

5. VĚTRY A GLOBÁLNÍ CIRKULACE ATMOSFÉRY

5.1 Atmosférický tlak

- tlak p – síla F rovnoměrně spojitě rozložená, působící kolmo na rovinnou plochu, dělená velikostí této plochy S , tedy $p = F \cdot S^{-1}$ [$\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$]
- atmosférický (barometrický) tlak – tlak atmosféry na všechna tělesa v ovzduší a na zemský povrch bez zřetele na orientaci stěn tělesa, který se rovná hmotnosti vzduchového sloupce nacházejícího se nad nimi [$\text{hPa} = \text{mbar}$]
- normální barometrický tlak 1013,2 hPa (760 Torrů)

5.1.1 Měření tlaku

- **rtuťový tlakoměr** (barometr) – přístroj pro měření tlaku vzduchu
- tlak působí na rtuť v nádobě, která je vytlačena do trubice, v níž je vakuum (původně mm Hg)
- malá mezidenní kolísání tlaku – největší změny při putujících tlakových útvarech

Obr. 5.2/108 – SS

5.1.2 Změna tlaku vzduchu s výškou

- pokles tlaku vzduchu s výškou, v nižších výškách velmi prudký, ve vyšších výškách pomalejší, tj. menší změna výšky v troposféře znamená významnou změnu tlaku
- vliv poklesu tlaku s výškou na člověka – kyslík se dostává do plicních tkání pomaleji, zkrácení dechu a únava (kolem 3000 m a výše)

Obr. 5.3/108 – SS

5.2 Větry a tlakové gradienty

- **vítr** – horizontální složka proudění vzduchu
- charakteristiky větru:
 - a) **směr větru** – směr, odkud vítr vane (např. západní vítr – vane od západu k východu); měřen větrnou směrovkou (staví se proti větru)

Obr. 5.4/109 – SS

- b) **rychlost větru** ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) – měřen anemometrem (počet otáček Robinsonova kříže je proporcionální rychlosti větru)
- vítr je vyvolán tlakovými rozdíly mezi dvěma místy a směřuje z oblasti vyššího tlaku vzduchu do oblasti nižšího tlaku vzduchu (tj. ve směru **síly horizontálního tlakového gradientu**)

Obr. 5.5/109 – SS

- **izobary** – čáry spojující místa se stejnou hodnotou tlaku vzduchu
- **charakteristické tlakové útvary**:
 - a) **tlaková výše (anticyklona)** – uzavřené koncentricky uspořádané izobary s nejvyšším tlakem uprostřed
 - b) **tlaková níže (cyklona)** – uzavřené koncentricky uspořádané izobary s nejnižším tlakem uprostřed
 - c) **hřeben vysokého tlaku** – pásmo vyššího tlaku vybíhající z tlakové výše nebo oddělující dvě tlakové níže, nejvyšší tlak v ose hřebenu
 - d) **brázda nízkého tlaku** – pásmo nižšího tlaku vybíhající z tlakové níže nebo oddělující dvě tlakové výše, nejnižší tlak v ose brázdy
 - e) **barické sedlo** – část barického pole mezi dvěma protilehlými tlakovými výšemi a nížemi, příp. mezi dvěma hřebeny a brázdami

Obr. 2.31/79 – Netopil: Fyzická geografie I

- tlakové rozdíly jsou podmíněny nestejným zahříváním povrchu → teplotní diference → teplý vzduch má menší hustotu (nízký tlak) než studený (vysoký tlak)

5.2.1 Brízová cirkulace

- pobřežní vánky (brízy) vanou mezi mořem a pobřežím v létě jako důsledek nestejnomyerného zahřívání vody a souše, měnicími směr tlakového gradientu
- **mořský vánek** – odpoledne vane chladnější vzduch z moře na pevninu
- **pevninský vánek** – vane v noci z pevniny na moře

Obr. 5.6/110 – SS

5.2.2 Coriolisova síla a vítr

- pro větší větrné systémy se směr pohybu odchyluje od směru horizontálního tlakového gradientu díky Coriolisově síle
- **Coriolisova síla**, plynoucí z rotace Země, způsobuje na severní polokouli stáčení pohybujících se těles doprava, na jižní polokouli doleva (od směru pohybu) – je nulová na rovníku a roste s rostoucí zeměpisnou šířkou
- vliv na proudění vzduchu a pohyb mořských proudů

Obr. 5.7/110 – SS

5.2.3 Cyklony a anticyklony

- proudění vzduchu je ovlivňováno následujícími silami:
 - a) silou horizontálního tlakového gradientu
 - b) Coriolisovou silou
 - c) silou tření – proti směru pohybu
 - d) odstředivou silou – při pohybu po křivočaré trajektorii
- jejich působením se vzduch pohybuje na stranu nižšího tlaku vzduchu a je odchýlen o určitý úhel od směru horizontálního tlakového gradientu

Obr. 5.9/112 – SS

- **cyklona** (oblast nízkého tlaku vzduchu) – vzduch natéká proti směru ručiček hodinových dovnitř a v centru vystupuje nahoru (oblačno, deštivo)
- **anticyklona** (oblast vysokého tlaku vzduchu) – vzduch klesá v centru a vytéká po směru ručiček hodinových ven (jasné počasí)
- cyklony a anticyklony mají rozměry stovek až tisíců km, mohou být stacionární nebo pohyblivé

5.2.4 Proudění na ideální Zemi

- ideální Země – homogenní povrch, bez sezónních změn

Obr. 5.10/113 – SS

- **Hadleyho buňka** – zahřátý vzduch vystupuje na rovníku, odtéká k pólům a klesá asi na 30° z.š.
- **tropická zóna konvergence** – pásmo nízkého tlaku vzduchu, kde se střetávají pasáty obou polokoulí (pásmo rovníkových tišin)
- **subtropické pásmo vysokého tlaku vzduchu** – sestupné pohyby, 2-4 velké a stabilní anticyklony, slabé větry, časté bezvětří – tzv. koňské šířky (převoz koní z Nového Skotska do Západní Indie)
- ze subtropického pásma vysokého tlaku vzduchu vytékají větry směrem k rovníku (**pasáty** – severovýchodní resp. jihovýchodní větry) a směrem k pólům (jihozápadní resp. severozápadní větry)

- pásmo 30-60° z.š. má složitější cirkulaci – vpády studeného a suchého vzduchu z vyšších šířek (polární fronta) – proměnlivost tlaku a větrů (v průměru převládá **západní proudění**)
- na pólech vysoký tlak v důsledku stále studeného vzduchu – převažuje **východní proudění** (v Arktidě toto proudění často narušováno)

5.3 Globální větrné a tlakové poměry

- mapy tlaku vzduchu redukovaného na hladinu moře pro leden a červenec (H – anticyklona, L – cyklona)

Obr. 5.11/114-115 - SS

5.3.1 Subtropické pásmo vysokého tlaku vzduchu

- na jižní polokouli nad oceány tři velké oblasti vysokého tlaku vzduchu po celý rok, v červenci další nad Austrálií (ochlazení pevniny)
- na severní polokouli dvě velké anticyklony nad oceány – **Azorská** nad Atlantským a **Havajská** nad Tichým oceánem, zesilují od ledna k červenci a posunují se více k severu

Obr. 5.12/116 – SS

- východní část anticyklon sušší (intenzivnější subsidence), západní vlhčí (slabší subsidence, vzduch putující nad oceány se sytí vlhkostí)

5.3.2 Tropická zóna konvergence (TZK) a monzunová cirkulace

- TZK se meridionálně posunuje až o 40 šířkových stupňů během roku
- v oblasti Asie je zimní sibiřská anticyklona vystřídání letní iránskou níží, což má vliv na vznik monzunů:
 - a) **zimní monzun** – přívod suchého a chladnějšího vzduchu ze severu
 - b) **letní monzun** – teplý a vlhký vzduch z Indického oceánu jde na sever a severozápad do Asie (velké srážky v jihovýchodní Asii)

Obr. 5.13/117 – SS

5.3.3 Proudění a tlak ve vyšších šířkách

- výrazné rozdíly v rozložení pevnin a oceánů na obou polokoulích ovlivňují tvorbu tlakových center
- na severní polokouli v zimě nad pevninou Sibiřská a Kanadská anticyklona (chladný vzduch k jihu), nad oceány Islanská a Aleutská níže spíše jako oblasti v průměru nižšího tlaku vzduchu
- na severní polokouli v létě nižší tlak na kontinentech, výrazná Asijská níže, Azorská a Havajská výše
- na jižní polokouli díky výrazné anticykloně nad Antarktidou, obklopené pásmem nižšího tlaku, výrazná západní cirkulace

5.4 Lokální větry

- **místní větry** – účinek výrazného reliéfu na všeobecnou cirkulaci atmosféry:
 - a) **fén (föhn)** – suchý, teplý, padavý vítr vanoucí na závětrné straně horských překážek (princip viz 4.5.2); pól fénů – povodí řeky Rioni (Gruzie) – 114 dnů s fénem za rok; za 24 hodin rozpustí více sněhu než sluneční záření za 14 dnů; chinook (polykač sněhu) – východní svahy Skalnatých hor v Kanadě a USA, rychlé tání sněhu (vzestup teploty o 20 °C za 7 minut)
 - b) **bóra** – přetékání studeného vzduchu přes horské překážky lemující pobřeží, nejdříve se hromadí, pak přetéká průsmyky a sedly, prudký pokles teploty (podtéká pod relativně

teplý vzduch – vlnobití), výskyt: pobřeží Jadranu, oblast Novorosijska, Nová Země, Bajkal, místní názvy: údolí Rhône - mistral

- **místní cirkulační systémy** – rozdíl v energetické bilanci aktivního povrchu (změny fyzikálních vlastností AP, utváření reliéfu), změna orientace mezi dnem a nocí, vzhledem k rozměru a malé rychlosti se projevuje uchylující síla zemské rotace méně – vzduch protíná izobary (izohypsy):
 - a) horské a údolní větry (součást podélné cirkulace v údolích) – během dne stoupá zahřátý vzduch údolními nahoru (**údolní vítr**), v noci tudy naopak stéká studený vzduch (**horský vítr**); kombinují se s příčnou cirkulací v údolích na svazích (ve dne výstup vzduchu po zahřátých svazích nahoru, v noci stékání ochlazeného vzduchu)
 - b) **katabatické větry** – studený vzduch stéká gravitací z vyšších poloh do nižších (např. ledovcový vítr)

Obr. 2.42/92 – FG I

5.5 Větry ve výšce

Obr. 5.16/119 – SS

- **geostrofický vítr** (neprojevuje se vliv tření o zemský povrch) – pohyb vzduchu ve směru izohyps

5.5.1 Globální cirkulace ve vyšších vrstvách atmosféry

Obr. 5.17/120 – SS

- proudění ve vyšších vrstvách troposféry:
 - a) západní větry od asi 25° z.š. k pólům, kde vytváří cirkumpolární cirkulaci kolem polárních níží
 - b) tropické pásmo vysokého tlaku vzduchu mezi 15-20° s.š. a j.š.
 - c) východní větry mezi oběma tropickými pásy vysokého tlaku

5.5.2 Rossbyho vlny

Obr. 5.18/120 – SS

- **Rossbyho vlny** – vlny vznikající v západním výškovém proudění na severní polokouli na styku chladného polárního a teplého tropického vzduchu

5.5.3 „Jet streamy“ (trysková proudění)

- **jet stream** – úzké zóny ve vyšších vrstvách atmosféry, kde proudění dosahuje velmi vysoké rychlosti (při velkých teplotních gradientech), maximální rychlost klesá od centra k okrajům:
 - a) polární jet stream – mezi 35-65° z.š. obou polokoulí mezi chladným polárním a teplým tropickým vzduchem (okraj Rossbyho vln) ve výšce 10-12 km s rychlostmi 350-450 km.h⁻¹
 - b) subtropický jet stream – při tropopauze nad Hadleyho buňkou (teplotní kontrast na okraji buňky) s rychlostmi 345-395 km.h⁻¹
 - c) tropický jet stream – směřuje z východu na západ, jen v létě, omezen na jihovýchdní Asii, Indii a Afriku

Obr. 5.19-5.20/121 – SS

5.6 Mořské proudy

- **mořský proud** – stálý převážně horizontální tok oceánské vody
- mořské proudy zajišťují přenos tepla mezi nízkými a vysokými šířkami a dělí se na:
 - a) povrchové proudy – působením větrů
 - b) hluboké proudy – změny v teplotě a hustotě vody

5.6.1 Povrchové proudy

- vznikají působením větrů, kdy pohybová energie je vodě předávána třením
- působením Coriolisovy síly je jejich směr odchýlen asi o 45° od řídicího větru
- proudy nesoucí teplou vodu ve směru k pólům jsou **studené proudy** a nesoucí chladnou vodu směrem k rovníku jsou **teplé proudy**

Obr. 5.22/123 – SS

- kolem 20-30° z.š. jsou centra proudových koloběhů vázaná na subtropické anticyklony
- v rovníkové oblasti tekou na západ → při pevnině se stáčí k pólům (teplé proudy – např. Golský proud, Kuro-šio) → v zóně západních větrů se stáčí na východ → při pevnině se stáčí k rovníku (studené proudy – např. Humboldtův proud), často doprovázeny výstupem nižších chladnějších vod (upwelling)
- klimatický vliv mořských proudů – oteplování západních pobřeží (např. Severoatlantický proud v Evropě) a ochlazování východních pobřeží pevnin

5.6.1.1 ENSO

- ENSO = El Niño – Southern Oscillation (Jižní Oscilace) – interval 2-7 roků:
 - a) oceánská složka
 - El Niño (Ježíšek) – každoroční rovníkový protiproud podél peruánského pobřeží k jihu v létě
 - studená fáze ENSO (La Niña): teplé vody v západním Pacifiku, studené ve východním (Humboldtův proud + upwelling, výrazná pasátová cirkulace)
 - teplá fáze ENSO (El Niño): teplá anomálie povrchových vod v Tichém oceánu šířící se od jihoamerického pobřeží na západ, která se spojí s teplou anomálií vznikající v oblasti datové hranice (zeslabení upwellingu a pasátové cirkulace)

Obr. 2 z článku Brázdil - Bíl

- b) atmosférická složka
 - index Jižní oscilace – rozdíl přízemního tlaku vzduchu mezi Tahiti ve Francouzské Polynésii a Darwinem v Austrálii – charakterizuje intenzitu pasátové cirkulace
 - Walkerova cirkulace – charakterizuje cirkulaci podél rovníku ve vertikálním řezu
 - studená fáze ENSO: intenzivní pasáty, cirkulační buňka s konvekcí nad Austrálií (srážky)
 - teplá fáze ENSO: oslabení pasátů, přesun oblasti intenzivní konvekce nad střední část Tichého oceánu (Austrálie – subsidence vzduchu, sucho)

Obr. 1 z článku Brázdil – Bíl

- dopady ENSO (např. teplota vzduchu, telekonekce, srážky a povodně, rybolov)

5.6.2 Hlubokooceánské proudy a termohalinní cirkulace

- hlubokooceánské proudy zajišťují pomalou výměnu vody mezi jednotlivými vrstvami v oceánu – jsou generovány pomalým poklesem povrchové vody s vyšší hustotou
- s nimi jsou spojeny široké a pomalé povrchové proudy
- **termohalinní cirkulace** – závisí na teplotě a slanosti vody v severním Atlantiku
- teplá voda má menší hustotu než studená, proto se povrchová voda nemíchá s chladnější vodou pod ní

Obr. 5.25/127 – SS

- vysvětlení procesu:
 - a) bod A: teplá povrchová voda pomalu postupuje na sever, výpar – voda se stává slanější a hustší
 - b) bod B: voda se dostala do severního Atlantiku a odevzdala teplo atmosféře, je dostatečně hustá, aby mohla klesat do hloubky

- c) bod C: chladná a hustá voda se dostává dolní vrstvou do Jižního ledového oceánu (tzv. atlantský přenosový pás)
- d) cirkulace se uzavírá prouděním v tichooceánském přenosovém pásu
 - termohalinní cirkulaci se dostává do oceánských hlubin voda bohatá CO₂ – součást uhlíkového cyklu (vázání C z atmosféry)
 - termohalinní cirkulace by mohla být zastavena přívodem většího množství sladké vody do severního Atlantiku (pokles hustoty) – možnost náhlých klimatických změn

5.7 Meridionální transport tepla a vláh

- transport tepla a vláh z rovníkových a tropických oblastí se uskutečňuje prostřednictvím globální cirkulace a mořských proudů

Obr. 5.26/128 – SS

- Hadleyho buňka jako „tepelná pumpa“: proudění k rovníku transportuje latentní teplo, které je pak součástí přenosu tepla ve výšce od rovníku do subtropů, kde může divergovat v anticyklonách do vyšších šířek (může se obohacovat latentním teplem při výparu)
- termohalinní cirkulace je důležitá z hlediska transportu teplejší vody do severního Atlantiku – část tohoto tepla přenášena západním prouděním nad Evropu

Literatura:

Netopil, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha. Kap. 2.3.7-2.3.8.3: s. 75-93; kap. 3.10.7, s. 254-259.

Strahler, A., Strahler, A. (1999): *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York. Kap. 5: Winds and Global Circulation, s. 107-131.