

ŠKOLA PILOTŮ

Základy letecké meteorologie

ONLY FOR FLIGHT SIMULATION USAGE
NOT FOR REAL WORLD FLYING

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod | 3 |
| ICAO standardní atmosféra | 3 |
| Vliv teploty..... | 4 |
| Vliv tlaku | 5 |
| Vliv teploty a tlaku současně | 5 |
| Oblak | 6 |
| Klasifikace oblaků | 6 |
| Oblačnost..... | 8 |
| Meteorologické jevy | 8 |
| Vítr..... | 8 |
| Střih větru | 8 |
| Tlakový systém | 9 |
| Frontální systém | 9 |
| JET STREAM | 11 |
| Clear Air Turbulence | 12 |
| Plánování letu v oblasti letecké meteorologie..... | 12 |
| Předletová příprava | 13 |
| Předpověď TAF | 14 |
| Výškové větry | 15 |
| Mapa význačného počasí..... | 16 |
| SIGMET | 18 |
| Převod letových hladin na metry | 18 |
| Užitečné odkazy pro plánování letu | 19 |
| Použité zdroje | 19 |

Úvod

Tato příručka slouží jako učební materiál ke studiu pro piloty ČSAV v oblasti letecké meteorologie. Obsahem tohoto dokumentu jsou pouze základní znalosti jednotlivých problematik, které považujeme za nezbytnou znalost pro virtuální létání u ČSAV, nikoliv komplexní či detailní rozbor meteorologických jevů a plánování letu dostupný v komerční literatuře. Tato příručka pokrývá testovací otázky pro kariéru pilotů ČSAV v oblasti letecké meteorologie pro všechny hodnosti. **Upozorňujeme, že veškeré informace obsažené v tomto dokumentu jsou pouze pro použití v simulovaném létání a nesmí být použity v reálném letectví.**

České Virtuální Aerolinie

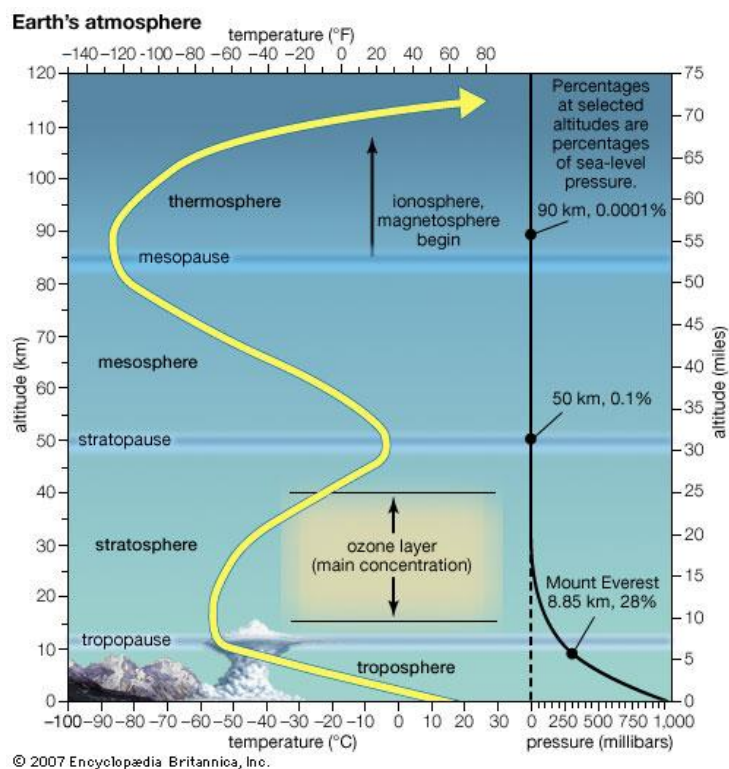
ICAO standardní atmosféra

MSA (Mezinárodní standardní atmosféra) je atmosférický model chování tlaku, teploty a hustoty vzduchu se změnou výšky. Model předpokládá, že atmosféra je homogenní, vzduchu je ideální plyn a tíhové zrychlení je konstantní. Na hladině moře, tedy ve výšce 0 metrů, nám MSA definuje hodnotu **tlaku vzduchu 1013,25 hPa**, **hustotu vzduchu 1,225 kg/m³** a **teplotu vzduchu 15 °C**. Ta do výšky 11 km (do tropopauzy) klesá s rychlostí 6,5 °C na 1000m. Tlak ve výšce 11km klesne na 22,632 kPa a teplota na -56,5 °C. Využití MSA je pro letectví obrovské, protože změny tlaku, hustoty a teploty vzduchu jsou důležité pro výpočty jednotlivých letových parametrů.

Nezapomeňme, že hustota vzduchu má také vliv na:

- vztlak letadla a jeho rychlost stoupání a dostup
- velikost odporu působící na letadlo
- výkon proudového motoru z důvodu objemu kyslíku na sacím hrdle motoru
- tah vrtule z důvodu aerodynamických sil vytvořených na jejich listech

Atmosféra je rozdělena do jednotlivých vrstev:



Níže uvedená tabulka ukazuje hodnoty tlaku odvozené od MSA a standardní tlakové výšky používané pro účely v letecké dopravě:

| Pressure | Flight level | Temperature | Air density | Altitude |
|----------|--------------|-------------|-------------------|----------|
| hPa | | °C | kg/m ³ | feet |
| 1013 | | 15 | 1.225 | msl |
| 1000 | | 14.3 | 1.212 | 364 |
| 950 | | 11.5 | 1.163 | 1773 |
| 900 | | 8.6 | 1.113 | 3243 |
| 850 | A050 | 5.5 | 1.063 | 4781 |
| 800 | | 2.3 | 1.012 | 6394 |
| 750 | | -1.0 | 0.960 | 8091 |
| 700 | A100 | -4.6 | 0.908 | 9882 |
| 650 | | -8.3 | 0.855 | 11 780 |
| 600 | FL140 | -12.3 | 0.802 | 13 801 |
| 550 | | -16.6 | 0.747 | 15 962 |
| 500 | FL185 | -21.2 | 0.692 | 18 289 |
| 450 | | -26.2 | 0.635 | 20 812 |
| 400 | FL235 | -31.7 | 0.577 | 23 574 |
| 350 | | -37.7 | 0.518 | 26 631 |
| 300 | FL300 | -44.5 | 0.457 | 30 065 |
| 250 | FL340 | -52.3 | 0.395 | 33 999 |
| 200 | FL385 | -56.5 | 0.322 | 38 662 |
| 150 | FL445 | -56.5 | 0.241 | 44 647 |
| 100 | | -56.5 | 0.161 | 53 083 |

Vliv teploty

Změna teploty plynu v otevřeném prostoru, tj. např. i zemské atmosféry, se projeví zvětšením jeho objemu a snížením hustoty. Výškový rozestup dvou tlakových hladin (např. 1013 a 850 hPa) se vlivem oteplení zvýší a vlivem ochlazení sníží. Pokud například umístíme tlakovou hladinu 1013 hPa do nadmořské výšky 0 m, bude za podmínek Mezinárodní standardní atmosféry hladina 850 hPa ve výšce 4754 ft (1449 m). Zvýší-li se teplota u hladiny moře z 15 °C na 25 °C, bude hladina 850 hPa ležet ve výšce 4918 ft (1499 m), tj. o 164 ft (50 m) výš. Zvýšení nadmořské výšky tlakové hladiny oproti stavu při ISA je výraznější s rostoucí výškou — čím je tlaková hladina ve vyšší nadmořské výšce, tím více se posune při stejné změně teploty. Například tlaková hladina 400 hPa leží při ISA v nadmořské výšce 23081 ft (7035 m). Při teplotě na hladině moře 25 °C však bude tato tlaková hladina v nadmořské výšce 23885 ft (7280 m), tj. o 804 ft (245 m) výš. Zcela stejným způsobem se nadmořská výška dané hladiny sníží v případě vzduchu chladnějšího než ISA.

Pro výpočet zkouškových příkladů se využívá pravidlo, že změna teploty vzduchu o 1 °C zapříčiní změnu výšky tlakové hladiny o 4 ft na každých 1000 ft výšky.

Příklad: Odchylka teploty vzduchu na mořské hladině od MSA o 1 °C způsobí, že tlaková hladina, která při ISA ležela ve výšce 1000 ft, bude nyní o 4 ft níže (v případě ochlazení) nebo o 4 ft výše (v případě oteplení). Tlaková hladina, která původně byla při ISA ve výšce 2000 ft se posune o 8 ft, hladina z 10000 ft se posune o 40 ft, atd. Zní-li otázka, jak vysoko bude ležet letová hladina 130 při odchylce teploty vzduchu od MSA o -10 °C, řešíme příklad jednoduše:

Víme, že odchylka teploty od MSA o 1 °C představuje změnu výšky tlakových hladin o 4 ft na každých 1000 ft. V našem příkladu je odchylka teploty -10 °C, takže se jedná o studený vzduch a tlaková hladina, která za podmínek ISA byla v 1000 ft, bude nyní o 40 ft níž, tzn. v nadmořské výšce 960 ft. Letová hladina 130 znamená výšku 13 tisíc stop; na každý jeden tisíc stop se hladina sníží o 40 ft, takže $13 \cdot 40 = 520$ ft. Výsledek: Zatímco pilot vidí na výškoměru výšku letové hladiny 13000 stop, ve skutečnosti letí o 520 stop níž, tj. v nadmořské výšce 12480 ft.

Vliv tlaku

Podobně se bude nadmořská výška tlakové hladiny pohybovat vlivem změn atmosférického tlaku. Zvýšení tlaku u hladiny moře se projeví posunem všech výše ležících tlakových hladin nahoru; snížení tlaku u hladiny moře vede ke snížení nadmořské výšky tlakových hladin. Už jsme uvedli, že při ISA (tzn. tlak na hladině moře 1013 hPa a teplota tamtéž 15 °C) je tlaková hladina 850 hPa ve výšce 4754 ft (1449 m). Změní-li se tlak vzduchu u hladiny moře z 1013 na 1023 hPa, bude ležet tato hladina ve výšce 5187 ft (1581 m), tedy o 433 ft (132 m) výše.

Pro výpočet zkouškových příkladů se využívá pravidlo, že změna tlaku vzduchu o 1 hPa vyvolá změnu výšky tlakové hladiny o 27 ft.

Příklad: U hladiny moře je tlak vzduchu 1023 hPa a teplota shodná s MSA. V jaké nadmořské výšce bude ležet letová hladina 130? Postup je velmi jednoduchý. Tlak vzduchu je o 10 hPa vyšší, než odpovídá ISA. Všechny letové hladiny budou ležet o $10 \cdot 27 = 270$ ft výše, než by byly při ISA. Letová hladina 130 se tedy přesune z nadmořské výšky 13000 ft (při ISA) do výšky 13270 ft (při tlaku 1023 hPa).

Vliv teploty a tlaku současně

Ani kombinovaný propočítání skutečné výšky letové hladiny při počasí odchýleném od MSA není složité, využijeme obou výše uvedených postupů. Zní-li zadání například: Tlak vzduchu u hladiny moře je 1023 hPa a odchylka teploty vzduchu od MSA je -10 °C. V jaké nadmořské výšce bude ležet letová hladina 130?

Nejprve spočteme třeba vliv teploty vzduchu (pořadí výpočtu je libovolné): Odchylka -10 °C představuje změnu $-10 \cdot 4 = -40$ ft na každých 1000 ft. Hladina 130 je 13000 ft, tedy $13 \cdot 40 = 520$ ft. Tak dostáváme výšku letové hladiny 130 jako 12480 ft.

Dále spočteme vliv tlaku vzduchu: Tlak je u hladiny moře o 10 hPa vyšší, než odpovídá ISA. To znamená, že všechny tlakové hladiny se posunou o $10 \cdot 27 = 270$ ft výše. Připočteme tedy $12480 + 270 = 12750$ ft.

Odpověď zní: Letová hladina 130 se při zadaných podmínkách bude nacházet v nadmořské výšce 12750 ft (3886 m).

Příklad:

Letadlo letí z Marseille na Mallorku v konstantní nadmořské výšce 10000 ft a současně v konstantní letové hladině 100. V Marseille je QNH 1018 hPa, na Mallorce je QNH 1020 hPa. Na kterém z těchto dvou letišť je nižší teplota vzduchu?

Řešení:

Kdyby byla na obou letištích stejná teplota vzduchu, nemohlo by letadlo, které udržuje FL100, letět ve stálé nadmořské výšce 10000 ft, protože ve směru z Marseille (LFML) na Mallorku (LEPA) vzrůstá tlak vzduchu a všechny letové hladiny se v tomto směru nacházejí ve

stále větší nadmořské výšce. Obrazně řečeno, letadlo z Marseille na Mallorku letí mírně „do kopce“ (samozřejmě za předpokladu, že má na výškoměru stále stejnou letovou hladinu). Avšak zadání příkladu žádá, aby letadlo letělo v konstantní nadmořské výšce, tj. nikoliv „do kopce“ nebo „z kopce“. Co tedy musí způsobit, aby byl potlačen vliv atmosférického tlaku? Je teplota vzduchu — potřebujeme, aby se stoupající tlaková hladina „srovnala do roviny“ — a to může způsobit jedinečně studenější vzduch na Mallorce, který je příčinou snížení tlakových hladin v této oblasti.

Odpověď proto zní: Chladnější vzduch je na Mallorce.

Kdybychom chtěli spočítat rozdíl teplot mezi oběma letišti, postupovali bychom takto:

QNH LFML je 1018 hPa, QNH LEPA je 1020 hPa. Rozdíl 2 hPa představuje výškový rozdíl $2 \times 27 = 54$ ft. Pokud by byla v LFML i v LEPA shodná teplota vzduchu, byla by letová hladina FL100 nad LEPA o 54 ft výše, nežli nad LFML. Abychom snížili nadmořskou výšku letové hladiny, musíme ochladit vzduch. Víme, že ochlazení o 1 °C vyvolá snížení výšky hladiny o 4 ft na každých 1000 ft. V našem případě se jedná o výšku 10000 ft, takže změna o 1 °C vyvolá změnu této výšky o $10 \times 4 = 40$ ft. My však potřebujeme tuto hladinu snížit o 54 ft, takže teplota u hladiny moře bude muset být nižší o $54/40 = 1,35$ °C. Odpověď zní: Na letišti LEPA je při podmínkách zadání příkladu teplota vzduchu o 1,35 °C nižší, než na letišti LFML.

Oblak

Oblak je viditelná soustava malých částic vody nebo ledu v atmosféře země. Oblaka vznikají tehdy, když se vlhkost vzduchu z kondenzuje na kapky nebo ledové krystalky. Výška, ve které se děj odehrává, bývá různá a hranice, za kterou se voda v plynném skupenství mění na kapalinu, se nazývá rosný bod. Závisí na stabilitě vzduchu a množství přítomné vlhkosti. Vznik a vývoj je úzce vázán na termodynamické podmínky v okolní atmosféře a uvnitř mraku.

Vzduchu s obsahem vodní páry začne stoupat, což se děje z nejrůznějších příčin, většinou kvůli vyšší teplotě a proto menší hustotě v porovnání s chladnějším, hustějším vzduchem, který klesá a teplý vzduch vytlačuje nahoru. Výstup vzduchu se může uskutečnit také podél frontální plochy či podél terénních překážek. Pokud se se stoupající výškou tlak vzduchu snižuje, zahřátý vzduch se rozpíná a ochlazuje. Po poklesu teploty vzduchu začne vodní pára opět přecházet do kapalného skupenství čili kondenzovat. Pokud je teplota nižší než 0 °C, vodní pára se změní na drobné letové krystalky.

