

**UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

**VERONIKA YEREMEYEVA**

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**PLÁNOVÁNÍ A OPTIMALIZACE LETU**

**VERONIKA YEREMEYEVA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Veronika Yeremeyeva  
Osobní číslo: D15098  
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje  
Studijní obor: Technologie a řízení dopravy: Technologie a řízení dopravních systémů  
Název tématu: Plánování a optimalizace letu  
Zadávací katedra: Katedra technologie a řízení dopravy

### Zásady pro vypracování:

Úvod  
1 Všeobecné plánování letu  
2 Uvedení do problematiky optimalizace letu  
3 Praktická část  
Závěr

Rozsah grafických prací: 2 - 3  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

- (1) VOLNER, R a kolektiv. Flight Planning Management. Brno: Akademické Nakladatelství CERM s.r.o. Brno, 2007, s. 650. ISBN 978-80-7204-496-2.
- (2) PRUŠA, J. a kolektiv. Svět letecké dopravy. Praha: Galileo Training, 2015, s. 348. ISBN 978-80-260-8309-2.
- (3) Letecké předpisy. Praha: Úřad pro civilní letectví [online]. Dostupné z: <<http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>>.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Šourek, Ph.D.  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: 2. února 2017  
Termín odevzdání bakalářské práce: 12. ledna 2018

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jiří Široký, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. února 2017

## PROHLÁŠENÍ

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. 01. 2018

Yeremeyeva

Veronika

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rada bych poděkovala Ing. Davidu Šourkovi, Ph.D. a Ing. Michalu Pazourkovi za konzultace, příkladné vedení, cenné rady a připomínky.

## **ANOTACE**

*Letecká přeprava vypadá jednoduše jenom na první pohled – může se zdát, že jde o trojrozměrný pohyb téměř bez nějakých viditelných překážek ve vzdušném prostoru. Existuje ale celá řada faktorů, které je třeba zohlednit. Jsou to zejména okolnostní podmínky a pravidla létání. Letecká doprava stále zvětšuje počet letů, a o to více existuje potřeba rozšířit povědomí o plánování letu a řízení letového provozu.*

## **KLIČOVÁ SLOVA**

*Kritéria, letecká doprava, plánování letu*

## **TITLE**

*Flight planning and optimization*

## **ANNOTATION**

*At first glance, air transport looks simple - it may seem like a three-dimensional movement almost without any visible obstacles in the airspace. However, there are a number of factors that should be taken into account, not only the weather conditions, but also the flying rules. Air transport is still increasing the number of flights, so the concepts of flight planning and air traffic control have to be mentioned.*

## **KEYWORDS**

*Criteria, air transportation, flight planning*

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	10
SEZNAM TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK.....	12
ÚVOD .....	15
1 VŠEOBECNÉ PLÁNOVÁNÍ LETU .....	16
1.1 Účel a druhy plánování letu.....	16
1.2 Letové plány .....	16
1.2.1 Operační letový plán .....	17
1.2.2 Dokumentace pro řízení letového provozu .....	17
1.2.1 Letový plán podaný za letu .....	22
1.3 Letová dokumentace.....	22
1.3.1 Meteorologická dokumentace .....	22
1.3.2 Navigační dokumentace .....	26
1.3.3 Notice to airman.....	27
1.3.4 Informace o počtu cestujících a nákladu.....	28
1.4 Příprava před letem.....	28
2 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY OPTIMALIZACE LETU.....	31
2.1 Faktory ovlivňující výběr tratě .....	31
2.1.1 Ekonomické faktory .....	31
2.1.2 Geografické faktory .....	31
2.1.3 Meteorologické faktory.....	32
2.1.4 Geopolitické faktory.....	34
2.1.5 Provozní faktory.....	35
2.1.6 Technické faktory.....	36
2.1.7 Civilizační faktory.....	36

2.1.8	Ekologické faktory .....	36
2.2	Stanovení kritérií pro výběr tratě.....	37
2.2.1	Rychlost letounu.....	37
2.2.2	Vzdálenost.....	38
2.2.3	Délka letu .....	38
2.2.4	Palivo.....	39
2.2.5	Ekonomika .....	39
2.2.6	Bezpečnost .....	40
2.2.7	Komfort .....	41
2.2.8	Výška.....	41
2.2.9	Tratě .....	42
2.2.10	Free flight .....	42
2.3	Letová trasa .....	43
3	PRAKTICKÁ ČÁST .....	44
3.1	Pravidelný let.....	44
3.2	Byznys let .....	46
3.3	Vyhodnocení porovnání pravidelného a soukromého letu.....	48
	ZÁVĚR .....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	51
	SEZNAM PŘÍLOH.....	53

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Mapa IS výškových větrů a teplot standardní izobarické hladiny (Mercatorova projekce) .....	24
Obr. 2 Označení větru v mapách.....	24
Obr. 3 Mapa SWH význačného počasí (pro vysoké hladiny) .....	25
Obr. 4 Příklad traťové mapy horního vzdušného prostoru .....	27
Obr. 5 Ortodroma .....	31
Obr. 6 Schematické znázornění jet streamu .....	33
Obr. 7 Diplomatická izolace Kataru.....	35
Obr. 8 Boeing 777-300ER .....	44
Obr. 9 Hranice létání .....	45
Obr. 10 Gulfstream G550.....	46

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Symboly pro význačné počasí .....	26
Tab. 2 Charakteristika letounů B772 a B77X .....	44
Tab. 3 Charakteristiky letounu G550 .....	46

## SEZNAM ZKRATEK

	English	Česky
ACC	Area control centre or area control	Oblastní středisko řízení nebo oblastní služba řízení
AIP	Aeronautical Information Publication	Letecká informační příručka
AIS	Aeronautical information services	Letecká informační služba
APP	Approach control office or approach control service	Přibližovací stanoviště řízení nebo řízení přiblížení nebo přibližovací služba řízení
ATC	Air traffic control	Řízení letového provozu
ATS	Air traffic services	Letové provozní služby
AWY	Airway	Letová cesta
CAT	Clear air turbulence	Turbulence v čistém ovzduší
CP	Critical point	Kritický bod
DH	Decision Height	Výška rozhodnutí
EFB	Electronic Flight Bag	Bod stejného času
ETOPS	Extended range twin-engine operational performance standards	Pravidla pro let dvoumotorových letadel v odlehlých oblastech
ETS	Emissions trading system	System obchodování s emisemi
EU	European Union	Evropská unie
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu

FL	Flight level	Letová hladina
IFR	Instrument flight rules	Let podle přístrojů
JTST	Jetstream	Tryskové proudění
METAR	Aviation routine weather report	Pravidelná letištní meteorologická zpráva
MLW	Maximum landing weight	Maximální přistávací hmotnost
MPLW	Maximum payload weight	Maximální platící zatížení
MTOW	Maximum take-off weight	Maximální vzletová hmotnost
MZFW	Maximum zero-fuel weight	Maximální hmotnost bez paliva
OPF	Operational flight plan	Operační letový plán
PET	Point of equal time	Bod stejného času
PNR	Point of no return	Bod posledního návratu
PPR	Prior Permission Required	Předletové povolení k přeletu
PSR	Point of save return	Bod bezpečného návratu
RVR	Runway Visual Range	Dráhová dohlednost
RWY	Runway	Dráha
SID	Standard instrument departure	Standardní přístrojový odlet
SIGMET	Information concerning en-route weather phenomena which may affect safety of a/c	Informace o meteorologických jevech na trati, které mohou ovlivnit bezpečnost letového provozu
STAR	Standard arrival route	Standardní přístrojový přílet
SW	Significant weather (chart)	Mapa význačného počasí
TAF	Terminal aerodrome forecast	Letištní předpověď

TWR	Aerodrome control tower or aerodrome control	Letištní řídicí věž nebo letištní řízení
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinovaný světový čas
VFR	Visual flight rules	Let za viditelnosti

## ÚVOD

Od období 2. světové války se plánování letu postupně měnilo s ohledem na nové typy letadel a modernizaci techniky. V tu dobu neexistovali dispečeri, bylo málo navigačních prostředků a ty, které byly, nebyly přesné. Rozvoj leteckých navigačních přístrojů si vzal za vzor přístroje používané na lodích, a proto jsou dnešní pravidla a legislativní zákony odvozeny z velké části právě z námořní dopravy. Kdysi plán letu samostatně připravovala posádka letounu. Na začátku posádku letounu tvořili velitel letadla, druhý pilot, palubní inženýr, navigátor a letušky.

Velitel letadla byl zodpovědný za přípravu a podání letového plánu, inženýr za technické obsluhování letadla, a výpočet hmotnosti a vyvážení letadla. Navigátor prováděl předletové plánování letu a následně kontroloval průběh samotného letu podle polohy vůči zemi.

V současné době se leteckým personálem rozumí výkonní letci, obsluhující personál a pozemní letecký personál.

Pozemním leteckým personálem se rozumí – dispečeri letecké dopravy (DLD), jejichž hlavní cíl je bezpečné a nejekonomičtější provedení letu. Plán letu zrcadlově připravují pro dvě strany: pro řídicí letového provozu a posádku samotného letu. (1)

Činnosti DLD se rozdělují na: plánování letů – komplexní podpora letové posádky při přípravě letu, sledování letů – podpora letecké posádky během letu a samotné sledování letu, vyhodnocení letů – vedení statistik letecké společnosti.

Tato práce zkoumá proces plánování letu a klade si za cíl navrhnout vhodnou stavbu trasy letu v závislosti na zvoleném kritériu. Budu posuzovat lety podle přístrojů (IFR lety) pravidelné obchodní lety a nepravidelné lety, jako například charterové a byznys lety.

# 1 VŠEOBECNÉ PLÁNOVÁNÍ LETU

Příprava a plánování letu si klade za cíl co nejpřesnější odhad budoucího stavu na základě dostupných informací. Pod pojmem plánování letu se skrývá proces sběru a zpracování informace o předpokládaném letu. Plánování letu by mělo zohlednit všechny podmínky a ovlivňující faktory každého letu. Pro plánování letu se dnes používají nástroje jako jsou specializovaný Software, zprávy předpovědi počasí a meteorologické mapy. Hlavním cílem je vždy bezpečnost, optimalizace a úspora.

## 1.1 Účel a druhy plánování letu

Plánování a příprava letu probíhá u IFR i VFR letů prochází stejně. V této práci bude uvažován let podle přístrojů.

Plánování letu se provádí tak, aby posádka i dispečer, kteří navzájem spolupracují, měli informace o důležitých charakteristikách letu, jako např. trasa, výška, rychlost, množství paliva na palubě, navigační i komunikační vybavení a zároveň byli připraveni na mimořádné situace k maximálnímu zajištění bezpečnosti všech účastníků přepravy.

Často dochází k nesprávnému vnímání pojmu dispečer. Existuje dispečer letecké dopravy, tedy člověk, který provádí přípravu letu, a zároveň dispečer řízení letového provozu (ATC), tedy osoba, která provádí řízení již naplánovaného letu. Během sledování letu se připravené údaje většinou jenom kontrolují Letovými Provozními Službami (ATS). V této práci se zaměřím především na část plánovací, i když řídicí letového provozu přispívají nemalou mírou k optimalizaci také. Ta je ale na rozdíl od dispečerů prováděna již za známých podmínek v reálném čase. Dispečer musí při plánování využívat předpověď a pracuje tedy s určitou nejistotou.

