

Atmosféra a hydrosféra Země

Lekce 3

Teplota vzduchu, Voda v atmosféře

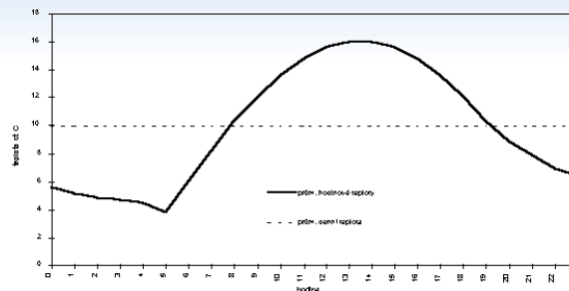


RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. | 23.3.2022

Teplota vzduchu

- **teplota**
 - střední kinetická energie molekul tělesa
 - teplotní stupnice Celsiova [°C], bod mrazu 0 °C, bod varu 100 °C
 - teplotní stupnice Fahrenheitova [°F], bod mrazu 32 °F, bod varu 212 °F
- **denní chod teploty vzduchu**
 - minimum teploty asi ½ hodiny po východu slunce
 - maximum mezi 13.–16. hod.

prům. denní teploty vzduchu
dne 20. 4. v Lednici na Moravě,
za období let 1961-1990, zdroj:
Litschmann, Svoboda (1999)



Teplota vzduchu

- **geografické rozložení teploty vzduchu**
 - vliv energetické bilance systému AP – atmosféra
 - obecně pokles teploty od rovníku k pólům
 - **nejnižší teploty** v oblastech „**pólů zimy (chladu)**“
 - střední Sibiř, severní Kanada, Grónsko, centrum Antarktidy
 - sibiřský / grónský / antarktický pól zimy
 - kontinentalita klimatu, vysoké hodnoty albeda
 - absolutní minima teploty až $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Antarktida), resp. $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sibiř – Ojmjakon)
 - stanice Vostok, 21. 7. 1983: $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - **nejvyšší teploty vzduchu**
 - v letním období S polokoule na Sahaře, v Perském zálivu, J USA a Mexiku
 - v letním období J polokoule v centrální Austrálii a J Americe (Atacama)
 - maximální teploty okolo $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Údolí smrti, Kalifornie (USA), 10. 7. 1913: $56,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

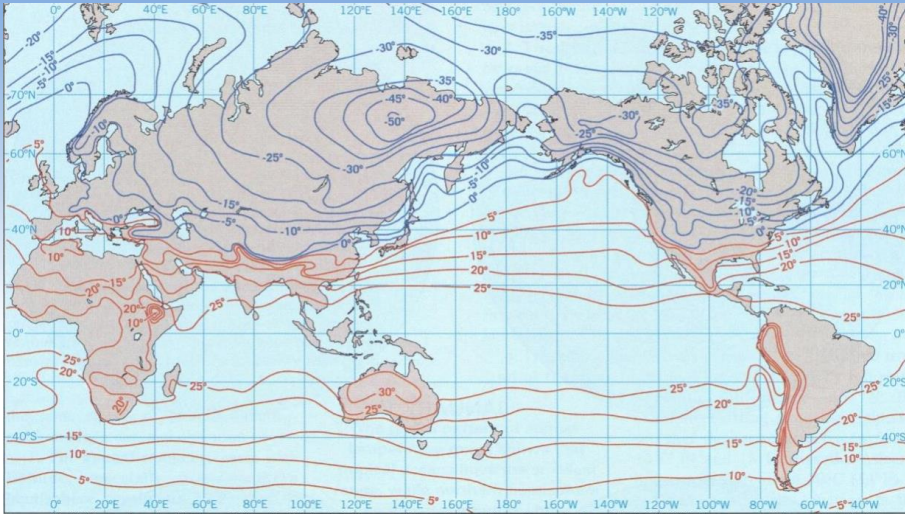
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

Teplota vzduchu

- nerovnoměrné zahřívání a ochlazování oceánů a pevniny vede ke **změně v průběhu izoterm během roku**
 - zimní období: oceány jsou na stejné z. š. teplejší než kontinenty
 - letní období: větší zahřívání kontinentů
- **vliv mořských proudů** na průběh izotermem
- **vliv atmosférické cirkulace vzduchu**
 - nejintenzivnější v lednu nad Asií a S Amerikou
 - nad západní části kontinentů proniká ve středních šířkách teplý oceánský vzduch
 - nad východními částmi se formují tlakové výše → silné ochlazování vlivem dlouhodobného vyzařování (viz poloha „pólů zimy“)
- **vliv nadmořské výšky**

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

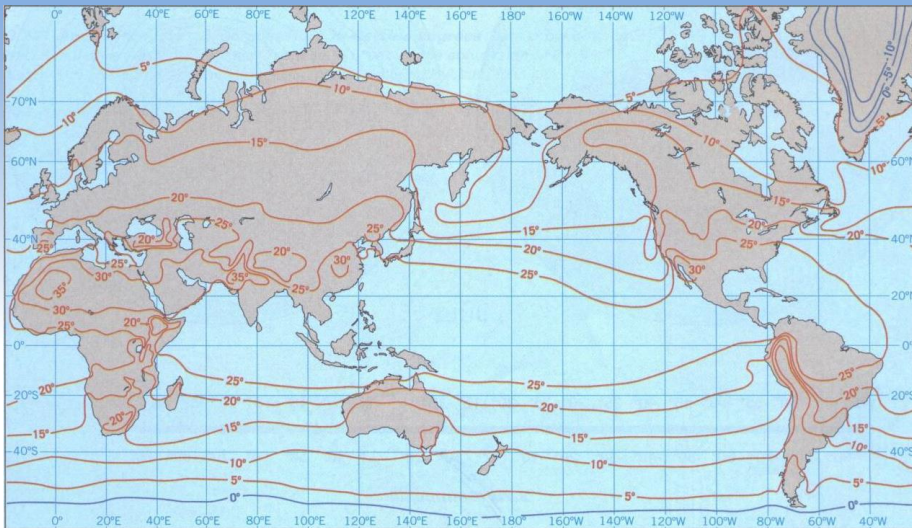
Teplota vzduchu



průměrné lednové teploty vzduchu (zdroj: Strahler 2006)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

