

7 Oblačnosť.

Cieľ štúdia témy:

Študent využije teoretické poznatky z termodynamiky na pochopenie procesu tvorby rôznych druhov oblačnosti a jej vertikálnej mohutnosti.

Na základe tejto témy študent:

- získa znalosti o vzniku a zániku oblačnosti;
- pochopí fyzikálnu vznik kopovitej oblačnosti;
- porozumie vplyvu zvrstvenia atmosféry na typ oblačnosti;
- získa znalosti o letových podmienkach v jednotlivých druhoch oblačnosti.

Hlavné body – pojmy k zapamätaniu:

- vznik oblačnosti;
- konvekcia, advekcia;
- typy oblakov;
- vplyv zvrstvenia na vývoj a tvar oblakov;
- letové podmienky v jednotlivých druhoch oblakov.

Kľúčové slová:

- oblačnosť, kondenzančná hladina, konvekcia, horná hladina konvekcie.

Základná študijná literatúra:

- Petr Dvořák, Letecká meteorologie
- Sobota: Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A), Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2002
- Kulčák a kol.: Učebnice pilota vrtulníku PPL(H) část II, akademické nakladatelství CERM s.r.o Brno, 2009
- ATPL Ground Training Series Meteorology, Book 9, EASA - First Edition Revised for NPA 29, CAE Oxford Aviation Academy (Oxford) Limited 2018
- Kol. autorů: Meteorologický slovník výkladový terminologický, Academia Praha, 1993

7.1 Oblačnosť a jej základné parametre

Všeobecne prevláda mylný názor, že oblačnosť je zhlukom vodných pár ktorý vidíme na oblohe. Vodné pary sú však pre ľudské oko neviditeľné, preto je oblačnosť tvorená niečím, čo je schopné ľudské oko zachytiť. Oblačnosť je definovaná ako meteorologický prvok ktorý je výsledkom skupenskej premeny vodných pár a je pozorovateľný na oblohe.

Oblačnosť je spolu s dohľadnosťou najvýraznejším limitujúcim faktorom pre leteckú dopravu. Dohľadnosť v oblačnosti sa môže pohybovať od niekoľko 100 m až na nulu. Vzniká tu riziko straty orientácie, s možnosťou kolízie s inými lietadlami alebo prekážkami, ktoré pre výskyt oblačnosti v danej lokalite nie je možné rozoznať. Zakrytie vrcholkov kopcov oblačnosťou je považované za nebezpečný poveternostný jav. V prípade straty priestorovej orientácie spôsobenej letom v oblačnosti môže dôjsť k uvedeniu lietadla do neobvyklej polohy, čo si posádka nemusí uvedomovať a nesprávnymi zásahmi do riadenia môže takýto let skončiť katastrofou. Pri výskyte istého špecifického typu oblačnosti sa v nej navyše môžu vyskytovať nebezpečné poveternostné javy tak silnej intenzity, že konštrukčné možnosti lietadla v nej neumožňujú let. Jedná sa najmä o veľmi nebezpečnú búrkovú oblačnosť a oblačnosť vytvorenú silnými konvektívnymi prúdmi vzduchu. Na základe teoretických vedomostí, praktických skúseností a výsledkov rozborov leteckých nehôd bolo rozhodnuté o zákaze úmyselného vlietavania do búrkovej oblačnosti. Bez správneho avionického vybavenia lietadla a náležitého výcviku posádky je lietanie zakázané v akejkoľvek oblačnosti. Meteorologická služba preto venuje pozorovaniu a predpovedaniu oblačnosti značné úsilie.

7.1.1 Základné parametre oblačnosti.

Pri pozorovaní oblačnosti leteckou meteorologickou službou sa sledujú tieto parametre.

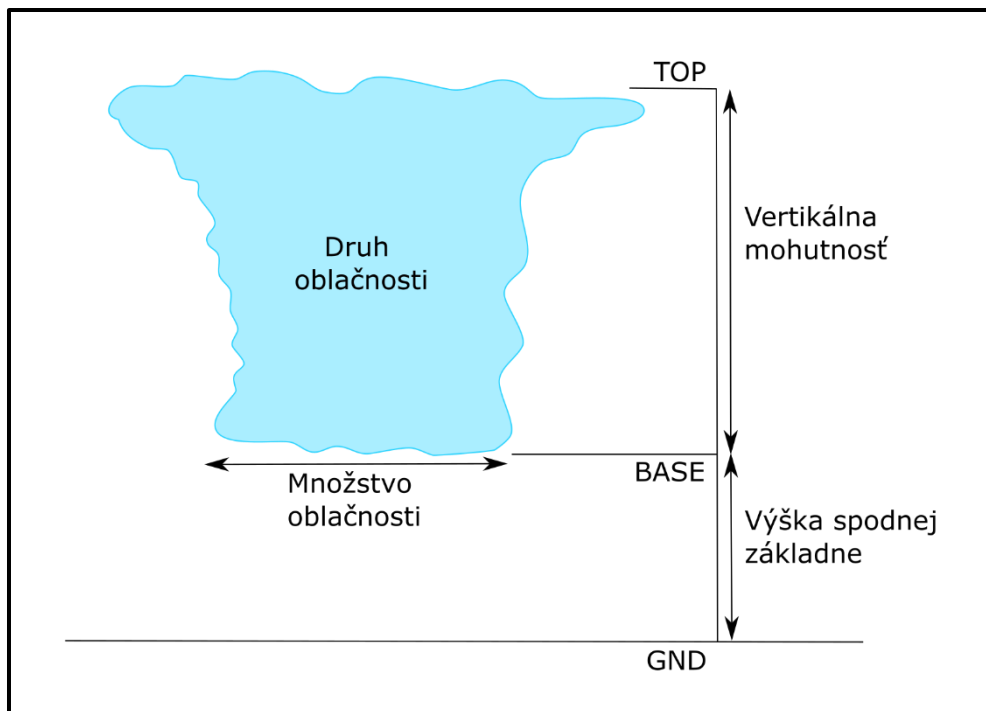
- Výška spodnej základne oblačnosti, prípadne jej TOP;
- Množstvo oblačnosti;
- Druh oblačnosti.