Před letem dispečer pracuje většinou s předpovědí a předpoklady okolností budoucího letu. Ty by měly být co nejpřesněji odrážet skutečnost. Soulad mezi naplánovanými a aktuálními podmínkami pak posádka letounu a dispečer musí během letu neustále monitorovat a nesrovnalosti korigovat, případně let podle těchto odchylek přeplánovat. Výsledkem procesu plánování letu je letový plán.

## 1.2 Letové plány

Na začátku každého letu stojí letový plán. Ten se dělí na operační letový plán (OFP) a ICAO letový plán (FPL). Každý z nich má jiný účel a obsahuje jiné informace.

V příloze je pro příklad operační letový plán letu z Almaty (UAAA) do Pardubic (LKPD), který zahrnuje také i ICAO letový plán.

### **1.2.1 Operační letový plán**

Jedná se o podrobný letový plán, který mají piloti v kabině. V minulosti se jednalo zejména o papírovou dokumentaci. Dnes je běžné použití přenosných osobních počítačů v podobě Electronic Flight Bag nebo iPadu.

Operační letový plán obsahuje zejména podrobný plán o plánované trati. Přílohou k němu běžně bývají potřebné mapy a zprávy.

Základní informace v něm obsažené jsou: registrační značka a typ letadla, datum a čas odletu a příletu, letiště odletu, příletu a náhradní letiště po trase letu, identifikace letu, druh letu, plánovaná cestovní rychlost, vzdálenost, maximální letová hladina, průměrná složka větru, trať letu s navigačními body, s otočnými body a se směry mezi těmito body, s časovými úseky a celkovou dobou plánovaného letu vztaženou na předpokládaný vítr, úsekovou a celkovou spotřebu paliva, hmotnost letadla při vzletu atd.

### **1.2.2 Dokumentace pro řízení letového provozu**

Letové plány ICAO se dělí na letový plán pro nepravidelně operované lety a stálý letový plán pro pravidelné lety. Postupy a podmínky pro využívání letových plánů jsou uvedeny v ICAO Annexu 4444. Příklad FPL je na stránce 18 Přílohy A.

***Letový plán ICAO (FPL) – plán je podáván přímo pilotem nebo leteckou společností.***

Obsahuje údaje pro složky řízení letového provozu požadované předpisem. Je bezpodmínečně nutné, aby plánovaná trať u operačního letového plánu, souhlasila s ICAO letovým plánem.

Pole 7: Identifikace letadla

Kombinace obsahuje maximálně 7 znaků. Častěji používá se třípísmenný ICAO kód a tříčíselné označení letu. Druhou možností je registrační značka letadla, která se skládá z kódu země a pak následuje kombinace čísel a písmen – rejstříková poznávací značka.

Pole 8: Pravidla letu a druh letu

Pravidla letu podle přístrojů (IFR) a za vidu (VFR):

I–v případě, že je zamýšleno provést celý let podle pravidel IFR;

V–v případě, že je zamýšleno provést celý let podle pravidel VFR;

Y–v případě zahájení letu podle pravidel IFR, po kterém bude následovat jedna nebo více navazujících změn pravidel pro let; nebo

Z–v případě zahájení letu podle pravidel VFR, po kterém bude následovat jedna nebo více navazujících změn pravidel pro let.

Druh letu:

S–v případě pravidelné dopravy;

N–v případě nepravidelné dopravy;

G–v případě všeobecného letectví;

M–v případě vojenského letu;

X–v případě jiných než výše uvedených kategorií.

Pole 9: Počet a typ letadel a kategorie turbulence v úplavu

Počet letadel se vyplňuje, když je jejich počet větší než jedna.

Typ letadla se skládá ze 2 až 4 znaků: 1 až 2 písmena – výrobce a 2 až 3 čísla – model.

Kategorie turbulence v úplavu: síla vírů, které vznikají na koncích křídel a mohou být nebezpečné pro následované letadlo.

H – TĚŽKÁ – k označení typu letadla s maximální schválenou vzletovou hmotností 136 000 kg nebo vyšší;

M – STŘEDNÍ – k označení typu letadla s maximální schválenou vzletovou hmotností nižší než 136 000 kg, ale vyšší než 7 000 kg;

L – LEHKÁ – k označení typu letadla s maximální schválenou vzletovou hmotností 7 000 kg nebo nižší;

J – SUPER – k označení letadla A380-800

Pole 10: Vybavení a schopnosti

Podrobné popsání vybavení pro radiové spojení, navigační a přibližovací prostředky, přehledové vybavení a schopnosti.

Pole 13: Letiště odletu a čas

Pro označení letiště se používá ICAO kód, který se skládá ze čtyř písmen. První označuje část Země, druhé označuje stát, třetí a čtvrté označuje letiště.

U letového plánu podaného před odletem se uvádí předpokládaný čas zahájení pojíždění.

## Pole 15: Trať

Pravá vzdušná rychlost – opravená rychlost, zkorigovaná na skutečné podmínky letu, tj. s ohledem na teplotu okolního ovzduší, udává se:

V kilometrech za hodinu (K0830).

V uzlech (N0485) – námořní míle (1852 m) za hodinu.

Pravým Machovým číslem (M082) – zaokrouhleným na nejbližší setinu Machova čísla.

Machovo číslo je dáno poměrem mezi rychlostí letadla v daném prostředí a rychlostí zvuku v tomto prostředí. Rychlost zvuku závisí především na teplotě a vlastnostech prostředí. Ve vzduchu rychlost zvuku s rostoucí výškou klesá. Pro převod rychlosti v km/h: rychlost zvuku krát Machovo číslo. (2)

### Cestovní hladina

Letová hladina (FL330) je výška udávaná ve stovkách stop (1 ft = 0,3048 metrů). Jde o výškové vrstvy vypočtené na základě tlaku při výškoměru nastaveném na standardní tlak 1013 hPa (u hladiny moře).

Také používá se standardní metrická hladina v desítkách metrů (S1130) nebo nadmořská výška ve stovkách stop (A100) a nadmořská výška v desítkách metrů (M0840).

Podle definice z předpisu L 8168 je trať (track) průmět dráhy letu letadla na povrch země, jejíž směr se v kterémkoli bodě vyjadřuje ve stupních měřených od severu (zeměpisného, magnetického nebo gridového) ve směru hodinových ručiček.

Trať řízené letovými provozními službami (ATS) se označují kódovými označeními tratě nebo částí tratě a význačnými body. Podle předpisu L 11 se označení letové cesty (AWY) skládá maximálně z 6 znaků: ze 3 písmen a čísla od 1 do 999.

Základním označením se značí třída vzdušného prostoru:

- a) A, B, G a R pro tratě, které jsou součástí oblastní sítě tratí ATS a nejsou tratěmi prostorové navigace,
- b) L, M, N a P pro tratě prostorové navigace, které jsou součástí oblastní sítě tratí ATS,
- c) H, J, V a W pro tratě, které nejsou součástí oblastní sítě tratí ATS a nejsou tratěmi prostorové navigace,
- d) Q, T, Y a Z pro tratě prostorové navigace, které nejsou součástí oblastní sítě ATS.

Před základním označením se vkládá písmeno pro označení hladiny a typu letu:

- a) „K“ - pro nízké hladiny, zřízené hlavně pro vrtulníky;
- b) „U“ - trať nebo její část je zřízena v horním vzdušném prostoru;
- c) „S“ - trať, zřízená výhradně pro použití nadzvukovými letadly během zrychlování a zpomalování během nadzvukového letu.

Dodatečné písmeno pro označení druhu poskytované služby:

- a) písmeno F – na trati nebo její části se poskytuje pouze poradní služba;
- b) písmeno G – na trati nebo její části se poskytuje pouze letová informační služba (AIS).

Síť tratí ATS zahrnuje také standardní příletové tratě (STAR), standardní odletové tratě (SID) a přibližovací postupy (approach procedures).

Pole 16: Letiště určení a celková vypočítaná doba letu, náhradní letiště určení

Letišti se vyplňuje jako v Poli 13.

Při zhoršení podmínek pro přistání v oblasti jednoho letiště má pilot na výběr jedno nebo několik záložních letišť.

Pole 18: Jiné informace

Zvláštností a specifické podmínky letu. Uvádí se nula (0), nejsou-li žádné jiné informace.

Pole 19: Doplnující informace

Vytrvalost letu – množství paliva v hodinách a minutách.

Celkový počet osob na palubě.

Nouzové a záchranné vybavení letadla (rádia, vesty, čluny, barva letadla).

Jméno pilota a kým je podán FPL.

***Stálý letový plán (RPL) – plán je tvořený v souladu s letovými řády.***

Položka A: Provozovatel

Název letecké společnosti.

Položka B: Adresát

Název institucí určených státy ke správě RPL pro Letovou Informační Oblast (FIR) nebo prostory odpovědnosti ve vztahu k trati letu.

Položka C: Letiště odletu

ICAO kód letiště.

Položka D: Datum

Na každé stránce datum předložení (rok, měsíc, den) ve skupině šesti číslic, kdy byl seznam předložen.

**Položka E: Pořadové číslo**

Pořadové číslo předložení (2 číslice) označující poslední dvě číslice roku, pomlčka a pořadové číslo předložení pro daný rok (začíná se číslicí 1 každý nový rok).

**Položka F: Strana Z**

Číslo stránky ze celkového počtu předložených stran.

**Položka G: Doplnující údaje**

Název a příslušné kontaktní informace subjektu. Údaje jsou obvykle uváděné v poli 19 letového plánu.

**Položka H: Označení záznamu**

Znaménko plus (+) pro každý počáteční záznam seznamu a v případě následného předložení pro každý letový plán neuvedený v předloženém předešlém seznamu.

Znaménko minus (-) pro každý letový plán, který má být v seznamu zrušen.

**Položka I: Platí od**

První datum (rok, měsíc, den), od kterého bude let pravidelně prováděn.

**Položka J: Platí do**

Poslední datum (rok, měsíc, den), do kterého bude let pravidelně prováděn, jak je uvedeno, nebo UFN, jestliže není známa doba trvání.

**Položka K: Dny provozu**

Číslo odpovídající dni v týdnu v příslušném sloupci; a uvádí se do příslušného sloupce 0 pro každý den, kdy nebude let prováděn.

**Položka L: Identifikace letadla**

Identifikaci letadla, která bude pro let použita.

**Položka M: Typ letadla a kategorie turbulence v úplavu**

(Pole 9 letového plánu ICAO)

**Položka N: Letiště odletu a čas**

(Pole 13 letového plánu ICAO)

Položka O: Trať

(Pole 15 letového plánu ICAO)

Položka P: Letiště určení a celková vypočítaná doba letu

(Pole 16 letového plánu ICAO)

Položka Q: Poznámky

(Pole 18 letového plánu ICAO) (3)

### **1.2.1 Letový plán podaný za letu**

Ve výjimečných případech může dojít i k situaci, kdy je nutné let přeplánovat za letu a podává se letový plán podaný za letu (AFIL). Nastává to při změně destinace, návratu na letiště odletu, změně podmínek letu z IFR na VFR. Toto plánování většinou probíhá za součinnosti posádky letu a řízení letového provozu.