Oblaka se liší vzhledem, výškou, ve které vznikají, i vlastnostmi. Tyto rozdíly jsou základem mezinárodního systému jejich klasifikace.

Klasifikace oblaků

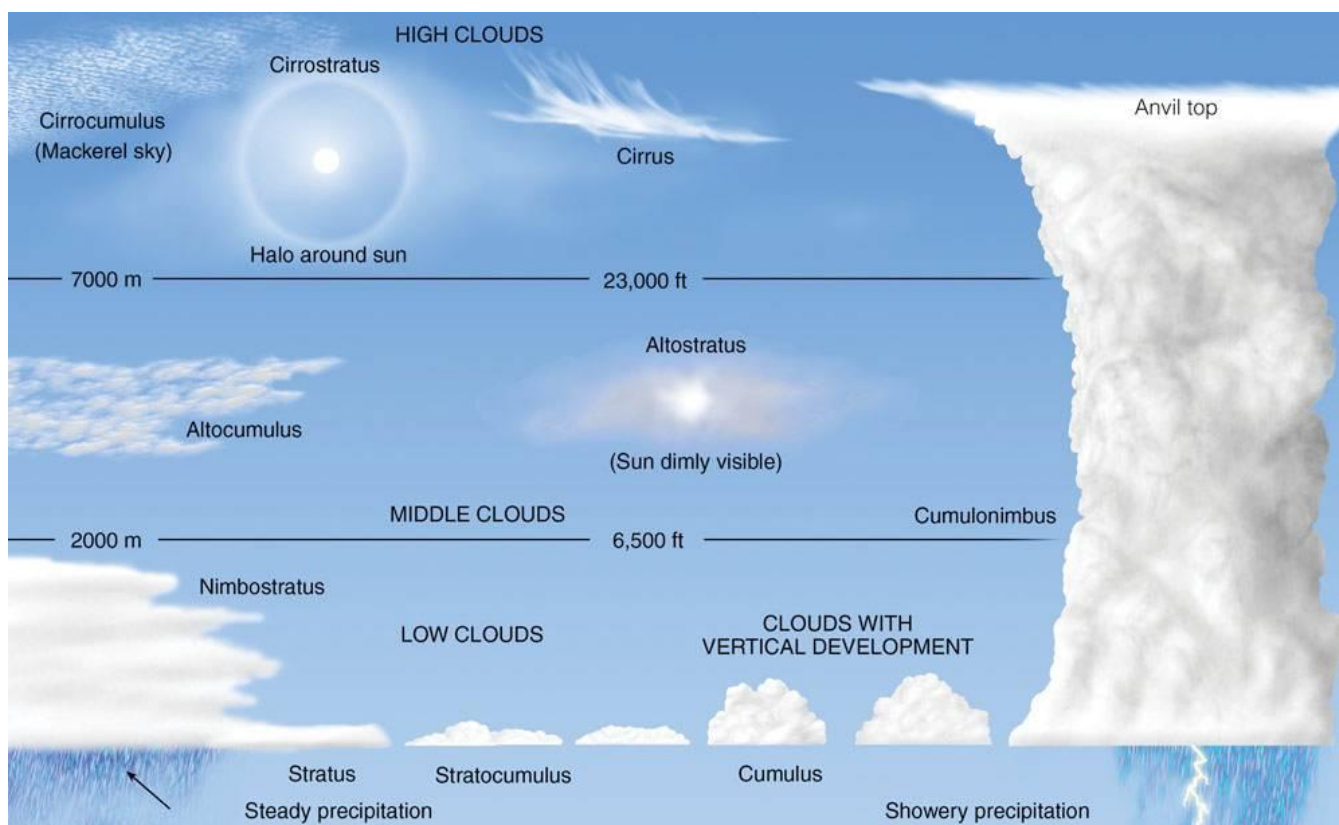
Oblaka řadíme podle výšky:

- vysoké (16 500 – 45 000 ft) – Ci, Cc, Cs; tenké vrstvy ledových krystalků, bez srážek
- střední (6 500 – 23 000 ft) – Ac, As; vrstvy mraků obsahující vodní kapičky a ledové krystalky, lehké srážky
- nízké (do 6 500 ft) – Sc, St, Ns; oblaka obsahující vodní kapky, ledové krystalky a/nebo sněhové vločky
 - St = DZ nebo SG
 - Sc = -RA nebo -SN
 - Ns = RA nebo SN, někdy PL
- Kupovitá – vertikální vývoj (do 6 500/45 000 ft) – Cu, Cb; obsahuje vodní kapky či ledové krystalky – RA, SN, GR, atd.

Oblaka řadíme podle tvaru:

- **Cs – Cirrostratus** – tenká a bílá vrstva složená z ledových krystalků, doprovázeno často Halo efektem, výskyt tohoto mraku doprovází přibližování teplé fronty, a to je brzké zhoršení počasí
- **As – Altostratus** – vrstva oblak výše než stratus, barva šedivá s viditelným Sluncem nebo Měsícem, tuto oblačnost nalezneme v teplé frontě, kde houstne a vyvíjí se v nimbostratus

- **Sc – Stratocumulus** – pravděpodobnost turbulence vně a pod vrstvou oblak, nese známky vertikálního vývoje, složen z vodních kapiček, někdy s příměsí ledových krystalků
- **Ci – Cirrus** – bílá jemná oblaka, skoro vždy průsvitná, složeno výhradně z ledových krystalků, pokud se zhušťují a kombinují s cirostraty, bývá to předzvěst pohybující se teplé fronty
- **Ac – Altocumulus** – verze stratokumulu ve vysoké výšce, má pouze omezený vertikální vývoj, ostře ohraničeny bezoblačnými pásy, obsahují velmi drobné vodní kapičky, při velmi nízkých teplotách mohou vznikat ledové krystalky, halové jevy
- **Cu – Cumulus** – vzniká především v létě, dalším stádiem je Cb, díky vzestupným proudům je zdrojem i silných turbulencí
- **Cc – Cirrocumulus** – drobkounké vločky nebo chumáčky, složen z ledových krystalků, předzvěst nestálého počasí
- **Cb – Cumulonimbus** – bouřkový mrak, veliký vertikální vývoj, velmi silné stoupavé a klesající proudy vzduchu, silné turbulence, microburst, hřmění a blesky, výskyt nejvíce v letních měsících jako doprovodný jev vlhkého počasí a velkých teplot
- **St – Stratus** – vzniká nejčastěji z mlhy, výskyt v nejnižších výškách, šedá barva
- **Ns – Nimbostratus** – obrovské horizontální rozměry, vypadávají z něj srážky a/nebo sněžení, pokud srážky nedopadají na zem, tak vzniká virga (srážkové pruhy), téměř vždy z něj prší, obsahuje vodní kapky, tak i ledové krystalky



© 2007 Thomson Higher Education

- Cirrus – řasa
- Cirrocumulus – řasokupa
- Cirrostratus – řasosloha
- Altocumulus – vyvýšená kupa
- Altostratus – vyvýšená sloha
- Stratocumulus – slohokupa
- Stratus – sloha
- Cumulus – kupa
- Nimbostratus – dešťosloha
- Cumulonimbus – dešťokupa

Oblačnost

Část oblohy pokrytá oblaky se nazývá oblačnost. Oblačnost udáváme v osminách a vyjadřujeme zlomek oblohy, který je přibližně oblaky zakrytý. Oblačnost se určuje ze satelitních snímků. **K dekódování zkratk použijte naši příručku ke čtení meteorologických zpráv METAR.**

1/8 = SKC
1/8 – 2/8 = FEW
3/8 – 4/8 = SCT
5/8 – 7/8 = BKN
8/8 = OVC

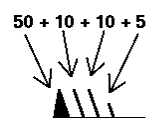
Meteorologické jevy

| Blížeji určení | | Jev | | |
|-----------------------------------|--|---|---|--|
| Intenzita nebo blízkost | Popisovač | Srážky | Zakalení | Ostatní |
| - slabý (bez označení) střední | MI přízemní BC pásy, chuchvalce | DZ mrholení RA déšť | BR kouřmo FG mlha | PO prachové/písečné víry SQ húlava |
| + silný VC v blízkosti | PR částečné pokrytí DR nízko zvířený BL zvířený SH přeháňka TS bouřka FZ namrzající | SN sníh SG sněhová zrna IC ledové jehličky PL zmrzlý déšť GR kroupy GS malé kroupy | FU kouř VA vulkanický popel DU prach SA písek HZ zákal | FC nálevkovitý oblak SS písečná vichřice DS prachová vichřice |

Vítr

Vítr je horizontální proudění vzduchu v atmosféře. Je vyvolaný rozdíly v tlaku vzduchu a rotací Země. Vzduchu je akcelerovaný z místa o vyšším tlaku vzduchu do místa s nižším tlakem. Při jeho popisu nás zajímá jeho směr, rychlost a ochlazovací účinek. Rychlost a směr větru se měří pomocí anemometru. Směr větru se udává dle směru, odkud vítr vane (pomocí azimutu 0 – 360°). Krátké poryvy větru o vysoké rychlosti jsou nazývány nárazy.

Pokud chceme použít povětrnostní mapy pro plánování letu, je nutné znát symboly představující sílu a směr proudění vzduchu. Jak vidíme na pravé straně, malá čárka je 5 kt, velká 10 kt, tlustá 50 kt, v kombinaci se sčítají, směr větru je dán volným koncem.



Wind blowing from the west at 75 knots



Wind blowing from the northeast at 25 knots



Wind blowing from the south at 5 knots



Calm winds

Střih větru

Střih větru je v meteorologii definován jako změna směru a/nebo rychlosti větru v prostoru včetně sestupných a vzestupných proudů. Z leteckého hlediska se za střih větru považuje změna vektoru větru podél trajektorie letadla, která má za následek náhlou změnu směru nebo rychlosti letadla od zamýšlené dráhy. Za nízko hladinový střih větru je považován střih větru na dráze konečného přiblížení, podél VPD a v oblasti počátečního stoupání. Střih větru má složku vertikální a složku horizontální.

Vertikální stříh větru je definován jako změna horizontálního vektoru větru s výškou. Může být pozorován na silných inverzích nebo frontálních plochách. Dále může být indukován orograficky (zrychlení proudění mezi budovami a horskými hřebeny). Riziko mohou představovat nejen velké budovy poblíž vzletových a přistávacích drah, ale i stromořadí u malých letišť.

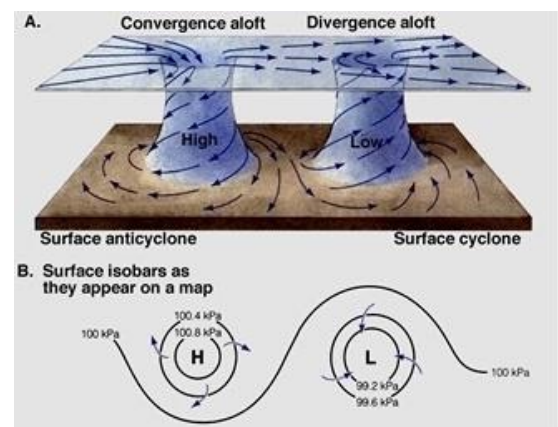
Horizontální stříh větru je definován jako změna horizontálního vektoru větru v rovině. Většina případů stříhu větru je spojena s bouřkami (oblaka Cb), dále při přechodu atmosférických front či výrazné teplotní inverze.

Nebezpečné stříhy větru spojené s oblaky Cb bývají spojeny s gust fronty, tj. mikrofrontou na čele výtoku vzduchu sestupného proudu, které mohou dorazit až do vzdálenosti 35km od bouřky. Poměrně často se v USA na rozdíl od nás v souvislosti s bouřkou objevuje fenomén Microburst, který se vyznačuje silnými stříhy větru v relativně nízké výšce.

Tlakový systém

Tlak se udává v hektopascalech; $1 \text{ hPa} = 1/1000 \text{ bar} = \frac{3}{4} \text{ mm Hg}$. Normální atmosférický tlak je přepočítaný na hladinu moře a má hodnotu 1013,25 hPa. Když tlak vzduchu stoupá, teplota klesá.

Ve vrstvě tření (do 1,5km) způsobuje síla tření částečné stočení větru do směru tlakového gradientu, takže cyklona se stává v přízemní vrstvě oblastí sbíhavosti – konvergence. Konvergence má za následek vznik výstupných pohybů. Anticyklona naopak bude oblastí rozbíhavosti – divergence. Odčerpávání vzduchu ze středu anticyklony je ovšem nahrazováno sestupným pohybem z vyšších vrstev atmosféry.



V tlakové níži (cyklóna) je proudění v dolní části konvergentní (sbíhavé) a v horní části divergentní (rozbíhavé). V oblasti cyklony tedy musí existovat výstupný pohyb vzduchu. Ve významu počasí nám tlaková níž indikuje špatné či zhoršující se počasí.

V tlakové výši (anticyklóna) je tomu opačně a převládá zde sestupný pohyb vzduchu. Tyto vertikální pohyby jsou velmi pomalé, ale z hlediska působení na počasí velmi významné. Ve významu počasí nám tlaková výš indikuje dobré či zlepšující se počasí.

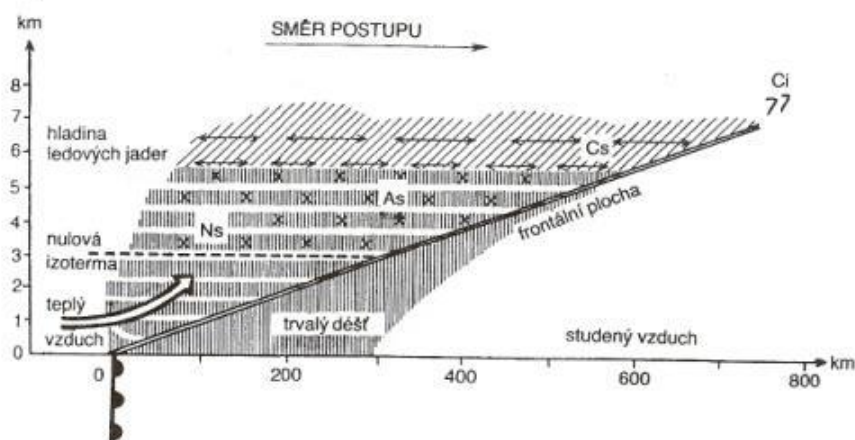
K popisu rozložení tlaku se využívá tzv. izobar. Izobara je myšlená čára spojující místa se stejnou hodnotou tlaku vzduchu. Pokud jsou izobary od sebe dále vzdáleny, indikují nám lehký a proměnlivý vítr. Pokud jsou u sebe vzdáleny blízko, indikují nám silné proudění větru. Ve výsledku tedy můžeme z jejich čtení určit směr a sílu proudění větru.