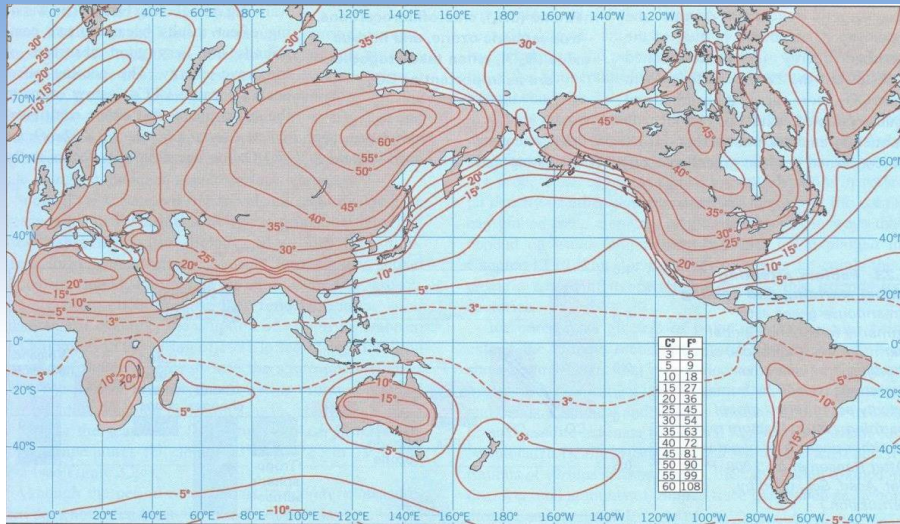
Teplota vzduchu



průměrné červencové teploty vzduchu (zdroj: Strahler 2006)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Teplota vzduchu



průměrné rozdíly teploty vzduchu mezi lednem a červencem (zdroj: Strahler 2006)

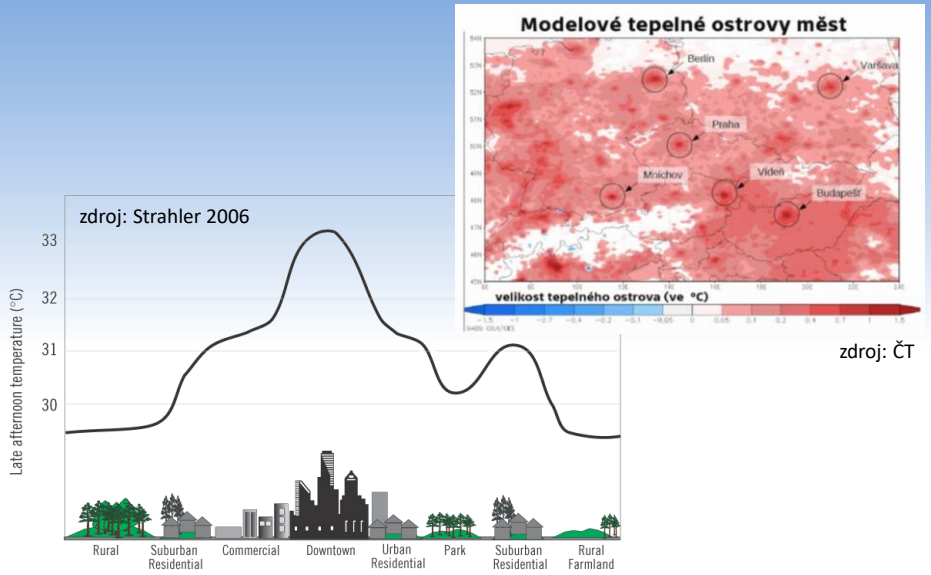
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

Teplota vzduchu

- **kontrast teploty mezi městem a venkovskou krajinou**
 - **venkov**
 - na vegetačním pokryvu probíhá transpirace (výpar z povrchu rostlin) → odnímání tepla z povrchu
 - půdní povrch je vlhčí → ochlazování při výparu
 - **město**
 - srážková voda odváděna mimo zástavbu → sušší povrch
 - rychlejší a intenzivnější prohřívání povrchu insolací
 - stavební materiály pohlcují a uchovávají zářivou energii, v noci ji vyzařují
 - noční teploty jsou vyšší oproti venkovské krajině
 - častý odraz záření od vertikálních povrchů ve městě → větší akumulace energie
 - **tepelný ostrov města**
 - vyšší teplota ve městě oproti okolí
 - zejména v noci (dlouhovlnné vyzařování) a v zimě (úniky odpadního tepla, apod.)
 - pouštní oblasti – situace může být opačná (závlaha městské vegetace)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

