



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

*Daria Obieedkova*

**KONCEPT ZAVEDENÍ „SUPERSEKTORU”  
PRO CVSM PROSTOR**

Bakalářská práce

**ROK ODEVZDÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: 2021**



**K621** ..... Ústav letecké dopravy

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Daria Obieedkova**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LED – Letecká doprava**

Název tématu (česky): **Koncept zavedení "SuperSectoru" pro CVSM prostor**

Název tématu (anglicky): **Concept of Introducing "SuperSector" for CVSM Space**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je ohodnotit možnosti a přínosy většího využívání letových hladin FL 430 a výše.
- Důvody zavedení "SuperSectoru" pro CVSM prostor
- Ohodnocení možností využití z pohledu provozovatelů letecké dopravy
- Motivační politika ze strany ANS
- Analýza proveditelnosti



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: předpis L4444  
ICAO doc 7030  
BADA aircraft performance model

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2019**  
(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 bakalářské práce: **9. srpna 2021**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Daria Obiedkova  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 3. prosince 2020

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, jejichž rady mi byly nápomocny při tvorbě této bakalářské práce, zvláště pak pánům Ing. Stanislavu Pleningerovi, Ph.D., Stanislavu Schmidtovi a Ing. Otu Hajzlerovi za cenné rady a odborné vedení práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům, manželovi a všem blízkým, kteří mě podporovali nejenom při tvorbě této práce, ale po celou dobu mého studia.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto písemnou studii bakalářské práce vypracovala samostatně.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady a zdroje, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

Daria Obieedkova

V Praze dne 19.07.2021

podpis .....  


# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## KONCEPT ZAVEDENÍ „SUPERSEKTORU“ PRO CVSM PROSTOR

Bakalářská práce

Srpen 2021

Daria Obieedkova

### ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce Koncept zavedení „SuperSectoru“ pro CVSM prostor je ohodnotit možnosti a přínosy většího využívání letových hladin nad FL410 prostřednictvím motivační politiky ze strany ANS s cílem uvolnit RVSM prostor pro velká dopravní letadla a zároveň snížit zatížení řídicích pracovníků letového provozu.

### KLIČOVÁ SLOVA

Přeletové poplatky, letová hladina, letový plán, Flight Planning and Performance Manual, RVSM prostor, CVSM prostor.

**CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE**

**Faculty of Transportation Sciences**

**CONCEPT OF INTRODUCING “SUPERSECTOR”  
FOR CVSM SPACE**

**Bachelor thesis**

**August 2021**

**Daria Obieedkova**

**ABSTRACT**

The subject of the bachelor thesis Concept of introducing of "SuperSector" for CVSM space is to evaluate the possibilities and benefits of greater use of flight levels above FL 410 through an incentive policy by ANS to relieve RVSM space for transport aircraft and reduce workload of air traffic controllers.

**KEY WORDS**

Route charges, flight level, flight plan, Flight Planning and Performance Manual, RVSM space, CVSM space.

# Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Seznam použitých zkratk.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Analýza současného stavu.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Rozdělení vzdušného prostoru .....</b>	<b>9</b>
3.1.1. Rozdělení vzdušného prostoru z hlediska létání.....	9
3.1.2. Rozdělení vzdušného prostoru podle typologie .....	10
3.1.3. Rozdělení vzdušného prostoru podle ICAO .....	15
3.1.4. Horizontální rozdělení .....	20
3.1.5. Rozdělení vzhledem k turbulenci v úplavu .....	22
3.1.6. Sektorizace vzdušného prostoru .....	22
<b>3.2. Letové provozní služby – Air Traffic Services (ATS).....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. Mezinárodní standardní atmosféra .....</b>	<b>27</b>
3.3.1. Měření mezinárodní standardní atmosféry .....	28
3.3.2. Vliv atmosféry na letadlo při letech ve vysokých nadmořských výškách .....	29
<b>3.4. Ekonomika letu .....</b>	<b>30</b>
3.4.1. Cost Index .....	30
3.4.2. Vzletová hmotnost letadla .....	34
3.4.3. Letová hladina .....	34
<b>4. Metodika .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Projekt SuperSector .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2. Výhody využití SuperSectoru .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3. Realizace projektu SuperSector .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4. Přeletové poplatky .....</b>	<b>42</b>
<b>4.5. Práce s letovými plány .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6. Práce s Flight Planning and Performance manual .....</b>	<b>46</b>

<b>5. Výsledky .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1. Výpočty přeletových poplatků pro konkrétní let letadel Bombardier Global Express a Cessna Citation Sovereign+ .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2. Práce s OFP: výpočty pro letadlo Bombardier Global Express .....</b>	<b>49</b>
<b>5.3. Práce s Flight Planning and Performance Manual: výpočty pro letadlo Citation Sovereign+.....</b>	<b>56</b>
<b>6. Diskuze .....</b>	<b>65</b>
<b>7. Závěr .....</b>	<b>67</b>
<b>8. Použité zdroje .....</b>	<b>68</b>
<b>9. Seznam obrázků .....</b>	<b>74</b>
<b>10. Seznam tabulek .....</b>	<b>75</b>
<b>11. Seznam příloh .....</b>	<b>76</b>



# 1. Seznam použitých zkratek

<b>Zkratka</b>	<b>Český význam</b>	<b>Anglický význam</b>
ACC	Oblastní středisko řízení nebo oblastní služba řízení	Area control centre or Area control
ADIZ	Identifikační pásmo protivzdušné obrany	Air defence identification zone
AFIS	Letištní letová informační služba	Aerodrome flight information service
AFM	Letová příručka	Aircraft flight manual
AGL	Výška nad zemí	Above ground level
AIP	Letecká informační příručka	Aeronautical information publication
ALRS	Pohotovostní služba	Alerting service
ANS	Řízení letového provozu	Air navigation services
APP	Přibližovací stanoviště řízení nebo přibližovací služba řízení	Approach control office or Approach control
ATC	Řízení letového provozu	Air traffic control
ATCO	Řídící letového provozu	Air traffic control officer
ATM	Uspořádání letového provozu	Air traffic management
ATS	Letové provozní služby	Air traffic services
ATZ	Letištní provozní zóna	Aerodrome traffic zone
CI	Index nákladů	Cost index
CRCO		Central route charges office
ČR	Česká republika	The Czech Republic
CTA	Řízená oblast	Control area
CTR	Řízený okrsek	Control zone
CVSM	Nesnížené minimum vertikálního rozstupu	Conventional vertical separation minimum
DME	Měřič vzdálenosti	Distance measuring equipment
EASA	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví	European Union Aviation Safety Agency
EXC,EC		Executive controller
FAB CE	Středoevropský funkční blok vzdušného prostoru	Functional Airspace Block Central Europe
FIR	Letová informační oblast	Flight information region
FIS	Letová informační služba	Flight information service

FL	Letová hladina	Flight level
FPL	Letový plán	Flight plan
GA	Všeobecné letectví	General aviation
GLEX	Bombardier Global Express	The Bombardier Global Express
GNSS	Globální družicový polohový systém	Global Navigation Satellite System
GPS	Globální polohový systém	Global Positioning System
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IAS	Indikovaná vzdušná rychlost	Indicated air speed
IFR	Let podle přístrojů	Instrument flight rules
ILS	Přístrojový přistávací systém	Instrument landing system
ISA	Mezinárodní standardní atmosféra	International standard atmosphere
LB(s)	Libra (hmotnost)	Pound (mass)
MIN	Minuta	Minute
MTOW	Maximální vzletová hmotnost	Maximum takeoff weight
NM	Námořní míle	Nautical mile
OFP	Operační letový plán	Operational flight plan
PIB	Předletový informační bulletin	
PLC, PC		Planning controller
PSR	Primární přehledový radar	Primary surveillance radar
RPM	Otáčky za minutu	Revolutions per minute
ŘLP	Řízení letového provozu	
RVSM	Snížené minimum vertikálního rozstupu	Reduced vertical separation minimum
SSR	Sekundární přehledový radar	Secondary surveillance radar
TAS	Pravá vzdušná rychlost	True airspeed
TMA	Koncová řízená oblast	Terminal maneuvering area
TOW	Vzletová hmotnost	Takeoff weight
TRA	Dočasně rezervovaný prostor	Temporary reserved area
TSA	Dočasně vyhrazený prostor	Temporary segregated area
TWR	Letištní řídicí věž	Aerodrome control tower
ÚCL	Úřad pro civilní letectví	
UIR	Horní letová informační oblast	Upper information region
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti	Visual flight rules
VMC	Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti	Visual meteorological conditions
VOR	Všesměrový radiomaják	VHF Omnidirectional Radio Range

## 2. Úvod

Není žádným tajemstvím, že letectví lze popsat několika klíčovými charakteristikami, jako jsou sledování bezpečnosti, stálý rozvoj a trvalý růst letecké dopravy. Na zajištění bezpečnosti letového provozu pracuje poměrně velké množství lidí, a to nejenom na letišti. Patří mezi ně třeba i inženýři, kteří stále vymýšlejí nová řešení pro zvýšení bezpečnosti. Všichni pracovníci leteckého odvětví podstupují bezpečnostní školení, a dokonce i na naší univerzitě mnohé studenty vybírají do projektů, jako jsou Bezpečnost v letecké dopravě, Lidský faktor v letectví, jež se orientují právě na zvýšení bezpečnosti. Co se týče rozvoje, myslím si, že zde vědci dosahují úspěchů, modernizují se letadla, zvyšuje se odborná úroveň technické obsluhy a zkvalitňuje se letištní vybavení. Problém, se kterým se však potýkáme, je dlouhodobý růst letectví. Čím více se rozvíjí svět, ekonomika a medicína, tím déle lidé žijí, populace roste, lidé více cestují, více kupují zboží, a proto více potřebují letadla. Pomocí letecké dopravy můžeme cestovat, přepravovat zboží, zásilky a jiné náklady. Ale letadel je už nyní tolik, že například pro řídicí pracovníky letového provozu představují velké pracovní zatížení. Vzdušný prostor je využit maximálně, a proto je nutné se zamýšlet na tím, jak bychom ho mohli zvětšit, případně uspořádat.

Jedno z řešení už bylo přijato ve druhé polovině 90. let. K dříve existujícímu CVSM prostoru bylo implementováno snížení minima vertikálního rozstupu (RVSM) z 2 000 stop na 1 000 stop mezi letovými hladinami FL290 a FL410. Před tímto rozdělením vertikální vzdáleností mezi letovými hladinami bylo 1 000 stop do FL290 a 2 000 stop nad FL290. Když toto pravidlo rozdělení bylo implementováno, bylo v provozu pouze několik proudových letadel (B-707, DC-8, Comet) schopných létat nad FL290. Navigační zařízení a výškoměry nebyly v té době příliš spolehlivé.

K řešení problému nedostatku vzdušného prostoru mě přivedl hovor s řídicími letového provozu. Říkali, že každý den pozorují velké množství „business jetů“, které létají v celkem nízkých hladinách, ale technicky jsou schopné využívat mnohem vyšší letové hladiny. Pokud by takovouto možnost letouny typu bussines jet využily, uvolnily by místo pro letadla typu Boeing a Airbus, snížily by pracovní zátěž řídicích letového provozu, dokonce i jejich pilotům, posádkám a cestujícím, což by mělo za následek bezpečnější a pohodlnější lety. Proto se ukázalo jako nutné zjistit, v čem se skrývá příčina toho, že ne všechna letadla chtějí vyšší letové hladiny využívat. A jako motivace pro letecké společnosti, aby využily letové hladiny v CVSM prostoru nad FL410, nás napadlo nabídnout zvýhodnění přeletových poplatků, konkrétně při přeletu nad Českou republikou, Slovenskem, Rakouskem, Maďarskem,

Slovinskem, Chorvatskem a Bosnou a Hercegovinou (FAB CE). Koncept byl pojmenován SuperSector a tento název pochází z projektu Sectorless, který se také snaží optimalizovat vzdušný prostor a zatížení ATC, a to po celou dobu letu. Jeden ŘLP by měl vést letadlo kompletně od začátku až do konce letu. V projektu SuperSector sektorizace neexistuje pouze nad FAB CE a nad FL410. Kromě toho by implementace koncepce SuperSectoru měla mít pravděpodobně nějaké dopady na životní prostředí, jako je snížení hluku a emisí.

Cílem této studie je zhodnotit možnosti a přínosy většího využívání letových hladin nad FL 410 a posoudit možnosti implementace projektu SuperSector nad Středoevropským funkčním blokem. Průzkum je proveden na základě porovnání letových plánů, analýzy Flight Planning and Performance Manual a další letové dokumentace.

- Ve třetí kapitole je popsán současný stav řízení vzdušného prostoru, jeho rozdělení z hlediska létání, typologie, podle ICAO, vertikální a horizontální separace a separace z důvodu turbulencí v úplavu. Dále je rozebrán vliv Mezinárodní standardní atmosféry na letadlo a jeho výkonnost. Na konci kapitoly je vysvětleno, co ovlivní ekonomiku letu.
- Čtvrtá kapitola blíže popisuje koncept SuperSectoru. Ukazuje, jak by projekt v souladu s návrhem měl fungovat a jaké výhody by přinesl pro letecké společnosti, posádky, cestující, řídicí letového provozu a pro životní prostředí. Dále je uvedeno a rozebráno na příkladech, jak se v současné době počítají a vybírají přeletové poplatky. V podkapitole 4.5. je provedeno porovnání dvou letových plánů pro letadlo Bombardier Global Express se stejnými podmínkami, ale rozdílnou letovou výškou (FL390 oproti FL430 a následovně FL470). Podkapitola 4.6. popisuje Flight Planning and Performance Manual, na co se používají takové příručky, co z nich můžeme vyčíst, jak s nimi pracovat. Na základě tohoto manuálu byla pro letadlo Cessna Citation Sovereign provedena analýza ekonomiky letu a hledání optimální hladiny jak z pohledu spotřeby paliva, tak i z časového pohledu.

### **3. Analýza současného stavu**

Z rozhovoru s řídicími letového provozu bylo zjištěno, že každý den na obrazovkách počítačů situačního zobrazení pozorují velké množství letadel, která jsou technicky schopná letět ve vyšších hladinách, ale tuto možnost nevyužívají, tím pádem vyblokuje kapacitu RVSM prostoru pro velká dopravní letadla typu Boeing a Airbus a kromě toho zvyšují zatížení řídicích letového provozu. Proto bylo rozhodnuto najít vhodné řešení, ale především odhalit příčinu této situace, tedy proč letadla létají tak, jak to vidí řídicí letového provozu na svých monitorech. Nápadem k řešení problému se stala motivační politika ze strany ANS v podobě přeletových poplatků prostřednictvím jejich zlevnění nebo úplného osvobození jako kompenzaci za využití vyšších hladin a tím uvolnění kapacitního místa pro letadla, která nemůžou do hladin nad FL410 stoupat. Z těchto letadel ve výsledku ANS dostane i více financí na přeletových poplatcích, než když toto místo v tomto prostoru využívá letadlo malé.

#### **3.1. Rozdělení vzdušného prostoru**

Tento odstavec ilustruje rozdělení vzdušného prostoru z hlediska létání (řízený a neřízený vzdušný prostor), z hlediska typologie (FIR, UIR, ATZ, ADIZ, CTR, CTA, TMA, TRA, TRA GA, TSA, Restricted Area, Prohibited Area nebo No-fly zone, Dangerous Area), rozdělení podle ICAO (třídy A až G), rozdíl mezi RVSM a CVSM prostorem, horizontální separace a separace z důvodu turbulencí v úplavu.

##### **3.1.1. Rozdělení vzdušného prostoru z hlediska létání**

V počátcích létání bylo letadel málo a jejich vybavení umožňovalo pouze lety za dobré viditelnosti (VFR). I na největších letištích byla hustota provozu nízká a s ní také nízké nebezpečí srážek. Letadla létala pouze mimo oblačnost a za dostatečné viditelnosti, proto byli piloti schopni včas vidět terén i ostatní letadla a vyhnout se srážce. Veškerý vzdušný prostor byl neřízený.

Pokrok v oblasti leteckých přístrojů umožnil lety v oblačnosti a za ztížených povětrnostních podmínek. V mraku pilot pochopitelně nemůže vidět ostatní letadla a vyhnout se jim. Proto bylo zřízeno ŘLP, aby zajišťovalo rozestupy mezi letadly. Byl vytvořen systém letových cest mezi radionavigačními majáky a kolem těchto cest vznikl řízený vzdušný prostor pro oddělení

řízeného a neřízeného provozu. S růstem hustoty provozu a se zaváděním systémů pro přiblížení na přistání podle přístrojů bylo nutné zřídit řízené prostory také kolem letišť.

S dalším rozvojem letectví a růstem hustoty letového provozu bylo potřeba stále složitější rozdělení vzdušného prostoru pro uspokojení všech jeho uživatelů a zachování bezpečnosti. V dnešní době je většinou vzdušný prostor rozdělen do několika vrstev, kdy nejnižší z nich je neřízená a s rostoucí výškou následují vrstvy trvale řízené. To vyplývá z toho, že pomalá a špatně vybavená sportovní letadla většinou létají nízko, naopak dopravní letadla využívají vysoké hladiny. Navíc jsou ustanoveny další prostory kolem letišť, některých objektů na zemi, prostory pro potřeby vojenských letů atd. Každá vrstva nebo prostor patří do určité třídy, jež určuje základní pravidla létání v nich a požadavky na letadla.

### **3.1.2. Rozdělení vzdušného prostoru podle typologie**

Vzdušný prostor je rozdělen podle typologie na takové oblasti, které slouží v určitém rozsahu. Tyto „typy vzdušného prostoru“ mohou být následující:

- letová informační oblast (FIR/UIR)
- letištní provozní zóna (ATZ)
- identifikační pásmo protivzdušné obrany (ADIZ)
- řízený okresek (CTR)
- řízená oblast (CTA)
- koncová řízená oblast (TMA)
- dočasně rezervovaný vzdušný prostor (TRA)
- dočasně rezervovaný vzdušný prostor pro GA (TRA GA)
- dočasně vyhrazený vzdušný prostor (TSA)
- omezený vzdušný prostor (Restricted Area)
- zakázaný vzdušný prostor (Prohibited Area nebo No-fly zone)
- nebezpečný vzdušný prostor (Dangerous Area)

#### **FIR a UIR**

Celý vzdušný prostor po celém světě je rozdělen na letové informační oblasti (FIR). Každý FIR je řízen řídicím orgánem, který zodpovídá za zajištění poskytovaných letových provozních služeb letadlům, která v nich létají [1]. V ČR zahrnuje FIR Praha a s tím veškerý český vzdušný

prostor. FIR nese ve vzdušném prostoru informační (FIS) a pohotovostní (ALRS) účely, které zasílají doporučující informace za účelem bezpečnosti a také poskytují pohotovostní služby, jako je pátrání a záchrana [2].

FIR se liší velikostí. Menší země mohou mít ve vzdušném prostoru nad sebou jeden FIR, zatímco větší země jich mohou mít několik. Vzdušný prostor nad oceánem se obvykle dělí na dva nebo více FIR a je delegován na kontrolní orgány v zemích, se kterými hraničí. V některých případech jsou FIR rozděleny svisle na spodní a horní část. Spodní část se nadále označuje jako FIR, ale horní část se označuje jako horní informační oblast (neboli UIR). V České republice UIR na rozdíl od Německa, Ruska a Francie neexistuje [3], [4].

