



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

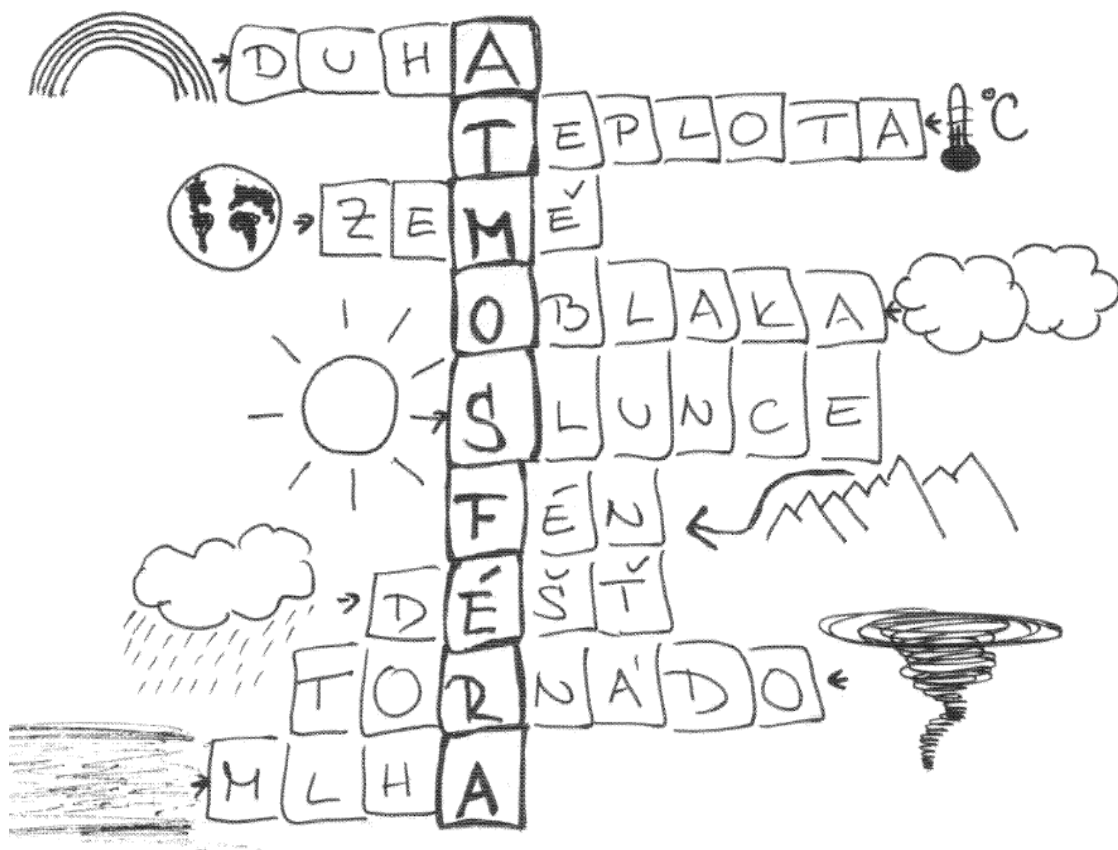


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



Jihomoravský kraj

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Příručka pro studenty

Jakub Peřl
Brno 2009

Atmosféra – Příručka pro studenty

Mgr. Jakub Peřl

Gymnázium INTEGRA BRNO, s.r.o.
Rašelinová 11
628 00 Brno
www.integra.cz

Kopírování a rozšiřování publikace je možné pouze s uvedením zdroje.

Obsah:

1. Úvod do studia atmosféry	4
1. 1. Definice a historie.....	4
1. 2. Získávání dat.....	4
2. Vlastnosti atmosféry	4
2. 1. Stavba atmosféry.....	4
3. Sluneční záření	6
3. 1. Spektrum a intenzita.....	6
3. 2. Změny slunečního záření při průchodu atmosférou.....	7
4. Teplota vzduchu	8
5. Voda v atmosféře	9
5. 1. Charakteristiky vlhkosti.....	9
5. 2. Oblačnost.....	9
5. 3. Srážky.....	11
6. Tlak vzduchu	12
7. Proudění vzduchu	13
7. 1. Místní větry a cirkulační systémy.....	13
7. 2. Maloprostorové vírové proudění	13
8. Vzduchové hmoty	14
9. Atmosférické fronty	14
9. 1. Teplá fronta.....	14
9. 2. Studená fronta.....	15
9. 3. Okluzní fronta.....	16
10. Všeobecná cirkulace atmosféry	16
10. 1. Cirkulace tropických šířek.....	17
10. 2. Mimotropická cirkulace.....	18
11. Klima	19
11. 1. Klimatotvorné faktory.....	19
11. 2. Klasifikace klimatu.....	19
11. 3. Změny klimatu.....	20

1. Úvod do studia atmosféry


1. 1. Definice a historie

- meteorologie – věda o atmosféře (stavbě, vlastnostech apod.)
- klimatologie – věda o klimatech (podnebí) Země, o jejím vytváření a vývoji
- počátek ve starověkých civilizacích
- pranostiky – poznatky o průběhu počasí
- u nás nejstarší záznam z roku 1092 od kanovníka Kosmy, nejstarší denní záznamy ze 16. století, nejstarší souvislé měření od roku 1771 z Prahy – Klementina
- počasí x podnebí (klima) – počasí je aktuální stav atmosféry na daném místě, kdežto podnebí je dlouhodobý režim počasí
- prostorové dělení
 - mikroklima – území se stejným povrchem (louka, les, město)
 - mezoklima – vytvořeno obvykle reliéfem (pohoří, pánev, úval)
 - makroklima – vytvořeno spolupůsobením povrchu a volnou atmosférou (kontinent, oceán)

1. 2. Získávání dat

- v ČR zajišťuje ČHMÚ
- a) přízemní měření – provádí se na meteorologických stanicích v termínech v 7, 14 a 21 hodin pravého místního času
- b) aerologická měření – zjišťování met. prvků v různých výškách, radiosondy nesené balóny
- c) radiolokační měření – na základě odrazu signálu se zjišťuje oblačnost, cyklóny...
- d) družicové snímky – snímání zemského povrchu z met. družic
 - polární – obíhají kolem Země ve výšce cca 850 km nad povrchem v polárních drahách, jeden oběh trvá přibližně 100 minut (např. NOAA)
 - geostacionární – „visí“ ve výšce 36 000 km nad stejným místem na povrchu Země (např. Meteosat)



1. Jaké znáš pranostiky?
 2. Pokus se na konkrétních příkladech popsat rozdíl mezi počasím a podnebí.
 3. Najdi v okolí příklady mikro, mezo a makroklimatu.
 4. Co důležitého pro meteorologii můžeme vidět na družicových snímcích? Jaká družice má lepší rozlišení?
- 
5. Co to je Eumetsat?
 6. Zjisti, jak vypadá aerologická sonda, co obsahuje.
 7. Jaké přístroje obsahuje meteorologická budka?