## **1.3 Letová dokumentace**

Velice důležitým podkladem pro letící posádku je letová dokumentace, která se skládá z několika sekcí, které dohromady poskytují informace pro bezpečné provedení letu. Mezi části letové dokumentace patří zejména tyto:

### **1.3.1 Meteorologická dokumentace**

Při nepřetržitém monitorování počasí se vydávají předpovědi počasí s vyznačenými oblastmi výskytu nebezpečných jevů, výškové mapy větrů a teplot a letištní zprávy.

METAR – místní pravidelná zpráva (obsahuje např. dráhovou dohlednost)

SPECI – místní mimořádná zpráva (obsahuje např. náhlou změnu dohlednosti)

TAF – předpověď pro letiště

GAMET – oblastní předpověď pro lety v nízkých hladinách

SIGMET/AIRMET – předpověď výškového větru a teplot ve výšce, také zahrnuje informaci o tropických cyklónách a vulkanickém popelu a ostatní mimořádné hlášení z letadel (turbulence, námraza apod.)

VOLMET – informace za letu

### **Poskytnutá informace ve zprávě METAR**

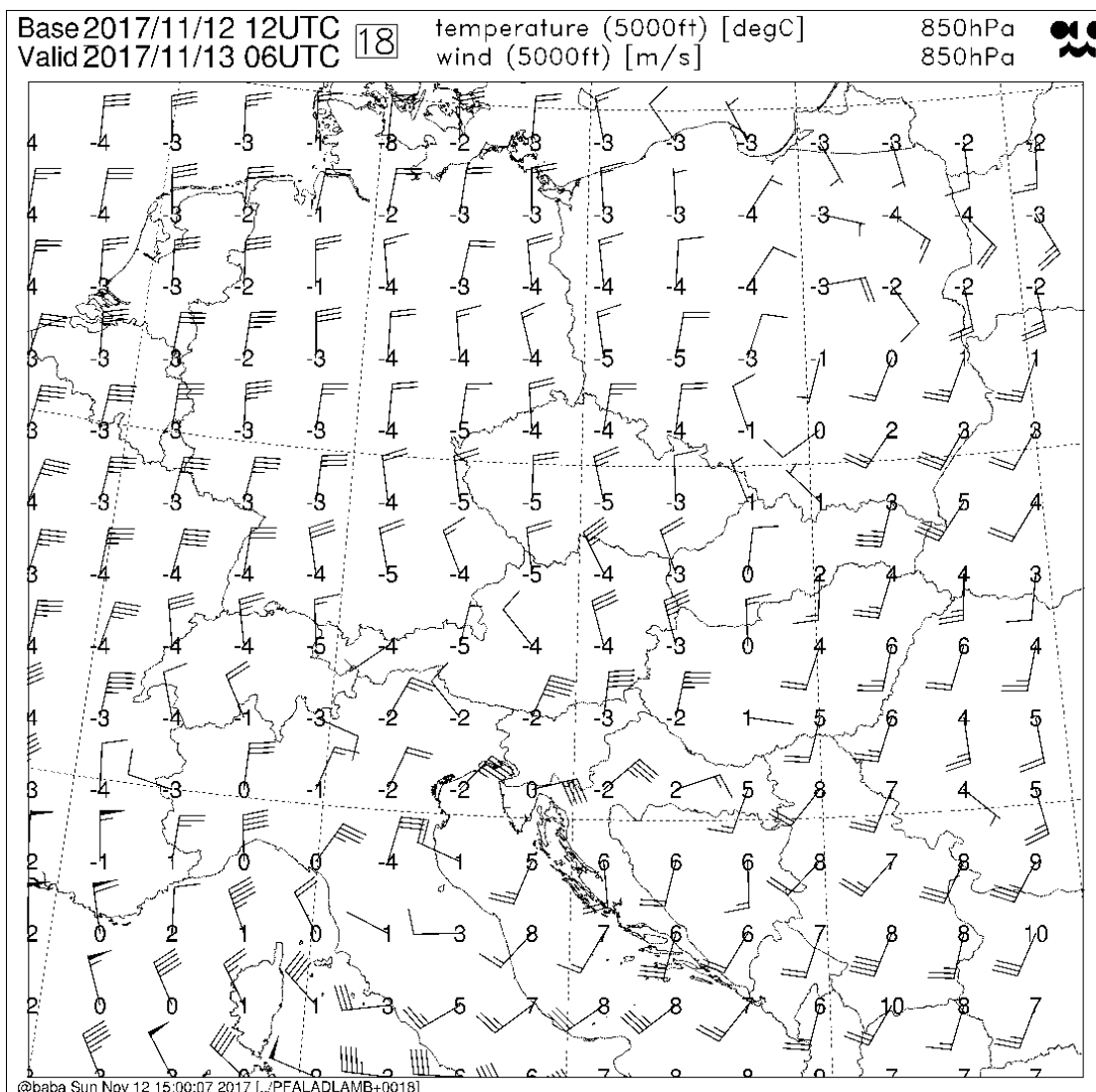
Informace v podobě kódového značení, která zahrnuje: čtyřpísmenný ICAO kód letiště, čas měření (v UTC), směr (ve stupních) a rychlost větru (KT – v uzlech nebo MPS – metry za sekundu), vodorovnou dohlednost (v metrech), dohlednost podél vzletových a přistávacích drah (U pro vzestupnou, D pro sestupnou, či N pro konstantní dohlednosti tendenci), kódy význačných meteorologických jevů, zkratky oblaků a výška (ve stopách), záporná nebo kladná hodnota aktuální teploty a rosného bodu ve stupních Celsia, aktuální tlak vzduchu v hektopascalech přepočtený na hladinu moře, číslo dráhy, kód pro typ nánosu a jeho tloušťka a brzdící účinek. V doplňující informaci se může objevit krátkodobá předpověď nebo očekávaná změna počasí. Znak = označuje konec zprávy. (3)

V příloze A na stránkách 7 až 9 jsou uvedeny zprávy METAR a TAF pro každé potřebné letiště po cestě a SIGMET zpráva pro Almaty o výskytu námrazy a turbulence.

### **Mapy, které se používají pro přehled počasí:**

Z map se zjišťují teplota, teplé a studené fronty, oblastní tlakové níže a výše, srážky, bouřky, nebezpečné oblaky, směr a rychlost větrů apod.

Mapy povětrnostních podmínek a mapy význačného počasí. Platnost každé mapy je časově omezená, tj. je platná pro určitou pevnou dobu, která je uvedena v záhlaví mapy. Na obr. 1 je znázorněna mapa výškových větrů a teplot.



Obr. 1 Mapa IS výškových větrů a teplot standardní izobarické hladiny (Mercatorova projekce)

Zdroj: (4)

Na obr.2 je popis symbolů pro vítr. Šipky určují směr, praporek a opeření ukazují rychlost větru:



Obr. 2 Označení větru v mapách

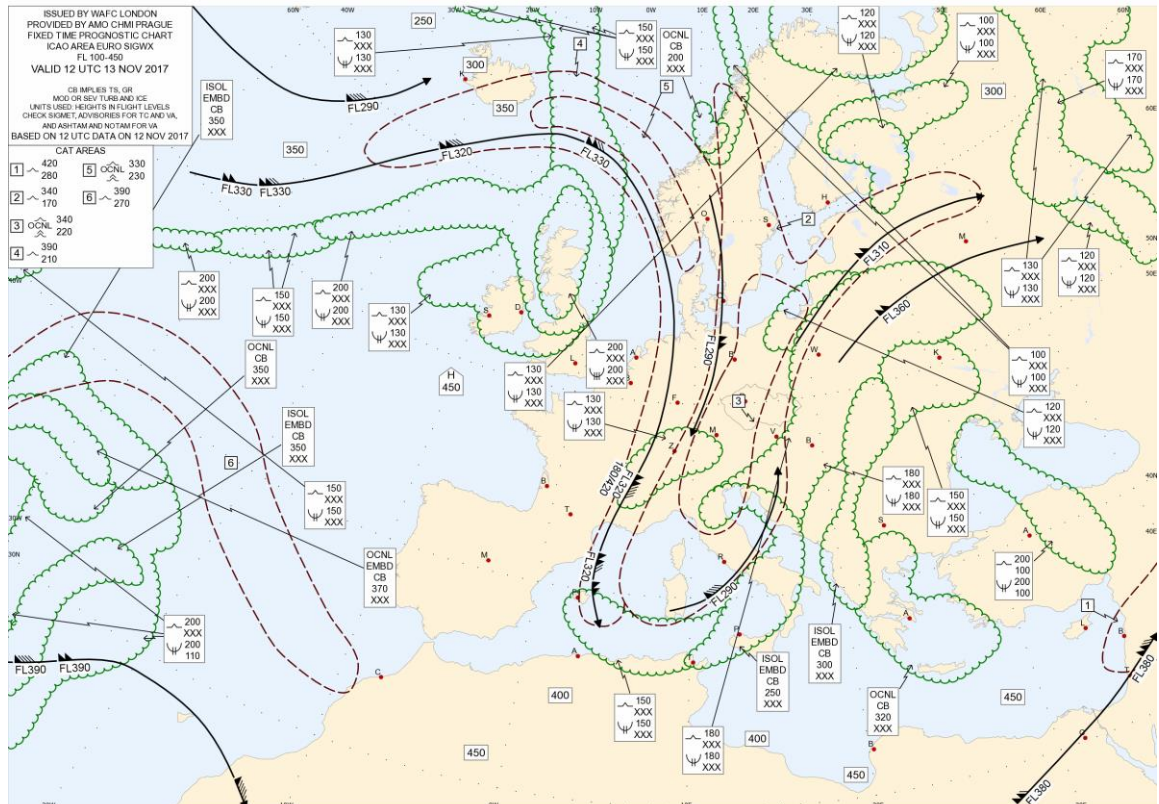
Zdroj: (3)

Čísla u šipek jsou teploty, v nižších hladinách, kde jsou obvykle kladné teploty, používá se kladné hodnoty bez znaménka. Ve vyšších hladinách, kde jsou teploty záporné, se hodnoty bez znaménka vztahují na teploty záporné.

Používá se také mapa vertikálního profilu letu, kde jsou podle výšky vyznačeny tropopauza, vítr, teplota, námraza a turbulence. Příklad této mapy je v příloze A na stránce 20.

Mapy význačného počasí:

- a) pro lety v nízkých hladinách pod FL100 slouží tzv. SWL (low-level) -mapa,
- b) pro lety ve středních hladinách od FL100 do FL250 tzv. SWM (mid-level) -mapa,
- c) pro lety ve vysokých hladinách nad FL250 tzv. SWH (high-level) -mapa. (5)



Obr. 3 Mapa SWH význačného počasí (pro vysoké hladiny)

Zdroj: (6)







Podle obr.3 nebo podle mapy v příloze A na stránce 21 jsou na nich vyznačeny meteorologické jevy, podle kterých je možné hodnotit stav počasí.

Obloučkovité čáry – ohraničení oblasti význačného počasí. Silné přerušované čáry – zobrazení oblasti s CAT. Silné plné čáry přerušované šipkami větru a údajem o letových hladinách – poloha osy jetstreamu (JTST) s indikací směru větru, rychlosti větru v kt a výšky pomocí letové hladiny. Vertikální rozsah JTST je uveden (ve FL), např. FL320 doprovázená údajem 180/420 označuje výskyt JTST od FL180 do FL420.

V obdélnících jsou uvedeny zkratky druhů a množství oblačnosti. Výška je dána ve FL ve tvaru horní hranice nad základnou. Když horní hranice nebo základna jsou mimo obsahu mapy, značí se „XXX“. (3)

V tab.1 jsou uváděny potřebné symboly pro čtení mapy význačného počasí.