Frontální systém

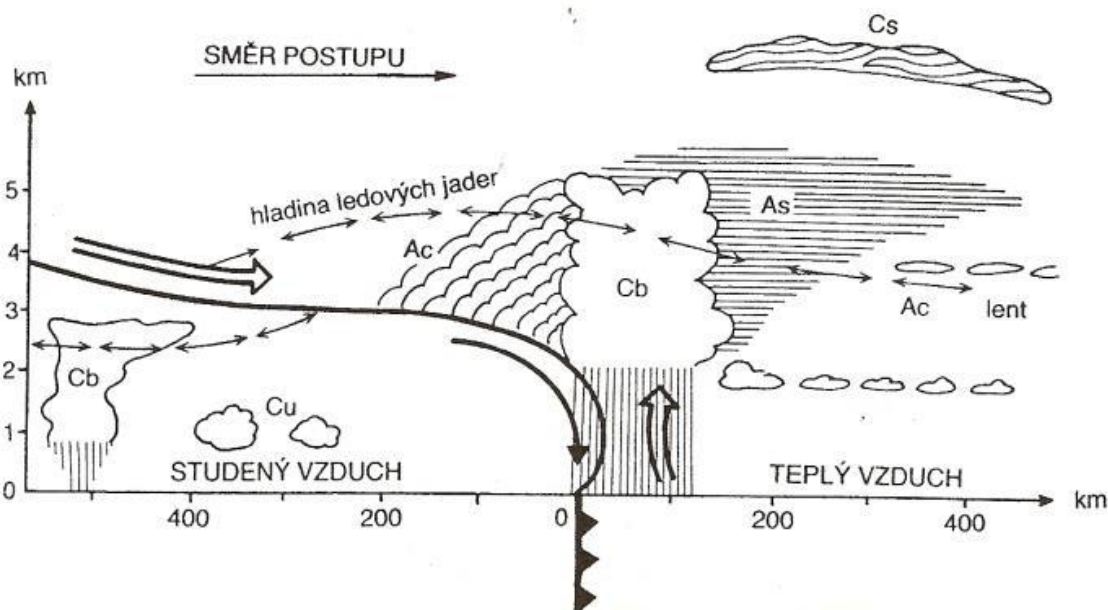
Součástí frontálního systému je pohyb vzduchových mas, což je veliké množství objemu vzduchu pohybující se na velké ploše. Během času a vzdálenosti se masy vzduchu více a více mění podle podmínek na zemi. Obecně fronta je hraniční linie mezi masy vzduchu, které mají odlišné vlastnosti.

Teplá fronta nastane v případě, když teplá masa vzduchu postupují a nahrazují studenou frontu. Sklon postupující fronty klouže po horní hranici studenějšího vzduchu a postupně ji vytlačí. Teplá fronta obsahuje teplý vzduch, který často obsahuje vysokou vlhkost. Jak teplý vzduch stoupá, teplota klesá a nastane kondenzace. Teplá fronta pokrývá veliké území se stálými srážkami. Obecně je teplá fronta známkou stabilních podmínek počasí, ale je zde možnost skrytých bouřek v Nimbostratusu. Potencionálním nebezpečím je námraza a namrzající déšť, nízká oblačnost, snížená viditelnost během deště a mlha.

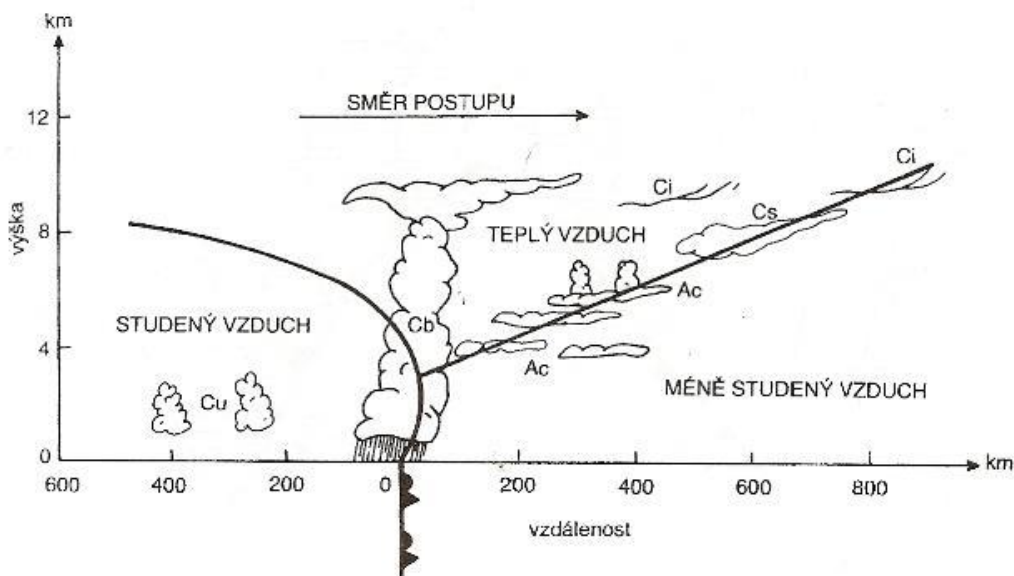
Teplá fronta



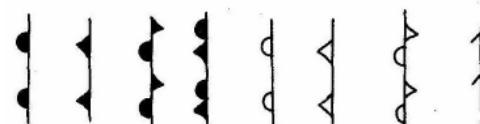
Studená fronta nastane, když masa studeného vzduchu postupuje a nahradí teplejší vzduch. Studená fronta se pohybuje mnohem rychleji než teplá fronta většinou při rychlosti 25 až 30 mph. Typická studená fronta se chová opačně než teplá fronta, protože je velmi objemná. Pohybuje se blízko země a chová se jako sněžní pluh, klouzající pod teplejším vzduchem a tlačící méně objemný vzduch. Tření mezi zemí a studenou frontou zpomaluje pohyb fronty a tvoří strmější frontální plochu. To způsobí velmi úzký pruh počasí koncentrovaný okolo čela fronty. Postupný pás bouřek, nebo postup oblačností, se může tvořit okolo či před frontou. Pás bouřkové oblačnosti představuje vysoké riziko pro piloty, protože se pohybuje rychle a je intenzivní. Potencionálním nebezpečím je náhle měnící se počasí, bouřky, silný déšť, silné turbulence, námraza, kroupy a střih větru.



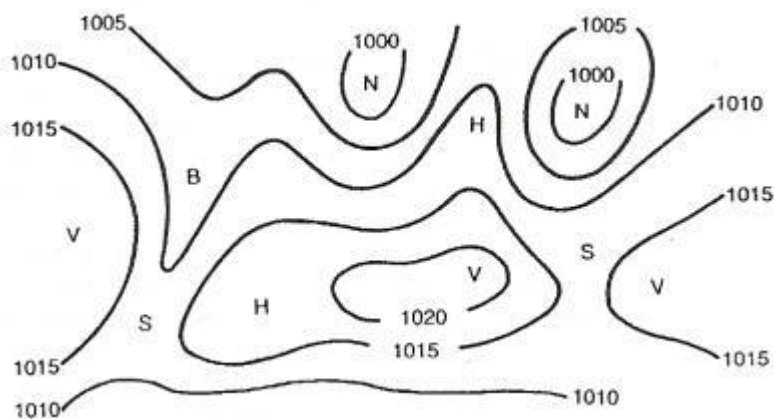
Okluzní fronta nastane v případě, když studená fronta dostihne teplou frontu postupující před ní, spojí se u zemského povrchu studený vzduch za studenou frontou se studeným vzduchem před teplou frontou a teplý vzduch je vytlačen do výše. Proces uzavírání teplého sektoru tlakové níže se nazývá okluze a oblast styku dřívější teplé a studené fronty dostala název okluzní fronta. Počasí na okluzních frontách se podobá buď počasí typickému pro studenou frontu, nebo pro teplou frontu, povětrnostní projevy však bývají většinou slabší než na obou těchto frontách.



Zobrazení jednotlivých typů front na synoptické mapě nebo mapě význačného počasí. Zleva: teplá fronta, studená fronta, stacionární okluzní fronta, okluzní fronta, výšková teplotní fronta, výšková studená fronta, výšková okluzní fronta, čára instability.



Zobrazení rozložení izobar a základních tlakových útvarů. N = tlaková níže, V = tlaková výše, B = brázda nízkého tlaku, H = hřeben vysokého tlaku, S = tlakové sedlo.