2. Vlastnosti atmosféry

2. 1. Stavba atmosféry

- hmotnost atmosféry je $5,16 \cdot 10^{18}$ kg, což je méně než milióntina hmotnosti Země

Složení

- plynné prvky – N_2 (78 %), O_2 (21 %), Ar (0,9 %), CO_2 (0,04 %), O_3 ($4 \cdot 10^{-5}$ %), vodní pára (0 – 4 %)
- aerosoly – kosmický prach, vulkanický prach, kouřové částice, částice z povrchu, aeroplankton (pyl, bakterie), dnes více než 10 % způsobeno lidskou činností

Členění

- vrstvy jsou vymezeny podle toho, jak se mění teplota s rostoucí nadmořskou výškou
 - a) **Troposféra** – vrstva od povrchu do výšky 11–14 km, teplota se snižuje o 0,6 °C na 100 m výšky
 - b) **Stratosféra** – do výšky asi 50 km; teplota roste ve vrstvě, kde je větší koncentrace ozónu (ozónosféra)
 - c) **Mezosféra** – do výšky 80 km; teplota klesá až k – 100 °C
 - d) **Termosféra** – do výšky 800 km; teplota prudce vzrůstá díky velké kinetické energii molekul vzduchu, může zde vznikat polární záře, dochází zde také k ionizaci vzduchu, což má vliv na šíření rádiového signálu
 - e) **Exosféra** – vnější část atmosféry do vzdálenosti 20 – 40 000 km od povrchu; částice vzduchu mohou unikat do meziplanetárního prostoru
- často se setkáváme také s pojmem volná atmosféra, čímž se myslí část atmosféry ve výšce nad 1,5 km nad povrchem, v této výšce již nejsou děje ovlivňovány vlastnostmi zemského povrchu



1. Jak se změní procentuální složení atmosféry, pokud vzroste množství vodní páry z 0% na 4%?
2. Proč je v ozónosféře vysoká teplota?



3. Načrtni do Obr 1.1 graf změny teploty vzduchu s rostoucí výškou.
4. Občas se v literatuře také setkáváme s pojmy homosféra a heterosféra, o co se jedná?

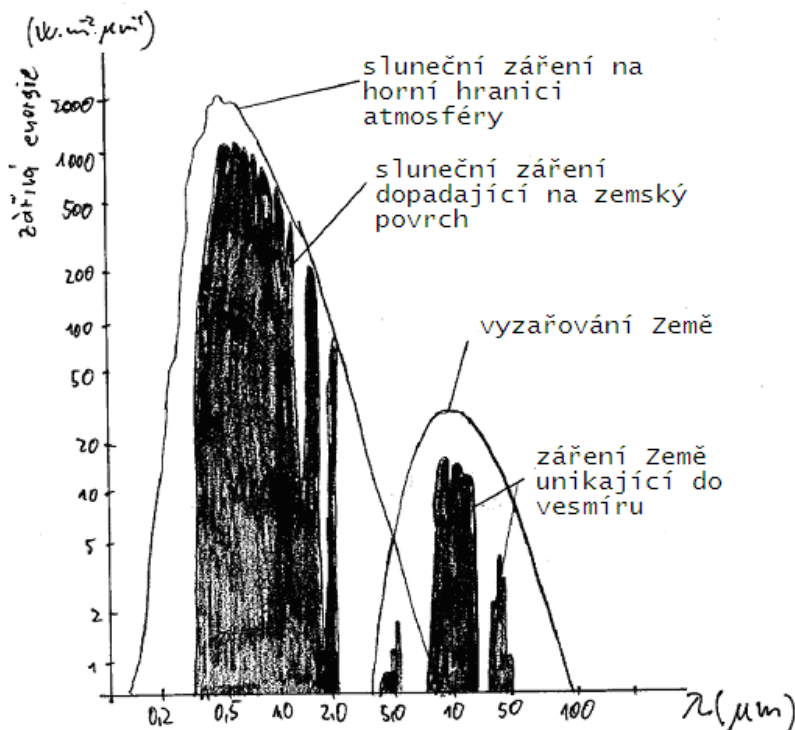


Obr. 1.1 Graf změny teploty vzduchu s rostoucí výškou

3. sluneční záření

3. 1. Spektrum a intenzita

- sluneční záření je v podstatě jediným zdrojem energie na Zemi (99,98 %), dalším zdrojem je vnitřní energie Země nebo energie záření dalších hvězd
- zářivá energie Slunce je na naší planetě transformována na jiné druhy – energii tepelnou, elektrickou nebo kinetickou
- 99% procent celkové intenzity záření Slunce je ve vlnových délkách 0,1 – 4,0 μm (10^{-6} m); záření Slunce nazýváme **krátkovlnné** protože se vyznačuje výrazně kratšími vlnovými délkami než záření Země (5 – 50 μm), záření Země označujeme jako **dlouhovlnné** (obr 3.1)
- na zemský povrch dopadá záření Slunce především ve **viditelném spektru** (fialové – modré – zelené – žluté – oranžové – červené [0,39 – 0,76 μm]), protože nebezpečné **ultrafialové** [0,1 – 390 nm] záření pohlcuje v atmosféře O_2 a O_3 , a záření **infračervené** [0,76 μm – 1mm] pohlcuje z velké části vodní pára a CO_2
- jen malá část záření Země se dostane do vesmíru, protože je z velké části v atmosféře pohlcováno vodní parou a CO_2
- důsledkem toho, že velká část záření Slunce atmosférou projde k povrchu Země a naopak jen malá část záření Země projde atmosférou do vesmíru, je teplota na Zemi vyšší, než kdybychom atmosféru neměli, tento jev se označuje „**skleníkový efekt**“, je zde tedy příznivá teplota vhodná pro život



Obr. 3.1 Rozdělení zářivé energie podle vlnové délky.



1. Do čeho konkrétně je transformována zářivá energie Slunce?
2. Z obr. 3.1 urči v jaké vlnové délce je nejintenzivnější záření Slunce a v jaké záření Země?
3. Popiš svými slovy princip skleníkového efektu.
4. Co nastane, pokud v atmosféře přibude vodní pára nebo CO_2 ?
5. Co nastane, pokud v atmosféře ubude ozón?



6. V nedávné minulosti byl úbytek ozónu velmi palčivým problémem. Co jej způsobovalo a jak se tuto situaci podařilo vyřešit?

3. 2. Změny slunečního záření při průchodu atmosférou

- při průchodu atmosférou se sluneční záření mění, dochází především k jeho pohlcování, odrazu a rozptylu

Pohlcování

- v čisté atmosféře se příliš neprojevuje; při poloze Slunce v zenitu (v poledne), je pohlcováno 6 – 8 % záření; nejvíce je pohlcováno záření ultrafialové (díky O_2 , O_3) a infračervené (vodní párou, CO_2)
- při pohlcování se zářivá energie přeměňuje především na energii tepelnou, proto se vrstvy atmosféry, kde dochází k pohlcování, ohřívají