Tab. 1 Symboly pro význačné počasí

	Mírná turbulence (Moderate turbulence)		Nejvyšší hodnota tropopauzy (FL) (Tropopause High)
	Silná turbulence (Severe turbulence)		Nejnižší hodnota tropopauzy (FL) (Tropopause Low)
	Mírná námraza (Moderate aircraft icing)		Výška tropopauzy (FL) (Tropopause Level)

Zdroj: (3)

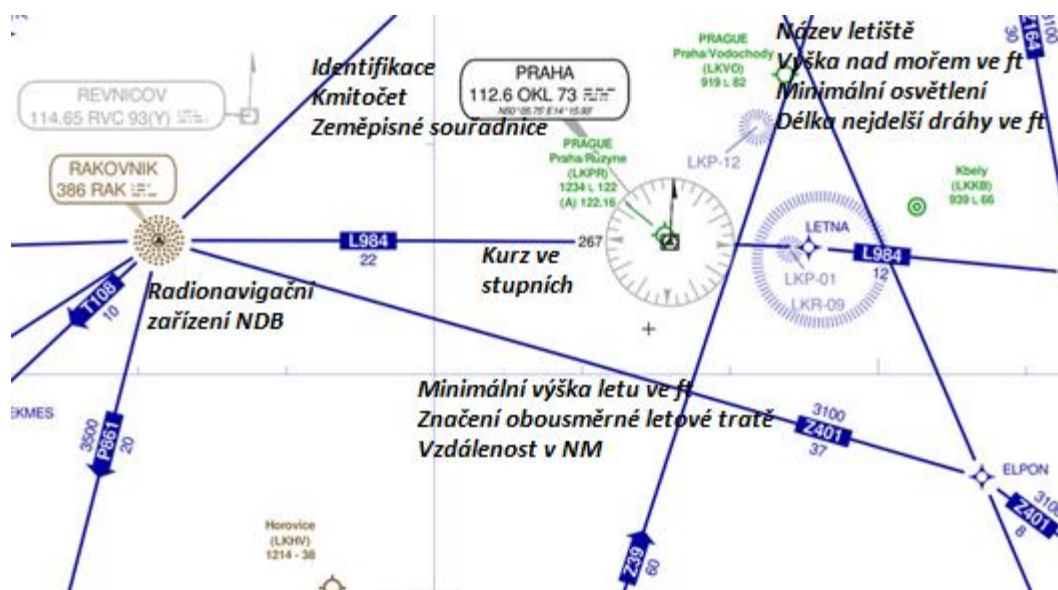
### 1.3.2 Navigační dokumentace

Pro uspořádání zvyšujícího se letového provozu a zabránění srážek letadel byl vyvinut systém koridorů. Ty jsou vytvořeny s ohledem na očekávaný provoz za využití navigačních a radarových zařízení. Těmto koridorům se také říká letové cesty a jsou uvedeny v radionavigačních mapách. Obsahují tratě, podmíněné tratě, navigační body, radiové spojení, omezené, nebezpečné a zakázané prostory, minimální nadmořské výšky, směrníky tratě a radiály v magnetických úhlech, vzdálenost mezi traťovými body apod.

Mapy se rozlišují:

- Traťová mapa ICAO
- Oblastní mapa ICAO (publikuje se podle potřeby)
- Mapa standardních přístrojových odletových tratí SID
- Mapa standardních přístrojových příletových tratí STAR
- Mapa přiblížení podle přístrojů
- Mapa letiště (3)

Traťové mapy jsou oddělené pro horní a spodní prostor, popř. pro přelet nebo přiblížení k letišti. Na obr.4 je traťová mapa, na které jsou uváděny letové cesty, radionavigační zařízení a primární vybavení letiště pro přiblížení a přistání.



Obr. 4 Příklad traťové mapy horního vzdušného prostoru

Zdroj: (7), upraveno autorkou

Pro letovou cestu (airway) se také používá termín trať. Trate bývají jednosměrné a obousměrné a jsou výškové omezeny. Trate se mohou křížit nebo spojovat v jednom bodě tak, že letadlo, které po nich letí, může z jedné trati přejít na druhou právě v daném bodě křížení. Letadlo by zároveň mělo mít odpovídající radiokomunikační vybavení pro naplánovanou trať. (8)

### 1.3.3 Notice to airman

NOTICE TO AIRMAN – informace pro piloty obsahující dočasné změny týkající se tratí, letišť a navigačních zařízení. Jedná se o soubor informací, se kterými provozními změnami by měl velitel letadla počítat za letu. (9) Příklad NOTAMu pro letiště odletu, příletu a náhradní letiště příletu je na stránkách 10 až 17 Přílohy A.

NOTAM – informace o změnách provozu letišť včetně každé vzletové a přistávací dráhy zvlášť, leteckých a radionavigačních služeb, omezení vzdušného prostoru, ekologické problémy apod.

SNOWTAM – informace o problémech na letišti způsobené sněhem, ledem, přívalovými srážkami.

ASHTAM – informace o problémech na letišti způsobené vulkanickou činností.

BIRDTAM – informace o migraci hejn ptáků v okolí letišť a v oblastech letových cest. (3)

### **1.3.4 Informace o počtu cestujících a nákladu**

Počet cestujících a množství zboží se zjišťuje z rezervačních a odbavovacích systémů. Díky této informaci je možné vypočítat hmotnost cestujících a nákladů a následně ji využít pro výpočet potřebného množství paliva.

## **1.4 Příprava před letem**

Celý let se dá rozdělit na tři důležité fáze: vzlet a stoupání, let v letové hladině, přiblížení a přistání. Ve všech třech těchto fázích se sledují meteorologické podmínky, potřebné kvalifikace posádky pro daný let, technický stav letadla, potřebné palivo, užitečná hmotnost a také body rozhodnutí.

### **Analýza meteorologických podmínek**

Pro analýzu meteorologické situace je potřeba brát v úvahu nejen skutečné, ale také očekávané meteorologické podmínky. Tyto informace jsou sledovány nad územím řady států a následně dávají podklad k vytvoření hromadné mapy. Trvalé sledování změn atmosféry dává možnost připravit prognózy pro budoucí stav. Pro vizuální představu je při přípravě letu vhodné studovat mapy, které ukazují aktuální stav a předpověď až na 18 hodin dopředu. Meteorologické zprávy typu METAR jsou dokonce odesílány každou půl hodinu nebo každou hodinu.

### **Vyhodnocení kvalifikace posádky**

První a druhý pilot by měli mít traťovou a letištní kvalifikace pro uskutečnění určitého letu při zhoršených meteorologických podmínkách.

Také obsluhující personál by měl mít naplánovaný scénář chování při nouzovém přistání v souvislosti s prolétávaným terénem. To se týká zejména situací, kdy je let veden nad vodou, pouští, horským terénem nebo např. polárními oblastmi.

### **Vyhodnocení technického stavu letounu**

Technici kontrolují technický stav letadla před každým letem. Základní technický servis probíhá po přistání, před vzletem a při krátkodobém stání. Kontroluje se zejména výskyt mechanických závad, stav podvozku, vstupní a výstupní soustavy turbíny, elektrické zařízení a reflektory. (10)

### **Stanovení palivového scénáře**

Kalkulované spočítané palivo (used calc) pro plánovaný let zahrnuje: traťové palivo (trip), palivo na náhradní letiště (alternate), palivo pro nepředvídané okolnosti (contingency), konečná záloha paliva (final reserve), palivo na pojíždění (taxi), mimořádné palivo (extra). Finální objem paliva a jeho mimořádně (extra) složky stanoví sám velitel letadla.

V dnešní době se pro výpočet potřebovaného paliva používá software, pracující na základě databáze, která sleduje skutečnou spotřebu paliva v závislosti na vzdálenosti, předpokládané hmotnosti, očekávaných meteorologických podmínkách, postupech a omezení daných složkami ATC. (1)

### **Stanovení hmotností**

Stanovení hmotnosti je úzce spojeno s množstvím potřebného paliva. Pomocí výpočtů dráhové analýzy pro každou dráhu letišti vzletu, se stanoví rozjezd a maximální vzletová hmotnost letadla. Dráhová analýza počítá s meteorologickými podmínkami, stavem dráhy, výkonem letounu a podmínkami vzletu.

Základní důležité hmotnosti jsou tyto:

Maximální hmotnost bez paliva (MZFW) – je dána pro to, aby nebyla překonána strukturální nosnost konstrukce letadla.

Maximální platící zatížení (MPLW) – určuje kolik se dá na let naložit nákladu včetně cestujících.

Maximální vzletová hmotnost (MTOW) – určuje s jakou momentální hmotností je dané letadlo za daných podmínek schopno vzlétnout.

Maximální přistávací hmotnost (MLW) – určuje s jakou momentální hmotností je dané letadlo za daných podmínek schopno přistát. Je zpravidla nižší než MTOW. (11)

### **Výběr tratě**

Podle navigační dokumentace se vybírají nejvhodnější letové tratě. Při jejich volbě je potřeba přihlídnout i k radiokomunikačnímu vybavení letadla. Na samotný výběr má vliv optimální letová hladina, směr a síla větrů, omezení službami řízení letového provozu, nejkratší vzdálenost, morfologické a jiné překážky. Při výběru tratí je také důležité brát v úvahu časovou dostupnost konkrétních letových cest (ne všechny jsou otevřeny kontinuálně).

### **Volba záložních letišť**

Pro návrh záložních letišť pro dvoumotorová letadla se používají pravidla létání ETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance Standard), podle kterých

letadlo musí letět v určité vzdálenosti od záložních letišť, na která může doletět s jednou pracující pohonnou jednotkou za určitý čas. Při výběru záložních letišť je potřeba kontrolovat NOTAMy vhodných letišť.

Při stanovení cílového letiště a záložních letišť je opět nutno brát v úvahu stanovené postupy přiblížení, palubní vybavení letadla a kvalifikace posádky. (1)

### **Body rozhodnutí (podle ETOPS)**

Pravidla létání ETOPS mají vliv na plánování letu a palivový scénář. Tato pravidla berou v úvahu vhodné záložní letiště a určitou maximální diverzní vzdálenost od nich, na kterou musí mít dané letadlo na palubě dostatečné množství paliva, aby mohlo doletět s jednou pracující pohonnou jednotkou.

Do kritického scénáře paliva se započítají nejhorší podmínky letu, které jsou:

- a) v nejkritičtějším bodě na trati dojde k dekompresi kabiny
- b) let na nejbližší vhodné letiště ve výšce 10 000 stop
- c) na náhradním letišti vyčkávání 15 minut v 1500 stopách
- d) případné provedení nezdařeného přiblížení a přistání (12)

V souvislosti s palivem a potřebnou délkou letu jsou stanoveny tzv. body rozhodnutí:

Bod bezpečného návratu (PSR) – letadlo je schopno návratu na letiště vzletu se stanovenými bezpečnostními rezervami paliva.

Bod posledního návratu (PNR)– letadlo se vrátí na letiště vzletu s nulovou zásobou rezervního paliva.

Bod stejného času (PET) – v tomto bodě je čas letu na dvě použitelná diverzní letiště stejný.