V správach o stave počasia sú tieto charakteristiky súhrne nazývané „oblačnosť“, pričom výstižnejší termín je zavedený v anglickom jazyku „sky condition“ čo v preklade znamená podmienky na oblohe.

Spodná základňa oblačnosti nie je jednoznačne definovaná. Možno ju však považovať za najnižšiu časť mraku, v ktorej sa výrazne odlišuje horizontálna dohľadnosť od podmienok v bezoblačnej atmosfére. Za spodnú základňu oblačnosti možno považovať i hladinu, kde pilot začína strácať vizuálny kontakt s terénom pod sebou. V reálnych podmienkach nie je základňa oblaku ostrou hranicou, ale prechodovú vrstvou s hrúbkou niekoľkých desiatok metrov, v ktorej sa ako vertikálna tak i horizontálna dohľadnosť s rastúcou výškou znižuje. Výška základne oblaku nad daným miestom sa pomerne rýchlo mení, najmä u oblačnosti s nejasnými kontúrami akou je napríklad oblačnosť typu Stratus. V niektorých prípadoch je táto zmena desiatky až stovky metrov za niekoľko minút. V angličtine je pre spodnú základňu oblačnosti ako i jej výšku zavedený pojem BASE.

TOP oblačnosti je hornou hranicou vývoja mraku. V praxi je veľkým technickým problémom túto výšku merať, preto sa uvádza iba ak sú k dispozícii hlásenia posádok lietadiel.

Rozdiel medzi Base a TOP udáva vertikálnu mohutnosť mraku a závisí od procesov, ktoré sa podieľajú na tvorbe mraku. Pri dostatočne veľkej vertikálnej mohutnosti vznikajú zrážky, ktoré môžu dopadať až na zemský povrch, prípadne môžu vznikáť búrky. Všeobecne platí, že mohutnejšie a intenzívnejšie stúpavé prúdy vytvárajú vertikálne mohutnejšiu oblačnosť. Búrková oblačnosť, ktorá je zo všetkých typov najmohutnejšia je tvorená najintenzívnejšími stúpavými prúdmi, ktoré sa v atmosfére vyskytujú.



Obrázok 1 Základné parametre oblačnosti

Výška spodnej základne sa meria ceilometrom, ktorý pracuje s využitím LIDAR technológie. Výhodou je značná presnosť metódy s možnosťou merania až piatich vrstiev oblačnosti nad sebou. Nevýhodou je, že prístroj nedokáže zmerať výšku oblačnosti, ktorá sa nachádza mimo optickej osi prístroja. Výšku oblačnosti mimo prístroja je možné určiť porovnaním s horskými prekážkami v okolí letiska, ktorých výška je známa alebo sa využívajú hlásenia z lietadiel PIREP. V letných mesiacoch je možný približný výpočet výšky spodnej základne oblačnosti podľa vzťahu:

$$h = 122,6 \times (T - DPT)$$

kde:

- h je výška spodnej základne oblačnosti;
- T je teplota vzduchu;
- DPT je teplota rosného bodu.

Výška spodnej základne oblačnosti je rozhodujúca pri pristávaní lietadiel. Každá posádka má stanovenú výšku rozhodnutia, ktorú nesmie prekročiť bez vizuálnej identifikácie pristávacej dráhy. Ak je spodná základňa oblačnosti nižšie ako výška rozhodnutia, pristátie sa musí buď opakovať, alebo je vylúčené a posádka lietadla musí pristáť na inom letisku.



Obrázok 2 Ceilometer

Množstvo oblačnosti

Okrem výšky spodnej základne oblačnosti je jej množstvo ďalším dôležitým parametrom ovplyvňujúcim spôsob lietania. Ak je oblačnosti na oblohe málo, nemá výrazný vplyv na spôsob lietania, je možné sa jej vyhnúť, prípadne let nad ňou nespôsobuje problémy pri určovaní polohy a porovnávacej navigácii. Naopak ak je oblačnosti tak veľa, že nie je možné ju oblietavať, či spôsobuje stratu vizuálneho kontaktu s orientačnými bodmi na zemi, je nutné prijať opatrenia na zmenu režimu letu.

Množstvo oblačnosti sa určuje v osminách, pre klimatologické potreby v desatinách oblohy. Platí, že $0/8 = 0/10$ čo je vyjadrením stavu oblohy bez oblačnosti. Pri uvádzaní množstva $4/8 = 5/10$ je polovica oblohy pokrytá oblačnosťou a pri $8/8 = 10/10$ obloha úplne pokrytá oblačnosťou. Jestvujú metódy na automatické určovanie množstva oblačnosti, kedy ceilometre registruje jednak spodnú základňu oblačnosti, no súčasne i dobu po ktorú oblačnosť registruje. Na základe tejto doby určí množstvo. Metóda je však značne nepresná najmä pri premenlivom množstve oblačnosti, ktorá sa vyskytuje mimo dosahu prístroja. Ďalšou metódou je sledovanie slnečného svitu.

Pre potreby letectva sú zavedené výrazy na vyjadrenie množstva oblačnosti uvedené v tabuľke:

Tabuľka 1 Pokrytie oblačnosti

Skratka	Anglický význam	Slovenský význam	Množstvo oblačnosti
SKC	Sky clear	Jasno	0 / 8
FEW	Few	Malá oblačnosť	1-2 / 8
SCT	Scattered	Polooblačno	3-4 / 8
BKN	Broken	Oblačno	5-7 / 8
OVC	Overcast	Zamračené	8 / 8

7.1.2 Vznik oblačnosti

Podstatou vzniku oblačnosti je dosiahnutie stavu nasýtenia vodnými parami v ovzduší. Tento stav je možné dosiahnuť dvoma spôsobmi:

- Dodávaním vodných pár do ovzdušia, napríklad výparom zrážok zo zemského povrchu (stratus, hmla);
- Poklesom teploty vzduchu (najčastejšie).

K poklesu teploty vzduchu môže dôjsť z rôznych dôvodov. Pri izobarickom ochladzovaní napríklad radiáciou alebo pri ochladzovaní teplejšieho vzduchu od chladnejšieho podlažia pri teplej advekcii nad chladnejší povrch môže dôjsť k tvorbe hmiel.