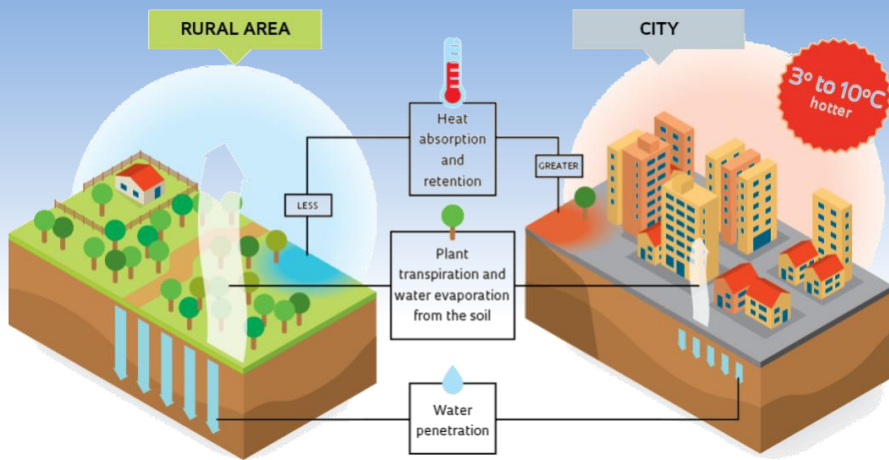
Teplota vzduchu



zdroj: ČT

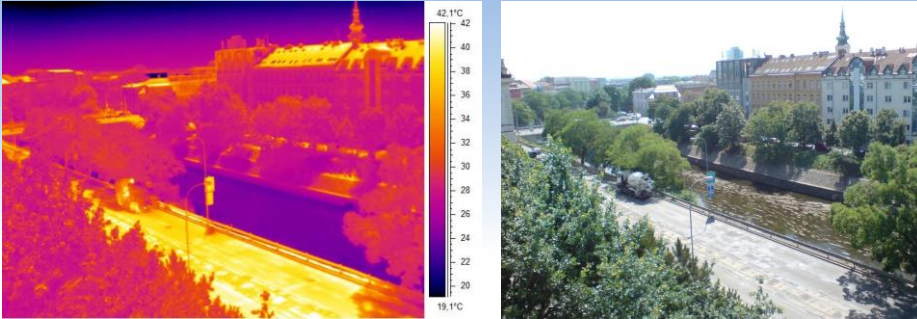
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Teplota vzduchu



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Teplota vzduchu



zdroj: CVGZ AV ČR 2015

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Změna teploty vzduchu s výškou

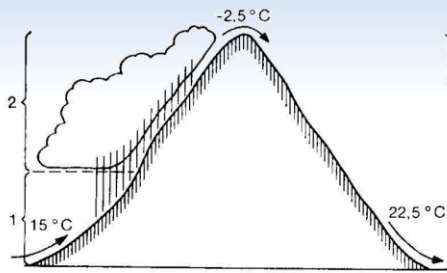
- **vertikální teplotní gradient Γ ($\approx 0,65$ °C na 100 m)**
- změna teploty vzduchu s výškou je **nelineární** (nejvýraznější v blízkosti AP)
- závislost na denní a roční době, nadmořské výšce a poloze místa
- planetární mezní vrstva (PMV):
 - turbulentní výměna tepla (pohyb horizontálním i vertikálním směrem), radiční bilance systému AP – atmosféra
- střední a vysoká troposféra:
 - latentní teplo vlivem kondenzace vodní páry (\rightarrow oblaka)
 - $\Gamma = 0,5$ °C / 100 m (**vlhkoadiabatický gradient**)
- pokles tlaku vzduchu \rightarrow nárůst objemu vystupujícího vzduchu \rightarrow spotřeba vnitřní energie \rightarrow pokles teploty
- v případě průběhu bez výměny energie s okolím = **adiabatický děj**
- změna teploty při vertikálním adiabatickém přemístování suchého vzduchu = **suchoadiabatický teplotní gradient γ** (≈ 1 °C na 100 m)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

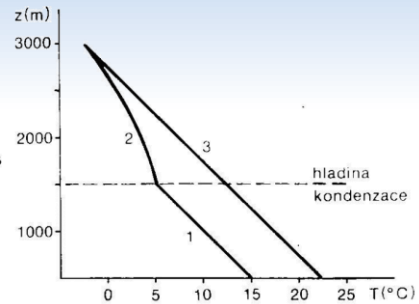
Změna teploty vzduchu s výškou

- **pseudoadiabatický děj**

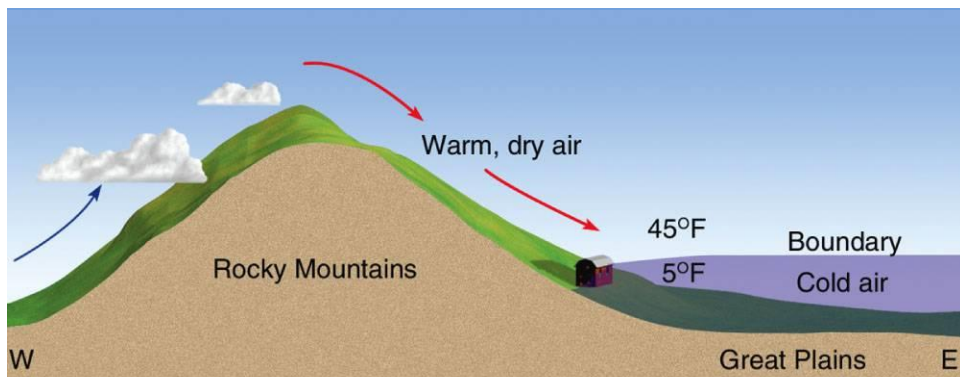
- kondenzace vodní páry a vypadávání srážek snižuje obsah vody ve vzduchu → vliv na změnu teploty podle sucho/vlhko/adiabatického gradientu
- **nevratný proces** při přetékání horských překážek
- **fén, chinook** („snow eater“)



zdroj: Netopil a kol. 1984



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský



© 2007 Thomson Higher Education

Colorado Springs, Colorado



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Změna teploty vzduchu s výškou

