AFIS proběhla v červenci 2014. Od 6. srpna 2014 je Letiště Praha Letňany certifikované stanoviště s volacím znakem „LETŇANY INFO“. Certifikaci provedl Úřad pro civilní letectví ČR. [57]

Na letišti jsou dvě travnaté RWY. RWY 05L a 23R byla zrekonstruována za pomoci laserových měřicích přístrojů, čímž je zaručen rovný povrch RWY. Výhodná je poloha letiště z pohledu cestujících, protože se nachází v hlavním městě České republiky, jehož centrum je z letiště dobře dostupné díky blízkosti stanice metra. V příloze jsou přiloženy mapy letiště, které jsou zobrazeny na obrázcích 28-31.



(23)

Obrázek 32 – Vzletové a přistávací dráhy na letišti v Letňanech

Avšak na druhou stranu, poloha letiště není už tak výhodná z pohledu pilota. Z důvodu umístění letiště v hustě zastavěné oblasti Prahy 9, musely být zavedeny jedny z nejpřísnějších postupů pro piloty chystající se na odlet nebo přistání. Letiště poskytuje službu AFIS

až do občanského soumraku. Nicméně jsou zde nastavena různá hluková omezení, například na cvičné okruhy. Z důvodu hluku je také omezena výška letového okruhu, který se musí létat ve výšce 1 900 ft (tj. cca 590 m) nad zemí.

V České republice se ve většině případů definuje přiléhající prostor k letišti, ve kterém je poskytována služba AFIS, jako letištní provozní zóna ATZ. Nicméně z důvodu polohy letiště v blízkosti letiště Václava Havla není prostor pod působností AFIS vymezen jako ATZ. Vzdušný prostor, který je letišti Letňany delegován, náleží řízenému prostoru vzdušné třídy D. Konkrétněji, jak je patrné z mapky na obrázku 31 v příloze, letiště leží ve vojenském řízeném okrsku (MCTR – Military Control Region) MCTR Kbely a let po okruhu zasahuje do řízeného okrsku CTR Ruzyně. Avšak, velikost vzdušného prostoru, ve kterém je poskytována služba AFIS se mění v závislosti na domluvě s AFISO na letišti Kbely (LKKB) na základě podmínek koordinační dohody. Při letu na LKLT pilot vstupuje do prostoru spadajícího pod působnost AFIS LKLT nejprve přes prostor kbelského letiště, které mu vždy oznámí, kdy je potřeba přeladit na frekvenci letňanského letiště a kdy dojde k předání letadla z jedné služby na druhou. Respektive mu oznámí, jaký vzdušný prostor má momentálně AFIS v působnosti. Obdobný postup je aplikován při odletu letadla. Pilot je na zemi informován o aktuální velikosti vzdušného prostoru, ve které je poskytována služba AFIS a kdy je třeba přeladit na frekvenci kbelského letiště.

V případě letiště Letňany jsou vzdušné prostory, které mohou být AFIS přiděleny na základě koordinační dohody, definovány následovně: [58]

„Prostor Letňany“ je prostor s vertikálním vymezením GND – 2000 ft AMSL nastavení barometrického výškoměru na QNH LKKB. „Prostor Vinoř“ a „Prostor Brandýs n/Labem“ je zřizován za stejných podmínek jako „Prostor Letňany“.

Další podmínkové prostory:

- *LT2 s vertikálním vymezením GND – 2000 ft AMSL nastavení barometrického výškoměru na QNH LKKB*

- *LT3 s vertikálním vymezením GND – 3000 ft AMSL nastavení barometrického výškoměru na QNH LKKB*

- *LT4 s vertikálním vymezením GND – 4000 ft AMSL nastavení barometrického výškoměru na QNH Praha Ruzyně*

- *LT5 s vertikálním vymezením GND – 5000 ft AMSL nastavení barometrického výškoměru na QNH Praha Ruzyně*

- *Letňany Display vymezený nepravidelnou kružnicí o poloměru 1 NM se středem v ARP letiště Letňany ve vertikálním rozsahu GND – 2500 ft, včetně v místě průniku s MCTR I Kbely nastavení barometrického výškoměru na QNH Praha Ruzyně. Tento prostor je využíván jen v případě leteckých akcí.“ [69]*

Z výše uvedeného vyplývá, že minimální rozsah pokrytí novým přehledovým systémem by měl být vertikálně minimálně od země do 5 000 ft při nastavení výškoměru na QNH Praha Ruzyně. Horizontální pokrytí by mělo být vymezeno minimálně tak, jak je uvedeno na mapce na obrázku 31. Tím bude zajištěno pokrytí maximálního prostoru, ve kterém je poskytována služba AFIS. Avšak aby byl přehled AFISO co největší, je žádoucí, aby byl rozsah pokrytí větší. Je potřeba také zmínit, že prostory LT1-5 nejsou oficiálně publikovány a opravdu fungují pouze na základě koordinační dohody. Na základě ústního sdělení pana Richarda Blahy (AFISO manažera na letišti Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) ze dne 3. 5. 2018 je možné říct, že koordinační dohoda s letištem Kbely a s ním související struktura vzdušných prostorů spadajících pod působnost AFIS bude v brzké době změněna. [70]

Protože vzdušný prostor, ve kterém je prozatím poskytována služba AFIS, je součástí vzdušného řízeného prostoru třídy D, jsou přílety a odlety možné jen za oboustranného rádiového spojení AFIS LKLT na frekvenci 120,335 MHz a MTWR na frekvenci 120,880 MHz. Pro vstup do vzdušného prostoru MCTR Kbely a dále pak na LKLT je nutné dodržet vstupní body Mike, Lima, Uniform a Romeo, které jsou vyznačeny na obrázku 33 v příloze. [57]

Obecně v případě VFR letů v České republice má letadlo povinnost být vybaveno odpovídačem SSR v módu S s funkcí základního přehledu (ELS – Elementary Surveillance)⁵ v letové informační oblasti (FIR – Flight Information Region) FIR Praha nad letovou hladinou FL95 a v koncové řízené oblasti (TMA – Terminal Control Area) TMA Praha a CTR Ruzyně. [61] IFR lety, které spadají do kategorie obecného letectví (GAT – General Air Traffic) mají povinnost mít odpovídač s módem S (ELS) na palubě. [62]

„Mimo provozní dobu AFIS LKLT se aplikují postupy pro VFR lety jako na/z letiště Kbely, a to za stálého obousměrného spojení s MTWR Kbely. Trať příletu/odletu je předmětem letového povolení ATS Kbely. Lety na letištním okruhu LKLT tvoří konfliktní provoz pro lety z/na RWY 06/24 LKPR, RWY 06/24 LKKB a RWY 10/28 LKVO. Prahy drah 05L a 05R jsou posunuty za účelovou komunikaci. Komunikace musí být při vzletu a přistání přelétávána v minimální výšce 15 m od nejnižší části letadla nebo vlečeného předmětu. Piloti letící podle FPL jsou povinni si vyžádat aktivaci / ukončení platnosti FPL prostřednictvím AFIS LKLT nebo mimo provozní dobu AFIS LKLT prostřednictvím MTWR Kbely. AFIS je poskytován v angličtině. Mimo provozní dobu AFIS LKLT jsou přílety a odlety na/z LKLT povoleny jen se souhlasem provozovatele letiště (ověření provozuschopnosti letiště). RWY 05L a RWY 23R jsou určeny přednostně pro letadla se zatahovacím podvozkem.“ Tento odstavec vychází z předpisu Pravidla a omezení místního letového provozu, VFR-AD-LKLT-TEXT-1, které bylo

⁵ Múd S v základním přehledu ELS zajiřtjuje automatické hlášení identifikace letounu, zprávu o nastavení odpovídače, hlášení o výšce letounu každý 25 s, letový status, SI kód. [62]

vydané 21. 8. 2014. Bližší informace o omezení a podmínkách provozu na LKLT je možné najít v právě v této publikaci. [58] [57]

5.1.1 Popis současného pracoviště letištní letové informační služby

Vybavení stanoviště AFIS na letišti v Letňanech je popsáno v již dříve zmíněné tabulce 5, která se nachází v příloze. Pracoviště dispečera AFIS bylo v posledních letech modernizováno za účelem zvýšení jeho přehledu. Základní nástroje potřebné pro poskytování služby AFIS byly vestavěny do jedné desky, čímž se výrazně zvýšila přehlednost pracoviště. Na přehledové desce je možné najít především meteostanici, radiostanici a obrazovku, na které je možné používat v případě potřeby internet. Dále pak obrazovku s programem vytvořeným v Excelu, kam jsou zaznamenávány údaje o letadlech ve vzduchu i na zemi. Program funguje na principu barevně rozlišitelných stripů, které mají k dispozici na ŘLP. Do programu se zaznamenávají především informace o vstupu a výstupu letadla z delegovaného vzdušného prostoru pro poskytování služby AFIS, vstupní a výstupní body, nebo také časy vzletů a přistání. Software je však velice komplexní, dají se v něm najít i další informace o provozu jako aktuální QNH, aktuální velikost vzdušného prostoru pod působností AFIS nebo dráha v užívání.

Na přehledové desce je samozřejmě možné najít spoustu dalších nástrojů, nicméně ty výše zmíněné jsou umístěny ve středu přehledové desky, protože pracovník AFISO s nimi pracuje nejvíce. Na základě ústního sdělení pana Miroslava Vavrouška (AFISO letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) ze dne 2. 4. 2018 je možné říct, že zabudování přehledové desky stanovišti AFIS významně prospělo. [59]

Co se týče posouzení hustoty letového provozu, tak lze předpokládat, že hustota letového provozu na letišti v Letňanech je obzvláště v letních měsících velmi vysoká. Ačkoliv na letišti v Letňanech mají zpracované konkrétní analýzy počtu pohybů za den a jejich výkyvů v průběhu roku, nebylo možné tato data získat, protože si letiště Letňany jejich zveřejňování nepřeje. Nicméně, je možné počet pohybů na LKLT alespoň odhadnout na základě veřejně dostupné statistiky počtu pohybů na letišti v Hradci Králové (LKHK), který je uveden v tabulce 23.

Tabulka 23 – Celkový počet pohybů na LKHK za posledních 11 let

ROK	CELKOVÝ POČET POHYBŮ NA LKHK
2006	17 500
2007	22 394
2008	26 128
2009	23 125
2010	22 624
2011	28 703
2012	28 423

2013	28 878
2014	30 013
2015	42 241
2016	70 872
2017	77 376
ZDROJ	(26)

Jak vyplývá z tabulky, počet pohybů na LKHK narostl za posledních 11 let přibližně čtyřnásobně. Nárůst počtu pohybů se dá předpokládat i na letišti v Letňanech, avšak ne tak markantní. Je totiž potřeba brát v úvahu, že na LKHK je k dispozici nejen dráha 33L / 15R s travnatým povrchem, ale navíc také dráha 33R / 15L (2400 x 60 m) s betonovým povrchem. [66] Proto se dá předpokládat, že díky betonovému povrchu jedné dráhy je možné obsloužit širší spektrum různých typů letounů. Proto bude počet pohybů na letišti v Letňanech odhadnut na 35 000 pohybů za rok, což by při klasickém zprůměrování vycházelo přibližně necelých 100 pohybů za den. Avšak je potřeba brát v úvahu meteorologické podmínky, které mají velký význam především v případě letiště s travnatým povrchem. Dá se proto předpokládat, že provoz v zimních měsících bude významně omezen, zatímco v letních měsících výrazně naroste. Proto je možné odhadnout provoz v letních měsících na 200 pohybů za den. (Tyto odhady byly prodiskutovány a potvrzeny s AFISO na LKLT, který si nepřeje být citován.)

Jak se zdá, další zvýšení přehledu a s ním související snížení zátěže AFISO by v případě LKLT mělo určitě význam. Protože LKLT se nachází v blízkosti letiště Václava Havla (PRG, LKPR), dá se předpokládat, že vývoj hustoty letového provozu bude mít následně dopad i na LKLT. Avšak aby bylo zavedení nového přehledového systému pro letiště Letňany užitečné, je nutné celý návrh probrat s manažerem letiště Letňany a zjistit, jaké provozní požadavky by na přehledový systém letiště mělo, a jaký mají vůbec na zavedení nového přehledového systému názor.

5.2 VOLBA PŘEHLEDOVÉHO SYSTÉMU

Návrh zvýšení situačního povědomí AFISO na LKLT bude proveden dle postupu, který je popsán v kapitole 4.2.2. Prvním krokem je příprava funkční analýzy rizik FHA a z ní vyplývající zamýšlené použití systému. Poté bude následovat definování provozních a technických požadavků na přehledový systém.

5.2.1 Funkční analýza rizik systému

Protože letiště v Letňanech zatím nemá žádný přehledový systém instalován, je potřeba se blíže podívat, jaké nebezpečné situace mohou na letišti v Letňanech vzniknout a následně zhodnotit, jestli by se zavedení přehledového systému na letiště nemohlo stát jejich řešením. Mezi rizikové situace, které mohou v provozu nastat, patří například chybné hlášení polohy

letounu pilotem. To se může stát problémem především v případě, kdy poloha letounu nebude ani v dohledné vzdálenosti AFISO. Tím pádem AFISO nemá šanci informaci o poloze letounu ověřit a musí spoléhat na to, že informace nahlášené pilotem jsou správné. AFISO tak může vyjít z chybné informace, na jejímž základě může podávat další chybné informace o provozu. Je nutné uvažovat také ještě o něco pesimističtější případ, a to, že nebude jen jeden pilot, který poskytne chybné informace o poloze letounu, ale bude jich hned několik. Obecně je možné říct, že s narůstající hustotou letového provozu roste i pravděpodobnost vzniku takového případu.

Protože je snahou zvyšovat bezpečnost letecké dopravy na maximum, a tím pádem i kvalitu poskytovaných provozních služeb, implementace přehledového systému se jeví jako zajímavé řešení tohoto rizikového případu. AFISO by mohl využívat přehledový systém jako podpůrný systém, který by mu sloužil pro ověření informací o poloze poskytovaných pilotem. Protože vzdušný prostor, ve kterém je poskytována služba AFIS, je poměrně malý, tj. dá se předpokládat přeletění tohoto prostoru za dobu okolo 4 minut [59], nemá AFISO velký manévrovací prostor na komunikaci a podání upozornění pilotům, kteří se vyskytnou se svými stroji v přílišné blízkosti.

Implementace přehledového systému by mohla zvýšit situační povědomí AFISO na tolik, že by mohl snáze předvídat a předcházet výskytu takovýchto situací. Samozřejmě je jasné, že musí být dodržena definice, že AFISO letový provoz neřídí, ale pouze informuje o jeho stavu. Je proto nutné proškolení AFISO na používání podpůrného systému. Školení by mělo především zajistit, že se AFISO naučí používat přehledový systém jako nástroj pro zvýšení jeho situačního povědomí a pro ověření polohy letadla pomocí srovnání hlášené polohy s polohou na obrazovce AFISO. Avšak AFISO si musí být vědom, že podpůrný systém nezaručuje takovou přesnost informací jako plnohodnotný přehledový systém na řízeném letišti. AFISO se nesmí snažit pomocí podpůrného systému řídit letový provoz. Funkce přehledového systému by měla být pouze informativní. AFISO by díky podpůrnému systému mohl také přepokládat či očekávat provoz z jiného vzdušného prostoru a připravit se na něj. Důležité také je, aby nedošlo ke změně struktury komunikace poskytovaných informací z informační podoby na povely. Konkrétněji nesmí dojít ke změně informační struktury vět v podobě: „Na základně dostupných dat Vás můžeme informovat, že provoz bude do jedné minuty napravo od Vás, doporučuje se točit vlevo.“ na povely typu: „Do jedné minuty bude provoz napravo od Vás, točte doleva.“

5.2.2 Provozní požadavky na přehledový systém

V současné době AFISO na LKLT získává informace o poloze letadel pouze na základě ohlášené polohy pilotem nebo vizuálně, a to buď zrakovým vjemem v případě, že se letoun nachází v dohledné vzdálenosti, nebo pomocí dalekohledu, v případě ověření polohy letounu

na delší vzdálenost. Další možností ověření polohy letounu je využití Flightradar24. Flightradar24 je volně přístupný a zobrazuje informace o letech 24 h denně. Zobrazované informace zahrnují informace o poloze letadla, místa odletu a plánované destinaci, číslo letu, typ letadla, výšku letadla, jeho kurz a rychlost. Pomocí Flightradar24 je možné také dohledat informace o odletěných letech. Přehledová data na Flightradar24 jsou čerpána především z ADS-B přijímačů fanoušků, a MLAT přijímačů.

Nevýhodou je, že stránka Flightradar24 blokuje zobrazování některých informací poskytovaných pomocí ADS-B z bezpečnostních důvodů. [60] Protože Flightradar24 je stránka, která byla vytvořena leteckými fanoušky, nelze na informace poskytované touto stránkou spoléhat. Stejně tak není možné stanovit přesnou výkonnost přehledových dat poskytovaných touto stránkou, a tím pádem ani ověřit dodržování potřebné výkonnosti. Protože je Flightradar24 nespolehlivý, nepřesný a funguje se zpožděním, je zakázáno ho na pracovišti služby AFIS používat. [70] V případě Flightradar24 není možné uvažovat o tomto systému ani jako o systému podpůrném pro ověření polohy letadla. Nicméně webová stránka s výstupem z Flightradar24 podouvá zajímavou myšlenku. Konkrétně vytvořit takový přehledový systém, který by měl výstupy podobné jako Flightradar24, avšak jednalo by se o systém relativně přesný, spolehlivý a bez zpoždění. Jinými slovy řečeno, jednalo by se o systém, který by bylo možné certifikovat a schválit jako podpůrný systém pro provoz na AFIS letišti.

Výstupem zvoleného přehledového systému by měla být podobná data, která poskytuje Flightradar24, nicméně data by měla být poskytována s podstatně vyšší spolehlivostí. Zvolený přehledový systém by měl poskytovat především informace o poloze, typu a kurzu letounu, dále pak jeho identifikaci, rychlost a výšku letu.

Pro volbu vhodného přehledového systému je nejprve potřeba zjistit, jaký provoz se na letišti vyskytuje. Předpokládá se, že na letišti v Letňanech se bude vyskytovat provoz jak VFR, tak IFR v podobě civilních i vojenských vnitrostátních i mezinárodních letů. Konkrétněji jsou na letišti povoleny přes den VFR, školní a výcvikové lety, sportovní lety, zkušební lety, lety pro zvláštní účely, dopravní lety a sportovní výsadky. V noci na LKLT je provoz zakázán. [58] Na základě definování letového provozu se dá vydat dvěma směry. Buďto bude nově zavedený podpůrný přehledový systém používán pouze v provozní době AFIS anebo budou zaznamenávána i data mimo provozní dobu této služby. V případě druhé varianty by v případě incidentu nebo nehody mohly být dohledána data, kdy letadlo do vzdušného prostoru, ve kterém je ve dne poskytována služba AFIS, vstoupilo a kdy ho opustilo.

Celá problematika byla prodiskutována s panem Richardem Blahou (manažer AFISO letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) dne 3. 4. 2018 [70] za účelem nastavení provozních požadavků na podpůrný přehledový systém. Pan Richard Blaha se vyjádřil,

že doposud letiště Letňany nezvažovalo možnost zavedení přehledového systému na AFIS letiště pro potřeby ATS, nicméně tento návrh neshledává jako něco nerealizovatelného. Hlavní problém vidí především v certifikaci podpůrného systému a ve finančních nákladech na implementaci přehledového systému do provozu. Konkrétněji pan Bláha možnost implementace přehledového systému, který by CAA schválilo, nezavrhuje, nicméně si myslí, že v současné době mají z finančních důvodů přednost jiné kroky modernizace AFIS stanoviště. Jako důležitý krok, který by AFISO výrazně ulehčil práci a snížil jeho zátěž, vidí automatizaci softwaru, do kterého jsou zapisovány informace o letech. Proto je zajímavou myšlenkou vyřešit problematiku automatického zapisování informací o letech a zvýšení přehledu AFISO jedním systémem.

Obecně pro předložení návrhu ke schválení a certifikaci musí být nejprve definovány požadavky, které musí systém splňovat a na základě kterých bude systém schválen. Nejprve bude proto rozhodnuto, jaký typ přehledového systému bude vybrán a teprve následně stanoveny požadavky, na základě kterých bude zvolen už konkrétní přehledový systém za účelem implementace na AFIS letiště v Letňanech.

5.2.2.1 Možnost čerpání přehledových dat z letiště Kbely

Jako jedna z možností získávání přehledových dat se nabízí využívání přehledových dat z letiště Kbely. LKKB se nachází v přímé blízkosti letiště Letňany, a navíc má s ním LKLT uzavřené koordinační dohody o dělení vzdušného prostoru. Na kbelském letišti mají k dispozici jak SSR, tak PAR. [80] Tudíž se nabízí možnost využívání přehledových informací na letišti v Letňanech, které budou výstupem z těchto radarů. Jednalo by se o podobný případ, který byl zpracován v podkapitole 3.1, kdy dánská letiště začala používat přehledová data z SSR z původně řízeného letiště. Zavedení radaru by pak prakticky nic nestálo, protože radar už je v blízkosti letiště zřízen. Musel by se pouze dokoupit software, který by zajišťoval zpracování výstupů ze SSR i pro LKLT.

Bohužel tato úvaha není tak jednoduchá jako v případě dánských letišť. V Dánsku byla situace jiná. Na řízeném letišti se působnost místního ŘLP a AFIS služby střídala, a nakonec bylo rozhodnuto, že si určitý vymezený prostor vezme pod svou působnost pouze AFIS. Stanoviště tudíž bylo už pro provoz AFIS letiště využívajícího data ze SSR připraveno. V případě pražských letišť je situace komplikovanější. Hlavním důvodem je, že LKKB je vojenským letišťem. Dá se proto předpokládat, že vojenské letiště nebude chtít, aby LKLT využívalo stejná data jako LKKB. Čistě teoreticky by se výstup některých informací mohl pro LKLT omezit. Jak již bylo řečeno výše, koordinační dohoda mezi LKKB a LKLT se bude pravděpodobně v nejbližší době měnit. Proto by stálo za zvážení projednat i návrh čerpání některých přehledových dat pro AFIS letiště. Každopádně není možné počítat s velkým úspěchem.

5.2.2.2 Možnost zavedení vlastního přehledového systému na letišti Letňany

Zavedení vlastního radaru na letišti LKLT by přicházelo čistě teoreticky také v úvahu. Nicméně protože provoz stanoviště AFIS je poměrně drahý, bude snahou přijít s co nejekonomičtější řešením. Jak vyplývá z finanční analýzy porovnání implementace radaru versus implementace MLAT, je evidentní, že zavedení radaru na LKLT by z ekonomických důvodů nemělo smysl. Vzhledem k závěru kapitoly týkající se výběru vhodného přehledového systému pro AFIS letišti a vzhledem k výše uvedené finanční analýze se nabízí jako nejvhodnější řešení nejen z důvodu nejlepšího poměru cena/výkon kombinace MLAT systému se systémem ADS-B.

Zavedení nového přehledového systému by nemělo mít vliv na změnu provozních postupů na letišti v Letňanech. Protože LKLT má zájem o co nejekonomičtější řešení, nabízí se možnost implementace nízkonákladového MLAT přehledového systému v kombinaci s výstupy z ADS-B přijímačů. Výstupy z těchto systémů by měly být zobrazovány na jednu obrazovku. Nicméně měla by být zřízena ještě jedna obrazovka pro výstupy ze záložního systému.

Na základě výstupů z MLAT a ADS-B by se pravděpodobně dal zautomatizovat software pro zapisování letů. Tím by se i nabídka zavedení MLAT v kombinaci s ADS-B mohla stát pro LKLT ještě atraktivnější, protože by nejen zvýšila přehled AFISO, ale také ulehčila zpracování letů pro statistiky a fakturace.

Důležité je také zohlednit využitelnost zavedení těchto systémů z hlediska provozu. Na základě interview s panem Richardem Blahou (AFISO manažer letišti Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) ze dne 3. 5. 2018 se ukazuje, že není možné říct, jaký je přesný počet letadel vybavených ADS-B ani odpovídačem na letišti v Letňanech. LKLT tyto informace nemá bohužel k dispozici. Avšak je možné udělat alespoň odhad. Co se týče odpovídače, tak obecně v rámci ČR se služba AFIS poskytuje v ATZ, kde vybavení odpovídačem povinné není. Avšak letišti Letňany zónu ATZ zřízenou nemá. Letišti Letňany se nachází ve vzdušném prostoru třídy D a může zasahovat i do CTR Ruzyně, kde vybavení odpovídačem povinné je. Protože se delegovaný prostor, ve kterém je služba AFIS poskytována, mění na základě koordinační dohody s LKKB, je nutné mít zapnutý XPDR v případě, že je jím letadlo vybaveno. V případě, že letadlo XPDR vybaveno není, správně by neměl být vstup do delegovaného prostoru umožněn. Nicméně například rožala nebo provoz pouze v rámci delegované oblasti AFIS Letňany vybavení odpovídačem nemají. Stejně tak LKKB nepovoluje provoz letadel bez odpovídače, protože provoz v tomto případě nemůže být zobrazen jako výstup ze SSR. Na základě této úvahy lze předpokládat, že odpovídačem bude vybaveno 99 % letadel pohybujících se v delegovaném prostoru AFIS Letňany. [59]

Dle pana Blahy se na LKLT pohybují v 99,9 % především letadla místních provozovatelů. Na základě této informace bylo odhadnuto, že ADS-B je v současné době vybaveno pouze 1 % letadel, které se pohybují na LKLT. Nicméně je možné předpokládat, že se situace na letišti v Letňanech přibližně do příštích dvou let změní.