Oblačnosť vzniká najmä pri výstupe vzduchu, teda pri adiabatickom ochladzovaní v dôsledku expanzie objemu vzduchu pri poklese tlaku. Pri poklese teploty vzduchu sa zvyšuje relatívna vlhkosť až do momentu, kedy sa stane vzduch vodnými parami nasýtený. Pri ďalšom výstupe a poklese teploty vodná para začne prechádzať do kvapalného skupenstva, čiže kondenzovať. Ak je teplota nižšia ako 0 °C, vodná para sa zmení (desublimuje) na drobné ľadové kryštáliky.

Hladina, v ktorej daný objem vzduchu dosahuje stav nasýtenia vodnými parami sa nazýva *kondenzačná hladina*.

Výška kondenzačnej hladiny nie je stála a závisí od podmienok v atmosfére. Samotný stav nasýtenia vodnými parami však na kondenzáciu nestačí. V laboratórnych podmienkach pri čistom vzduchu sa dosiahla relatívna vlhkosť hodnôt nad 100 % bez kondenzácie. Kondenzácii napomáhajú malé častičky prachu, solí alebo aerosól ofúknutý z morských vln. Tieto častičky nazývané *kondenzačné jadrá* viažu na svoj povrch vodu a napomáhajú tak tvorbe dažďových kvapiek alebo ľadových kryštálikov. V oblastiach bohatých na kondenzačná jadrá spôsobených napríklad intenzívnou ľudskou činnosťou alebo v oblastiach rozsiahlych lesných požiarov je aj vyššia početnosť hmiel pri nižších relatívnych vlhkostiach a vyššia pravdepodobnosť búrok silnej intenzity.

Príčiny vzniku oblačnosti

Hlavnou príčinou vzniku oblačnosti je kondenzácia alebo depozícia vodných pár po tom čo bol dosiahnutý stav nasýtenia vodným parami v danom objeme vzduchu. Tento stav je dosahovaný najčastejšie v dôsledku výstupu častíc do vyšších hladín. Vzduchové častice môžu začať stúpať z niekoľkých príčin, čo predurčuje vzhľad oblačnosti i podmienky na lietanie v nej:

- orografický výstup;
- turbulencia;
- konvekcia;
- atmosférický front.

Orografický výstup častíc vzduchu je nútený výstup vplyvom prúdenia cez horskú prekážku. Princíp tvorby tohto druhu oblačnosti, ktorú nazývame i svahová oblačnosť už bol popísaný pri vysvetľovaní vzniku Föhnovho efektu. Tvar takejto oblačnosti sa odvíja od zvrstvenia atmosféry.

Pri stabilnom zvrstvení sa tvorí oblačnosť spojená výhradne z horskou prekážkou. Svojím tvarom môže kopírovať reliéf horskej prekážky, vtedy hovoríme o svahovej oblačnosti alebo o Föhnovej stene. Pri silnejšom prúdení, môžu stúpavé prúdy zasahovať do väčších výšok, čo spôsobí zvlnenie vrstiev vzduchu nad horskou prekážkou. Oblačnosť sa tvorí na stúpavých častiach vln a svojím tvarom pripomína šošovky, odtiaľ pochádza i názov takejto oblačnosti - lenticularis.



Obrázok 3 Altocumulus lenticularis.

Pri labilnom zvrstvení atmosféry je nútený výstup častíc na náveternej strane hôr spúšťacím mechanizmom pre vznik kopovitej oblačnosti ktorá môže za vhodných podmienok narastať do značnej vertikálnej mohutnosti a orografia tak môže prispievať k tvorbe búrkovej oblačnosti. To je jedným z dôvodov výskytom vyšších úhrnov zrážok na náveterných stranách kopcov.

Pri podmienene stabilnom zvrstvení môže orografia prispieť k prekonaniu prízemnej stabilnej vrstvy atmosféry a tak podnietiť vznik stúpavých prúdov nad stabilnou vrstvou. V tomto prípade je oblačnosť limitovaná na priestor okolo horskej prekážky pričom sa nad širším okolím oblačnosť vôbec nemusí vyskytovať.

Oblačnosť, ktorá vznikla interakciou prúdenia a orografie nazývame i orografická oblačnosť.



Obrázok 4 Oblačnosť typu Stratus fractus vytvorená náveterným efektom odnášaná v smere prúdenia a postupne sa rozpadáva

Turbulencia sa pri tvorbe oblačnosti prejavuje pri stabilnom zvrstvení atmosféry. Pri trení vzduchu o zemský povrch sa homogénne prúdenie triešti na náhodné víry s rôznou osou rotácie. Ak vzduch počas stúpania

turbulentnom víre dosiahne stav nasýtenia, môže sa tvoriť oblačnosť. Vertikálna mohutnosť takejto oblačnosti je však limitovaná vertikálnym rozvojom turbulentných vírov, ktoré ju tvoria. V takomto prípade sa tvorí pomerne slabo vertikálne vyvinutá oblačnosť, ktorá horizontálne zaberá územia zodpovedajúce oblasti s výskytom danej turbulencia v prízemnej vrstve. Oblačnosť ktorá vznikla vplyvom turbulencie v prízemnej vrstve súhrne nazývame turbulentná oblačnosť. Zvyčajne sa jedná o oblačnosť typu Stratus alebo Stratocumulus.

Pod *konvekciou* rozumieme vertikálne pohyby vzduchu, ktoré vznikli v dôsledku nerovnomerného ohreву vzduchu od zemského povrchu s rôznym albedom po dosiahnutí teploty konvekcie. Ak stúpavé prúdy prekonávajú kondezačnú hladinu tvorí sa typická konvektívna oblačnosť ktorej horizontálne rozmery sú limitované šírkou výstupných prúdov a vertikálna mohutnosť je daná výškou zádržnej alebo stabilnej vrstvy, ktorú nazývame Horná hladina konvekcie (HHK). Oblačnosť má výrazný kopovitý charakter s pomerne rovnou základňou a dobre ohraničenými okrajmi. Konvektívna oblačnosť svojím vzhľadom pripomína karfiol. V prípade labilného zvrstvenia a dostatočne vysokej HHK môže konvektívna oblačnosť vertikálne narastať do celej výšky troposféry, a vtedy vzniká búrková oblačnosť. Stúpavé prúdy tvoriace kopovitú oblačnosť sú výrazné, ich rýchlosť sa pohybuje rádovo v m.s⁻¹ a sú koncentrované do úzkeho priestoru, pripomínajúceho komín, ktorý je naklonený v smere výškového vetra. Ako zásoba prehriateho vzduchu pri zemi ubúda, je pôvodný teplý vzduch postupne nahradzovaný chladnejším vzduchom z okolia, konvektívny prúd postupne slabne a oblačnosť s ním spojená sa rozplýva do vrstvy a rozpadáva sa. To je dôvod, prečo kopovitá oblačnosť neustále mení svoj tvar a vertikálnu mohutnosť, vzniká a následne sa rozpadáva. Oblačnosť ktorá vznikla konvekciou nazývame konvektívna oblačnosť alebo aj kopovitá oblačnosť.