Vzdušný prostor v rámci FIR (a UIR) je obvykle rozdělen na části, které se liší funkcí, velikostí a klasifikací. Klasifikace určují pravidla pro létání ve vzdušném prostoru a pro to, zda je „řízený“, nebo „neřízený“. Letadla letící v řízeném vzdušném prostoru se musí řídit pokyny řídicích letového provozu ale ne vždycky. Třeba lety VFR v prostoru třídy E se nemusí řídit vůbec nikým, protože se ATS pro lety VFR neposkytují. Letadla letící v neřízeném vzdušném prostoru mohou v případě potřeby zadat poskytování informační a pohotovostní služby.

## ATZ

ATZ je letištní provozní zóna, která je určena k ochraně letištního provozu, tj. provozu na manévrovacím prostoru a provozu v bezprostřední blízkosti letiště. Neexistují žádné celosvětově přijímané definice velikosti ATZ, pokud jde o boční nebo vertikální limity. Co se týče České republiky, tak podle předpisu L2, ATZ prostor je definován takto: „Letištní provozní zóna je zřízena na letištích, kde není poskytována služba řízení letového provozu. Je vymezena horizontálně kružnicí (nebo její částí) o poloměru 3 NM (5,5 km) od vztažného bodu letiště a vertikálně zemským povrchem a nadmořskou výškou 4 000 ft (1200 m), pokud ÚCL nestanoví jinak. Zasahuje-li vertikálně nebo horizontálně do takto vymezeného prostoru řízený vzdušný prostor třídy C nebo D, nebo v AUP plánovaný prostor TRA/TSA, nebo jiný dočasně vyhrazený vzdušný prostor, který byl zveřejněn formou AIP SUP nebo NOTAM, nebo zakázaný prostor, tvoří hranice ATZ hranice těchto prostorů“ [5].

Obecně se ATZ považuje za „maloobjemový“ vzdušný prostor, obvykle válec, který se rozprostírá od povrchu až k několika tisícům stop s poloměrem několika mil. Středem ATZ může být letištní referenční bod (ARP), střed (nejdelší) dráhy nebo jiný vhodný bod [5].

## ADIZ

ADIZ – identifikační pásmo protivzdušné obrany lze vysvětlit jako zónu, která poskytuje systém včasného varování a pomáhá detekovat možné nájezdy do jejího svrchovaného vzdušného prostoru. Táhne se za hranici národního vzdušného prostoru země. Když letadlo vstoupí bez varování do ADIZ, může dotyčná země vyslat stíhačky, aby letadlo vizuálně identifikovaly a určily, zda představuje hrozbu. Nachází se hlavně v zemích jako USA, Rusko, Japonsko, Jižní Korea a další [6].

## CTR

Řízený okrsek se zkratkou CTR je řízený vzdušný prostor obvykle kolem letiště, který sahá od zemského povrchu po stanovenou horní hranici vytyčenou k ochraně letového provozu provozovaného na daném letišti (Obrázek 1). Tento vzdušný prostor je obvykle řízen stanovištěm TWR. Přesné hranice řízeného okrsku jsou uvedené v AIP příslušného státu [7].



Obrázek 1. Zobrazení zóny CTR [43].

## CTA

Řízená oblast CTA je řízený vzdušný prostor, který obvykle existuje v blízkosti letiště, kdy sahá od nižší úrovně po specifikovanou horní úroveň. Spodní úroveň nesmí být země. Obvykle se nachází nahoře a poskytuje ochranu vzletajícím letadlům z letiště. CTA může být tvořena propojením leteckých tras nebo oblastním řízením, pro které byly definovány konkrétní trasy ATS pro účely plánování letů a které zajišťují organizaci uspořádaného toku provozu [7].

## TMA

TMA je definována jako koncová řízená oblast, která slouží k ochraně přibližujících a odlétajících letadla. V České republice je tento pojem určen nadmořskou výškou nebo letovou hladinou. Na jednom letišti lze použít více TMA s různými horizontálními a vertikálními hranicemi, aby bylo možné zcela pokrýt všechny příchozí a odchozí trasy. Například u Letiště Václava Havla



je horizontální hranice 50 NM od letiště. Obecně lze tento termín ilustrovat jako oblast, kde se poskytují přibližovací služby řízení [8].

## TRA

TRA je dočasně rezervovaný prostor, který lze vysvětlit jako součást vzdušného prostoru vymezeného pro specifické potřeby. Většinou se používá pro vojenské účely, soutěžní a jiné. Vertikální a horizontální hranice se v této sféře liší v závislosti od charakteru a velikosti probíhající akce. Letadla, která chtějí letět do TRA během provozních procesů, by měly získat povolení od ATS. To zajišťuje stanoviště ATS, ze kterého do aktivního TRA bude letadlo vstupovat. V ČR je označován jako LKTRA + série alfanumerických znaků [8], [9].

## TRA GA

Podle příručky VFR (2020) je TRA GA specifický vzdušný prostor v prostředí vzdušných prostorů řízených třídou D nebo C, určených pro provoz GA. Je tak stanoveno k usnadnění konkrétních letů GA, které mají být prováděny z neřízených letišť v řízených prostorech a řízených oblastech s co nejmenším dopadem omezujících požadavků vyplývajících z klasifikace vzdušného prostoru ATS [9].

## TSA

TSA je dočasně vyhrazený prostor. Provoz v rámci TSA vyžaduje rezervaci vzdušného prostoru pro použití určenými provozovateli a po stanovené časové období. Prostor je vyhrazen určité složce. Tudíž je využíván touto složkou v plném rozsahu a mimo „účastníky“ v době aktivace tam nikdo nesmí. Obvykle je to kolem střelnic jak leteckých, tak i pozemních, a mimo to i prostory pro vzdušné boje a tak dále. ATC nesmí povolit let do TSA s výjimkou, kdy je tento let součástí operace skupiny uživatelů, kterým byla přidělena TSA nebo jež splňuje podmínky stanovené touto skupinou uživatelů. V ČR je označován jako LKTSA + série alfanumerických znaků [8], [9].

## Zakázaný prostor

Zakázaný prostor je považován za součást vzdušného prostoru k zajištění objektů na zemi. V České republice tento termín koreluje s LKP + pořadové číslo. Zakázané oblasti jsou založeny hlavně na místech, která nesou účel strategického nebo významného objektu, jenž by se proto měl vyhnout jakékoli havárii letadla. Jako příklad zakázaných oblastí lze uvést

Pražský hrad, jaderné elektrárny Temelín a Dukovany, továrny plné výbušnin atd. Není povoleno letět nad těmito územími, ale je povoleno několik výjimek. Všechny objekty LKP jsou kontrolovány ÚCL ve srovnání s LKP1, který je kontrolován Ministerstvem obrany ČR. Do zakázaných prostorů mohou létat pouze hasičské, policejní vrtulníky, letadla pro účely pátrání a záchrany, letadla na záchranu lidského života, zasahující letadla PVO a NATO a lety prováděné dle SON (smlouva o otevřeném nebi) [9].

#### *Omezený prostor*

Tento termín může odkazovat na omezenou oblast. V České republice je označován písmeny LKR + pořadovým číslem. Jedním z hlavních omezených prostorů České republiky je LKR9 – Praha. Tento prostor je se středem na pražském hlavním nádraží a sahá do nadmořské výšky 5 000 stop. Hlavní účel je snížení hluku a bezpečnost pro lety, které tam nemůžou vstupovat (v případě nouze by spadlo to letadlo do města). Je ale omezený, takže některá letadla tam letět mohou, například všechny lety do a z Ruzyně, Vodochod, Kbel a Letňan a samozřejmě lety zvláštní povahy, jako jsou lety záchranné služby, hasičského sboru, lety policejních vrtulníků, protivzdušné obrany ČR atd. Do prostoru LKR9 je povolen vstup pro lety, vykonávající vzlet, odlet, přiblížení, a přilet na / z letištích LKPR, LKKB, LKVO, a LKLT, lety státních letadel, vícemotorové lety zvláštní povahy (SAR, HOSP, fotolety, letecké práce a podobné), neobsazené balony, lety státního dozoru ÚCL a kalibrační lety ŘLP. Další LKR prostory se nachází nad národními parky, ale ty jsou pouze do výše 1 000 stop AGL, mají chránit faunu a flóru před hlukem a znečištěním. Omezeným prostorem v době jeho aktivace je možné proletět po splnění podmínek pro výjimky a s povolením stanoviště ŘLP, které za daný prostor zodpovídá, pokud není stanoveno jinak v AIP [9].

#### *Nebezpečný prostor*

Tento termín je vysvětlen jako část vzdušného prostoru, která pomáhá letadlům vyhnout se nebezpečí, které by mohlo nastat. Dolní hranice je stanovena zemským povrchem. V České republice jsou nebezpečné oblasti označovány jako LKD + pořadové číslo. Příkladem nebezpečné oblasti v České republice je oblast, kde může plynovod emitovat plyn do atmosféry [9].

### 3.1.3. Rozdělení vzdušného prostoru podle ICAO

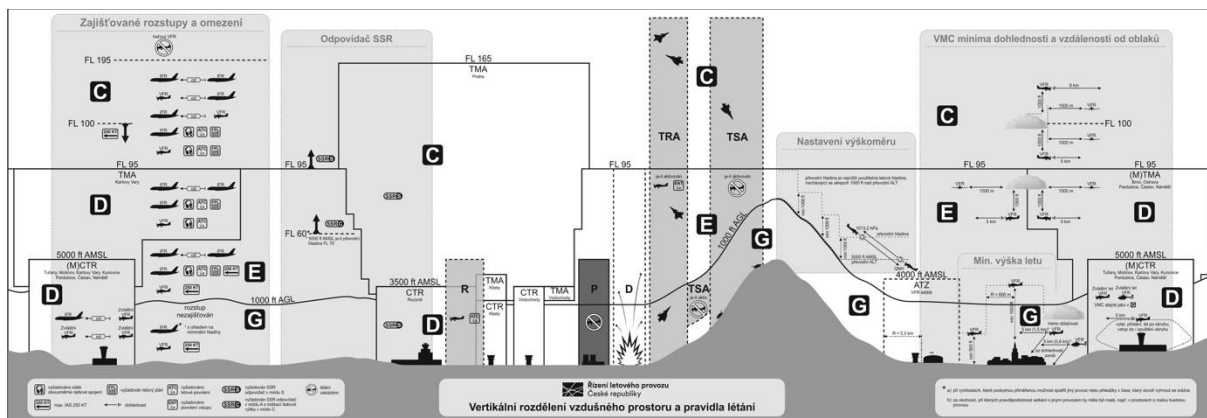
Mezinárodní organizace civilního letectví ICAO definovala celkem 7 tříd vzdušného prostoru označených písmeny A-G. Vzdušný prostor třídy A je nejvíce restriktivní, G pak nejméně. Třídy A až D jsou řízeným prostorem pro všechny lety, třída E pouze pro IFR lety a třídy F a G jsou prostory neřízenými. Níže se postupně podíváme na všechny [10].

- Třída A. Jsou povoleny pouze lety IFR, všechny lety jsou poskytovány službou řízení letového provozu a všem se zajišťuje rozstup.
- Třída B. Jsou povoleny lety IFR a VFR, všechny lety jsou poskytovány službou řízení letového provozu a všem se zajišťuje rozstup.
- Třída C. Jsou povoleny lety IFR a VFR, všechny lety jsou poskytovány službou řízení letového provozu a lety IFR jsou separovány od ostatních letů IFR a od letů VFR. Lety VFR jsou separovány od letů IFR a poskytují se informace o provozu o ostatních letech VFR.
- Třída D. Jsou povoleny lety IFR a VFR a všechny lety jsou poskytovány službou řízení letového provozu, lety IFR jsou separovány od ostatních letů IFR a poskytují se informace o provozu VFR, lety VFR poskytují se informace o všech ostatních letech.
- Třída E. Jsou povoleny lety IFR a VFR, letům IFR se poskytuje služba řízení letového provozu a zajišťují rozstupy od letů IFR. Všechny lety dostávají informace o provozu, pokud je to proveditelné. Třída E se nesmí používat pro kontrolní zóny.
- Třída F. Jsou povoleny lety IFR a VFR. Všechny lety obdrží letovou informační službu (na požádání).
- Třída G. Jsou povoleny lety IFR a VFR, které na požádání obdrží letovou informační službu [14].

#### 3.1.3.1. Rozdělení vzdušného prostoru podle ICAO v České republice

Úplné a aktuálně platné informace o rozdělení vzdušného prostoru každého státu lze nalézt v Letové informační příručce (AIP) daného státu v kapitole ENR 1.4. V případě České republiky

je to AIP ČR na webu Letecké informační služby ŘLP ČR, s.p. Podle příručky je vzdušný prostor České republiky rozdělen do čtyř klasifikačních tříd C, D, E a G ve vztahu k rozsahu ATS poskytovaného v jeho jednotlivých částech [11].



Obrázek 2. Rozdělení vzdušného prostoru podle ICAO tříd [9].

Vzdušný prostor ATS klasifikovaný jako C, D nebo E je řízený vzdušný prostor. Vzdušný prostor klasifikovaný jako G je neřízený vzdušný prostor, kde jsou všem letům poskytované pouze FIS a ALRS (viz Tabulka 1).

Tabulka 1. Požadavky k letům VFR podle ICAO.

Třída	Rozestupy poskytované VFR letům	Poskytování ATS	VMC minima letové dohlednosti a vzdálenosti od oblaků	Rychlostní omezení	Požadavek na rádiovou komunikaci	Podléhá povolení ATC
<b>C</b>	Od provozu IFR	Služba ATC pro zajištění rozstupu od letů IFR informace o VFR provozu	<p>≥ FL100: 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální distance od oblačnosti, letová dohlednost 8 km</p> <p>&lt; FL100: 1500 horizontální a 1000 ft vertikální, letová dohlednost 5 km</p>	250 KT IAS < FL100 (pouze lety VFR)	kontinuální obousměrný	Ano
<b>D</b>	není k dispozici	Provozní informace mezi lety VFR a IFR	<p>≥ FL 100: 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální distance od</p>	250 KT IAS < FL100	kontinuální obousměrný	Ano

			oblačnosti, letová dohlednost 8 km  < FL100: 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální distance od oblačnosti, letová dohlednost 5 km			
<b>E</b>	není k dispozici	Provozní informace, pokud je to možné	1500 m horizontální a 1000 ft vertikální distance od oblačnosti, letová dohlednost 5 km	250 KT IAS	Ne	Ne
<b>G</b>	není k dispozici	Letová informační služba	Letová dohlednost 1500 m bez mraků v dohledu povrchu, při rychlostech, které při převládající viditelnosti poskytnou přiměřenou příležitost včas sledovat jiný provoz nebo jakékoli překážky, aby se zabránilo kolizím.	250 KT IAS	Ne	Ne

### 3.1.4. Vertikální rozdělení

Vertikální oddělení je dosaženo požadavkem, aby letadlo používalo předepsané nastavení tlaku výškoměru v určeném vzdušném prostoru a aby pracovalo na různých úrovních vyjádřených výškou nebo letovou hladinou v souladu s Hlavou 4, ust. 4.10. předpisu L4444 (příp. ICAO Doc 4444) [12].

Specifikuje se minimální vertikální rozestup pro let IFR 1 000 stop (300 m) pod FL290 a 2 000 stop (600 m) v hladině FL290 nebo nad ní, a to kromě případů, kdy ve vzdušném prostoru platí regionální postupy ICAO, což je 1 000 stop (300 m) pod hladinou FL410 nebo vyšší hladinou, kde je tak předepsáno pro použití za stanovených podmínek a 2 000 stop (600

m) v této letové hladině nebo nad ní. Většina vnitrostátních orgánů se řídí podobným pravidlem, ale může určit jinou úroveň, na které se pravidlo mění [12].

Vnitrostátní orgány stanoví normy pro vertikální a horizontální rozestupy pro usnadnění bezpečné navigace letadel v řízeném vzdušném prostoru. Dodržování těchto norem zajišťuje bezpečné oddělení od země, od ostatních letadel a od chráněného vzdušného prostoru. Standardy oddělování mohou někdy sloužit ke snížení expozice turbulence vířivých vírů.

Vnitrostátní normy pro oddělování jsou založeny na ustanoveních dokumentu ICAO Doc 4444, zejména v kapitole 5 „Druhy a minima rozstupu“. Rozdíly od těchto norem jsou zveřejněny v národních AIP.

V současné době existují dva druhy vertikální separace: CVSM (nesnížené minimum vertikálního rozstupu) a RVSM (snížené minimum vertikálního rozstupu) a v obou případech platí polokruhové pravidlo:

Při sledování tratě od 0 do 179° by mělo letadlo létat v liché letové hladině a při sledování od 180 až 359 ° v sudé [13].

### *CVSM*

Ve vzdušném prostoru CVSM je minimální vertikální vzdálenost 1 000 stop pod FL290 a 2 000 stop nad FL290.

Tento rozdíl vyplývá ze skutečnosti, že toto pravidlo oddělení je nyní docela staré. Když bylo implementováno, bylo v provozu pouze několik proudových letadel (B-707, DC-8, Comet), která byla schopná létat nad FL290. Navigační a výškové přístroje nebyly v té době příliš spolehlivé, proto byla zdvojnásobena vertikální separace nad FL290 [13].

Na východ (liché úrovně): FL270, 290, 330, 370, 410 ...

Na západ (sudé úrovně): FL280, 310, 350, 390, 430 ...

### *RVSM*

Ve vzdušném prostoru RVSM minimální vertikální separace mezi letadly je snížena z 2 000 na 1 000 stop při letových hladinách od 29 000 do 41 000 stop. Vzdušný prostor RVSM je pouze od FL290 do FL410. Pod prostorem RVSM máme prostor CVSM a zároveň nad prostorem RVSM je také prostor CVSM.

K implementaci RVSM vedly dva důležité důvody, a to přetížení vzdušného prostoru, které přináší obrovské zpoždění (stojí letecké společnosti spoustu peněz) a budoucí nárůst provozu. RVSM nabízí dalších 6 letových hladin, tím pádem byl vyvinut jako prostředek ke zvýšení kapacity vzdušného prostoru, poskytnutí přístupu k letovým hladinám s nižší spotřebou paliva, snížení počtu potenciálních konfliktů a umožnění pilotům snadněji dostat svoji preferovanou hladinu [13].

Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) a její členské státy nejprve nařídily zavedení RVSM v severním Atlantiku v březnu 1997, přičemž další regiony po celém světě budou následovat. RVSM byl poprvé implementován nad Atlantským oceánem a pak v Evropě. V roce 2019 byla implementována také v dalších 11 zemích (Pákistán, Indie atd.) mezi Tureckem a západními hranicemi Asie.

Na východ (liché úrovně): FL290, 310, 350, 370, 390, 410.

Na západ (sudé úrovně): FL300, 320, 340, 360, 380, 400.

RVSM je celosvětový standard a vyžaduje, aby letadlo provozované mezi letovými hladinami FL290 a FL410 bylo schváleno pro RVSM. Monitorování výkonnosti letadla při udržování výšky je důležitou součástí schvalovacího procesu RVSM, protože podporuje funkci posuzování bezpečnosti a dohledu nad bezpečností, která je vyžadována při implementaci RVSM. Provozovatel musí splňovat minimální požadavky na monitorování svých letadel stanovené příslušným státním orgánem, aby si udržel svůj status schválení RVSM.