JET STREAM

JET STREAM (JTST) - tryskové proudění je silné proudění vzduchu ve tvaru zploštělé trubice, které se zpravidla vyskytuje ve výškách okolo 10 km a je charakterizováno nejen velkými rychlostmi (o síle od 54 NM/hod a více), ale i velkými horizontálními a vertikálními změnami rychlosti větru, teploty a tlaku.

Vzniká na rozhraní troposféry a stratosféry v místech. Od Severu k Jihu se postupně výška troposféry zvyšuje. Nezvyšuje se lineárně, ale vznikají zde klíny. V těchto klínech, mezi tropopauzou a frontou se většinou JTST nacházejí. Tuto oblast lze identifikovat podle sblížení teplých a studených vzduchových hmot a výskytu cirrostratů. Na výškových mapách 300 hPa až 200hPa je na první pohled charakterizován velkým nahuštěním izohyps, což ve výsledku znamená velké rychlostní proudění. Na mapách je JTST poposunutý oproti frontám. Nachází

se před teplou a za studenou frontou. Vzdálenost mezi studenou frontou a JTST je na přizemních mapách kratší než vzdálenost mezi teplou frontou a JTST. Zkříží-li se JTST s frontou, jeho rychlost se zvětší. JTST můžeme nalézt téměř nad všemi částmi zeměkoule. Můžeme je od sebe odlišovat různou intenzitou, místem výskytu, zvláštnostmi ve struktuře atd. Můžeme také pozorovat sezónní změny. Největší jsou u JTST v mírných šířkách a v subtropích. Po celé zemi můžeme najít několik typů JTST:

- Arktický JTST – Nachází se nad pevninou Kanady a USA v oblastech 45°-50°sš a nad Sibiří kolem 60° severní šířky. S arktickým JTST se můžeme potkat pouze v zimních obdobích. Směr proudění je ze západu.
- JTST polární fronty – Nachází se v oblastech polární fronty. Můžeme se s ním potkat během celého roku. Směr proudění je ze západu.
- Subtropický JTST – Zeměpisná šířka jeho výskytu během roku kolísá. V létě se s ním můžeme potkat mezi 40°- 45°sš a v zimě mezi 20° - 40°sš. Směr proudění je ze západu.
- Tropický JTST – (Rovníkový východní) Tento JTST je také sezónní. Potkáme jej jen v letním období na severní straně Inter Tropické Konvergentní Zóny (ITCZ). Nachází se mezi 10°- 20°sš. Směr proudění je z východu.

Clear Air Turbulence

Turbulence čistého ovzduší. Klasická forma CAT se vyskytuje v oblasti silných (cca 100 km/h a více) výškových větrů v horní troposféře. Vzniká třením jednotlivých vzduchových vrstev s různou rychlostí, teplotou a směrem proudění. Ve výškách mezi 7-12 tisíci metrů, kde létají hlavně civilní dopravní letadla, dochází vlivem zmíněného tření vzduchových vrstev ke vzniku vírů, které dynamickou turbulenci způsobují. Když letadlo takovou extrémní turbulencí prolétá, může neočekávaně změnit svou výšku letu, například se propadnout.

Právě kvůli silné turbulenci nebývá většinou leteckou dopravou využívána oblast nejsilnějšího proudění Jet Streamu, ale jen jeho okrajů. Díky možným ekonomickým úsporám, ale také kvůli nebezpečné turbulenci je analýza a předpověď tryskového proudění jedním z důležitých oborů letecké meteorologie. Piloti jsou v letové meteorologické dokumentaci informováni o oblastech, kde by se mohli s turbulencí setkat.

Průměrná tloušťka turbulentní vrstvy je nejčastěji 300 až 600 m, horizontální rozměry turbulentní oblasti jsou asi 60 až 80 km (dynamická turbulence). Četnost výskytu CAT roste pod tropopauzou. Ve spodní stratosféře je poměrně vzácná. Turbulence je značně proměnlivá v čase i prostoru - turbulentní vrstva nemusí mít v jednom místě dlouhé trvání. Současné technologie, zobrazující částčky neviditelné pro radary pomocí přijímačů vybavených laserem, dokáží nalézt místa s výskytem CAT na vzdálenost až 30 km.

Plánování letu v oblasti letecké meteorologie

Při přípravě letu je velice důležitým článkem stav počasí za letu. Uplatňují se dva druhy provádění letů a k nim příslušejí dvojice pravidla letového provozu. Let může být prováděn za povětrnostních podmínek:

- **VMC** (Visual Meteorological Conditions) podmínky pro let za viditelnosti. Za těchto podmínek můžeme provádět let VFR (Visual Flight Rules, pravidla letu podle viditelnosti země) i IFR (Instrument Flight Rules, pravidla pro let podle přístrojů).
- **IMC** (Instrument Meteorological Conditions) podmínky pro let podle přístrojů. Let za podmínek IMC může být proveden jen podle IFR.

Před letem je důležité se seznámit se všemi jevy, se kterými se můžeme setkat po trati. Veškeré meteorologické informace nalezneme v jednotlivých meteo zprávách: Poslední pravidelné letecké meteorologické zprávy (**METAR**) – podrobnou příručku pro dekódování zpráv METAR lze najít v naší Škole pilotů, letištní předpovědi (**TAF**), výstrahy meteorologických jevů na trati (**SIGMET**), výstrahy (**AIRMET**), předpovědi pro vzlet, informace (**GAMET**), mimořádná hlášení při rychlé a náhlé změně počasí (**SPECI**), zpráva o pokrytí vodou nebo sněhem na RWY (**SNOWTAM**) a mimořádná hlášení z letadel, která nejsou pokryta informací SIGMET, aktuální a předpovědní synoptické mapy, snímky z meteorologických družic a informace z meteorologických radiolokátorů. Zprávy jsou psány tzv. tradičním kódem. Tím je myšleno ve zkratkách. Kódy byly vytvořeny v éře převážně ručního zpracování a relativně pomalého radiotelegrafického a později dálkopisného spojení. V současné době jsou však možnosti výpočetní techniky a zejména přenosové rychlosti telekomunikační techniky

řádomě odlišné. Začíná se zavádět kódování BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data). Pro rozvojové země se bude používat jiný kód: CREX (Character Form for the Representation and Exchange of dat). BUFR je tedy univerzální binární datový formát pro prezentaci meteorologických dat, CREX je jeho znaková modifikace. Zprávy zakódované v této formě slouží pouze k přenosu meteorologických dat. Každý soubor po přijetí bude muset být dekodován a zjištěn jeho obsah.

Za letu se můžeme setkat s mnoha jevy, o kterých je nezbytné vědět, co od nich můžeme očekávat. Znalost výskytů a vývoje těchto jevů, nám může za letu velice pomoci, nebo také uškodit. Mezi nebezpečné jevy řadíme např. bouřku, kroupy, turbulenci, hůlavu, stříh větru, podmínky námrazy. Nebudeme-li vědět, že před námi se vyskytuje například bouřka, může být následující pokračování v letu velice nepříjemné a nebezpečné. Může dojít k poškození letadla vlivem elektrického výboje, turbulence, krup atd. Také bude tento let velice nepříjemný pro cestující. Naopak, když budeme vědět, že se blízko naší trati vyskytuje např. **JTST (Jet Stream)**, může se rychlost letu zvýšit o několik stovek km/hod. Tím ušetříme dobu letu i palivo.

Počasí se zpravidla zjišťuje těsně před letem, protože potřebujeme znát co nejpřesnější a nejaktuálnější data. Připravíme si METARy na letišti vzletu, náhradním letišti pro vzlet, a TAFy na destinaci, náhradním letišti a na letištích po trati. Neměli bychom také zapomenout na výstrahy. Za letu je můžeme odposlechnout na frekvencích ATISu a VOLMETu. Vyhodnotíme stav a předpovědi počasí. Ty nám dají ucelenou představu, jak vypadá a jaký se očekává vývoj a směr postupu jevů, front... Díky těmto znalostem můžeme pozměnit trať letu, očekávat změny za letu nebo vytušit předpokládanou dráhu v používání.