Obrázok 5 Kopovitá oblačnosť v rôznych vývojových štádiách

Na atmosférických *frontoch* je vzduch teplejšej vzduchovej masy nútený stúpať pozdĺž frontálnej plochy, nad studenou vzduchovou masou. Jedná sa o horizontálne rozsiahle stúpavé prúdy zaberajúce i niekoľko tisíc kilometrov štvorcových avšak rýchlosť stúpavých prúdov býva pomerne malá, najmä na teplom fronte býva rádovo v cm.s⁻¹. Tvar oblačnosti spojenej s frontom pripomína vrstvy zaberajúce nezriedka celú oblohu a bez výraznejšej štruktúry. Oblačnosť vytvorenú vplyvom atmosférického frontu nazývame i frontálna oblačnosť.

7.1.3 Druh oblačnosti

Pri určovaní parametrov oblačnosti je *druh oblačnosti* jej veľmi dôležitou charakteristikou. Typ oblačnosti zodpovedá svojím tvarom i sfarbením dynamickým procesom ktoré sa podieľajú na jej tvorbe. Od intenzity týchto procesov sa odvíjajú i rôzne podmienky na let takejto alebo v jej blízkom okolí. Isté druhy oblačnosti vzhľadom na intenzitu a charakter procesov spojených s tvorbou a prítomnosťou danej oblačnosti môžu predstavovať pre letectvo značné nebezpečenstvo. Iné, nevýrazné typy oblačnosti nepredstavujú podstatnejšie riziko a let v nej nie je nijako zvlášť nebezpečný. Je preto nevyhnutné aby posádka lietadla dokázala rozoznať jednotlivé druhy oblačnosti a identifikovať tak prípadné riziká spojené s letom v nej. Oblačnosť možno klasifikovať na základe rôznych kritérií:

- Zloženie oblačnosti;
- Výška výskytu oblačnosti;
- Tvar oblačnosti.

Jednotlivé kritériá sa pritom môžu navzájom dopĺňať.

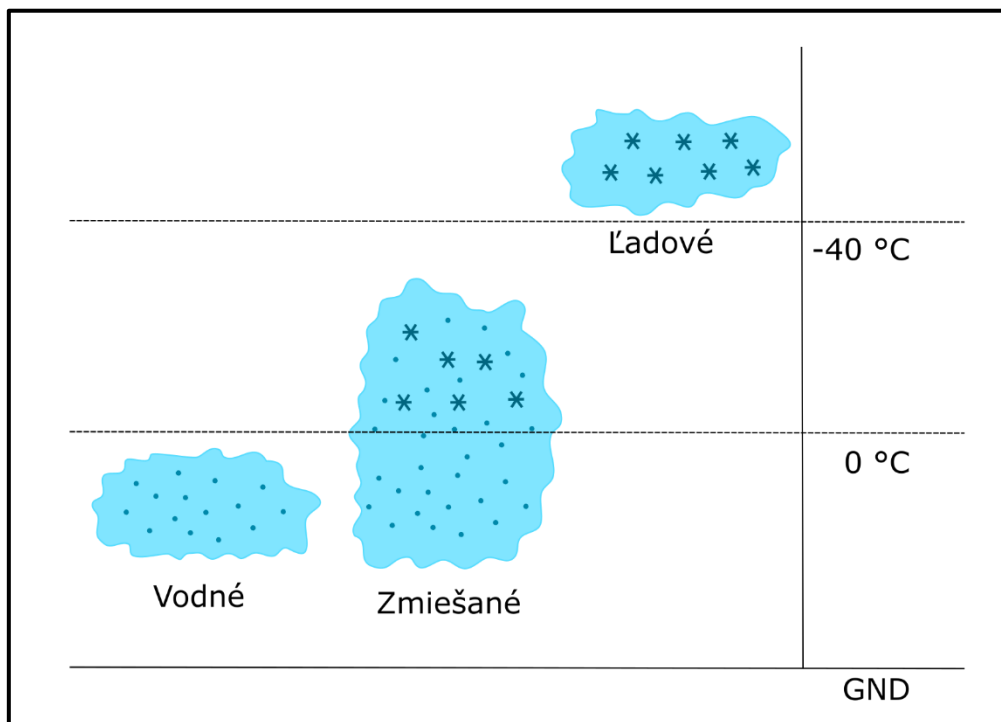
Zloženie oblačnosti

Oblačnosť je podľa definície zhlukom produktov depozície alebo kondenzácie vodných pár. Z toho vyplýva, že môže byť tvorená vodnými kvapkami, ľadovými kryštálkami alebo ich zmesou a kondenzačnými jadrami, na ktorých proces zmeny skupenstva nastal. Podľa zloženia mraku poznáme oblačnosť:

- Vodnú;
- Ľadovú;
- Zmiešanú.

Záleží pritom od výšky nulovej izotermy. Ak je oblačnosť celým svojím vertikálnym rozvojom pod nulovou izotermou bude tento mrak zložený výhradne z vodných kvapiek. V prípade, že oblačnosť svojím vertikálnym rozvojom presahuje cez nulovú izotermu, môže sa v ňom nachádzať zmes ľadových kryštálikov a vodných kvapiek. Ak sa oblačnosť nachádza nad nulovou izotermou je predpoklad jeho zloženia z ľadových kryštálikov. Musíme si však uvedomiť, že vodné kvapky môžu existovať v podchladenom stave v kvapalnej forme až od teplôt okolo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, preto je výška nulovej izotermy skôr orientačnou pre určovanie zloženia oblačnosti.