- **kontinentalita klimatu v horských oblastech**
 - vliv expozice svahů vůči převládajícímu proudění
 - změna teploty s výškou je menší na návětrných svazích
 - vysoké denní amplitudy teploty vzduchu
 - Vojejkovův zákon
- **inverze teploty**
 - **přízemní inverze**
 - **radiační**
 - **advekční** (jarní / sněhové)
 - **ve volné atmosféře**
 - **radiační** (obvykle nad horní hranicí oblaků)
 - **subsidenční** (inverze „sesedáním“) – sestupná proudění v oblastech vysokého tlaku vzduchu, suchoadiabatický nárůst teploty
 - **pasátové** – subsidence vzduchu z vyšších vrstev atmosféry v oblasti pasátových větrů

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Změna teploty vzduchu s výškou

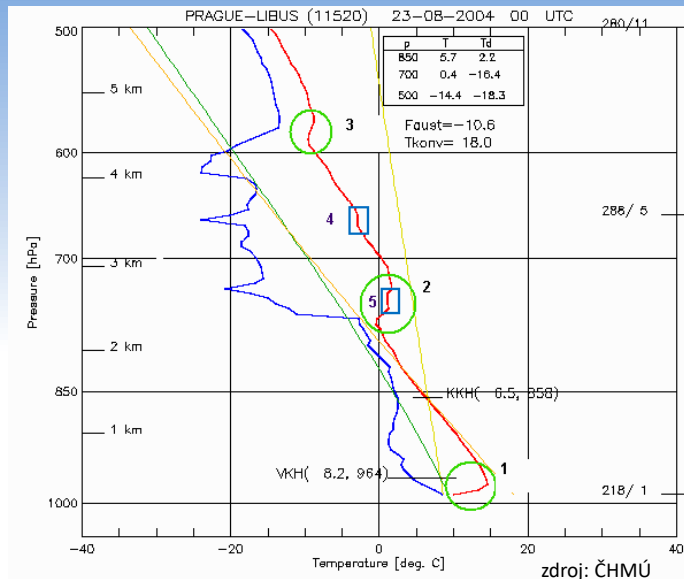
radiační inverze



advekční inverze

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Změna teploty vzduchu s výškou



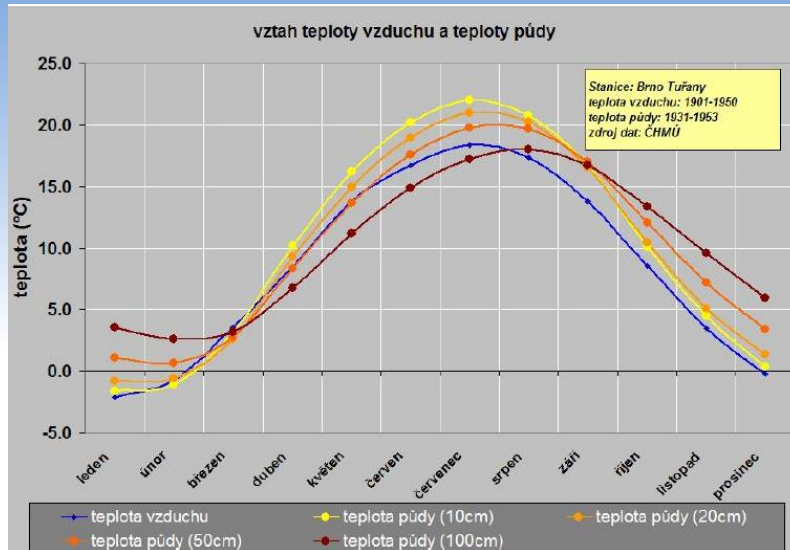
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Teplota půdy

- **teplota povrchu půdy a jejího podloží**
 - denní a roční periodicitu energetické bilance AP → časové změny teploty AP a podloží
 - teplota AP při radičním režimu počasí = max. kolem poledne, min. před východem slunce
 - zatažená obloha = nižší denní amplituda teploty AP
 - výrazný vliv vegetačního pokryvu a sněhové pokrývky
 - **Fourierovy zákony**
 - perioda výkyvů teploty půdy se s hloubkou nemění
 - teplotní amplituda se s aritmetickým růstem hloubky geometricky zmenšuje
 - čas minima a maxima teploty se s hloubkou zpožďuje
 - hloubky stálé denní a roční teploty jsou ve stejném poměru jako odmocniny period výkyvů $1/\sqrt{365} \approx 1/19,1$

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Teplota půdy



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

Voda v atmosféře

- výskyt vody **ve všech třech skupenstvích**
- transport vody do atmosféry převážně **výparem z AP**
 - **evaporace** (fyzikální proces)
 - **transpirace** (fyziologický proces)
 - celkový výpar: **evapotranspirace**
 - **výparnost**: měřená veličina za umělých podmínek
- výpar z AP **závisí na vlastnostech povrchu a vlastnostech atmosféry**
 - roste s obsahem vláh v podloží AP
 - roste s teplotou AP, sytostním doplnkem vzduchu a rychlostí větru
- **denní a roční chod** (s maximy a minimy) zhruba **odpovídá chodu teplot AP** (za předpokladu dostatečného obsahu vláh v podloží)
- přenos vodní páry do atmosféry probíhá turbulentním prouděním a molekulární difúzí