Předletová příprava

Jako první nás bude zajímat stav počasí na letišti vzletu. Meteorologické informace pro předletovou přípravu a přeplánování za letu musí obsahovat, následující informace:

- aktuální a předpovídané výškové větry, teploty ve výšce, výšky tropopauzy a informace o maximálním větru, aktuální a předpovídané jevy význačného počasí na trati a informace o Jet Streamu
- letecké meteorologické zprávy, a tam kde jsou dostupné zvláštní letecké meteorologické zprávy pro letiště vzletu, náhradní letiště při vzletu a na trati, letiště zamýšleného přistání a náhradní letiště cílového letiště
- informace SIGMET a příslušná mimořádná hlášení z letadel týkající se jevů jiných než vulkanický popel a tropické cyklóny, závažné pro celou trať pro lety s prodlouženým operačním dosahem a pro lety prováděné s centralizovaným provozním dozorem
- mimořádná hlášení z letadel jsou ta hlášení, která nebyla již použita při přípravě informací SIGMET. Zvláštní pozornost by také měla být věnována výskytu a očekávanému výskytu, určení polohy a výškovému rozsahu cumulonimbů, turbulence a srážek.
- informace z **ATISu** - automatická informační služba v koncové oblasti letiště (**Automatic Terminal Information Service**). Tato služba automaticky generuje informace vztahující se k danému letišti. V ATISu jsou obsaženy všechny důležité informace, které informují letadla na odletu a příletu. Informace o aktuálním směru a síle větru, dráze v užívání, převodní výšce, QNH atd. Každá ATIS informace je označena písmenem, např. A=ALFA, B=BRAVO, K=KILO atd. Písmena začínají od začátku abecedy a při každé změně ATISu se písmeno mění.

Jako první budeme potřebovat zprávu METAR - pravidelná letecká meteorologická zpráva o počasí pozorovaném na letišti a je rozšiřována v zakódované formě i mimo letiště na kterém bylo pozorování provedeno. Obsahuje aktuální hodnoty meteorologických prvků důležitých pro meteorologické zabezpečení letového provozu v čase pozorování. Jsou v ní popsány podmínky na letišti a význačné jevy počasí a oblačnosti v blízkosti letiště. Za blízkost se považuje okolí letiště do vzdálenosti 8 km. METAR se vydává v provozní době meteorologické stanice v intervalu 30 nebo 60 minut. Může k ní být připojena přistávací předpověď TREND. Pravidelní meteorologická pozorování nalezneme jen v kódu METAR. Období platnosti předpovědi TREND je 2 hodiny od času hlášení.

Příklad pro let LKMT – LICJ - LMML bylo pozorováno toto počasí:

| | |
|----------------------------|--|
| 251100 ... LKMT Ostrava | 251100Z 09005KT 9999 –RA SCT020 OVC048 11/09 Q1010 NOSIG RMK REG QNH 1005= |
| 251100 ... LICJ Palermo | 251050Z 22013KT 9999 SCT035 BKN100 23/09 Q1015= |
| 251100 ... LMML Malta/Luqa | 251045Z 14010 110V180 CAVOK 20/13 Q1018 NOSIG= |

Předpověď TAF

Tato letová předpověď je psána specifickým kódem a má následující postup: Název kódu, ICAO znak, datum a čas vydání, datum a čas platnosti, přízemní vítr, dohlednost, oblačnost, očekávané změny v období platnosti, TAF by neměl mít dobu platnosti kratší než 9 hodin a delší než 24 hodin. Předpovědi s platností menší než 12 hodin, se vydávají nové každé 3 hodiny. Předpovědi s platností menší než 24 hodin, se vydávají nové každých 6 hodiny. Podle doby platnosti rozdělujeme TAFy na krátké a dlouhé. TAF z LKMT k letu nepotřebujeme, protože v době, pro kterou bude platit, budeme už na Maltě. V TAFu se používají stejné zkratky a kódy jako v METARu a ostatních zprávách. Uspořádání částí TAFu je stejné jako u METARu. Rozdíl je v čase platnosti.

| | |
|----------------------------|--|
| 251100 ... LICJ Palermo/Pu | NIL= |
| 250800 ... LICJ Palermo/Pu | 250800Z 250918 18015KT 9999 SCT030 BKN090= |
| 251100 ... LMML Malta/Luqa | 251100Z 251221 15013KT CAVOK = |
| 251100 ... LMML Malta/Luqa | 251100Z 251812 12006KT CAVOK PROB30 TAMPO 0309 |

Rozdíl oproti METAR můžeme pozorovat u první zprávy, kdy 250918 znamená, že se jedná o 25. den v měsíci a zpráva je platná po dobu od 0900Z do 1800Z.

Reálný záznam meteorologických podmínek pro letiště vzletu a přistání:

05JUN06 AUA4059 VIE-FNC

Dispatch MET
page 1/5

LPMA -FNC- MADEIRA

1135Z

SA 050500Z VRB03KT 9999 FEW018 SCT200 18/14 Q1014 RS2101KT
053402KT 233202KT=

FC 050137Z 050312 VRB05KT 9999 SCT018 TEMPO 0312 BKN018=

FT 042306Z 050606 VRB05KT 9999 SCT018 TEMPO 0618 BKN018 PROB40

TEMPO 2106 4000 DZ BR SCT008 BKN016=

Destination

LPPS -PXO- PORTO SANTO

~ 1200Z

SA 050500Z 26002KT 9999 FEW016 17/16 Q1015=

FC 050137Z 050312 VRB05KT 9999 SCT016 TEMPO 0312 SCT016 BKN033=

FT 042306Z 050606 VRB05KT 9999 SCT016 TEMPO 0618 SCT016 BKN033

PROB40 TEMPO 2106 4000 DZ BR SCT008 BKN012=

Destination
alternate

LFBO -TLS- TOULOUSE/BLAGNAC

FT 042300Z 050606 34008KT CAVOK=

Enroute
alternate 1

LPPT -LIS- LISBOA

~ 1020Z

SA 050500Z 33004KT CAVOK 20/11 Q1015 NOSIG=

FC 050137Z 050312 VRB03KT CAVOK=

FT 042306Z 050606 VRB03KT CAVOK PROB40 1218 34012KT BECMG 2124

VRB03KT BECMG 0003 10010KT=

Enroute
alternate 2

LOWW -VIE- VIENNA /SCHWECHAT

10045Z 1625Z

SA 050450Z 29009KT 260V320 9999 FEW030 SCT075 10/05 Q1019
NOSIG=

FC 050500Z 050615 30010KT 9999 FEW030 SCT075 TEMPO 0815

32015G25KT PROB30 TEMPO 1215 SHRA BKN040=

FT 050400Z 051212 30010KT 9999 FEW040 SCT070 TEMPO 1216

32015G25KT PROB30 TEMPO 1216 SHRA BKN040 BECMG 1719 CAVOK BECMG

0810 9999 SCT050 SCT300 TEMPO 1012 SHRA FEW040TCU BKN050=

Takeoff
aerodrome

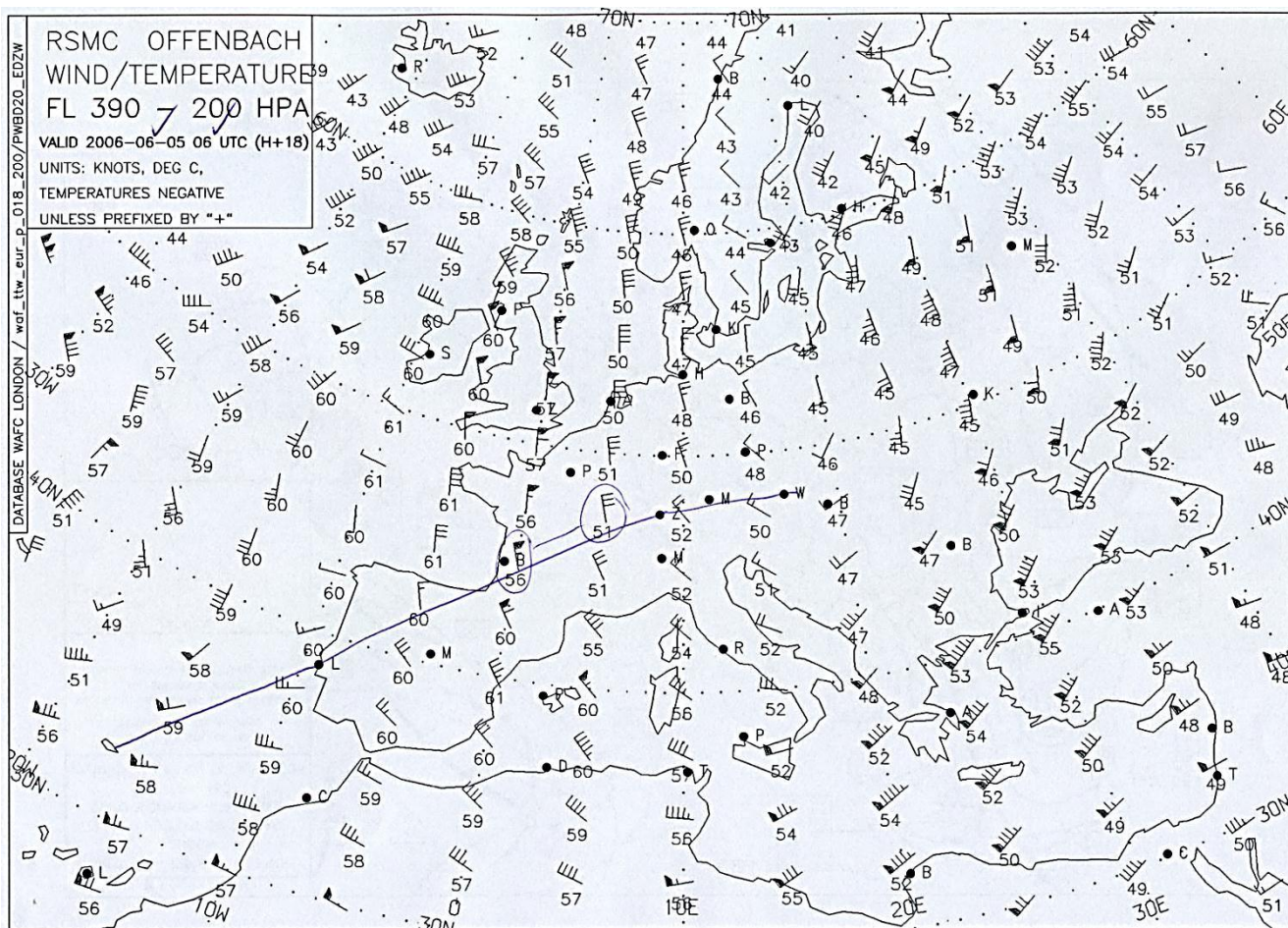
Počasí za letu zjistíme z několika následujících prvků:

- výškové větry
- SIGMET
- mapy význačného počasí
- NOTAM
- hlášení z letadel

Výškové větry

Tato mapa nám znázorňuje směr a sílu vanoucích větrů. Z tohoto se dozvíme, bude – li náš let urychlován, nebo zpomalován, nebo bude – li nás vítr snášet z trati. Malá čárka je 5 kt, velká 10 kt, tlustá 50 kt, v kombinaci se počítají, směr větru je dán volným koncem.

Mapa výškových větrů pro trať LOWW – LPMA:



Mapa význačného počasí

Mapy význačného počasí na trati, které jsou poskytovány před letem ve formě map, musí mít uvedeno časové a výškové ohraničení a jednotky. Na těchto mapách musí být znázorněny bouřky, tropické cyklóny, silné squall lines (pruh silné bouřkové aktivity), mírná nebo silná turbulence, mírná nebo silná námraza, rozsáhlá písečná/prachová víchřice, pro letové hladiny 100 až 250 oblačnost související s předchozím uvedeným a nad letovou hladinou 250 cumulonimbus. Přízemní poloha, rychlost a směr postupu frontálních systémů. Výšky tropopauzy, Jet Stream a informace o poloze vulkanických erupcí produkujících oblačnost tvořenou vulkanickým popelem, která je pro letový provoz význačná, název vulkánu a čas první erupce, a upozornění pro uživatele, že je třeba se seznámit s informacemi SIGMET vydanými pro danou oblast.

Tabulka, nebo také legenda k mapě význačného počasí je rozdělená do čtyř částí. Začneme odshora. První část nám uvádí stránku mapy a místo vydání. Druhá část nám udává, kde byla mapa vydaná, pro kterou oblast platí, kterých FL se týká a časovou platnost. Ve třetí části najdeme, s jakými jevy se v dané oblasti můžeme potkat a v jakých jednotkách je vše na mapě uváděno. Ve čtvrté části jsou graficky rozvedeny očíslované oblasti na mapě.

Na samotné mapce pak najdeme mnoho symbolů a značek, kterým by bylo dobré rozumět. Základ vlastní mapy tvoří ohraničená pevnina a síť poledníků a rovnoběžek. Na tento základ jsou pak přidávány jednotlivé symboly počasí nad danou oblast.

Mapa význačného počasí pro trať LOWW – LPMA. Na mapě můžeme vidět oblasti s bouřkovou aktivitou, turbulencí či námrazou.

SIGMET

Informace vydaná meteorologickou výstražnou službou, týkající se výskytu, nebo očekávaného výskytu určených meteorologických jevů na trati, které mohou ovlivnit bezpečnost letového provozu. Je psána v otevřené řeči a jsou v ní používány ICAO zkratky. Platnost SIGMETU by neměla být delší než 4 hodiny. Do zprávy SIGMET zařazujeme tyto jevy: tropická cyklóna, turbulence, námraza, horská vlna, prachová vichřice, písečná vichřice, vulkanický popel, turbulence, kumulonimby, kroupy.

První dvě písmena zprávy v nadpisu označují druh informace:

- WS – obecné informace
- WV – tropické cyklony
- WA – vulkanický popel

SIGMET z Prahy nám oznamuje, že nejsou vydány žádné obecné výstražné zprávy:

+++SIGMET WS+++

///// ... LKAA Praha FIR No valid SIGMET WS

Převod letových hladin na metry

Tabulka pro převod letové hladiny na metry:

| Letová hladina | Výška [m] (zaokrouhlena na celé desítky) |
|----------------|---|
| 2000 ft | 610 |
| FL050 | 1.520 |
| FL100 | 3.050 |
| FL140 | 4.270 |
| FL180 | 5.490 |
| FL240 | 7.320 |
| FL300 | 9.140 |
| FL340 | 10.360 |
| FL390 | 11.890 |
| FL450 | 13.720 |

Užitečné odkazy pro plánování letu

- <http://jeppesen.com/aviation/personal/aviation-weather.jsp>
- http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P9_0_Predpovedi/P9_1_Pocasi/P9_1_4_Letecke/P9_1_4_6_SW_mapa&last=false
- <http://meteo.rlp.cz>
- <http://www.chmu.cz>

Použité zdroje

- <http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter5/summary.html>
- <http://www.britannica.com/EBchecked/media/99826/The-layers-of-Earths>
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana
- <http://www.dalmacia.org/ucebnitext/meteorologie.htm>
- http://old.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/SW_info.htm
- Učebnice pilota
- <http://www.lkpr.info/takeoff/skolka/skolka.htm>
- <http://www.gear-up.ch>

... a poděkování všem, kteří se na tomto dokumentu podíleli!