Za oblačnosť zloženú výhradne z ľadových kryštálikov možno považovať oblačnosť typu Cirrus, ktorej spodná základňa sa nachádza prevažne vo výškach nad 6 km, kde možno predpokladať teploty vzduchu výrazne menšie ako $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obrázok 6 Zloženie oblačnosti. Zľava: vodné, zmiešané, ľadové

Výška výskytu oblačnosti

Oblačnosť sa môže vyskytovať v rôznych výškach a jej vlastnosti sa odvíjajú od konkrétnych meteorologických podmienok v danej výške. Rozhodujúce kritérium pre klasifikáciu oblačnosti podľa výšky jej výskytu je typická výška jej spodnej základne, no berie sa do úvahy i jej vertikálny dosah. Podľa typického výskytu výšky delíme oblačnosť na:

- Vysokú;
- Strednú;
- Nízku;
- Oblačnosť s mohutným vertikálnym vývojom.

Vysoká oblačnosť sa vyskytuje vo výškach nad 5 km. Vzhľadom na nízke teploty, ktoré sa v týchto výškach vyskytujú a bude jednať o oblačnosť výhradne ľadovú. Od toho sa odvíja sfarbenie i hustota tejto oblačnosti. Vysoká oblačnosť je charakteristická intenzívnou bielou farbou a je pomerne riedka. Slnko i Mesiac presvitajú touto oblačnosťou pomerne ľahko, takže predmety na zemi vrhajú tieň. Vtedy možno pozorovať optický jav zvaný Halo efekt – viac alebo menej farebné kruhy okolo slnka alebo mesiaca pri presvite touto oblačnosťou.



Obrázok 7 Halo efekt

Stredná oblačnosť sa vyskytuje vo výškach v rozmedzí 2 – 5 km. Jej zloženie býva rôzne, závisí od klimatického pásma a ročného obdobia. Pri presnom pomenovaní typu oblačnosti dostáva táto oblačnosť predponu *alto* čo z latinského znamená stredný. Môže mať štruktúru, no býva i bez nej a tvorí jednoliatu šedú masu. Jej vzhľad je určený dynamikou vzniku tejto oblačnosti.

Nízka oblačnosť sa obvykle vyskytuje od zeme do 2 km. Sú prevažne zložené z vodných kvapiek, v zimnom období a v severnejších zemepisných šírkach to môžu byť mraky zmiešané alebo ľadové. Tento typ oblačnosti má najväčší vplyv na spôsob lietania, keďže sa vyskytuje nízko nad terénom a môže prípadne tereénne prekážky zakrývať, čo znamená značné riziko pre bezpečnosť letu. Oblačnosť so základňou nízko nad letiskom znemožňuje štart, no najmä bezpečné pristátie lietadiel. V zimnom období môže v tejto oblačnosti let ohrozovať proces tvorby námrazy, čo je mimoriadne nebezpečný jav hlavne pre lietadlá, ktoré nie sú vybavené systémom na ochranu pred tvorbou námrazy počas letu.

Oblačnosť s veľkým vertikálnym vývojom niektoré zdroje neuvádzajú a radia ju medzi oblačnosť nízku vzhľadom na výšku jej spodnej základne, ktorá býva prevažne do 2 km. Je to však oblačnosť, ktorá svojou vertikálnou mohutnosťou môže zasahovať do vertikálneho profilu celej tróposféry. Počas svojho rastu do väčších výšok vytvára celý rad podružnej oblačnosti, ktorá sa tvorí pri prechode cez stabilnejšie vrstvy a tie sú následne odnášané v smere výškového prúdenia. Je to mimoriadne nebezpečná, búrková oblačnosť a lietanie v nej je zakázané. Výnimku tvoria výskumné lety so špeciálnu leteckou technikou, prispôbenou na tvrdšie otrasy a z odolnou voči krúpam, i tak sú tieto lety mimoriadne nebezpečné.

Tvar oblačnosti

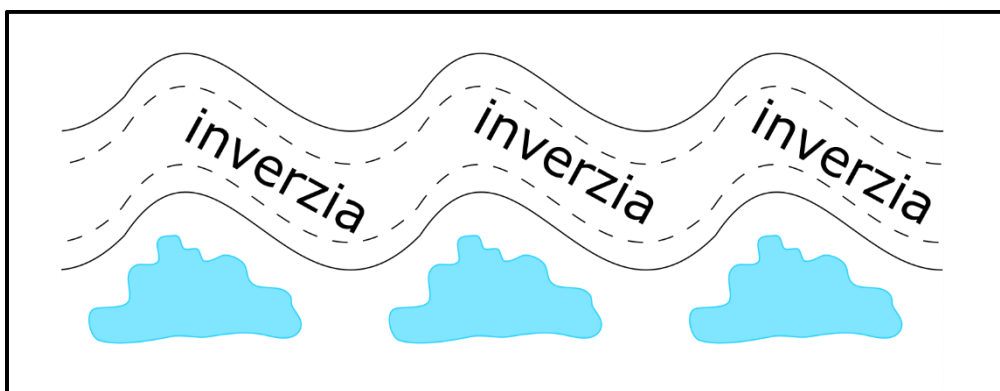
Tvar oblačnosti vypovedá o dynamike vzniku oblačnosti. Ak sú stúpavé prúdy koncentrované do úzkych prúdov, bývajú rýchlejšie a to formuje oblačnosť do tvaru veží rôznej vertikálnej mohutnosti, čo závisí od lability atmosféry. Pri slabých stúpavých prúdoch vzniká oblačnosť plochá, s menej výraznou štruktúrou avšak horizontálne môže tento typ oblačnosti pokrývať rozsiahle územia. *Podľa tvaru delíme oblačnosť na:*

- Kopovitú;

- Vstevnatú;
- Zmiešanú.