Tento předpoklad lze potvrdit na základě semináře týkajícího se získání dotací od Evropské Unie na retrofitování palubní avioniky. Tento seminář se konal 17. 4. 2018 v Technickém Bloku ŘLP na letišti Václava Havla v kanceláři GNSS Centre of Excellence. Seminář byl určen pro všechny majitele a provozovatele letadel v rámci schválených výcvikových organizací (ATO – Approved Training Organisation). Těch působí jenom na LKLT pět a tvoří hlavní část provozu. [72] Je potřeba také uvažovat, že provozovatelé ATO nevyužívají svá letadla pouze pro výcvik, ale také na vyhlídkové lety atp. [71]

Semináře se zúčastnila všechna ATO působící v LKLT. Cílem semináře bylo spojit všechna ATO a podat společnou žádost o retrofitování palubní avioniky především EGNOS systémy. Nicméně v rámci této žádosti je možné zažádat také o retrofitování ADS-B, o kterém řada provozovatelů uvažuje. Důvodem je, že provozovatelé jsou přesvědčení, že pokud bude ADS-B vybavení povinné v USA do dvou let, bude o jeho zavedení usilováno brzy i v Evropě. Provozovatelé chtějí využít této jedinečné šance, kdy mají možnost modernizovat jejich letouny za lepších finančních podmínek. [71] To naznačuje, že zavedení MLAT v kombinaci s ADS-B je vhodným řešením. Navíc letadla, která nebudou vybavena palubní avionikou ADS-B, budou zachycena MLAT. Pro zachycení MLAT je potřeba pouze vybavení letadla odpovídáčem, které je v řízeném prostoru třídy D povinné.

5.2.3 Návrh úpravy pracoviště letištní letové informační služby

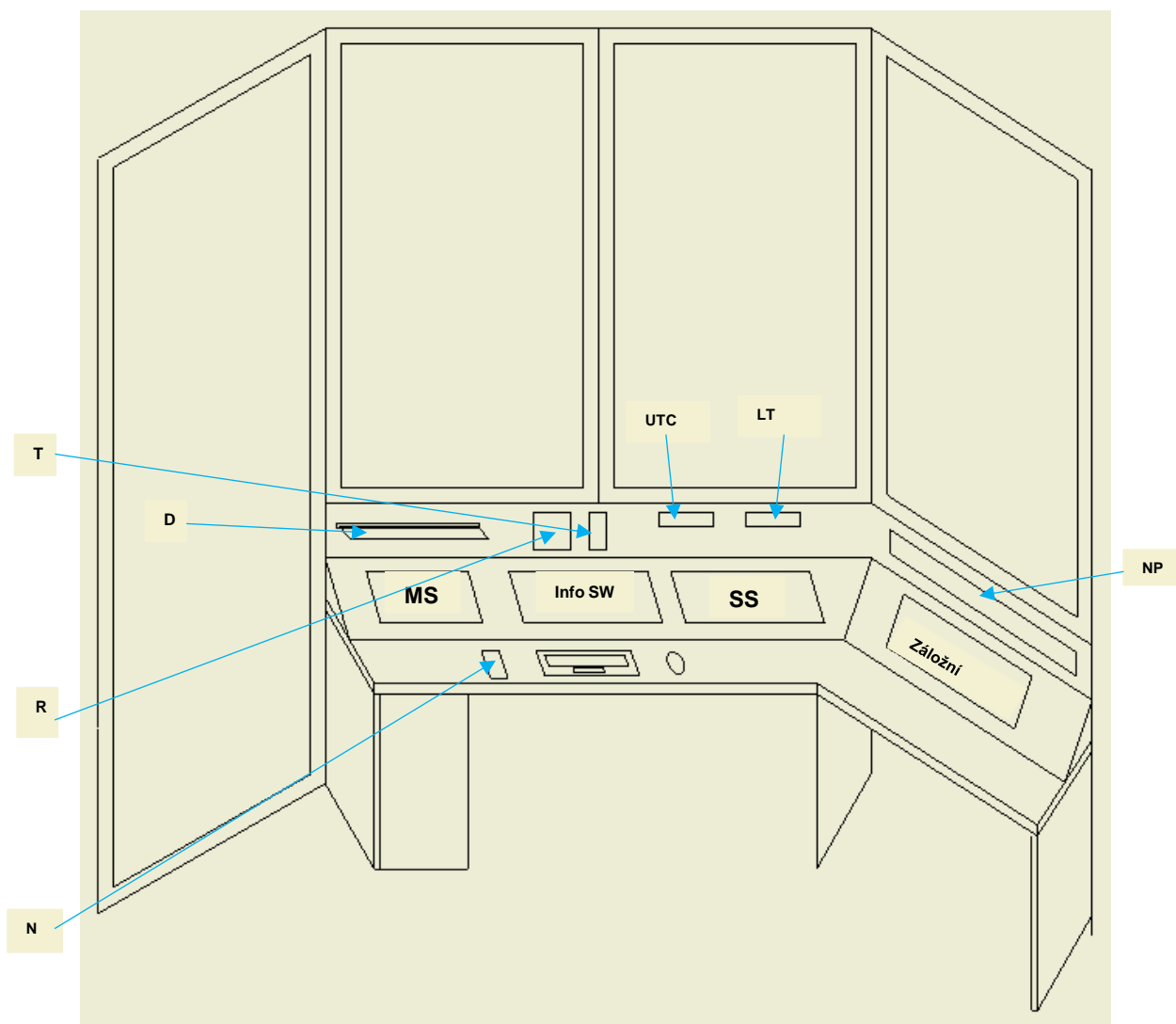
Výstupní data z MLAT a ADS-B by měla být zobrazena na obrazovce, která je v současné době používána pouze pro práci s internetem. Tím bude minimalizován negativní dopad adaptace dispečera na změnu pracoviště. AFISO bude mít k dispozici stejná nebo minimálně podobná přehledová data, která jsou výstupem z volně dostupného Flightradar24, a navíc budou tyto informace dostupné pořád ve stejném místě pracoviště, ve kterém je používán internet. Novým prvkem na obrazovce AFISO by měly být pouze informace o výkonnosti daného systému a upozornění v případě nedodržení dané výkonnosti. Tím dojde i k minimalizování nákladů na přeškolení AFISO na práci s novým přehledovým systémem a zkrátí se tím i přechodové období.

Z pohledu analýzy funkčních rizik FHA je potřeba také vytvořit záložní systém, který bude sloužit při výpadku pokrytí vybraným přehledovým systémem. Splnění tohoto požadavku by nemělo být náročné. První možností zálohy při výpadku jedné ze stanic MLAT by bylo nainstalování více než 4 pozemních static. Pokud by došlo k výpadku jedné z nich, byla by data počítána na základě ostatních stanic. V tomto případě se vystačí stále s jednou

obrazovkou pro zobrazení výstupu. V případě výpadku serveru by záloha mohla být v podobě výstupu, který bude zpracován jiným počítačem. To znamená, že výstupní data ze zavedeného přehledového systému by měla být zobrazována ve středu pozornosti AFISO, tj. na základní přehledové desce. Obrazovka zobrazující záložní přehledová data, by měla být buďto po pravé straně přímo na přehledové desce nebo po pravé straně mimo přehledovou desku.

Návrh pracoviště AFISO s variantou přehledového systému umístěného ve středu pozornosti přehledové desky a se záložním systémem po pravé straně AFISO je zobrazen na obrázku 34.

Byla zvolena tato varianta, protože po zavedení přehledového systému na letiště v Letňanech se předpokládá, že AFISO bude plně využívat přehledová data z nového přehledového systému a záložní zpracování bude využito pouze v případě výpadku tohoto systému. Proto nemusí být nutně umístěn ve středu hlavní přehledové desky. Návrh pracoviště zahrnuje pouze základní prvky vybavení stanoviště AFIS.



Obrázek 34 – Návrh stanoviště AFIS po zavedení nového přehledového systému

Vysvětlivky k obrázku 34:

D políčka na dalekohled

R radiostanice

T telefon

N Notes (Poznámky)

NP Seznam nouzových postupů

SS Surveillance system (Přehledový systém)

MS Meteo stanice

Info SW. . . Software pro zaznamenávání informací o letech

Na obrázku 34 jsou zobrazeny základní prvky, které mají vliv na přehled a situační povědomí AFISO. Patří sem software pro zaznamenávání informací o letech, nový přehledový systém a záložní systém. Pro vizuální kontakt na dlouhé vzdálenosti se používá dalekohled. Ve středu přehledové desky jsou umístěny také radiostanice a telefon, které AFISO využívá po většinu času ve službě. Při návrhu byl zachován nový tvar přehledové desky, který byl instalován nedávno na letišti v Letňanech. Deska je mírně zkosená a umístěna tak, aby AFISO viděl periferně jak na desku, tak ven z oken. Na stole se nachází klávesnice a myš pro ovládání softwarů a také poznámkový blok. Předpisy a publikace, které jsou potřebné při výkonu služby AFISO, jsou uschovány v šuplících stolu. Nad záložním systémem jsou umístěny informace s nouzovými postupy a důležitými kontakty.

5.2.4 Technická specifikace přehledového systému

Dalším krokem je analýza technických požadavků na přehledový systém, na základě kterých musí být ověřeno, že celý návrh bude realizovatelný. Mezi základní technické požadavky patří požadavek vycházející z nařízení ED-142, a to stanovení maximálního přípustného časového intervalu mezi po sobě jdoucími zprávami o poloze letounů. Zpráva o poloze představuje odpověď z letounu (formát DF0, DF4) a odpovídající data zobrazená pomocí programu Asterix. Pak se měří interval aktualizace dat, čímž je stanoven jeden z parametrů na výkonnost daného systému, a tento interval je následně porovnán se srovnatelným časovým intervalem rotujícího radaru. ED-142 také definuje časový interval pro po sobě jdoucí zprávy o poloze daného letounu. [63]

Dalším důležitým parametrem, který významně ovlivní i cenu vybraného přehledového systému, je rozsah pokrytí daným systémem. Přehledový systém by měl minimálně pokrýt objem vzdušného prostoru, ve kterém působí stanoviště AFIS. Tento minimální objem byl už stanoven v kapitole 5.2.1.

Při nastavování technických požadavků na přehledový systém je potřeba si uvědomit, že současné požadavky na přehledové systémy jsou nastaveny tak, aby splňovaly využití systému na řízeném letišti. Konkrétní požadavky na výkonnost přehledových systémů jsou

uvedeny v PBCS manuálu, který byl vydán minulý rok (2017) a zatím není volně dostupný na internetu. [64] Proto budou základní technické požadavky vycházet z volně přístupného Global Operational Data Link Document, 2.edice a dalších volně přístupných materiálů týkajících se této problematiky. Základní technické požadavky na přehledový systém jsou definovány na obrázcích 35-37 v příloze.

Při stanovování technických požadavků je nutné si dát také pozor na případ, kdy jsou přijímána data z více než jednoho přehledového systému. Příkladem může být právě kombinace MLAT s ADS-B. AFISO by měl mít informaci o tom, ze kterého přehledového systému byla data získána a jakou s výkonností systém pracuje. Na obrazovce by také mělo být zobrazeno varování v případě, že požadovaná výkonnost není dodržena. Pro zajištění kombinace těchto systémů se v praxi používají procesory pro zpracování dat s víceúčelovými senzory.

Jak již bylo řečeno výše, bohužel neexistuje předpisová základna pro zavedení podpůrného přehledového systému na AFIS letiště. Požadavky na podpůrný přehledový systém proto vycházejí z požadavků pro implementaci plnohodnotného přehledového systému na řízené letiště jak z evropské, tak americké literatury. Nastavení těchto požadavků je uvedeno v tabulce 25 a níže je vysvětleno jejich odvození.

Nejnáročnější bylo stanovení technického parametru přesnosti, kterou musí podpůrný přehledový systém splňovat. Po prostudování požadavků definovaných v RSP 180 a RSP 400, které se vztahují na plnohodnotné systémy, bylo zjištěno, že hodnota parametru přesnosti polohy systému není prozatím v těchto specifikacích zavedena. Jediná přesnost, o které tyto parametry hovoří, je přesnost časového intervalu, ve kterém musí být poloha stanovena. Ten je v případě RSP 180 i RSP 400 definován jako ± 1 s. [64] [73] Protože však služba AFIS funguje jako služba poskytující i navigační pomoc, je nutné nastavit také přesnost polohy, kterou daný systém bude zaručovat. Pro tento účel je možné vyjít z předpisu ED-142, který stanovuje požadavky na WAM používaný pro přehled v TMA a na tratích. Požadavky na přesnost horizontální polohy jsou uvedeny v tabulce 24.

Tabulka 24 – Požadavky na přesnost horizontální polohy letounu dle ED-142

Test Parameters	Requirement
Horizontal Position Accuracy – TMA	150 m RMS
Horizontal Position Accuracy – En-route	350 m RMS

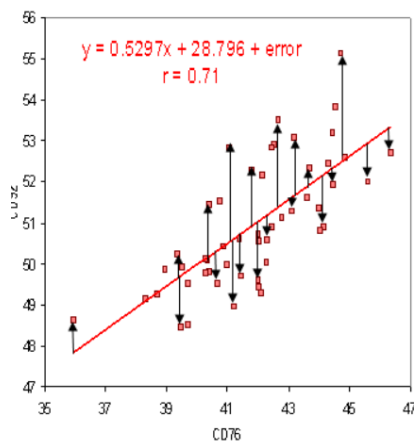
(27) [75]

Střední kvadratická odchylka odhadu polohy (RMS(E) – Root Mean Square Error) představuje standardní odchylku od reziduí neboli od chyb predikce. Residua vyjadřují míru, jak daleko se nacházejí body od regresní přímky. RMS(E) představuje potom míru rozšíření těchto reziduí. Jinými slovy RMS(E) ukazuje koncentraci dat okolo regresní přímky. [74]

$$RMS(E) = \sqrt{\overline{(f - o)^2}}$$

f předpověď (očekávané hodnoty nebo neznámé výsledky)

o pozorované hodnoty (známé výsledky)



(28)

Obrázek 38 – Příklad určení RMS(E)

V případě podpůrného přehledového systému by měla být maximální odchylka od přesnosti polohy odvozena na základě maximální rychlosti letounu v daném vzdušném prostoru a v kombinaci s nejistotou časového intervalu určení polohy definovanou jako RSP 180 / 400. Dle předpisu ve vzdušném prostoru třídy D, do kterého spadá vzdušný prostor, ve kterém je poskytována služba Letňany Info, platí omezení indikované vzdušné rychlosti letu (IAS – Indicated Air Speed) pod FL100 na maximální hodnotu 250 kt (463 km/h). [76] Protože dle RSP 180 / 400 je definována minimální odchylka od časového intervalu, během kterého má být určena poloha letadla, na ± 1 s, bude nejistota přesnosti polohy určena na základě výpočtu uletěné vzdálenosti, kterou letadlo urazí za 1s rychlostí 250 kt.

$$s = v \cdot t = \frac{463}{3,6} \cdot 1 = 129 \text{ m}$$

Z výpočtu vyplývá, že letadlo uletí maximálně 129 m za 1s, která představuje povolenou odchylku od časového intervalu, ve kterém musí být stanovena poloha. Proto se zdá být příhodné stanovit i maximální odchylku od definované přesnosti polohy ± 129 m.

Mezi parametry určující přesnost patří nejistota odhadu horizontální polohy (EPU – Horizontal Estimated Position Uncertainty), kategorie navigační přesnosti polohy (NACp – Navigation Accuracy Category for Position) a geometrická přesnost vertikální polohy (GVA – Geometric Vertical Accuracy). EPU je definován jako rádius kruhu, který má střed ve skutečné horizontální poloze letounu. V tomto kruhu leží skutečná poloha letounu s 95 % pravděpodobností. NACp představuje 4-bitovou reprezentaci odpovídající EPU ve stavovém vektoru, který je vysílán ADS-B. GVA představuje 2-bitovou reprezentaci přesnosti geometrické výšky letounu. [77]

Tabulka 25 – Přesnost výšky letounu určená pomocí ADS-B

GVA Encoding	Meaning (meters)
0	Unknown or > 150 meters
1	≤ 150 meters
2	≤ 45 meters

(30)

Další výkonnostní parametry dle předpisu ED-142 jsou uvedeny v tabulce 26. Kromě požadavků na přesnost daného systému, jsou v tabulce uvedeny také požadavky na zpracování dat o cíli, což je hodnota, která udává počet cílů, které mohou být zpracovány centrálním procesním systémem, aniž by bylo potlačeno maximální definované zpoždění. [75]

Tabulka 26 – Požadavky na výkonnost přehledového systému dle ED-142

Test Parameters	Requirement
PD	≥ 97.0%
PFD	≤ 0.1%
PCD – Mode S	≥ 99.0%
PCD – Mode A	≥ 98.0%
PCD – Mode C	≥ 96.0%
PFCD – Mode S	≤ 0.1%
PFCD – Mode A	≤ 0.1%
PFCD – Mode C	≤ 0.1%
Processing delay	≤ 1 s
Target Capacity	≥ 250
Availability	≥ 99.99%

.(29)

Vysvětlivky:

PD Praviděpodobnost detekce polohy (Probability of Position Detection)

PFD Praviděpodobnost chybné detekce (Probability of False Detection)

PCD Praviděpodobnost detekce kódu (Probability of Code Detection)

PFCD Praviděpodobnost chybné detekce kódu (Probability of False Code Detection)

Pro instalaci ADS-B na letiště musí být dodrženy následující parametry na přesnost. Číselné hodnoty parametrů odpovídají konkrétním hodnotám na přesnost, které jsou stanoveny na základě tabulky, kterou definuje letecký oběžník FAA 20-165. [79]

Příklad stanovení parametru NIC na základě tabulky 27 z leteckého oběžníku.

Tabulka 27 – Stanovení parametru NIC pro přehledový systém ADS-B

NIC	Containment Radius
0	Unknown
1	$R_C < 37.04 \text{ km}$ (20nm)
2	$R_C < 14.816 \text{ km}$ (8nm)
3	$R_C < 7.408 \text{ km}$ (4nm)
4	$R_C < 3.704 \text{ km}$ (2nm)
5	$R_C < 1852 \text{ m}$ (1nm)
6	$R_C < 1111.2 \text{ m}$ (0.6nm)
	$R_C < 926 \text{ m}$ (0.5nm)
	$R_C < 555.6 \text{ m}$ (0.3nm)
7	$R_C < 370.4 \text{ m}$ (0.2nm)
8	$R_C < 185.2 \text{ m}$ (0.1nm)
9	$R_C < 75 \text{ m}$
10	$R_C < 25 \text{ m}$
11	$R_C < 7.5 \text{ m}$

(31)

Tabulka 28 – Stanovení parametrů přesnosti pro ADS-B

PARAMETR	HODNOTA
NIC ≥ 8	Min. $R_C < 370,4 \text{ m}$
NACp ≥ 7	EPU $< 92,6 \text{ m}$
NACv ≥ 1	Odchylka rychlosti $< 10 \text{ m/s}$
SIL ≥ 3	Pravděpodobnost překročení R_C : $P \leq 1 \times 10^{-7}$ za hodinu
SDA ≥ 2	Pravděpodobnost zaslání chybné informace: $P \leq 1 \times 10^{-5}$ za hodinu

Vysvětlivky:

NACv Kategorie navigační přesnosti pro rychlost (Navigation Accuracy Category for Velocity)

NIC Kategorie navigační integrity (Navigation integrity Category)

SIL Latence úrovně integrity zdroje (Source Integrity Level Latency)

SDA Zajištění návrhu systému (System Design Assurance)

NIC specifikuje rádius, ve kterém musí být s určitou pravděpodobností zachycena poloha letadla. SIL určuje pravděpodobnost, s jakou je hlášená horizontální poloha mimo rádius definovaný NIC. A SDA určuje pravděpodobnost selhání palubního systému způsobeného špatným přenosem informace. [78]

Odtud vyplývá, že minimální přesnost pro zaručení bezpečné integrity systému ADS-B představuje rádius s hodnotou 370,4 m. [79] Tato hodnota bude použita i pro stanovení

přesnosti podpůrného přehledového systému. Jak je patrné, $R_c = 370,4$ m nepředstavuje dostatečnou přesnost pro to, aby bylo možné řídit letový provoz na řízených letištích pouze pomocí ADS-B. Avšak v případě použití tohoto systému jako podpůrného zařízení pro zvýšení situačního povědomí AFISO je dostatečná. Toto zdůvodnění vychází také z předpokladu, že AFISO neřídí letový provoz. Nyní je potřeba definitivně rozhodnout o nastavení výkonnosti pro použití MLAT. Pro představu je přidána tabulka 28, ve které jsou výkonnosti WAM systému od společnosti ERA. Jak je z tabulky patrné, tak hodnoty přesnosti velmi výkonného systému WAM se pohybují okolo 66 m.

Tabulka 29 – Výkonnostní parametry WAM společnosti ERA

Test parameters	Observed
Accuracy	66.8 m (Terminal)
	139.1 m (En-route)
PD	98.1%
PCD – Mode S	100.0%
PCD – Mode A	100.0%
PCD – Mode C	100.0%
PFD	0.0%
PFCD – Mode S	0.0%
PFCD – Mode A	0.0%
PFCD – Mode C	0.0%
Predicted availability	99.9999%

(29)

Tato přesnost má smysl v případě koncových řízených oblastí na řízeném letišti. Po konzultaci s panem Ing. Martinem Zachem – ústní sdělení (Sales engineer ve společnosti ERA, a.s., Průmyslová 462, 530 03 Pardubice IV-Pardubičky, bývalý pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Konviktská 20, Praha 1, 110 00) dne 15. 5. 2018 bylo ověřeno, že hodnoty přesnosti se liší na základě konfigurace jednotlivých MLAT/WAM stanic vůči poloze letounu. Hodnota přesnosti uvedená v tabulce je statisticky odvozena pro sledovanou oblast pokrytí MLAT/WAM stanicemi. Protože je společnost ERA a.s. schopna dosáhnout odchylky časového intervalu pro stanovení polohy pomocí MLAT i hodnoty 10 ns [84], je následně možné stanovit polohu na kratší vzdálenosti při určitých konfiguracích i na několik metrů přesně. Avšak při stanovování těchto potřebných hodnot přesnosti se vychází z jejich využitelnosti ve většině případů pro dopravní letouny, které létají v průměru 900 km/h. Odtud vyplývá, že poloha takového letadla se při této rychlosti za 1s změní přibližně o 250 m. Proto se zdá být požadavek na přesnost 139,1 m pro lety na tratích jako dostatečná hodnota přesnosti.

Co se týče letů v TMA, tak maximální rychlost je omezena do FL100 na 250 kt. V tomto případě se počítá, že v TMA se budou pohybovat i dopravní letadla, podle kterých je maximální rychlost v dané oblasti vzdušného prostoru nastavena. Protože však v případě vzdušného prostoru, ve kterém je poskytována služba AFIS, se předpokládá, že zde létat dopravní letadla nebudou, dá se průměrná rychlost létání v této oblasti odhadovat okolo 100kt-150kt,

tj. 185-278 km/h / 51-77 m/s. To znamená, že poloha letounu se za 1s změní o poloviční dráhu ve srovnání s dopravním letadlem. Z toho vyplývá, že hodnota požadované přesnosti podpůrného systému na AFIS letišti může být nastavena na dvojnásobnou hodnotu ve srovnání s plnohodnotným přehledovým systémem, který je používán na řízeném letišti. Protože přesnost plnohodnotného WAM systému od společnosti ERA dosahuje v koncové řízené oblasti hodnoty 66 m, je možné nastavit jako požadovanou hodnotu přesnosti u podpůrného systému na AFIS letišti výše uvedenou hodnotu 129 m. Hodnota 129 m představuje přibližně dvojnásobek hodnoty systému WAM od společnosti ERA.

S ohledem na minimální přesnost ADS-B se zdá být i tento požadavek na podpůrný přehledový systém poněkud přísný. Navíc odvození vychází z hodnot RSP, které jsou využívány především pro možnost uplatnění snížených rozstupů na řízených letištích. Proto by se dalo ještě uvažovat o změně hodnoty přesnosti v případě podpůrného přehledového systému, který neslouží pro stanovení rozstupů mezi letadly. Tento požadavek bude proto případně upraven na základě rozhodnutí CAA.