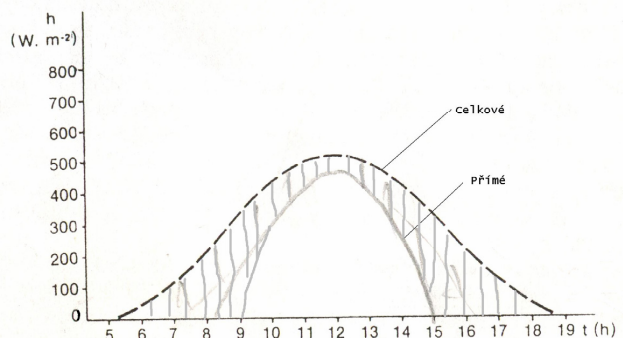
Rozptyl

- v atmosféře dochází k rozptylu na molekulách plynů (**molekulární rozptyl**) a na větších kapalných a pevných částicích (**aerosolový rozptyl**)
- záření rozptýlené se na rozdíl od záření přímého šíří všemi směry
- pro **molekulární** rozptyl je typické, že jeho intenzita je závislá na vlnové délce – čím je vlnová délka záření kratší, tím více je rozptylováno. Ze spektra viditelného záření, je tedy nejvíce rozptylováno záření barvy fialové a nejméně červené. Tato vlastnost záření ovlivňuje barvy oblohy a slunečního kotouče.
- **aerosolový** rozptyl není na vlnové délce záření závislý, záření všech vlnových délek je tedy rozptylováno přibližně stejně
- oba dva druhy rozptylu působí současně, v čisté atmosféře je výraznější molekulární, čím je v atmosféře více aerosolů (oblaka, znečištění), tím je výraznější aerosolový
- při výstupu do vyšších vrstev se intenzita obou rozptylů snižuje
- celková propustnost atmosféry pro sluneční záření je závislá na denní a roční době a na oblačnosti, pohybuje se v rozmezí 50 – 90 % propuštěného záření

Přímé a rozptýlené záření

- podíl přímého a rozptýleného záření ze záření celkového je v průběhu dne i roku proměnlivý; podíl rozptýleného záření je nejvyšší při velké oblačnosti a při nízké výšce Slunce nad obzorem (ráno, večer, v zimě)

Obr. 3.2 Denní chod záření



Odraz slunečního záření

- sluneční záření se od atmosféry a především od zemského povrchu z části odráží; poměr mezi intenzitou záření odraženého a celkového dopadajícího záření se označuje jako **albedo**, obvykle se udává v procentech
- velikost albeda závisí na vlastnostech povrchu (barva, struktura, vlhkost) a úhlem dopadu paprsků
- nejvyšší albedo má čerstvý sníh (až 90 %), suchý písek (40 %), mokřý písek a tráva (25 %), les (20 %), nejmenší albedo má povrch oceánu (2 – 7 %)
- v atmosféře se záření odráží především od oblaků (až 75 %)
- průměrné albedo Země je přibližně 30 %



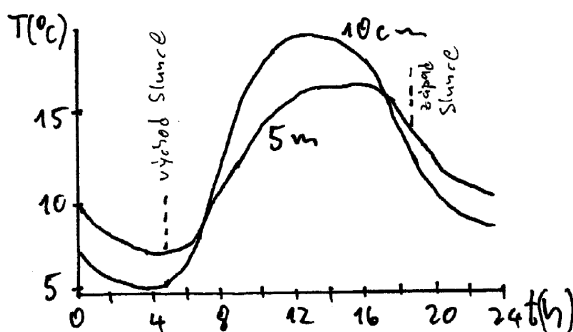
1. V jakou denní dobu je sluneční záření nejvíce pohlcováno?
2. Co znamená tvrzení, že je intenzita molekulárního rozptylu závislá na vlnové délce?
3. Jak by to na Zemi vypadalo, kdyby „neexistovalo“ rozptýlené záření?
4. Proč jsou oblaka bílá?
5. Jak se mění barva oblohy směrem od zenitu k obzoru?
6. Jakou barvu má obloha ve vysokých nadmořských výškách?
7. Zahřívá se rychleji povrch s nízkým, nebo vysokým albedem??
8. Proč má vlhký povrch nižší albedo než suchý?

4. Teplota vzduchu

- chod denní a roční teploty je podmíněn především oblačností a albedem

Denní chod teploty

- atmosféra se ohřívá především působením záření Země, dochází tedy k postupnému ohřívání od povrchu směrem nahoru
- teplota je závislá na ročním období, zeměpisné šířce, vzdálenosti od pobřeží a reliéfu
- pro změnu teploty s výškou platí:
 - perioda výkyvů se s výškou nemění
 - teplotní amplituda s výškou klesá, ve výšce 2 km nad povrchem přestává být patrná
 - čas maxima a minima se s výškou zpožďuje



Obr. 4. 1 Denní chod teploty vzduchu

Roční chod teploty

- obvykle typické jedním maximem a jedním minimem
- rozdíl mezi nejteplejším a nejchladnějším obdobím roste směrem od oceánu do středu pevnin a směrem do vyšších zeměpisných šířek

Změny teploty s výškou

- teplota s výškou obvykle klesá, při určitém počasí s výškou klesá méně pomalu – extrémem je **inverze**, kdy je v určité výšce teplota vyšší než při povrchu
- **ranní inverze** – nastává ráno po jasné studené noci při ochlazování přízemní vrstvy atmosféry od velmi studeného povrchu
- **zimní inverze** – vzniká při příchodu teplého vzduchu nad studený zemský povrch od něhož se ochlazuje přízemní vrstva atmosféry, zatímco vyšší vrstvy zůstávají teplé
- pro inverze jsou typické mlhy a nízká oblačnost, které mohou u zimní inverze trvat i několik dní

Rozložení teplot na Zemi

- teploty na Zemi jsou ovlivněny mnoha faktory, obecně platí:
 - teplota klesá od rovníku k pólům

- nejnižší teploty se na severní polokouli vyskytují na severu Sibíře a v Grónsku, na jižní polokouli v centru Antarktidy (klesají až pod -80°C)
- nejvyšší teploty se nachází na Saahaře, kolem Perského zálivu, na dolním toku Indu, na jihu USA, v Mexiku, v centru Austrálie a na Atacamě (maxima vyšší než 50°C)
- v zimě jsou oceány teplejší než kontinenty téže zeměpisné šířky, v létě platí opak



1. Jakým způsobem je ovlivněn denní chod teploty vzduchu oblačností?
2. V kolik hodin nastávají a jak se liší nejnižší teploty ve výškách 10cm a 5m?
3. Do obr. 4.1 dokreslete chod denní teploty ve výškách 1 m a 10 m.
4. Proč je rozdíl mezi teplotami v létě a zimě uvnitř kontinentu nejvyšší?
5. S pojmem inverze se jistě běžně setkáváte. Jak je obvykle při inverzi počasí?
6. Otevřete si Atlas světa a popište rozložení letních a zimních teplot.



5. Voda v atmosféře

- v atmosféře se voda nachází ve všech skupenstvích, do atmosféry se dostává z povrchu Země **transpirací** (výpar z rostlinných orgánů) a **evaporací** (čistě fyzikální výpar z neživé hmoty), v našich podmínkách převažuje evaporace

5. 1. Charakteristiky vlhkosti

- vzduch obvykle obsahuje určité množství vodní páry, pro vyjádření jejího množství používáme charakteristiky tlak vodní páry a relativní vlhkost
- **tlak (napětí) vodní páry** (hPa) vyjadřuje dílčí tlak vodní páry ve směsi se vzduchem, vzduch může při dané teplotě a tlaku obsahovat jen určité maximální množství páry, takový vzduch nazýváme **nasyčený**, čím vyšší teplota a nižší tlak, tím více vody může vzduch obsahovat
- **relativní vlhkost** (%) je procentuální poměr mezi konkrétním tlakem vodní páry a maximálním možným při dané teplotě a tlaku, k nule se blíží při velmi nízkých teplotách, ke stovce se blíží velmi často



1. Jak se liší způsob výparu při transpiraci a evaporaci?
2. Jak se změni relativní vlhkost, pokud se při konstantním tlaku skokově zvýší teplota?
3. Proč se v místnostech, kde je vysoká relativní vlhkost sráží vodní pára na studených předmětech?
4. Jaká je relativní vlhkost nasyceného vzduchu?