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubínský

Voda v atmosféře

- **vlhkost vzduchu**
 - obsah vodní páry ve vzduchu, vyjádřený následujícími charakteristikami:
 - **napětí (tlak) vodní páry – e** [mbar]
 - dílčí tlak vodní páry ve směsi se suchým vzduchem
 - max. množství vodní páry = **nasycený vzduch**, jeho napětí páry = **napětí nasycení – E**
 - **poměrná (relativní) vlhkost vzduchu – r** [%]
 - procentuálně vyjádřený poměr e a E $r = \left(\frac{e}{E}\right) \times 100$
 - **sytoční doplněk – d** [mbar] $d = E - e$
 - rozdíl mezi max. napětím a skutečným napětím vodní páry
 - vyjadřuje napětí vodní páry, které vzduchu chybí k dosažení stavu nasycení
 - **absolutní vlhkost vzduchu – a** [kg.m⁻³]
 - hmotnost vodní páry v jednotce objemu vzduchu
 - **specifická vlhkost vzduchu – s** [bezrozměrná veličina]
 - hmotnost vodní páry v jednotce hmotnosti vlhkého vzduchu

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

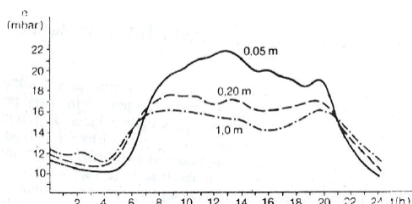
Voda v atmosféře

- **rosný bod – τ** [°C]
 - teplota, při které by vodní pára nacházející se ve vzduchu tento vzduch nasytila
 - teplota, na kterou musí klesnout teplota nenasyčeného vlhkého vzduchu o napětí páry e , aby se změnilo na napětí nasycení E
 - při poklesu teploty pod τ dochází ke kondenzaci vodní páry → vznik rosy / mlhy
 - při relativní vlhkosti nižší než 100 % je τ vždy nižší než teplota vzduchu
- **poměr směsi** (směšovací poměr) – **w** [bezrozměrná veličina, v praxi g.kg⁻¹]
 - hmotnost vodní páry připadající na jednotku hmotnosti suchého vzduchu

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **napětí vodní páry e** se vyznačuje:
 - **jednoduchým denním chodem** (typ mořský / zimní)
 - při malé intenzitě turbulence, těsně nad povrchem vody či extrémně vlhkým povrchem souše
 - průběh úzce souvisí s denním chodem teploty AP a výparu
 - max. okolo 13. hod. (vysoká intenzita výparu), min. okolo 4. hod. (nízký výpar)
 - **dvojitým denním chodem** (typ pevninský / letní)
 - větší nadmořské výšky nad AP
 - druhotné minimum v odpoledních hodinách (zvýšená turbulence a konvekce)
 - druhotné maximum večer (pokles intenzity turbulence)



zdroj: Netopil a kol. 1984

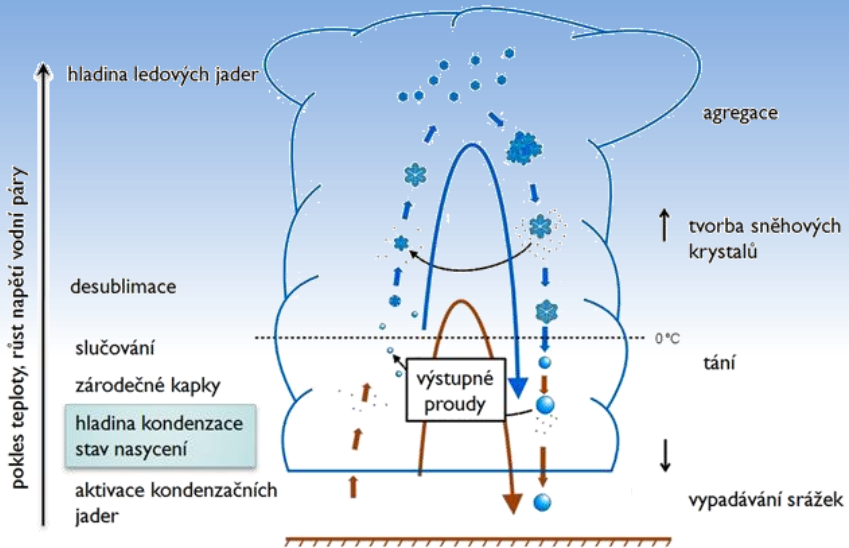
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **kondenzace vodní páry v atmosféře**
 - úbytek obsahu vodní páry s nadmořskou výškou (vzdalování od zdroje)
 - vliv **kondenzace vodní páry**
 - výrazný pokles napětí páry s výškou (99 % obsahu vodní páry je v troposféře)
 - pokles teploty na **rosný bod** (stav nasycení) → kondenzace páry
 - s dalším výstupem se část páry sráží a na tzv. **kondenzačních jádrech** (krystaly soli, prachové částice) vznikají **mikroskopické (zárodečné) kapky** ($r = 10^{-2} \mu\text{m}$)
 - **hladina kondenzace**
 - **desublimace** (→ ledové krystalky)
 - kondenzace či desublimace vodní páry na povrchu kondenzačních jader → vznik **oblačných kapek** nebo **krystalů** ($r = 1-10^2 \mu\text{m}$)
 - malá rychlost pádu vlivem výstupných proudů vede k akumulaci oblačných kapek a vzniku **oblak**
 - **hladina ledových jader** (cca $-12 \text{ }^\circ\text{C}$) – výšková úroveň nad níž jsou oblaka tvořena ledovými krystaly (přechodná vrstva)
 - při nadměrném růstu oblačných kapek (krystalů) → **vertikální srážky**