Kritický bod (CP) – doba letu na letiště vzletu a na cílové letiště je stejná. (1)

### **Vytvoření provozního letového plánu a podání ATC letového plánu**

Podle standardních předpisů se potřebné údaje využívají k vytváření letových plánů. Při podání ATC letového plánu je potřeba zkontrolovat obsah, a hlavně tratě, aby příslušné stanoviště ATS povolilo let. S provozním letovým plánem se důkladně posádka seznámí až před letem.

## 2 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY OPTIMALIZACE LETU

### 2.1 Faktory ovlivňující výběr tratě

Příprava ideální trasy není nikdy jednoduchá. Do volby kudy letadlo poletí vstupuje celá řada faktorů, které se navíc mohou měnit.

#### 2.1.1 Ekonomické faktory

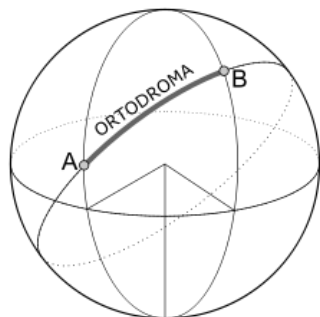
Ze všech složek provozních nákladů je výběr tratě především ovlivněn spotřebou paliva. Na tom může záviset i výběr letiště, které má blízko sebe jiné letiště s odlišnou cenou za palivo. Při volbě letiště hrají roli také přistávací a letištní poplatky. Velká letiště nemají často kapacitu obsluhovat malá letadla, a proto je pro byznys lety vhodnější používat malá a speciální letiště určená pro tento druh letů.

Za služby dispečerů letového provozu během celého letu jsou účtovány navigační a přeletové poplatky. Z důvodu snížení těchto poplatků a tím zlevnění celého letu se letecké společnosti snaží při plánování vybírat co nejkratší trasu letu.

Každá letecká společnost má za cíl mít co nejnižší provozní náklady a získat výhodu oproti konkurenci v podobě levnějších služeb (letenek). Optimalizace letu může hrát důležitou roli k dosažení těchto aktivit.

#### 2.1.2 Geografické faktory

Jako nejkratší vzdálenost mezi dvěma body na zemském povrchu v mapování a navigaci se používá ortodroma, která je znázorněna na obr. 5. Letecké společnosti obvykle vybírají trať, která se co nejvíce přibližuje k trati ortodromické.



Obr. 5 Ortodroma

Zdroj: (13)

V minulosti za polohu letadla ve vzdušném prostoru byli zodpovědní palubní navigátoři. Byli to lidé, kteří byli schopni určit zeměpisnou polohu letadla vůči zemi. Je potřeba znát

přelétávaný terén pro orientaci v prostoru a rychlou reakci při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Rozvoj družicových technologií převzal hodně lidské práce a umožnil bezpečný přelet nejen na velké vzdálenosti jako např. oceán, ale také vyřešil problém s magnetickou deklinací nad polárními oblastmi. Navigátoři byli postupně nahrazeni stroji.

Speciální kategorií letů jsou přelety rozsáhlých vodních ploch, zejména oceánů, nehostinných oblastí (pouští) a horských masivů. Pro volbu trati je zde o to více důležité brát citlivě v úvahu výkon letounu a stanovené technické charakteristiky pro bezpečnost letového provozu. Také je nutno počítat, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá atmosférický tlak a tím také i výkon motoru použitelný pro vzlet. (1)

Vzletová a přistávací dráha se obvykle používá obousměrně vždy v závislosti na směru foukajícího větru. Problém může nastat, když se letiště nachází v těsné blízkosti hor, což vylučuje možnost vzletu a přistání ze strany hor.

### **2.1.3 Meteorologické faktory**

Povětrnostní podmínky a počasí člověk nemůže ovlivnit, a proto je alespoň neustále sleduje, aby je mohl maximálně výhodně využít. Důkladně se zkoumá vítr, teplota a oblaky a jejich dopad na letectví.

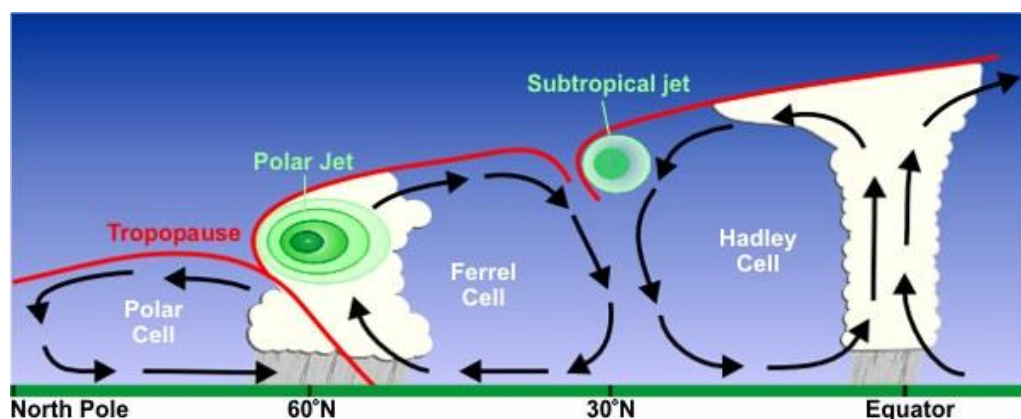
Nikdy není možné určit 100% předpověď počasí. Proto během letu probíhá neustálé monitorování meteorologických podmínek ze strany posádky, aby bylo možné určit jakékoliv odchylky od předpovědi a neohrozit tak uskutečnění bezpečného a komfortního letu.

Vznik námrazy nebezpečně ovlivňuje nejen výkony letounu, ale i jeho letové vlastnosti. Atmosférická fronta je rozhraní mezi dvěma vzduchovými hmotami. Fronty vytváří oblačnost, bouřky, sněhové a dešťové přeháňky, které zhoršují dohlednost a letové vlastnosti, přináší turbulenci, možnost rušení elektrických systémů. Písečné a prachové bouře a vulkanický popel mohou vést dokonce k vážnému poškození pohonných jednotek. Proto je snaha se těmto oblastem co nejvíce vyhnout.

Turbulenci ve většině případů způsobuje vertikální pohyb vzduchu, tedy jeho tah nahoru a dolů v blízkosti mraků a bouřek. V případě jasné viditelnosti je turbulence spojená s atmosférickými proudy. Turbulence se může objevit i v oblasti bez oblačnosti, říká se jí turbulence v čistém vzduchu (CAT – Clear Air Turbulence). V současné době se běžně setkáváme s turbulencí při stoupání po startu letadla nebo při přistání.

Na směr a rychlost větru přímo závisí i rychlost letu. Vítr vůči letadlu působí buď tak, že jej mírně zpomaluje (protivítr – headwind) nebo zrychluje (vítr zezadu – tailwind). Zároveň letadlo téměř vždy vychyluje z dráhy (boční vítr – crosswind). Při zpomalování nebo zrychlování se jen prodlouží nebo zkrátí cestovní doba. Při bočním větru musí pilot tzv. vylučovat snos – to znamená, že letadlo letí více či méně (v závislosti na síle a směru bočního větru) směrem šikmo do větru, aby vylučovalo boční posun od svého plánovaného směru. Skluz je tedy situace, kdy se letadlo pohybuje mírně bokem. I v tomto případě se doba letu prodlužuje. Mnohem větší problém může však vítr znamenat při startu nebo přistání. Tady už má boční vítr vliv na bezpečnost, protože může letadlo vychýlit z osy vzletové dráhy. Totéž se může stát při přistání, které je vzhledem k tomu, že motory nepracují na plný výkon, na boční vítr ještě trochu citlivější. Každý typ letadla má stanovenou maximální hodnotu tzv. kolmé složky bočního větru, za níž je už start/přistání méně bezpečné nebo dokonce nemožné. Zásadní důležitost má v tomto případě směr vzletové dráhy na letišti odletu a směr přistávací dráhy na cílovém letišti. Dispečer ATC se snaží využívat vzletovou a přistávací dráhu tak, aby letadla vzlétávala a přistávala co nejvíce proti směru větru. (14)

Při letech ze západu na východ je možné si všimnout, že tyto lety trvají delší dobu než lety na stejnou vzdálenost opačným směrem. Je to spojeno s rotací Země kolem své vlastní osy a vzniku převládajících směrů větru v určitých zeměpisných šířkách. Tohoto efektu lze využít při plánování. Příkladem je např. jet stream – tryskové proudění ze západu na východ. Na obr.6 je vidět schematické znázornění jet streamu v příčném řezu troposférou.



Obr. 6 Schematické znázornění jet streamu

Zdroj: (15)

Vlhkost a teplota určují rosný bod pro získávání údajů o přítomnosti oblačnosti, mlhy nebo námrazy v zimním období a dalších charakteristikách vzduchu v dané výšce.

Oblačnost, nízká oblačnost nebo mlha ovlivňují viditelnost, která je důležitá při přistání na přistávací dráhu a poježdění na poježděcích dráhách. (16)

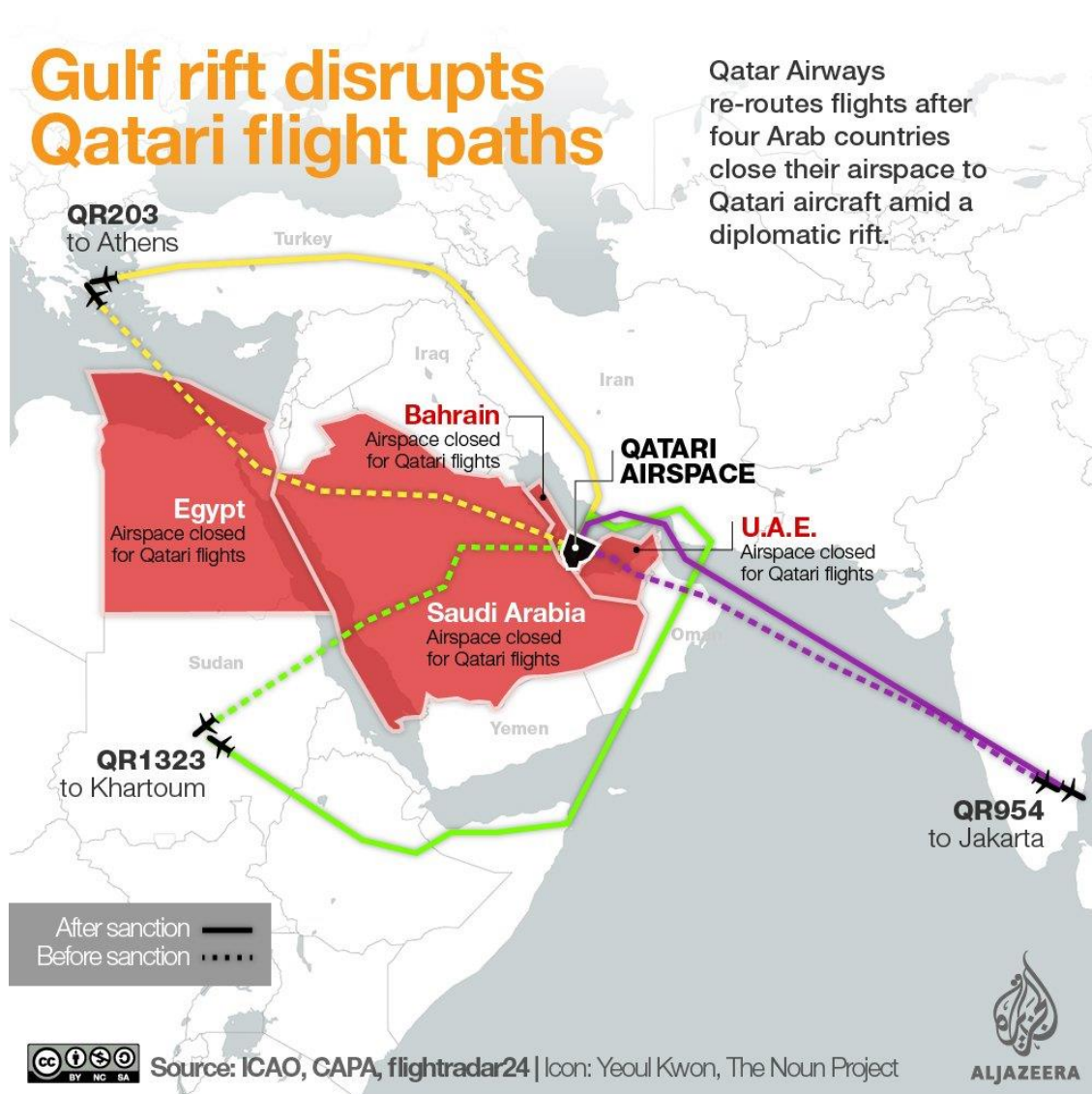
Problém globálního oteplování ovlivňuje letecký provoz tím, že může klesnout schopnost proveditelnosti letu, protože při vysoké teplotě klesá atmosférický tlak. Při nízkém atmosférickém tlaku klesá výkon motorů letadla, a proto letadlo při vzletu potřebuje delší RWY, větší výkon motorů a větší objem paliva. (1)

#### **2.1.4 Geopolitické faktory**

Mezinárodní lety probíhají nad území různých států. Vzdušný prostor nad každým státem spadá pod jeho svrchovanost.

Pro plánování letu přes cizí státní území je potřeba dbát mezistátních leteckých dohod. Každý stát uvádí příslušná pravidla, přeletové koridory a zakázané prostory v publikované letecké informační příručce (AIP). Každý stát může také vyžadovat povolení pro let cizího letadla nad svým územím. V případě politických konfliktů se toto může stát nástrojem pro blokadu cizích přeletů. (1)

Příkladem je diplomatická izolace Kataru – zákaz využívání vzdušného prostoru Saúdské Arábie, Spojených arabských emirátů, Bahrajnu a Egyptu pro Qatar Airways a další letadla registrovaná v této zemi. Na obr.7 je vidět efekt diplomatické izolace a rozdíly v plánování pravidelných tratí.



Obr. 7 Diplomatická izolace Kataru

Zdroj: (17)

## 2.1.5 Provozní faktory

Při plánování letu je potřeba znát navigační vedení, např. jaké jsou použité radiokomunikační prostředky po celé délce trasy letu až po přistání. V souvislosti s tím, že vzdušný prostor je rozdělen na oblasti, je potřeba brát v úvahu, že každá oblast se zřizuje odlišnými postupy provedení letu. Například, pravidla letu podle systému tratí ATS zahrnují rozdělení vzdušného prostoru, systémy dálkových tratí, preferované a podmíněně použitelné tratě, zakázané, nebezpečné a omezené prostory a standartní příletové a odletové tratě. V mapách jsou ukázány typy vybavení tratě a letišť.

Drift down – postupy, které stanoví, při daných hmotnostech je letoun s nepracující pohonnou jednotkou schopen plynule klesat nebo letět ustáleným vodorovným letem, aniž by byla porušena bezpečná výška nad překážkami.

Při plánování letu je potřeba pamatovat, že letadlo musí letět v určité blízkosti náhradních letišť podle pravidel ETOPS. (1)

### **2.1.6 Technické faktory**

Provedení letu nad nehostinnými oblastmi, jako jsou vodní plochy, polární oblasti, pohoří, pouště a džungle klade značný nárok jak na výkonnosti letadla a maximální dolet, tak na navigační schopnosti letounu a jeho komunikační a speciální vybavení. V Annexu 6 jsou popsány požadavky na vybavení letounů pro danou oblast. Podle technického vybavení letadla se potom vybírají vhodné tratě.

Pro šetření motorů se stoupání a vzlet někdy uskutečňuje při nižším vzletovém tahu motorů. Tato procedura se také provádí pro snížení hluku nad obytnými zónami.

### **2.1.7 Civilizační faktory**

Všechny umělé vytvořené překážky, jako např. mrakodrapy, můžou představovat nebezpečí během vzletu nebo přistání letadel. Je proto důležité dodržovat minimální výšky, základní z nich je 300 m nad rovinným terénem nebo 600 m nad hornatým terénem nad překážkami.

### **2.1.8 Ekologické faktory**

Při plánování letu je důležité minimalizovat spotřebu paliva a vypouštěné emise. Pro letišti je běžné zkracovat vyčkávací dobu a dobu poježdění letadel na poježděcích dráhách, aby letadla neprodukovala zbytečně velké množství spalin. Emise v letectví mají podobu plynů jako jsou oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) nebo oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>). Ty spolu s vodními párami způsobují vznik skleníkového efektu. (1) V dnešní době funguje v Evropě systém obchodování s emisemi (EU - ETS) s cílem podpořit snižování emisí skleníkových plynů na úrovni EU.

Letiště přijímají letadla během dne i v noci. Maximální výkon letadla využívají na vzletu. Aby byl omezen vliv hluku od přilétávajících a odlétávajících letadel na městské aglomerace, je snaha stavět letiště za městy. Pokud to není možné, lidé žijící v blízkosti letišť si stěžují na hluk. Letiště problém řeší a výsledkem je, že nemůžou využívat některé dráhy v určitých hodinách, tím klesá kapacita letišť a vzrůstá náročnost na ostatní dráhy.

## 2.2 Stanovení kritérií pro výběr tratě

S neustálým technologickým pokrokem a vývojem různých nových koncepcí se organizace letového provozu mění. Cílem je zkracování tras letů, zkvalitnění práce a ulehčení celého procesu provedení letu od jeho plánování do uskutečnění a zejména optimalizace plánovaného letu.

Optimum, kterého letečtí dopravci chtějí dosáhnout, závisí na různých faktorech.

### 2.2.1 Rychlost letounu

#### *Výkon letadla*

Rychlost letadla přímo závisí na výkonu motorů a udává se Machovým číslem. Výrobce je dána maximální rychlost letounu, ale obecně se používá cestovní rychlost, protože letadlo s cestujícími a nákladem na palubě nemůže dosáhnout maximální výkonnosti motorů. Cestovní rychlost je přibližně rovna 60-81 % z maximální rychlosti.

Motory se dají nastavit na různé režimy při stoupaní, při cestovním letu a na volnoběh při klesání.

Režim stoupaní se používá při vzletu, při kterém výkony motorů jsou popsány hodnotami redukovaného vzletového tahu. Při vyšších hodnotách se hluk motorů zvětšuje, ale letadlo odletí co nejrychleji. A naopak, když pilot nastaví nižší hodnotu tahu, hluk se zmírní a letadlo stoupá pomalu.

Většina letu probíhá v režimu cestovního letu, přesto letadlo neletí celou dobu ve stejné výšce se stejnou rychlostí. Podélný profil letu z hlediska ekonomiky vypadá tak, že se letadlo pohybuje stoupavě v závislosti na tom, jak během celého letu postupně spotřebovává palivo, hmotnost letadla klesá a optimální výška roste. A proto letadlo letí s ekonomickou rychlostí stoupavého letu, kterou lze rozdělit pro různé cíle:

Let za minimální čas – cestovní rychlost je maximální, délka letu je minimální.

Let s maximálním doletem – cestovní rychlost je minimální, spotřeba paliva na 1 km cesty je minimální.

Let s maximální vytrvalostí – poměr spotřeby paliva a minimalizace délky letu.

Let s maximální úsporností – neboli let s ekonomickou rychlostí, při které jsou celkové náklady na let nejnižší. (18)

## ***Vítr***

Když letadlo letí proti směru proudění větru, je potřeba vzít v úvahu, že je nutno překonat proudění protivětru. Letadlo se vůči zemskému povrchu pohybuje pomaleji. Naopak při proudění větru ve směru letu se rychlost větru přičítá k rychlosti letadla a výsledná rychlost vůči povrchu Země je vyšší.

### **2.2.2 Vzdálenost**

#### ***Provozní omezení letadla***

Provozní omezení letadla jsou stanovená výrobcem. Jedná se zejména o maximální hmotnost, maximální dolet, maximální výšku letu a kapacitu paliva. V souvislosti s doletem letadel, letadla bývají pro krátké, střední a dlouhé tratě.

#### ***Počasí***

Jedná se zejména o meteorologické jevy, které letadlo musí obletět kvůli zachování komfortu letu pro cestující, a to i za cenu, že se plánovaná vzdálenost zvětší. Mezi tyto jevy patří nebezpečné druhy vertikální oblačnosti, fronty, oblasti se silnou námrazou a turbulencí apod.

#### ***Tratě***

Let po dostupných tratích není vždycky optimální z hlediska minimální vzdálenosti.

#### ***Státní povolení***

Přelet cizího území je podobný vstupu na cizí území, má tedy svá pravidla. Od cizích států, nad kterými se bude uskutečňovat let je potřeba vyžádat přeletová nebo o přistávací povolení. Pokud letecká společnost neobdrží letové povolení pro území cizího státu, musí celý tento stát obletět.

### **2.2.3 Délka letu**

#### ***Rychlost letounu***

Při plánování letu se dá jeho rychlost nastavit v závislosti na dostupné kapacitě paliva a hmotnosti cestujících a zavazadel. Například plné letadlo nemůže letět maximální rychlostí a naopak, když se letí na velkou vzdálenost, musí se vhodným způsobem zohlednit poměr paliva a nákladu.

## ***Vzdálenost***

Letadlo neletí přímo z místa odletu do místa příletu, ale kvůli vhodnému větru často proletí delší vzdálenost za kratší čas.

## ***Hustota provozu***

Hustota provozu omezuje práci dispečerů při plánování letu tak, že jim složky ATC můžou někdy vrátit letový plán kvůli nevhodně vybraným tratím. Let je poté nutné přeplánovat jinou trasou.

### **2.2.4 Palivo**

#### ***Délka letu***

Spotřeba paliva je vztažena k času, potřebnému pro splnění všech činností, které jsou spojené s bezpečným provedením letu.

#### ***Hmotnost letounu***

Palivové nádrže se nachází ve křídlech a centroplánu letadla a regulují se elektronicky mezi sebou a motory pro zachování polohy těžiště během letu. Objem palivových nádrží přímo je závislý od toho, jestli se jedná o malé nebo velké letadlo.

#### ***Vítr***

Při větru zezadu motory pro uletění stejné vzdálenosti spotřebují méně paliva než při protivětru. Z tohoto důvodu a důvodu menší spotřeby paliva se dispečerů snaží využít zadní vítr při plánování letu.

### **2.2.5 Ekonomika**

#### ***Palivo***

Ceny za palivo jsou na každém letišti různé. A proto je zcela běžné, že se velitel letadla rozhodne letět do destinace, kde jsou ceny vysoké s větším množstvím paliva, tak, aby na let zpět nemusel tankovat vůbec nebo menší množství.