5. 2. Oblačnost

- ve sloupci atmosféry o základně 1m^2 je asi 30 kg páry
- množství páry klesá s výškou, polovina se nachází do výšky 1,5 km
- při výstupu vzduchu dochází k poklesu jeho teploty, stane se nasyceným a vodní pára se proto začne srážet do kapalného skupenství na tzv. kondenzačních jádrech
- **hladina kondenzace** – výška, kde začne docházet ke kondenzaci, obvykle odpovídá dolní hranici oblaků
- hromaděním a zvětšováním kapek vznikají oblaka
- vodní pára může přecházet přímo do pevného skupenství, čímž vzniknou ledové krystaly

Dělení oblaků podle:

- **složení:**
 - vodní
 - ledová – při teplotě nižší než -12°C
- **tvaru:**
 - cirrus (Ci) – *řasa*
 - stratus (St) - *sloha*
 - cumulus (Cu) – *kupa*
 - cirrocumulus (Cc) – *řasová kupa*
 - cirrostratus (Cs) – *řasová sloha*
 - altokumulus (Ac) – *vyvýšená kupa*
 - altostratus (As) – *vyvýšená sloha*
 - nimbostratus (Ns) – *dešťová sloha*
 - stratocumulus (Sc) – *slohová kupa*
 - kumulonimbus (Cb) – *bouřkový mrak*
- **výšky základny:**
 - **vysoká** – výška základny 5 – 13 km, tvořená ledovými krystaly, oblaka jsou bílá, Slunce prosvítá, je vidět ostře, oblaka Ci, Cc, Cs
 - **střední** – výška základny 2 – 7 km, vláknitá až vrstevnatá struktura, barva světle až středně šedá, Slunce obvykle lehce prosvítá, oblaka Ac, As
 - **nížká** – výška základny do 2 km, vrstva tmavě šedé barvy, Slunce neprosvítá, srážky ve formě stálého mrholení, oblaka Ns, Sc, St
 - **vertikální tvary** – výška základny 0,5 – 1,5 km, mají velmi výrazný vertikální rozměr (jejich výška je až 15 km), osamělá oblaka různé rozměry, srážky ve formě krátkodobých intenzivních srážek, oblaka Cu, Cb

Optické jevy v atmosféře

- vznikají ohybem, lomem, či odrazem paprsků na kapkách vody nebo ledových krystalech
- **koróna** – světlý kruh kolem Slunce nebo Měsíce
- **gloriola** – barevné stíny kolem stínu předmětu v mlze
- **halové jevy** – světlé kruhy ve výšce Slunce, tzv. vedlejší slunce
- **duha** – světlý oblouk o poloměru 42° , vzniká lomem paprsků o různé vlnové délce na kapkách deště, pořadí barev je: modrá, zelená, žlutá, červená; často je doprovázena vedlejší duhou, která má opačné pořadí barev

Mlha

- produkt kondenzace vodní páry (směs kapek, příp. ledových krystalů), je to vlastně oblak, který leží přímo na povrchu země, dohlednost je menší než 1000 m

Kouřmo

- totéž, co mlha, jen viditelnost je vyšší, 1 – 10 km

Smog (smoke + fog)

- **klasický** (londýnský) – produkt vzniklý především spalováním uhlí, nejčastěji vzniká při teplotách lehce nad 0°C , dohlednost do 30 m, skládá se z CO a pevných částic, způsobuje kašel, dýchací problémy
- **fotochemický** (los angelský) – vzniká hlavně emisemi z aut, obvykle při teplotách kolem 30°C , dohlednost do 2 km, skládá se z přízemního ozónu, NO, způsobuje oční problémy, ničí vegetaci



1. Co je to výška základny oblaku?
2. Vysvětli proces vzniku oblaků?
3. Popiš oblačnost, která se v tuto chvíli nachází venku.
4. Při jakém počasí bývá vidět duha?
5. Jaký je rozdíl mezi oblaky a mlhou?
6. Který smog je u nás více rozšířen?
7. Pokus se najít všechny typy oblaků a popiš rozdíly.



5. 3. Srážky

- při růstu kapek v atmosféře dojde ke stavu, kdy je již vzestupné proudy v atmosféře neudrží a dojde k pádu vlivem gravitace (vertikální srážky), nejznámější typy jsou:
 - déšť – kapky o průměru větším než 0,5 mm
 - mrholení – kapky do 0,5 mm
 - sníh – led. krystalky, obvykle hvězdicového tvaru
 - sněhové krupky – bílá, kulovitá, kyprá ledová zrna, 2 – 5 mm
 - kroupy – obvykle kuličky ledu o velikosti 5 – 50 mm
- na studeném zemském povrchu může docházet ke kondenzaci, případně desublimaci vodní páry, tento jev označujeme jako horizontální srážky:
 - rosa – vodní kapky různé velikosti
 - jinovatka – ledové krystalky tvaru jehliček nebo vláken, hlavně na stromech, el. vedení, vznik za mlhy při velmi nízkých teplotách
 - ledovka – ledová vrstva vzniklá zmrznutím kapek na předmětech o teplotě menší než 0°C
 - náledí – totéž, co ledovka, ale přímo na zemském povrchu

Rozložení srážkových úhrnů

- množství srážek na daném území ovlivňuje několik faktorů, nejdůležitější je rozložení oblačnosti, rozložení oceánů (oceánské x kontinentální klima), mořské proudy, reliéf (návětrné svahy x závětrí – srážkový stín), tlakové útvary
- nejvyšší srážky jsou v ekvatoriálním pásu (roční průměry 2 000 – 3 000 mm), např. v povodí Amazonky, Guinejský záliv (Kamerunská hora 9 000 mm), či Indonésie
- vysoké také v monzunových oblastech, Čerápundží v Indii je srážkově nejbohatší – roční maximum v roce 1861 – 22 990 mm
- subtropy – velmi nízké úhrny, oblast tlakových výší, roční úhrny do 250 mm
- mírné šířky – díky převládajícímu západnímu proudění celkový pokles srážek na kontinentu směrem od západu (500 – 1 000 mm) na východ (300 – 500 mm)
- polární oblasti – tlakové výše a malý obsah vody v oblacích, srážky jen 200 – 300 mm

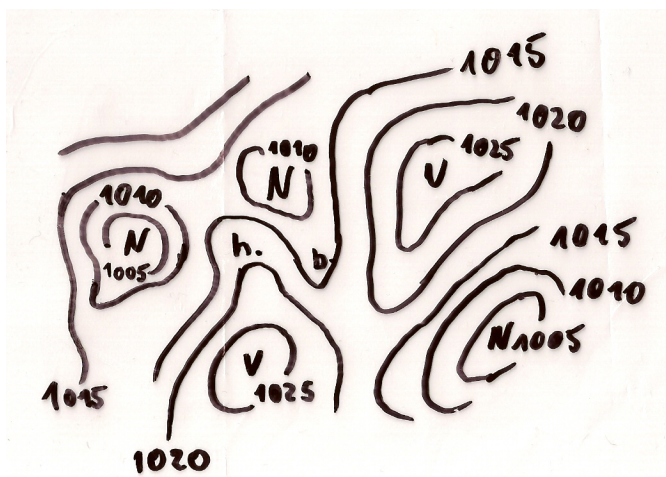


1. Jak je možné, že v létě poměrně často padají kroupy, ale sníh v podstatě nikdy?
2. Bývá častěji náledí, či ledovka?
3. Jak mořské proudy ovlivňují srážky?
4. Najděte na mapě Čerápundží a pokuste se vysvětlit proč je nejdeštivějším místem světa?
5. Vyberte si jeden kontinent a popište a zdůvodněte rozložení srážek. Porovnejte pak výsledky se spolužákem.

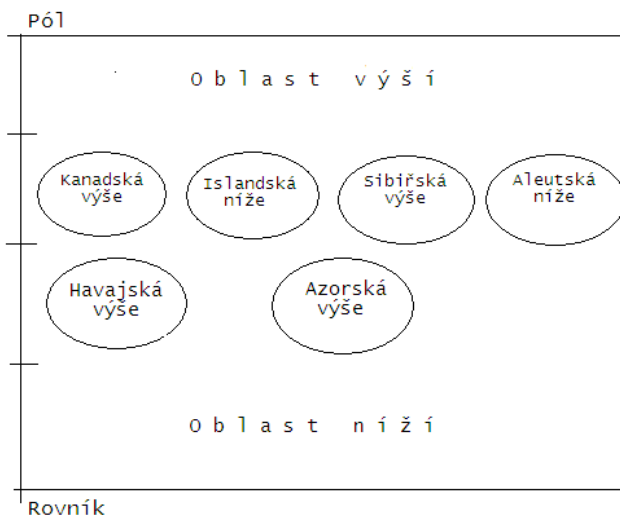


6. Tlak vzduchu

- **atmosférický** (barometrický) **tlak** je tlak atmosféry na všechny tělesa ve vzduchu a na povrchu, působí všemi směry, rovná se hmotnosti vzduchového sloupce nad tělesem, obecně tedy s rostoucí výškou klesá
- udává se obvykle v pascálech [Pa], průměrný tlak při hladině oceánu je 1013,25 hPa
- pomocí **tlakového** (barického) **pole** znázorňujeme rozložení tlaku v atmosféře, který popisujeme pomocí **izobar**, což jsou čáry spojující místa se stejným tlakem
- charakteristickými tlakovými útvary jsou:
 - oblast vysokého tlaku (anticyklóna) – vymezena uzavřenými izobarami s nejvyšším tlakem uprostřed, proudění v anticyklonách je vírové, odstředivé a ve směru otáčení hodinových ručiček (na jižní polokouli proti směru)
 - oblast nízkého tlaku (cyklóna) – vymezena uzavřenými izobarami s nejnižším tlakem uprostřed, proudění v cyklonách je vírové, dostředivé a proti směru otáčení hodinových ručiček (na jižní polokouli ve směru)
 - hřeben vysokého tlaku – pásmo vyššího tlaku zabíhající do oblasti s nižším tlakem
 - brázda nižšího tlaku – pásmo nižšího tlaku zabíhající do oblasti s vyšším tlakem



Obr. 6.1. Základní tlakové útvary na mapě tlakového pole (N – níže, V – výše, h. – hřeben, b. – brázda)



Obr. 6.2. Rozložení celoročních (Islandská, Aleutská níže) a sezónních zimních tlakových útvarů na severní polokouli. V létě není situace tak jasná.



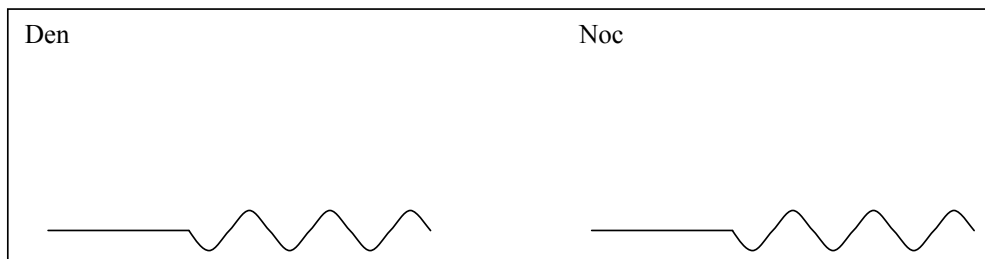
1. Proč se velikost tlaku udává „při hladině oceánu“?
2. Co způsobuje změnu směru proudění na severní a jižní polokouli?
3. Vytvořte si svou mapku tlakového pole, na které budou všechny tlakové útvary.
4. Najděte v atlase mapu tlakových útvarů, které popisuje Obr. 6.2. Najdete na mapě i jiné tlakové útvary?

7. Proudění vzduchu

- při nerovnoměrném rozložení tlaku vzduchu vzniká tendence k vyrovnání rozdílů prouděním z oblastí vyššího do oblastí nižšího tlaku vzduchu
- proudění vzduchu může být **laminární** (pouze zřídka v malé výšce nad hladkým povrchem; led, klidná vodní hladina), nebo **vírové** (turbulentní), což je systém vírů rozdílných velikostí od vírových pohybů jednotlivých částic po velké víry rozměru cyklón a anticyklón
- **vítr** – horizontální složka pohybu vzduchu, je dán směrem (odkud vane) a rychlostí (obvykle v ms^{-1})
- pro denní chod je typické maximum v poledních hodinách a minimum kolem půlnoci

7. 1. Místní větry a cirkulační systémy

- vznikají vlivem výrazného reliéfu (větry), nebo díky rozdílnému povrchu (cirkulační systémy), je typická je změna mezi dnem a nocí
- **fěn** – „teplý vítr z hor“, při přetékání větru přes horské překážky dochází ke kondenzaci a při pohybu dolů z hor se vítr ohřívá rychleji, než klesala jeho teplota při vzestupu, teplota vzduchu po přechodu horského masivu je díky tomu vyšší
- **bóra** – takéž přechod větru přes hory, ale nedochází ke kondenzaci, je tedy studený, typický v horách u pobřeží pro zimní období (Jadran, Mexický záliv, údolí Rhôny)
- **bríza** – „pobřežní vánek“, důsledek teplotních rozdílů mezi povrchem pevniny a vody, přes den proudí při povrchu směrem od vody na pevninu a ve vyšších výškách zpět, v noci jsou směry proudění opačné
- **horské a údolní větry** – složitý cirkulační systém podmíněný nestejným prohříváním různě orientovaných svahů v údolích



Obr. 7.1. Cirkulace brízy ve dne a v noci.



1. Do obr. 7.1 zakreslete brízu.
2. Jaký je rozdíl mezi fěnem a bórou? Proč je fěn teplý a bóra chladný vítr?
3. Může vzniknout podobná cirkulace jako bríza i na rozhraní jiných ploch?
4. Jak se mění proudění větru v horském údolí v průběhu dne?

7. 2. Maloprostorové vírové proudění

- proudění malých rozměrů a vysokých rychlostí
- **húlava** – vír s horizontální osou (vodorovnou), vzniká před a za bouřkovými oblaky
- **prachový vír** – vír s vertikální osou o průměru do deseti metrů
- **smršť (tornádo)** – vzniká ohybem húlavy k zemi, průměr víru $10^1 - 10^2$ m, rychlost větru až 100 m/s, pohyb je vzestupný, vír nasává prachové částice a předměty z povrchu, jsou z daleka viditelné



1. Viděli jste někdy prachový vír, nebo tornádo? Popište, jak to vypadalo.
2. Najděte obrázky vírových proudění a popište rozdíly.