Tabulka 30 – Parametry popisující kvalitu přehledového systému

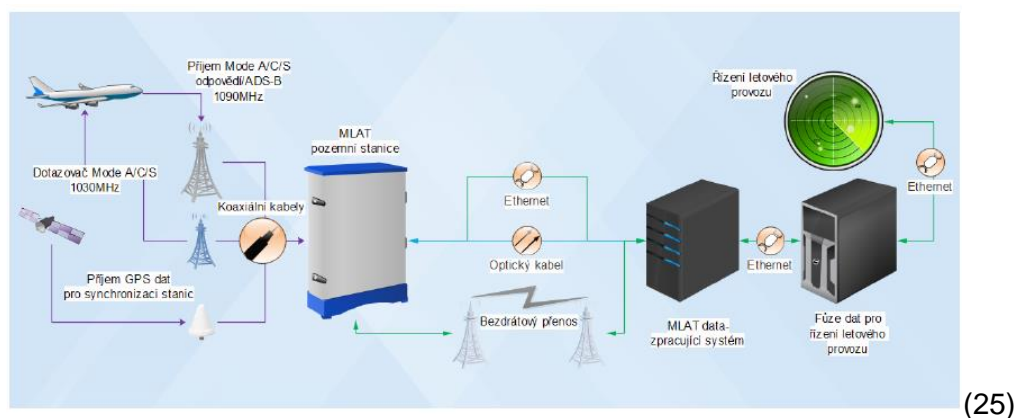
PARAMETR	POPIS PARAMETRU PRO PODPŮRNÝ SYSTÉM MLAT/ADS-B
DATA ITEM	
Přehledová informace	<i>Informace, která má být přehledovým systémem doručena.</i>
	Podpůrný systém musí zobrazovat minimálně polohu letounu v podobě tracku, identifikaci letounu, výšku letu a rychlost stoupání/klesání.
ACCURACY	
Přesnost	<i>Pravděpodobnost, že poloha bude stanovena v definovaném časovém intervalu, jehož přesnost je ± 1 s.</i>
	Alespoň 0,97.
	<i>Přesnost stanovení polohy podpůrným přehledovým systémem.</i>
	Horizontální poloha letounu se musí nacházet v prostoru vymezeném rádiem s hodnotou maximálně 370,4 m v případě použití ADS-B a ± 129 m v případě použití MLAT.
DATA INTEGRITY	
Integrita dat	<i>Pravděpodobnost, že sledovací data jsou doručena bez jakýchkoliv zaznamenaných chyb.</i>
	S ohledem na tabulku 23 a s ohledem na stanovení požadavků pro podpůrný systém byla stanovena hodnota pravděpodobnosti 0,97.
SYSTEM INTEGRITY	
Integrita systému	<i>Pravděpodobnost, s jakou po určité době není zaznamenána chyba systému, která by měla za následek předání chybné informace uživateli.</i>

	S ohledem na tabulku 23 a s ohledem na stanovení požadavků pro podpůrný systém byla stanovena hodnota pravděpodobnosti 0,96.
AVAILABILITY	
Dostupnost	<p><i>Pravděpodobnost, s jakou budou požadované informace z přehledových systémů doručeny uživatelům.</i></p> <p>Protože se opět nejedná o systém, který slouží pro účely ŘLP, není výpadek systému tak dramatický. Proto bude stanovena dostupnost systému 0,95. Hodnoty této pravděpodobnosti může být dosaženo i za pomoci záložního systému. Tzv. když dojde k výpadku přehledového systému, zaručí dostupnost 0,95 systém záložní.</p>
CONTINUITY	
Spojitosť	<p><i>Pravděpodobnost, s jakou přehledový systém vykonává stanovenou funkci bez přerušení za určitých podmínek.</i></p> <p>Protože se opět nejedná o systém, který slouží pro účely ŘLP, nemá parametr stejný význam jako na řízeném letišti. Proto bude stanovena spojitost systému 0,95. Hodnoty této pravděpodobnosti může být dosaženo i za pomoci záložního systému. Tzv. když dojde k výpadku přehledového systému, zaručí dostupnost 0,95 systém záložní.</p>
RELIABILITY	
Spolehlivost	<p><i>Spolehlivost je funkcí frekvence, se kterou se objevují chyby v systému. Parametr odpovídá pravděpodobnosti, že systém bude plnit svoji funkci definovanou výkonnostními parametry po definovanou dobu za daných provozních podmínek.</i></p> <p>Protože se jedná o podpůrný systém, nemusí spolehlivost dosahovat takových hodnot jako na řízeném letišti. Nicméně, spolehlivost systému musí být vyšší ve srovnání s volně přístupnými přehledovými daty, které poskytuje například Flightradar24.</p>
UPDATE RATE	
Rychlost aktualizace dat	<p><i>Časový rozdíl mezi oznámením dvou stejných typů informací, vysílané mezi stejným letadlem/vozidlem (A/V – Aircraft/Vehicle).</i></p> <p>Na základě ICAO Doc 9924 byla odvozena rychlost aktualizace dat 4 s. [10] Z dokumentu vyplývá, že rychlost aktualizace dat 6s je minimální v řízených prostorech pro použití přehledového systému sledující letadla na tratích. Proto je tato hodnota zpřísněna pro případ použití systému v prostoru přiléhajícího k letišti, kde je poskytována služba AFIS.</p>
COVERAGE	
Pokrytí	<p><i>Objem vzdušného prostoru, který je pokryt přehledovým systémem a uvnitř kterého musí přehledový systém splňovat výkonnostní požadavky.</i></p> <p>Vertikálně minimálně do výšky 5 000 ft při nastavení výškoměru na QNH letiště Václava Havla. Horizontálně minimálně dle hranice vzdušného prostoru vyznačené na obrázku 31.</p>

5.3 Návrh nízkonákladového přehledového systému

Dalším krokem je volba konkrétního MLAT systému v kombinaci s ADS-B. Jednou z neekonomičtějších variant, která připadá v úvahu, je zavedení nízkonákladového MLAT systému s podobnou hardwarovou strukturou, která byla navržena v rámci diplomové práce na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě dopravní (ČVUT FD), panem Ing. Martinem Zachem. [51] Kompletní popis hardwaru nízkonákladového systému je sepsán v jeho diplomové práci a bude v této práci proto popsán pouze okrajově. V této diplomové práci bude pouze naznačena aplikace výše uvedených požadavků pro zavedení low-cost přehledového systému na AFIS letiště v Letňanech. Celá problematika takového systému byla konzultována s panem Ing. Martinem Zachem (Sales engineer ve společnosti ERA, a.s., Průmyslová 462, 530 03 Pardubice IV-Pardubičky, bývalý pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Konviktská 20, Praha 1, 110 00) ve dnech 1. 5. 2018 – 15. 5. 2018, s panem Ing. Tomášem Liptákem (student doktorského studia Českého vysokého učení technického, Fakulty dopravní, pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Konviktská 20, Praha 1, 110 00, Product manager ve společnosti ERA, a.s., Průmyslová 462, 530 03 Pardubice IV-Pardubičky), s Bc. Petrem Lukešem (pracovník ATM laboratoře Fakulty dopravní, 128 03 Praha 2, Horská 3) a s panem Ing. Stanislavem Pleningerem, Ph.D. (profesor a pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Českého vysokého učení technického, Fakulty dopravní, v Praze, Konviktská 20, Praha 1, 110 00).

Letiště Letňany od začátku mělo zájem o koupi systému, který by především zautomatizoval získávání dat o letech, tj. měli zájem o automatický zapisovač letů, který jim bude hlídat pohyby na letišti i mimo pracovní dobu letiště. Pro tento případ neexistuje předpisová základna, která by požadavky na implementaci takového systému nastavovala. Nyní je proto myšlenkou definovat konkrétní požadavky na systém, který bude sloužit jako podpůrný přehledový systém a zároveň zaručí automatické zaznamenávání pohybů letadel. Popis hardwarového řešení od pana Ing. Martina Zacha je zobrazen na obrázku 39.



Obrázek 39 – Popis hardwaru nízkonákladového MLAT systému

Nad tímto HW řešením je možné vytvořit SW platformu, která by zajišťovala přehledovou informaci principem MLAT a příjmem ADS-B.

5.3.1 Aplikace provozních požadavků na nízkonákladový systém

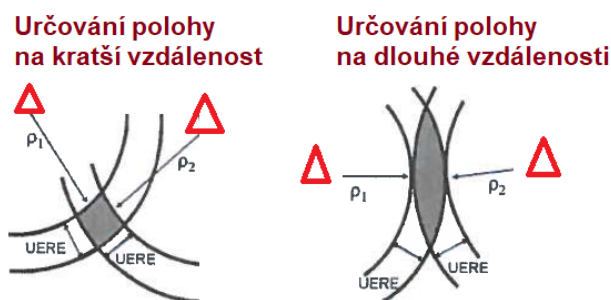
Součástí výše uvedeného hardwarového řešení jsou 4 přijímače ADS-B. Jejich výstup vypadá podobně jako z Flightradar24. Tento výstup je možné sledovat na webové stránce: <http://atm-lab.fd.cvut.cz/>. Na obrazovce jsou zobrazeny polohy letadel se zabudovaným ADS-B na palubě. Vedle polohy letadla je navíc zobrazena registrační značka letounu a jeho volací znak, dále pak také výška letu ve ft. Po rozkliknutí letadla je možné sledovat i další údaje o letounu, jako například rychlost stoupání nebo klesání, rychlost letu, kurz, uletěnou vzdálenost nebo typ letounu. Nicméně na základě provozních požadavků a s ohledem na snahu o jednotný výstup přehledových informací z ADS-B a MLAT, bude potřeba dokonalejší softwarové řešení a několik drobných hardwarových úprav.

Konkrétněji polohy letadel by neměly být zobrazovány v podobě obrázku letadla, ale v podobě tracku, který zároveň bude naznačovat kurz letu a rychlost pohybu letounu. Tracky by měly mít u sebe minimálně přehledové informace definované v tabulce 28, tj. identifikaci letounu, výška letu a rychlost stoupání/klesání. To znamená, že bude potřeba, aby součástí systému byl také tracker. Tracker je zařízení, které „vyhlazuje“ sledovanou trať letadla. Jak je patrné, přesnost stanovení polohy letounu se mění v závislosti na jeho poloze vůči pozemním stanicím. Aby vznikla relativně rovná trať a zobrazení nebylo „rozskákané“ podle toho, jak se mění hodnoty přesnosti přehledových dat, je nutné použít tracker. Tracker dokáže předvídat pohyb letadla na základě letů, které byly odletěné v historii se stejným profilem.

Po prodiskutování tohoto návrhu zobrazení dat s panem Petrem Lukešem (pracovník ATM laboratoře Fakulty dopravní, 128 03 Praha 2, Horská 3) dne 3.5.2018 je možné potvrdit, že takového návrhu bude možné prakticky docílit. [81] Po drobné softwarové úpravě bude možné zobrazit tracky a na základě přesnosti trackování bude možné zobrazit i informace o rychlosti stoupání/klesání.

Pro zajištění integrity je potřeba si uvědomit, že u dokonalejších systémů řídící sleduje jednobarevné výstupy, aniž by tušil, z jakého přehledového systému konkrétní přehledová data pocházejí. Zdroji přehledových dat a jejich výkonnostmi se zabývá technické oddělení ŘLP. To má k dispozici barevně odlišené výstupy z jednotlivých zdrojů, které se u sledovaného plotu překrývají. Výkonnost je pak sledována pomocí datových fúzí. Fúze si pomocí dat ASTerixu hlídají přesnosti dat a současně pomocí diagnostických dat si hlídají stav systému. Na vzniklé situace pak reagují dle konfigurace – preferované zdroje. To znamená, že se ve formátu ASTerix zobrazí řídicímu výstup z přehledových dat, která v daný okamžik pochází z nejpřesnějšího zdroje přehledové informace. Posouzení, který zdroj přehledové informace je

v daný okamžik nejpřesnější, se provádí matematicky pomocí softwarů. Velmi zjednodušeně je možné říci, že jsou vymezeny oblasti vzdušného prostoru, pro které je vždy rozhodnuto, který přehledový systém poskytuje nejpřesnější informace v dané oblasti. Toto rozhodnutí společně s matematickým zdůvodněním vychází z logiky konfigurace MLAT stanic, které zaručují v určité konfiguraci velmi vysokou přesnost, zatímco v jiných případech – především při určování polohy na dlouhé vzdálenosti – je chyba polohy vyšší.



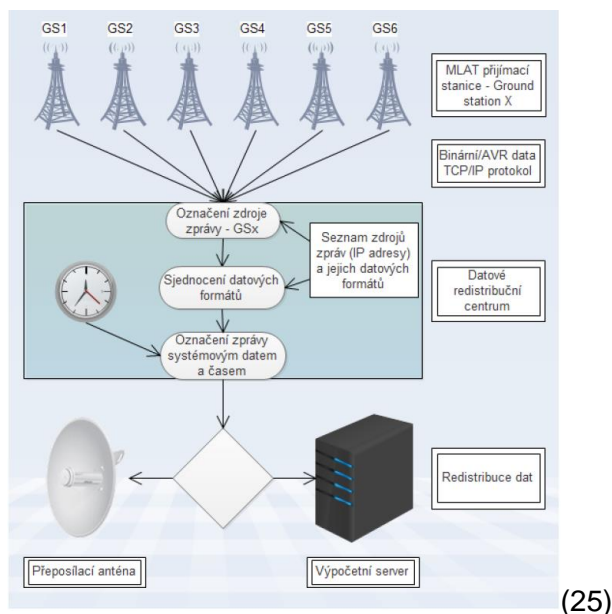
(33)

Obrázek 40 – Rozdíl nejistoty polohy při jejím stanovování na krátké a dlouhé vzdálenosti

Je nutné si proto uvědomit rozdíl mezi službou ŘLP a AFIS. U služby ŘLP musí být prakticky vyloučena možnost nedoručení přehledových dat řídicímu. Naproti tomu AFISO je schopen poskytovat službu AFIS i bez podpůrného přehledového systému na takové úrovni bezpečnosti, která je stanovena předpisem. Proto není bezprostředně nutné zřídit na AFIS stanovišti technické oddělení, které bude sledovat výkonnost systému. Na druhou stranu by AFISO měl mít stejně jednoduchý a přehledný výstup jako řídicí, tj. pouze jednobarevný výstup s požadovanými přehledovými informacemi. Na základě tohoto zhodnocení se jako nejpříhodnější řešení nabízí instalace signalizace v podobě dvou kontrolky na obrazovku AFISO. Úkolem signalizace bude varovat AFISO při nedodržení požadované výkonnosti systému. V praxi by to mělo vypadat tak, že v případě, že budou požadavky na přehledovou výkonnost systému dodrženy, bude signalizace svítit zeleně. Pokud jeden systém vypadne nebo se jeho výkonnost zhorší oproti výkonnosti požadované, rozsvítí se červená kontrolka vypadlého systému. AFISO tudíž bude přijímat data pouze z jednoho systému v daný okamžik a bude o tom informován. Pokud dojde k výpadku obou systémů, rozsvítí se obě kontrolky červeně a systém bude odpojen po dobu, dokud opět nebudou hodnoty přehledového systému zaručovat požadovanou výkonnost. Tím bude zaručeno, že AFISO nebude vycházet z chybných nebo nedostatečně přesných dat.

Co týče hardwarového návrhu low-cost systému, tak je potřeba poznamenat, že výkonnost systému je velmi závislá na kvalitě připojení k internetu. Pokud není kvalita internetového připojení dostatečná, může docházet k zásekům routeru. Nicméně v případě implementace low-cost systému na LKLT by k těmto problémům docházet nemělo, protože letiště má vlastní internetové připojení.

Na pokles výkonnosti systému může mít také vliv tok dat řadou uzlů na síti. Tento problém by se dal vyřešit pomocí propojení stanic pomocí mikrovln, čímž by došlo k toku dat pouze v rámci jednoho serveru. Odpadly by tak mezikroky, tj. uzly navíc, přes které musí za normálních okolností data přejít, a snížilo by se tím riziko výpadku systému. [83]



Obrázek 41 – Popis softwaru nízkonákladového MLAT systému

5.3.2 Aplikace technických požadavků na nízkonákladový systém

Aby bylo možné sledovat letadla na vzletových a přistávacích drahách letňanského letiště s co nejvyšší přesností, bude potřeba umístit přijímače co nejbližší ke sledovaným drahám. Po konzultaci se zástupci LKLT je možné potvrdit, že pro umístění přijímačů lze využít budov v bezprostřední blízkosti letiště. Návrh reálného rozmístění stanic je zobrazen na obrázku 42. Pro zvýšení přesnosti a zajištění redundance byl připraven návrh implementace systému zahrnující 6 stanic.

První stanice je umístěna v poloze myšleného prodloužení dráhy, nejbližší stanici metra Letňany. Další dva přijímače budou umístěny na budovách areálu Letov, se kterým by mělo mít letiště umístění přijímačů na budovu povoleno. Další přijímač je už teď umístěn přímo na věži stanoviště AFIS LKLT. Poslední přijímač bude umístěn na druhý konec letiště. Tím by mělo být zaručeno relativně dobré pokrytí obou drah na LKLT a zprovoznění automatického zapisovače dat.

Přesnost tohoto rozmístění stanic na LKLT byla ověřena pomocí simulace profesionálních MLAT systémů společnosti ERA a.s., které byly rozmístěny v uvedených polohách. Horizontální přesnost se pohybovala v rozmezí 20-50 m v blízkosti obou RWY. Tato hodnota přesnosti je určitě dostačující. Avšak vertikální přesnost se pohybovala v rozmezí až do stovky metrů, což je pro potřeby LKLT nevyhovující.



Obrázek 42 – Odhad předpokládaného rozmístění přijímačů na LKLT

Proto je za účelem zvýšení vertikální přesnosti navrženo navýšení počtu stanic alespoň o čtyři, které by byly rozmístěny ve větší vzdálenosti od letiště. Je potřeba také myslet na to, že přesnost v případě low-cost systému se může ve srovnání s profesionálním systémem lišit. Proto byla provedena analýza přesnosti low-cost systému pro dané umístění stanic. To znamená, že byla provedena analýza přesnosti ADS-B přijímačů, které byly popsány v diplomové práci pana Ing. Zacha.

Obecně lze přesnost stanovit na základě chybového modelu měření:

$$\bar{y} = G \cdot \bar{x} \quad \Rightarrow \quad G^T \cdot \bar{y} = G^T \cdot G \cdot \bar{x} \quad \Rightarrow \quad \bar{x} = (G^T \cdot G)^{-1} \bar{y}$$

\bar{y} vektor reálných měřených veličin TDOA, který je zatížený chybou $\bar{\epsilon}_y$

\bar{x} vypočtený polohový vektor metodou nejmenších čtverců

$$c \cdot (t_1 - t_2) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2}$$

$$c \cdot (t_1 - t_3) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2}$$

$$c \cdot (t_1 - t_4) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2}$$

$$c \cdot (t_1 - t_5) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_5)^2 + (y - y_5)^2 + (z - z_5)^2}$$

$$c \cdot (t_1 - t_6) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_6)^2 + (y - y_6)^2 + (z - z_6)^2}$$

x, y, z souřadnice cíle

$(x_1, y_1, z_1, \dots, x_6, y_6, z_6)$ souřadnice přijímačích stanic

Pro použití chybového modelu je nutné provést linearizaci jednotlivých prvků modelu pomocí Taylorova rozvoje.

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \frac{f^{(3)}(a)}{3!}(x-a)^3 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(a)}{k!}(x-a)^k$$

Pro linearizaci se používají pouze první dva lineární členy mocninné řady.

$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(x)} = \frac{x - x_1}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}} - \frac{x - x_2}{\sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2}}$$

$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(y)} = \frac{x - x_1}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}} - \frac{x - x_3}{\sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2}}$$

$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(z)} = \frac{x - x_1}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}} - \frac{x - x_4}{\sqrt{(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2}}$$

$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(y)} = \frac{x - x_1}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}} - \frac{x - x_5}{\sqrt{(x - x_5)^2 + (y - y_5)^2 + (z - z_5)^2}}$$

$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(z)} = \frac{x - x_1}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}} - \frac{x - x_6}{\sqrt{(x - x_6)^2 + (y - y_6)^2 + (z - z_6)^2}}$$

$$R_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}$$

$R_1, \dots, R_6 \dots$ vzdálenost mezi cílem a přijímací stanicí 1 – 6

$$c. (t_1 - t_2) = (R_1 - R_2) + \left(\frac{x - x_1}{R_1} - \frac{x - x_2}{R_2}\right) \cdot \Delta x + \left(\frac{y - y_1}{R_1} - \frac{y - y_2}{R_2}\right) \cdot \Delta y + \left(\frac{z - z_1}{R_1} - \frac{z - z_2}{R_2}\right) \cdot \Delta z$$

Obdobně jsou vytvořeny i další rovnice. Celý zápis je možné převést do maticového tvaru:

$$\begin{bmatrix} [c. (t_1 - t_2)] - R_1 + R_2 \\ [c. (t_1 - t_3)] - R_1 + R_3 \\ [c. (t_1 - t_4)] - R_1 + R_4 \\ [c. (t_1 - t_5)] - R_1 + R_5 \\ [c. (t_1 - t_6)] - R_1 + R_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{x-x_1}{R_1} - \frac{x-x_2}{R_2}\right) & \left(\frac{y-y_1}{R_1} - \frac{y-y_2}{R_2}\right) & \left(\frac{z-z_1}{R_1} - \frac{z-z_2}{R_2}\right) \\ \left(\frac{x-x_1}{R_1} - \frac{x-x_3}{R_3}\right) & \left(\frac{y-y_1}{R_1} - \frac{y-y_3}{R_3}\right) & \left(\frac{z-z_1}{R_1} - \frac{z-z_3}{R_3}\right) \\ \left(\frac{x-x_1}{R_1} - \frac{x-x_4}{R_4}\right) & \left(\frac{y-y_1}{R_1} - \frac{y-y_4}{R_4}\right) & \left(\frac{z-z_1}{R_1} - \frac{z-z_4}{R_4}\right) \\ \left(\frac{x-x_1}{R_1} - \frac{x-x_5}{R_5}\right) & \left(\frac{y-y_1}{R_1} - \frac{y-y_5}{R_5}\right) & \left(\frac{z-z_1}{R_1} - \frac{z-z_5}{R_5}\right) \\ \left(\frac{x-x_1}{R_1} - \frac{x-x_6}{R_6}\right) & \left(\frac{y-y_1}{R_1} - \frac{y-y_6}{R_6}\right) & \left(\frac{z-z_1}{R_1} - \frac{z-z_6}{R_6}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix}$$

Matice G

Nyní je možné se vrátit k obecné podobě chybového modelu.

$$\bar{y} + \bar{\varepsilon}_y = G \cdot \bar{x} \quad \Rightarrow \quad \bar{x} = (G^T \cdot G)^{-1} \cdot G^T \cdot (\bar{y} + \bar{\varepsilon}_y)$$

Předpokládá se, že všechny chyby $\bar{\varepsilon}_y$ měřených hodnot jsou nezávislé, popsané normálním rozdělením se střední hodnotou 0 ($E(\bar{\varepsilon}_y) = 0$) a se stejným rozptylem σ^2 :

$$\bar{\varepsilon}_y \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \sigma^2 & & \\ 0 & & \ddots & \\ 0 & & & \sigma^2 \end{bmatrix} \right)$$

V případě MLAT systému lze hodnoty rozptylů TDOA považovat za totožné, protože jsou všechny stanice umístěny v přibližně stejné výšce nad zemí v blízkosti letiště, to znamená, že příchod signálů probíhá za prakticky stejných podmínek.

Data získaná z měření v rámci Laboratoře ATM systémů na Ústavu letecké dopravy, Fakultě dopravní, Českého vysokého učení technického v Praze, vyhodnocují TDOA na základě porovnání času vyslání signálu přijímače na Pankráci a přijímače na letišti Václava Havla. Data byla měřena s rozlišením nanosekund.

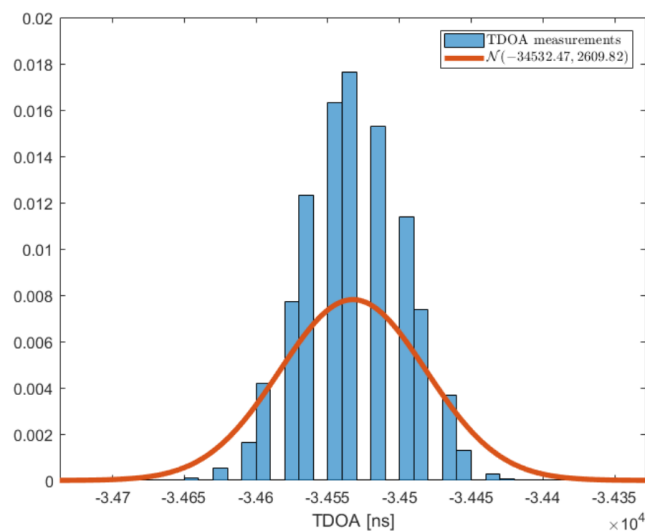
TDOA:

sample mean: -3.453246671050468e+04 ns

sample variance: 2.609824415762735e+03

skewness: 13.047470871213582

kurtosis: 7.639138535490739e+02



Obrázek 43 – Vyhodnocení TDOA – přijímač Pankrác a LKPR

Chyba náhodné hodnoty \vec{x} je:

$$\bar{\varepsilon}_x = (G^T \cdot G)^{-1} \cdot G^T \cdot \bar{\varepsilon}_y$$

Chyba $\bar{\varepsilon}_x$ je náhodnou proměnnou – náhodným vektorem $\begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{\delta t} \end{bmatrix}$, který je popsán vektorem

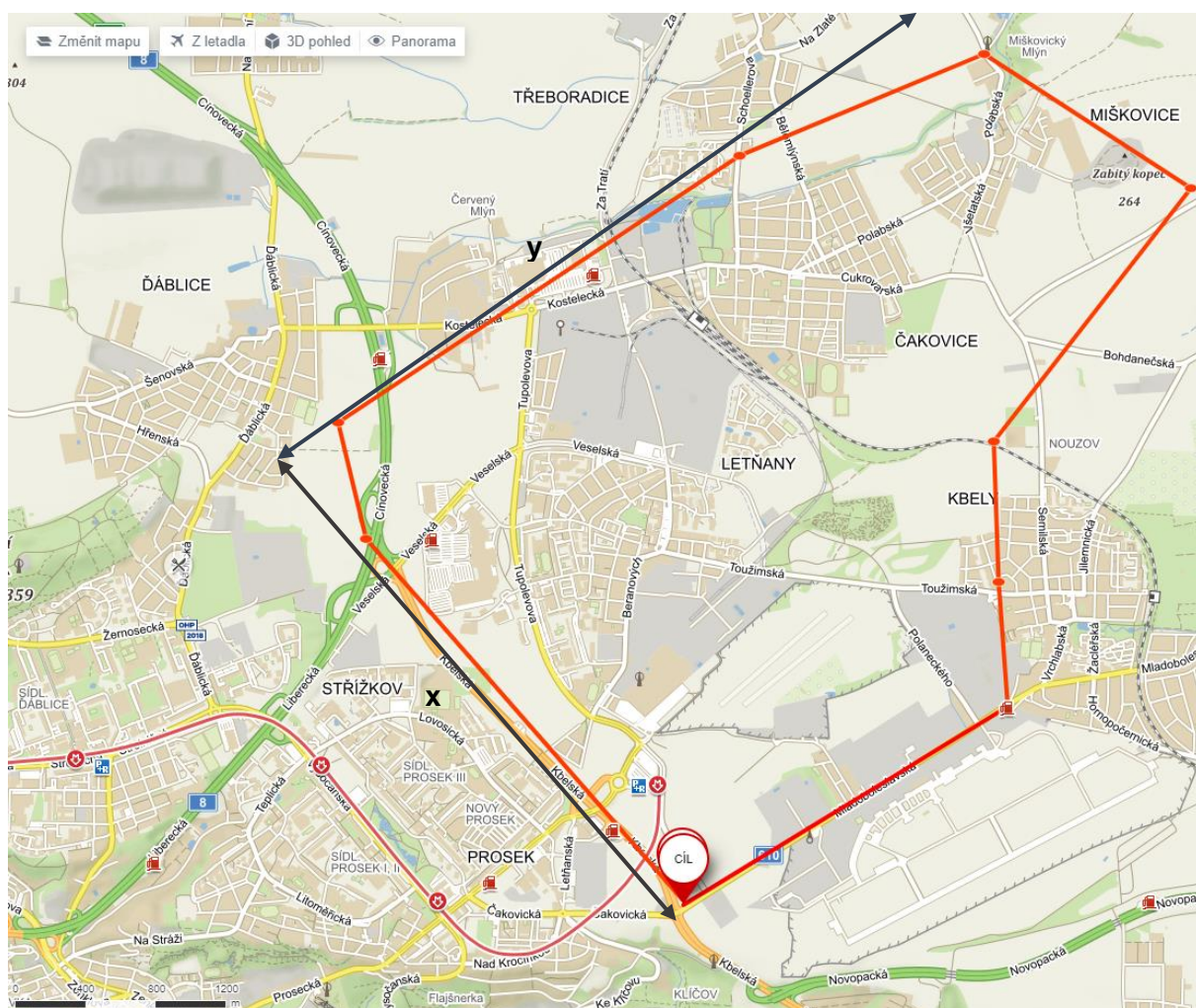
středních hodnot a kovarianční maticí⁶.

⁶ Kovarianční matice popisuje přesnost výsledků vyrovnávání a jejich závislost. [82]

Je možné odvodit, že rozptyl náhodné proměnné, respektive kovarianční matice Q vektoru chyb měřeného polohového vektoru $\bar{\epsilon}_x$ je rovna:

$$Q = (G^T \cdot G)^{-1} \sigma^2$$

Nyní je potřeba stanovit plochu, kde bude přesnost systému MLAT zkoumána. Plocha byla definována jako oblast, ve které je poskytována služba AFIS. Tato oblast je vyznačena na obrázku 44. Pomocí měřicího nástroje na webové stránce mapy.cz bylo zjištěno, že má tato plocha obsah 12,6 km². V tomto prostoru bylo umístěno 6 stanic tak, jak je naznačeno na obrázku 44. Pro jednoduchost byl prostor zjednodušen nejprve na obdélníkový tvar s hodnotou strany $x = 3\,368$ m a strany $y = 4\,194$ m a následně na čtvercový tvar se stranou $x = 4\,200$ m. Dále byly odměřeny pomocí stejného nástroje předpokládané polohy umístění stanic v horizontální rovině a odhadnuta výška umístění stanice na 10 m nad zemí.



Obrázek 44 – Vymezená plocha, kde byla studována přesnost

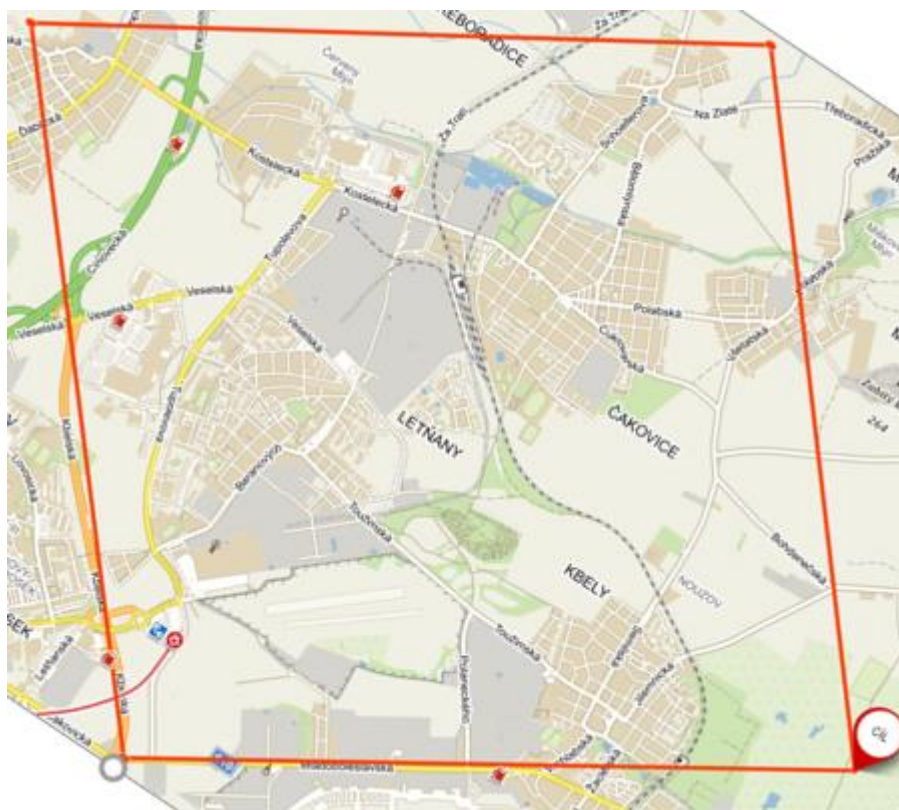
Souřadnice stanic v myšlené síti pokrytí:

Stanice 1: [543; 854; 10] m

Stanice 2: [436; 1129; 10] m

Stanice 3: [956; 1564; 10] m

- Stanice 4: [294; 1589; 10] m
 Stanice 5: [576; 844; 10] m
 Stanice 6: [1043; 1080; 10] m



Obrázek 45 – Vymezená plocha, kde byla studována přesnost

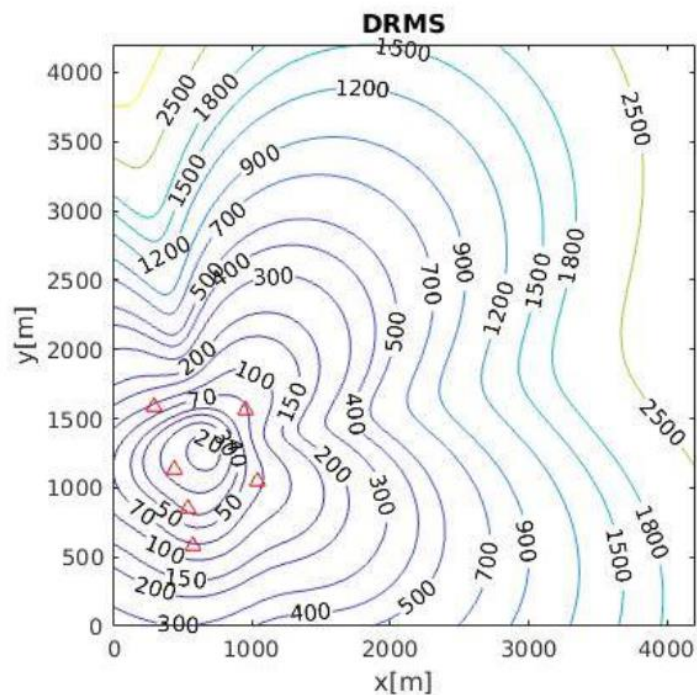
Nyní už je možné v definovaném prostoru určit odchylky stanovené polohy přehledovým systémem od skutečné polohy cíle pomocí programu MatLab na základě následující rovnice:

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = G^{-1} \cdot \begin{bmatrix} [c \cdot (t_1 - t_2)] - R_1 + R_2 \\ [c \cdot (t_1 - t_3)] - R_1 + R_3 \\ [c \cdot (t_1 - t_4)] - R_1 + R_4 \\ [c \cdot (t_1 - t_5)] - R_1 + R_5 \\ [c \cdot (t_1 - t_6)] - R_1 + R_6 \end{bmatrix}$$

Obecný tvar kovarianční matice:

$$Q = (G^T \cdot G)^{-1} \cdot \sigma^2 = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zx} & \sigma_z^2 \end{bmatrix}$$

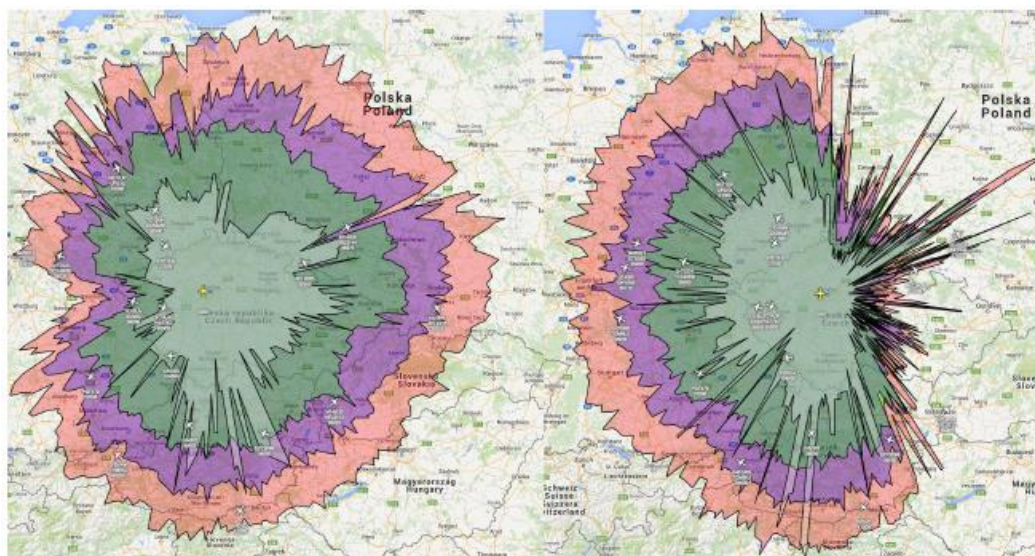
Program v Matlabu, na základě kterého byla přesnost low-cost systému stanovena, je přiložen v příloze v tabulce 22. Výsledek stanovené střední hodnoty odchylky od skutečné polohy (DRMS) je znázorněn na obrázku 46.



Obrázek 46 – Přesnost přehledového systému FD

Jak je vidět z obrázku 46, pomocí low-cost systému je možné se dostat na hodnoty DRMS až na interval 20-70 m v okolí stanic. To jsou prakticky srovnatelné hodnoty v porovnání s profesionálním přehledovým systémem.

Pro představu je na obrázku 47 zobrazen dosah pokrytí low-cost ADS-B přijímačů. Jeden je umístěn na střeše 11.bloku strahovských kolejí a druhý na Pankráci.



Obrázek 47 – Maximální dosah přijímače, vlevo: Strahov, vpravo: Pankrác

Vzhledem k tomu, že je potřeba dodržet určité výkonnostní specifikace systému, je potřeba myslet také na záložní systém. Jednou z variant, jak by se dala záloha řešit je zvýšení počtu pozemních stanic na větší počet, než je nutné, tj. 7 a více stanic. Redundance

získaná pomocí navýšení počtu stanic, které by byly umístěny i mimo letiště, by také zvýšila přesnost systému při určování polohy na delší vzdálenosti, a především vertikální polohy.

Další možností zálohy je přidání jedné záložní obrazovky pro AFISO, kde budou zobrazována stejná data jako na hlavní obrazovce.

Je důležité však poznamenat, že i profesionální systémy, kde mají firmy desítky let zkušeností, se stále opravují/vylepšují. Tudíž ani po implementaci systému na letiště vývoj touto fází nekončí, ale mělo by se obecně pracovat na vylepšování parametrů systému.

5.3.3 Pohled Úřadu pro civilní letectví na návrh implementace nízkonákladového přehledového systému na AFIS letiště

Dne 21. 5. 2018 byl konzultován návrh implementace low-cost přehledového systému na AFIS letiště v Letňanech na Úřadu pro civilní letectví ČR s ředitelem odboru navigačních služeb, panem Ing. Josefem Koppem, dále s vedoucím oddělení dohledu, panem Ing. Ondřejem Škopem a vedoucím oddělení interoperability, panem Ing. Zdeňkem Peterkou. Na zasedání byla prodiskutována především možnost certifikace a schválení low-cost systému na základě nastavených provozních a technických požadavků.

5.3.3.1 Překážky implementace přehledového systému plynoucí z konzultace s Úřadem pro civilní letectví

Na základě projednání celého návrhu lze konstatovat, že low-cost systém v současné době je CAA ochotné certifikovat pouze na základě současných předpisových standardů pro implementaci plnohodnotného přehledového systému na řízené letiště. CAA totiž nechce samo o sobě vyvíjet nové požadavky na implementaci podpůrného systému, který by byl využitelný na AFIS letišti. Důvodem je, že po vypracování návrhu takových požadavků, by musel být návrh předložen EASA, která by musela tento návrh schválit.

Na zasedání bylo také zmíněno, že v rámci návrhu bude potřeba prokázat, že se o technický stav přehledového systému stará kompetentní osoba.

Dále CAA také upozornilo na velmi vysoké finanční náklady na certifikování přehledového systému. Pro upřesnění, samotná certifikace a provozní schválení od CAA stojí okolo 5 000 CZK. Avšak aby bylo možné systém schválit, musí být nejprve předložena CAA kompletní žádost prokazující úroveň provozních i technických požadavků systému. Právě příprava podkladů zahrnujících veškerá potvrzení a důkazy o vhodnosti systému pro použití na AFIS je nejvíce finančně náročná.

Poslední diskutovanou překážkou implementace byla změna struktury výcviku AFISO v případě zavedení přehledového systému na AFIS letiště. V současné době, je nastaven podstatný rozdíl mezi výcvikem AFISO a řídicího. V případě implementace přehledového systému na AFIS letiště by se struktura výcviku musela prakticky sjednotit. Problémem také

může být, že AFISO při používání přehledového systému ztratí návyky klasického přístupu služby poskytování informací a v případě výpadku systému nemusí být schopen správně reagovat.

Shrnutí překážek pro implementaci low-cost systému na AFIS letišť z pohledu CAA:

- 1) Neexistuje předpisová základna pro zavedení low-cost systému na AFIS letišť.
Z toho vyplývá, že systém musí být schválen na základě požadavků na plnohodnotný přehledový systém na řízeném letišti.
- 2) Je nutné sehnat kompetentní osobu, která se bude o technickou stránku systému starat.
- 3) Proces přípravy systému pro implementaci bude velmi finančně náročný.
- 4) Pokud bude AFISO cvičen jako řídicí, ztratí návyky podávat informace bez přehledového systému.

5.3.3.2 Návrhy řešení překážek vyplývající z konzultace s Úřadem

1. návrh řešení překážek

Překážka 1: Neexistuje předpisová základna pro low-cost systém.

Low-cost přehledový systém bude schválen podle stávajících předpisů pro plnohodnotné přehledové systémy na řízených letištích. To by v konečném důsledku znamenalo intenzivní vývoj low-cost systému, který zajistí splnění všech technických i provozních specifikací na plnohodnotný multilaterační systém. Tyto požadavky byly popsány v kapitole 4 této práce. Jak bylo s CAA potvrzeno, v praxi to znamená, že:

- Musí být provedena analýza počtu pohybů na LKLT.
- Následně musí být zpracována analýza predikce vývoje hustoty letového provozu na LKLT do budoucna. Stručně řečeno musí být doloženo, že implementace systému bude přínosná ve srovnání s finanční zátěží, kterou představují náklady na implementaci systému na letišť.
- Musí být také zpracována detailní finanční analýza, jejíž součástí musí být také náklady na novou strukturu výcviku AFISO, který bude prakticky totožný s výcvikem řídicího.
- Dále pak musí být sepsány výcvikové příručky, jakým způsobem bude výcvik AFISO probíhat.
- Z toho vyplývá, že musí být také zřízeno středisko, kde bude výcvik pro AFISO poskytován.
- Musí být doloženy důkazy o splnění všech provozních i technických požadavků na plnohodnotný přehledový systém.

Překážka 2: Kontrola technického stavu systému.

V případě certifikace low-cost systému jako plnohodnotného přehledového systému bude nutné zřídit technické oddělení, které bude kontrolovat technický stav systému. To znamená zaměstnat alespoň jednoho technika, který splní požadavky na osobu vykonávající kontrolu technického stavu a výkonnosti systému.

Překážka 3: Finančně náročný proces certifikace.

Tato varianta řešení by znamenala, že se bude jednat o finančně náročný proces, který bude kompenzován časovou úsporou implementace přehledového systému na AFIS letišti. Jinými slovy implementaci low-cost systému bude možné provést v relativně krátkém časovém intervalu, avšak bude nějakou dobu trvat, než se podaří low-cost řešení dostat na úroveň profesionálního systému. Tato cesta však výrazně prodraží cenu low-cost varianty, což v konečném důsledku bude znamenat, že už se nebude jednat o low-cost systém. Z tohoto důvodu se dá předpokládat, že se stane pro AFIS letišti následně nezajímavým.

Překážka 4: Výcvik AFISO.

Výcvik AFISO v tomto případě bude prakticky totožný s výcvikem řídicího. Důvodem je, že na AFIS letišti bude využíván plnohodnotný přehledový systém se stejnou výkonností jako na řízeném letišti. Rozdíl bude především v tom, že AFISO si musí být vědom, že nesmí řídit letový provoz, tudíž že mu systém slouží pouze pro zkvalitnění informací o provozu. Stejný přístup byl aplikován ve výše zmíněných případech AFIS letišť v Dánsku a Norsku.

2. návrh řešení problému

Překážka 1: Neexistuje předpisová základna pro low-cost systém.

Celý návrh low-cost přehledového systému bude zpracován a následně předložen na Ministerstvo dopravy a CAA, kteří následně návrh předloží EASA. Kompletní návrh low-cost systému bude zahrnovat současně nastavené požadavky na podpůrný systém. Bude požadováno, aby EASA nastavené požadavky posoudila a po případné úpravě přijala za obecně platné požadavky pro implementaci podpůrných přehledových systémů na AFIS letišti. Návrh těchto požadavků byl sepsán v tabulce 30 této diplomové práce.

V praxi to tedy znamená:

- Musí být provedena analýza počtu pohybů na LKLT.
- Následně musí být zpracována analýza predikce vývoje hustoty letového provozu na LKLT do budoucna. Stručně řečeno musí být doloženo, že implementace systému bude přínosná ve srovnání s finanční zátěží představující náklady na implementaci systému na letišti.
- Musí být také zpracována detailní finanční analýza, jejíž součástí musí být také náklady na novou strukturu výcviku AFISO.

- Dále pak musí být sepsány výcvikové příručky, jakým způsobem bude výcvik AFISO pracujícího s podpůrným přehledovým systémem probíhat.
- Z toho vyplývá, že musí být také zřízeno středisko, kde bude výcvik pro AFISO poskytován.
- Musí být předložen návrh požadavků na podpůrný přehledový systém.
- Následně musí být doloženy důkazy o splnění všech nastavených provozních i technických požadavků na podpůrný přehledový systém.

Překážka 2: Kontrola technického stavu systému.

Požadovanou výkonnost podpůrného přehledového systému si bude hlídat software sám. V případě jejího nedodržení bude vydáno varování, tak jak bylo popsáno v podkapitole 5.3.1 této diplomové práce, a systém bude odpojen do doby, než bude opět poskytovat požadovanou úroveň přehledové výkonnosti. Kontrolou technického stavu systému se může zabývat buďto pracovník letiště Letňany, jehož hlavní náplní práce nebude kontrola technického stavu systému. Avšak bude k dispozici pro případ, že by nastaly se systémem technické problémy. Druhou variantou je, že se o technický stav bude starat externí firma, která by už měla s provozem podobného systému zkušenosti.

Překážka 3: Finančně náročný proces certifikace.

Tato varianta pracuje s podstatně nižšími finančními částkami z důvodu snížených hodnot požadavků na přehledovou výkonnost podpůrného přehledového systému. Tudiž by se dal low-cost systém použít jako takový a z finančního hlediska by zůstal pro letiště zajímavým. Nevýhodou však je časová náročnost, která vzniká v podobě doby potřebné pro schválení nastavených požadavků EASA.

Překážka 4: Výcvik AFISO.

Musela by se nastavit úplně nová forma výcviku AFISO pro práci s podpůrným systémem. AFISO by musel být schopen systém používat pouze jako podpůrný nástroj pro výkon jeho povolání. Muselo by být zaručeno, že AFISO si je vědom, že nesmí pomocí podpůrného systému řídit letový provoz. Výcvik AFISO by měl být podstatně více zaměřen na možnost výpadku systému, která bude podstatně častější ve srovnání s profesionálním přehledovým systémem. AFISO by proto měl být cvičen jak na postupy práce s podpůrným systémem, tak bez něj.

Na základě výše zmíněné implementace radaru na AFIS letiště v Dánsku a Norsku je prokázáno, že správným nastavením výcviku je možné zaručit, že se AFISO naučí systém používat pouze jako podpůrné zařízení, a že nesmí pomocí tohoto systému řídit letový provoz. Avšak v případech obou letišť je radar certifikován jako plnohodnotný podpůrný systém. Proto se doporučuje provést analýzu, co by pro AFISO znamenalo z psychologického hlediska zavedení podpůrného přehledového systému na jeho pracoviště. Musí být

prokázáno / testováno, jestli je zavedení podpůrného systému pro AFISO opravdu přínosné nebo jestli naopak je jeho psychická zátěž zvýšena z důvodu změn přechodu z práce se systémem na práci bez systému a naopak.

3. návrh řešení problému

Celý návrh low-cost přehledového systému bude zpracován a následně předložen na Ministerstvo dopravy a CAA. Kompletní návrh low-cost systému bude zahrnovat současně nastavené požadavky na podpůrný systém. V tomto případě však bude požadováno, aby EASA nastavené požadavky posoudila a schválila na základě nich implementaci konkrétní podoby low-cost přehledového systému na AFIS letiště v Letňanech. Nedošlo by tak prozatím k zobecnění požadavků pro podobné návrhy. Nicméně tato varianta by mohla pomoci ke vzniku obecných požadavků v budoucnosti. Důvodem je, že by implementace podpůrného systému na AFIS letiště v Letňanech mohla představovat testovací projekt, na jehož základě by mohly být požadavky na podpůrný systém nastaveny v budoucnu obecně. Pro tento návrh jsou všechny ostatní body totožné s návrhem druhé varianty. Rozdíl je pouze v přístupu k certifikaci.

SHRnutí

Tato práce reaguje na neustále se zvyšující hustotu letového provozu na neřízených letištích, na kterých funguje letištní letová informační služba AFIS. Z definice AFIS vyplývá, že je jejím cílem především poskytování informací o provozu a meteorologických podmínkách známému provozu na letišti a v k němu přiléhajícím vzdušném prostoru. AFIS je poskytována na neřízených letištích, kde stupeň hustoty letového provozu nevyžaduje působnost služby řízení letového provozu, avšak zřízení alespoň nějaké služby z důvodu vysokého vytížení letiště je nezbytné. V první kapitole diplomové práce jsou proto představeny pravomoci a omezení služby AFIS. Jsou zde popsány současné požadavky na AFISO a minimální úroveň vybavení AFIS jednotky. Následně je vysvětleno, jakým způsobem probíhal vývoj AFIS a jaké nedostatky současná podoba AFIS má. Jak se ukazuje, právě neustále se zvyšující hustota letového provozu má negativní dopad na psychickou zátěž AFISO. Proto tato práce přichází s návrhem, který má za úkol psychickou zátěž AFISO snížit pomocí zvýšení jeho situačního povědomí o letovém provozu. Pomoci mu k tomu mají moderní nástroje v podobě přehledových systémů, které mají přinést lepší formu poskytovaných informací na AFIS letištích.

Mezi nejpoužívanější přehledové systémy patří primární a sekundární radar, nebo dále pak také multilaterační systémy či automatické závislé sledování – vysílání. Tyto základní přehledové systémy jsou v práci představeny v druhé kapitole. Následně je zpracována analýza, která srovnává vhodnost pro jejich využití na AFIS letištích především z hlediska poměru cena výkon. Jak se ukazuje, favoritem je implementace multilateračního systému v kombinaci s ADS-B. Důvodem jsou především minimálně dvojnásobné náklady potřebné pro implementaci radaru na AFIS letiště. Navíc v případě nekooperativního PSR AFISO získává pouze informaci o poloze letounu, avšak nemá už žádné další potřebné informace.

Třetí kapitola se věnuje zhodnocení současného stavu možnosti implementace přehledových systémů na AFIS letištích. Z kapitoly vyplývá, že zavádění přehledových systémů na AFIS letiště je poměrně novou záležitostí. Jak se ukazuje, zatím byla tato myšlenka aplikována pouze na tři letiště na světě. Nejvíce překvapující je, že pro všechny případy implementace přehledového systému na AFIS letiště byl zvolen SSR. Jak již bylo zmíněno výše, tato varianta je velmi nákladná. Částka na zavedení radaru na AFIS letiště se pohybuje okolo 130 milionů CZK. Po bližším prodiskutování situace na letištích v Dánsku a Norsku bylo zjištěno, že SSR bylo zavedeno na letiště ještě před vznikem AFIS stanoviště, kde fungovalo nejprve řízené letiště. Po vzniku AFIS jednotky byli AFISO proškoleni na práci s radarem a bylo jim vysvětleno, jaké přehledové informace mohou za pomoci radaru využívat. Implementace SSR na AFIS letiště se ukázala jako úspěšná. Bylo zvýšeno situační povědomí AFISO a tím i snížena jeho zátěž.

Ve čtvrté kapitole je definována největší překážka implementace přehledového systému na AFIS letiště, kterou je certifikační proces. Problémem je, že bohužel zatím neexistuje certifikační předpisová základna, která by stanovovala požadavky na implementaci přehledového systému na AFIS letiště. Protože AFISO letový provoz neřídí, ale pouze o něm poskytuje informace, není nutné klást stejné nároky na přehledový systém jako v případě jeho implementace na řízené letiště. Proto se nabízí možnost zavedení přehledového systému na AFIS letiště pouze v podobě podpůrného systému. Aby mohl být daný systém schválen pro provoz, je nutné, aby splňoval definované provozní a technické požadavky. Proto je součástí této práce navržen postup, jakým způsobem by měl návrh implementace podpůrného přehledového systému na AFIS letiště být zpracován.

Prvním krokem pro návrh takového systému je definování provozních požadavků a příprava analýzy funkčních rizik. Poté musí být provedena analýza možností návrhu a systémových požadavků. V rámci této analýzy je řešena realizovatelnost návrhu, kontrola poměru cena/výkon a jsou také stanoveny požadavky na výkonnost, bezpečnost a interoperabilitu systému. Dalším krokem je zhodnocení letiště, na které má být systém implementován. Konkrétně musí být provedena analýza lokality letiště, stanovena oblast pokrytí daným systémem atp. Poté je přistoupeno k definování technických požadavků. Jak již bylo řečeno, technická specifikace pro takovéto účely zatím není k dispozici. Byly proto technické požadavky na podpůrný přehledový systém odvozeny na základě dokumentů týkajících se problematiky implementace plnohodnotných přehledových systémů na řízená letiště. Obecně se doporučuje být v kontaktu s CAA po celou dobu návrhu. Následně, když je systém pro implementaci CAA schválen, je zahájena prvotní testovací fáze systému v provozu. Obecně se doporučuje, aby byl systém ze začátku testován především při nižších hustotách letového provozu. Po seřízení systému v provozu může být systém začít být plně používán. Je však nutné nezapomenout na proškolení personálu, který s novým systémem přijde do styku.

Na základě tohoto postupu byla v páté kapitole zpracována případová studie zavedení nízkonákladového MLAT systému v kombinaci s ADS-B. Tento systém má být implementován na letiště v Letňanech. Tento návrh byl prodiskutován s panem Richardem Blahou (AFISO manažer letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) dne 3. 5. 2018. Na základě této debaty byly odvozeny provozní požadavky a byl připraven konkrétní návrh úpravy stanoviště AFIS pro zavedení podpůrného přehledového systému. Následně na základě odvozených technických požadavků na podpůrný přehledový systém bylo doporučeno rozmístění stanic MLAT v okolí letiště. Poté bylo prokázáno, že je možné se pomocí low-cost systému instalovaného v okolí RWY dostat na podobné hodnoty přesnosti systému jako s profesionálním MLAT systémem. Nakonec byl celý návrh předložen českému CAA. CAA rozhodlo, že v současné době není v jejich kompetenci schválit návrh na základě

navrhovaných požadavků na přehledovou výkonnost podpůrného systému. Na konci páté kapitoly jsou popsány překážky, které vplynuly ze setkání se zástupci CAA. Nakonec jsou představeny tři varianty řešení těchto překážek, kdy první z nich nabízí možnost rychlé implementace low-cost systému z hlediska času, avšak je velmi finančně náročná. Konkrétněji nabízí možnost certifikace systému jako plnohodnotný systém pro řízení letiště. Druhá a třetí varianta už pracují s finančně úspornějšími řešeními, kdy se systém zůstává v nízkonákladové podobě, avšak tyto varianty jsou náročné z hlediska času. Důvodem je nutnost schválení jedné z těchto variant EASA.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo posoudit nedostatky současného stavu poskytování letištních letových informačních služeb na neřízených letištích a následně navrhnout jejich řešení. Tato práce se proto zabývá popisem vzniku a vývoje letištní letové informační služby AFIS. Práce představuje nejen pravomoci a omezení této služby, ale především upozorňuje na potřebu lepší podoby informací o provozu na AFIS stanovištích. Řešení vidí v podobě implementace vhodně zvoleného přehledového systému na AFIS letiště, čímž sleduje snížení zátěže dispečera AFIS, která je na něj kladena z důvodu narůstající hustoty letového provozu. V práci je nastíněn současný stav aplikace přehledových systémů na AFIS letiště. Jak se ukazuje, zatím byl na AFIS letiště zaveden pouze sekundární přehledový radar, a to jenom ve třech případech severovýchodních letišť. V práci je rozebráno, jakým způsobem letiště k implementaci přehledového systému přistoupili, a proč byl na tyto letiště zaveden zrovna radar. Následně jsou představeny nejpoužívanější přehledové systémy na řízených letištích a zvážena možnost jejich zavedení na neřízená AFIS letiště. Na základě porovnání výhod a nevýhod vybraných přehledových systémů je možné říct, že nejlepšího poměru cena/výkon dosahuje multilaterační systém v kombinaci s automatickým závislým sledováním ADS-B. Toto tvrzení je podloženo i finanční analýzou, která představuje odhad celkových nákladů na implementaci radaru a multilateračního systému.

Práce také poukazuje na překážky související se zavedením přehledového systému na AFIS letiště. Největší překážkou implementace přehledových systémů na AFIS letiště je to, že v současné době neexistuje legislativa, která by jasně stanovovala požadavky na přehledový systém, který má být implementován na neřízené letiště. Proto je také cílem této práce navrhnout soubor požadavků potřebných pro implementaci přehledového systému na AFIS letiště, které by následně mohly být předloženy ke schválení Úřadu. Teprve nedávno byly nastaveny technické požadavky na přehledové systémy, které musí být splněny při instalaci systému na řízené letiště a pro možnosti využití snížených rozstupů mezi letadly. Tato práce proto tyto požadavky představuje a zároveň se i snaží z nich vyjít při aplikaci přehledového systému na AFIS letiště. Avšak technické požadavky nejsou jedinými požadavky potřebnými pro zavedení systému do provozu. Je potřeba představit také požadavky provozní. Výstupem této práce je proto seznam bodů, které je nutné dodržet při přípravě implementace nového přehledového systému na AFIS letiště.

Cílem práce také bylo naznačit, jakým způsobem je postup implementace podpůrného přehledového systému převeden do praxe. Celá problematika byla proto poté aplikována na případovou studii zavedení low-cost multilateračního přehledového systému v kombinaci s ADS-B na AFIS letiště Letňany. Tento návrh byl prodiskutován s panem Richardem Blahou (AFISO manažer letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) dne 3. 5. 2018. Na základě této

debaty byly odvozeny provozní požadavky a byl připraven konkrétní návrh úpravy stanoviště AFIS pro zavedení podpůrného přehledového systému. Následně na základě odvozených technických požadavků na podpůrný přehledový systém byl zhodnocen současný stav systému a jeho nedostatky. Poté byly navrženy úpravy systému vedoucí ke zvýšení jeho výkonnosti tak, aby mohl být daný systém schválen pro provoz. Nakonec byl celý návrh prodiskutován s českým CAA. Poté byly definovány překážky implementace podpůrného low-cost systému, které z diskuze vzešly. Následně byly navrženy tři varianty řešení těchto překážek. První z nich nabízí možnost rychlé implementace low-cost systému z hlediska času, avšak je velmi finančně náročná. Konkrétněji nabízí možnost certifikace systému jako plnohodnotný systém pro řízení letiště. Druhá a třetí varianta už pracují s finančně úspornějšími řešeními, kdy se systém zůstává v nízkonákladové podobě, avšak tyto varianty jsou náročné z hlediska času. Důvodem je nutnost schválení jedné z těchto variant EASA.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Předpis L2: Hlava 1 - Definice. *Letecká informační služba, Řízení letového provozu České republiky: Předpisy* [online]. Praha, 2017, 12.10.2017, , 8 [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [2] *VFR příručka, Pravidla pro lety za viditelnosti: Řízení letového provozu České republiky* [online]. [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_2_cz.html
- [3] *Aviation Knowledge: ICAO: Aerodrome Flight Information Service (AFIS)* [online]. 2010 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:aerodrome-flight-information-service-afis>
- [4] *EUROCONTROL ATM Lexicon, One sky - one term: Aerodrome Flight Information Service* [online]. 5.7.2016 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: https://ext.eurocontrol.int/lexicon/index.php/Aerodrome_Flight_Information_Service
- [5] BARTOŇ, Tomáš. *Výukový manuál dispečerů AFIS* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-01-31]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
- [6] FIS – FLIGHT INFORMATION SERVICE. *EGAST – European General Aviation Safety Team, Component of ESSI* [online]. Safety analysis and Research Department Ottoplatz 1, 50679 Köln, Germany, 2014, (GA9) [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: http://www.havarikommissionen.dk/images/Bibliotek_luftfart/General_Aviation/GA9.pdf
- [7] *LETECKÝ PŘEDPIS LETOVÉ PROVOZNÍ SLUŽBY SLUŽBA ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU LETOVÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA POHOTOVOSTNÍ SLUŽBA L 11* [online]. 25345/99-220. Česká republika: MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY Zpracovatel: Úřad pro civilní letectví, 2009 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.pilotak.cz/html/img/dokumenty/predpis-L-11-Afis.pdf>
- [8] BOQUIST, Cay. *AFIS Manual: EUROCONTROL Manual for Aerodrome Flight Information Service (AFIS)* [online]. Edition 1.0. 2010 [cit. 2018-02-02]. ISBN CoE/ATM/AFIS Manual/1. Dostupné z: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/nm/airspace/airspace-atmprocedures-afis-manual-1.0.pdf
- [9] IATA. *User Requirements for Air Traffic Services (URATS): Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Technologies*[online]. Edition 3.0. Safety & Flight Operations International Air Transport Association 800 Place Victoria P.O. Box 113 Montreal, Quebec CANADA H4Z 1M1, 2017 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: http://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/air-traffic-management/Documents/Requirements-URATS-CNS-technology_Edition%203_2017.pdf

- [10] *Aeronautical Surveillance Manual: Doc 9924, AN/474* [online]. 1. International Civil Aviation Organization ICAO, 2011 [cit. 2018-02-04]. ISBN 978-92-9231-690-7.
- [11] *PŘEDPIS L 13: ZKRATKY A AKRONYMY* [online]. 16.10.2010, (Úvodní část) [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-13/data/effective/zkratky.pdf>
- [12] *Air Safety Support International, Requirements and Policy, Part 172 Air Traffic Service Organisation Requirements: suspected infringements of legislation. 172.215 Minimum levels of equipment at an AFIS unit* [online]. Air Safety Support International, Floor 2, The Portland Building, 25 High Street Crawley, West Sussex RH10 1BG, United Kingdom, 2015 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: [http://www.airsafety.aero/Requirements-and-Policy/OTARs/Part-172-Air-Traffic-Service-Organisation-Require/Aerodrome-Flight-Information-Services-\(AFIS\).aspx](http://www.airsafety.aero/Requirements-and-Policy/OTARs/Part-172-Air-Traffic-Service-Organisation-Require/Aerodrome-Flight-Information-Services-(AFIS).aspx)
- [13] *Use of ATS surveillance systems in AFIS* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/Use-of-ATS-surveillance-systems-in-AFIS.pdf>
- [14] PROCHÁZKA, Jaromír a Vladimír PLOS. *Aerodrome Flight Information Service* [online]. Department of Air Transport, Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University Horská 3, Praha 2, 128 03, Czech Republic, , 4 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: http://www.mad.fd.cvut.cz/issues/1/04_Prochazka_Plos.pdf
- [15] BOQUIST, Cay. *AFIS Manual: EUROCONTROL Manual for Aerodrome Flight Information Service (AFIS)* [online]. 1, CoE/ATM/AFIS Manual/1. EUROPEAN AIR TRAFFIC MANAGEMENT, 2010 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/nm/airspace/airspace-atmprocedures-afis-manual-1.0.pdf
- [16] Summary of the survey on Aerodrome Flight Information Service. *European Aviation Safety Agency* [online]. 24.6.2016, (1), 26 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/AFIS%20Survey%20-%20Analysis%20of%20Responses.pdf>
- [17] *Vystoupení na semináři LSHK* [online]. 18.4.2013 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/6521/>
- [18] Mgr.PLZÁK, Karel. *SMĚRNICE PRO VÝKON SLUŽBY NA STANOVIŠTI AFIS NA LETIŠTI HOŘOVICE* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: https://www.letistehorovice.cz/rady/LKHV_Smernice_AFIS.pdf
- [19] *HLAVA 8 – PŘEHLEDOVÉ SLUŽBY ATS* [online]. L 4444, 2012, s. 20 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-4444/data/effective/hl8.pdf>
- [20] *Radartutorial.eu: Radar Basics* [online]. [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <http://www.radartutorial.eu/02.basics/PSR%20vs.%20SSR.en.html>

20ATFM%20Manual%20Coordination%20Team/1st%20Meeting%20at%20ATC%20Global%202012%20and%20EUROCONTROL%20CFMU/ICAO%20Doc%209426_cons_en.pdf

- [32] NIELSEN, S. Avinor's AFIS radar-project Brønnøysund Airport, Norway. AVINOR [online]. 30.11.2011 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/EPN-29112011.pdf>
- [33] *Statistic Times.com: List of Countries by Projected GDP* [online]. 23.3.2018 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: <http://statisticstimes.com/economy/countries-by-projected-gdp.php>
- [34] *Aeronautical Communications, Annex 10: Volume IV, Surveillance and Collision Avoidance Systems* [online]. 4 edition. 2007 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: <http://cockpitdata.com/Software/ICAO%20Annex%2010%20Volume%204>
- [35] KENNEDY, Andrew Desmond. *SUR, Surveillance: WAM Generic Guidance Process - Volume 1 Process Description* [online]. 2nd edition. EUROCONTROL, 2009 [cit. 2018-04-12]. ISBN SUR-WAM-GEN-PRO V1. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/surveillance-wam-generic-guidance-process-vol-1-process-description-20090108.pdf>
- [36] *B REGULATION (EC) No 550/2004 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: on the provision of air navigation services in the single European sky (the service provision Regulation)* [online]. 2004 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/1477.pdf>
- [37] ZENKOVICH, Michael. *Advisory Circular* [online]. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2017 [cit. 2018-04-13]. ISBN 90-117. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-117.pdf
- [38] *Assessment of ADS-B and Multilateration Surveillance to Support Air Traffic Services and Guidelines for Implementation*[online]. International Civil Aviation Organization 999 University Street Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7 [cit. 2018-04-13]. ISBN Cir 326 AN/188. Dostupné z: <https://atm.airport.ir/documents/799481/2253088/Cir+326++Assessment+of+ADS-B+and+Multilateration+Surveillance.pdf/f15083ec-3c4f-48fe-b6c4-0d138c3e72f8?version=1.0>
- [39] *The Airport Authority: List of all airports in Germany* [online]. 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://airport-authority.com/browse-DE>
- [40] *The Airport Authority: List of all airports in France* [online]. 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://airport-authority.com/browse-FR>
- [41] *Prokeraia.com: Norway Airports & List of Airports in Norway - Norway Airport Codes* [online]. 2005-2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.prokerala.com/travel/airports/norway/>

- [42] *MULTILATERATION & ADS-B: EXECUTIVE REFERENCE GUIDE* [online]. ERA [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.multilateration.com/ads-b/built-in-mlat.html>
- [43] *EUROCONTROL Specification: EUROCONTROL Specification for ATM Surveillance System Performance* [online]. EUROCONTROL, 2012 [cit. 2018-04-26]. ISBN 978-2-87497-022-1. ISSN EUROCONTROL-SPEC-0147. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20123003-esassp-spec-vol1-v1.0.pdf>
- [44] *Guidance Material on Comparison of Surveillance Technologies (GMST)* [online]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION ASIA AND PACIFIC, 2007 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/cns/gmst_technology.pdf
- [45] *Electronic Code of Federal Regulations: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Out equipment and use.* [online]. PART 91—GENERAL OPERATING AND FLIGHT RULES, §91.225, Title 14 → Chapter I → Subchapter F → Part 91. 2018 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=14:2.0.1.3.10#se14.2.91_1225
- [46] *EN_ENR.book: ENR_1.4, ATS Airspace Classification, AIP NORGE / NORWAY* [online]. 2009 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.sognpg.com/Dokument/Luftromsklassifisering.pdf>
- [47] Jens Christian Johansen – písemné sdělení (provozovatel AFIS Esbjerg Lufthavn, John Tranums Vej 20, 6705 Esbjerg, Denmark) ze dne 11.4.2018
- [48] Morten Nielsen – písemné sdělení (vedoucí stanoviště AFIS v Sonderborgu, Sonderborg Lufthavn, Lufthavnsvej 1, 6400 Sonderborg, Denmark) ze dne 9.4.2018
- [49] *AIP DENMARK, EKEB - Esbjerg: AD 2 - EKEB - 1* [online]. 10.7.2014, , 4 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.raysaviation.mono.net/upl/11453/EKAD2EKEBen.pdf>
- [50] *FLYING IN DENMARK: ROYAL DANISH AIR FORCE FLIGHT INFORMATION* [online]. Edition 32. Flight Information Tactical Air Staff Herningvej 30 DK-7470 Karup J Denmark, 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.flv.dk/milais/flyingindenmark/flying%20in%20denmark.pdf>
- [51] ZACH, Martin. *Návrh nízkonákladového MLAT systému* [online]. 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/projects/k621x1c/dokumenty/F6-DP-2015-Zach-Martin-mlat-sys.pdf>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy. Vedoucí práce Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D.
- [52] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1207/2011 ze dne 22. listopadu 2011, kterým se stanoví požadavky na výkonnost a interoperabilitu přehledu v jednotném evropském nebi* [online]. 23.11.2011, , 18 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1207&from=EN>

- [53] *Standard: EUROCAE ED 142: TECHNICAL SPECIFICATION FOR WIDE AREA MULTILATERATION (WAM) SYSTEMS* [online]. European Organization for Civil Aviation Equipment, 2010 [cit. 2018-04-28]. ISBN eurocae ed 142. Dostupné z: <https://standards.globalspec.com/std/1288603/eurocae-ed-142>
- [54] *RocketRoute: FlightPlan* [online]. 2018 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.rocketroute.com/flight-planning>
- [55] *Jeppesen, A Boeing Company: JeppView* [online]. 2018 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://ww1.jeppesen.com/industry-solutions/aviation/business/ifr-jeppview-electronic-charting.jsp>
- [56] HEZKÝ, Vítězslav. *Směrnice SP, Firemní příručka (Vývoj a projektování LPZ): Základní požadavky na obsah, formální úpravu a nakládání se schváleným dokumentem* [online]. 6. 1.4.2018: Úřad pro civilní letectví [cit. 2018-04-28]. ISBN 2435-18-701. ISSN CAA-SLS-008-6/09.
- [57] *LETECKÝ PŘEDPIS, PRAVIDLA LÉTÁNÍ, L 2* [online]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY, Zpracovatel: Úřad pro civilní letectví, 2018 [cit. 2018-04-29]. ISBN 153/2014-220. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf
- [58] *Letiště Letňany, Prague airport, est. 1924* [online]. Hůlkova 35, 197 00 Praha – Kbely, 2015, 2015 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.letnany-airport.cz/?lang=cs>
- [59] *PRAVIDLA A OMEZENÍ MÍSTNÍHO LETOVÉHO PROVOZU: VFR-AD-LKLT-TEXT-1* [online]. Letňany, 2014 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.letnany-airport.cz/wp-content/uploads/2015/05/PRAVIDLA-A-OMEZEN---M--STN--HO-LETOV--HO-PROVOZU.pdf>
- [60] Miroslav Vavroušek – ústní sdělení (AFISO letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) ze dne 2.4.2018
- [61] Flightradar24. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 13.4.2018 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Flightradar24>
- [62] *VFR Příručka: Postupy pro nastavení odpovídače SSR* [online]. 2018 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_4_cz.html
- [63] *Mode S Operational Overview* [online]. EUROCONTROL, 2018 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://www.eurocontrol.int/articles/mode-s-operational-overview>
- [64] *GROUND STATIONS AND MULTILATERATION: Thales Air Systems GmbH* [online]. THALES [cit. 2018-04-30]. ISBN SEA/BOB ADS-B - WG/8 - SP/3. Dostupné z: https://www.icao.int/APAC/Meetings/2012_SEA_BOB_ADSB_WG8/SP03_Thales%20ADS-B%20Multilateration.pdf

- [65] *PERFORMANCE-BASED COMMUNICATION AND SURVEILLANCE (PBCS) MANUAL (DOC 9869) - ENGLISH – PRINTED* [online]. 2. International Civil Aviation Organization, 2017 [cit. 2018-04-30]. ISBN DOC-09869-002-01-E-P. Dostupné z: <https://store.icao.int/publications/safety/performance-based-communication-and-surveillance-pbcs-manual-doc-9869-english-printed.html>
- [66] *Multilateration (MLAT) Concept of use* [online]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION ASIA AND PACIFIC OFFICE, 2007 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/mlat_concept.pdf
- [67] *Letecké služby Hradec Králové a.s.: ZÁKLADNÍ INFORMACE O LETIŠTI LKHK* [online]. Hradec Králové, 2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://lshk.cz/cs/info-o-letisti/>
- [68] MARTINCOVÁ, Kateřina. *STUDIE BEZPEČNOSTI V ATM* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66096/F6-BP-2016-Martincova-Katerina-BP_final.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Jakub Kraus.
- [69] DOSTÁLÍK, Tomáš. *Obrazová analýza meteorologických radarových dat* [online]. 2013 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52393/DostalikT_ObrazovaAnalyza_PV_2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Diplomová práce. UNIVERZITA PARDUBICE Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce Ing. Jakub Kraus.
- [70] *PRAVIDLA A OMEZENÍ MÍSTNÍHO LETOVÉHO PROVOZU: VFR-AD-LKLT-TEXT-1* [online]. Letňany, 2014 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.letnany-airport.cz/wp-content/uploads/2015/05/LETISTNI-RAD-LKLT.pdf>
- [71] Richard Blaha – ústní sdělení (AFISO manažer letiště Letňany, Hůlkova 35, Praha – Kbely) ze dne 3.5.2018
- [72] Osobní účast autorky na semináři pro přípravu projektu na retrofitování palubní avioniky ve spolupráci s GNSS Centre of Excellence
- [73] *Letiště Letňany, Prague´s airport, est. 1924: Letecké školy* [online]. 2015 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: http://www.letnany-airport.cz/?page_id=103&lang=cs
- [74] *Global Operational Data Link Document (GOLD)* [online]. 2. ICAO, 2013 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: https://icao.int/APAC/Documents/edocs/GOLD_2Edition.pdf
- [75] *Search Statistics How To: RMSE: Root Mean Square Error* [online]. 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.statisticshowto.com/rmse/>
- [76] RIBEIRO COSTA, Tiago Manuel. *Analysis of Aircraft Accuracy Location in Aeronautical Multilateration Systems* [online]. 2017 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z:

http://grow.tecnico.ulisboa.pt/wp-content/uploads/2017/07/mscthesis-tiago-costa.final_.pdf.
Thesis to obtain the Master of Science Degree in Electrical and Computer Engineering. Técnico Lisboa. Vedoucí práce Prof. Luís Manuel de Jesus Sousa Correia.

- [77] *ENR 1.4 KLASIFIKACE VZDUŠ NÉHO PROSTORU ATS* [online]. AIP České republiky, 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e1-4.pdf
- [78] MOHLEJI, Satish C. a Ganghuai WANG. *Modeling ADS-B Position and Velocity Errors for Airborne Merging and Spacing in Interval Management Application* [online]. Center for Advanced Aviation System Development (CAASD) The MITRE Corporation 7515 Colshire Drive McLean VA 22102 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/a7a8/810df40f23e29ace14cd600f69acb2a1002d.pdf>
- [79] *Legal Information Institute: § 91.227 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Out equipment performance requirements.* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/14/91.227?page=1>
- [80] W.HEMPE, David. *Advisory Circular: Airworthiness Approval of Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) Out Systems* [online]. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration: AIR-130, 2010 [cit. 2018-05-05]. ISBN 20-165. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC%2020-165.pdf
- [81] *AD 2-LKKB-1 5 MAR 15. Kbely LKKB AD 2.1 SMĚROVACÍ ZNAČKA A NÁZEV LETIŠTĚ LKKB AD 2.1 AERODROME LOCATION INDICATOR AND NAME LKKB – KBELY* [online]. Kbely: AIP České republiky, 2015 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/23422138-Ad-2-lkbb-1-5-mar-15-kbely-lkbb-ad-2-1-smerovaci-znacka-a-nazev-letiste-lkbb-ad-2-1-aerodrome-location-indicator-and-name-lkbb-kbely.html>
- [82] Petr Lukeš – ústní sdělení (pracovník ATM laboratoře Fakulty dopravní, 128 03 Praha 2, Horská 3) dne 3.5.2018
- [83] ŠTRONER, Martin a Jitka SUCHÁ. *Kovarianční matice a výpočty* [online]. 10.2007, 3 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie/ing2/kovariancni_matice.pdf
- [84] Ing. Martin Zach – ústní sdělení (Sales engineer ve společnosti ERA, a.s., Průmyslová 462, 530 03 Pardubice IV-Pardubičky, bývalý pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Konviktská 20, Praha 1, 110 00) dne 15.5.2018
- [85] Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D. – ústní i písemné sdělení (profesor a pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Českého vysokého učení technického, Fakulty dopravní, v Praze, Konviktská 20, Praha 1, 110 00) – dne 16.5.2018
- [86] Ing. Tomáš Lipták – ústní sdělení (student doktorského studia Českého vysokého učení technického, Fakulty dopravní, pracovník ATM laboratoře na Ústavu letecké dopravy, Konviktská

20, Praha 1, 110 00, Product manager ve společnosti ERA, a.s., Průmyslová 462, 530 03
Pardubice IV-Pardubičky)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Stanoviště AFIS.....	17
Obrázek 2 – Oblastní řízení pomocí přehledové architektury.....	24
Obrázek 3 – Funkce primárního přehledového radaru PSR.....	25
Obrázek 4 – Funkce sekundárního přehledového radaru SSR.....	27
Obrázek 5 – Informace na obrazovce řídicího.....	28
Obrázek 6 – Vysvětlení funkce multilateračního systému.....	30
Obrázek 8 – Sonderborgské letecké centrum.....	35
Obrázek 9 – Stanoviště AFIS na letišti v Sonderborgu.....	35
Obrázek 10 – Sekundární přehledový radar na letišti Esbjerg.....	36
Obrázek 11 – Sekundární přehledový radar na letišti Esbjerg – detail.....	36
Obrázek 13 – Detail přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg.....	37
Obrázek 19 – Stanoviště AFIS na letišti Esbjerg.....	38
Obrázek 20 – Stanoviště AFIS vybavené radarem v Brønnøysund.....	39
Obrázek 21 – Rozdíl mezi PSR a SSR.....	39
Obrázek 22 – Výstup radarových dat na letišti Brønnøysund.....	40
Obrázek 24 – Popis definice RSP.....	49
Obrázek 32 – Vzletové a přistávací dráhy na letišti v Letňanech.....	60
Obrázek 34 – Návrh stanoviště AFIS po zavedení nového přehledového systému.....	70
Obrázek 38 – Příklad určení RMS(E).....	73
Obrázek 39 – Popis hardwaru nízkonákladového MLAT systému.....	79
Obrázek 40 – Rozdíl nejistoty polohy při jejím stanovování na krátké a dlouhé vzdálenosti.....	81
Obrázek 41 – Popis softwaru nízkonákladového MLAT systému.....	82
Obrázek 42 – Odhad předpokládaného rozmístění přijímačů na LKLT.....	83
Obrázek 43 – Vyhodnocení TDOA – přijímač Pankrác a LKPR.....	85
Obrázek 44 – Vymezená plocha, kde byla studována přesnost.....	86
Obrázek 45 – Vymezená plocha, kde byla studována přesnost.....	87
Obrázek 46 – Přesnost přehledového systému FD.....	88
Obrázek 47 – Maximální dosah přijímače, vlevo: Strahov, vpravo: Pankrác.....	88
Obrázek 7 – Ilustrace dosahu při kombinaci MLAT a ADS-B.....	126
Obrázek 12 – Zobrazení přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg.....	127
Obrázek 14 – Třídy vzdušných prostorů v Dánsku.....	128
Obrázek 15 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Esbjerg.....	128
Obrázek 16 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg.....	128
Obrázek 17 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg.....	129
Obrázek 18 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Sonderborg.....	129

Obrázek 23 – Jeppesen Mapa letiště Bronnoysund	130
Obrázek 25 – Výkonnostní požadavky na konkrétní přehledové systémy	131
Obrázek 26 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku.....	132
Obrázek 27 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku.....	133
Obrázek 28 – Mapa minimálních nadmořských výšek pro radarové vektorování v okolí letiště Letňany.....	134
Obrázek 29 – Mapa letiště Letňany a jeho okolí.....	135
Obrázek 30 – Mapa letiště Letňany.....	136
Obrázek 31 – VFR mapa letiště Letňany.....	137
Obrázek 33 – Vstupní a výstupní body na LKLT	138
Obrázek 35 – Technická specifikace RSP 400.....	138
Obrázek 36 – Technická specifikace RSP 180.....	139
Obrázek 37 – Porovnání technických specifikací RCP a RSP.....	139

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Tabulka zkratk a symbolů	7
Tabulka 2 – Tabulka zkratk a symbolů	8
Tabulka 3 – Tabulka zkratk a symbolů	9
Tabulka 4 – Tabulka zkratk a symbolů	10
Tabulka 6 – Finanční analýza srovnání MLAT a radaru při rádiu 200 NM	32
Tabulka 7 – Přehled AFIS letišť vybavených přehledovým systémem	34
Tabulka 8 – Pravidla pro lety VFR ve v dánském vzdušném prostoru třídy G	38
Tabulka 14 – Parametry popisující kvalitu přehledového systému	47
Tabulka 23 – Celkový počet pohybů na LKHK za posledních 11 let.....	63
Tabulka 24 – Požadavky na přesnost horizontální polohy letounu dle ED-142	72
Tabulka 25 – Přesnost výšky letounu určená pomocí ADS-B.....	74
Tabulka 26 – Požadavky na výkonnost přehledového systému dle ED-142.....	74
Tabulka 27 – Stanovení parametru NIC pro přehledový systém ADS-B.....	75
Tabulka 28 – Stanovení parametrů přesnosti pro ADS-B.....	75
Tabulka 29 – Výkonnostní parametry WAM společnosti ERA	76
Tabulka 30 – Parametry popisující kvalitu přehledového systému	77
Tabulka 5 – Vybavení AFIS letišť v České republice.....	117
Tabulka 9 – Klasifikace vzdušného prostoru v Norsku	119
Tabulka 10 – Přehledová data o identifikaci letounu	119
Tabulka 11 – Přehledová data o rychlosti	120
Tabulka 12 – Další identifikační data	121
Tabulka 13 – Přehledová data o poloze	121
Tabulka 15 – Přehled provozních požadavků na referenční SSR.....	121
Tabulka 16 – Kontrolní seznam bodu 1) a) pro implementaci SS.....	122
Tabulka 17 – Kontrolní seznam bodu 1) b) pro implementaci SS.....	123
Tabulka 18 – Kontrolní seznam bodu 1) c) pro implementaci SS.....	123
Tabulka 19 – Kontrolní seznam bodu 2) a) pro implementaci SS.....	124
Tabulka 20 – Kontrolní seznam bodu 3) a) pro implementaci SS.....	124
Tabulka 21 – Kontrolní seznam bodu 3) b) pro implementaci SS.....	124
Tabulka 22 – Stanovení přesnosti systému FD	125

SEZNAM PŘÍLOH

- (1) *Tabulka 5, Vybavení AFIS letišť v České republice*
- (2) *Tabulka 9 – Klasifikace vzdušného prostoru v Norsku*
- (3) *Tabulka 10 – Přehledová data o identifikaci letounu*
- (4) *Tabulka 11 – Přehledová data o rychlosti*
- (5) *Tabulka 12 – Další identifikační data*
- (6) *Tabulka 15 – Přehled provozních požadavků na referenční SSR*
- (7) *Tabulka 16 – Kontrolní seznam bodu 1) a) pro implementaci SS*
- (8) *Tabulka 17 – Kontrolní seznam bodu 1) b) pro implementaci SS*
- (9) *Tabulka 18 – Kontrolní seznam bodu 1) c) pro implementaci SS*
- (10) *Tabulka 19 – Kontrolní seznam bodu 2) a) pro implementaci SS*
- (11) *Tabulka 20 – Kontrolní seznam bodu 3) a) pro implementaci SS*
- (12) *Tabulka 21 – Kontrolní seznam bodu 3) b) pro implementaci SS*
- (13) *Tabulka 22 – Stanovení přesnosti systému FD*

- (14) *Obrázek 7 – Ilustrace dosahu při kombinaci MLAT a ADS-B*
- (15) *Obrázek 12 – Zobrazení přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg*
- (16) *Obrázek 14 – Třídy vzdušných prostorů v Dánsku*
- (17) *Obrázek 15 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Esbjerg*
- (18) *Obrázek 16 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg*
- (19) *Obrázek 17 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg*
- (20) *Obrázek 18 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Sonderborg*
- (21) *Obrázek 23 – Jeppesen Mapa letiště Bronnoysund*
- (22) *Obrázek 25 – Výkonnostní požadavky na konkrétní přehledové systémy*
- (23) *Obrázek 26 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku*
- (24) *Obrázek 27 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku*
- (25) *Obrázek 28 – Mapa minimálních nadmořských výšek pro radarové vektorování v okolí letiště Letňany*
- (26) *Obrázek 29 – Mapa letiště Letňany a jeho okolí*
- (27) *Obrázek 30 – Mapa letiště Letňany*
- (28) *Obrázek 31 – VFR mapa letiště Letňany*
- (29) *Obrázek 33 – Vstupní a výstupní body na LKLT*
- (30) *Obrázek 35 – Technická specifikace RSP 400*
- (31) *Obrázek 36 – Technická specifikace RSP 180*
- (32) *Obrázek 37 – Porovnání technických specifikací RCP a RSP*

ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK

- (1) *Aeronautical Surveillance Manual: Doc 9924, AN/474* [online]. 1. International Civil Aviation Organization ICAO, 2011 [cit. 2018-02-04]. ISBN 978-92-9231-690-7.
- (2) IATA. *User Requirements for Air Traffic Services (URATS): Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Technologies* [online]. Edition 3.0. Safety & Flight Operations International Air Transport Association 800 Place Victoria P.O. Box 113 Montreal, Quebec CANADA H4Z 1M1, 2017 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: http://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/air-traffic-management/Documents/Requirements-URATS-CNS-technology_Edition%203_2017.pdf
- (3) FALK, Christine. *Required Communication Performance (RCP) and Required Surveillance Performance (RSP): SOCM/2* [online]. USA: Federal Aviation Administration, 2012 [cit. 2016-08-06].
- (4) *Aeroweb: Ze života AFISáka* [online]. 18.10.2007 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/876->
- (5) *Use of ATS surveillance systems in AFIS* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/Use-of-ATS-surveillance-systems-in-AFIS.pdf>
- (6) BARTOŇ, Tomáš. *Výukový manuál dispečerů AFIS* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-01-31]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
- (7) Mgr. PLZÁK, Karel. *SMĚRNICE PRO VÝKON SLUŽBY NA STANOVIŠTI AFIS NA LETIŠTI HOŘOVICE* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: https://www.letistehorovice.cz/rady/LKHV_Smernice_AFIS.pdf
- (8) *10 Secondary Surveillance Radar* [online]. s. 10 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.pilotafutar.hu/doksik/nordian12-Radio.pdf>
- (9) SOLAŘ, Erik. *Systém multilaterace – MLAT* [online]. [cit. 2018-04-02]. SOL0025, SB3LED01. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- (10) *AFIS IN THE WORLDS* [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/AFIS-worldwide.pdf>

- (11) NIELSEN, S. Avinor's AFIS radar-project Brønnøysund Airport, Norway. *AVINOR* [online]. 30.11.2011 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/EPN-29112011.pdf>
- (12) *Orlando International Airport: Radar Systems* [online]. 2.2.2017 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/atsys2ay1617te04team2/home/technical-specifications/systems/radar-systems>
- (13) ZENKOVICH, Michael. *Advisory Circular* [online]. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2017 [cit. 2018-04-13]. ISBN 90-117. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-117.pdf
- (14) ZENKOVICH, Michael. *Advisory Circular* [online]. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2017 [cit. 2018-04-13]. ISBN 90-117. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-117.pdf
- (15) *MULTILATERATION & ADS-B: EXECUTIVE REFERENCE GUIDE* [online]. ERA [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.multilateration.com/ads-b/built-in-mlat.html>
- (16) *EUROCONTROL Specification: EUROCONTROL Specification for ATM Surveillance System Performance* [online]. EUROCONTROL, 2012 [cit. 2018-04-26]. ISBN 978-2-87497-022-1. ISSN EUROCONTROL-SPEC-0147. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20123003-esassp-spec-vol1-v1.0.pdf>
- (17) *Guidance Material on Comparison of Surveillance Technologies (GMST)* [online]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION ASIA AND PACIFIC, 2007 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/cns/gmst_technology.pdf
- (18) *EN_ENR.book: ENR_1.4, ATS Airspace Classification, AIP NORGE / NORWAY* [online]. 2009 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.sognpg.com/Dokument/Luftromsklassifisering.pdf>
- (19) Jens Christian Johansen – písemné sdělení (provozovatel AFIS Esbjerg Lufthavn, John Tranums Vej 20, 6705 Esbjerg, Denmark) ze dne 11.4.2018
- (20) *FLYING IN DENMARK: ROYAL DANISH AIR FORCE FLIGHT INFORMATION* [online]. Edition 32. Flight Information Tactical Air Staff Herningvej 30 DK-7470 Karup J Denmark, 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.flv.dk/milais/flyingindenmark/flying%20in%20denmark.pdf>
- (21) KENNEDY, Andrew Desmond. *SUR, Surveillance: WAM Generic Guidance Process - Volume 1 Process Description* [online]. 2nd edition. EUROCONTROL, 2009 [cit.

2018-04-12]. ISBN SUR-WAM-GEN-PRO V1. Dostupné z:
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/surveillance-wam-generic-guidance-process-vol-1-process-description-20090108.pdf>

- (22) HEZKÝ, Vítězslav. *Směrnice SP, Firemní příručka (Vývoj a projektování LPZ): Základní požadavky na obsah, formální úpravu a nakládání se schváleným dokumentem* [online]. 6. 1.4.2018: Úřad pro civilní letectví [cit. 2018-04-28]. ISBN 2435-18-701. ISSN CAA-SLS-008-6/09.
- (23) *Letiště Letňany, Prague airport, est. 1924* [online]. Hůlkova 35, 197 00 Praha – Kbely, 2015, 2015 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.letnany-airport.cz/?lang=cs>
- (24) FALK, Christine. *Introduction to Required Communication Performance (RCP) and Required Surveillance Performance (RSP): Presented to SOCM/2* [online]. Federal Aviation Administration, 2012 [cit. 2018-04-30].
- (25) ZACH, Martin. *Návrh nízkonákladového MLAT systému* [online]. 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/projects/k621x1c/dokumenty/F6-DP-2015-Zach-Martin-mlat-sys.pdf>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy. Vedoucí práce Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D.
- (26) *Letecké služby Hradec Králové a.s.: STATISTIKA POHYBŮ NA LETIŠTI LKHK* [online]. Hradec Králové [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://lshk.cz/cs/letiste/statistika-pohybu/>
- (27) *Standard: EUROCAE ED 142: TECHNICAL SPECIFICATION FOR WIDE AREA MULTILATERATION (WAM) SYSTEMS* [online]. European Organization for Civil Aviation Equipment, 2010 [cit. 2018-04-28]. ISBN eurocae ed 142. Dostupné z: <https://standards.globalspec.com/std/1288603/eurocae-ed-142>
- (28) *Search Statistics How To: RMSE: Root Mean Square Error* [online]. 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.statisticshowto.com/rmse/>
- (29) RIBEIRO COSTA, Tiago Manuel. *Analysis of Aircraft Accuracy Location in Aeronautical Multilateration Systems* [online]. 2017 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: http://grow.tecnico.ulisboa.pt/wp-content/uploads/2017/07/mscthesi-tiago-costa.final_.pdf. Thesis to obtain the Master of Science Degree in Electrical and Computer Engineering. Técnico Lisboa. Vedoucí práce Prof. Luís Manuel de Jesus Sousa Correia.
- (30) MOHLEJI, Satish C. a Ganghuai WANG. *Modeling ADS-B Position and Velocity Errors for Airborne Merging and Spacing in Interval Management Application* [online]. Center for Advanced Aviation System Development (CAASD) The MITRE

Corporation 7515 Colshire Drive McLean VA 22102 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z:
<https://pdfs.semanticscholar.org/a7a8/810df40f23e29ace14cd600f69acb2a1002d.pdf>

- (31) W.HEMPE, David. *Advisory Circular: Airworthiness Approval of Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) Out Systems* [online]. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration: AIR-130, 2010 [cit. 2018-05-05]. ISBN 20-165. Dostupné z:
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC%2020-165.pdf
- (32) Data poskytnutá panem Ing. Martinem Zachem (Sales Engineer ve společnosti ERA a.s.) dne 11.5.2018
- (33) PLENINGER, Stanislav. *Systémy CNS* [online]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, 2016, s. 363 [cit. 2018-05-16].
- (34) *Google Maps: Letiště Praha Letňany* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z:
<https://www.google.com/maps/place/Leti%C5%A1t%C4%9B+Praha+Let%C5%88any/@50.132036,14.5231553,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x470becf00ea9a031:0x9d8a104e7fbd2172!8m2!3d50.132036!4d14.525344>
- (35) ATM Laboratoř, Ústav letecké dopravy, České vysoké učení technické v Praze

PŘÍLOHY

Tabulka 5 – Vybavení AFIS letišť v České republice

VYBAVENÍ STANOVIŠŤ AFIS V ČESKÉ REPUBLICĚ		
VYBAVENÍ	ČESKÉ BUDĚJOVICE LKCS	LETŇANY LKLT
letecká rádiová stanice	✓	✓
zařízení pro záznam korespondence	✓	✓
indikátor rychlosti a směru přízemního větru		✓
zařízení pro měření QNH/QFE	✓	✓
zařízení pro měření venkovní teploty vzduchu	✓	✓
hodiny ukazující UTC a LT	✓	✓
zařízení pro ovládání světelných zařízení na letišti		
pozemní vizuální osvětlení		
světelné osvětlení pro udávání návěstních pokynů		
Dalekohled	✓	✓
navigační pomocné zařízení (NAVAID – Navigational Aid)		
provozní deník		✓
zobrazovač letových dat		✓
zdroj elektrické energie		✓
Obrazovky	✓	✓
WC	✓	✓
Telefon	✓	✓
řídící stůl	✓	✓
pozemní vizuální návěsti		✓
letecký předpis L2		✓
Směrnice Aeroklubu ČR P-1		
letištní řád, směrnice pro činnost stanoviště AFIS, kniha Provozní pokyny a nařízení vedoucího stanoviště AFIS		✓
kniha plánování, příletů a odletů		
pracovní blok časoměřiče		
mapa ICAO 1:500 000		✓
letecké předpisy L2, L 11, L 13, L 14, L 15, L 4444		✓
letecká informační příručka ČR AIP		✓
letecké oběžníky		✓
publikace letecké informační služby – NOTAM		✓
omezení letového provozu		✓

tabulka východů a západů slunce		✓
seznam důležitých telefonních čísel		✓
seznam osob oprávněných vykonávat funkci dispečera AFIS		✓
provozní deníky radiostanice, staničního barometru a zařízení pro indikaci směru a rychlosti větru		✓
počítač s internetem	✓	✓
slovník anglicko-český a česko-anglický		✓
ZDROJE	(6)	Konzultace s AFISO Richardem Blahou v LKLT dne 27.3.2018

Tabulka 9 – Klasifikace vzdušného prostoru v Norsku

Klasse Class	Type of flight	Atskillelse etableres mellom/ Separation provided	Form for tjeneste/ Service provided	Hastighetsbe- grensning Speed limitation	Krav til radio- samband/ Radio communication requirement	Gjenstand for klarering/ Subject to an ATC clearance
A	IFR	Alle luftfartøy/ All aircraft	Flygekontrolltjeneste/ Air Traffic Control Service	Ikke relevant/ Not applicable	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
	VFR	VFR-flyginger er ikke tillatt/ VFR-flights are not permitted				
C	IFR	IFR fra/ from IFR and VFR	Flygekontrolltjeneste/ Air Traffic Control Service	250 KT IAS under/below FL100	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
	VFR	VFR fra/ from IFR	1) Flygekontrolltjeneste for atskillelse fra IFR trafikk/Air Traffic Control Service for separation from IFR traffic 2) Trafikkinforma-sjon for VFR/VFR. Traffic information VFR/VFR	250 KT IAS under/below FL 100	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
D	IFR	IFR fra/ from IFR	Flygekontrolltjeneste samt trafikkinformasjon om VFR-trafikk/ Air Traffic Control Service and Traffic Information about VFR- traffic	250 KT IAS under/below FL 100	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
	VFR	Ingen/ Not provided	Flygekontrolltjeneste samt trafikkinformasjon om IFR- og VFR-trafikk/ Air Traffic Control Service including Traffic Information about IFR and VFR-traffic	250 KT IAS under/below FL 100	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
E	IFR	IFR fra/ from IFR	Flygekontrolltjeneste og trafikkinformasjon om VFR-trafikk så langt det er praktisk mulig/ Air Traffic Control Service and Traffic Information about VFR- traffic as far as practicable	250 KT IAS under/below FL 100	To-veis, hele tiden/ Continuous two-way	Ja Required
	VFR	Ingen/ Not provided	Trafikkinformasjon så langt det er praktisk mulig/ Traffic Information as far as practicable	250 KT IAS under/below FL 100	Nei/ Not required	Nei Not required
G	IFR	Ingen/ Not provided	Flygeinformasjonstjeneste/ Flight Information Service	250 KT IAS under/ below FL 100	Nei/Ja* Not required Continuous two- way*	Nei Not required
	VFR	Ingen/ Not provided	Flygeinformasjonstjeneste/ Flight Information Service	250 KT IAS under/ below FL 100	Nei/Ja* Not required Continuous two- way*	Nei Not required

(18)

Tabulka 10 – Přehledová data o identifikaci letounu

DATA O IDENTIFIKACI LETOUNU
IDENTIFIKACE LETOUNU
Bod 7 v ICAO letovém plánu nebo registrace letounu v případě, že není letový plán podán. Jedná se o převedená data.
KÓD MÓDU A NEBO C
Kód, který ŘLP přiřadilo letadlu. Jedná se o převedená data.
ZDROJ: (16)

Tabulka 11 – Přehledová data o rychlosti

DATA O RYCHLOSTI
RYCHLOST VŮČI ZEMI (GS)
Rychlost letadla nad zemí, která je počítána v letadle. Jedná se o převedená data.
INDIKOVANÁ VZDUŠNÁ RYCHLOST (IAS)
Rychlost zobrazená na rychloměru vycházející z Pitot-statického systému.
INERČNÍ VERTIKÁLNÍ RYCHLOST
Vertikální rychlost letadla měřená na palubě inerčním systémem. Tyto data jsou počítána na palubě letadla a pokud je to možné jsou převedena přehledovým systémem.
MAGNETICKÝ KURZ
Směr nad zemí, do kterého ukazuje osa letounu. V podstatě je měřen úhel mezi magnetickým severem a osou letounu.
QNH OPRAVENÁ TLAKOVÁ VÝŠKA
Výška letadla vyjádřená ve stopách nad mořem. Data jsou počítána pozemním přehledovým systémem z tlakové výšky, kterou hlásí letadlo.
ZMĚNA TLAKOVÉ VÝŠKY
Změna tlakové výšky letadla s časem. Tyto data jsou počítána na palubě letadla. Data jsou následně převedena přehledovým systémem.
ZMĚNA PRAVÉHO TRAŽOVÉHO ÚHLU
Změna skutečného úhlu letadla s časem. Tyto data jsou počítána na palubě letadla. Data mohou být převedena nebo vypočtena přehledovým systémem.
PRAVÁ VZDUŠNÁ RYCHLOST (TAS – True Airspeed)
Rychlost letadla vůči vzdušné hmotě. Může být stanovena pouze na palubě letounu na základě indikované rychlosti. Data jsou následně převedena přehledovým systémem.
PRAVÝ TRAŽOVÝ ÚHEL
Směr letounu nad zemí. Data mohou být převedena nebo vypočtena přehledovým systémem.
VEKTOR RYCHLOSTI
Rychlostní vektor vypočtený pozemním přehledovým systémem. Pokud je to možné, data mohou být převedena přehledovým systémem.
RYCHLOST KLESÁNÍ/STOUPÁNÍ
Změna tlakové výšky letadla v čase.
VERTIKÁLNÍ GEOMETRICKÁ VÝŠKA
Vertikální vzdálenost mezi polohou letadla a projekcí polohy letadla na zemském elipsoidu. Data mohou být převedena nebo vypočtena.
ZDROJ: (16)

Tabulka 12 – Další identifikační data

DALŠÍ IDENTIFIKAČNÍ DATA	
UKAZOVATEL NOUZE	
Tyto data popisují typ nouze. Může být rozpoznán pomocí speciální mód A kódů, např. 7600 – ztráta spojení, 7700 – stav nouze. Jedná se o převedená data.	
SPECIÁLNÍ POLOHOVÁ IDENTIFIKACE	
Speciální typ informace, který je vyslán letadlo v případě, že je to od něj vyžadováno. Jedná se o převedená data.	
ZDROJ: (16)	