#### ***Náklady***

Všeobecný přehled nákladů leteckých společností:

- a) Přímé provozní náklady
  - 1) Náklady na posádku (mzdy zaměstnancům)
  - 2) Náklady na palivo (vlastní provedení letu)

- 3) Náklady na údržbu letadel (technické prohlídky, amortizace součástí)
  - 4) Personální náklady (odpisy nebo splátky letadel)
- b) Nepřímé provozní náklady
- 1) Náklady za užívání stanic (prodejen)
  - 2) Poplatky (navigační, letištní, přistávací)
  - 3) Náklady na odbavení letadel a cestujících
  - 4) Náklady na distribuci a prodej letenek
  - 5) Náklady na stravování cestujících a ostatní služby

### **2.2.6 Bezpečnost**

#### ***Počasí***

Meteorologická minima, která jsou stanovena pro uskutečnění vzletu a přistání jsou dráhová dohlednost (RVR) a výška rozhodnutí (DH). Dráhová dohlednost se udává v různých zemích buď ve stopách, nebo v metrech a určuje dohlednost v prostoru vzletové a přistávací dráhy. Výška rozhodnutí – výška, ve které je pilot povinen přistání přerušit, pokud dosud nevidí vzletovou přistávací dráhu. Minima jsou závislá na rychlosti a směru větru, viditelnosti, výšce spodní základny oblačnosti a kontaminaci dráhy.

Existující minima se tykají:

Letadla – výrobcem letadla je garantován provoz letadla za stanovených meteorologických podmínek.

Letiště – pro každou určitou vzletovou a přistávací dráhu letiště jsou deklarována přistávací a vzletová minima. Závisí od umístěného radionavigačního a světelného vybavení na dráze a také okolního terénu a umělých překážek.

Posádek – kvalifikace pilotů pro uskutečnění letu při určitých meteorologických podmínkách.

O uskutečnění letu rozhoduje sám pilot. Podle předpovědi počasí jsou vybírána náhradní letiště a také vhodné příletové a odletové tratě na koncových letištích. (16)

#### ***Nebezpečné zóny***

Zkoumání oblastí výskytu turbulence, námrazy, bouřky a jiných jevů umožňuje předem se těmito oblastem vyhnout obletem, změnou hladiny nebo i jiným směřováním nebo se na jejich účinky včas připravit. Při vysoké teplotě letadla nemůžou letět, při nízké mrzne palivo.

## **2.2.7 Komfort**

### ***Délka letu***

Obvykle chtějí cestující co nejrychleji doletět do cíle. Z toho důvodu se snaží letecké společnosti maximálně napřimovat své lety.

### ***Bezpečnost***

Letecká doprava je považována za nejrychlejší a nejbezpečnější druh dopravy na světě. V souvislosti s tím, že ji využívá neustále více lidí a letadla jsou větší, je každá nehoda vážnou událostí. Meziroční statistiky nicméně ukazují, že počet nehod a incidentů dlouhodobě klesá.

### ***Servis***

Při letu pravidelnou linkou je menší možnost výběru služeb. V nedávné minulosti se při kupování letenky automaticky očekával palubní servis včetně stravování. Teď si při nákupu přes internet mohou cestující objednat sedadlo, jídlo poté individuálně podle svých požadavků a za příplatek.

Nejkomfortnější lety jsou byznys lety, protože je možnost objednat nejen letadlo a palubní servis, ale také ostatní služby, které společnost pro zákazníka zajistí.

## **2.2.8 Výška**

### ***Ekonomie***

Volbou vhodné letové hladiny tratě podle znalostí hodnot větru lze dosáhnout kratší doby letu, nižší spotřeby paliva a většího možného platícího zatížení.

Čím níže vede trať letadla, tím je méně ekonomické vhodná.

S rostoucí výškou letu se bude zvětšovat pravá vzdušná rychlost (TAS) – rychlost vůči okolnímu vzduchu. Díky tomu se zvětší vzdálenost, kterou může letadlo uletět. (18)

### ***Hustota provozu***

Při stanovení optimální výšky se počítá s radarovým dosahem signálů pro obousměrnou komunikaci, a také maximálními a minimálními výškami stanovenými pro letadla.

### ***Počasí***

Díky tomu, že v různých výškách je rozdílná síla a směr větrů je možné využít potřebný vítr v určité výšce.

## 2.2.9 Tratě

### **Výška**

Dispečer se snaží zvolit výšku letu tak aby byla optimální pro danou délku trati jak z hlediska nejkratší doby letu, tak nejnižší spotřeby paliva, s ohledem na převažující meteorologické podmínky.

### **Přesně stanovené postupy provedení letu**

Činnosti spojené se samotným provedením letu spadají na dispečery řízení letového provozu (ATC). Činnosti dispečerů (ATC) podle oblasti řízení se dělí na:

- a) Letištní řízení (TWR) – řízení na pozemních plochách letiště.
- b) Přiblížovací řízení (APP) – koordinace příletů a odletů na/z území letiště.
- c) Oblastní řízení (ACC) – kontrola prolétávané oblasti. (19)

Cílem řízení je zabezpečení toku letové dopravy. Poskytuje potřebnou informaci letadlům a zabraňuje srážkám. Každý dispečer (ATC) má přiřazenou oblast se stanovenou kapacitou.

Nejvíce zatížená bývá oblast přiblížovací. Některá letiště toto řeší tak, že každému přilétávajícímu a odlétávajícímu letadlu udělují letištní slot. V tomto rozmezí by se měl uskutečnit vzlet nebo přistání plánovaného letu. Existují také ATC sloty pro regulaci vzdušného prostoru.

Po přidělení letištního slotu je třeba stanovit:

- a) CTOT (Computed Take Off Time) – vypočítaný čas odletu
- b) EOBT (Estimated Off Block Time) – Předpokládaný čas zahájení pojíždění (11)

Stává se tak, že dispečery (ATC) může zkrátit let prostřednictvím vynechání tratě.

## 2.2.10 Free flight

Zavádění konceptu free flight nese řadu výhod pro plánování letu. V tomto případě let nezávisí na tratích a navigačních bodech, co umožňuje flexibilně zkrátit celkovou délku letu. Prostorová navigace (RNAV) umožňuje napřimovat trasy tím, že vynechává jak navigační body, tak i celé tratě. Cílem je používat zeměpisné souřadnice pomocí zeměpisné šířky a délky pro spojování bodů a tím docílit optimalizace trajektorie letu.

## 2.3 Letová trasa

Všechna pravidla létání byla zavedena pro uspořádání a bezpečné provedení letové dopravy. Letová trasa je trajektorie letu od letiště vzletu do letiště přistání. Může se během celého letu skládat z několika tratí, navigačních bodů a letových hladin. Trasy mohou být vedeny ve vzdušném prostoru mezi navigačními body s přesnými tratěmi anebo bez tratí mezi dvěma jednotlivými majáky. Pokud je tato možnost dostupná, opět podporuje napřimování tras letů a vede k optimalizaci.

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

V této části budu posuzovat dva příklady IFR letů, a to příklad pravidelné linky a nepravidelného byznys letu. V souvislosti s tím, že každá společnost se snaží chránit informace od konkurenčních firem, nemůžu posuzovat ceny a potřebné palivo pro daný let.

Pro příklad v této práci jsem si vybrala let z Amsterdamu (EHAM) do Kuala Lumpur (WMKK). Přímá vzdálenost: 5529NM = 10240 km.

#### 3.1 Pravidelný let

K získání dat jsem sledovala v období od 4.9.16 do 7.12.16 každodenní KLM lety Amsterdam – Kuala Lumpur tam (KLM 809) a zpátky (KLM 810) pomocí flightradar24. Pro této let letecká společnost KLM využívala dva druhy letadel rodiny Boeingu 777 pro dlouhé tratě. Příklad jednoho z letadel je na obr. 8 a v tab. 2 jsou technické charakteristiky obou letounů.



Obr. 8 Boeing 777-300ER

Zdroj: (20)

Tab. 2 Charakteristika letounů B772 a B77X

Typ letadla	Boeing 777-200ER (B772)	Boeing 777-300ER (B77X)
Maximální dolet	7065 NM (13080 km)	7370 NM (13650 km)

<b>Maximální dostup</b>	43100 ft (13100 m)	
<b>Cestovní rychlost</b>	Mach 0,84 (892 km/h)	
<b>Počet sedadel</b>	318	408

Zdroj: (21), (22)

### **Údaje o letu:**

Průměrná délka letu: 12:05 hodin

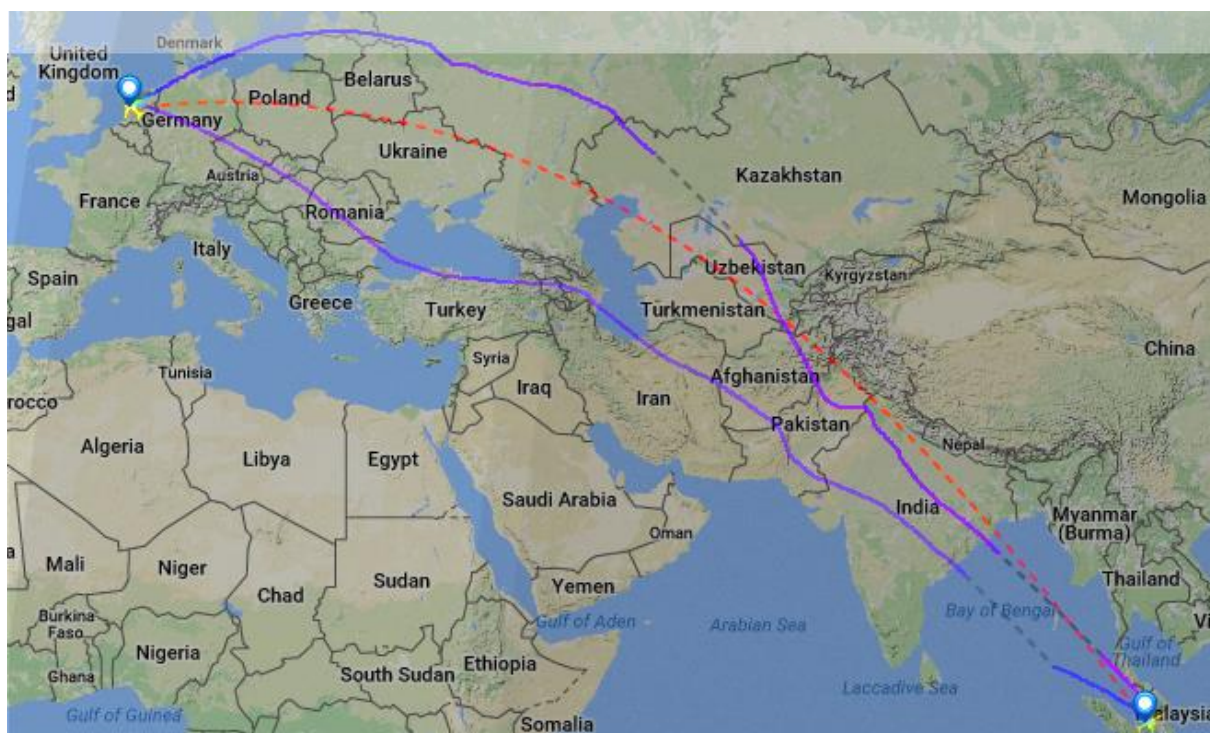
Vzdálenost: 5534 NM (10249 km)

Maximální výška letu: FL330 (10058 m)

Počet lidí na palubě: není určeno

Prvotní cíl pravidelných letů je snížit spotřebu paliva, v důsledku čehož se sníží rychlost a zvětší se doba letu.

Na obr.9 mezi fialovými křivkami je označená oblast, kde lety probíhaly, červenou barvou je potom označená ortodroma. Většina letů do Kuala Lumpuru probíhala severní cestou. Naopak lety zpět do Amsterdamu byly operovány jižní variantou. Z analýzy bylo možné zjistit, že existovala snaha o oblet území Ukrajiny.



Obr. 9 Hranice létání

### 3.2 Byznys let

Během jednodenní praxe na dispečinku společnosti business aviation jsem měla možnost naplánovat fiktivní byznys let z Amsterdamu do Kuala Lumpur. Před zahájením práce jsem s ohledem na dolet vybrala vhodné letadlo z dostupných výpočtových profilů. Takové letadlo byl nakonec dálkový Gulfstream G550. Na obr. 10 a v tab. 3 můžeme vidět letadlo a jeho technické charakteristiky.



Obr. 10 Gulfstream G550

Zdroj: (24)

Tab. 3 Charakteristiky letounu G550

<b>Typ letadla</b>	Gulfstream 550 (G550)
<b>Maximální dolet</b>	6,750 NM (12501 km)
<b>Maximální dostup</b>	51,000 ft (15545 m)
<b>Cestovní rychlost</b>	Mach 0.8 (850 km/h)
<b>Počet sedadel</b>	19

Zdroj: (24)

#### **Údaje o letu:**

Plánovaná délka letu: 12:00 hodin

Vzdálenost: 5742 NM (10635 km)

Maximální výška letu: FL450 (13416 m)

Počet lidí na palubě: 6

Cílem je: rychlost a komfort cestujících.

### ***Proces plánování soukromého letu***

Na začátku procesu je od zákazníka přijata objednávka, kam a kdy chce letět, očekávaný počet cestujících a zavazadel. Při plánování letu jsou do softwaru zadány již známé údaje pro primární přehled. Software nabídne ortodromu, která pro případ tohoto konkrétního letu protíná území 15 států.

Dále jsou kontrolovány podmínky proletových a přistávacích povolení nad území států, nad kterými bude uskutečněn let. Na území EU platí pravidla organizace EUROCONTROL, která sjednocuje kontrolu vzdušného prostoru nad EU. V důsledku to znamená, že pro evropská letadla není potřeba žádat o povolení přeletů států EU. Pravidla nutnosti povolení pro nepravidelné a byznys lety jsou mnohdy odlišné. Jedním z takových států je například Afghánistán. Ten lze optimálně přeletět v nejužším úseku mezi Tádžikistánem a Pákistánem. Od 2014 roku je uzavřen vzdušný prostor nad východní částí Ukrajiny a po katastrofě malajsijského Boeingu se ostatní letadla snaží obletávat celé území tohoto státu. Při stavbě trasy jsem měla dvě možnosti, jak obletět toto území, a to buď ze severu nebo z jihu, jak jsou označeny trasy fialovými křivkami na obr. 9. Byznys lety upřednostňují často trasy zajišťující nejkratší doby letu, i když je potřeba víc povolení než při ostatních možnostech. V případě časové tísně se naopak hledá optimalizace nejmenšího počtu proletových povolení.

#### ***1.varianta trasy***

Na začátku jsem zohlednila severní trasu, která prochází nad 13 státy. Od Nizozemska do Běloruska není potřeba žádné proletové povolení a řízení letového provozu je v režii organizace EUROCONTROL. Kontrola této části trasy je automatická na základě elektronického validátoru. Zajímavější část práce začíná od Ruska až do Malajsie, kam potřebujeme 9 povolení a tratě musí nastavit dispečer připravit a zkontrolovat manuálně. Nejdelší čekání na povolení přeletu ze všech vybraných států je u Thajska a to je 7 dní. Tato doba nevyhovuje, pokud je potřeba provést let okamžitě nebo v kratším časovém horizontu.

Je důležité zkontrolovat tratě tak, aby byly vedeny přes body a probíhaly po platných letových cestách. Pomocí mapového softwaru Jeppesen můžeme filtrovat vyhovující tratě, ale musíme zkontrolovat platný směr a provozní dobu tratě podle AIPu. Daný problém nastává například s Ruskem, kde s žádostí o povolení přeletu zároveň překládáme i plánované

tratě nad tímto státem. Když vyskytne problém s tratí, je odmítnuto i povolení k přeletu. Při neúplné nebo chybné informaci o plánované trati je posádka odkázána sama na sebe a pomoc ATC. Pokud ATC neschválí podanou trasu, je možné, že je let operativně přeplánován za letu. To se většinou děje za cenu delší trasy.

## **2.varianta trasy**

Druhou variantou trasy byla jižní varianta. Tato trasa probíhá nad 11 státy. Od Turecka je opět nutné kontrolovat vhodnou trasu manuálně. Celkově je pro tuto variantu potřeba 4 povolení. Maximální doba čekání na povolení je z Indie a to je 3 dny. Na tratích se skoro nevyskytovala žádné omezení, kromě snížené výšky na FL410 nad Pákistánem.

1.varianta nevyhovovala kvůli časové náročnosti jak před letem, tak i doba letu. I když byla změněna trasa a celkový počet povolení se snížil z 9 na 6, celková doba letu stejně byla o půl hodiny delší, než u 2.varianty.

Dispečer nejen plánuje let a také řeší servis spojený s plánovaným letem:

- a) Handling – informuje pozemní služby pro odbavení letadel
- b) Customs – clo
- c) Parking (hangár popř.) – řeší stání letadla na letišti
- d) Palivo – objednává nákup očekávaného objemu paliva
- e) Letištní slot – domluví se o přiřazení časového intervalu odletu nebo přistání
- f) PPR (Prior Permission Required) – zjistí předletové povolení k přeletu nad územím států
- g) Catering, hotel, auto – uspokojí potřeby zákazníka
- h) Fire Cat – zjistí požární kategorii letiště.

## **3.3 Vyhodnocení porovnání pravidelného a soukromého letu**

Pravidelný let se uskutečňuje každý den. Při dobrých povětrnostních podmínkách se let často zkrátí až o půl hodiny. Cena letu v Economy class se pohybuje mezi 600-700 EUR, u Business class je to potom 2000-3000 EUR. Problematika přeletových povolení je vyřešena tak, že jsou zajištěna všechna a na dlouhou dobu (například celou letní nebo zimní sezónu) a při plánování se není nutné vázat na dobu jejich zajištění.

Daný soukromý let se musí plánovat minimálně 3 dny před uskutečněním letu tak, aby bylo možné zajistit všechna potřebná přeletová a přistávací povolení. Při plánování to může způsobit nutnost obléhat některý stát a tím je snížena celková možnost optimalizace.

Oproti pravidelnému letu tento druh letu je komfortnější vzhledem také k tomu, že je v letadle menší počet lidí, ale cena téměř jako pro Business class.

## ZÁVĚR

Konečným výsledkem plánování letu je přidělená letová trasa, která je unikátní pro každý let. Plánování letu těsně spojeno s optimalizací letu, protože dispečer se snaží let připravit co nejvýhodněji pro leteckou společnost. Ta je zaměřená buď na pravidelné linky anebo na charterové lety. Všechny letecké společnosti se snaží chránit své pracně získané zkušenosti, ze kterých vznikají kritéria pro optimalizaci. Společným cílem bude vždy maximalizace zisku.

Díky možnosti odborné praxe na operačním dispečinku jsem měla možnost plánovat soukromý let a pochopila, jaká jsou úskalí a výhody optimalizace letů s ohledem na druh provozu a dostupnému času řešit vše s předstihem.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) VOLNER, R a kolektiv. *Flight Planning Management*. Brno: Akademické Nakladatelství CERM s.r.o. Brno, 2007, s. 650. ISBN 978-80-7204-496-2.
- (2) Machovo číslo v letectví [online], [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <<https://www.czechairliners.net/index.php/archiv-clanku-1/1011-rychlost-letadel-podle-machova-cisla.html>>.
- (3) *Letecké předpisy*. Praha: Úřad pro civilní letectví, 2017. 15 s. Dostupné z: <<http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>>.
- (4) IS mapa výškových větrů a teplot standardní izobarické hladiny [online], [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/sw-mapa>>.
- (5) Letová meteorologie [online], [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <[static.balon.cz/download/meteo/LM-16.ppt](http://static.balon.cz/download/meteo/LM-16.ppt)>.
- (6) SWH mapa význačného počasí (pro vysoké hladiny) [online], [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/vyskovy-vitr/5000-ft>>.
- (7) Příklad traťové mapy horního vzdušného prostoru [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<https://skyvector.com/?ll=50.100833333,14.26&chart=302&zoom=3>>.
- (8) PRUŠA, J. a kolektiv. *Svět letecké dopravy*. Praha: Galileo Training, 2015, s. 348. ISBN 978-80-260-8309-2.
- (9) Dekódování zpráv NOTAM [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pwHqxFJQc88J:www.be moair.com/oldpages/provoz/dekodovani%2520notamu.pps+&cd=1&hl=ru&ct=cln k&gl=cz>>.
- (10) Vyhodnocení technického stavu letounu [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<https://paperpaper.ru/plane-maintenance/>>.
- (11) Provedení letu [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://radio.feld.cvut.cz/courses/D37LBR/materialy.php?akce=dlf&zdroj=vpm&f key=0&xtgt=2f686f6d652f53657276696365732f7777772f68746d6c2f6564755f64 65706f742f2f583337524c50>>.

- (12) ETOPS: Když je záložní letiště daleko [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://vztlak.net/Technika-a-legislativa/ETOPS-Kdyz-je-zalozni-letiste-daleko>>.
- (13) Ortodroma [online], [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Ortodroma.svg>>.
- (14) Vítr za letu [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<https://www.flying-revue.cz/chytre-letani-8i>>.
- (15) Schematické znázornění jet streamu [online], [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Jetcrosssection.jpg>>.
- (16) Letové a není letové počasí [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://skynav.ru/pax/meteo/>>.
- (17) Diplomatická izolace Kataru [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://www.aljazeera.com/programmes/talktojazeera/2017/06/akbar-al-baker-qatar-airways-170613020759574.html>>.
- (18) EVANS, J. *Jak létají dopravní letadla*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, s.128
- (19) ŠOUREK, D. *Studijní opora. Technologie a řízení dopravy – LD*. Pardubice: DFJP, 2011, s. 68.
- (20) Boeing 777-300ER [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<https://community.infinite-flight.com/t/in-your-opinion-what-is-the-most-beautiful-aircraft-commercial-private/160703/41>>.
- (21) Charakteristiky letouna B77X [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://www.boeing.com/commercial/777/#/design-highlights/characteristics/777-300er/>>.
- (22) Charakteristiky letouna B772 [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://www.boeing.com/commercial/777/#/design-highlights/characteristics/777-200er/>>.
- (23) Hranice létání [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<https://www.flightradar24.com/data/flights/kl809>>.
- (24) Gulfstream G550. Charakteristiky letouna G550 [online], [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <<http://www.gulfstream.com/aircraft/gulfstream-g550>>.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A – Operační letový plán z Almaty do Pardubic

Příloha B – Plánování letu z Amsterdamu do Kuala Lumpru

# **Příloha A**

(viz. samostatný soubor)

# **Příloha B**

(viz. samostatný soubor)