8. Vzduchové hmoty

- spodní část atmosféry (troposféra) se dělí na fyzikálně stejnorodé části – **vzduchové hmoty (VH)**, jejich horizontální rozměry dosahují 2 000 – 3 000 km, ve vertikálním směru obvykle sahají až po spodní hranici stratosféry
- rozlišujeme čtyři základní vzduchové hmoty (jsou odděleny atmosférickými frontami): **arktická (antarktická)**, **polární** (vzduch mírných šířek), **tropická a ekvatoriální**
- každá z těchto VH se dále dělí na **mořskou** (oceánskou) a **pevninskou** (kontinentální)
- při přesouvání vzduchové hmoty po povrchu dochází ke změně jejich vlastností, především teploty

Teplá VH

- při přesunu způsobují oteplení, přemísťují se na místo s původně studenějším vzduchem a tím se samy ochlazují

Studená VH

- při přesunu způsobují ochlazení, přemísťují se na místo s původně teplejším vzduchem a tím se samy oteplují

Neutrální VH

- zůstávají v dané oblasti několik dní bez změny svých vlastností



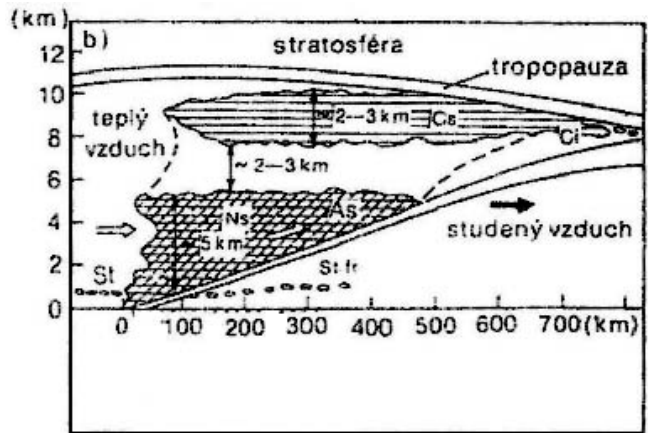
1. Co to znamená, že jsou vzduchové hmoty fyzikálně stejnorodé?
2. Kolik je na celé Zemi základních vzduchových hmot?
3. Které ze základních VH jsou teplé a které studené?
4. Může být tatáž VH v danou chvíli studená a za určitou dobu teplá?

9. Atmosférické fronty

- vzduchové hmoty jsou odděleny úzkou přechodnou vrstvou – **atmosférická fronta**, jejíž délka může být až několik set km, zatímco šířka jen v desítkách km, místo kde se dotýká povrchu země označujeme **frontální čára (fronta)**
- rozlišujeme tři základní atm. fronty:
 - Arktická fronta** - odděluje arktický (antarktický) a polární vzduch
 - Polární fronta** - odděluje polární a tropický vzduch
 - Tropická fronta** - odděluje tropický a ekvatoriální vzduch, není tak výrazná jako ostatní fronty

9. 1. Teplá fronta

- část fronty, která se přemísťuje směrem k chladnější vzduchové hmotě, za teplou frontou se na území dostává teplejší vzduch
- přechod teplé fronty nad daným územím je poměrně pomalý a pozvolný, nejdříve jsou vidět vysoká oblaka typu cirrus a cirrostratus, později oblaka střední výšky, před přechodem frontální čáry se vyskytují dešťové nimbostraty
- celý oblačný systém má šířku až 900 km



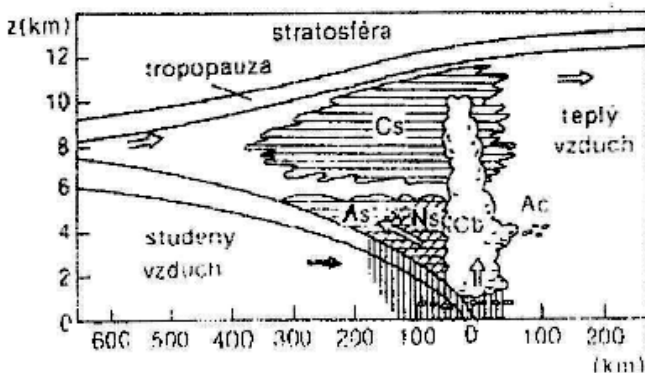
Obr. 9.1. Schéma teplé fronty ve vertikálním řezu (podle Zvereva, 1977)



1. Kde je na Obr. 9.1. vyznačena atmosférická fronta?
2. Jaká oblačnost se při přechodu teplé fronty objevuje?
3. Jak široký je pás, v němž prší?
4. Proč je teplá fronta nakloněna ve směru ke studenému vzduchu?
5. Popište průběh počasí typický pro přechod teplé fronty.

9. 2. Studená fronta

- část fronty, která se přemísťuje směrem k teplejší vzduchové hmotě, za studenou frontou se na území dostává chladnější vzduch
- přechod studené fronty nad daným územím je obvykle rychlejší než teplá fronta
- postup studeného vzduchu (který je těžší než vzduch teplý) je zpomalován třením o zemský povrch, čímž vzniká typický „tupý“ profil studené fronty
- oblačný systém při přechodu nad územím je opačný než u teplé fronty, na dané území přichází nejdříve dešťová oblaka typu kumulonimbus, která jsou následována střední a vysokou oblačností
- celý srážkový systém je užší, nabyvá šířky kolem 300 km



Obr. 9.2. Schéma studené fronty ve vertikálním řezu (podle Zvereva, 1977)



1. Kde je na Obr. 9.2. vyznačena atmosférická fronta?
2. Jaká oblačnost se při přechodu studené fronty objevuje?
3. Jak široký je pás, v němž prší?
4. Proč je studná fronta nakloněna ve směru ke studenému vzduchu?
5. Popište průběh počasí typický pro přechod studené fronty.
6. Porovnejte teplou a studenou frontu, v čem se liší?

9. 3. Okluzní fronta

- studená fronta postupuje obvykle rychleji než teplá, po určité době se tedy mohou setkat dvě studené vzduchové hmoty
- oblačnost typická pro okluzní frontu je kombinací oblačnosti studené a teplé fronty



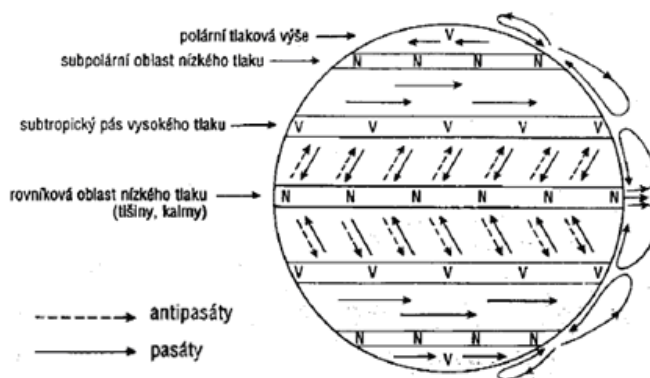
Obr. 9.3. Schéma okluzní fronty ve vertikálním řezu



1. Pomocí nákresů teplé a studené fronty se pokuste do 9. 3 zakreslit frontu okluzní.

10. všeobecná cirkulace atmosféry

- systém stálých vzdušných proudění velkých měřítek, které sahají až do mezoféry
- je určena mnoha faktory, především slunečním zářením, rotací Země, tvary a vlastnostmi zemského povrchu a třením
- sluneční záření dodává systému energii
- v případě **nerotující homogenní** (stejnorodé) **Země** by se vytvořila jednoduchá cirkulace, kdy by vzduch kolem rovníku stoupal do výšky, kde by odtékal k pólům a odtud se při povrchu vracel zpět
- v případě **rotující homogenní** **Země** by tento model byl pozměněn a na každé polokouli by vznikly tři cirkulační systémy (viz Obr. 10.1.)



Obr. 10.1. Model cirkulace atmosféry

- hlavní zákonitosti všeobecné cirkulace jsou:
 - o vírový charakter
 - o převaha proudění ve směru rovnoběžek
 - o převaha proudění horizontálního (vodorovného) nad vertikálním
 - o převaha západního proudění
 - o změny proudění v různých vrstvách
 - o změny proudění v ročních obdobích



1. Na jakou energii se mění energie slunečního záření dodávaná do systému cirkulace atmosféry?
2. Podívejte se do školního atlasu a pokuste se najít pravidla naznačená na Obr. 10.1.
3. S pomocí atlasu najděte příklady hlavních zákonitostí všeobecné cirkulace



10. 1. Cirkulace tropických šířek

- zajišťuje přenos přebytku energie z rovníkových oblastí do jiných zeměpisných šířek

Zóna konvergence

- pásmo nízkého tlaku kolem rovníku (Obr. 10.1), výstup vzduchu vede ke vzniku výrazné kupovité oblačnosti, oblast s nevýraznými větry, proto se někdy nazývá pásmo rovníkových tišin

Pasáty

- systém silných celoročně stálých větrů zasahujících až k 30° zeměpisné šířky (Obr. 10.1), na severní polokouli jsou směru severovýchodního (na jižní JV), rychlost větru je 5 – 8 ms⁻¹
- pasáty brání vzniku oblačnosti, oblačnost pouze typu stratocumulus, proto zde prší jen výjimečně

Monzuny

- stálá vzdušná proudění sezónního charakteru vyznačující se protichůdnou změnou proudění mezi zimním a letním obdobím – zimní a letní monzun
- příčinou vzniku je nestejně ohřívání pevnin a oceánů (obdobný princip jako bríza, ale v daleko větším měřítku)
- nejlépe vyvinuty v Indii a JV Asii

Tropické cyklóny

- speciální cyklóny vznikající v oblasti 10° – 20° z. š., průměr do 1000 km
- obrovská energie, za den může uvolnit energii až 100 000krát větší než atomová bomba, vyvolává silný vítr, vlny, zvednutí hladiny, srážky, v oku cyklóny (10¹km) je oblast bez oblačnosti a převládají sestupné proudy
- vzniká z oblasti nízkého tlaku, zdrojem energie je voda oceánu teplá nejméně 26°C, postupuje ve směru od východu k západu a vychyluje se do vyšších zeměpisných šířek, kolem 30°z. š. je směr již SV (na jižní polokouli JV), pokud se dostane na pevninu, pak vlivem tření postupně zaniká
- má různé místní názvy – tajfun, uragán, orkán, Willy – Willies



1. Proč zabraňují pasáty vzniku oblačnosti?
2. Proč myslíte, že mají tropické cyklóny různé místní názvy?
 3. Najděte ve školním atlasu monzuny a popište směry odkud proudí.
 4. Prostudujte si prezentaci o tropických cyklónách, která je uvedena v odkazech.
 5. Jaké důsledky mohou mít tropické cyklóny pokud se dostanou nad pevninu?
 6. Podle jakých pravidel se cyklónám udělují jména?



10. 2. Mimotropická cirkulace

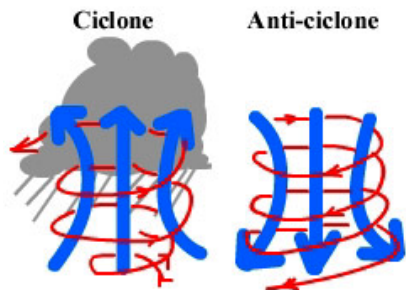
- díky Coriolisově síle převládá západní proudění, výrazná cyklonální činnost, nepřetržitý vznik, vývoj a zánik cyklón a anticyklón

Cyklóny

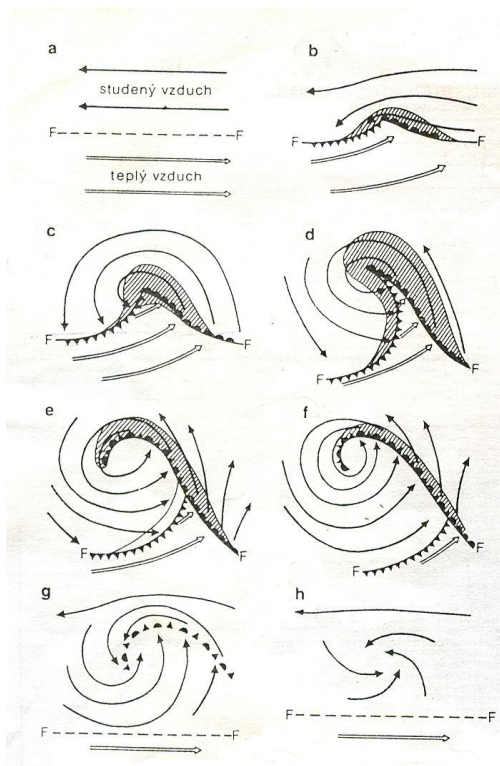
- známe cyklóny **termické** (obdobný důvod vzniku, jako tropické ale jsou daleko slabší) a **frontální**, kterých je většina, jejich vznik a vývoj je popsán na Obr. 10.3

Anticyklóny

- vznik je podmíněn teplotou (ochlazení vzduchu od povrchu), nebo souvisí s cyklonální činností
- převládají zde sestupné pohyby vzduchu, proto zde nevzniká oblačnost – jasno (případně Cu humilis) beze srážek, nebo v zimě St, Sc s mrholením a mlhami, či inverzí
- díky Coriolisově se na severní polokouli stáčí ve směru hodinových ručiček (obr. 10. 2)



Obr 10.2 Proudění v cyklóně a v anticyklóně



Obr. 10.3 Vývoj cyklóny



1. Proč se liší směr proudění v cyklónách a anticyklónách?
2. Podrobně si prostudujte schéma popisující vývoj cyklóny a pak je popište.
3. Proč v anticyklónách nevzniká oblačnost?