Za účelem získání provozního schválení RVSM provozovatelem musí být prokázána:

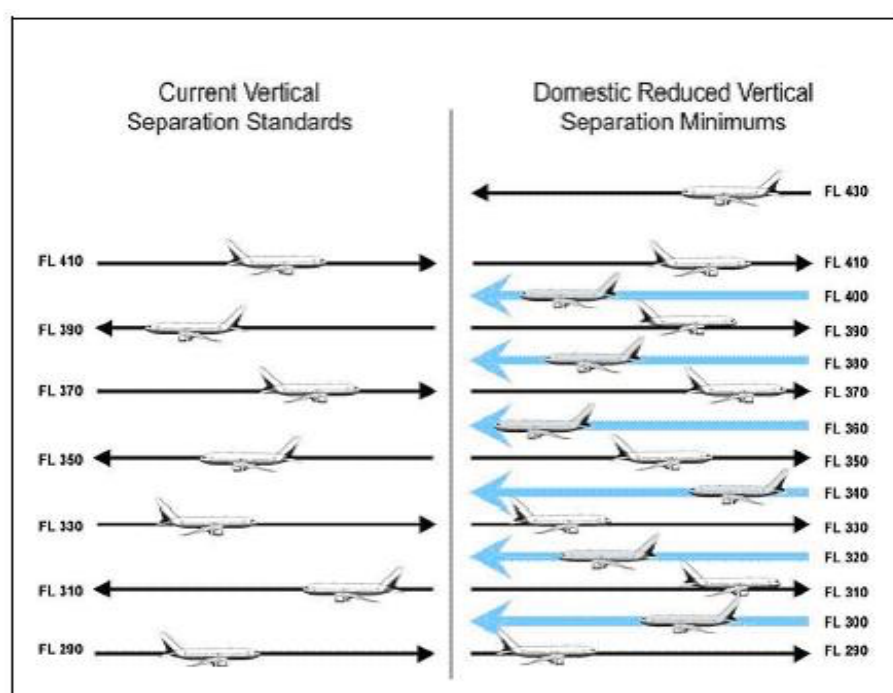
- Letová způsobilost letadla pro provoz v prostoru RVSM, včetně seznamu minimálního vybavení.
- Zavedené standardní provozní postupy.
- Výcvikový program pro letovou posádku, pracující v provozu RVSM.
- Postupy pro monitorování a hlášení chyb v přesnosti výšky, která je letu přidělena a kterou musí letadlo dodržovat [41].

Letadla s maximální certifikovanou vzletovou hmotností (MCTOM) větší než 5 700 kg nebo s maximální provozní konfigurací sedadel pro cestující (MOPSC) větší než 19 musí být vybaveny systémem ACAS II 7.1 [41].

Výhody RVSM:

- Zvýšená kapacita vzdušného prostoru;
- Dostupnost 6 dalších letových hladin;
- Optimální profily trasy;
- Poskytnutí přístupu k letovým hladinám s nižší spotřebou paliva;
- Snížení čísla potenciálních konfliktů;
- Možnost pilotů snadněji dostávat svoji preferovanou hladinu.

Na obrázku 3 lze přehledně vidět rozdíl mezi CVSM a RVSM prostory.



Obrázek 3. Zobrazení rozdílů mezi CVSM a RVSM [13].

#### 3.1.4. Horizontální rozdělení

Pokud jsou kterákoli dvě letadla oddělena menším než minimálním vertikálním odstupem, pak musí existovat určitá forma horizontálního oddělení [12], [14].

Metody použité k dosažení oddělení jsou různé a složité v závislosti na fázi letu a relativních trajektoriích daného letadla. Níže uvedené příklady ilustrují jednodušší metody používané pro letadla při letu.



### *Procedurální separace*

Procedurální separace je rozstup, založené na poloze letadla a na zprávách vydaných piloty prostřednictvím rádia. Nevyžaduje tedy nutně použití radaru k zajištění řízení letového provozu s využitím minima procedurálních rozestupů. Při procedurální kontrole se každá doba, během kterého nejsou dvě letadla vertikálně oddělena, považuje za „změnu úrovně“. V některých případech jsou pro použití s radarovou asistencí poskytována procedurální separační minima. Je však důležité to nemíchat s radarovou separací, protože v prvním případě nemusí být radar nutně certifikován pro použití pro účely radarové separace, separace je stále procedurální.

### *Příční separace*

Minima pro příční rozstup obvykle vycházejí z polohy letadla, jak je odvozeno vizuálně z navigace výpočtem, zdrojů vnitřní navigace nebo z radionavigačních pomůcek („majáků“). V případě majáků, které mají být odděleny, musí být letadlo v určité vzdálenosti od majáku (měřeno časem nebo DME) a jejich stopy k majáku nebo se od něj musí lišit o minimální úhel. Další boční oddělení může být definováno geografii předem určených tras, například systémem North Atlantic Track.

### *Podélná separace*

Pokud dvě letadla nejsou bočně oddělena a sledují stopy do 45° od sebe (nebo vzájemně), pak se říká, že sledují stejnou trasu a musí existovat nějaká forma podélného oddělení. Podélná separace může být založena na čase nebo vzdálenosti měřené pomocí DME. Zlatým pravidlem je pravidlo 10 minut – žádná dvě letadla po stejné trase nesmí přijít do 15 minut po sobě. V oblastech s dobrým pokrytím NAVAID se podélná separace snižuje na 10 minut, je-li předchozí letadlo rychlejší než následující. Toto může být dále sníženo v závislosti na rozdílu v rychlosti. U letadel, jejichž dráhy se protínají pod více než 45°, se říká, že přecházejí. V tomto případě nelze použít podélné oddělení, protože nebude trvat dlouho, než bude opět existovat boční oddělení.

### *Radarová separace*

Moderní radarová síť zajišťuje bezpečný letový provoz a při selhání radaru není nutný přechod na procedurální řízení, jako to bylo v minulosti. Radary jsou velmi spolehlivé a jsou rozmístěny tak, aby se dosáhla největší přesnost vypočítané polohy letadla. Minimum radarového rozstupu je 5 NM. Snížené minimum radarového rozstupu činí 3 NM a je možné po splnění

podmínek, stanovených dle předpisu L4444 Hlava 8. V některých případech lze použít 10 NM zejména na velké vzdálenosti nebo v oblastech s méně spolehlivým radarovým pokrytím.

### **3.1.5. Rozdělení vzhledem k turbulenci v úplavu**

Kromě norem pro zajištění rozstupu aplikovaných na letadla při přiblížení nebo vzletu ze stejných nebo blízko od sebe vzdálených drah jsou definována přísnější minima pro oddělení, aby se zajistilo, že následující letadla, zejména menší, nebudou ohrožena účinky vířících turbulencí generovaných předchozím letadlem.

Letadla jsou rozdělena do kategorií a skupin podle jejich MTOW a rozpětí křídel. Pak podle těchto kategorií (případně skupin) mohou být stanoveny minimální vzdálenostní a časové rozestupy, které jsou popsány v ICAO manuálu 10122 Manual on Implementation of Wake Turbulence Separation Minima. Podle kategorií se letadla dělí na super (J), těžká (H), střední (M) a lehká (L). Kromě kategorií jsou rozdělena do 7 skupin A až G. Je logické, že letadlům s vyšší MTOW jsou přiděleny větší rozestupy než nižší kategorie MTOW. Podrobnosti o použitém rozestupu závisí na okolnostech, například na tom, zda letadla používají stejné, paralelní nebo křížující dráhy [12].

### **3.1.6. Sektorizace vzdušného prostoru**

Proces sektorizace zahrnuje virtuální rozdělení vzdušného prostoru především pro pohodlí práce řídicích letového provozu. Poskytování letových provozních služeb se tedy v různých sektorech rozkládá na úkoly se zvládnutelným pracovním zatížením. Sektory jsou rozdělené jak horizontálně, tak i vertikálně. V České republice jsou sektory West, North, East, South a jejich vzájemné hranice kopírují směry hlavních tratí, aby se omezilo předávání mezi řídicími letového provozu (viz Tabulka 2). Sektory lze používat dynamicky – nemusí být otevřeny všechny najednou, nýbrž mohou být pospojovány do větších celků podle okamžitého provozu. Když počet letadel ve spojených sektorech vzroste, sektory se rozdělí. S houstnoucím provozem se rozdělují dál, až se vyčerpá buď počet dostupných řídicích letových provozů, nebo sektorů. Aktuální stav sektorizace se často mění, takže těžko zjistit, na jaké frekvenci aktuálně komunikuje letadlo, které právě vidíte nad hlavou. Pro zachycení průběhu letu ve svém prostoru užívají řídicí letového provozu takzvané stripy neboli výpisy z letového plánu, kde je popsána předpokládaná činnost (trať a změny výšky) letadla v prostoru spadající pod

jejich odpovědnost. Otevření nového sektoru nezaručuje aritmetický součet kapacit elementárních sektorů – kombinovaná kapacita je komplexní kombinací faktorů, jako je směr toku provozu, koordinační postupy, doba letu v sektoru atd. Proto se číslo kapacity počítá pro každou konfiguraci sektoru [15].

**Tabulka 2. Seznam sektorů ACC v České republice**

Název sektoru	Výškový rozsah	Laterální rozdělení sektoru
G	1 000 ft–FL245	WG
X	FL245–FL285	WX
Low	1 000 ft–FL285	NL, EL, SL
Middle	FL285–FL355	NM, EM, WM, SM
High	FL355–FL375	NH, EH, WH, SH
Top	FL375–FL660	NT, ET, WT, ST

Legenda: N – north, E – east, W – west, S – south, L – low, M – middle, H – high, T – top, G, X.

#### *Kritéria sektoru*

Hranice sektoru tvoří řada faktorů, mnohé z nich jsou orientovány na ATS, jiné jsou definovány mezinárodními vztahy:

- Státní hranice nebo dvoustranné dohody o poskytování ATS.
- Mezinárodní dohody o poskytování ATS nad mezinárodními vodami.
- Umístění prostoru zvláštního použití – zakázané, omezené, nebezpečné, dočasně vyhrazené, dočasně rezervované.
- Vlastnosti sektoru, horizontální a vertikální rozsah, poskytované služby, rádiové a přehledové pokrytí.

### **3.2. Letové provozní služby – Air Traffic Services (ATS)**

Letové provozní služby mají nezbytnou odpovědnost v neustále se rozvíjející oblasti cestování letadly. Tato odpovědnost za řízení letového provozu spočívá na pozemních zaměstnancích, kteří byli vyškoleni a certifikováni. Do těchto služeb patří služba řízení letového provozu, letová informační a pohotovostní služby. Hlavním účelem práce letových provozních služeb je zajištění bezpečnosti. Musí být zabráněno srážkám, a to jak mezi letadly, tak i s různými překážkami na pozemní ploše a ve vzduchu, musí být udržován uspořádaný a rychlý tok

letového provozu. K provádění bezpečného a účinného letu poskytují užitečné rady a informace a také musí vyrozumívat příslušné organizace a orgány o letadlech, po nichž se má pátrat, nebo kterým se má poskytnout záchranná služba, v případě potřeby spolupracují s těmito orgány [14].

#### *Letová informační služba (FIS)*

Služba letových informací je služba poskytovaná za účelem poskytování rad a informací užitečných pro bezpečné a efektivní provádění letů [14].

Letová informační služba zahrnuje poskytování

- informací, týkajících se před erupční sopečné činnosti, sopečných erupcí a mraků sopečného popela;
- informací o úniku radioaktivních materiálů nebo toxických chemikálií do atmosféry;
- informací o změnách provozuschopnosti navigačních pomůcek;
- informací o změnách stavu letišť a souvisejících zařízení, včetně informací o stavu pohybových oblastí letiště, pokud jsou ovlivněny sněhem, ledem nebo významnou hloubkou vody;
- hlášení nebo předpovědi počasí na odletových, cílových a alternativních letištích [18].

#### *Pohotovostní služba (ALRS)*

Poskytuje službu v podobě informování příslušných organizací o letadlech, která potřebují pomoc při pátrání a záchraně, podle potřeby těmito organizacím pomáhá. Pomoc spočívá ve spolupráci s Pátracím a záchranným střediskem a informováním o jakýchkoli letadlech, která jsou nebo se zdají být ve stavu nouze.

Výstražná služba se poskytuje:

- všem letadlům službou řízení letového provozu;
- pokud je to proveditelné, všem ostatním letadlům, která podala letový plán nebo je jinak známa ATS;
- jakémukoliv letadlu, o kterém je známo nebo o kterém se předpokládá, že bylo předmětem protiprávního zasahování [16].

## *Řízení letového provozu (ATC)*

Další služba letových provozních služeb je řízení letového provozu (ATC). Tato služba se soustřeďuje na zajištění bezpečného, plynulého a efektivního uspořádání letového provozu a na zabránění srážkám s překážkami a mezi letadly. Služba se podílí na oblastní, přibližovací a letištní službě řízení. [14].

Povinnosti ATC:

- Zajišťovat rozstupy
- Vydávat oprávnění a pokyny k přistání a vzletu.
- Předávat kontrolu nad odletovými lety do středisek řízení dopravy a přebírat kontrolu nad příchozími lety.
- Monitorovat nebo řídit letadla ve vzdušném prostoru a na zemi.
- Shromažďovat informace o letech z letových plánů, zpráv pilotů, radaru nebo pozorování.

V České republice jsou čtyři poskytovatelů ATS: Řízení letového provozu ČR (ŘLP ČR. s.p.), ACR, Aero Vodochody a Let Kunovice. Všichni poskytovatelé plní svoje funkci v souladu s právními předpisy a mezinárodními standardy civilního letectví. ŘLP ČR s.p. poskytuje služby ve vzdušném prostoru České republiky, na letištích Praha – Ruzyně, Brno – Tuřany, Ostrava – Mošnov a Karlovy Vary a jejich okolí. Nejdůležitějším cílem společnosti je bezpečnost letového provozu [16].

## *Oblastní služba řízení*

ACC je definováno jako oblastní služba řízení, do níž patří vzdušný prostor mimo letiště, jejich CTR a TMA. Na „Oblasti“ jde především o zajištění plynulosti provozu. Zátěž řídicího letového provozu může být obrovská, protože letadla na tratích se pohybují velice rychle, takže na řešení jakéhokoliv konfliktu zbývá málo času a je třeba ho předvídat a řešit stovky kilometrů dopředu. Oblastní služba řízení naviguje provoz uvnitř řízeného vzdušného prostoru během cestovní fáze letu. Protože nahoře je letadel obecně hodně, prostor se dále dělí na sektory (viz kap. 3.1.6.) [15].

V každém sektoru pracují dva řídicí letového provozu: planning controller (PLC, PC) a executive controller (EXC, EC). PLC pracuje hlavně s koordinací související s věcmi mimo skutečný sektor. Hlavním cílem PLC je zajistit bezproblémový a plynulý provoz pro EXC, a to tak, že musí dobrým způsobem organizovat letadla vstupující do sektoru a vystupující z něj.

EXE komunikuje s letadly a vydává pokyny potřebné k vytvoření bezpečného a uspořádaného provozu. V některých případech používají EXC a PLC stejné nástroje na podporu rozhodování a plánování, ale v některých případech se nástroje liší. EXC a PLC sedí vedle sebe, považují se za tým, a proto celkový výkon závisí na obou řídících [17].

Při přeletu mezi sektory si řídící letového provozu letadlo takzvaně předávají na řízení. V případě předání letadla mezi sektory, obsluhovanými jedním ANS, má procedura dvě části: přeladění pilota na frekvenci přebírajícího stanoviště letového provozu a předání letadla v systému řízení. Řídící letového provozu musí zajistit nekonfliktnost předání letadla a musí ho předat dle dohody o předávání na řízení. Tato dohoda obvykle obnáší třeba, že let bude uvolněn pro změnu hladiny v očekávaném směru letu, uvolnění na točení vůči známému provozu a tak podobné. Například s Německem je letadlo předáno nejdříve na spojení a až 2,5 nm po překročení společných hranic odpovědnosti je předáno i na řízení. Do té doby s ním nelze manipulovat jinak, než definuje LoA (Letters of Agreement) [42].

Dále jednoduše letadlo v systému označí a tím jej „rozblíká“ na obrazovce řídicího letového provozu následujícího sektoru. Pak oznámí pilotovi kmitočet, pilot zopakuje a přeladí se, zavolá následujícího řídicího letového provozu. Když se přebírajícímu řídicímu letového provozu pilot ozve, tento si převezme letadlo v systému a stává se za něj odpovědný. To se považuje za zprávu o navázání spojení. Nicméně i když už je za to letadlo zodpovědný někdo jiný, tak za správnost vydaného povolení zodpovídá stanoviště, které toto povolení vydalo (ne předalo).

Pokud ale řídící letového provozu předávají letadla mezi sektory, obsluhovanými různými ANS, postup je jiný. Například když Německo nebo Polsko předává letadlo na APP Praha, tak u těchto subjektů platí zvlášť procedura. Předávající stanoviště sice vykoná stejný postup, jako když je letadlo laděno na sektory APP Praha, ale systém ho po chvíli blikání sám zhasne. Předávající tak neví, kdy reálně letadlo přišlo na spojení, protože zprávy o navázání spojení se nevyměňují. To znamená, že na stanoviště APP Praha z Německa přejde letadlo podbarvené už tak, jako by ho měli u sebe, ale má jinak barevně označenou rychlost (z důvodu rozlišení). Když ho řídící letového provozu přijmou, změní se barva rychlosti na stejnou, jako mají ostatní tomtéž sektoru. I z tohoto důvodu je nastavena koordinační dohoda s těmi subjekty tak, že ATCO nemohou po předání na spojení (ani přijímací, ani předávající strana) dělat některé úkony, které obvykle vykonávají [42].

### *Přibližovací služba řízení*

Přibližovací služba řízení (angl. Approach Control Service) – je služba řízení letového provozu v koncové řízené oblasti (TMA) a řízeném okrsku (CTR), poskytovaná řízeným letům letadel přilétávajících na jedno, nebo více letišť pod TMA, nebo z nich odlétávajících. Tato služba je zajišťována stanovišti APP Praha, APP Brno, APP Ostrava a APP Karlovy Vary. Služba řízení přiblížení podporuje lety během stoupání před dosažením cestovní výšky a během přiblížení před konečným přiblížením letu [16].

### *Letištní služba řízení*

Za konečné přiblížení odpovídá letištní služba řízení, která v České republice také řídí veškerý letištní provoz, přistání a vzlety. Tato služba je poskytována z letištní řídicí věže (TWR). Řídicí jednotky TWR monitorují veškerý let v blízkosti letiště, na drahách, pojezdových drahách a manévrovacích oblastech stejně jako vozidla a personál v manévrovacích oblastech [16].

## **3.3. Mezinárodní standardní atmosféra**

Všechny výpočty, které budou pro danou práci prováděny, budou spočítané na základě mezinárodní standardní atmosféry. Mezinárodní standardní atmosféra je model používaný ke standardizaci leteckých přístrojů. Byl vytvořen s tabulkami hodnot v rozsahu nadmořských výšek, aby poskytl společnou referenci pro teplotu, tlak a hustotu, která v souladu s mezinárodním modelem představuje průměrný stav během roku na střední zeměpisné šířce. Pokud jsou teploty vyšší než mezinárodní standardní atmosféra, může to mít negativní dopad na výkon letadla – letadlo nemusí stoupat očekávanou rychlostí a/nebo nemusí být schopné udržovat nadmořskou výšku. Teploty na modelu ISA jsou nejčastěji uváděny ve stupních Celsia, ale lze je také uvést ve stupních Fahrenheita nebo Kelvina – v závislosti na preferencích uživatele a výsledcích. Podobně se výšky obvykle uvádějí ve stopách, i když lze poskytnout i měření v metrech nebo palcích. Pokud jde o tlak a hustotu, ISA použije obecnou jednotku pro hustotu  $\text{kg/m}^3$  a pro tlak Pa (případně hPa) [21].

### 3.3.1. Měření mezinárodní standardní atmosféry

Mezinárodní standardní atmosféra je založena na následujících hodnotách tlaku, hustoty a teploty na střední hladině moře, z nichž každá klesá, když se zvyšuje výška od průměrné referenční hladiny moře [22]:

- Teplota vzduchu na úrovni hladiny moře: +15 °C.  
Teplota klesá rychlostí 2 °C na 1 000 stop, dokud se nedosáhne tropopauzy na 36 000 stop. Od 0 do 11 km teplota klesá s výškou o -0,0065 °C na každý metr výšky (-2 °C na každých 1 000 stop výšky), v rozmezí 11 až 20 km se teplota nemění a činí -56,5 °C.
- Tlak vzduchu na úrovni hladiny moře: 1 013,25 hPa.  
Každých 5 500 m (18 044 ft) tlak klesá na polovinu hodnoty ze spodní hladiny.
- Hustota vzduchu na úrovni hladiny moře: 1,225 kg/m<sup>3</sup>.  
Hustota vzduchu závisí na jeho teplotě, tlaku a množství vodní páry ve vzduchu. Ve volné atmosféře klesá hustota vzduchu s ohřevem vzduchu. Tlak má opačný účinek na hustotu vzduchu a jeho růst zvyšuje hustotu. Takže přibližně na každých 1 000 metrů hustota klesá o 0,1 kg/m<sup>3</sup>.

Pro přesný výpočet parametrů mezinárodní standardní atmosféry se používají následující vzorce [22]:

- Teplota:  $t = 15 - 0,0065 * H$  (1)

- Tlak:  $p = 1013,25 * \left(1 - \frac{H}{44308}\right) * e^{5,2553}$  (2)

- Hustota:  $\rho = 1,225 * \left(1 - \frac{H}{44308}\right) * e^{4,2553}$  (3)

V tabulce 3 jsou představeny průběhy změny atmosférických parametrů (teploty, tlaku a hustoty) s výškou.



**Tabulka 3. Průběh změny atmosférických parametrů s výškou**

VÝŠKA (FT)	VÝŠKA (M)	TEPLOTA (°C)	TLAK (HPA)	HUSTOTA (KG/M <sup>3</sup> )
-1 000	-305	+17	1 050	1,261
0	0	+15	1 013	1,225
5 000	1 524	+5,1	843	1,056
10 000	3 048	-4,8	697	0,905
15 000	4 572	-14,7	572	0,771
20 000	6 096	-24,6	466	0,653
25 000	7 620	-34,5	376	0,549
30 000	9 144	-44,4	301	0,458
35 000	10 668	-54,3	238	0,386
40 000	12 192	-56,5	188	0,302

### 3.3.2. Vliv atmosféry na letadlo při letech ve vysokých nadmořských výškách

Atmosférický stav má obrovský dopad na letectví. Uvažování změn parametrů atmosféry v různých částech Země může přinést hodně výhod. Například výpočet správné nadmořské výšky na základě tlaku může zabránit konfliktu mezi letadly nebo srážce s překážkami. Měření správné teploty ovlivní motorový výkon letadla a omezí/povolí hmotnost nákladu. To samé platí s hustotou, která primárně určuje, kolik vztlaku letadlo vyprodukuje a zase kolik nákladu a cestujících lze vzít na palubu. Čím nižší je hustota vzduchu, tím rychleji musí letadlo cestovat kvůli nižšímu odporu. Vysoké teploty vzduchu ovlivňují fyziku letu letadel, což znamená, že výkonnost vzletu letadla může být ve vyšších teplotách snížena [22].

Jedním z hlavních důvodů, proč letadla pro dálkové lety používají vysoké nadmořské výšky, je to, že když létají výše, hustota je nižší. Nižší hustota vzduchu se promítá do menšího odporu vzduchu, a tedy i vyšších rychlostí letu a snížené spotřeby paliva. Vyšší let však také znamená méně kyslíku dostupného pro spalování paliva, takže dostupný výkon klesá s nadmořskou výškou. Dalším důvodem pro volbu vysokých letových hladin pro dálkové lety je to, že se

letadlo vyhne špatnému počasí, námraze a turbulencím, jimž jsou lidé na v letadle vystaveni. Kromě toho je provoz ve vyšších nadmořských výškách slabší [22].

Dalším důležitým faktorem, ale záporným, je rychlost nástupu hypoxie. Tento parametr se u jednotlivců a závisí na tom, jak slabý je parciální tlak kyslíku v plicích ve srovnání s tlakem v krvi. Lidé, kteří pravidelně tráví čas ve vyšších nadmořských výškách, mohou lépe tolerovat nedostatek kyslíku. Čím výše člověk letí, tím menší je parciální tlak kyslíku a tím kratší je doba užitečného vědomí. Na 45 000 stop při rychlé nebo výbušné dekompresní události bude mít průměrný člověk méně než 12 sekund. V případě dekomprese ve vysokých nadmořských výškách mohou nastat následující symptomy: zmatek způsobený hlukem, chladem, létajícími úlomky, mlhou a vzduchem proudícím z nosu a úst, nemluvě o bolestech břicha a uší [22], [23], [24].

**Tabulka 4. Vztah mezi letovou hladinou a dobou užitečného vědomí**

FL180	FL220	FL250	FL280	FL300	FL350	FL400	FL450	FL500
20–30 min	5–10 min	3–6 min	2,5–3 min	1–3 min	30–60 sek	15–20 sek	9–15 sek	6–9 sek

Tabulka 4 vysvětluje množství času, které mohou piloti využít při dekompresi letadla za normálních podmínek. Ukazuje, za jak dlouho mohou piloti vykonat své letové povinnosti v daných letových hladinách. Jak ukazuje tabulka 4, v letové hladině FL180 mohou piloti spotřebovat standardní množství kyslíku a standardně plnit své povinnosti během 20–30 minut. Jak se zvyšuje letová hladina, snižuje se doba spotřeby normálního kyslíku. Lety nad FL400 jsou nebezpečnější kvůli menšímu časovému limitu pro výkonnost pilotů, protože se pohybuje mezi 15–20 sekundami, pro lety nad FL500 mezi 6–9 sekundami [23], [24].

### 3.4. Ekonomika letu

#### 3.4.1. Cost Index

Po celém světě je až na vzácné výjimky civilní letectví součástí tržního hospodářství. Bez ohledu na to, kdo provozuje letadla, jestli velká letecká společnost, nebo malý regionální letecký klub, každý se snaží snížit provozní náklady a tím ušetřit peníze. Realita leteckého podnikání vyžaduje každodenní zvážení velkého množství faktorů: ekonomika, marketing,

plánování posádek, letový provoz, údržba, technický stav letadel atd. Nejúčinnější způsob, jak všechny tyto faktory zohlednit, je použití Cost indexu (CI). V České republice se Cost Index označuje jako index nákladů.

Cost index je ukazatel ekonomiky letu. Je to číslo, které uvádí, jak je daný let ekonomický. Sečtou se veškeré časové závislé náklady za 1 hodinu letu a ty se vydělí cenou za 1 kg paliva. Je-li CI malý, šetříme palivo, letíme malou rychlostí, delší čas a s nižší spotřebou. Je-li CI velký, jedná se o neekonomický let. Každá letecká společnost má jiný cost index a liší se v závislosti na typu letadla, způsobu jeho provozu, plánování letu, meteorologických podmínkách atd. V podstatě cost index zahrnuje všechny náklady spojené s letem. Výpočet nákladů na palivo není tak lehký a snadno dopředu odhadnutelný proces, protože musí v sobě zahrnovat různé situace, které mohou během letu nastat [25].

Cost index je definován následujícím vztahem:

$$CI = \frac{\text{Náklady na let}}{\text{Cena paliva}} \quad (4)$$

Rychlejší let vede ke snížení nákladů na čas, což vede k větším vzdálenostem mezi inspekcemi údržby, pokud jsou založeny na době letu. Avšak při rychlejším letu se spotřebuje více paliva, a tak se náklady na palivo zvyšují. Cost index je určen k vyvážení mezi časovými náklady a cenou paliva.

Časové náklady zahrnují všechny náklady závislé na čase, například:

- hodinové náklady na údržbu,
- motory, pomocné motorové jednotky,
- cenu posádky, (v některých případech může být pevná nebo nezávislá na době letu),
- mezní odpisy nebo leasingové náklady,
- je možné vzít v úvahu i dodatečné a specifické náklady letecké společnosti: například přesčasy posádky, ubytování cestujících atd.

Náklady spojené s cenou paliva může být obtížné zachytit, protože jsou hodně variabilní a liší se podle státu i letiště a závisí také na servisních společnostech.

Cost index může mít některé kritické hodnoty, například když je nulový nebo maximální, a v tomto rozmezí se považuje za normálně se vyskytující [25]:

- $CI = 0$ :

Případ, když je cena paliva vysoká a cílem je šetřit palivo a let probíhá na menších rychlostech. Hodnota odpovídá MRC – Maximum Range Cruise. V tomto režimu je kladen minimální důraz na cenu provozu letadla a maximální důraz na úspory paliva. Výsledkem je maximální dolet za nižší spotřeby, nižší rychlost „cruise“ fáze letu, vyšší „OPTimum i MAXimum cruise altitude“, nižší rychlost stoupání (a tím strmější profil, dříve dosažený bod TOC a do něj kratší uletěná vzdálenost) a nižší rychlost klesání (a pozvolnější profil, více vzdálený bod TOD a z něj delší vzdálenost na letišti).

- $CI = MAX$

V tomto případě náklady na palivo nejsou tolik významné a preferencí je minimalizovat letovou dobu. Hodnota odpovídá minimálnímu času letu. V tomto režimu je kladen důraz na co nejvyšší rychlost i za cenu vyšší spotřeby. Výsledkem je snížený dolet, maximální rychlost „cruise“ fáze letu, nižší „OPTimum i MAXimum cruise altitude“, vyšší rychlost stoupání (a tím pozvolnější profil, později dosažený bod TOC a do něj delší uletěná vzdálenost) a vyšší rychlost klesání (a strmější profil, bližší bod TOD a z něj kratší vzdálenost na letišti).

- $0 < CI < MAX$

Hodnoty balancují od rychlosti MRC přes ECON, LRC až po MIN TIME. Výsledná hodnota vytvořená plánovacím oddělením pro konkrétní let pak zohledňuje velmi mnoho kritérií [25].

Nižší CI bude mít za následek nižší rychlost stoupání, nižší cestovní rychlost, obecně vyšší cestovní výšku, pozdější sestup a pomalejší sestupnou rychlost. Vyšší CI povede k opaku. Čím vyšší je CI, tím jsou náklady na čas větší ve srovnání s náklady na palivo. Daný cost index bude mít za následek to, že letoun zpomalí zadním větrem, zrychlí proti větru (automaticky) o 0,01 Ma ve snaze minimalizovat spotřebu paliva. Sofistikovanější programy plánování letů budou tuto změnu ukazovat po jednotlivých úsecích a změnu rychlosti budou ukládat jako součást letového plánu ATC [26].

Cílem plánovacího oddělení leteckých společností je najít optimální cestu z pohledu jak spotřeby paliva, tak i času a hodnotu CI.

Například jedna letecká společnost obecně používá u A320 CI kolem 9, což má za následek rychlost stoupání 290, cestovní rychlost 0,76 a rychlost klesání 260. Pokud má letadlo zpoždění, posádka může použít CI 50 nebo více, které by poskytly rychlost stoupání 320, cestovní rychlost 0,79 a rychlost klesání 330 pro stejné fáze [26].

Výsledná hodnota CI se vloží do počítače pro řízení a optimalizaci letu (FMC) a ten potom ve VNAV režimu za využití performance databáze nastavuje optimální profil letu v režimu ECONOMY rychlosti stoupání, v hladině letu a klesání a k nim příslušné výkony motorů.

Cost index nabývá různé hodnoty v závislosti na typu, například [25]:

- pro Boeing 737-300: -400, -500 platí od 0 do 200
- pro Boeing 737-600: -700, -800, -900 platí od 0 do 500
- pro Boeing 747-400: 757, 767 a 777 platí 0–999

Dále na příkladu Boeingu 757 je vidět patřičný CI, s ohledem na parametry rychlostí pro různé fáze letu (stoupání, let v hladině a klesání) [25].

- CI = 0 – Stoupání 290 CAS/.778 Mach, Cruise, .778 Mach, Klesání 250 CAS, OPT328/MAX362/RECMD310
- CI = 70 – Stoupání 312 CAS/.794 Mach, Cruise, .794 Mach, Klesání – 80 Mach/313 CAS, OPT327/MAX363/RECMD310
- CI = 999 – Stoupání 345 CAS/.847 Mach, Cruise .847 Mach, Klesání – 819 Mach/334 CAS, OPT268/MAX268/RECMD260

Cost index je velmi důležitá hodnota a její správné používání může ušetřit aerolinkám spoustu peněz. U 737 se výzkumem nákladů u několika aerolinek stanovila optimální hodnota 12 pro všechny modely. Pak se ukázalo, že u 1 000 NM dlouhých letů se téměř nezměnila doba letu (změna byla kolem několika jednotek minut), ale na druhou stranu úspora na nákladech činila miliony korun ročně.

### 3.4.2. Vzletová hmotnost letadla

Vzletová hmotnost letadla (TOW) se skládá z několika základních hmotností. Součástí jsou hmotnost prázdného letadla včetně provozních náplní, celkový payload (cestující + náklady + cargo) a palivo (trip fuel + taxi-out fuel + reserve fuel) [27].

Maximální vzletová hmotnost (MTOM) letadla je hodnota omezená leteckými předpisy a definovaná výrobcem letadla. Je to maximální hmotnost, při které je letadlo certifikováno pro vzlet vzhledem ke konstrukčním nebo jiným omezením. MTOW se obvykle uvádí v jednotkách kilogramů nebo liber. Hmotnost není pevná hodnota a během letu se mění kvůli spálenému palivu [28].

MTOW je jedním z hlavních faktorů při výpočtu traťových, navigačních, přibližovacích a letištních poplatků. Maximální vzletová hmotnost se uvádí v letové příručce. Pokud má letadlo více certifikovaných MTOW, vezme se největší hodnota. V případě, že nebude dané prohlášení AFM, bude váhový faktor vypočtený převzetím certifikovaného MTOW nejtěžšího letadla stejného typu.

### 3.4.3. Letová hladina

Letadla vždy létají v cestovní výšce – letové hladině (FL), ve které letadlo zůstává po většinu dobu letu. Jedná se přesně o hladinu, kde se letadlo po vzletu udržuje nad povrchem země. Dokonalá nadmořská výška vždy umožňuje letadlu létat efektivněji a také se vyhýbá riziku setkání se s jinými letadly ve vzduchu. Není běžné, že letecká společnost několikrát změní nadmořskou výšku, pokud se jedná o dálkový let. Každá letecká společnost si udržuje určitou výšku, která závisí na hmotnosti letadla.

Letová hladina je dodržovaná letadlem během značné části letu. Letová hladina je specifický barometrický tlak, vyjádřený jako nominální výška ve stovkách stop. Tlak se počítá za předpokladu mezinárodního standardního tlaku na hladinu moře 1 013,25 hPa, a proto nemusí být nutně stejný jako skutečná nadmořská výška letadla nad střední hladinou moře ani nad úrovní země [29].

Historicky byla nadmořská výška měřena pomocí tlakového výškoměru, který je v podstatě kalibrovaným barometrem. Výškoměr měří tlak vzduchu, který klesá s rostoucí nadmořskou výškou podle barometrického vzorce a z tlaku okolí vypočítává a zobrazuje odpovídající nadmořskou výšku.

Aby bylo možné zobrazit nadmořskou výšku, musí pilot překalibrovat výškoměr podle místního tlaku vzduchu na hladině moře, aby zohlednil přirozenou změnu tlaku v různých oblastech. Pokud tak neučiníme, dvě letadla mohou letět ve stejné výšce, i když se zdá, že jejich výškoměry ukazují, že jsou ve výškách zcela odlišných [30].

Letové hladiny tento problém řeší definováním nadmořských výšek na základě standardního tlaku vzduchu na úrovni hladiny moře. Všechna letadla provozovaná na letových hladinách se kalibrují na toto nastavení bez ohledu na skutečný tlak na hladinu moře.

Letové hladiny jsou popsány číslem, kterým je tato jmenovitá nadmořská výška („tlaková nadmořská výška“) ve stopách, dělená 100, přičemž jde o násobek 500 ft, proto vždy končí na 0 nebo 5. Proto se nadmořská výška například 32 000 stop označuje jako „letová hladina 320“. Aby se zabránilo kolizím mezi dvěma letadly kvůli tomu, že jsou ve stejné výšce, nejsou jejich „skutečné“ výšky (například ve srovnání s úrovní země) důležité, je to rozdíl v nadmořských výškách, který určuje, zda by se mohla srazit. Tento rozdíl lze určit z tlaku vzduchu a nevyžaduje znalost místního tlaku vzduchu na zemi [29].

Existuje speciální nadmořská výška, ve které dva efekty – snížení odporu a snížení dostupného výkonu dosáhnou bodu přechodu. Říká se tomu kritická nadmořská výška, a právě tam letadlo dosahuje optimální plavby a nejlepšího šetření. Pokud chce letadlo létat nad kritickou nadmořskou výškou, bude létat pomaleji, protože ztráta energie je větší než snížení odporu a letadlo bude trávit více času ve vzduchu.

#### **3.4.4.1. Podmínky pro stanovení letové hladiny**

Celý let s výjimkou vzletu, přistání nebo s výjimkou jiných podmínek stanovených příslušným úřadem musí být prováděn:

- V letové hladině, která není pod minimální výškou letu stanovenou místními předpisy, nad územím, jež letadlo přelétá (zveřejněnou v tabulkách).
- V letové hladině, která je nejméně 2 000 stop (600 m) nad nejvyšší překážkou umístěnou do 8 km od odhadované polohy letadla ve vysokohorských oblastech nebo nad vysokým terénem.

- V letové hladině, která je nejméně 1 000 stop (300 m) nad nejvyšší překážkou umístěnou do 8 km od odhadované polohy letadla jinde, než je stanoveno v předchozích bodech [5].

Nadmořskou výšku může omezit pouze výkon letadla a omezení zvolené trasy. Maximální řízená letová hladina je obvykle FL660 [5].



## 4. Metodika

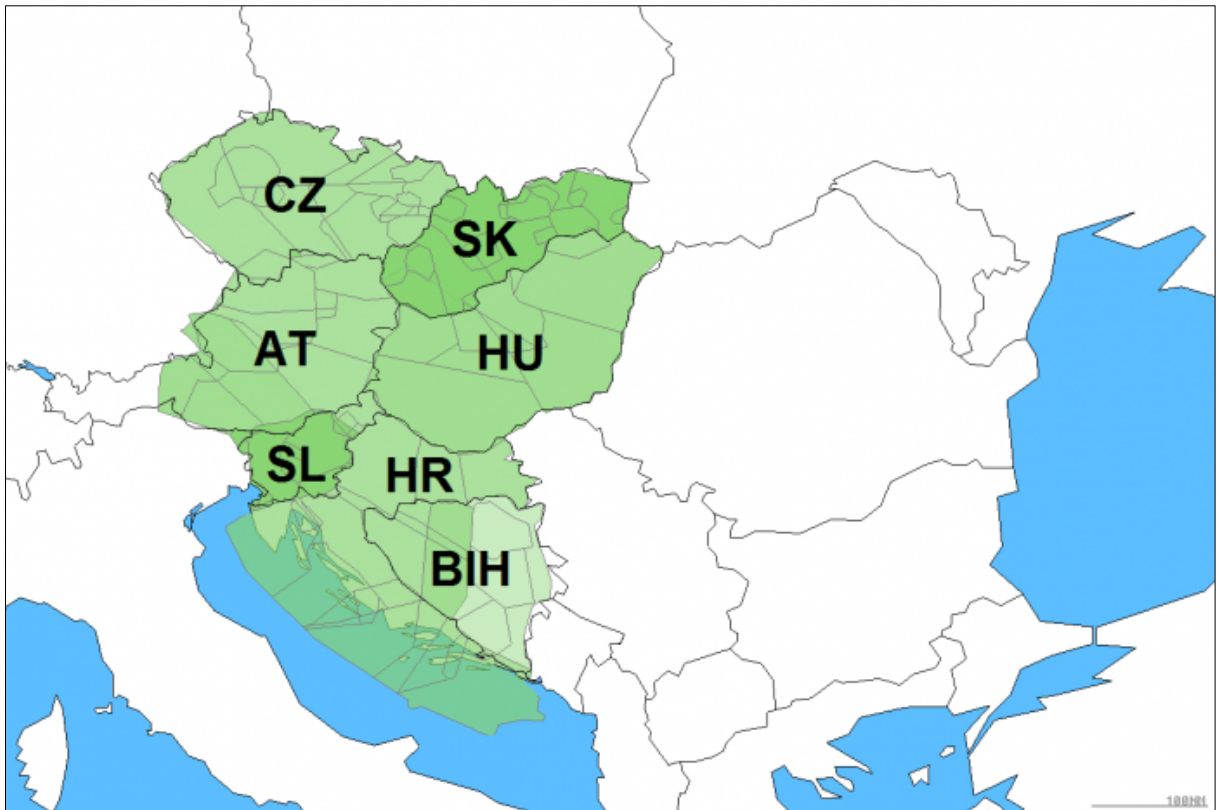
S předpokládaným významným růstem letového provozu v nadcházejících letech je třeba hledat způsoby, jak optimalizovat vzdušný prostor a řídit provoz plynuleji a efektivněji. Co by se stalo, kdyby řídicí letového provozu pohlíželi na vzdušný prostor jako na celek, místo aby pokračovali v současné praxi jeho rozdělení na malé oblasti známé jako „sektory“?

Bezsektorové vedení (Sectorless) letadel slibuje mnoho výhod: dispečeri letového provozu by byli schopni rovnoměrněji rozložit své pracovní vytížení při řízení stejných objemů provozu, zatímco piloti by během přeletu mezi státy měli pouze jednoho dispečera. Bezsektorový koncept umožní řídit odstatně více letového provozu se stejným počtem řídicích letového provozu než dnešní sektorový přístup. Hlavním důvodem je to, že letadlo a tím i pracovní vytížení lze rozdělit mezi dostupné řídicí jednotky mnohem rovnoměrněji.

Jak už bylo zmíněno v předchozích kapitolách, v současnosti je vzdušný prostor rozdělen na sektory s relativně pevnými hranicemi, přičemž všechna letadla v sektoru jsou řízena příslušnými dispečery letového provozu. Než letadlo vstoupí do sektoru, řídicí letového provozu zodpovědný za předchozí sektor jej předá příslušnému kolegovi, aby bezpečně provedl letadlo přes „jejich“ vzdušný prostor. V případě Sectorlessu celý let v hladině od bodu TOC do bodu TOD je řízen jedním řídicím letového provozu. Tím pádem se odstraní předávání mezi sektory, které obvykle zvětšují pracovní zatížení jak řídicích letového provozu, tak i pilotů.

### 4.1. Projekt SuperSector

Projekt, který je navržen v dané bakalářské práci, se nazývá. Je implementován pro státy Středoevropského funkčního bloku FAB CE (Obrázek 4). Středoevropský funkční blok vzdušného prostoru je projektem sedmi států – České republiky, Slovenska, Rakouska, Maďarska, Slovinska, Chorvatska a Bosny a Hercegoviny [31].



Obrázek 4. Středoevropský funkční blok FAB CE [44].

Nabízíme řešit pracovní zatížení řídicích letového provozu tím, že uvolníme prostor nad FL410 pro velká dopravní letadla (typu Boeing a Airbus), která technicky nejsou schopná dosáhnout prostoru nad FL410 tím, že budeme motivovat technicky schopná letadla letět v prostoru nad FL410, a to buď snížením traťových navigačních poplatků, nebo jejich úplným odstraněním.

V této práci se řeší, jak vykompenzovat náklady na větší stoupání do vyšších hladin politikou snížení nebo absolutního odstranění přeletových poplatků pro malá letadla. Podle našeho konceptu by se řízení vzdušného prostoru nad FL410 střídalo mezi státy Středoevropského funkčního bloku, a to od týdne k týdnu. V dnešní době taková praxe už existuje. Například v nočních hodinách oblastní řízení nad sektorem Karlovy Vary patří Brnu a Ostravě, které se mezi sebou střídají.

Jako další příklad lze uvést Maastrichtské kontrolní středisko pro horní oblast (MUAC). MUAC spravuje horní vzdušný prostor (od 24 500 do 66 000 stop) nad Belgií, Nizozemskem, Lucemburskem a severozápadním Německem – jednou z nejušnějších a nejsložitějších oblastí vzdušného prostoru v Evropě. Je považováno za průkopníka v poskytování spolehlivých služeb řízení letového provozu zaměřených na zákazníka. Je jediným přeshraničním civilně-vojenským poskytovatelem letových navigačních služeb v Evropě a hrál

klíčovou roli při integraci evropského vzdušného prostoru, budování našich služeb kolem dopravních toků, nikoli státních hranic. Jedná se o nadnárodní přístup, který zajišťuje, že civilní a vojenský letový provoz je řízen co nejúčinněji bez ohledu na státní hranice [32].

Podle našeho konceptu SuperSector by byl aktivován nepřetržitě jak v denních, tak i v nočních hodinách. Co se týče vybírání poplatků, tady by se nic nezměnilo, funkce by náležela EUROCONTROLU.

## 4.2. Výhody využití SuperSectoru

Účel nabízet a implementovat SuperSector ve vzdušném prostoru nad FL410 by měl mít několik důležitých výhod, a to jak pro zákazníka a řídicí letového provozu, tak i pro cestující a životní prostředí. Z rozhovoru s piloty bylo zjištěno, že posádka by skoro vždy chtěla letět co nejvýše, a to přesně z důvodů, které jsou popsány dále. Ale ne vždy plánovací softwary a plánovači vyšší hladinu nabízejí.

*Pro uživatele vzdušného prostoru:*

- Menší spotřeba paliva kvůli nižší hustotě vzduchu s výškou.
- Menší zatíženost vzdušného prostoru kvůli menšímu počtu letadel, technicky schopných dosáhnout takhle vysokých výšek.
- Možnost měnit letové trasy a tím pádem zkrácení doby letu.
- Piloti nejsou omezováni rychlostními limity kvůli neexistenci slotů (omezení jsou jenom z důvodu technických schopností letadla).
- Zákazníci využívající letové služby budou částečně nebo úplně osvobozeni od přeletových poplatků.

*Pro řídicí letového provozu:*

- Menší zátěž vzdušného prostoru.
- Více času na rozhodování.

*Pro cestujících:*

- Rychlejší cesta vede k úspoře času.

- Větší pohodlí létat v těchto letových hladinách kvůli absenci turbulencí a bouří, které na těchto úrovních obvykle již nejsou.

*Pro životní prostředí:*

- *Nízké emise*  
Látky znečišťující ovzduší jsou odpovědné za řadu nepříznivých vlivů na životní prostředí, jako jsou fotochemický smog, kyselé deště, úhyny lesů nebo snížená viditelnost v atmosféře. Proto může implementace SuperSectoru snížit emise letů tím, že je dál od povrchu Země.
- *Redukce hluku*  
Hluk je dnes považován za jeden z nejvýznamnějších environmentálních problémů ovlivňujících populaci a životní prostředí. Historický trend v hluku letadel od 60. let 20. století vykázal snížení přibližně o 20 dB, a to především díky přijetí vysokých obtokových turbodmychadel a účinnějších materiálů obložení. Snížení šumu bude způsobeno tím, že malá letadla poletí výše a tím pádem hluk bude dál od povrchu Země.

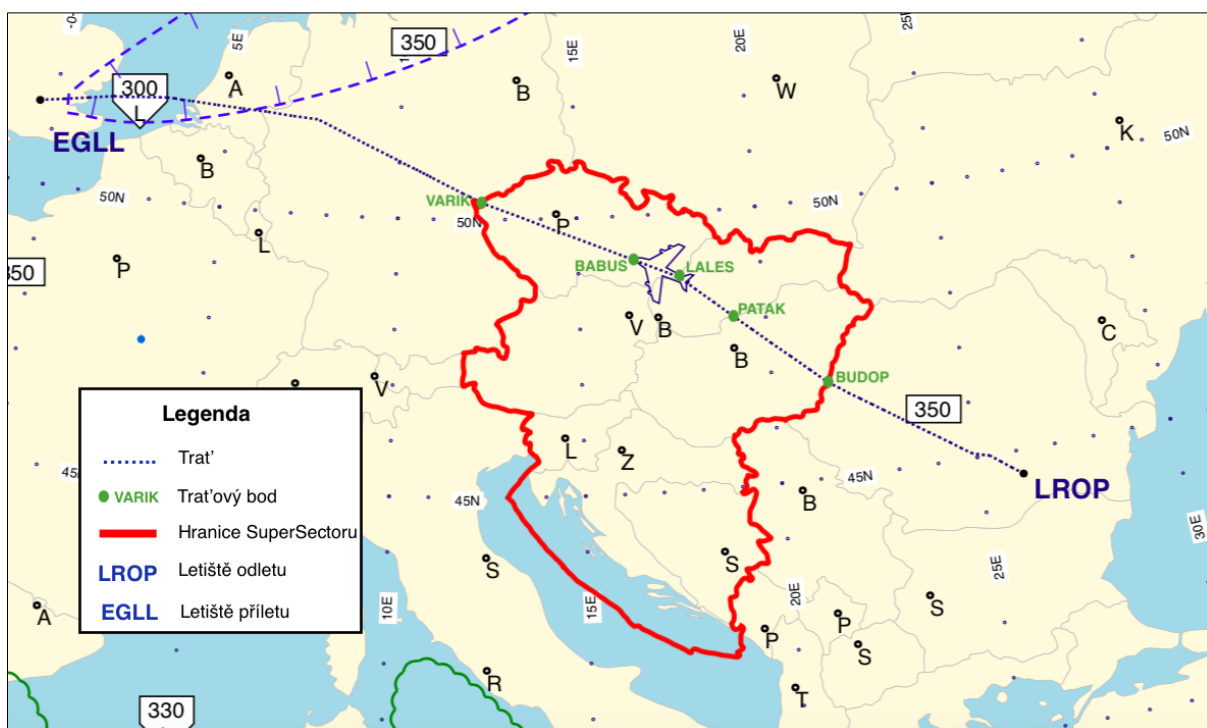
### **4.3. Realizace projektu SuperSector**

Tento návrh nabízíme ke zvážení hlavně společnostem, které mají více letadel. Menší společnosti mají ekonomické aspekty až na nějakém třetím místě. První je bezpečnost, druhý je komfort posádek a cestujících a až pak se řeší ekonomická stránka. I kdyby se naším návrhem něco ušetřilo, motivace k jeho využívání pro malé společnosti je celkem malá, protože ekonomiku momentálně moc neřeší.

V tomto projektu budu pracovat s letadly typu Cessna Citation Sovereign 680+ a Bombardier Global Express. Zvolila jsem taková letadla, protože přesně od pilotů a společností provozujících tato letadla se nám povedlo získat Flight Planning and Performance Manual (FPM), airplane flight manuály (AFM) a letové plány (OFP), údaje o technických charakteristikách jejich letadel a o zkušenostech při letech nad letovou hladinou FL410. Cílem této práce je posoudit, jestli se letecké společnosti vyplatí, pokud letadlo poletí ve vyšší hladině za cenu snížení přeletových poplatků, najít takovou kombinaci délky, doby letu, spotřeby

paliva, údržby a dalších parametrů, při kterých by motivační ANS politika byla zajímavá a použitelná.

Na obrázku 5 je nakreslena trajektorie, po které letadlo poletí z letiště Bukurešť-Otopeni (LROP) na letiště London Heathrow (EGLL). Červenou barvou je vyznačena hranice SuperSectoru a zelenými tečkami – traťové body (Waypoints) při přeletu nad SuperSectorem (BUDOP, PATAK, LALES, BABUS, VARIK). Začátek trajektorie je na jihovýchodní hranici Maďarska kolem města Dombegyház, konec stanovené trajektorie se nachází na západě České republiky kolem města Aš.



Obrázek 5. Mapa trati Bukurešť – Londýn s vyznačenou oblastí SuperSectoru.

Trajektorie je udělaná skoro po přímce, protože pracujeme nad FL410 a podle našeho návrhu zde máme SuperSector a není povinnost letět po tratích, takže letadlo poletí přímo do konečné destinace.

Z OFP víme, že celková trať Bukurešť–Londýn činí 1 183 NM (2 191 km). Trajektorie nad SuperSectorem je dlouhá 425 NM (787 km) a prochází Maďarskem (BUDOP-PATAK,

127 NM), Slovenskem (PATAK – LALES, 74 NM) a Českou republikou (LALES – BABUS – VARIK, 224 NM)<sup>1</sup>.

Posazování ekonomických parametrů budu provádět na příkladu letadla Bombardier Global Express (ICAO kód: GLEX) a Cessna Citation Sovereign + (C680+).

#### 4.4. Přeletové poplatky

Pro výpočet přeletových poplatků v letectví se používají přeletové jednotky, jejichž počet se počítá jako násobení takzvaného hmotnostního faktoru (druhá odmocnina z MTOW v tunách/50) a vzdálenostního faktoru (vzdálenost v km/100) [34].

$$\text{Přeletová jednotka} = \sqrt{\frac{MTOW}{50}} * \frac{S}{100} \quad (5)$$

Podle vzorce pro výpočet přeletové jednotky potřebujeme vzletovou hmotnost (MTOW) letadla GLEX (45, 132 tun) a vzdálenosti zejména nad SuperSectorem;

- Nad Maďarskem: 127 NM = 235 km,
- Nad Slovenskem: 74 NM = 137 km,
- Nad Českem: 224 NM = 415 km.

Dále pro výpočet celkových přeletových poplatků je potřeba znát cenu za jednu přeletovou jednotku podle AIP každého členského státu (resp. EUROCONTROL Charges System, Obrázek 6), nad kterým trajektorie prochází. Pro výpočty v této práci se použije základní cena pro rok 2021.

---

<sup>1</sup> V době vypracovávání této části práce ještě nebylo ve vzdušném prostoru ČR zavedeno FRA a proto je naplánován po trati.

**EUROCONTROL ROUTE CHARGES SYSTEM /  
SYSTEME DE REDEVANCES DE ROUTE D'EUROCONTROL**

**National and global unit rates applicable from 1 JANUARY 2021/  
Taux unitaires nationaux et globaux applicables à compter du 1 JANVIER 2021**

<b>Zone</b>	<b>National Unit Rate / Taux Unitaire National euro</b>	<b>Global Unit Rate / Taux Unitaire Global euro</b>	<b>Exchange Rate Applied / Taux de change appliqué 1 euro =</b>
Belgique-Luxembourg / Belgium-Luxembourg *	99,26	99,55	-/-
Allemagne / Germany *	66,80	67,09	-/-
France *	58,87	59,16	-/-
Royaume-Uni / United Kingdom	58,66	58,95	0.909664 GBP
Pays-Bas / Netherlands *	68,74	69,03	-/-
Irlande / Ireland *	27,58	27,87	-/-
Suisse / Switzerland	91,25	91,54	1.07825 CHF
Portugal Lisboa *	41,60	41,89	-/-
Autriche / Austria *	61,69	61,98	-/-
Espagne / Spain - Continent. *	45,15	45,44	-/-
Espagne / Spain - Canarias *	39,71	40,00	-/-
Portugal Santa Maria *	15,73	16,02	-/-
Grèce / Greece *	29,35	29,64	-/-
Turquie / Turkey	28,61	28,90	8.89841 TRL
Malte / Malta *	27,21	27,50	-/-
Italie / Italy *	62,68	62,97	-/-
Chypre / Cyprus *	19,02	19,31	-/-
Hongrie / Hungary	29,67	29,96	360.218 HUF
Norvège / Norway	49,74	50,03	10.7790 NOK
Danemark / Denmark	54,25	54,54	7.44042 DKK
Slovénie / Slovenia *	47,89	48,18	-/-
Roumanie / Romania	40,54	40,83	4.85720 RON
République Tchèque / Czech Republic	44,72	45,01	26.7226 CZK
Suède / Sweden	52,47	52,76	10.4166 SEK
République Slovaque / Slovak Republic *	47,66	47,95	-/-
Croatie / Croatia	37,68	37,97	7.53943 HRK
Bulgarie / Bulgaria	28,61	28,90	1.95581 BGN
Macédoine du Nord / North Macedonia	50,87	51,16	61.3941 MKD
Moldavie / Moldova	74,18	74,47	19.5064 MDL
Finlande / Finland *	42,88	43,17	-/-
Albanie / Albania	58,79	59,08	123.550 ALL
Bosnie-Herzégovine / Bosnia and Herzegovina	38,47	38,76	1.94991 BAM
Serbie/Monténégro/KFOR / Serbia/Montenegro/KFOR	41,45	41,74	117.502 RSD
Lituanie / Lithuania *	38,70	38,99	-/-
Pologne / Poland	43,77	44,06	4.47125 PLN
Arménie / Armenia	54,23	54,52	571.916 AMD
Lettonie / Latvia *	29,16	29,45	-/-
Géorgie / Georgia	32,71	33,00	3.72008 GEL
Estonie / Estonia *	33,49	33,78	-/-

\* : State participating in the EMU / Etat participant à l'UME.

The unit rates for Ukraine will be included in Annex A when EUROCONTROL will start billing and collecting route charges on behalf of Ukraine.

Les taux unitaires de l'Ukraine seront inclus dans l'Annexe A lorsque EUROCONTROL commencera à facturer et percevoir les redevances de route pour le compte de l'Ukraine.

Obrázek 6. Sazby poplatků za užívání traťových – navigačních služeb v roce 2021 [35].

Jak lze poznat z obrázku 6, jsou uvedeny národní (National Unit Rate) a globální jednotkové sazby (Global Unit Rate) každé země a dále směnný kurz pro státy, které nepoužívají měnu euro. Rozdíl mezi národní a globální jednotkovou sazbou je administrativní sazba, která pokrývá náklady na CRCO, která tyto poplatky účtuje a vybírá [35].

Ze všech sazeb nás nejvíce budou zajímat sazby pro Maďarsko, Slovensko a Česko a pak ještě pro ostatní státy SuperSectoru: Rakousko, Slovinsko, Bosna a Hercegovina a Chorvatsko. Je jasné, že je nutné použít globální jednotkovou sazbu (Tabulka 5) [35].

**Tabulka 5. Základní sazba poplatků za traťové navigační služby od 1. ledna 2021**

Stát	Základní sazba
Česká republika	45,01
Maďarsko	29,96
Slovenská republika	47,95
Rakousko	61,98
Slovinsko	48,18
Bosna a Hercegovina	38,76
Chorvatsko	37,97

Dále pro výpočet přeletových poplatků nad zemí SuperSectoru je nutné vynásobit přeletové jednotky a základní sazbu poplatku za traťové navigační služby ve vzdušném prostoru každého členského státu, nad kterým trajektorie prochází. Výpočty pro konkrétní let a letadla lze najít v kapitole 5.1 „Výpočty přeletových poplatků pro konkrétní lety“.

#### 4.5. Práce s letovými plány

Porovnáním letu v různých letových hladinách z pohledu paliva bude pravděpodobně výhoda pro vysoké hladiny. Mnohem horší je to, že celková doba letu se může prodloužit. Takže ušetříme pár desítek euro za palivo, protože let ve vyšší cestovní hladině může znamenat nižší spotřebu, ale delší doba letu se rovná větším nákladům z pohledu maintenance hodin. Proto chtějí být společnosti co nejrychleji v destinaci, aby to bylo jednak levné pro zákazníka, ale i proto, že cena maintenance hodiny je obrovská. Právě z tohoto důvodu letecké společnosti, jež provozují „business jety“, skoro vůbec neřeší ekonomiku provozu z pohledu paliva. Tyto



lety méně stojí zákazníka, let je komfortnější jak pro zákazníka, tak i pro posádku, je to bezpečnější kvůli případné technické závadě a lety stojí méně na maintenance hodinách. Toto všechno je nutné při plánování letu zohledňovat a porovnávat. Moderní softwary pro plánování letu jsou velmi chytré a při zvolení optimální letové hladiny se berou v úvahu všechny faktory: doba a délka letu, spotřeba paliva na každé fázi letu a celkově, vzletová hmotnost letadla, zátěž vzdušného prostoru, počasí, vítr atd.

V této práci se neřeší, jestli je let levnější v nižší, nebo vyšší hladině. Primárním cílem je najít rovnováhu mezi vyšším nákladem na let ve vyšší hladině (let se potenciálně může prodloužit) za cenu vyšších nákladů na stoupání, ne však na úkor letu na trati v hladině cestovní. Pokud bude doba letu delší, projeví se to na ceně maintenance hodin. Tady mluvíme v řádu jednotek minut ve většině případů, nicméně maintenance hodina stojí velké peníze. A toto všechno budeme chtít porovnat s tím, jestli by byla dostatečně motivující politika, kdy by se v rámci SuperSectoru neplatil žádný (příp. menší) poplatek jako kompenzace za nepohodlí, že letadlo bude delší dobu ve fázi stoupání a let se může prodloužit o nějakou dobu, v podstatě dobu na stoupání do této vysoké hladiny.

Abychom vše, co je popsáno výše, spočítali a porovnali, je potřeba vycházet z OFP. Všechny lety musí mít stejné podmínky pro letové plány:

1. Trať Bukurešť-Otopeni (LROP) – London Heathrow (EGLL). Případně nějaký podobný „longhaul“ let. Jak už bylo zmíněno výše, náš koncept SuperSectoru má význam především pro lety na dlouhou vzdálenost.
2. Jeden OFP pro cestovní hladinu pod FL410, druhý nad FL410.
3. Letadlo musí být naplněno z 50 % a není podstatné, jestli to budou pasažéři či náklad.
4. Palivo na let.

Aplikovatelnost a výhodnost konceptu SuperSector budu hodnotit na základě OFP, AFM, Flight Planning and Performance Manual, které jsme získali od pilotů a plánovačů společnosti Travel Service, Éclair, ABSJets, AeroPartner a Time Air. Bylo provedeno porovnání, a to podle základních šesti kritérií:

- 1) Celková doba letu;
- 2) Časové náklady na každou fázi letu: stoupání (ICL), let v hladině (ENR), přiblížení (APR);
- 3) Náklady na palivo;
- 4) Náklady na údržbu (náklady z pohledu maintenance – hodin);

- 5) Množství záření ve vysokých nadmořských výškách;
- 6) Přeletové poplatky ANS v současnosti versus případné motivační zvýhodnění.

Výpočty byly provedeny pomocí softwarů Vario, Asana, NAV system, SkyVector, EPCARD a Microsoft Excel.

Kromě toho byly provedeny pohovory s několika piloty z různých společností o jejich zkušenostech při létání nad FL430 a byly zjištěny kladné i záporné stránky. Příkladem práce s OFP jsou výpočty na základě OFP pro letadlo GLEX 6000, které lze najít v kapitole 5.2. „Práce s OFP: výpočty pro letadlo Bombardier Global Express“.

#### **4.6. Práce s Flight Planning and Performance manual**

Práce pouze s OFP je nedostačující. Každé OFP má velmi mnoho proměnných faktorů a vždycky se liší navzájem, a to třeba délkou letu, dobou a kursu letu, počasím, výškou, vzletovou hmotností atd. Abychom se dostali k obecnějším výsledkům, je potřeba pracovat s Flight Planning and Performance Manual.

Flight Planning and Performance Manual je příručka k pochopení výkonového potenciálu a omezení letadla během různých fází letu (Climb, Cruise, Descent, Holding). Specifické údaje o výkonu jsou uvedeny pro různé kombinace, např. zda jsou všechny motory funkční nebo se stala nějaká závada (například ONE engine / TWO engines případně jiné), jestli je systém proti zamrznutí zapnutý, nebo vypnutý (Anti-ice system ON / Anti-ice system OFF), pro různé nastavení rychlosti, otáček dmychadla, hmotnosti, teploty, nadmořské výšky, směru a rychlosti větru.

Dále různé kombinace prezentují určité výsledné hodnoty:

- CLIMB:  
Čas, kdy se letadlo dostane do určité hladiny (v minutách, min), podélná vzdálenost vůči zemi (v námořních mílích, NM), potřebné palivo (v librách, lb) a rychlost stoupání (ve stopách za minutu, FPM)

- CRUISE  
Otáčení dmyhadla (v otáčkách za minutu, RPM), spotřeba paliva (v librách za hodinu, LBS/HR), rychlosti: KIAS (v uzlech, kt), IND MACH, KTAS (v uzlech, kt) a dolet na 100 liber paliva (v námořních mílích na 100 liber paliva, NM/100 lbs).
- DESCENT  
Čas do přistání (v minutách, min), podélná vzdálenost vůči zemi (v námořních mílích, NM), potřebné palivo (v librách, lb), a to všechno v závislosti na rychlosti klesání (NORMAL descent nebo HIGH speed descent) – ve stopách za minutu (FPM).
- HOLDING  
Spotřeba paliva za hodinu (v librách za hodinu, lbs/hod), KIAS (v uzlech, kt), nadmořská výška (ve stopách, ft).

V kapitole 5.3., „Práce s Flight Planning and Performance Manual: výpočty pro letadlo Citation Sovereign+“, jsou uvedeny výpočty na základě Flight Planning and Performance Manual.

## 5. Výsledky

### 5.1. Výpočty přeletových poplatků pro konkrétní let letadel Bombardier Global Express a Cessna Citation Sovereign+

V této podkapitole jsou uvedeny příklady výpočtů přeletových poplatků pro letadla Bombardier Global Express (GLEX 6000) a Cessna Citation Sovereign+ (C680+).

*Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Bombardier Global Express*

$$\text{Přeletová jednotka} = \sqrt{\frac{45,132}{50} * \frac{S}{100}} \quad (6)$$

**Tabulka 6. Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Bombardier Global Express**

Úsek trati	Vzdálenost, nm	Vzdálenost, km	Přeletová jednotka	Sazba	Poplatek
<b>Maďarsko</b>	127	235,204	2,235	29,96 €	66,95 €
<b>Slovensko</b>	74	137,048	1,302	47,95 €	62,43 €
<b>Česko</b>	224	414,848	3,941	45,01 €	177,40 €
<b>Celkově:</b>	425	787,1			<b>306,78 €</b>

Jak je zřejmé z tabulky 6, pro přelet GLEX nad Maďarskem zaplatí společnost poplatky v hodnotě 67 eur, nad Slovenskem 62 eur a nad Českou republikou 177 eur. Takže přelet nad SuperSectorem na trati Bukurešť–Londýn vychází na skoro 307 eur.

*Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Cessna 680+*

$$\text{Přeletová jednotka} = \sqrt{\frac{13,959}{50} * \frac{S}{100}} \quad (7)$$

**Tabulka 7. Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Cessna 680+**

Úsek trati	Vzdálenost, nm	Vzdálenost, km	Přeletová jednotka	Sazba	Poplatek
Maďarsko	127	235,204	1,243	29,96 €	56,05 €
Slovensko	74	137,048	0,724	47,95 €	43,14 €
Česko	224	414,848	2,192	45,01 €	100,50 €
<b>Celkově:</b>	425	787,1			<b>199,69 €</b>

Z tabulky 7 lze vidět, že pro přelet C680+ nad Maďarskem zaplatí společnost poplatky v hodnotě 56 eur, nad Slovenskem 43 eur a nad Českou republikou 100 eur. Takže přelet nad SuperSectorem na trati Bukurešť–Londýn vychází na 200 eur.

## **5.2. Práce s OFP: výpočty pro letadlo Bombardier Global Express**

Bombardier Global Express je dvoumotorové proudové obchodní letadlo od kanadského výrobce Bombardier Aerospace. Existuje pět verzí: originální Global Express, Global 5000, Global 6000, Global 7000 a Global 8000. Global Express má mezikontinentální dosah, může létat do libovolného bodu s jediným zastavením pro palivo. Konkurenčními letadly jsou Airbus Corporate Jet, Boeing Business Jet a Gulfstream G550 [33].

Pro práce s letadlem Bombardier Global Express (GLEX 6000) jsem dostala dva letové plány. Oba OFP jsou pro let na trati Bukurešť–Londýn (LROP–EGLL). První OFP je zpracován pro let v hladině FL340 a druhý pro let v hladině FL430 a následně FL470. Určitě by letadlo GLEX nikdy neletělo v takto nízké výšce FL340 na takto dlouhé trati, ale tady jde pouze o ukázkou co největšího rozdílu v nákladech. Letový plán na let LROP–EGLL v letové hladině FL340 pro letadlo GLEX Global6000 lze najít v příloze 1 a letový plán na let LROP–EGLL v letových hladinách FL430–FL470 pro letadlo GLEX Global6000 – v příloze 2. Dále budu tyto dva letové plány porovnávat.

*Porovnání OFP vzhledem k času letu pro letadlo GLEX:*

Jak lze vidět z tabulky 8, v obou případech, tedy jak pro FL340, tak i pro FL430–FL470 činí celková doba letu 2 hodiny 39 minut. Pouze každá fáze zvlášť trvá různě dlouho, například na stoupání do hladiny 340 potřebuje letadlo GLEX 12 minut, ale do hladiny 430 a následně

pak do FL470 19 minut, což je pochopitelné jak kvůli výšce letu, tak i kvůli nižší hustotě vzduchu s růstem výšky. Je jisté, že nižší hustota produkuje nižší vztlak. Proto dosažení vyšší hladiny je náročnější a delší proces.

Cestovní fáze letu pro FL340 zabere 2 hodiny 10 minut a pro hladinu FL430–FL470 1:57. Takový čas může být způsoben zaprvé nižším odporem vzduchu, zadruhé menší zátěží CVSM prostoru nad FL410 a zatřetí tím, že nad FL410 může letadlo letět ne po tratích, ale napřímo a bez omezení sloty.

Poslední etapou je přiblížení, které činí 17 minut pro hladinu 340 a 23 minuty pro pokles z FL470. Důvody pro časový rozdíl jsou stejné jako při stoupání.

**Tabulka 8. Porovnání OFP vzhledem k času pro letadlo GLEX**

Fáze letu	FL340	FL430–FL470
<i>Stoupání</i>	0:12	0:19
<i>Let v hladině</i>	2:10	1:57
<i>Přiblížení</i>	0:17	0:23
<b>Celkem:</b>	2:39	2:39

*Jednotka čas [hrs].*

Co se týče doby přeletu nad SuperSectorem, je to skoro stejné, liší se pouze o 1 minutu. Takže přelet nad Maďarskem, Slovenskem a Českem zabere 53, resp. 54 minuty.

*Porovnání OFP vzhledem ke spotřebě paliva pro letadlo GLEX:*

Je zřejmé, že vzlet, stoupání, přiblížení a přistání jsou nejnáročnější fáze letu. Podle OFP lze vidět, že letadlo potřebuje více paliva na to, aby se dostalo do FL430–FL470 (příp. z FL470–FL430) než do FL340. Takže na fázi stoupání je to o 568 lbs více a na přiblížení o 118 lbs (Tabulka 9). Ale na druhou stranu společnost ušetří při letu v hladině FL430–FL470, který je o 2 316 lbs ekonomičtější než v hladině FL340. Jak už bylo zmíněno výše, je to způsobeno časem a odporem vzduchu. Celkově vychází, že na let v hladině FL340 je zapotřebí 10 191 lbs paliva a na let v hladinách FL430–FL470 je to 8 561 lbs, což je o 1 630 lbs méně.

**Tabulka 9. Porovnání OFP vzhledem k spotřebě paliva pro letadlo GLEX**

Fáze letu	FL340	FL430–FL470	Rozdíl: FL430–FL470–FL340
<i>Stoupání</i>	1 540	2 108	568
<i>Let v hladině</i>	8 367	6 051	-2 316
<i>Přiblížení</i>	284	402	118
<b>Celkem:</b>	10 191	8 561	<b>-1 630</b>

Jednotka libra [lbs].

Ceník na letecké palivo se přirozeně mění podle letiště i státu. Záleží to na mnoha různých faktorech – především na servisní společnosti, velikosti letiště, existenci konkurenčních firem, směnném kursu atd. Ale pokud pro náš případ použijeme cenu leteckého kerosinu JET A1 od 01.04.2021 na letištní čerpací stanici Příbram (LKPM), což je 1,26 EUR/l, tak celkový rozdíl vyjde na 1 160 eur. Jak už bylo uvedeno výše, a lze to vidět i podle tabulky 10, stoupání do hladiny FL340 je o 404 eur ekonomičtější než do FL430-FL470. To samé přiblížení z hladiny FL340 se vyplatí o 84 eur více než z FL470-FL430. Na druhou stranu let v hladinách FL430–FL470 stojí skoro až o 1 650 eur méně, na rozdíl od letu v hladině FL340.

**Tabulka 10. Porovnání OFP vzhledem k ceně za palivo pro letadlo GLEX.**

Fáze letu	FL340	FL43 –FL470	Rozdíl: FL430–FL470–FL340
<i>Stoupání</i>	1 096	1 500	404
<i>Let v hladině</i>	5 956	4 307	-1 649
<i>Přiblížení</i>	202	286	84
<b>Celkem:</b>	7 254	6 094	<b>-1 160</b>

Jednotka euro [€].

Pokud budeme chtít porovnat cenu za palivo při přeletu pouze nad SuperSectorem, tak znovu potřebujeme OFP a budeme porovnávat spotřebu od traťového bodu BUDOP do bodu VARIK. Pro úsek 425 NM dlouhý při letu v hladině FL340 GLEX spotřebuje letadlo 3 487 lbs a v hladině FL430–FL470 2 717 lbs. (Tabulka 11). To při ceně 1,26 EUR/l vyjde na 2 482 eur pro FL340 a 1 934 eur pro FL430–FL470. Rozdíl je 548 eur.

**Tabulka 11. Porovnání OFP vzhledem k spotřebě paliva pro letadlo GLEX nad SuperSectorem.**

WPT		FL340	FL430–FL470	Rozdíl: FL430–FL470–FL340
<i>BUDOP</i>	Maďarsko	1 039	817	-222
<i>PATAK</i>				
<i>LALES</i>	Slovensko	606	477	-129
<i>BABUS</i>				
<i>VARIK</i>	Česko	140	109	-31
<b>Celkem:</b>		1 702	1 314	-388
		3 487	2 717	-770

*Jednotka libra [lbs].*

*Porovnání OFP vzhledem k nákladům na údržbu pro letadlo GLEX:*

Pro podrobnější práci je zapotřebí vzít v úvahu ještě jeden velice důležitý faktor, který hodně ovlivňuje finanční stránku společnosti. Jsou to náklady spojené s údržbou, takzvané maintenance hodiny. Můžeme ušetřit na palivu, ale na druhou stranu kvůli delší době na vzlet a přistání letadlo potřebuje celkově na let více času. To automaticky znamená, že víc zaplatí za maintenance hodinu, jejíž cena je dost vysoká.

Například na spotřebě paliva kvůli odporu letadlo ušetří 250 eur, ale na maintenance hodinu tím, že poletí o cca 20 minut déle, to bude stát o 450 eur více. Je jasně vidět, že letět vysoko není v tomto případě vhodné. Tady přichází na řadu koncept SuperSector. Kdyby to bylo bez poplatku (příp. zlevněno), znamenalo by to, že stále bude výhodné v hladinách nad FL410 letět a tím pádem se uvolní místo v nižších hladinách pro letadla, která tak vysoko letět nemohou.

To, co je popsáno v této podkapitole, je spíše obecný princip. Každý případ je zcela individuální. Pokud se podíváme do našich letových plánů (FL340 a FL470), uvidíme, že na náš model letu LROP–EGLL to nemá vliv, protože doba letu na trati LROP–EGLL je úplně stejná a rovná se 2 hodinám a 39 minutám. To znamená, že cena maintenance hodiny bude stejná. Je velmi mnoho proměnných faktorů, které to mohou měnit.



Porovnání OFP vzhledem k množství záření:

Ozáření je přímé působení ionizujícího záření na člověka. Ozáření se vyjadřuje veličinami dávka a dávkový příkon. Jednotkou dávky je Sievert (Sv) a dávkový příkon se měří v Sievertch za hodinu (Sv/h). Dávka a dávkový příkon jsou pojmy, které se běžně používají, ale správný výraz je osobní dávkový ekvivalent (Sv) a příkon osobního dávkového ekvivalentu (Sv/h).

Pro výpočet radiační dávky pro náš model letu jsem používala software EPCARD (Obrázek 7).

EPCARD (European Program Package for the Calculation of Aviation Route Doses) je softwarový program, který počítá radiační zátěž posádek. Softwarový kód je založen na transportním kódu FLUKA. EPCARD umožňuje výpočet simulované dávky z nejdůležitějších složek pronikajícího kosmického záření na jakékoli letecké trase a pro jakýkoli letový profil ve výškách od 5 do 25 km. EPCARD pomáhá leteckým společnostem sledovat ozáření a dodržovat předpisy týkající se této oblasti [36].

**Flugdateneingabepanel**

Datum: 9 3 2021 Flugnummer\*: XX001

Startflughafen: BUCHAREST/BUCURESTI, ROMANIA --LRBS--BBL LROP

Zielflughafen: LONDON, UNITED KINGDOM --EGKK--LGW EGLL

Flugflächen Anzahl in Flugprofile: 1 Flughöhe Einheit: Fuß

Mailadresse\*: obieedar@fd.cvut.cz Sicherheitscode: vk62k vk62k

**Assistentpanel**

31 Date of flight

Flight Level No.2

Flight Level No.1

Feet or meter

Flight Level No. ..number (max. 12)

Departure airport

Destination airport

- Enter into the corresponding fields of the panel on the left the essential information for your flight using the infographic above. Inputs marked with blue color are mandatory. Follow the instructions appearing in tooltip text while you move the mouse pointer over each input field.
- To go to the next step copy the captcha code from the image on the left into the field on the right and click on the "Next" button.
- > More help

\* - optionales Feld, kann leer gelassen werden

Obrázek 7. Software EPCARD [37].

Efektivní dávka (v  $\mu\text{Sv}$ ) se zobrazuje vlevo ve výsledkové formě a zaokrouhlí se na nejbližší celé číslo. Celková doba letu se vypočítá jako součet doby trvání letu na všech letových hladinách, a to včetně časů stoupání a klesání na začátku a na konci letu.

Pro zadané parametry prvního OFP (datum, letiště odletu a příletu, výška letu ve stopách, čas na stoupání, na let v hladině FL340 a na přiblížení) software ukazuje efektivní dávku 13  $\mu\text{Sv}$  (Obrázek 8).

Flugprofileeingabepanel		Flugdosisberichtspanel	
Datum: <b>26.11.2020</b>	Flugnummer* <b>XX001</b>	Flugnummer* <b>XX001</b>	
Von: <b>BUCHAREST/BUCURESTI, ROMANIA</b>	Nach: <b>LONDON, UNITED KINGDOM</b>	Von: <b>BUCHAREST/BUCURESTI, ROMANIA -LROP</b>	Dauer
		Nach: <b>LONDON, UNITED KINGDOM -EGLL</b>	Flughöhe
Dauer:	Höhe:	Am: <b>26.11.2020</b>	
00:12 hh:mm	Steigflug	Gesamtflugdauer: <b>02:39</b> hh:mm	
02:10 hh:mm	34000 Fuß	Effektive Dosis: <b>13<math>\mu\text{Sv}</math></b>	
00:17 hh:mm	Sinkflug	(Der Wert ist ganzzahlig gerundet)	
Zurück	<b>1 2 3</b>	Zurück	<b>1 2 3</b>
	Weiter		Anfang
* - optionales Feld, kann leer sein		* - optionales Feld, kann leer sein	

Obrázek 8. Výpočet radiační dávky pro OFP na letové hladině FL340 [37].

Efektivní dávku pro let v hladinách FL430 a následovně FL470 vidíme na obrázku 9.

Flugprofileeingabepanel		Flugdosisberichtspanel	
Datum: <b>26.11.2020</b>	Flugnummer* <b>XX001</b>	Flugnummer* <b>XX001</b>	
Von: <b>BUCHAREST/BUCURESTI, ROMANIA</b>	Nach: <b>LONDON, UNITED KINGDOM</b>	Von: <b>BUCHAREST/BUCURESTI, ROMANIA -LROP</b>	Dauer
		Nach: <b>LONDON, UNITED KINGDOM -EGLL</b>	Flughöhe
Dauer:	Höhe:	Am: <b>26.11.2020</b>	
00:19 hh:mm	Steigflug	Gesamtflugdauer: <b>02:39</b> hh:mm	
1 00:10 hh:mm	43000 Fuß	Effektive Dosis: <b>21<math>\mu\text{Sv}</math></b>	
2 01:47 hh:mm	47000 Fuß	(Der Wert ist ganzzahlig gerundet)	
00:23 hh:mm	Sinkflug		
Zurück	<b>1 2 3</b>	Zurück	<b>1 2 3</b>
	Weiter		Anfang
* - optionales Feld, kann leer sein		* - optionales Feld, kann leer sein	

Obrázek 9. Výpočet radiační dávky pro OFP na letových hladinách FL430-FL470 [37].

Výsledek je 21  $\mu\text{Sv}$ . Přibližně stejnou dávku by člověk dostal při rentgenovém snímku plic (~20  $\mu\text{Sv}$ ).

Letecké společnosti mají povinnost kontrolovat členy posádky, aby nedostávali radiální dávku větší než 100 mSv za každých 5 let a maximálně 50 mSv ročně. Normou pro těhotné členky posádky je 1 mSv do konce těhotenství.

Pracovní poměr se u jednotlivých dopravců liší, nicméně obecně se dá říct, že záleží zejména na tom, jestli pilot létá krátké linky pravidelné letecké dopravy (shorthaul), dlouhé linky pravidelné letecké dopravy (longhaul) nebo například „charterové“ lety (nepravidelná letecká doprava). Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA) jej reguluje předpisem Part-ORO.FTL. Jsou zde stanoveny limity pro maximální denní, týdenní, měsíční i roční nálet. Předpis rozlišuje letové hodiny a délku služby (která může zahrnovat např. briefing, školení, výcvik atd.). Pilot by dle předpisu neměl odlétat více jak 110 hodin za 14 dní, a ne více jak 1 000 hodin ročně, což vychází kolem 83 hodin měsíčně [38].

Rozdíl v radiální dávce záření, které členové posádky dostanou při letu z Bukurešti do Londýna, je  $21 - 13 = 8 \mu\text{Sv}$ . Pokud pilot bude pracovat 83 hodin měsíčně, při letech v hladině FL340 dostane  $83 \times 13 = 1\,083 \mu\text{Sv}$  měsíčně, 13 mSv ročně, ale v hladinách FL430–FL470 dostane  $83 \times 21 = 1\,750 \mu\text{Sv}$  měsíčně, 21 mSv ročně. Z toho vychází, že roční rozdíl je 7 mSv. Takovéto výpočty jsou hodně přibližné a let od letu se vždy mění, také i od počasí. Ale jako výsledek bych uvedla, že jak 13 mSv, tak i 21 mSv jsou dávky, které se nachází v rozsahu předepsané normy, ale spíše záleží na rozhodnutí pilota a letecké společnosti, jestli považují dávku 7 mSv za velkou nebo ne.

*Porovnání OFP vzhledem k počasí a povětrnostním podmínkám pro letadlo GLEX:*

Nyní už víme, že důležitou roli v letectví hraje počasí, vítr, teplota, turbulence a další meteorologické jevy. Podle OFP můžeme sledovat změnu parametru počasí v závislosti na výšce. V OFP pro letadlo GLEX se ve složce ISA píše odchylka od počasí ke každému tratovému bodu. Pokud známe vzorec  $ISA = 15 - 2 \times FL/10$  (ale maximálně  $-56,5$ ), je snadné spočítat teplotu. Z pohovoru s piloty bylo zjištěno, že odklonění od  $-2$  do  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  je skoro zanedbatelné. Přesně taková odchylka je ukázaná v letových plánech, se kterými pracuji v této práci.

Pro FL340 je to maximálně  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  a pro FL470 maximálně  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Piloti vysvětlili, že čím je teplota nižší, tím je to lepší pro výkon letadla. ISA pro FL340 se rovná  $15 - 2 \times FL340/10 =$

-53 °C a k tomu ještě maximální odchylka od ISA (podle OFP) -5, vycházející teplota se rovná  $-53 - 5 = -58$  °C.

V případě FL430 – FL470  $15 - 2 \times \text{FL470}/10 = -79$ °C, ale víme, že největší hodnota může být -56,5 a k tomu odchylka -2 °C, takže ve výsledku  $-56,5 - 2 = -58,5$  °C.

Lze vidět, že teplota na FL340 a FL470 nám vychází stejná v konkrétním případě a znamená to, že skoro nebude mít vliv na spotřebu paliva a výkonné charakteristiky letadla. Občas ale pilotům nastane velké odklonění od ISA, například -11, +33 °C, v takových případech to má velký vliv na letadlo a plánovací oddělení a piloti musí promyslet, jestli je potřeba měnit letovou hladinu, aby se vyhnuli nepříjemným jevům.

Co se týče větru, jak už bylo popsáno výše, čím je vyšší letová hladina, tím řidší je vzduch, hustota klesá a vítr je také menší. Na jednu stranu je to kladné kvůli menšímu odporu při letu v hladině, ale na druhou stranu záporné kvůli tomu, že dostat se do vyšší hladiny je těžší a trvá to delší dobu, protože letadlo není schopno vygenerovat potřebný vztlak.

### **5.3. Práce s Flight Planning and Performance Manual: výpočty pro letadlo Citation Sovereign+**

V této podkapitole budu pracovat s Flight Planning and Performance Manual pro letadlo Cessna Citation Sovereign+ (C680+). C680+ je americké obchodní letadlo vyvinuté společností Cessna, která je součástí rodiny Cessna Citation [39]. Letadlo má křídla, která zvyšují dosah a v kombinaci s výkonnými motory umožňují přistávat na menších drahách a na letištích obklopených překážkami. To zkracuje dobu cesty a umožňuje přístup k oblíbeným cílům. Má následující parametry: maximální dosah 3 200 NM, maximální cestovní rychlost 460 KTAS, maximální počet cestujících je 12 a užitečné zatížení 12 794 lbs [40]. Manuál lze najít v příloze č. 3. „Výpočty byly prováděny pomocí programu Microsoft Excel“.

#### *CLIMB*

Pro vzlet byly použity hodnoty pro následující kombinace nastavení: Anti-ice system OFF, ISA normal, Zero wind, vzletová hmotnost 29 000 lbs – T.O.WEIGHT 29 000 LBS (Tabulka 12). Stejně jako při výpočtech pro letadlo GLEX použijeme cenu leteckého kerosinu JET A1 od 01.04.2021 na letištní čerpací stanici Příbram (LKPM), což je 1,26 EUR/l (32 Kč/l). Tabulky 12, 13 a 15 jsou zkrácené mezi hladinami FL150 a FL430. Celkové údaje lze nalézt v příloze č. 3. „Flight Planning and Performance Manual pro letadlo Citation Sovereign+ (C680+)“.

**Tabulka 12. Data a výpočty pro stoupání pro letadlo Citation Sovereign+.**

Tlaková výška, FT	5 000	10 000	15 000–43 000	45 000	47 000
Čas, MIN	1	2		22	32
Podélná vzdálenost, NM	5	9		130	187
Palivo, LB	88	173		957	1 160
Rychlost stoupání, FPM	4 690	4 707		342	113
Cena, Kč	1 591,00	3 127,77		17 302,16	20 972,31
Cena, €	62,65	123,16		681,27	825,78

### CRUISE

Pro let v hladině byly použity hodnoty pro následující kombinace nastavení: Two engines, Anti-ice system OFF, ISA normal, Zero wind. Tabulka 13 ukazuje příklad dat pro letadlo při hmotnosti 27 000 lbs. Pro přesnější výsledky výpočty byly udělané gradientně. To znamená, že letadlo postupně mění svoji hmotnost kvůli pálení kerosinu. Jeho hmotnost se zmenšovala a kvůli tomu se mění i dolet.

**Tabulka 13. Data a výpočty pro let v hladině pro letadlo Citation Sovereign+ při hmotnosti 27 000 lbs.**

Tlaková výška, FT	5 000	10 000	15 000–43 000	45 000	47 000
FAN PROCENT, RPM	70,6	77		96,6	96,9
Spotřeba paliva, LBS/HR	1 873	1 994		1 238	1 111
KIAS, KTS	242	259		185	162
IND. MACH	0,4	0,47		0,7	0,65
KTAS, KTS	259	298		400	369
Dolet na 100 lbs, NM/100LBS	13,8	15		32,3	33,2
Spotřeba paliva, LBS/NM	7,25	6,67		3,10	3,01
Cena 1 NM, Kč	132,17	121,60		56,47	54,94
Cena 1 NM, €	5,20	4,79		2,22	2,16

Tabulka 14 je příkladem (pro tlakovou výšku 27 000 stop) jedné z 19 tabulek pro různé tlakové výšky, ze kterých je vidět závislost mezi spotřebou paliva, rychlosti KTAS, doletem na 100 lbs

paliva a hmotnosti letadla (30 775 lbs, 30 000 lbs, 29 000 lbs, 28 000 lbs, až do 20 000 lbs, což už je minimální hmotnost pro přistání).

**Tabulka 14. Příklad dat pro tlakovou výšku 27 000 stop.**

Tlaková výška 27 000 FEET			
Hmotnost, LBS	Spotřeba paliva, LBS/HR	KTAS, KTS	Dolet na 100 lbs, NM/100LBS
30 775	1822	380	20,9
30 000	1809	380	21
29 000	1794	380	21,2
28 000	1724	374	21,7
27 000	1711	374	21,8
25 000	1642	368	22,4
23 000	1621	368	22,7
20 000	1502	356	23,7

#### DESCENT

Pro přiblížení byly použity hodnoty pro následující kombinace nastavení: Anti-ice system OFF, Normal descent (rychlost klesání 2 000 FPM), Zero wind. V tabulce 15 je uveden příklad pro hmotnost letadla na začátek klesání 24 000 lbs. Ale v práci byly použity všechny možné hmotnosti pro začátek klesání: 28 000 lbs, 24 000 lbs a 20 000 lbs.

**Tabulka 15. Data a výpočty pro přiblížení letadla Citation Sovereign+ hmotnosti 24 000 lbs na začátku přiblížení.**

Tlaková výška, FT	5 000	10 000	15 000–43 000	45 000	47 000
Čas, MIN	2,5	5		23,2	24,6
Podélná vzdálenost, NM	11	22		148	158
Palivo, LB	31	60		365	381
Cena, Kč	560,47	1 084,77		6 599,05	6 888,32
Cena, €	22,07	42,71		259,84	271,23



červeně označené oblasti jsou málo pravděpodobné, letadlo bude stoupat a po krátké době se zase přibližovat.

Červená oblast v levém dolním rohu také není možná kvůli tomu, že na začátku klesání by letadlo mělo vážit minimálně kolem 20 000 lbs, takže značení vedle tohoto limitu pokračovat dále nesmí.

Z tabulky 16 lze vidět, že s růstem výšky a s poklesem hmotnosti se dolet zvyšuje (z levého horního rohu k pravému dolnímu).

Logicky se spotřeba paliva odráží na ceně stejným způsobem (Tabulka 17). Tzn. pro lety délky od 400 do 800 NM je ekonomičtější tlaková výška 45 000 ft. Pokud letadlo poletí dál než 800 NM, je výhodnější z pohledu ceny výška 47 000 stop. Co se týče letu na krátké vzdálenosti (do 400 NM), tam nemá smysl stoupat příliš vysoko, protože jinak by byl CRUISE minimální.



Tabulka 17. Cena letu v závislosti od délky pro letadlo Citation Sovereign +.

Délka letu	Tlaková výška																			
	5000	10000	15000	17000	19000	21000	23000	25000	27000	29000	31000	33000	35000	37000	39000	41000	43000	45000	47000	
100	582,82	597,17	616,48	629,30	640,31	655,11	670,69	1 027,63	1 037,12	1 039,09	1 038,64	1 043,86	1 047,73	1 045,24	1 299,03	1 303,12	1 305,71	1 307,50	1 307,50	1 554,62
200	1 106,27	1 078,18	1 042,76	1 040,79	1 033,62	1 033,78	1 037,64	1 371,53	1 365,18	1 361,21	1 342,87	1 338,02	1 326,90	1 306,96	1 547,94	1 543,62	1 537,59	1 533,50	1 533,50	1 778,48
300	1 629,71	1 555,95	1 471,60	1 447,58	1 424,76	1 410,43	1 397,18	1 715,44	1 693,23	1 683,33	1 647,09	1 632,19	1 606,07	1 568,68	1 796,85	1 784,12	1 769,48	1 759,49	1 759,49	1 992,90
400	2 145,57	2 030,54	1 890,36	1 847,51	1 815,91	1 787,09	1 756,71	2 056,05	2 019,79	1 998,32	1 948,74	1 922,76	1 883,07	1 829,44	2 043,18	2 017,53	1 994,76	1 979,89	1 979,89	2 207,33
500	2 661,42	2 505,13	2 309,11	2 247,45	2 204,92	2 159,81	2 109,13	2 396,67	2 346,34	2 313,31	2 250,38	2 213,32	2 160,06	2 090,21	2 289,50	2 250,93	2 220,04	2 200,29	2 200,29	2 421,75
600	3 169,15	2 986,12	2 727,87	2 647,38	2 593,92	2 532,52	2 461,55	2 750,09	2 687,13	2 628,31	2 552,03	2 503,89	2 437,06	2 350,97	2 535,83	2 484,33	2 445,32	2 420,69	2 420,69	2 648,52
700	3 674,04	3 457,57	3 154,45	3 056,57	2 992,90	2 915,91	2 826,07	3 090,71	3 013,68	2 958,25	2 869,33	2 810,82	2 714,06	2 611,73	2 798,53	2 734,82	2 684,87	2 652,26	2 652,26	2 886,06
800	4 178,92	3 929,02	3 568,34	3 452,06	3 367,57	3 280,98	3 178,49	3 423,36	3 331,48	3 262,47	3 170,98	3 101,39	3 007,43	2 888,87	3 044,86	2 968,23	2 907,33	2 866,04	2 866,04	3 063,61
900	4 676,74	4 400,46	3 982,22	3 847,55	3 742,25	3 646,05	3 527,45	3 756,02	3 649,29	3 566,70	3 463,94	3 382,77	3 274,05	3 149,63	3 283,74	3 201,63	3 129,79	3 079,82	3 079,82	3 267,00
1000	5 178,83	4 870,55	4 396,11	4 243,05	4 116,92	4 011,12	3 876,41	4 088,68	3 967,09	3 870,92	3 756,89	3 664,14	3 540,67	3 401,18	3 522,63	3 429,07	3 352,26	3 290,44	3 290,44	3 470,40
1100	5 676,65	5 332,82	4 815,20	4 638,54	4 491,60	4 376,18	4 225,37	4 421,33	4 284,90	4 175,14	4 049,85	3 945,52	3 807,30	3 652,73	3 761,52	3 656,51	3 574,72	3 501,05	3 501,05	3 673,79
1200	6 174,47	5 795,08	5 224,33	5 025,43	4 862,37	4 730,36	4 574,34	4 746,39	4 602,70	4 479,37	4 342,80	4 226,90	4 073,92	3 904,28	4 000,40	3 883,95	3 797,18	3 711,67	3 711,67	3 877,19
1300	6 257,34	5 857,34	5 282,22	5 073,50	4 916,31	4 778,48	4 635,76	4 812,89	4 676,91	4 551,59	4 419,38	4 296,91	4 147,17	4 007,38	4 239,29	4 111,39	4 009,05	3 922,28	3 922,28	4 074,94
1400	6 042,59	5 809,89	5 161,02	4 952,22	4 795,11	4 653,50	4 505,13	5 073,95	4 939,89	4 814,50	4 684,16	4 558,93	4 424,16	4 284,38	4 478,18	4 338,83	4 220,92	4 126,85	4 126,85	4 272,68
1500	6 451,72	6 196,79	5 986,79	5 866,79	5 986,79	5 806,39	5 611,13	6 063,01	5 922,89	5 797,95	5 673,50	5 551,13	5 424,16	5 292,38	5 495,98	5 356,53	5 242,79	5 141,41	5 141,41	4 470,43
1600	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	4 668,17
1700	6 514,74	6 259,74	6 050,74	5 930,74	6 050,74	5 870,34	5 675,54	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	4 860,05
1800	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	5 051,94
1900	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	5 243,82
2000	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	5 431,65
2100	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	5 619,48
2200	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	5 828,67
2300	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 016,50
2400	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 204,34
2500	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 331,67
2600	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 458,00
2700	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 585,32
2800	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 712,64
2900	6 357,56	6 102,56	5 897,56	5 777,56	5 897,56	5 717,16	5 522,36	6 388,07	6 247,10	6 122,16	6 000,71	5 880,26	5 759,81	5 639,36	5 843,98	5 704,53	5 590,19	5 488,81	5 488,81	6 839,96

Jednotka euro [€].

Z tabulky 17 lze vidět, že ani není potřeba nějak motivovat letadla letět výše, protože se začíná s lety dlouhými 800 NM a delšími, z pohledu paliva jsou levnější hladiny nad FL410. Maximálně bychom mohli motivovat lety, které jsou dlouhé kolem 300 NM, protože takové lety by ještě mohly nějakou dobu letět nad FL410 a pořád by uvolnily místo pro jiná letadla v nižších hladinách, stejně jako by zjednodušily zatížení ATC. Zkusíme se podívat, jak vypadá situace s časem pro stejné kombinace (Tabulka 18).



Situace s časem je zajímavější a možná by mohla vysvětlit, proč řídicí letového provozu občas vidí letadla letící nízko, ale jsou schopná letět mnohem výše. Čas v letectví hraje velkou roli, a to jak pro cestující, kteří se chtějí rychleji dostat do konečné destinace, tak i pro letecké společnosti, a to nejenom kvůli tomu, že chtějí uskutečnit co nejvíce letů, ale i kvůli maintenance hodinám. Z tabulky 17 vidíme, kolik bude trvat let při různých kombinacích tlakové výšky a délky letu. Zelená barva ukazuje časová minima. Je zajímavé se podívat na poslední sloupec „Rozdíl s FL410“. Začíná se z letu dlouhého 2 200 NM, časově výhodnější je letět ve výšce FL410 a výš. Pro takovéto lety ani není potřeba motivace v podobě přeletových poplatků. Lety 1 700–2 100 NM mají rozdíl s FL410 kolem 1–2 minuty. Rozdíl je zanedbatelný a je pravděpodobné, že by letadlo využilo hladinu nejvíce. Rozdíl 5–7 minut je pro lety se vzdáleností 1 200–1 600 NM. Ale pro lety 300–1 100 NM časový rozdíl mezi minimálním časem a časem, který by byl v hladině FL410, je už poměrně velký, 9 až 16 minut.

## 6. Diskuze

V této kapitole bych ráda shrnula výsledky předchozí kapitoly a diskutovala aplikovatelnost navrženého konceptu SuperSector.

Koncept nabízí spoustu výhod: menší spotřebu paliva kvůli nižší hustotě vzduchu ve vyšších hladinách, nižší zatíženost vzdušného prostoru, možnost měnit letové trasy, neexistenci rychlostních limitů a slotů, větší pohodlí létat v těchto letových hladinách kvůli absenci turbulencí a bouří, které na těchto úrovních obvykle již nejsou, nižší emise atd. Ale kromě všeho koncept navrhuje odstranění traťově-navigačních poplatků. V práci byly rozebrány příklady výpočtu přeletových poplatků, podle nichž lze vidět, že na traťově-navigačních poplatcích by „business jety“ mohly ušetřit kolem 200–300 eur, a to určitě v závislosti od vzletové hmotnosti a délky trajektorie nad SuperSectorem (resp. nad FAB CE).

Když se provádělo porovnání letových plánů pro hladiny v RVSM prostoru (v případě této práce FL340) a prostoru nad FL410 (tedy FL430 a následovně FL470) tak bylo také vidět, že let v hladinách FL430 – FL470 byl optimálnější skoro ze všech pohledů. Vzhledem k času to trvalo stejnou dobu, tzn. na práci posádek, najmu letadla, údržbě (maintenance hodinách) a jiných časově závislých kritériích to nemělo vliv. Vzhledem k spotřebě paliva byla ekonomičtější hladina FL430 – FL470. Dokonce i vzhledem k povětrnostním podmínkám je to lepší, protože jak už bylo zmíněno, nejsou v takto vysokých letových hladinách nežádoucí přírodní jevy. Ze záporných výsledků porovnání vyplývalo větší množství záření a kratší čas při dekompresi kolem 10–15 sekund.

Práce s Flight Planning and Performance Manual ukázala obecnější pohled na situace. Tato situace není stejná jako v případě OFP, když výsledek byl individuální a variabilní na vstupních proměnných. Na základě Flight Planning and Performance Manual se povedlo najít optimálnější letovou hladinu při různých kombinacích celkové délky trati a letové hladiny. Ukázalo se, že lety dlouhé 1700 NM a delší určitě poletí nad hladinou FL410, a to jak z důvodu šetření paliva, tak i času. Všechny středně dlouhé lety (delší než 400 NM) mají ekonomičtější hladiny nad FL410, ale pouze z pohledu spotřeby paliva, jinak vzhledem k času a zároveň i ke všem dalším nákladům spojeným s časem to nebylo výhodné a motivace odstranění přeletových poplatků by mohla přispět. Protože pro lety v rozsahu 400–1600 NM časový rozdíl s hladinou alespoň FL410 je 5 až 12 minut, což bude znamenat rychlejší nástup údržby (maintenance hodiny), pronájem delší doby letadla, plat posádky, která by v tuto dobu už mohla začít připravovat další let nebo alespoň přípravu k němu.

Všechno bude záležet na zvážení letecké společnosti, a pravděpodobně i zákazníka, protože pracujeme s „business trhem“ a za všechno platí klient. Jestli považují 5–12 minut za velký rozdíl, jestli uvažují větší množství záření jak na posádku, tak i na cestující za nebezpečí, jestli berou na sebe riziko rychlé dekomprese – řešení by mohl představovat koncept SuperSector a politika odstranění přeletových poplatků.

## 7. Závěr

Po rozhovoru s pracovníky plánovacího oddělení a s piloty byl formulován závěr, že pokud je to možné, letadlo vždy využije co nejvyšší letovou hladinu z důvodů menšího zatížení vzdušného prostoru nad FL410, pohodlí posádky a cestujících, menší pravděpodobnosti vzniku nepříznivých meteorologických jevů, absenci regulací, slotů atd. Podle výpočtů na základě letových plánů a Flight Planning and Performance Manual jsme také zjistili, že pro většinu letů je výhodnější letět nad F410 i z důvodů ekonomických faktorů a úspory času. Maximálně by koncept SuperSector mohl být užitečný pro středně dlouhé lety 400 až 1 000 NM, a to především kvůli času (pronájem letadla, maintenance hodiny atd.). Musíme ale vzít v úvahu jeden hodně důležitý faktor, a to že koncept, který je v této bakalářské práci navržen, je určen pro letadla business třídy a pro takové letecké firmy ekonomická stránka nehraje tak důležitou roli jako například pro nízkonákladové společnosti, a na první místo staví pohodlí cestujících a posádky.

Například kdyby plánovací software ukázal, že optimální hladina je FL400 a následující softwarem nabízená hladina by byla FL430, stálo by to o 100 lbs paliva více (~60 eur), ale na druhou stranu by podle konceptu SuperSector bylo nabízeno zvýhodnění přeletových poplatků (~200 eur), což by ve výsledku stálo  $200 - 60 = 140$  EUR a případné zvýšení doby letu, je tedy pravděpodobné, že business společnost nebude uvažovat nad takovýmto konceptem. Pronájem business jetu zákazníkem je tak drahá záležitost, (např. Gulfstream kolem 200–300 tis. Kč za 2 hodiny), že 140 EUR, což je kolem 3 500 Kč, je skoro zanedbatelná a nezajímavá částka. Určitě by to ale stálo za zvážení letecké společnosti. Kromě toho bych chtěla dodat, že moderní plánovací softwary jsou natolik inteligentní a dokonalé, že dokáží vypočítat nejlepší hladinu dle aspektů řešení z pohledu letecké společnosti.

Pro zpracování bakalářské práce byly použity programy Vario, Asana, NAV systém, SkyVector, EPCARD a Microsoft Excel. Textová část byla zpracována v programu MS Word. Společnosti, piloti a plánovači, se kterými jsem během psaní této práce pracovala – Travel Service, Éclair, ABSJets, AeroPartner a Time Air.

Závěrem ještě jedna myšlenka, pokud by SuperSector měl širší oblast působení nejenom nad FAB CE, tak zvýhodnění přeletových poplatků by bylo pro společnosti větší a možná zajímavější. V magisterské práci bych ráda prozkoumala další kombinace, pro koho by koncept mohl být zajímavý.

## 8. Použité zdroje

[1] *Introduction to Airspace*. NATS [online]. © Copyright NATS Limited 2020 [cit. 10-07-2020].

Dostupné z: <https://www.nats.aero/ae-home/introduction-to-airspace/>

[2] *FIS - Flight Information Service*. EGAST. 2014 [cit. 10-07-2020].

[3] *FIR/UIR in the Lower Airspace*. EUROCONTROL [online]. 19.01.2021 [cit. 13-02-2021].

Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-01/firuir-lower-airspace-ectl-2021.pdf>

[4] *FIR/UIR in the Upper Airspace*. EUROCONTROL [online]. 19.01.2021 [cit. 13-02-2021].

Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-01/firuir-upper-airspace-ectl-2021.pdf>

[5] *Letecký předpis L2 "Pravidla létání"*. Ministerstvo dopravy České Republiky. 04. 12. 2014. [cit. 12-09-2020].

[6] ABEYRATNE Ruwantissa. *In search of theoretical justification for air defence identification zones*. ICAO. 13.09.2011 [cit. 12-09-2020].

[7] HABRNAL Lukáš. *Rozdělení vzdušného prostoru II*. Airguru [online]. © Copyright Limited 2020 [cit. 19-07-2020]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/rozdeleni-vzdušneho-prostoru-ii#CTR>

[8] *Vzdušný prostor*. Wikipedie. [online]. © Copyright Limited 2020 [cit. 19-07-2020].

Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzdušný\\_prostor#Koncová\\_ř%C3%ADzená\\_oblast](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzdušný_prostor#Koncová_ř%C3%ADzená_oblast)



[9] *VFR-ENR-1 příručka "Vzdušný prostor"*. Řízení letového provozu. [online]. 20.05.2021 [cit. 01-06-2021]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr\\_1\\_cz.pdf](https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr_1_cz.pdf)

[10] *Annex 11 "Air Traffic Services"*. ICAO. 2001 [cit. 19-07-2020]

[11] *AIP ČR ENR 1.4 „Klasifikace vzdušného prostoru ATS"*. Řízení letového provozu. [online]. 05.12.2019 [cit. 20-07-2020]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/aip/data/valid/e1-4.pdf](https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e1-4.pdf)

[12] *Předpis L4444. Hlava 5 "Druhy a minima rozstupů"*. Ministerstvo dopravy České Republiky. [online]. 22.06.2017 [cit. 20-07-2020]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-4444/index.htm>

[13] *What is differences between CVSM and RVSM?* Air.Net. [online]. 19.03.2019 [cit. 20-07-2020]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/1784309405116592/posts/what-is-differences-between-cvsm-and-rvsm-seems-some-of-you-still-confuse-so-let/2234438936770301/>

[14] *Letecký předpis L11 "Letové provozní služby"*. Ministerstvo dopravy České Republiky. 27. 02. 2000. [cit. 22-07-2020].

[15] SVOBODA Pavel. *Systém řízení letového provozu v ČR*. Aeroweb.cz. [online]. 19.11.2007. [cit. 11.08.2020]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/906-system-rizeni-letoveho-provozu-v-cr>

[16] *Naše služby*. ŘLP ČR, s.p. [online]. © Copyright Limited 2020. [cit. 05.12.2020]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/sluzby/nase/Stranky/default.aspx>

[17] LUNDBERG Jonas, JOHANSSON Jimmy, FORSELL Camilla, JOSEFSSON Billy. *The Use of Conflict Detection Tools in Air Traffic Management – an Unobtrusive Eye Tracking Field Experiment During Controller Competence Assurance*. 07.2014 [cit.03-03-2021].  
Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/265125486>

[18] *VFR-GEN-6-2 "Letové provozní služby"*. VFR příručka České republiky. 28.01.21 [cit.03-03-2021]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/gen\\_6\\_cz.pdf](https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/gen_6_cz.pdf)

[19] *Performance-based Communication and Surveillance (PBCS) Manual ICAO Doc 9869* (prezentace). FAA WJH Technical Center. 11-15.09.2017. [cit. 22-07-2020]. Dostupné z: [https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2017/Gold/P07%20PBCS%20Manual\\_revised%2010-3-17.pdf](https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2017/Gold/P07%20PBCS%20Manual_revised%2010-3-17.pdf)

[20] *Performance-Based Navigation Manual (PBN) ICAO Doc 9613*. ICAO. 2008. [cit. 22-07-2020]. Dostupné z: <https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf>

[21] *Standardní atmosféra*. Wikipedie. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit.13-04-2021]  
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Standardn%C3%AD\\_atmosf%C4%99ra](https://cs.wikipedia.org/wiki/Standardn%C3%AD_atmosf%C4%99ra)

[22] DVOŘÁK Petr. *Učebnice pilota 2016. Letecká meteorologie*. 1. vydání. Svět křídel. Cheb. 04.2016

[23] MELECHOVSKÝ David. *Hypoxie při létání ve velkých výškách*. Aeroweb.cz. [online]. 28.03.2008. [cit. 15-04-2021]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/1109-hypoxie-pri-letani-ve-velkych-vyskach>

[24] TRUSKA Oldřich, DZVONÍK Oliver. *Učebnice pilota 2016. Lidská výkonnost*. 1.vydání. Svět křídel. Cheb. 04.2016

- [25] DOSOUDIL David. *Cost index*. Wiki.VACC-CZ.org. [online]. 01.05.2011 [cit. 17-04-2021]. Dostupné z: [https://wiki.vacc-cz.org/index.php?title=Cost\\_index](https://wiki.vacc-cz.org/index.php?title=Cost_index)
- [26] *Cost Index*. SKYbrary Aviation Safety. [online]. 20.07.2017. [cit. 20-04-2021]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Cost\\_Index](https://www.skybrary.aero/index.php/Cost_Index)
- [27] *Maximum takeoff weight*. Wikipedie. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 21-04-2021]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum\\_takeoff\\_weight](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight)
- [28] *Maximum Take-Off Mass (MTOM)*. SKYbrary Aviation Safety. [online]. 20.07.2017. [cit. 21-04-2021]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Maximum\\_Take-Off\\_Mass\\_\(MTOM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Maximum_Take-Off_Mass_(MTOM))
- [29] *Výška*. Wikipedie. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 24-04-2021]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Výška\\_\(letectv%C3%AD\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Výška_(letectv%C3%AD))
- [30] *VFR-ENR-3-1 "Postupy pro nastavení výškoměru"*. VFR příručka České republiky 22.06.2017. [cit. 26-04-2021]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr\\_3\\_cz.pdf](https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr_3_cz.pdf)
- [31] *Projekt FAB CE*. ŘLP ČR, s.p. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 13-05-2021]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/spolecnost/profil/Stranky/projektFABCE.aspx>
- [32] *About our Maastricht Upper Area Control Centre*. EUROCONTROL. [online]. 2013. [cit. 17-05-2021]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/info/about-our-maastricht-upper-area-control-centre>
- [33] *Bombardier Global Express*. Wikipedia. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 18-05-2021]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bombardier\\_Global\\_Express](https://en.wikipedia.org/wiki/Bombardier_Global_Express)

[34] *AIP-GEN 4.2-2 "Poplatky za letové navigační služby". Řízení letového provozu.* [online]. 02.01.20 [cit. 19-05-2021]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/aip/data/valid/g4-2.pdf](https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/g4-2.pdf)

[35] *Information circulars governing multilateral route charges system in 2021.* EUROCONTROL. [online]. 21.12.2021. [cit. 13-04-2021]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/publication/information-circulars-governing-multilateral-route-charges-system-2021>

[36] DAVIS J.R., JOHNSON R., STEPANEK J. *Fundamentals of Aerospace Medicine.* [online]. 2008. [cit. 13-04-2021]. Dostupné z: [https://books.google.de/books?id=\\_6hymYAgC6MC&pg=PA229&dq=Epcard&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.de/books?id=_6hymYAgC6MC&pg=PA229&dq=Epcard&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

[37] *EPCARD.* IRM EPCARD. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 15-04-2021]. Dostupné z: <https://www.helmholtz-muenchen.de/epcard/index.html>

[38] *House of Commons - Transport Committee: Written evidence from the European Low Fares Airline Association (ELFAA).* [online]. 29.05.2012. [cit. 17-05-2021]. Dostupné z: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201213/cmselect/cmtran/164/164we18.htm>

[39] *Cessna Citation Sovereign.* Wikipedia. [online]. © Copyright Limited 2021. [cit. 12-05-2021]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna\\_Citation\\_Sovereign](https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_Citation_Sovereign)

[40] *Cessna Citation Sovereign + (prezentace).* Cessna. [online]. 2020. [cit. 19-05-2021]. Dostupné z: [https://cessna.txtav.com/-/media/cessna/files/citation/sovereignplus/sovereignplus\\_brochure.ashx](https://cessna.txtav.com/-/media/cessna/files/citation/sovereignplus/sovereignplus_brochure.ashx)

[41] *Směrnice CAA-SLP-033-n-14 "Provoz ve vzdušném prostoru se sníženými minimy vertikálního rozstupu (RVSM)"*. Úřad pro civilní letectví v souladu s nařízením (EU) č. 965/2012, Částí SPA, Hlava D. 01.02.2017. [cit. 15-06-2021]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/7315-3.pdf>

[42] *ATC Unit Coordination*. SKYbrary Aviation Safety. [online]. © Copyright Limited 28.01.2021. [cit. 05-07-2021]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/ATC\\_Unit\\_Coordination](https://www.skybrary.aero/index.php/ATC_Unit_Coordination)

[43] *Control zone (CTR)*. Airspace structure, IVAO, 2020. Dostupné z: [https://mediawiki.ivao.aero/index.php?title=Airspace\\_structure](https://mediawiki.ivao.aero/index.php?title=Airspace_structure)

[44] *FAB CE*. HungaroControl. 2020 Dostupné z: <https://en.hungarocontrol.hu/press-room/news/cef-grant-for-free-route-airspace>

## 9. Seznam obrázků

Obrázek 1. Zobrazení zóny CTR [43].	12
Obrázek 2. Rozdělení vzdušného prostoru podle ICAO tříd [9].	16
Obrázek 3. Zobrazení rozdílů mezi CVSM a RVSM [13].	20
Obrázek 4. Středoevropský funkční blok FAB CE [44].	38
Obrázek 5. Mapa trati Bukurešť – Londýn s vyznačenou oblastí SuperSectoru.	41
Obrázek 6. Sazby poplatků za užívání traťových – navigačních služeb v roce 2021 [35].	43
Obrázek 7. Software EPCARD [37].	53
Obrázek 8. Výpočet radiační dávky pro OFP na letové hladině FL340 [37].	54
Obrázek 9. Výpočet radiační dávky pro OFP na letových hladinách FL430-FL470 [37].	54

## 10. Seznam tabulek

Tabulka 1. Požadavky k letům VFR podle ICAO.....	16
Tabulka 2. Seznam sektorů ACC v České republice.....	23
Tabulka 3. Průběh změny atmosférických parametrů s výškou .....	29
Tabulka 4. Vztah mezi letovou hladinou a dobou užitečného vědomí.....	30
Tabulka 5. Základní sazba poplatků za traťové navigační služby od 1. ledna 2021 .....	44
Tabulka 6. Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Bombardier Global Express .....	48
Tabulka 7. Výpočet přeletových poplatků pro letadlo Cessna 680+.....	49
Tabulka 8. Porovnání OFP vzhledem k času pro letadlo GLEX.....	50
Tabulka 9. Porovnání OFP vzhledem k spotřebě paliva pro letadlo GLEX.....	51
Tabulka 10. Porovnání OFP vzhledem k ceně za palivo pro letadlo GLEX. ....	51
Tabulka 11. Porovnání OFP vzhledem k spotřebě paliva pro letadlo GLEX nad SuperSectorem.....	52
Tabulka 12. Data a výpočty pro stoupání pro letadlo Citation Sovereign+.....	57
Tabulka 13. Data a výpočty pro let v hladině pro letadlo Citation Sovereign+ při hmotnosti 27 000 lbs. ....	57
Tabulka 14. Příklad dat pro tlakovou výšku 27 000 stop. ....	58
Tabulka 15. Data a výpočty pro přiblížení letadla Citation Sovereign+ hmotnosti 24 000 lbs na začátku přiblížení.....	58
Tabulka 16. Spotřeba paliva v závislosti na tlakové výšce a hmotnosti letadla pro letadlo Citation Sovereign+ .....	59
Tabulka 17. Cena letu v závislosti od délky pro letadlo Citation Sovereign +. ....	61
Tabulka 18. Čas letu v závislosti od délky pro letadlo Citation Sovereign +. ....	63

## **11. Seznam příloh**

Příloha 1. OFP na let LROP-EGLL v letové hladině FL340 pro letadlo GLEX Global 6000.

Příloha 2. OFP na let LROP-EGLL v letových hladinách FL430-FL470 pro letadlo GLEX Global 6000.

Příloha 3. Flight Planning and Performance manual pro letadlo Citation Sovereign+ (C680+)