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

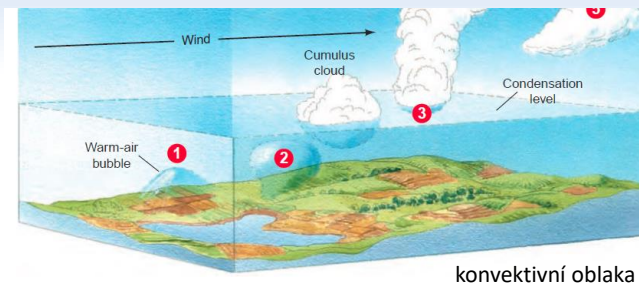
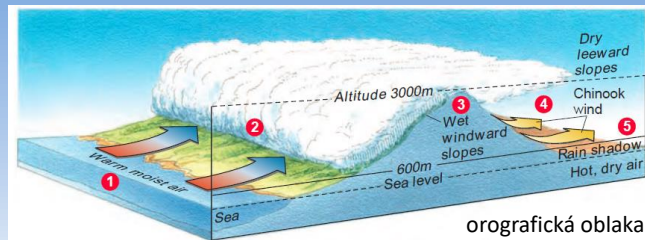
Voda v atmosféře



zdroj: Ruda 2014

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

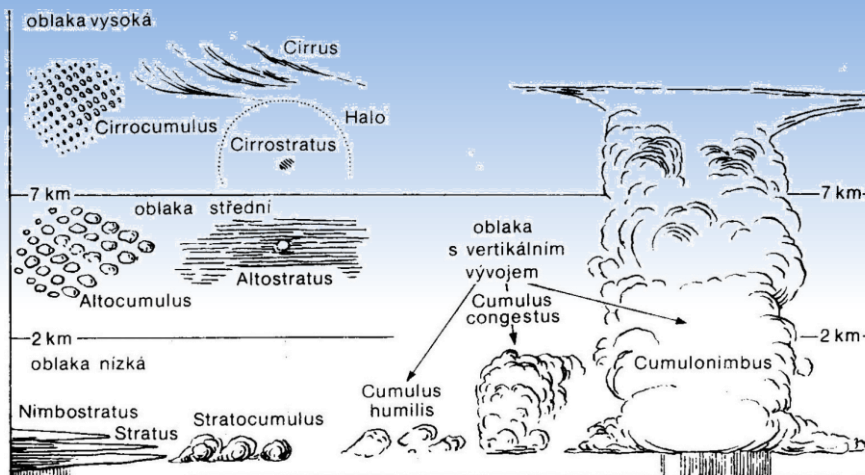
Voda v atmosféře

- dělení oblak **podle složení**:
 - **vodní / smíšená / ledová**
- dělení oblak **podle tvaru**:
 - **řasa** – Cirrus (Ci)
 - **řasová kupa** – Cirrocumulus (Cc)
 - **řasová sloha** – Cirrostratus (Cs)
 - **vyvýšená kupa** – Altocumulus (Ac)
 - **vyvýšená sloha** – Altostratus (As)
 - **dešťová sloha** – Nimbostratus (Ns)
 - **slohová kupa** – Stratocumulus (Sc)
 - **sloha** – Stratus (St)
 - **kupa** – Cumulus (Cu)
 - **bouřkový oblak** – Cumulonimbus (Cb)