11. Klíma

11. 1. Klímatotvorné faktory

- do klímatotvorných faktorů zahrnujeme vše co utváří a pozměňuje klíma, tyto faktory mohou být jak zemského původu, tak mimozemského
- 1. **Sluneční činnost** – Slunce je hlavním zdrojem energie pro Zemi, proto už nepatrná změna sluneční aktivity může změnit klíma na Zemi, je prokázáno, že aktivita Slunce se v průběhu času mění v určitých cyklech, např. 11letém a 180letém cyklu
- 2. **Vulkanická činnost** – při erupcích sopek se do atmosféry dostává obrovské množství prachových částic, které brání pronikání slunečních paprsků, a tím ochlazují lokálně, nebo i globálně zemské klíma, při velké erupci mohou být důsledky velmi výrazné, může vést ke globálnímu ochlazení na celé Zemi až na desítky let
- 3. **Změny proudění v atmosféře a oceánu** – v atmosféře i oceánu se nachází množství velmi silných proudění, systém proudění je velmi komplikovaný, změna v cirkulaci může pozměnit klíma i v globálním měřítku, např. zeslabení nebo odklonění Golského proudu by zásadně změnilo klíma v celé severní Evropě
- 4. **ENSO (El Niño – Southern Oscillation)** – provázaný systém cirkulace oceánu a atmosféry na jižní polokouli, kde se ve víceméně pravidelných cyklech protichůdně mění proudění
- 5. **Skleníkový jev** – v současnosti se na skleníkovém efektu podílí vodní pára (20%), oxid uhličitý (7,2%), ozon (2,4%), oxid dusný(1,4%), metan(0,8%), zvýšení zastoupení skleníkových plynů vede ke většímu skleníkovému efektu; na navýšení skleníkových plynů se svou činností podílí také člověk,
CO₂– spalování fosilních paliv, výroba cementu, odlesňování, změny v land-use
CH₄ – pěstování rýže, chov skotu, spalování biomasy, těžba a přeprava uhlí a zemního plynu
N₂O – dusíkatá minerální hnojiva, spalování fosilních paliv a biomasy, doprava
- 6. **Atmosférické aerosoly** – v atmosféře je množství různých aerosolů, činností člověka se jejich množství ovšem zvyšuje což vede např. k vyšší tvorbě oblačnosti a většímu pohlcování krátkovlnného záření



1. Jaké znáte antropogenní aerosoly, jakým způsobem se dostávají do ovzduší?
2. Jaké znáte v historii významné sopečné erupce? K čemu vedly?
3. Jaké znáte dva hlavní typy mořských proudů? Najděte je na mapě. Jak ovlivňují klíma?
4. Co znamená v češtině El Niño? Proč má tento název?



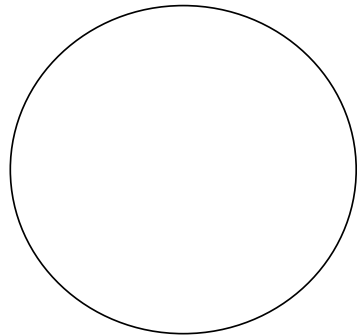
11. 2. Klasifikace klímatu

- existuje více klasifikací (členění) klímatu, cílem každé z nich je snadnější orientace v různých zemských klímatach, nejpoužívanější jsou **genetické klasifikace** (vychází z cirkulace vzdušných hmot) a z nich klasifikace **B. P. Alisova** z roku 1950:
 - dělí povrch Země do **hlavních** (ekvatoriální, tropický, mírný, arktický) a **přechodných** (subekvatoriální, subtropický, subarktický) **klímatických pásů**
 - hranice pásů jsou určeny vzduchovými hmotami – v hlavních pásech je celoročně stejná vzduchová hmota, v přechodných se sezónně střídají, např. v tropickém pásu se nachází celoročně tropická vzduchová hmota, v subtropickém je v létě tropická a v zimě polární (vzduch mírných šířek)
 - každý klímatický pás se dále dělí na kontinentální a oceánské

1. Ekvatoriální pás – stálá intenzita slunečního záření, průměrné teploty celoročně 24 – 28 °C, vysoká vlhkost vzduchu, roční srážky rovnoměrné 1000 – 3000 mm, pravidelné popolední deště
2. Subekvatoriální pás – výrazné působení monzunů, nejteplejší a nejsušší je jaro, při letních monzunech vydatné srážky, v zimě srážek málo, průměrné teploty 20 – 35°C s minimem v zimě a při letním monzunu, srážky 400 – 1500 mm podle působení monzunu
3. Tropický pás – díky pasátům velmi suché klima, srážky může přinášet teplý mořský proud, srážky 0 – 1500mm, průměrné teploty 15 – 30 °C s minimem v zimě, vysoké denní změny teplot
4. Subtropický pás – vzrůst sezónních rozdílů, srážky 300 – 1000mm, průměrné teploty 10 – 30 °C s minimem v zimě
5. Mírný pás – čtyři roční období, výrazná frontální činnost, vysoké roční rozdíly teplot – až 60 °C, srážky 400 – 1200 mm mají obvykle maximum v létě
6. Subarktický pás – plošně málo zastoupen, největší roční amplitudy teploty vzduchu – 70 °C, srážky do 500 mm
7. Arktický (antarktický) pás – vysoké albedo povrchu, teplota i v létě pod bodem mrazu, srážek velmi málo (do 300 mm), ale převyšují výpar



1. Nakreslete do Obr 11.1 hlavní a vedlejší klimatické pásy.
2. Jaká vzduchová hmota se v průběhu roku nachází v subtropickém pásu?
3. Jaká vzduchová hmota se v průběhu roku nachází v mírném pásu?
4. Co to znamená, že v chladných oblastech srážky převyšují výpar?
5. Zjistěte jaké existují další klimatické klasifikace a jaké jsou mezi nimi rozdíly.



Obr. 11.1 Hlavní a vedlejší klimatické pásy podle Alisova.

11. 3. Změny klimatu

- v důsledku proměnlivosti klimatotvorných faktorů dochází odedávna ke změnám klimatu, některé změny nastávají skokově, jiné postupně, některé jsou nevratné, jiné jsou cyklické (např. doby ledové)
- je prokázáno, že se na změnách klimatu podílí i lidská činnost, otázkou však zůstává do jaké míry a jak se bude klima měnit v budoucnu, zda jsou tyto změny vratné a jak na tuto situaci reagovat



1. Jaké znáš názory na změnu klimatu? Kdo tyto názory prezentuje?
2. Jak zjišťujeme jaké teploty byly na Zemi před tisíci lety?
3. Jaký je váš osobní názor na změnu klimatu?
4. Můžeme sami nějak globální klima ovlivnit?

Zdroje:

Netopil, R., Brázdil, R., Prošek, P., Demek, J. (1984): *Fyzická geografie I*. SPN, Praha
Sobíšek, B., ed. (1993): *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Academia, Praha,
Marek Dvořák: *Družice ve službách počasí* [<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2005121904>]
<http://www.zemepis.com/tisk/voda1.php>
<http://www.vesmir.cz/clanek/termodynamika-a-vznik-tropickych-cyklonu>

Další zajímavé odkazy:

Tropické cyklóny:	http://geography.upol.cz/soubory/lide/fnukal/kgg-rgam-3-1-hurikany.pdf
Vesmírné počasí:	http://oberon.troja.mff.cuni.cz/vp/index1.htm
Český hydrometeorologický ústav:	http://www.chmi.cz/
Globální změny klimatu:	http://www.oteplotvani.cz/ http://www.czp.cuni.cz/Osoby/Moldan/Publikace/t108.htm
Fotografie atmosférických jevů:	http://www.bourky.com/galerie/index.php
Přehled základních údajů:	http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html
Americká geofyzikální unie:	http://www.agu.org/sections/atmos/
Obrázky a zajímavosti:	http://www.stuffintheair.com/index.html

Poznámky: