

Správa spektra v civilním letectví

Řízení letového provozu ČR, s. p.

Ing. Martin Lehký

18. 10. 2022

Obsah

- Využití vzdušného prostoru
- Komunikační, navigační a přehledové systémy
- Bezpilotní systémy
- Interoperabilita leteckých systémů
- Vliv výstavby v okolí letišť
- Správa spektra v civilním letectví

Využití vzdušného prostoru



Druhy letového provozu

- Obecné lety GAT (General Air Traffic)
 - VFR (Visual Flight Rules) podle pravidel letu za viditelnosti
 - IFR (Instrument Flight Rules) podle pravidel letu podle přístrojů
- Operační lety OAT (Operational Air Traffic)
- Bezpilotní lety:



Vzdušný prostor je rozdělen horizontálně (FIR/sektory) a vertikálně (třídy ICAO/sektory) – VFR-ENR 1, AIP ENR 2

Využití vzdušného prostoru



Řízení a uspořádání letového provozu (ATM)

- Letové provozní služby (ATS)
 - řízení letového provozu (ATC) – ACC, APP, TWR
 - letová informační služba (FIS)
 - pohotovostní službu (ALRS)
 - letištní letová informační služba neřízeného letiště (AFIS)
- Služba uspořádání toku a kapacity letového provozu (ATFCM)
- Management vzdušného prostoru (ASM)

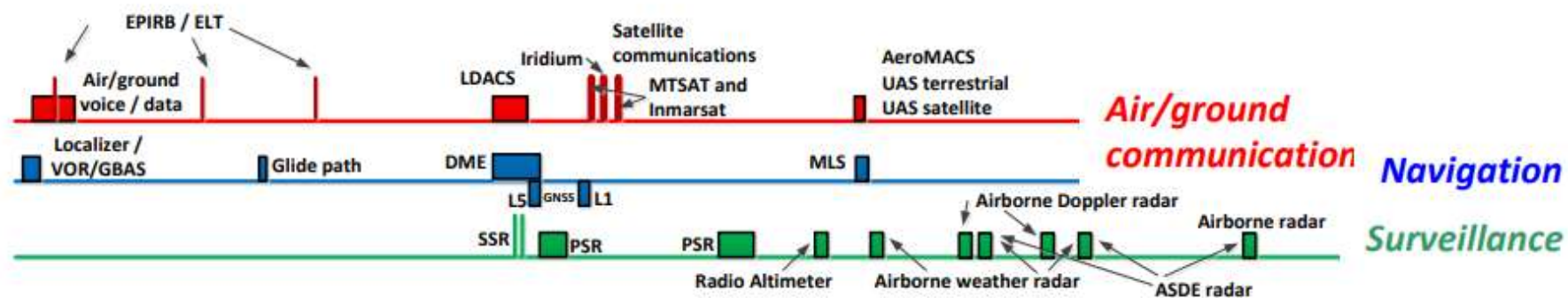
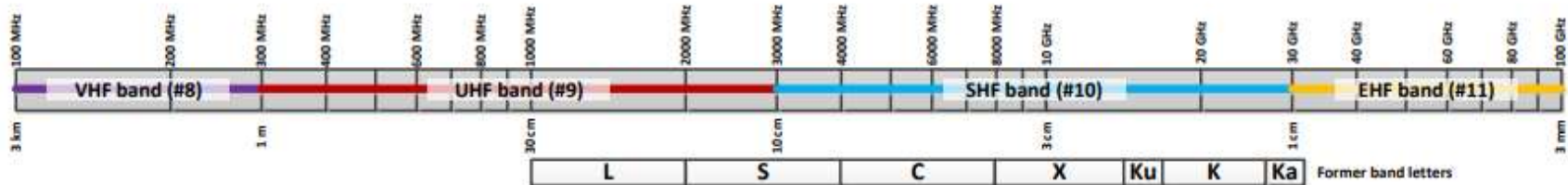
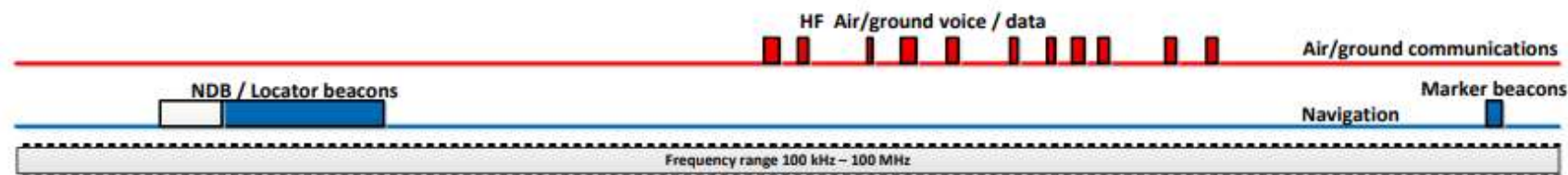
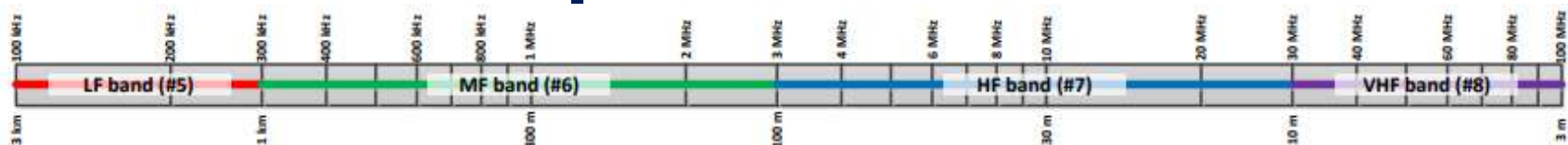
CNS systémy



L11, L 4444, AIP GEN 3.3

Kmitočtové spektrum

ITUWRC
DUBAI2023



Řízení letového provozu
České republiky

CNS systémy



Letecká radionavigace

- Služba dle RR ITU
 - letecká radionavigační ARNS
 - družicová letecká radionavigační ARNSS
- Rádiová stanice a soustava dle RR ITU (radionavigační, primární/sekundární radar, ILS, radiovýškoměr a další)
- SARPs v ICAO Annex 10/I (NAV) a ICAO Annex 10/IV (SUR)
- Radionavigační zařízení publikovaná v AIP
 - traťová (DME, VOR) v části ENR 4
 - letištní a přistávací v části AD 2.19 jednotlivých letišť



CNS systémy

Non-safety AMS
WRC-23, AI 1.10



Letecká radiokomunikace

- Služba dle RR ITU
 - letecká pohyblivá AMS (Route/Off-route)
 - družicová letecká pohyblivá AMSS (Route/Off-route)
- Rádiová stanice dle RR ITU (letecká, letadlová, letecká pozemská stanice družicové sl., stanice záchranného prostředku AMS)
- SARPs v ICAO Annex 10/III
- Kmitočty publikované v AIP
 - oblastní v části ENR 2.1
 - APP a TWR v AD 2.18 jednotlivých letišť



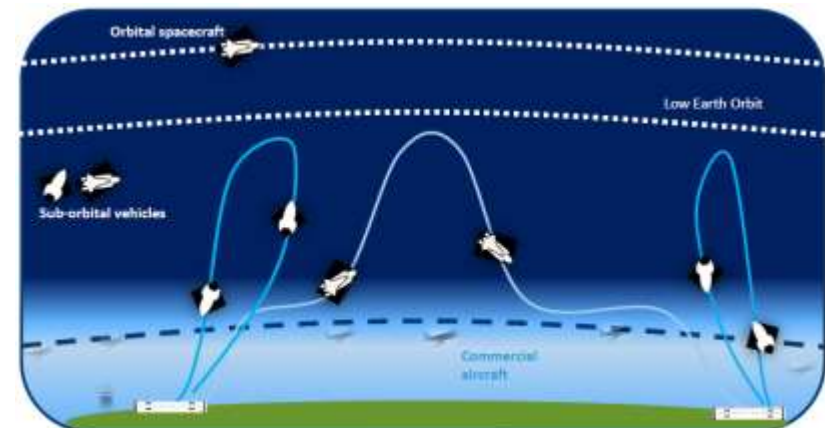
CNS systémy

WRC-23, AI 1.6

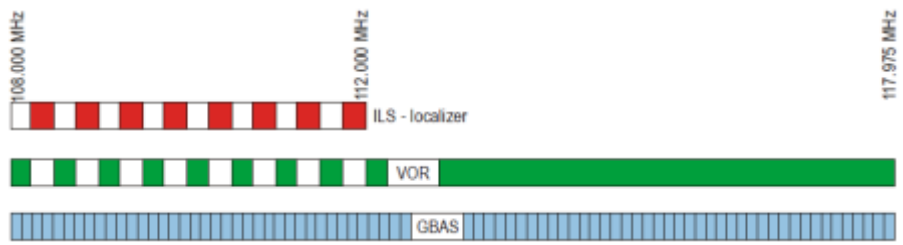


Radiokomunikace pro sub orbitální systémy

- Studie ITU-R, definice technických charakteristik, modifikace RR
- European Higher Airspace - ECHO Project
 - Super a hypersonická letadla (VKV 25 kHz)
 - HAPS, RPAS, MIL
 - CNS
 - Spaceports



CNS systémy








System	Frequency	Description	Image
NDB	255 – 526,5 kHz	Směr k NDB, identifikace, ADF (RMI), L (25 NM)	
AMS	2850 – 22000 kHz	Kanály 3 kHz SSB, SELCAL, HF DL Dodatek 27 RR	
Marker	75 MHz	MM, 1050 m od RWY, 1300 Hz, identifikace: tečka – čárka	
ILS/LOC	108 – 112 MHz	Kurzová rovina do 25 NM, identifikace, 40 kanálů (50 kHz)	
VOR	108 – 117,975 MHz	Azimut k majáku, identifikace, kanály 50 kHz, CVOR, DVOR	
GBAS	108 – 117,975 MHz	VKV vysílání korekcí GNSS signálu. TDMA, kanály 25 kHz, horizontální polarizace.	

WRC-23, AI 1.9

CNS systémy



Systém	Pásmo		
AM(R)S	117,975 – 137 MHz	AM DSB, 25 kHz / 8,33 kHz, offset, vertikální polarizace, ACARS, VDLm2	
ILS/GP	328,6 – 335,4 MHz	Sestupová rovina 3° do 10 NM, modulační frekvence 90 a 150 Hz	
AMS	230 – 400 MHz	MIL (NARFA), AM DSB, 25kHz EMG 243 MHz	
MSS	406 – 406,1 MHz	ELT, 5W, registr ELT vede ŘLP ČR (EPIRB, PLB) – Search and Rescue	
FLARM	868,2 – 868,4 MHz	<i>Pásmo SRD, 25 mW, 3 km</i> <i>PowerFLARM (ADS-B in), 10 km</i>	

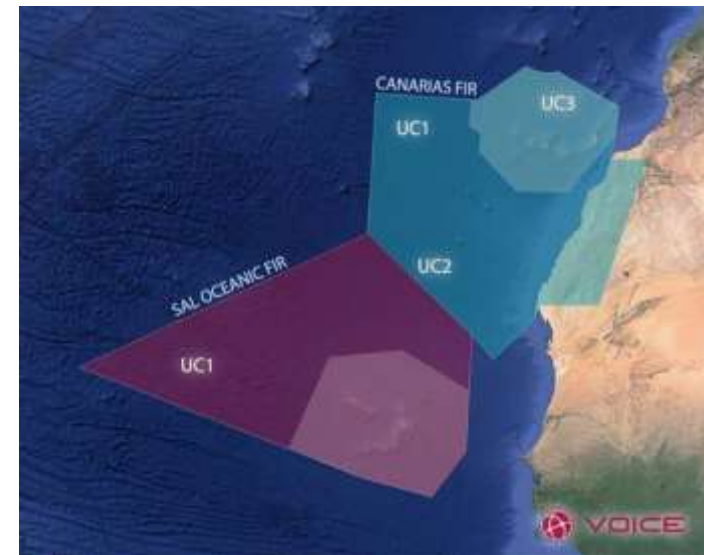
CNS systémy

WRC-23, AI 1.7



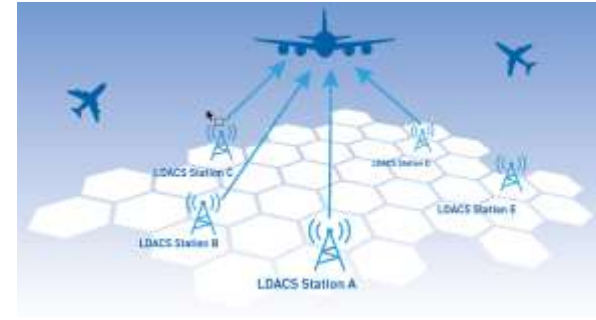
AMS(R)S v pásmu VKV

- Pásmo 117,975–137 MHz, nebo jeho část
- Studie ITU-R
- Bezpečnost
- Kapacita (separační minima)
- Projekt VOICE
 - 136,675 a 136,925 MHz
 - HAPS / LEO satelity
 - Hlas / VDL2 /ADS-B



CNS systémy

JTIDS/MIDS, TACAN, IFF



System	Frequency	Description
DME	960 – 1215 MHz	Šikmá vzdálenosti k pozemnímu DME, identifikace, kanály 1 MHz (X, Y)
LDACS	960 – 1164 MHz	Širokopásmová komunikace založená na OFDM, kanály 1 MHz, buňková PTMP topologie
UAT	978 MHz	Přenos ADS-B, pozemní stanice: TIS-B, FIS-B TDMA, zprávy délky 1 s, do 17999 ft AMSL
SSR	1030; 1090 MHz	Kooperativní přehledové systémy, módy A, C, S ADS-B (1090ES), MLAT, TCAS
GNSS	1 164 – 1300 MHz	L5/E5a 1176,45 MHz; E5b 1207,14 MHz (SoL) L2 1227,60 MHz; E6 1278,75 MHz

CNS systémy






Projekt IRIS



Systém	Pásmo	
PSR	1 300 – 1 350 MHz	Nekooperativní přehledové systémy, šikmá vzdálenost a azimut
GNSS	1 559 – 1 610 MHz	E2 1544 MHz SAR downlink L1/E1 1575,42 MHz SBAS EGNOS (LPV, SLS) EU 2018/1048 – PBN povinně od 6/2030
AMS(R)S	1545 – 1555 MHz 1610 – 1626,5 MHz 1646,5 – 1656,5 MHz	Inmarsat sestupný směr, pozn. 5.357A Iridium, pozn. 5.367 Inmarsat vzestupný směr, pozn. 5.357A
PSR	2700 – 2900 MHz	TAR LKPR, LKTB, LKMT
RA	4200 – 4400 MHz	přiblížení a přistání (aut./manuální), GPWS, TCAS AM(R)S (WAIC) pozn. 5.436



CNS systémy

System	Pásmo		
AMS(R)S	5000 – 5150 MHz	RPAS C2 spoje	
MLS	5030 – 5090 MHz	kurzové, sestupové vedení, data TDM, 200 kanálů	
AM(R)S	5091 – 5150 MHz	AeroMACS, 10 Mbps / 3 km Wimax standard IEEE 802.16e	
ARNS	5350 – 5470 MHz	<i>palubní meteoraradary</i> <i>radary mapování povrchu</i>	
ARNS	8750 – 8850 MHz	palubní dopplerovské radary, rychlost a úhel snosu	
RLS	9000 – 9200 MHz	SMR (ASDE) PAR	
RNS	9300 – 9500 MHz	palubní meteorologické radary AWR SMR (ASDE), PAR	 

Bezpilotní systémy



Aktuální vývoj

- Dálková identifikace – Prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/947
 - Registrační značka provozovatele, sériové číslo, aktuální poloha
 - Místní a síťová identifikace
 - 2024 – U-space a nově uvedené drony, kromě hraček a modelů
 - LTE/4G/5G (Mini Mode-S transponder, FLARM)
- Otevřená kategorie (vizuální dohled, do 25 kg, 120 m, vzdálenost od osob)
- Specifická (SORA) a certifikovaná kategorie
- C-UAS (aktivní radary, RF, optické systémy)
- Skyway (Altitude Angel & BT)



Bezpilotní systémy



WRC-23, AI 1.8

C2 spoje pro RPAS

- SARPs v L10/VI (platnost 2026)
- L10/V, hlava V (platnost 2026)
 - AMS(R)S: 1 610 – 1 626,5 MHz; 5 000 – 5 150 MHz;
MSS (pozn. 5.357A); FSS (rezoluce 155 ITU)
 - AM(R)S: 113,250 MHz a 136,925 MHz; 960 – 1 164 MHz;
5030 – 5091 MHz



Komerční systémy v pásmech s všeobecným oprávněním 2,4 a 5,8 GHz (433; 868; 915 MHz).

Interoperabilita leteckých systémů



Stávající koordinace

- 1030; 1090 MHz (pásmo L)
 - Zásady pro koordinace provozu na kmitočtech 1030/1090 MHz
 - EMIT (Eurocontrol)
- Radionavigace vs. rozhlasové FM vysílání; ČMI, Aerolab (ITU-R IS.1009-1)
- Rušení leteckých pásem prostředky hromadné dopravy (Bromma - apron)
- Letecké vs. komerční meteorologické radary v pásmu 9300 – 9500 MHz



Meteorologické radary v pásmu 5 GHz vs. RLAN/Wi-Fi ([DFS](#))

Interoperabilita leteckých systémů



Rušení GNSS

- Dopad:
 - palubní přijímače GPS / ABAS (RAIM, AAIM)
 - systémy ŘLP
- Evropský traťový provoz (38,5 % v oblastech vystavených rušení / 5 %)
- Bron 2015, Rouen 2016, Nantes 2017, Lyon 2019
- Harbin Taiping 2019, Wilmington 2021, Denver 2022
- Norsko a Finsko 2018, FIR Nicosia 2018, Východní Balt, Černé moře 2022
- Incidentsy v ČR
 - Holešov 4 letadla 3/2022 , Brno 3 letadla 9/2022



Interoperabilita leteckých systémů



Rušení GNSS



- Udávaný dosah rušiček je řádově v metrech
- Ve skutečnosti mohou mít vliv na nízko letící letadla
- Dopadová studie 2015 (systémy ŘLP, EC-135)
- Testovací instalace detektorů rušení LKPR, LKTB (GCE)
- EUROCONTROL Voluntary ATM Incident Reporting ([EVAIR](#))
- Plán zmírňování rizik RFI: ICAO DOC 9849 - Příručka GNSS, dodatek F
- Spoofing: Ženeva 2019, Tel Aviv 2019



AIM+ ADVANCED INTERFERENCE MITIGATION



OSNMA, CHIMERA / výrobci přijímačů (Septentrio AIM+)

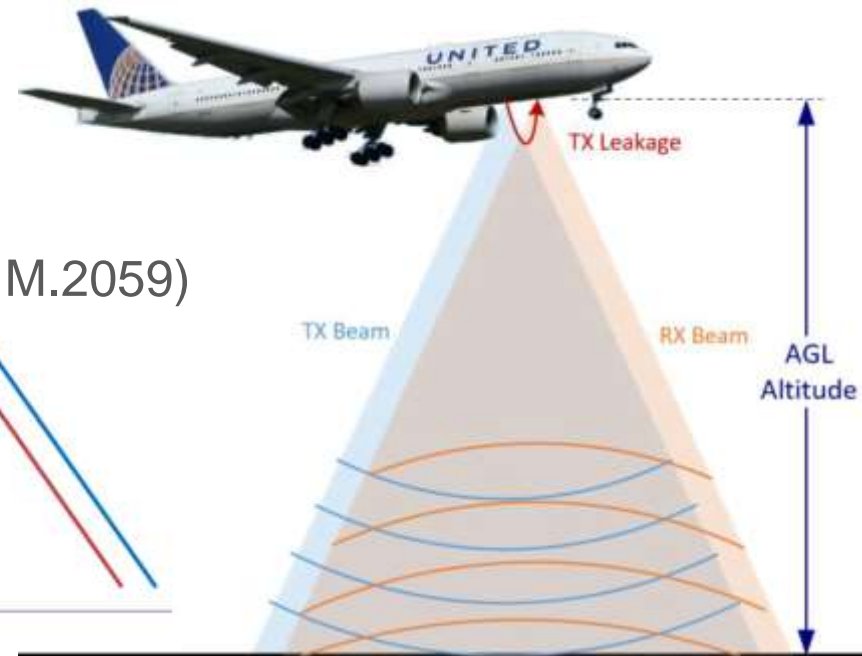
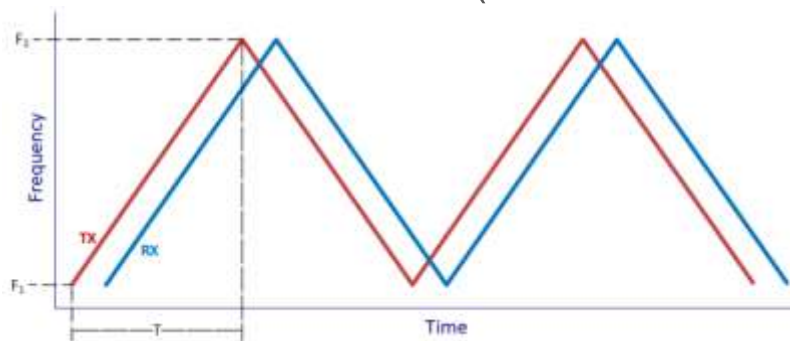
Interoperabilita leteckých systémů



RA vs. síť v pásmu C

- RA v pásmu 4200 – 4400 MHz (ITU-R M.2059)

- FMCW



- WAIC: Rezoluce 424 (WRC-15), ITU-R M.2197 ($P < 20$ dBm)
 - EUROCAE ED-260A, RTCA DO-378A / MASPS
 - SARPs budou obsahem ICAO Annex 10/V

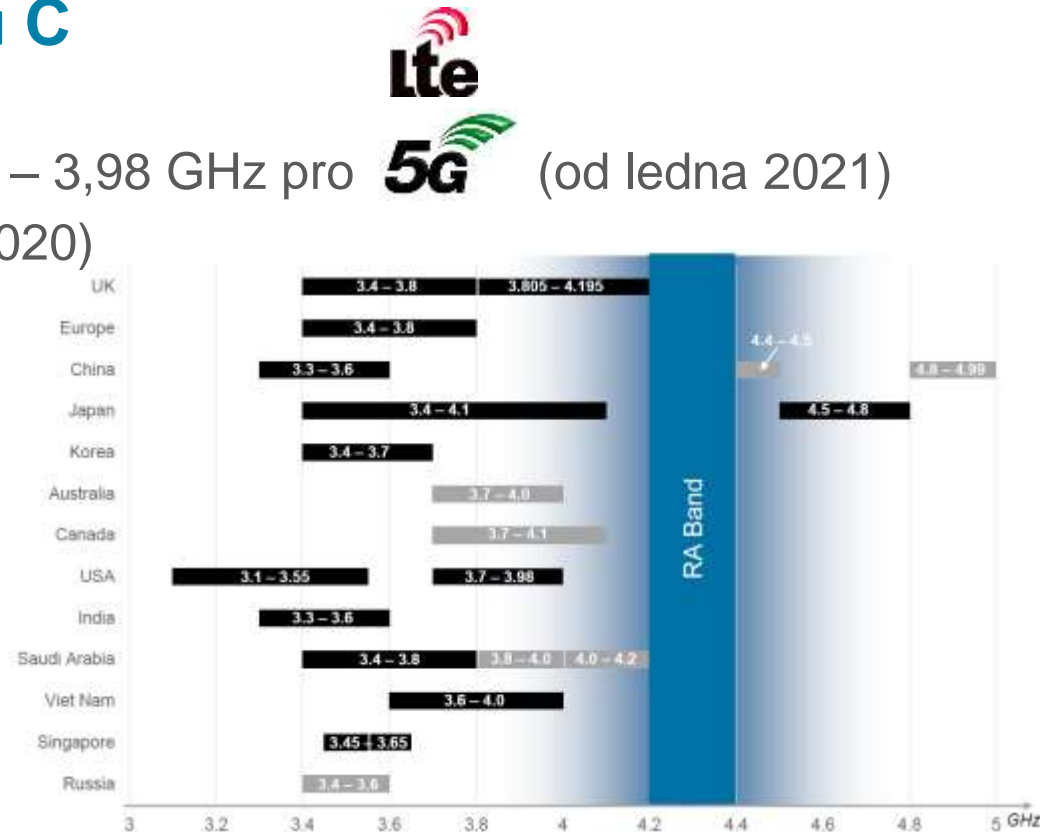
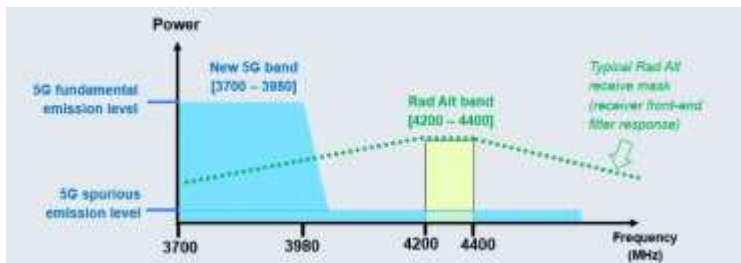


Interoperabilita leteckých systémů



RA vs. sítě v pásmu C

- FCC povolila využití pásma 3,7 – 3,98 GHz pro **5G** (od ledna 2021)
- Zpráva **RTCA SC-239** (z října 2020)
 - nežádoucí vyzařování BTS
 - silný signál z BTS
 - signál telefonu na palubě



Interoperabilita leteckých systémů



RA vs. sítě v pásmu C

- FAA AD 2021-23-12/13, NOTAM, AMOC
 - omezení pro nízkou viditelnost, dohoda s AT&T, Verizon
- ICAO State Letter (SP 74/1-21/22 z března 2021)
- Aerolinky instalují 5G C-band filtry
- Aktualizace MOPS RA (RTCA DO-155 a EUROCAE ED-30)
- CEPT, skupina PT1 (ECC Report – kompatibilita RA a MFCN)



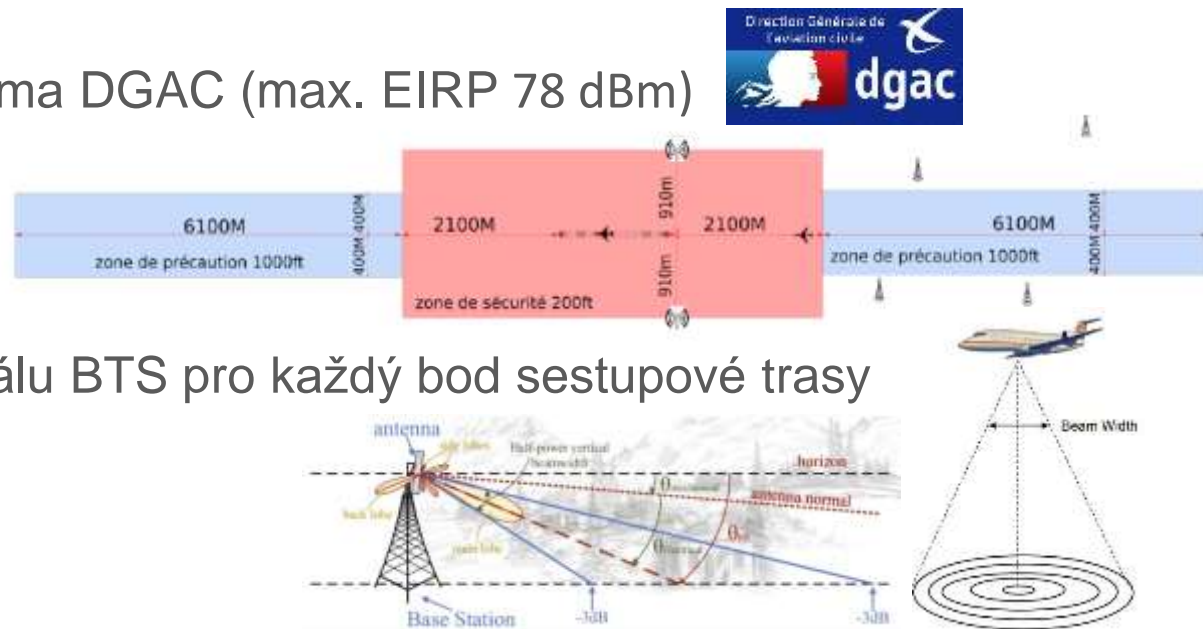
THRILLER

Interoperabilita leteckých systémů



RA vs. sítě v pásmu C

- Dočasná ochranná pásma DGAC (max. EIRP 78 dBm)
- LKPR
- ČTÚ + CETIN
 - Testování
 - Výpočet úrovně signálu BTS pro každý bod sestupové trasy

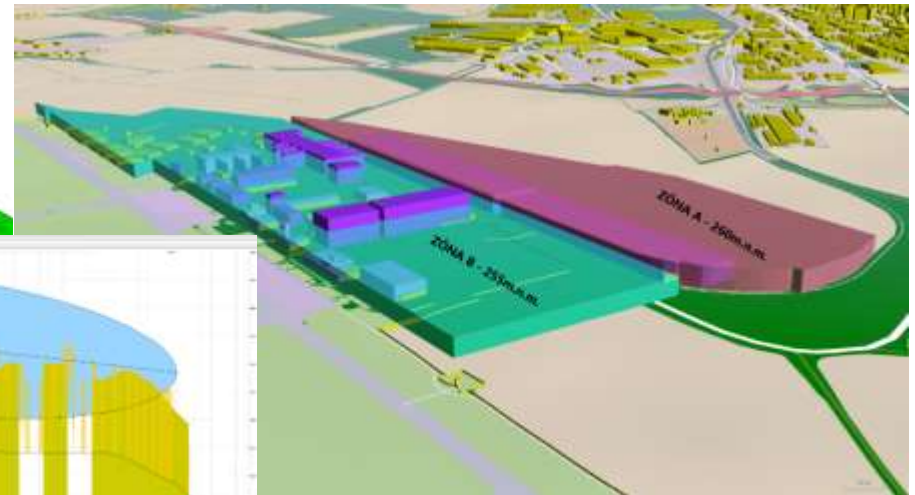
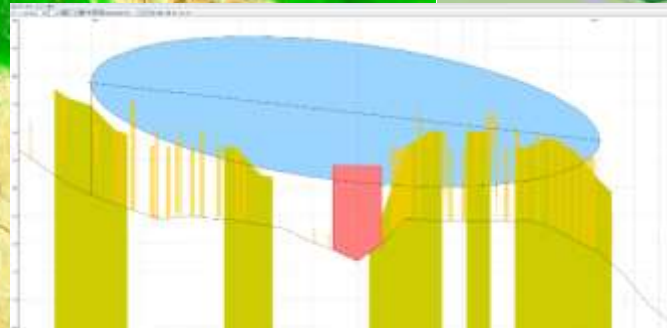
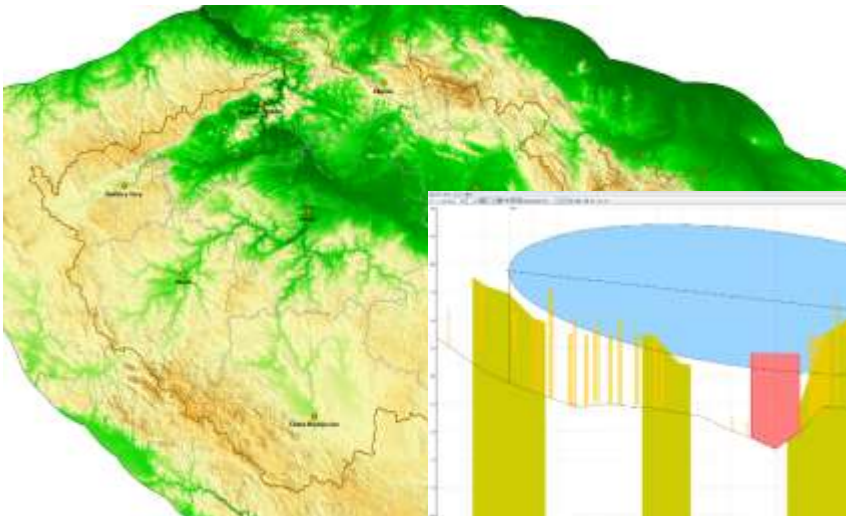


cca 80 hlášených incidentů B787/Honeywell RA z LHR/27L

Vliv výstavby v okolí letišť



- Rádiová viditelnost
- Odrazy (ILS/LLZ, PSR)
- Ochranná pásma leteckých zabezpečovacích zařízení L14/Hlava 11
- Radiolab:



Správa spektra civilního letectví



ICAO



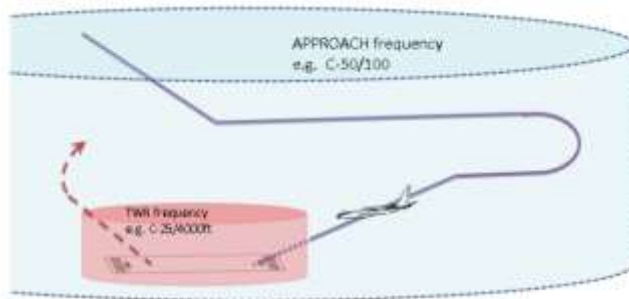
- Air Navigation Commission (ANC)
 - SARPs, PANS (Procedures for Air Navigation Services)
 - Frequency Spectrum Management Panel (FSMP)
- EUR/NAT / European Region Aviation System Planning Group (EASPG)
 - Frequency Management Group (FMG)
- Základní dokumenty
 - Příloha 10 Úmluvy o mezinárodním civilním letectví (Annex 10)
 - ICAO Doc 9718 Příručka požadavků na kmitočtové spektrum
 - EUR Příručka kmitočtového managementu (EUR Doc 011)

Správa spektra civilního letectví

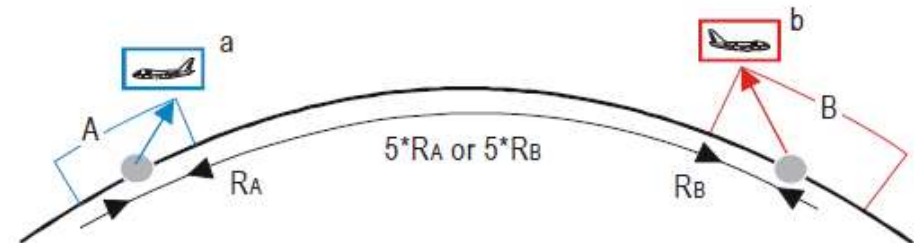
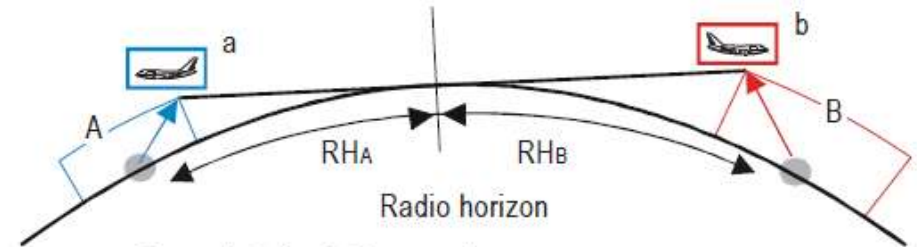


Principy koordinace

- Intenzita el. pole požadovaného signálu (SARPs ICAO)
- Intenzita el. pole nežádoucího signálu (ITU-R model šíření)
- Ochranný poměr D/U
- Separační vzdálenosti



118,975 – 137 MHz



Správa spektra civilního letectví



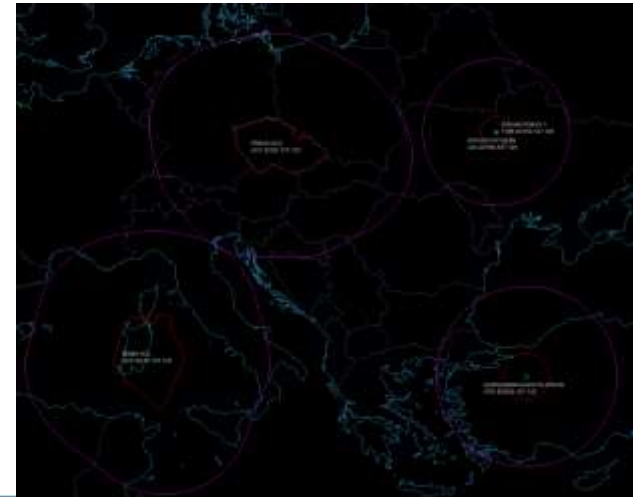
Mezinárodní koordinace



- Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu (Eurocontrol)
 - RFF (RAFT)
 - SAFIRE (COM2, COM3, COM4) příloha Doc 7754 EUR eANP, vol II
 - MANIF AFM
- MD/OCL
 - Osvědčení o mezinárodní koordinaci



Ministerstvo dopravy



Správa spektra civilního letectví



ČTÚ



- Individuální oprávnění
 - letadlové stanice pro celé pásmo
- Bezpečnostní služba – Safety of Life (1.59 RR)
 - AMS, ARNS
 - zvláštní opatření k zamezení nežádoucího rušení (4.10 RR)
- Odborná způsobilost k využívání rádiových kmitočtů AMS
 - RR Chapter VIII , Article 37

Děkuji za pozornost

lehky@ans.cz