Tabulka 13 – Přehledová data o poloze

DATA O POLOZE	
GEODETICKÁ POLOHA	
Projekce polohy letadla na elipsoid představující Zemi dle WGS-84. Poloha je vyjádřena jako zeměpisná šířka a délka. Tato přehledová data mohou být, jak převedena, tak vypočtena, záleží na přehledovém systému.	
HORIZONTÁLNÍ POLOHA	
2 D projekce polohy letadla. Data jsou počítána pozemním přehledovým systémem.	
TLAKOVÁ VÝŠKA	
Výška vyjádřená v letových hladinách FL odvozená z měření tlaku letadla.	
QFE OPRAVENÁ TLAKOVÁ VÝŠKA	
Výška letadla nad letištěm vyjádřená ve stopách ft. Data jsou počítána pozemním přehledovým systémem z tlakové výšky, kterou hlásí letadlo.	
QNH OPRAVENÁ TLAKOVÁ VÝŠKA	
Výška letadla vyjádřená ve stopách nad mořem. Data jsou počítána pozemním přehledovým systémem z tlakové výšky, kterou hlásí letadlo.	
VERTIKÁLNÍ GEOMETRICKÁ VÝŠKA	
Vertikální vzdálenost mezi polohou letadla a projekcí polohy letadla na zemském elipsoidu. Data mohou být převedena nebo vypočtena.	
ZDROJ: (16)	

Tabulka 15 – Přehled provozních požadavků na referenční SSR

PŘEHLED PROVOZNÍCH POŽADAVKŮ NA REFERENČNÍ SSR	
rychlost příjmu antény	5 rev/min
velká vertikální apertura antény	
monopulzní určování polohy	
kontrolní znak pro podporu potlačení postranních laloků odpovědače	
dotazování v módu A/C (ne S)	

Zobrazení (digitální, video nebo SSR výstupy neposkytované řídícím)	
trackování monopulzního radaru, trackové zprávy do automatického systému	
TECHNICKÉ POŽADAVKY NA REFERENČNÍ SSR	
jmenovitý rozsah	250 NM
frekvence opakování pulzů	120-300 Hz
rychlost rotace antény	5rev/min
zisk antény	27 dBi
šířka pásma antény (-3 dB bodů)	2,4°
výkon dotazovače	2kW
citlivost přijímače	-84 dBm
SSR mód	A/C
přesnost polohy – azimutu (RMS)	+/-0,08 °
přesnost polohy – dosahu (RMS)	+/-0,05 NM
rozlišení cíle – azimut	1 °
rozlišení cíle – dosah	0,15 NM
efektivita detekce cíle	90 %
vektor rychlosti – amplituda (RMS)	20 kts
vektor rychlosti – kurz (RMS)	5°
rychlost vůči zemi (RMS)	10 kts

[10]

Tabulka 16 – Kontrolní seznam bodu 1) a) pro implementaci SS

Checklist for Step 1: Define operational requirements

Step	Title	
1.1	Clear decision to install a new or upgraded surveillance system, including business justification	<input type="checkbox"/>
1.2	Stakeholder expectations and desires identified	<input type="checkbox"/>
1.3	Safety argument defined	<input type="checkbox"/>
1.4	Operational services and environment description (i.e. intended use)	<input type="checkbox"/>
1.5	Required service volume described (i.e. where should the services apply) – three dimensional assessment necessary	<input type="checkbox"/>
1.6	Functional Hazard Assessment carried out	<input type="checkbox"/>
1.7	Re-use of generic EUROCONTROL material validated (i.e. assumptions checked)	<input type="checkbox"/>

(21)

Tabulka 17 – Kontrolní seznam bodu 1) b) pro implementaci SS

Checklist for Step 2: Analyse design options and system requirements

Step	Title	
2.1	Investigate surveillance options through investment planning	<input type="checkbox"/>
2.2	Determine procurement options and tendering process	<input type="checkbox"/>
2.3	Determine high level functional architecture of WAM system	<input type="checkbox"/>
2.4	Operational and system performance requirements defined	<input type="checkbox"/>
2.5	Understand need for active or passive WAM system (i.e. R/F spectrum)	<input type="checkbox"/>
2.6	Integration with other surveillance sources understood	<input type="checkbox"/>
2.7	Interfaces with legacy systems defined (Interface Control Document)	<input type="checkbox"/>
2.8	Interoperability assessment carried out	<input type="checkbox"/>
2.9	Potential nominal and failure mode procedures design for local environment	<input type="checkbox"/>
2.10	Preliminary System Safety Assessment	<input type="checkbox"/>
2.11	Liaison with NSA to understand argument and assumptions	<input type="checkbox"/>
2.12	Identification of BITE and RMTR requirements	<input type="checkbox"/>
2.13	Security risk assessment	<input type="checkbox"/>

(21)

Tabulka 18 – Kontrolní seznam bodu 1) c) pro implementaci SS

Checklist for Step 3: Define local environment considerations

Step	Title	
3.1	Derivation and assessment of service and coverage volume	<input type="checkbox"/>
3.2	Local mitigations for failure modes defined (based on placement of Rx and Tx)	<input type="checkbox"/>
3.3	Check if regulation is needed for transponder equipage	<input type="checkbox"/>
3.4	Check specific WAM solution for local environment (e.g. type of communication, amount of redundancy, active vs passive)	<input type="checkbox"/>
3.5	Effects on R/F spectrum of active WAM system (incl transponder availability and ACAS)	<input type="checkbox"/>
3.6	Environmental impact studies	<input type="checkbox"/>
3.7	Spares and maintenance schedule defined	<input type="checkbox"/>
3.8	Requirements on validation and ongoing calibration	<input type="checkbox"/>
3.9	Update Preliminary System Safety Assessment with exact local design	<input type="checkbox"/>
3.10	Functional and Technical Specification written	<input type="checkbox"/>
3.11	Transition and training plans written	<input type="checkbox"/>
3.12	Invitation To Tender released	<input type="checkbox"/>

(21)

Tabulka 19 – Kontrolní seznam bodu 2) a) pro implementaci SS

Checklist for Step 4: Delivery, Integration and Validation

Step	Title	
4.1	Validation of existing technical approval	<input type="checkbox"/>
4.2	Verification of Interface Control Document	<input type="checkbox"/>
4.3	WAM system is installed in the local environment	<input type="checkbox"/>
4.4	Site Acceptance Test defined, run and passed	<input type="checkbox"/>
4.5	WAM system integration	<input type="checkbox"/>
4.6	Optimising WAM system performance (tuning)	<input type="checkbox"/>
4.7	Flight testing to validate system performance and coverage (incl simulation verification)	<input type="checkbox"/>
4.8	WAM within CNS/ATM system validation	<input type="checkbox"/>
4.9	Declaration of Verification	<input type="checkbox"/>

(21)

Tabulka 20 – Kontrolní seznam bodu 3) a) pro implementaci SS

Checklist for Step 5: Establish operational service

Step	Title	
5.1	Procedures and practices definition (including operational use of WAM, and failure mode procedures)	<input type="checkbox"/>
5.2	System Safety Assessment carried out	<input type="checkbox"/>
5.3	Training Plan finalised	<input type="checkbox"/>
5.4	Responsibilities and accountabilities defined in line with SMS	<input type="checkbox"/>
5.5	Transition Plan finalised, including identification of necessary mitigations during transition	<input type="checkbox"/>
5.6	Safety Case collated and submitted to NSA	<input type="checkbox"/>
5.7	Operational approval received	<input type="checkbox"/>

(21)

Tabulka 21 – Kontrolní seznam bodu 3) b) pro implementaci SS

Checklist for Step 6: Deliver operational service

Step	Title	
6.1	On-going monitoring task defined (using test transponders and BITE as necessary)	<input type="checkbox"/>
6.2	Continuous review of procedures and practices, and analysis of incident reports, including corrective action as required	<input type="checkbox"/>
6.3	Service delivery including refresher training	<input type="checkbox"/>

(21)

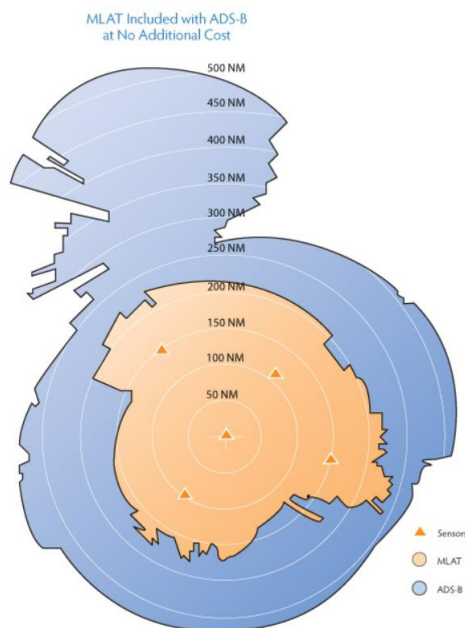
Tabulka 22 – Stanovení přesnosti systému FD

clear all
close all
clc
P1=[543;854;10];
P2=[436;1129;10];
P3=[956;1564;10];
P4=[294;1589;10];
P5=[576;844;100];
P6=[1043;1080;10];
sigm=sqrt(2.60982e3)*10 ⁽⁻⁹⁾ ;
c=299792458;
x=0:10:4200;
y=0:10:4200;
z=0:100:20000;
Mx=length(x);
My=length(y);
Mz=length(z);
M=zeros(Mx,My,Mz);
for k=1:My
for m=1:My
n=50;
R1=((x(k)-P1(1)). ² +(y(m)-P1(2)). ² +(z(n)-P1(3)). ²). ^(1/2) ;
R2=((x(k)-P2(1)). ² +(y(m)-P2(2)). ² +(z(n)-P2(3)). ²). ^(1/2) ;
R3=((x(k)-P3(1)). ² +(y(m)-P3(2)). ² +(z(n)-P3(3)). ²). ^(1/2) ;
R4=((x(k)-P4(1)). ² +(y(m)-P4(2)). ² +(z(n)-P4(3)). ²). ^(1/2) ;
R5=((x(k)-P5(1)). ² +(y(m)-P5(2)). ² +(z(n)-P5(3)). ²). ^(1/2) ;
R6=((x(k)-P6(1)). ² +(y(m)-P6(2)). ² +(z(n)-P6(3)). ²). ^(1/2) ;
G=[(x(k)-P1(1))./R1-(x(k)-P2(1))./R2 (y(m)-P1(2))./R1-(y(m)-P2(2))./R2 (z(n)-P1(3))./R1-(z(n)-P2(3))./R2;
(x(k)-P1(1))./R1-(x(k)-P3(1))./R3 (y(m)-P1(2))./R1-(y(m)-P3(2))./R3 (z(n)-P1(3))./R1-(z(n)-P2(3))./R3;
(x(k)-P1(1))./R1-(x(k)-P4(1))./R4 (y(m)-P1(2))./R1-(y(m)-P4(2))./R4 (z(n)-P1(3))./R1-(z(n)-P2(3))./R4;

```

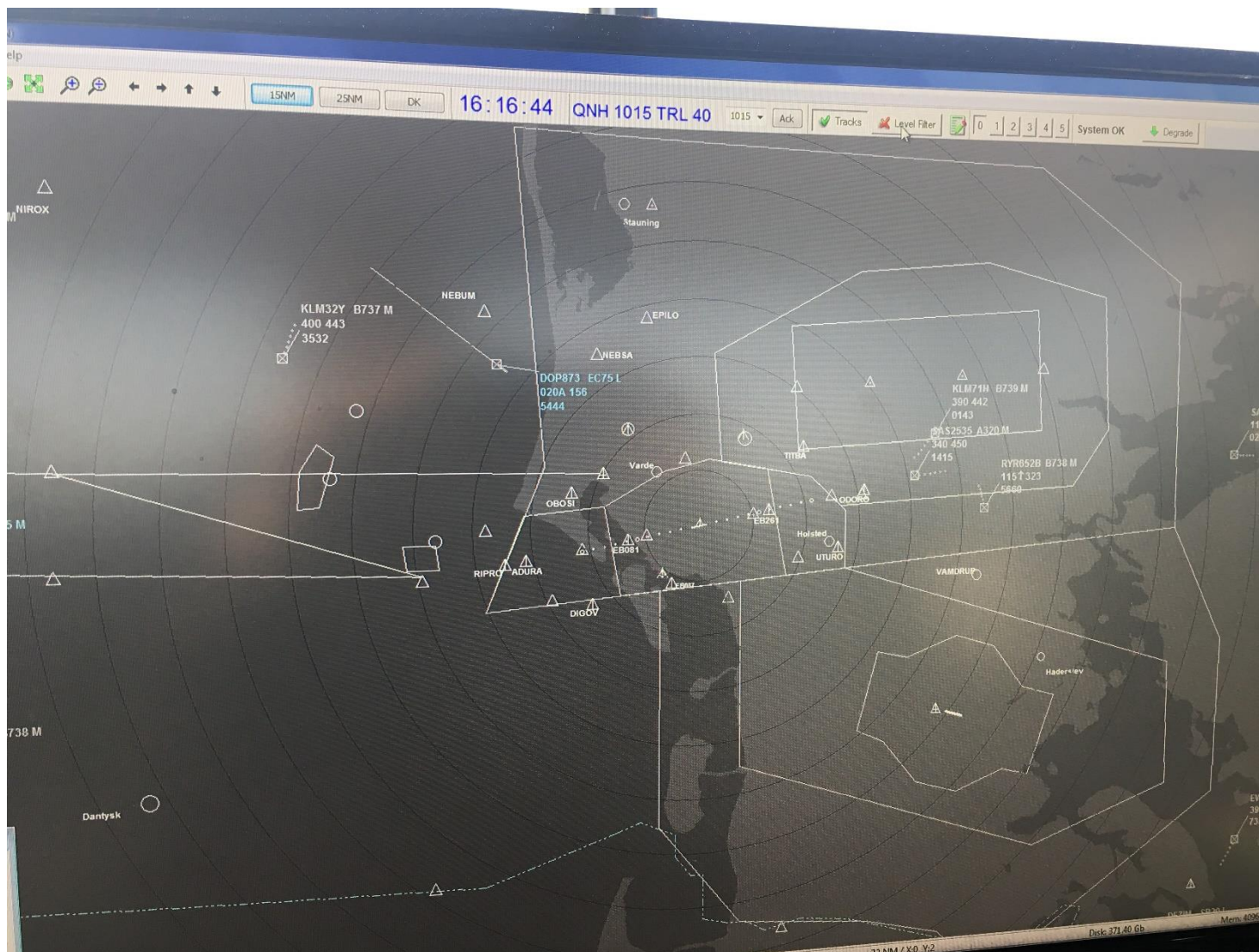
(x(k)-P1(1))./R1-(x(k)-P5(1))./R5 (y(m)-P1(2))./R1-(y(m)-P5(2))./R5 (z(n)-P1(3))./R1-
(z(n)-P2(3))./R5
(x(k)-P1(1))./R1-(x(k)-P6(1))./R6 (y(m)-P1(2))./R1-(y(m)-P6(2))./R6 (z(n)-P1(3))./R1-
(z(n)-P2(3))./R6];
Q1=inv(G*G);
Q=Q1*((sigm*c).^2*eye(3,3));
M(m,k,n)=sqrt(Q(1,1)+Q(2,2));
end
end
v2=[1 2 3 5 10 15 20 30 40 50 70 100 150 200 300 400 500 700 900 1200 1500 1800
2500 3500 5000 10000];
Mxy=(M(:, :, n));
[C,h]=contour(x,y,Mxy,v2);
clabel(C,h);
hold on;
scatter([P1(1) P2(1) P3(1) P4(1)], [P1(2) P2(2) P3(2) P4(2)], 'r')
axis equal
axis tight
xlabel('x[m]'); ylabel('y[m]')
title('DRMS')

```



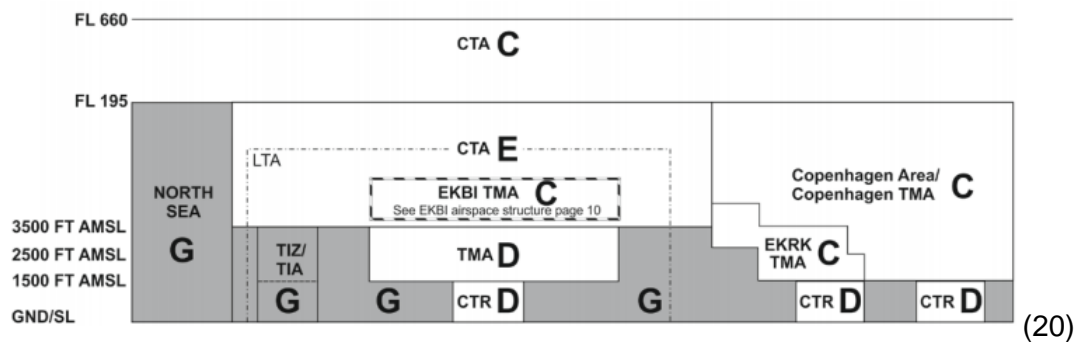
(14)

Obrázek 7 – Ilustrace dosahu při kombinaci MLAT a ADS-B

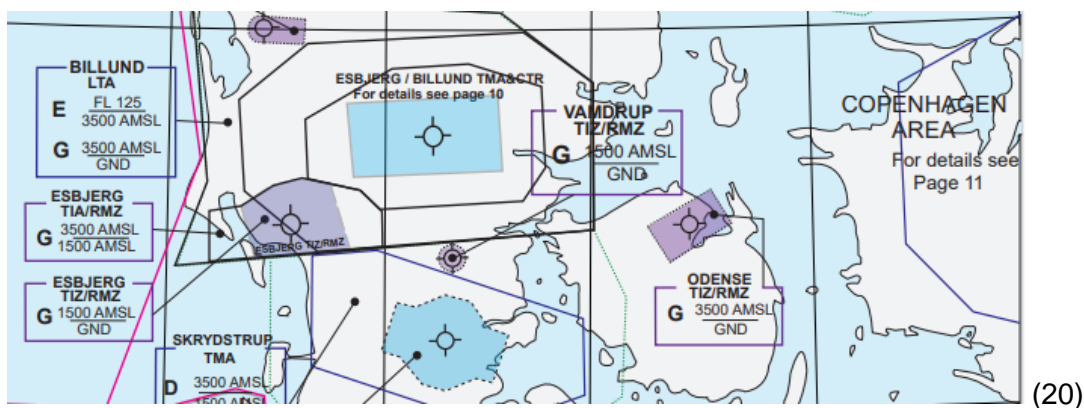


(19)

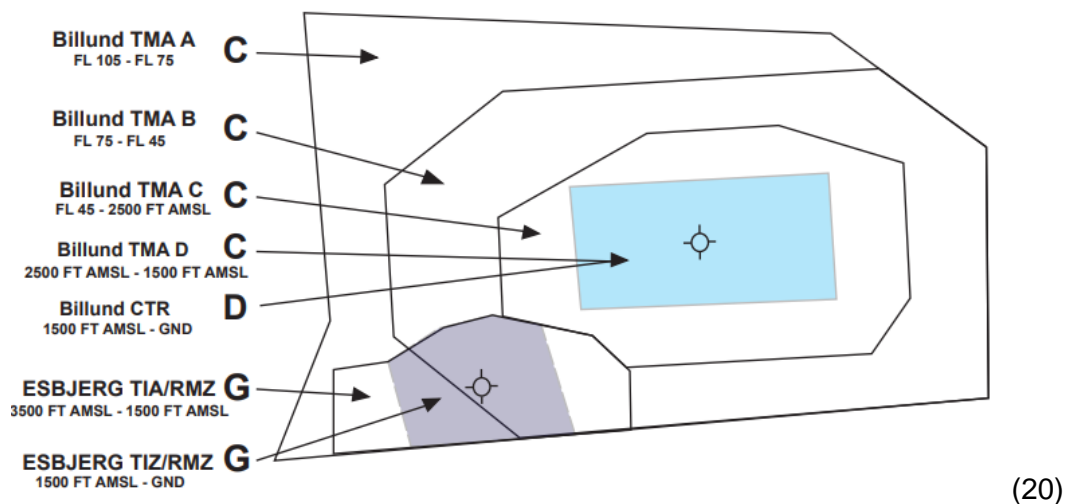
Obrázek 12 – Zobrazení přehledových dat ze SSR na AFIS letišti Esbjerg



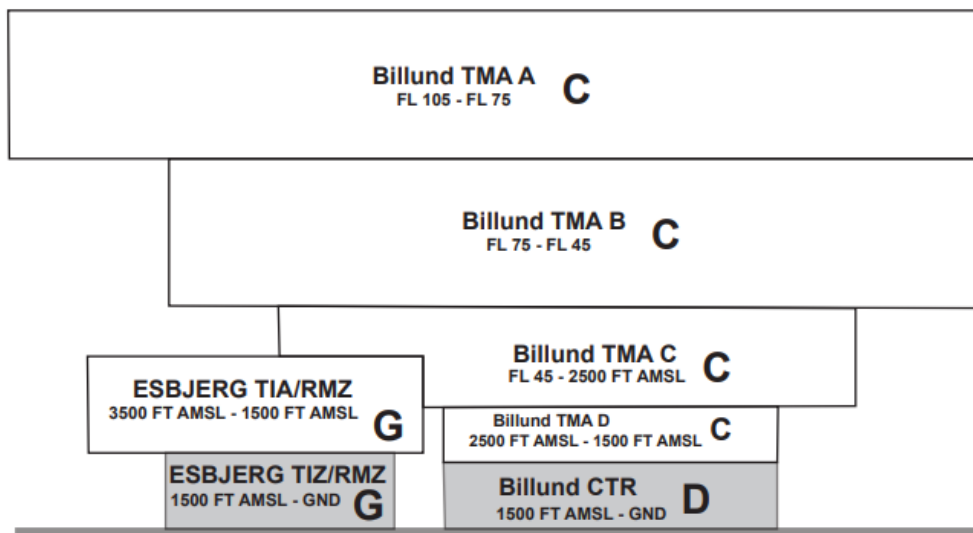
Obrázek 14 – Třídy vzdušných prostorů v Dánsku



Obrázek 15 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Esbjerg

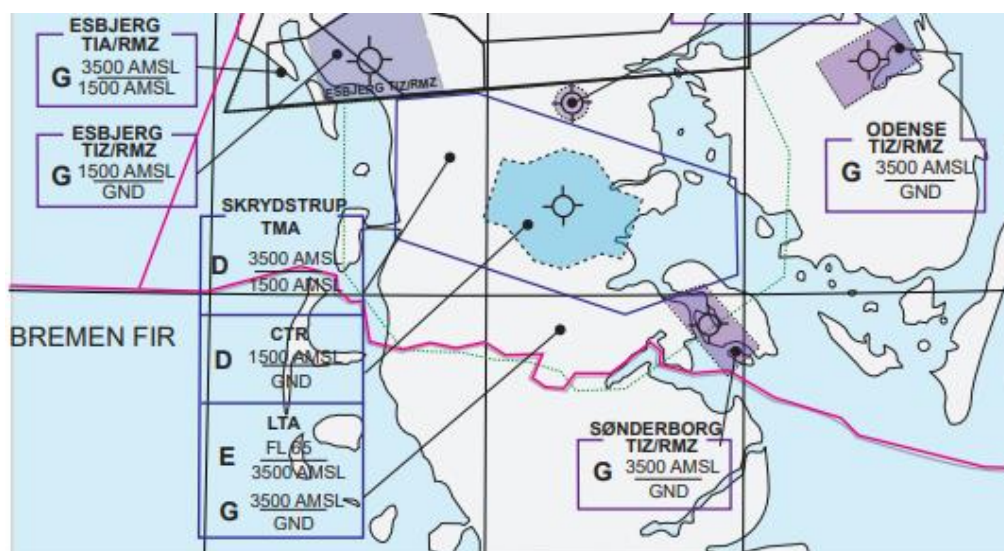


Obrázek 16 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg



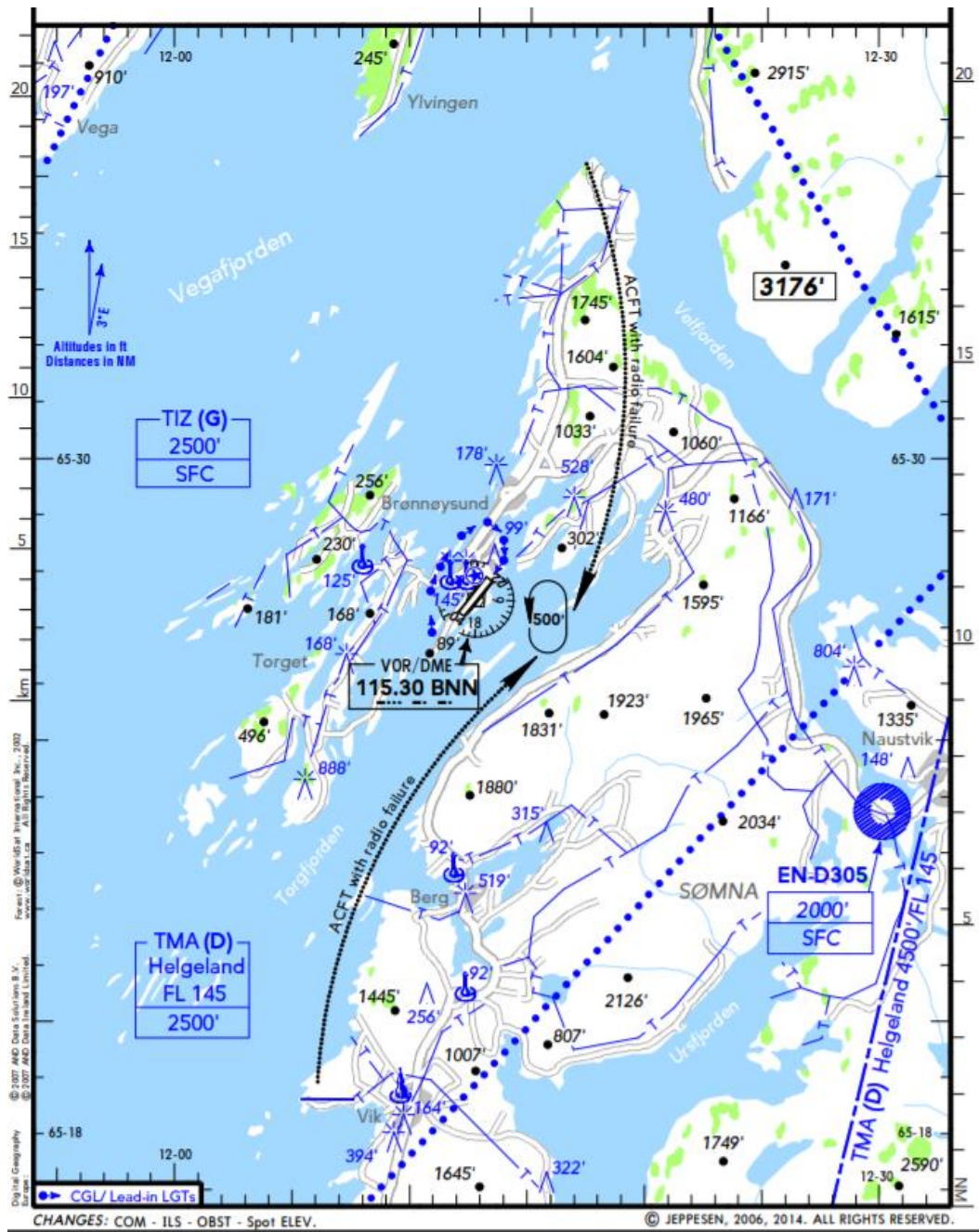
(20)

Obrázek 17 – Detail tříd vzdušného prostoru na letišti Esbjerg



(20)

Obrázek 18 – Třídy vzdušného prostoru na letišti Sønderborg



(18)

Obrázek 23 – Jeppesen Mapa letiště Bronnoysund

Data element	Performance Characteristics	SSR		ADS-B		MLAT	
		Ground	Airborne	Ground	Airborne	Ground	Airborne
Position	Accuracy	X (fixed)		•	X NIC/NUC	X (dynamic)	
	Integrity	X (fixed)		•	X SIL/NUC	X (fixed)	
	Update rate	X		X	X	X	
	Latency	X		X	X	X	
	Reliability	X		X	X	X	
Position NIC or NUC	Latency			X	X		
	Update rate			X	X		
	Reliability			X	X		
Position SIL	Latency			X	X		
	Reliability			X	X		
Velocity Vector	Accuracy	X		• (or X)	X	X (dynamic)	
	Integrity	X		• (or X)	X	X	
	Update rate	X		X	X	X	
	Latency	X		X	X	X	
	Reliability	X		X	X	X	
Altitude	Accuracy	•	X	•	X	•	X
	Integrity	•	X	•	X	•	X
	Update rate	X	X	X	X	X	X
	Latency	X	X	X	X	X	X
	Reliability	X	X	X	X	X	X
Identification/ Identity	Integrity	•	X	•	X	•	X
	Reliability	X	X	X	X	X	X
	Latency	X	X	X	X	X	X
	Update rate	X	X	X	X	X	X
Emergency/ SPI	Reliability	X	X	X	X	X	X
	Update rate	X	X	X	X	X	X
	Latency	X	X	X	X	X	X

[10]

Obrázek 25 – Výkonnostní požadavky na konkrétní přehledové systémy

ČÁST 1: ADMINISTRATIVNÍ

- a. Schvalovací list.
- b. Evidenci změn, doplňků a oprav.
- c. Obsah FP (včetně uvedení příloh).
- d. Použité názvosloví a zkratky.
- e. Termíny a definice.

ČÁST 2: ŘÍZENÍ FIRMY

- a. Identifikace žadatele.
- b. Závazek firmy.
- c. Uspořádání a vydávání FP.
- d. Seznam držitelů řízených výtisků FP.
- e. Vedoucí pracovníci.
- f. Kompetence vedoucích pracovníků.
- g. Oprávnění pracovníci.
- h. Kompetence oprávněných pracovníků.
- i. Skladba pracovníků firmy se vztahem k oprávněným činnostem.
- j. Organizační schéma firmy.
- k. Pracovní prostory.
- l. Rozsah činnosti firmy.
- m. Změnová služba FP.

ČÁST 3: POSTUPY ČINNOSTI FIRMY

- a. Hodnocení dodavatelů.
- b. Vstupní kontrola přejímaných výrobků od dodavatelů.
- c. Skladování, značení a vydávání výrobků/komponent pro jejich další využití při vývoji.
- d. Použitelnost nářadí a montážních zařízení.
- e. Kalibrace měřicích zařízení a měřidel.
- f. Používání nářadí a zařízení zaměstnanci.
- g. Normy pro pracovní prostředí.
- h. Dokumentace pro opravňované činnosti (uvádí se konkrétně dle požadavku).
- i. Provádění oprávněných činností.
- j. Způsob uvolnění způsobilých LPZ do provozu včetně jejich dokladů.
- k. Postup při nakládání s neshodnými díly, součástkami a materiály.
- l. Popis systému údržby výrobních prostředků.
- m. Ekologické faktory spojené s realizovanými činnostmi.
- n. Zvláštní postupy.

(21)

Obrázek 26 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku

ČÁST 4: SYSTÉM ZAJIŠTĚNÍ KVALITY U FIRMY

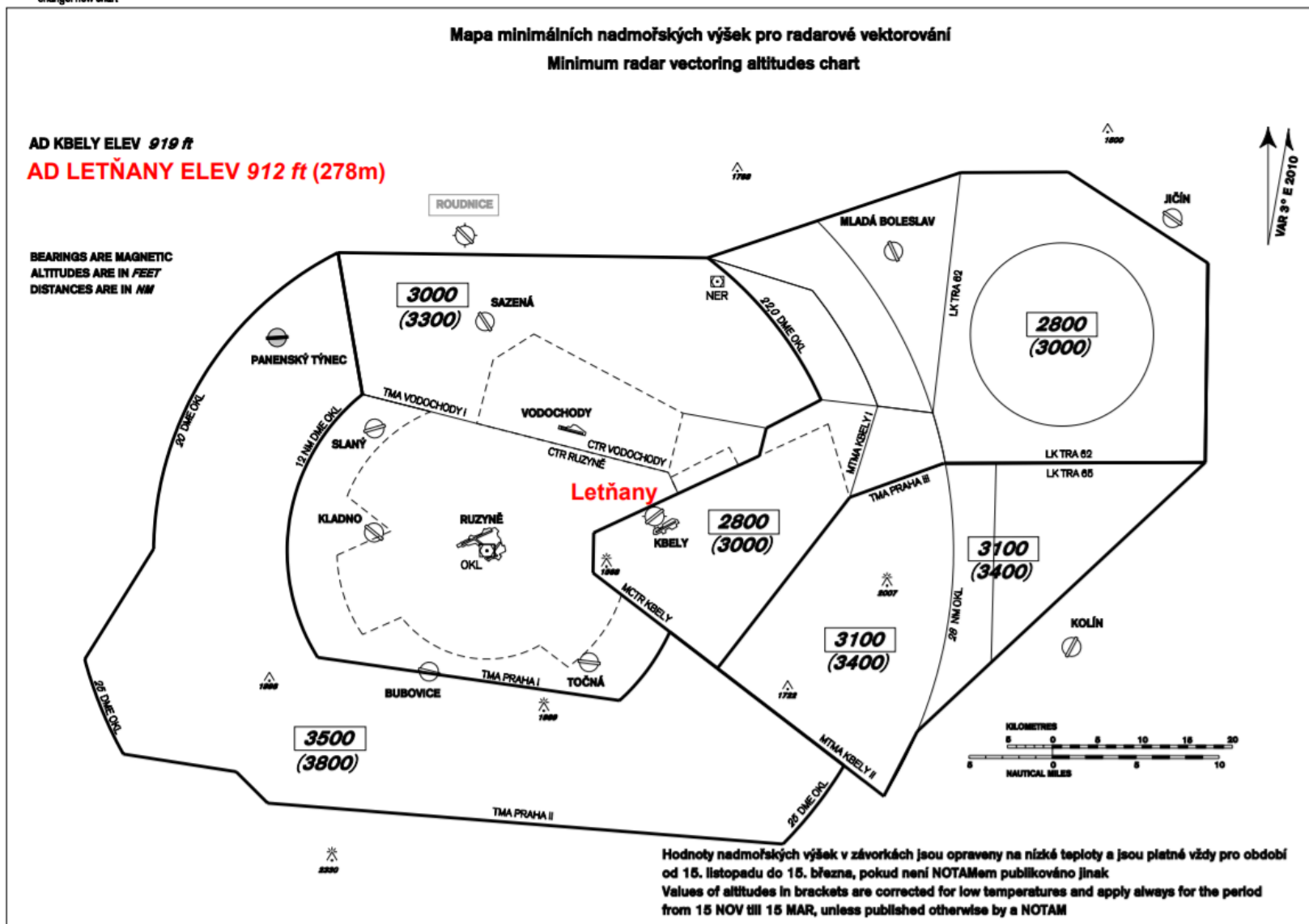
- a. Organizační schéma OŘK.
- b. Odpovědnost a oprávnění pracovníků OŘK.
- c. Audity kvality prováděné vlastními pracovníky.
- d. Postupy nápravných činností na základě výsledků auditů kvality.
- e. Školení a kvalifikace pracovníků.
- f. Pracovníci provádějící interní audity kvality.
- g. Kontroloři.
- h. Kontrola odchylek a neshod v průběhu prací.
- i. Kontrola odchylek od postupů firmy.
- j. Způsob získání kvalifikace pro zvláštní činnosti.
- k. Postup pro styk s dodavateli a výrobci.

ČÁST 5: PŘÍLOHY

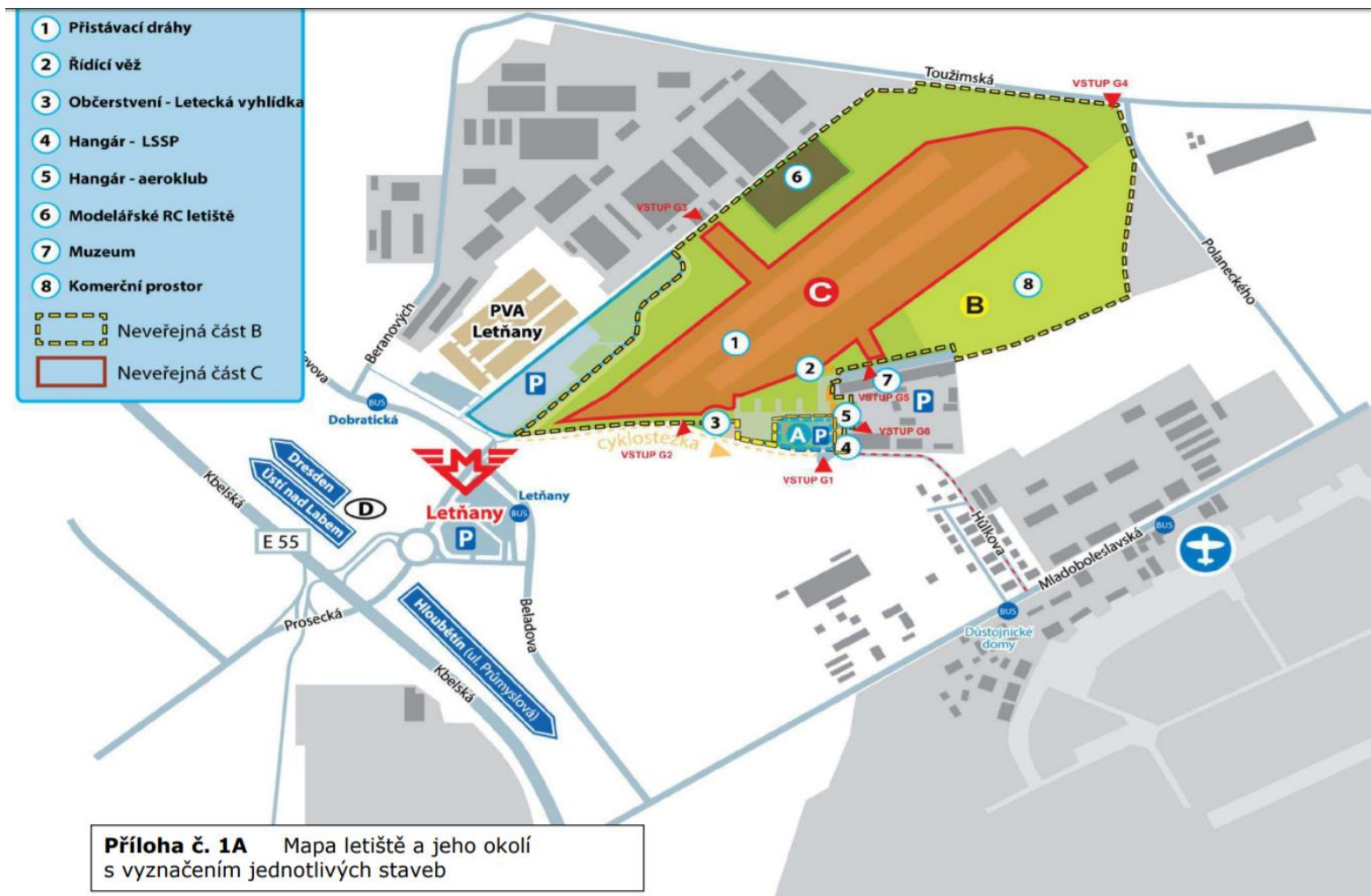
Uvedou se dokumenty, dokladující, objasňující a zpřesňující text FP (certifikáty QMS společnosti, oprávnění pracovníků, oprávnění interních auditorů atd.) a vzory dokladů vydávaných firmou (např. štítky, formuláře, protokoly, průvodky prohlášení ES o shodě nebo vhodnosti k používání DoC/DSU v obsahovém souladu s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 552/2004 příloha III, atd.).

(21)

Obrázek 27 – Seznam minimální požadavků na firemní příručku



Obrázek 28 – Mapa minimálních nadmořských výšek pro radarové vektorování v okolí letiště Letňany



(23)

Obrázek 29 – Mapa letiště Letňany a jeho okolí

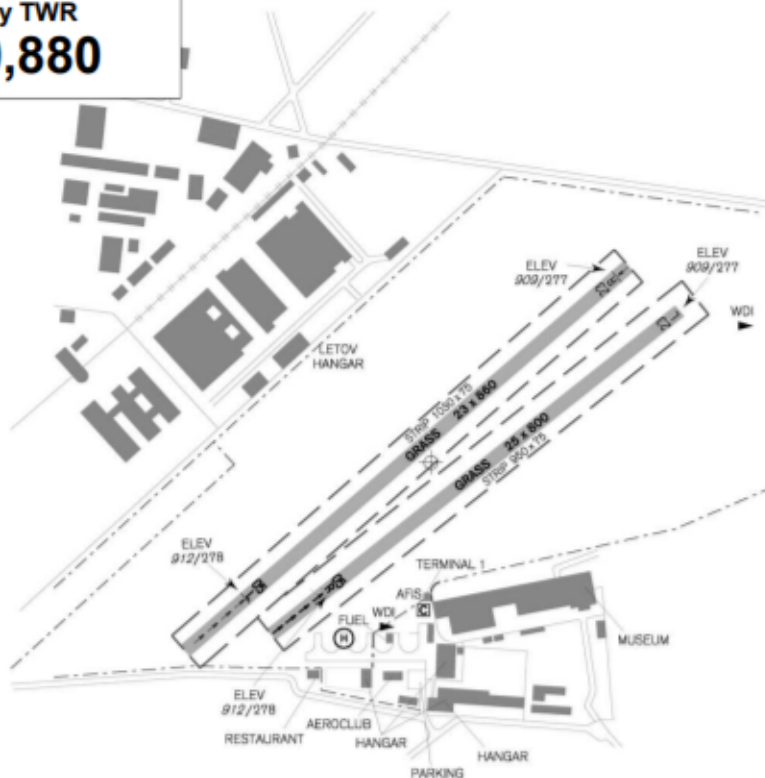
LKLT Letňany



Letňany INFO
120,335

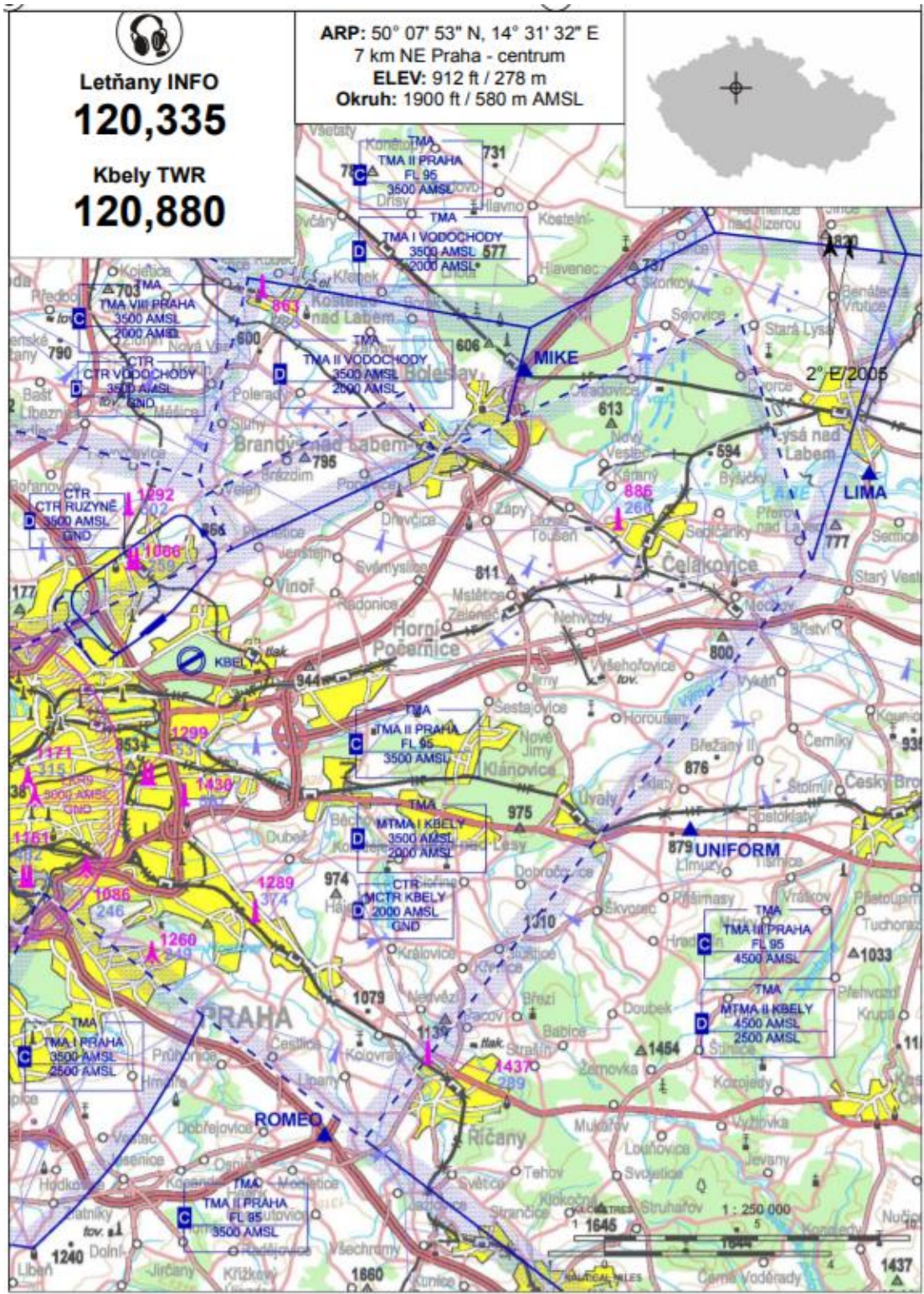
Kbely TWR
120,880

RWY	Magnetický směr	Rozměry RWY	Únosnost	TORA	TODA	ASDA	LDA
05L	046°	860 x 23	5700 kg / 0.4 MPa	1000	1030	1030	860
23R	226°	860 x 23	5700 kg / 0.4 MPa	860	1000	1000	860
05R	051°	800 x 25	5700 kg / 0.4 MPa	920	950	920	800
23L	231°	800 x 25	5700 kg / 0.4 MPa	800	920	800	800



(23)

Obrázek 30 – Mapa letiště Letňany



(23)

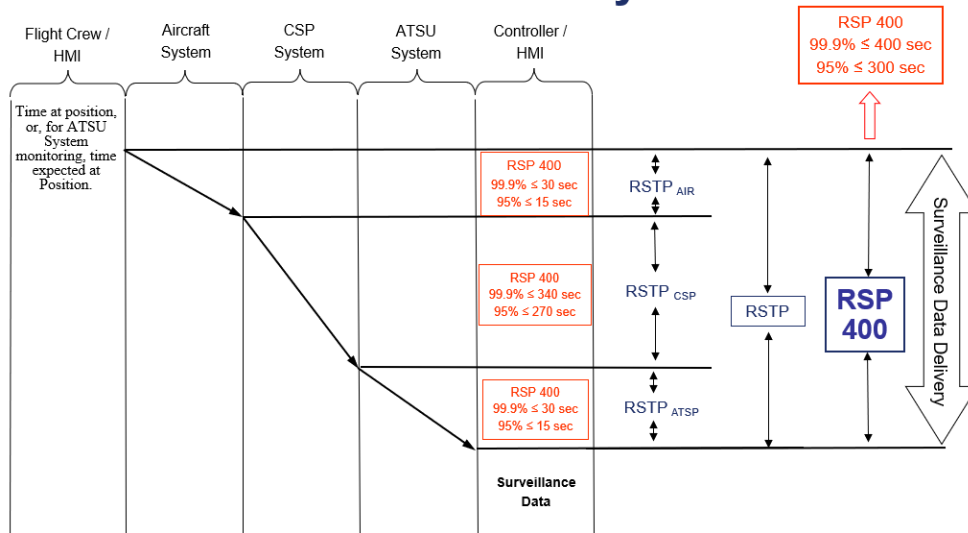
Obrázek 31 – VFR mapa letiště Letňany



(23)

Obrázek 33 – Vstupní a výstupní body na LKL

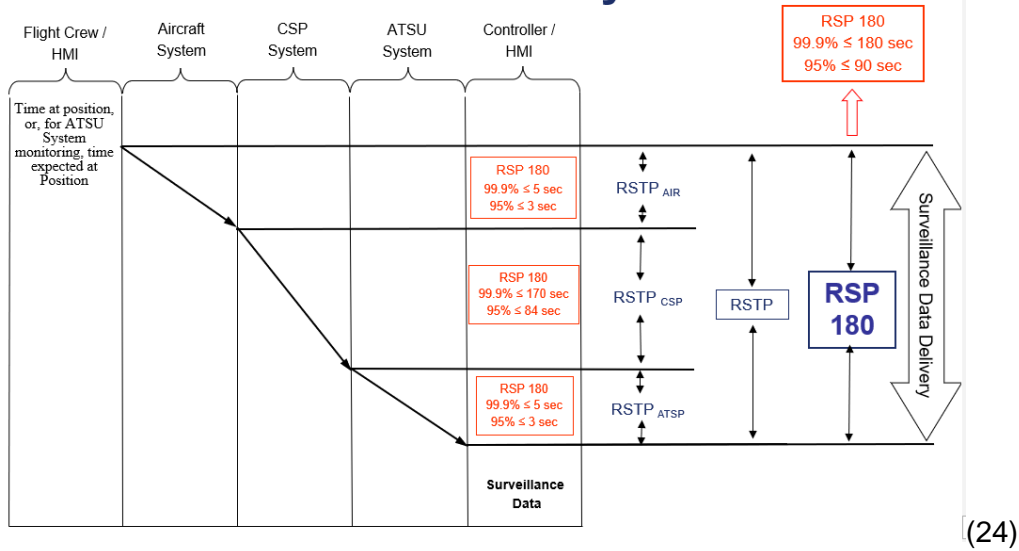
RSP 400 – time / continuity



(24)

Obrázek 35 – Technická specifikace RSP 400

RSP 180 – time / continuity



Obrázek 36 – Technická specifikace RSP 180

RCP – RSP parameter	RCP 400	RCP 240	RSP 400	RSP 180
Communication transaction time (seconds)				
ET for communication transaction time	400	240		
TT for communication transaction time	350	210		
Surveillance data transit time (seconds)				
OD for surveillance data report			400	180
DT for surveillance data report			300	90
Availability = 0.999				
Unplanned outage duration limit (minutes)	20 min	10 min	20 min	10 min
Integrity				
Time accuracy requirement, per SVG M (proposed GOLD change)			+/- 30 sec UTC	+/- 1 sec UTC

(24)

Obrázek 37 – Porovnání technických specifikací RCP a RSP