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

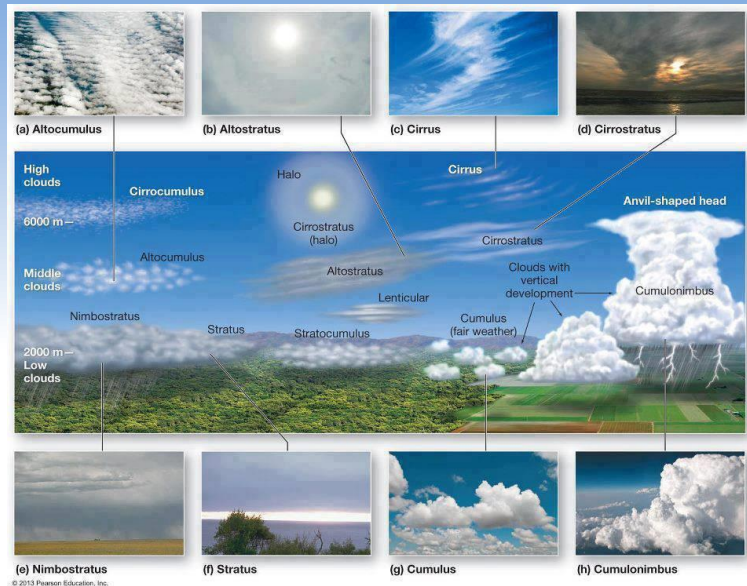
Voda v atmosféře



zdroj: Netopil a kol. 1984

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



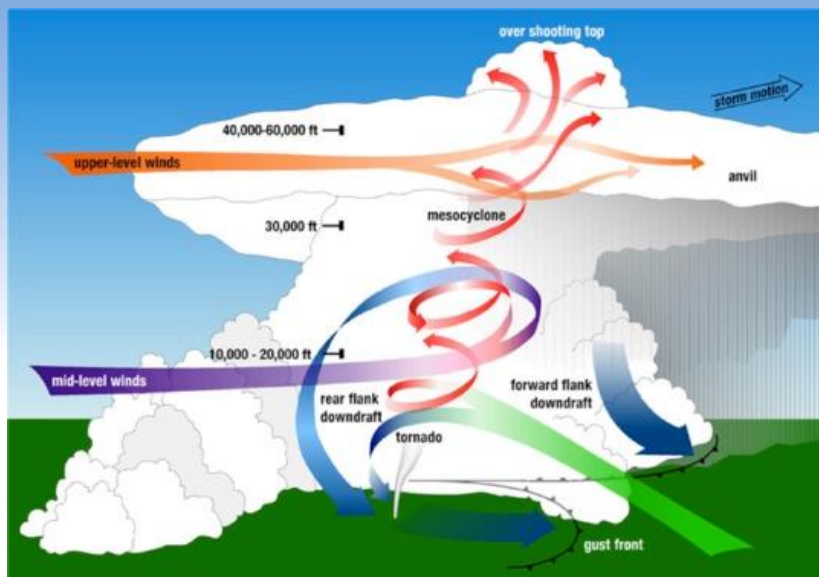
Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- dělení oblak **podle průměrné výšky základny:**
 - oblaka **vyšoká** (Ci, Cc, Cs) – základna od 5 do 13 km
 - oblaka **střední** (Ac, As) – 2 až 7 km
 - oblaka **nížká** (Ns, Sc, St) – od zemského povrchu do cca 2 km
 - oblaka **s vertikálním vývojem** (Cu, Cb) – 0,5 až 1,5 km, horní hranice může být až nad tropopauzou
- dělení oblak **podle příčin vzniku:**
 - oblaka z **konvekce** (Cu, Cb)
 - oblaka z **výstupných klouzavých proudů**
 - oblaka **vlnová** (Sc, Ac - teplotní inverze ve volné atm. – spodní hranice = rozhraní dvou vrstev atmosféry)
 - oblaka z **vyzařování** (St – důsledek dlouhovělnného vyzařování a ochlazování atm. v noci, často souvislá vrstva pod základnou výškové inverze)
 - **zvláštní oblaka** (perleťová, stříbřitá, z požárů, sopečná, kondenzační pruhy)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **optické jevy v atmosféře (fotometeory)**
 - ohyb, lom a odraz světelných paprsků na kapkách vody či ledových krystalech
 - **věvec (koróna)**
 - vznik ohybem světla na částicích oblaků druhu Ac, Cc a Cs, kolem Slunce a Měsíce
 - světelný kruh (aureola) přiléhající zdroji světla (→ namodralé až načervenale zbarvení)
 - **gloriola**
 - barevné kruhy kolem stínů předmětů na oblacích nebo mlze
 - **halové jevy**
 - vznikají lomem paprsků a odrazem světla při průniku tenkými vrstvami oblaků druhu Ci a Cs
 - světlé až mírně duhové kruhy o úhlovém poloměru 22° nebo 46° (malé a velké halo nebo tzv. vedlejší Slunce)
 - **duha**
 - rozklad světla při pronikání kapkami deště vlivem nestejného lomu paprsků o různé vlnové délce (duha základní a vedlejší)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **mlhy**
 - produkty kondenzace vodní páry při zemském povrchu, s dohledností nižší než 1000 m
 - tvořeny vodními kapkami, přechlazenými kapkami, směsí kapek a ledových krystalů
 - četnost výskytu a hustota mlhy závisí na počtu kondenzačních jader
 - **mlhy radiální**
 - ochlazením vzduchu od AP vyzařováním
 - spjatý s radiálními inverzemi teploty
 - přízemní (vázané na noční inverze) a vysoké (inverze zimní)
 - **mlhy advekční**
 - přemísťováním relativně teplého vzduchu nad studený povrch
 - **mlhy z vypařování**
 - vypařováním relativně teplé vody do studeného vzduchu, ihned po výparu dochází ke kondenzaci (zejm. na podzim a v zimě)
 - nebo po dešti, kdy se vlhký vzduch střetává s frontální vzduchovou hmotou („frontální mlha“)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **kouřmo** – dohlednost vlivem mikroskopických vodních kapek omezena na 1–10 km (vs. **zákal!**)



radiální mlha



advekční mlha

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



mlhy z vypařování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **atmosférické srážky**
 - dělení dle skupenství, tvaru a velikosti srážek:
 - **děšť** (vodní kapky, \varnothing min. 0,5 mm, max. do 2 mm)
 - **mrholení** (malé kapky vody, \varnothing pod 0,5 mm)
 - **sníh** (ledové krystalky hvězdicového tvaru, při $t > -5^{\circ}\text{C}$ se krystaly shlukují do vloček)
 - **sněhové krupky** (bílá, neprůsvitná, kulovitá ledová zrna, \varnothing 2–5 mm)
 - **sněhová zrna** (krupice, malá, bílá, neprůsvitná zrna, \varnothing pod 1 mm)
 - **zmrzlý déšť** (průhledná ledová zrna, \varnothing pod 5 mm)
 - **námrazové krupky** (sněhová zrna obalená vrstvou ledu, \varnothing kolem 5 mm)
 - **kroupy** (kuličky či kousky ledu, \varnothing 5–50 mm, vznikají z námrazových krupek)
 - **sněhové jehličky** (jehlicovité, sloupkovité nebo destičkovité krystalky ledu)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **horizontální srážky:** produkty kondenzace vodní páry na relativně studeném zemském povrchu, na předmětech a vegetaci
 - **rosa** (vodní kapky různé velikosti)
 - **zmrzlá rosa**
 - **jíní (šedý mráz)** – ledové krystalky tvaru jehlic, šupin a vějířků bílé barvy, vznikající za podmínek jako rosa, ale pod 0 °C desublimací vodní páry
 - **jinovatka (krystalická námraza)** – kypré ledové krystaly jehlicovitého tvaru na stromech, el. vedeních a návětrné straně předmětů při silném mrazu a mlze
 - **ovlhnutí** – povlak vodních kapek na svislých plochách na návětrné straně předmětů při proudění teplého a vlhkého vzduchu, který se od předmětů ochlazuje
 - **námraza** – trsy vláknitých, bílých, ledových krystalů na návětrné straně předmětů při podmínkách obdobných ovlhnutí, ale pod 0 °C
 - **ledovka** – sklovitá, ledová vrstva vznikající zmrznutím přechlazených vodních kapek na předmětech, jejichž teplota je nižší než 0 °C
 - **náledí, zmrázky** – ledová vrstva pokrývající zemský povrch, vzniká mrznutím nepřechlazených vodních kapek na zemském povrchu o teplotě nižší než 0 °C