Kopovité oblaky vznikajú vplyvom intenzívnych, lokálne obmedzených výstupných prúdov, ktoré sú charakteristické pre termickú konvekciu. Vývoj týchto oblakov má výrazný denný chod. Maximum vývoja pozorujeme okolo 16. hodiny. Miestami sa môžu vytvoriť až búrkové mraky typu *Cumulonimbus*. Po 16. hodine obvykle dochádza k rozpadávaniu kopovitej oblačnosti. Ak existuje v niektorej výške tróposféry zádržná vrstva pre vertikálne pohyby (inverzia alebo izotermia teploty), kopovitá oblačnosť sa vyvíja len slabó (vo vertikálnom smere) a pod zádržnou vrstvou sa rozteká v horizontálnom smere – môžu sa tvoriť oblaky zmiešaného typu *Stratocumulus*. Mimo termickej konvekcie môže byť podnetom pre vznik kopovitej oblačnosti a oblačnosti Cb prudký výstup teplého vzduchu pozdĺž frontálnej plochy na prednej strane studeného frontu.

Vrstevnaté oblaky vznikajú vplyvom slabých, usporiadaných a plošne rozsiahlych vertikálnych pohybov, ktoré sú charakteristické pre výklný pohyb vzduchu pozdĺž frontálnych plôch. Pri takomto výstupe vzduchu sa spravidla tvorí celý systém vrstevnatej oblačnosti *Cirus-Cirrostratus-Altostratus-Nimbostratus*.



Obrázok 8 Podmienky na tvorbu slohokopovitej oblačnosti

Zmiešané oblaky, nazývame i slohokopovité, vznikajú vtedy, keď v tróposfére existuje jedna alebo viac skoro horizontálnych vrstiev teplotnej inverzie. Pokiaľ je vzduch pod zádržnou vrstvou v blízkosti stavu nasýtenia, dochádza pri eventuálnom zvlnení inverzie a pri výstupe vzduchu v miestach hrebeňov vln k jeho nasýteniu a ku kondenzácii vodnej pary, zatiaľ čo v dolinách zvlnenej inverznej vrstvy sa vzduch od stavu nasýtenia vzdáľuje. V týchto prípadoch dochádza ku vzniku skoro rovnobežných radov *Stratocumulus*, *Altostratus* alebo *Cirrocumulus*, často v niekoľkých vrstvách.

7.1.4 Morfológická klasifikácia oblačnosti podľa WMO

Každý oblak, ktorý sa vyskytuje v atmosfére je možné priradiť do jedného z desiatich druhov oblačnosti, ktoré sú charakteristické svojím tvarom, vertikálnym a horizontálnym rozvojom, dynamikou vzniku a svojou štruktúrou. Ten istý mrak nemôže byť zaradený do dvoch rôznych skupín. Na bližší popis mraku sa využívajú i ďalšie charakteristiky, ktoré môžu spresniť spôsob vzniku mraku (napríklad *genitus* – vzniknutý z iného mraku), jeho zvláštny tvar (*lenticularis* – šošovkovitý) či štruktúrne usporiadanie na oblohe (*radiatus* – pásy, ktoré zdanlivo vychádzajú z jedného bodu na oblohe). Základných desať druhov oblačnosti je uvedených v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 2 Základné druhy oblačnosti podľa klasifikácie WMO

Druh oblačnosti	Skratka	Výška
Cirrus	Ci	vysoká
Cirrocumulus	Cc	vysoká
Cirrostratus	Cs	vysoká

Altostratus	As	stredná
Nimbostratus	Ns	stredná
Stratocumulus	Sc	nízka
Stratus	St	nízka
Cumulus	Cu	nízka
Cumulonimbus	CB	vertikálne mohutná

Ako vidno z tabuľky, názvoslovie oblačnosti je odvodené od niekoľkých základných pojmov, ktorých kombináciou sa je možné vyjadriť typ, výšku a štruktúru oblačnosť:

- Cirrus – riasa;
- Alto – stredný;
- Cumulus – kopa;
- Stratus – vrstva;
- Nimbus – mrak spojený s dažďom.

Názov Cirrocumulus možno interpretovať ako riasovitá kopa. Keďže riasovitá oblačnosť je oblačnosťou vysokou, možno logicky dospieť k predstave riedkej oblačnosti vo vysokých výškach, ľadového typu s kopovitou štruktúrou. Podobne možno tento princíp aplikovať na ostatné druhy oblačnosti. Každý typ oblačnosti má svoje základné charakteristiky a ich štruktúra a dynamika predstavujú rôzne podmienky na lietanie v nej.

Cirrus, Ci – vzájomne oddelené obláčiky v podobe jemných vlákien alebo bielych plošiek, či prúžkov. Tento tvar oblačnosti má vláknitý vzhľad a hodvábný lesk. Je zložený výhradne z ľadových kryštálikov. Cez Ci presvitá slnko i mesiac, počas dňa je rozoznať tieň predmetov. Let v oblačnosti je kľudný bez turbulencie a námrazy. V prípade, že Ci súvisí s tryskovým prúdením, je spojená s miernou až silnou turbulenciou. Z tejto oblačnosti zrážky nevytvárajú.

Cirrocumulus, Cc – tenké, niekedy väčšie skupiny mrakov pozostávajúce z maličkých obláčikov, zrníkov alebo vlniek. Bývajú pravidelne usporiadané. Sú zložené výhradne z ľadových kryštálikov. Cez Cc presvitá slnko i mesiac, počas dňa je možné rozoznať tieň predmetov. Pri lete cez Cc sa nevyskytuje námraza, let však býva spojený s slabou turbulenciou v podobe pravidelného trasu. V prípade, že Cc súvisí s tryskovým prúdením, je spojená s miernou až silnou turbulenciou. Táto oblačnosť sa zriedka vyskytuje sama, býva dopĺňaná ďalšími typmi cirovitej oblačnosti. Z tohto typu oblačnosti zrážky nevytvárajú. Pri zvlhnutí vyšších vrstiev atmosféry vplyvom silnejšieho vetra sa môže tvoriť šošovkovitá odroda Cc len – Cirrocumulus lenticularis.

Cirrostratus, Cs – tenká priehľadná vrstva pripomínajúca hustý závoj, cez ktorý je možné pozorovať slnko i mesiac, často sprevádzaným optickým javom Halo efekt. Pri lete cez Cs sa nevyskytuje námraza, ani turbulencia. V prípade, že Cs súvisí s tryskovým prúdením, je spojená s miernou až silnou turbulenciou najmä na okrajoch oblačnosti. Zrážky je možné pozorovať tesne pod základňou, nikdy však nedosahujú zemský povrch.

Altostratus, As – väčšie alebo menšie skupiny oblakov bielej farby, ktoré postupne prechádzajú do šeda. Oblačné systémy môžu vytvárať vlny alebo kôpky na oblohe. As býva zložený prevažne s kvapôčiek vody, v zimnom období ľadovými kryštálikmi alebo zmesou. Je možné cez ňu vidieť obrysy slnka, jej priehľadnosť je však značne premenlivá. Vyskytuje sa v nej slabá turbulencia a slabá námraza. Zrážky z nej nevytvárajú. V prípade tvorby As nad horskými prekážkami je turbulencia v tejto oblačnosti na jej záveternej strane silná až extrémna. Pri zvlhnutí vrstiev atmosféry za horskými prekážkami dochádza ku tvorbe As len – Altostratus lenticularis, ktorá je typická šošovkovitým vzhľadom. As len sa môže opakovať v pravidelných intervaloch.

Altostratus, As - šedá až do modra sfarbená vrstva oblačnosti vláknitej štruktúry, dominujúca na oblohe. V prípade že nie je vertikálne mohutná matne cez ňu presvitá slnko alebo mesiac. Je zložená prevažne z vodných kvapiek v zimnom období zo zmesi alebo ľadových kryštálikov. V prípade väčšej vertikálnej mohutnosti, polohu

slnka a mesiaca nemožno určiť a často z tejto oblačnosti vypadávajú slabé, dlhotrvajúce zrážky, ktoré zhoršujú letové dohľadnosti. Tieto zrážky zaberajú rozsiahle územia. Je to typická oblačnosť spojená s teplým frontom.

Nimbostratus, Ns – šedá až tmavošedá oblačnosť. Táto oblačnosť je vertikálne značne mohutná, preto ňu nie je možné rozoznať polohu slnka. Vypadávajú z nej vytrvalé zrážky miernej až silnej intenzity. Letové dohľadnosti sú v nej značne redukované a nie je možné vykonávať let VFR, orientačné body nie je možné rozoznať. Táto oblačnosť je takmer výhradne spojená s teplým frontom. Je spojená so slabou turbulenciou, no v zimnom období je let v tejto oblačnosti spojený s rizikom tvorby miernej až silnej námrazy.

Stratocumulus, Sc – oblačné skupiny bielej až šedej farby so spodnou základňou kde je rozoznať štruktúru tmavých jadier. Sc je najbežnejší mrak v našich podmienkach, je tvorený prevažne s vodných kvapiek. Nie je vertikálne príliš mohutný, preto z nej môžu vypadávať iba lokálne zrážky veľmi slabej intenzity vo forme slabého dažďa alebo v zime snehové krúpy.

Stratus, St - oblačná vrstva šedej až šedomodrej farby s jednotvárnou štruktúrou a značne premenlivou výškou spodnej základne. St je hustý mrak, neprevitá cez ňu slnko ani mesiac. V prípade jeho rozpadu a malej vertikálnej mohutnosti je možné slnko rozoznať. Ak je dostatočne mohutný vypadáva z neho mrholenie. Pri výpare zrážok možno pozorovať nesúvislú oblačnosť St najmä nad lesnými porastmi. Takýto St nazývame St fra - fractus (zdrapy, roztrhaný).

Cumulus, Cu – samostatné mraky s ostro ohraničenými obrysami a rovnou sponou základňou. Je zložený najmä z vodných kvapiek, v prípade že mrak pri vertikálnom vývoji presiahne výšku nulovej izotermy vyskytujú sa v ňom i ľadové kryštáliky alebo jadrá – krúpy. Poznáme tri vývojové štádiá Cu a to Cu humilis, Cu mediocris a Cu Congestus.

Cu hum (humilis) je plochý Cu, ktorého horizontálne rozmery sú väčšie ako vertikálne. V prípade stabilného zvrstvenia atmosféry je to i posledné vývojové štádium Cu. Ráno zvyčajne býva obloha bez oblačnosti, po prehriatí prízemnej vrstvy ovzdušia nad teplotu konvekcie sa začne tvoriť oblačnosť večer sa pri ochladení rozlieva to vrstiev do podoby Sc, ktorý označujeme ako Sc vytvorený z Cu (Sc Cugen) a rozpadáva sa. Tento priebeh rozvoja oblačnosti počas dňa nazývame oblačnosť s denným chodom. Ľudovo túto oblačnosť možno nazvať i „baránky pekného počasia“. Z tejto oblačnosti zrážky nevypadávajú. Je charakteristický slabou turbulenciou a v zime slabou námrazou.

Cu med (mediocris) je stredný Cumulus. Jeho vertikálne a horizontálne rozmery sú približne rovnaké. Z tejto oblačnosti môžu vypadávať zrážky, ktoré nedosahujú zemský povrch. Je charakteristický slabou až miernou turbulenciou a slabou námrazou v zimnom období.

Cu con (congestus) je posledné vývojové štádium kumulu. V leteckej meteorológii je zaužívaný skôr výraz *Towering Cumulus* a má skratku **TCU**. Vertikálne rozmery značne prevyšujú horizontálne. TOP je ostro ohraničený. V tejto oblačnosti sa vyskytujú ľadové jadrá a môžu z nej vypadávať lokálne zrážky – prehánky. Je charakteristický miernou až silnou turbulenciou spôsobenou značnými rozdielmi v stúpavých a klesavých prúdoch. Do tejto oblačnosti je zakázané vlietať.

Cumulonimbus, CB - v preklade znamená dažďová kopa. Je to najnebezpečnejší druh oblačnosti, v ktorej sa vyskytujú takmer všetky nebezpečné poveternostné javy miernej až silnej intenzity. Je to mohutný mrak v podobe veží alebo hôr ktorý zasahuje až do spodnej vrstvy stratosféry. V jeho počiatočnej fáze býva TOP ostro ohraničený. Vtedy hovoríme o tzv. Calvus. Vo fáze rozpadu sa tvorí na TOPe závoj z Ci v podobe nákovy ktorá je odnášaná v smere výškového vetra. Mrak je tvorený zmesou vodných kvapiek, ľadových jadier a kryštálov. Pre jeho mohutnosť sa tvorí atmosférická elektrina. Z tejto oblačnosti vypadávajú pomerne silné lokálne zrážky – prehánky. S ich vypadávaním súvisí i nárazový vietor a silná turbulencia so značným poklesom dohľadností. Tento typ oblačnosti svojou komplexnosťou a vysokým rizikom stretu s nebezpečnými poveternostnými javmi nie je možné popísať v jednom odseku a zaslúži si osobitnú kapitolu. Do oblačnosti typu CB je striktné zakázané úmyselne vlietať.



Obrázok 9 Cc – Cirrocumulus



Obrázok 10 Ci – Cirrus



Obrázok 11 Cs - Cirrostratus v kombinácii s Ci a Cc. Cs tvorí jednoliatu zhrnutú vrstvu



Obrázok 12 Ac pe - *Alto cumulus perlucidus*, s medzierkami v štruktúre oblačnosti



Obrázok 13 As tr - *Altostratus translucidus*. Priehľadná vrstva slohovitej oblačnosti, cez ktorú je možné identifikovať polohu slnka alebo mesiaca



Obrázok 14 Ns op - Nimbostratus opacus. Vrstva oblačnosti je neprehľadná, bez štruktúry. Pod Ns je na obrázku Sc – Stratocumulus



Obrázok 15 Sc - Stratocumulus zakrývajúci vrchol kopca



Obrázok 16 St- Status. Na ním Stratocumulus



Obrázok 17 Cu hum - Cumulus humilis v kombinácii s roztrhaným cumulom, tzv. Cu fra



Obrázok 18 Cu med - Cumulus mediocris, v pozadí Cu med prerastá do Cu con – Cumulus congestus



Obrázok 19 Cu con, CCumulus congestus, v letectve znými skôr ako TCU - Towering Cumulus



Obrázok 20 Cb cal - Cumulonimbus calvus, v zadnej časti mraku sa mrak rozplýva do vrstvy pripomínajúci nákovu – Cb cap, capillatus

7.1.5 Zvláštne typy oblačnosti

Sú to oblaky, ktoré sa tvoria alebo rastú ako dôsledok lokálnych prírodných faktorov alebo v dôsledku ľudskej činnosti. Medzinárodná morfológická klasifikácia oblačnosti pozná tieto zvláštne typy oblačnosti:

- Flammagenitus;
- Homogenitus;
- Homomutatus;
- Cataractagenitus;
- Silvagenitus.

Tieto typy oblačnosti netvoria špeciálny druh. Podľa tvaru sa klasifikujú ako odroda jedného z desiatich základných druhov oblačnosti. Prípona „genitus“ charakterizuje pôvod oblačnosti repsetkíve, druh lokálneho prírodného faktora, ktorá vznik oblačnosti podnietila.

Flammagenitus je mrak vytvorený v dôsledku konvekcie vyvolanej teplom generovaným z rozsiahlych požiarov alebo výbuchov sopiek, pričom aspoň časť mraku pozostáva z vodných kvapiek. Burkový mrak, ktorý vznikol v dôsledku lesných alebo stepných požiarov sa môže nazývať Cb cal flammagentis. Neoficiálny názov tejto oblačnosti je z médií známy ako pyrocumulonimbus.

Homogenitus vzniká v dôsledku ľudskej činnosti. Môže sa jednať o kondenzačné sledy (contrails) za prúdovými lietadlami alebo oblačnosť ktorá vzniká v dôsledku vystupujúceho teplého a vlhkého vzduchu z chladiacich veží blízko veľkých tovární. Contrails môžu byť označené ako Ci homogenitus, v prípade kopovitej oblačnosti nad továrňami dostáva táto oblačnosť názov napríklad Cu hum homogenitus.

Homomutatus je oblačnosť ktorá sa tvorí z kondenzačných sledov, no vplyvom výškového vetra sa táto oblačnosť rozširuje do vrstvy a svojou štruktúrou je odlišná od prirodzenej oblačnosti Cirrus.

Cataractagenitus je zvláštny oblak ktorý sa tvorí v blízkosti mohutných vodopádov ako prejav vodného spreja. Malé kvapôčky sú unášané lokálnym výstupným prúdom, ktorý kompenzuje padavý vietor vzniknutý v dôsledku padajúcej vody vodopádu.

Silvagenitus je zvláštny typ oblačnosti ktorý vzniká nad lesnými porastmi ako výsledok zvýšenej vlhkosti vzduchu v dôsledku výparu z lesného porastu. Táto oblačnosť sa zvyčajne označuje ako Startus silvagenitus.

Jedným zo zvláštnych typov oblačnosti ktorý vzniká v dôsledku lokálnych prírodných faktorov je tzv. Vlakový mrak, v angličtine nazývaný „Banner Cloud“. Vzniká na záveternej strane osamotených výrazných vrchov. Ľudovo sa tento jav označuje ako „hora čo fajčí“. Predpokladá sa, že mrak vzniká za ostro ohraničenou horskou prekážkou v dôsledku adiabatickej expanzie vzduchu na záveternej strane. Mrak je unášaný po vetre a po vyrovnaní tlaku s okolím sa mrak rozpadáva. Najznámejšou horou so svojím typickým „Banner Cloud! je Matern Horn vo Švajčiarskych Alpách. Nejedná sa o sneh unášaný z hory v dôsledku silného vetra.

Kontrolné otázky a úlohy overujúce pochopenie témy:

- Ako je definovaná oblačnosť?
- Z čoho je zložený mrak?
- Vysvetlite charakteristiky oblačnosti BASE, TOP, vertikálna mohutnosť.
- Vymenujte základné druhy oblačnosti z hľadiska ich zloženia, výšky a vzľadu.
- Vymenujte 10 základných druhov oblačnosti.
- Kedy vzniká vrstevnatá a za akých podmienok kopovitá oblačnosť?
- Aké sú letové podmienky v Cirrovitej oblačnosti?
- Z akej oblačnosti môžu vypadávať zrážky?