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

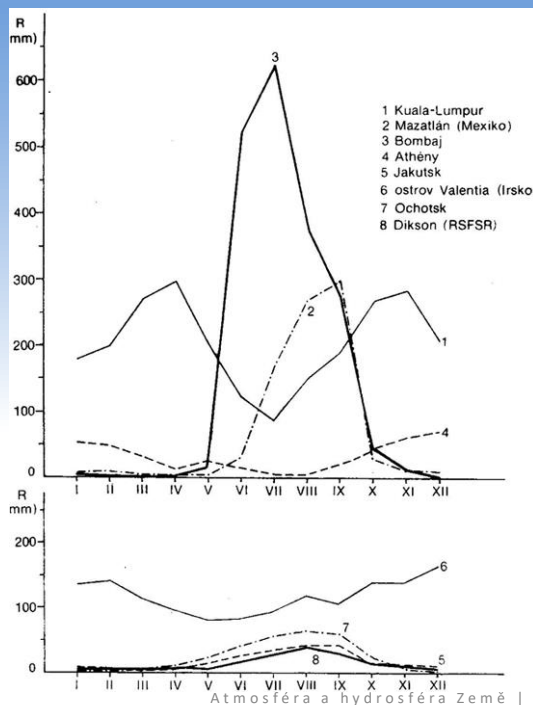
- **denní chod srážek**
 - **typ pevninský**
 - dvě maxima a minima
 - hlavní maximum po poledni, vedlejší ráno (≈ denní chod oblačnosti)
 - **typ mořský (pobřežní)**
 - jedno maximum – ráno (labilita teplotního zvrstvení vzduchu – teplá přízemní vrstva, vyšší vrstvy ochlazovány vyzařováním → konvekce)
 - jedno minimum – po poledni
 - rozdílný denní chod srážek v horách (vrcholové vs. úpatní polohy)
- **roční chod srážek**
 - **rovníkový typ**
 - dvě období dešťů (v době rovnodennosti – max. insolace)
 - **tropický typ**
 - s rostoucí z. š. se přibližují 2 rovníková maxima – splynutí v jedno maximum (léto, cca 4 měsíce)
 - **typ tropických monzunů**
 - obdobný jako tropický typ, ale výraznější ohraničení období dešťů a sucha

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **typ subtropický středomořský**
 - minimum srážek v létě, maximum na podzim a v zimě
- **typ mírných šířek pevninský**
 - srážkové maximum v létě (cyklonální činnost), minimum v zimě
- **typ mírných šířek mořský**
 - mírné maximum v zimě (cyklonální činnost), rovnoměrné rozložení srážek během roku
 - typicky na západních okrajích kontinentů
- **monzunový typ mírných šířek**
 - max. v létě, min. v zimě, výraznější amplituda ročního chodu srážek
 - východní Asie
- **polární typ**
 - max. v létě (vysoká vlhkost vzduchu), min. v zimě

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský



- rovníkový typ
- tropický typ
- typ tropických monzunů
- subtropický středomořský typ
- pevninský typ mírných šířek
- mořský typ mírných šířek
- monzunový typ mírných šířek
- polární typ

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **geografické rozložení srážek na Zemi**
 - **hlavní faktory:**
 - rozložení oblačnosti → všeobecná cirkulace atmosféry
 - vodní obsah oblaků
 - rozložení oceánů (zdroj vlhkosti)
 - tvar a rozložení pevnin
 - charakter reliéfu
 - orografické zesílení intenzity srážkových úhrnů
 - srážkový stín
 - růst srážkových úhrnů na svazích s výškou, do kritické úrovně (souvisí s hladinou kondenzace – níže na okraji kontinentů)
- **rovníkové oblasti**
 - vysoké srážkové úhrny (Ø 1000–2000 mm /rok)
 - až 3000 mm v tropické zóně konvergence na pevninách (intenzivní konvekce) a na východních okrajích kontinentů (vlhké mořské pasáty)
 - srážkově nejbohatší – povodí Amazonky, Guinejský záliv, Indonésie, ...

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

Voda v atmosféře

- **monzunové oblasti**
 - oblast Indického oceánu → monzuny posunují výrazné srážkové úhrny do vyšších šířek (Přední a Zadní Indie, Madagaskar)
 - na návětrných svazích Himálaje prům. roční úhrny i přes 10 000 mm
 - Čerápundží (Indie): roční maximum 22 990 mm (rok 1861)
- **subtropické a suché tropické oblasti**
 - výrazný pokles srážkových úhrnů (oblasti vysokého tlaku vzduchu)
 - roční úhrny obvykle do 250 mm
- **oblasti mírných šířek**
 - vyšší srážkové úhrny (oblačné cyklonální systémy)
 - maxima na západních okrajích pevnin (500–1 000 mm), minima v centrálních a východních částech (300–500 mm)
 - výrazný vliv závětrí / návětrí horských pásem (Skandinávie, Alpy, Skalnaté hory)
- **polární oblasti**
 - nízké srážkové úhrny (max. 200–300 mm / rok)
 - malý vodní obsah oblaků (Arktida) a oblasti vysokého tlaku vzduchu (Antarktida)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský