

# Klimatologie a hydrogeografie

## Lekce 5

### Klima Země a jeho vývoj, Klimatické klasifikace, Změny a kolísání klimatu



RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. | 20. 11. 2018

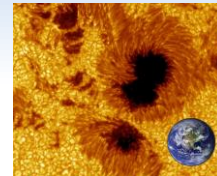
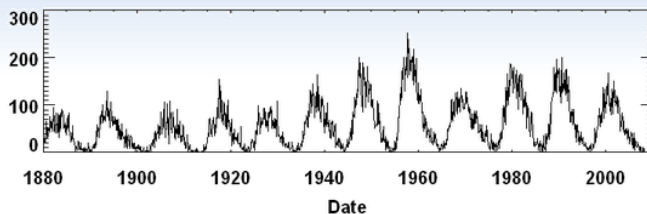
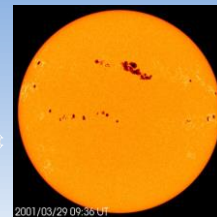
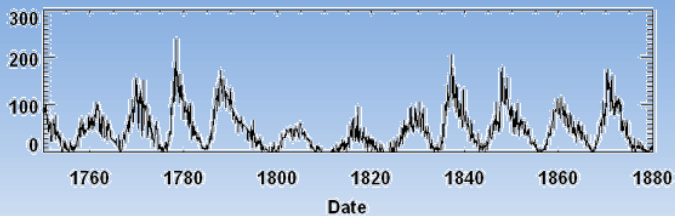
## Klima Země a jeho vývoj

- **klima** (podnebí): **souhrn a postupné střídání všech stavů atmosféry** (podmínek počasí) **možných v daném místě**
- **atmosférický geosystém** – vzájemná interakce s ostatními geosystémy (litosféra, hydrosféra, kryosféra, pedosféra, biosféra, socioekonomická sféra)
- **klimatotvorné faktory:**
  - **astronomické** (tvar Země, sklon zemské osy, změny sluneční aktivity, složení atmosféry, uchylující síla zemské rotace)
  - **geografické** (zeměpisná šířka, rozdělení kontinentů a oceánů, orografické poměry, vzdálenost od moří a oceánů, vegetační kryt, atd.)
  - **cirkulační** (planetární a místní cirkulace atmosféry)
  - **antropogenní** (změny vlastností atmosféry a zemského povrchu vlivem člověka)

## Klima Země a jeho vývoj

- **astronomické faktory (AF)**
  - vliv na časoprostorové **změny bilance záření a energetické bilance** v systému AP – atmosféra
  - podmíněné **zenitovou vzdáleností Slunce** a jejími změnami v čase, **pohlcováním a rozptylem záření** v atmosféře
  - závislost zenitové vzdálenosti Slunce na insolaci a bilanci záření je v reálné atmosféře ovlivněna cirkulačními a geografickými faktory
  - důsledek vlivu AF: **šířková pásmovitost** planetárního geosystému
  - vznik regionálních geosystémů, tzv. **geomů**
  
- **cirkulační faktory (CF)**
  - vliv všeobecné cirkulace atmosféry a systému mořských proudů
  - změna vlastností klimatických prvků vlivem stálého transportu vzduchových hmot z oblastí svého vzniku do jiných oblastí

## Klima Země a jeho vývoj



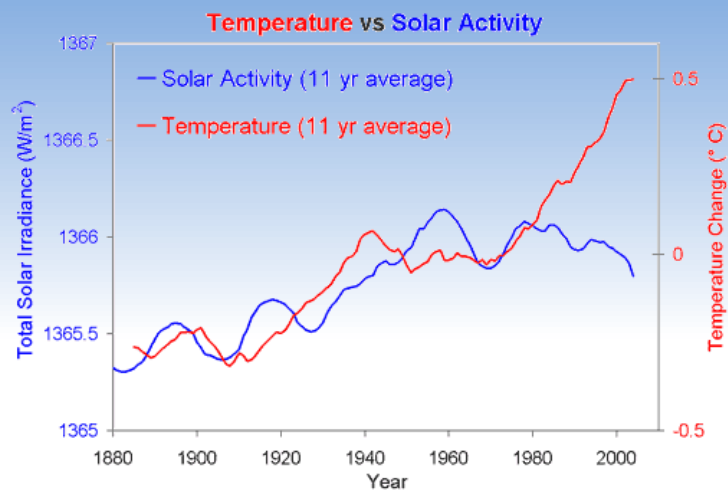
Počet slunečních skvrn zaznamenaných pozorováním ze Země do r. 2008 (spaceweather.com)

## Klima Země a jeho vývoj



„Maunderovo minimum“ – Temže, 1677 (Wikimedia Commons)

## Klima Země a jeho vývoj



Aktivita Slunce vs. průměrná teplota na Zemi (11-leté klouzavé průměry)  
(skepticalscience.com)

## Klima Země a jeho vývoj

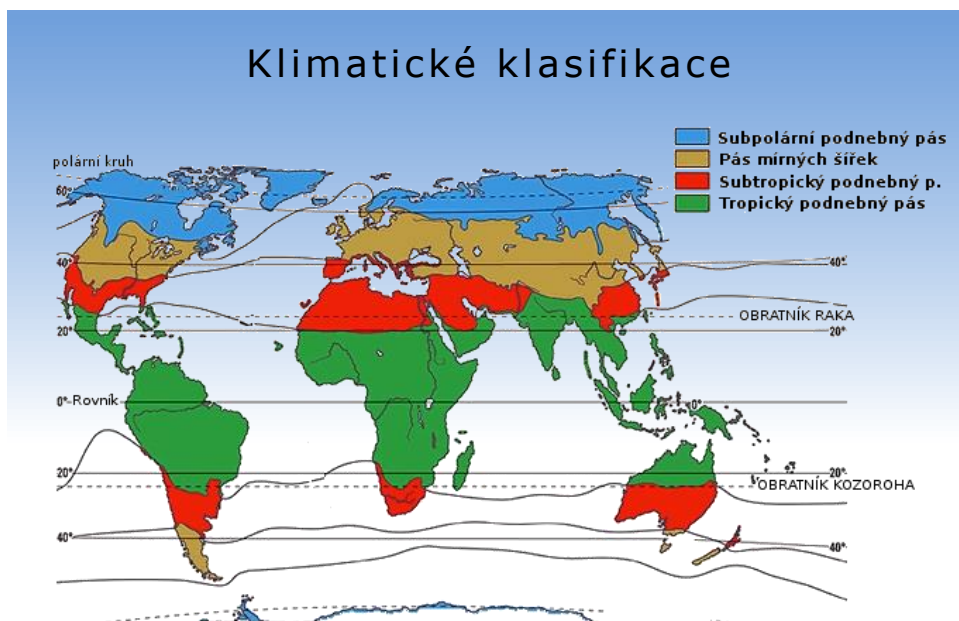
- **geografické faktory (GF)**
  - rozložení pevnin a oceánů
  - druh, struktura a složení AP pevnin a jeho podloží
  - charakter reliéfu pevnin
  - teplota povrchové vrstvy vody oceánů
  - vliv na **zonální** a **meridionální rozdíly** bilance záření a energetické bilance v měřítku geomů
  - důsledek: existence **specifických klimat** (kontinentální vs. oceánské)
  - význam zejména na S polokouli
  - makroreliéf pevnin podmiňuje **vertikální změnu geosystémů** (→ vertikální geomy, vertikální stupňovitost vegetace)
  - **výšková klimatická stupňovitost** – změny bilance záření s nadmořskou výškou, expozicí a orientací svahů (→ expoziční asymetrie)
  - intenzivnější **vertikální změny klimatických prvků** oproti změnám horizontálním (klimatické stupně jsou méně rozměrné než klim. pásy)

## Klima Země a jeho vývoj

- **antropogenní faktory (TF)**
  - ekonomická činnost lidské společnosti
  - produkce odpadní uměle vyrobené energie → **tepelné znečištění atmosféry**
  - lokální vliv na energetickou bilanci systému AP – A
  - „**tepelný ostrov města**“
  - emise znečištěnin do vysoké troposféry a spodní stratosféry, transport na značné vzdálenosti → **globální znečištění**
  - změny chemismu a fyzikálních vlastností atmosféry
  - **znečištění primární / sekundární** (→ smog)
  - vyšší obsah umělých aerosolů v atm. = zvýšený počet kondenzačních jader s hygroskopickou povahou

## Klimatické klasifikace

- podstata v existenci **zonality (pásmovitosti) klimatických podmínek** na Zemi
- základní faktor pro členění klimát Země = zeměpisná šířka, bilance slunečního záření během roku
- **klimatický pás**
  - společné základní rysy klimatických poměrů
  - zonální protažení
  - **hlavní klimatické pásy:**
    - **tropický pás** (kladná bilance záření)
    - **mírný pás S a J polokoule** (proměnlivá radiační bilance)
    - **polární pás** (arktický / antarktický, záporná bilance)
  - **přechodné pásy:**
    - **subtropický pás**
    - **subpolární pás**
  - oceánský / kontinentální / horský typ podnebí



## Klimatické klasifikace

- **cíl klimatických klasifikací:** vymezení základních klasifikačních jednotek a stanovení jejich geografického rozložení na Zemi
- prostorová generalizace
- **konvenční klasifikace**
  - vymezení a popis typů klimatu dle mezních, konvenčně stanovených hodnot meteorologických prvků
  - absence výkladu geneze klimatu jednotlivých typů
  - např. klasifikace A. Pencka (1910), W. Köppena a R. Geigera (1928), W. Gorczyńského (1948), ...
- **genetické klasifikace**
  - vycházejí z cirkulačních klimatotvorných faktorů
  - klasifikační metoda je zároveň metodou výkladu vzniku daného klimatického typu
  - větší důraz na geografickou zonalitu
  - např. klasifikace A. Hettnera (1930), B. P. Alisova (1950), A. N. Strahlera (1969)

## Klimatické klasifikace

- **Köppen-Geigerova klasifikace klimatu**
  - světově **nejrozšířenější konvenční klasifikace**
  - základem roční izotermy, délky trvání určitých teplot + nepřímé indikátory klimatu (flóra, fauna), později nahrazené kvantitativními charakteristikami
  - r. 1928: Wladimír Köppen spolu s Rudolfem Geigerem sestavují mapu klimatických oblastí Země
  - založena na **teplotním a srážkovém režimu a jeho vlivu na biotu**
  - **5 základních klimatických pásů (A–E)**
  - **klimatické typy** podle ročního režimu teploty a srážek:
    - **w** – suchá zima, **s** – suché léto, **f** – rovnoměrné rozložení srážek během roku, **m** – periodické srážky, **S** – step, **W** – poušť, **H** – horské klima
  - **klimatické podtypy:**
    - **a** – s horkým létem, **b** – s teplým létem, **c** – s chladným létem, **d** – s velmi chladnou zimou, **h** – horké klima nižších z. š., **k** – chladné klima vyšších z. š.

## Klimatické klasifikace

- **Köppen-Geigerova klasifikace klimatu**
  - **A – pás vlhkého tropického klimatu** (cca 36 % plochy Země)
    - bez chladných ročních období
    - průměrné měsíční teploty vzduchu **nad 18 °C**
    - velmi malá roční amplituda teploty (do 6 °C)
    - roční úhrn srážek **nad 750 mm**
    - srážky převažují nad výparem
    - velká pravidelnost v cirkulaci atmosféry
    - **typy:**
      - **Af** – klima vlhkých tropických pralesů s rovnoměrným rozložením srážek během roku
      - **Am** – monzunová varianta typu Af
      - **Aw** – klima savan s výraznou suchou periodou v zimě

## Klimatické klasifikace

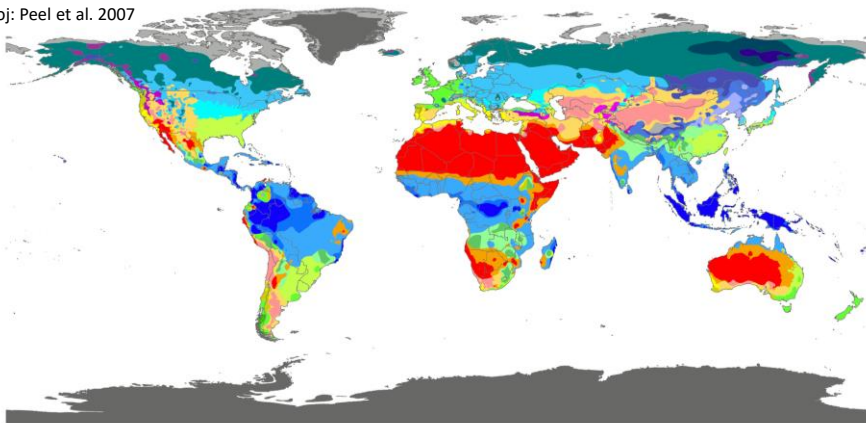
- **Köppen-Geigerova klasifikace klimatu**
  - **B – pás suchého klimatu** (cca 11 % plochy Země)
    - nízké srážkové úhrny
    - vysoká výparnost
    - v několika měsících přesahuje prům. teplota 18 °C
    - hranice mezi pásem B a pásy A, C, D vymezeny tzv. hranicí suchosti
    - **typy:** **BS** – klima stepí, **BW** – klima pouští
  - **C – pás mírně teplého klimatu** (cca 27 % plochy Země)
    - výrazná proměnlivost počasí
    - vyvinutá cyklonální činnost
    - 4 roční období
    - relativně chladná zima bez sněhové pokrývky
    - izoterma +18 °C nejteplejšího a -3 °C nejchladnějšího měsíce
    - **typy:** **Cw** – mírně teplé klima se suchou zimou, **Cs** – mírně teplé klima se suchým létem, **Cf** – mírně teplé klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku

## Klimatické klasifikace

- **Köppen-Geigerova klasifikace klimatu**
  - **D – pás mírně studeného (boreálního) klimatu** (cca 7 %)
    - izoterma  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  nejchladnějšího a  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  nejteplejšího měsíce
    - relativně krátké léto
    - srážky převyšují hranici suchosti
    - pravidelná sněhová pokrývka
    - vyvinut výrazně pouze na S polokouli
    - **typy:** **Dw** – mírně studené klima se suchou zimou (zabajkalský typ), **Df** – mírně studené klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
  - **E – pás polárního (studeného, sněžného) klimatu** (cca 19 %)
    - mírná až velmi studená zima
    - obvykle záporná teplota
    - nízké srážkové úhrny (většinou sních)
    - **typy:** **ET** – klima tundry (teplota nejteplejšího měsíce mezi  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}\text{C}$ ), **EF** – klima věčného mrazu (teplota nejteplejšího měsíce nižší než  $0^{\circ}\text{C}$ ), **EH** – klima vysokohorských oblastí mírných a nízkých z. š.

## Klimatické klasifikace

zdroj: Peel et al. 2007



Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data  
Temperature (N = 4,844) and  
Precipitation (N = 12,396)

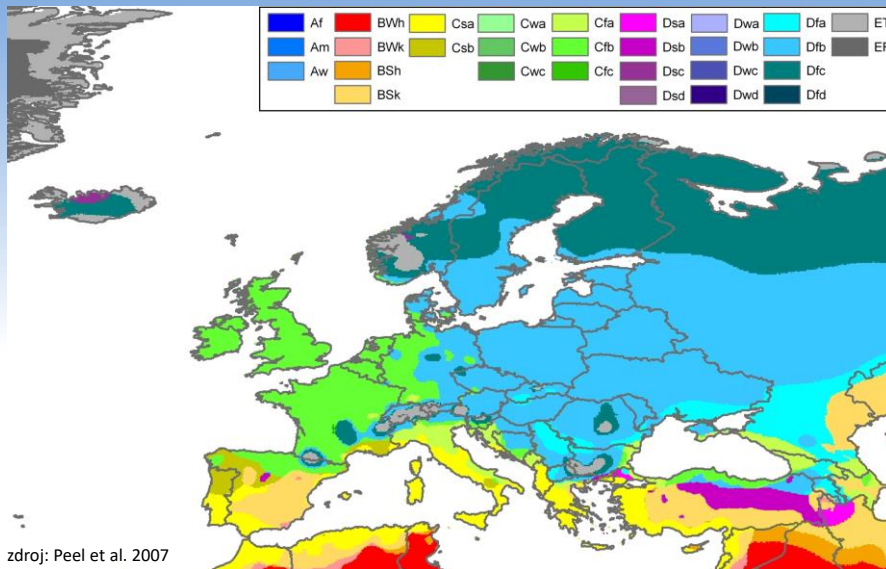
PERIOD OF RECORD : All available

MIN LENGTH :  $\geq 30$  for each month.

RESOLUTION : 0.1 degree lat/long



## Klimatické klasifikace

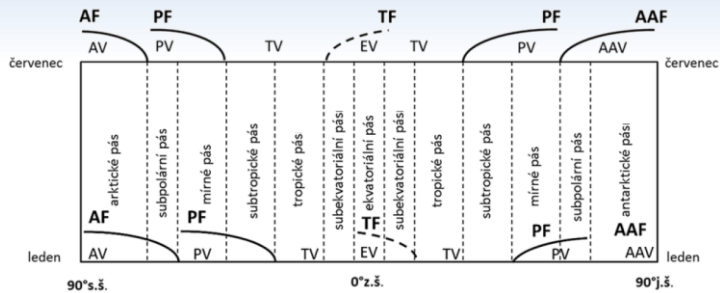


## Klimatické klasifikace

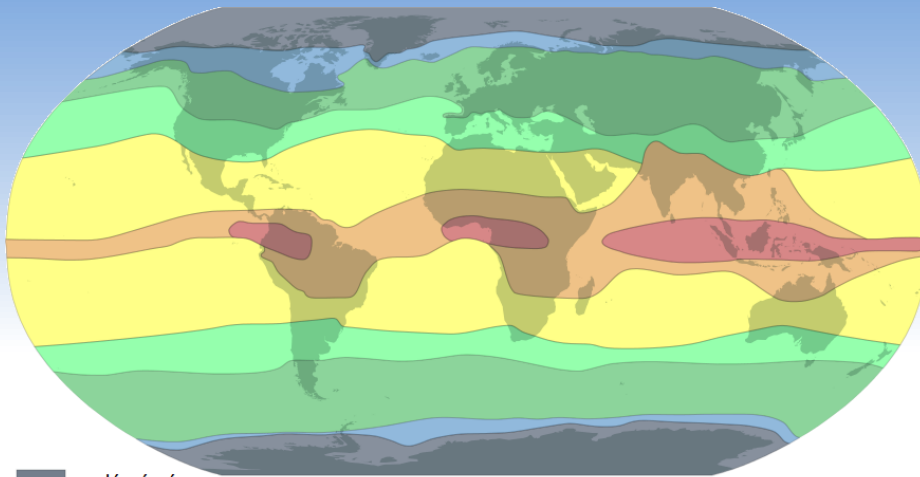
- **klasifikace klimatu podle B. P. Alisova**
  - **genetická klasifikace** vycházející z podmínek VCA
  - Boris Pavlovič Alisov ji zveřejnil r. 1940
  - **hlavní pásy** definovány dle průměrné polohy geografických typů VH během roku
  - **přechodné pásy** stanoveny dle sezónního střídání geografických typů VH v určité oblasti
  - 4 hlavní a 3 přechodné pásy na každé polokouli
  - hranice určeny polohou klimatických front
  - kontinentální a oceánský typ klimatu
  - typ klimatu západních / východních pobřeží pevnin








## Klimatické klasifikace

- **klasifikace klimatu podle B. P. Alisova**
  - ekvatoriální (rovníkový) pás
  - *subekvatoriální pás (rovníkových monzunů)*
  - tropický pás
  - *subtropický pás*
  - mírný pás
  - *subarktický (subantarktický) pás*
  - polární (arktický a antarktický) pás



## Klimatické klasifikace



- |  |   |   |
|--|---|---|
|  polární pás                      |  subtropický pás |  subekvatoriální pás |
|  subarktický / subantarktický pás |  tropický pás    |  ekvatoriální pás    |
|  mírný pás                        |   |   |

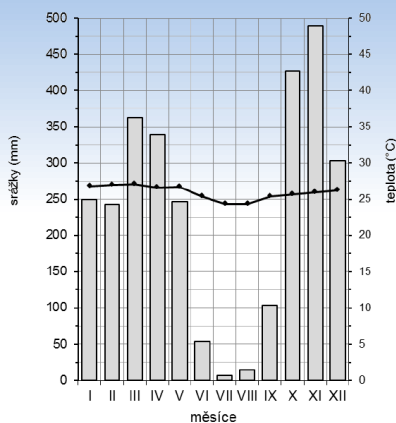
## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS ROVNÍKOVÉHO KLIMATU (EKVATORIÁLNÍ PÁS)**
  - Köppen: Af
  - vyrovnaný teplotní režim během roku (amplituda max. 5 °C)
  - prům. měsíční teploty v rozmezí 24–28 °C
  - denní teplotní amplituda 10–15 °C
  - vysoký výpar → enormní absolutní vlhkost vzduchu
  - relativní vlhkost vzduchu nad 70 %
  - časté noční radiační mlhy a rosa (vysoký obsah vodní páry)
  - labilní teplotní zvrstvení (oblaka Cu, Cb)
  - prům. roční úhrn srážek 1000–3000 mm
  - srážky na pevnině ve dne, nad oceánem v noci
  - rovnoměrné rozložení srážek během roku (vyjma monzunových oblastí)
  - rozdíly mezi oceánským a kontinentálním klimatem jsou zanedbatelné

## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS ROVNÍKOVÉHO KLIMATU (EKVATORIÁLNÍ PÁS)**

Libreville  
0 m n. m.      26,0 °C  
2841 mm



všechny klimadiagramy převzaty z: Ruda 2014

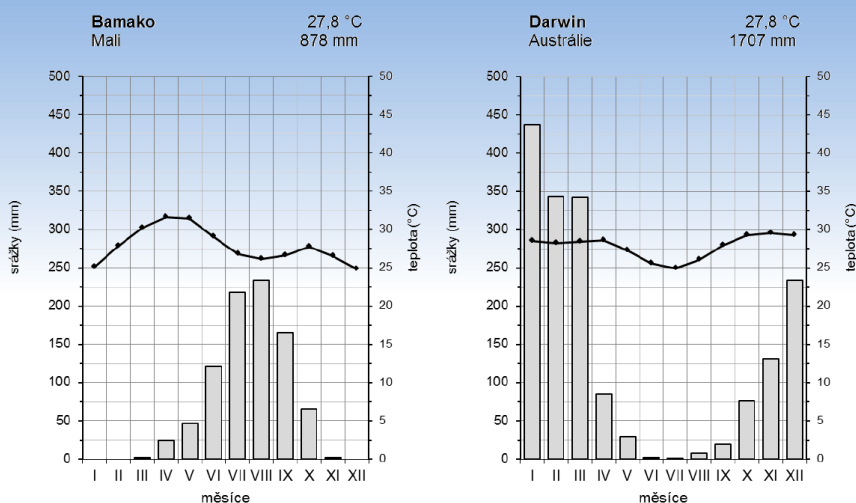
## Klimatické pásy na Zemi

### • PÁS ROVNÍKOVÝCH MONZUNŮ (SUBEKVATORIÁLNÍ PÁS)

- Köppen: Af, Am
- **letní monzun:** vysoká vlhkost vzduchu na pevnině, malá denní amplituda teploty, intenzivní srážky
- **zimní monzun:** nízká vlhkost na pevnině, malé srážkové úhrny, vyšší denní teplotní amplituda
- maximální insolace obvykle v době mezi monzuny
- **kontinentální typ klimatu:**
  - vlhké léto, suchá zima
  - nejteplejší a nejsušší období = jaro
  - nejnižší teploty v zimě a v létě
  - konvekční lijáky – intenzita klesá se vzdáleností od rovníku
  - orografické zesílení srážek (Etiopská vysočina, Himálaj, atd.)
- **oceánský typ klimatu:**
  - zimní monzun – stabilní zvrstvení, letní monzun – labilní zvrstvení
  - srážky zejména v létě

## Klimatické pásy na Zemi

### • PÁS ROVNÍKOVÝCH MONZUNŮ (SUBEKVATORIÁLNÍ PÁS)



## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS TROPICKÉHO VZDUCHU (TROPICKÝ PÁS)**
  - anticyklóny nad oceány, termicky podmíněné cyklóny nad pevninami
  - tropický vzduch s malým obsahem vodní páry z důvodu nedostatku vláhly a přítomnosti pasátové inverze nad oceány
  - pouze malá oblačnost
  - AP ozářen intenzivněji než v ekvatoriálních oblastech
  - **kontinentální tropický typ klimatu** (Köppen: BWh, BSh)
    - extrémní sucho, horká léta, velká prašnost
    - denní teploty vzduchu až 40 °C
    - denní teplotní amplituda až 80 °C !
    - relativní vlhkost vzduchu v létě okolo 30 %, v zimě 50 %
  - **oceánský tropický typ klimatu** (Köppen: Aw, Cwa)
    - vysoká vlhkost
    - malá denní i roční amplituda teploty vzduchu
    - **rozdílly tropické klima západních vs. východních břehů pevnin**

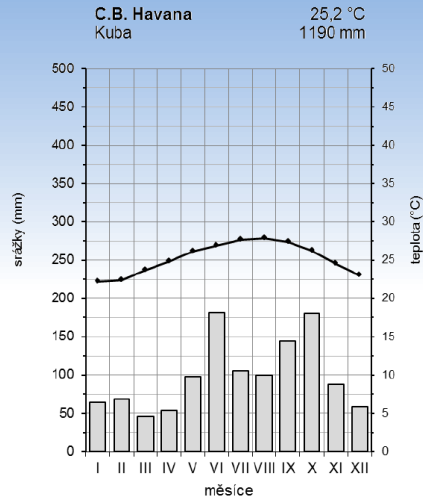
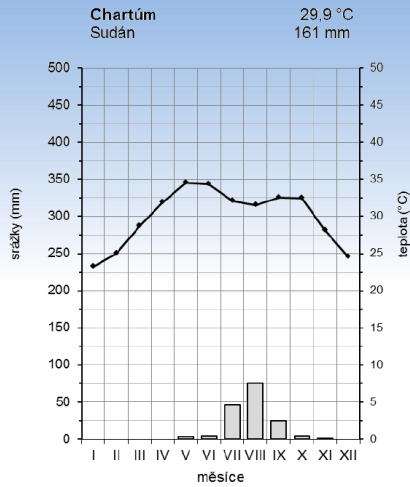
## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS TROPICKÉHO VZDUCHU (TROPICKÝ PÁS)**
  - **západní břehy**
    - nižší teplota vzduchu (18–20 °C)
    - málo srážek, časté mlhy
    - vyvinutá brízová cirkulace
    - vysoká relativní vlhkost (80–90 %)
    - klima pobřežních pouští (Atacama, Namib)
  - **východní břehy**
    - vyšší teplota vzduchu
    - vyšší srážkové úhrny
    - pouze slabá pasátová inverze
    - výrazný vliv orografie



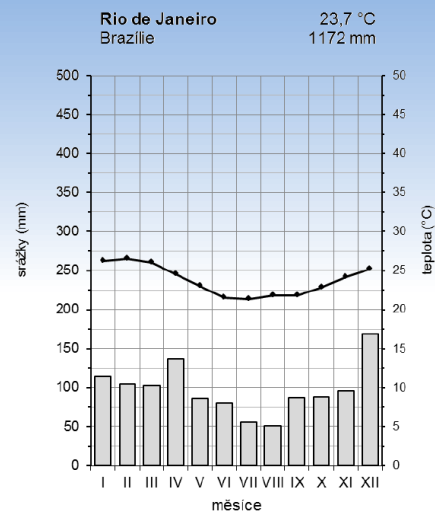
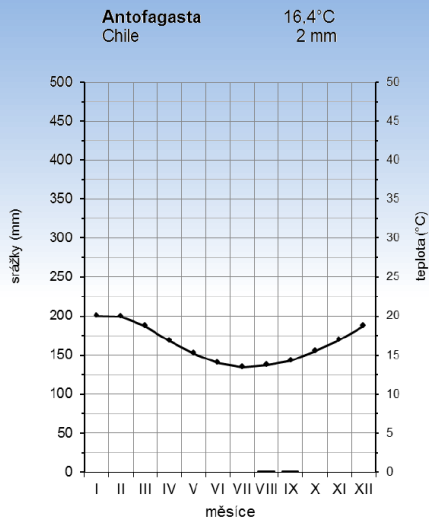
## Klimatické pásy na Zemi

- PÁS TROPICKÉHO VZDUCHU (TROPICKÝ PÁS)**



## Klimatické pásy na Zemi

- PÁS TROPICKÉHO VZDUCHU (TROPICKÝ PÁS)**



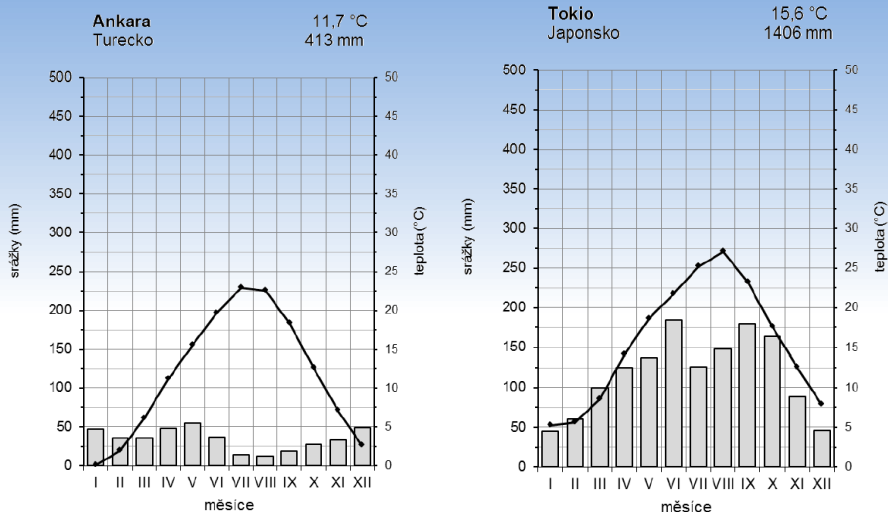
## Klimatické pásy na Zemi

### • SUBTROPICKÝ PÁS

- nižší roční úhrny insolace oproti tropům (-20 %)
- vyšší sezónní rozdíly
- léto: tropický vzduch, suché a jasné počasí
- zima: vzduch mírných šířek, chladnější a deštivé počasí
- **kontinentální subtropický typ** (Köppen: BWh, BWk, BSh, BSk)
  - stejné hodnoty EB jako tropy
  - minimální tvorba oblak
  - prům. teploty okolo 30 °C
  - v zimě a na jaře cyklonální činnost – srážky (prům. roční úhrn 500 mm)
- **oceánský subtropický typ** (Köppen: Cfa, Csa, Csb)
  - vyrovnanější roční chod teploty vzduchu oproti kontinentu
  - **klima západních pobřeží** (středomořské klima) – teplé, suché, slunečné léto, teplá deštivá zima (vliv polární fronty)
  - **klima východních pobřeží** – monzunový typ, suché a chladné zimy, srážkově velmi bohaté léto

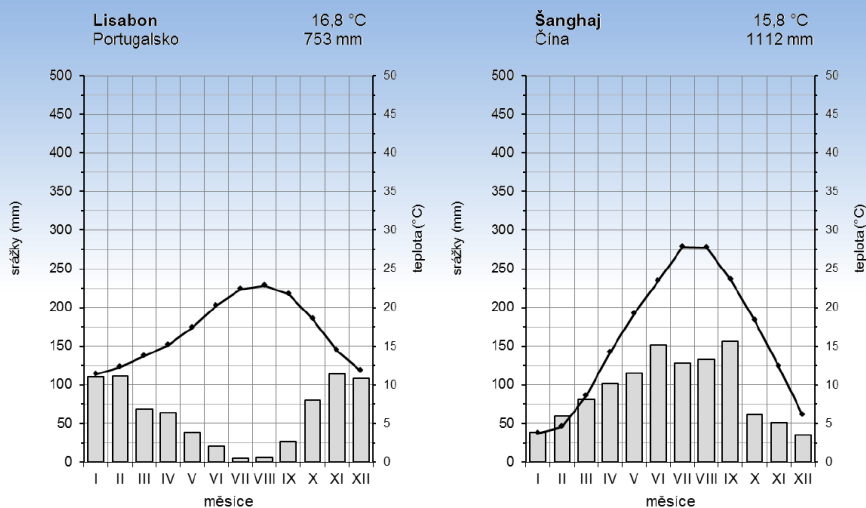
## Klimatické pásy na Zemi

### • SUBTROPICKÝ PÁS



## Klimatické pásy na Zemi

### • SUBTROPICKÝ PÁS



## Klimatické pásy na Zemi

### • PÁS VZDUCHU MÍRNÝCH ŠÍŘEK (MÍRNÝ PÁS)

- výrazná cyklonální činnost podmiňuje meridionální výměnu vzduchu → vpády arktického a tropického vzduchu
- EB v zimě již záporná
- vyšší letní teploty
- výpar výrazně nižší oproti tropům
- velká proměnlivost počasí
- **kontinentální typ** (Köppen: BWk, BSk)
  - léto: vysoká teplota, nízká relativní vlhkost, labilní zvrstvení
  - zima: nízká teplota, vysoká relativní vlhkost, stabilní zvrstvení
  - vznik výrazných anticyklón (teploty až -40 °C)
  - vysoké roční amplitudy teploty vzduchu (50–60 °C)
  - roční úhrn srážek 300–600 mm
- **oceánský typ** (Köppen: Dfa, Dfb, Dwa, Dwb)
  - nízká denní a roční amplituda teploty vzduchu
  - teplejší zima, chladnější léto
  - rovnoměrně rozložené srážky během roku

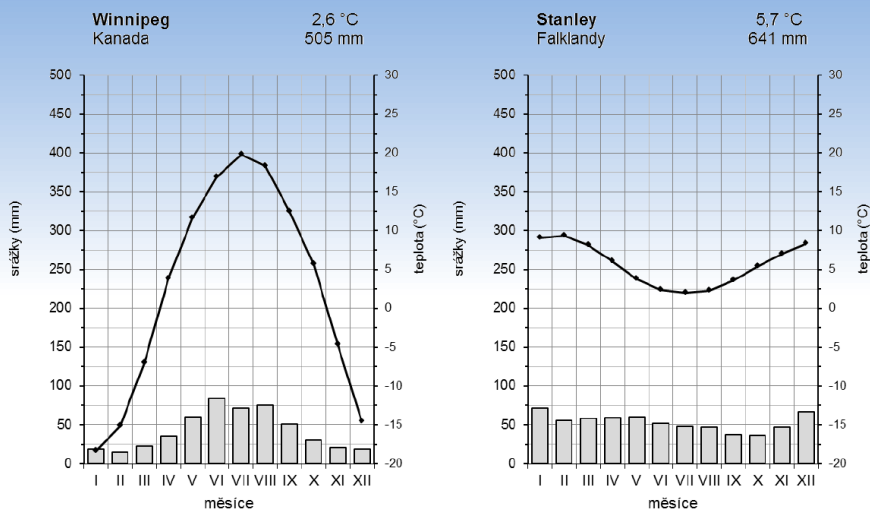


## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS VZDUCHU MÍRNÝCH ŠÍŘEK (MÍRNÝ PÁS)**
  - **mírné klima západních pobřeží pevnin** (Köppen: Cfb, Cfc)
    - cyklonální činnost během celého roku
    - relativně teplá zima, chladné léto
    - maximum srážek na podzim a v zimě
    - roční úhrn srážek 600–700 mm
    - časté deštivé počasí s mlhami
  - **mírné klima východních pobřeží pevnin**
    - monzunový ráz
    - zima: vliv SZ proudění (studené a suché počasí)
    - léto: cyklonální činnost (deštivé a chladné počasí)
    - roční úhrn srážek 500–700 mm

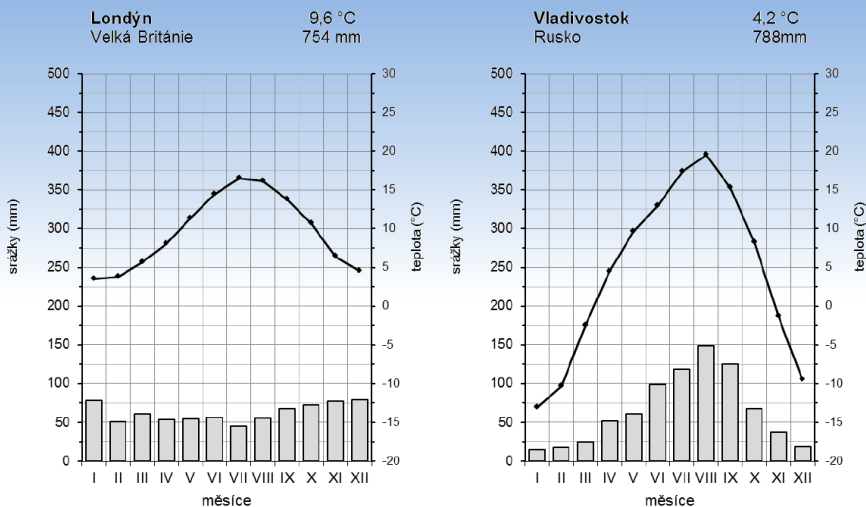
## Klimatické pásy na Zemi

- **PÁS VZDUCHU MÍRNÝCH ŠÍŘEK (MÍRNÝ PÁS)**



## Klimatické pásy na Zemi

### • PÁS VZDUCHU MÍRNÝCH ŠÍŘEK (MÍRNÝ PÁS)



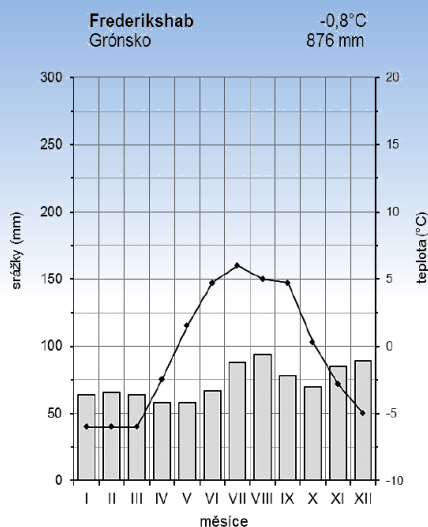
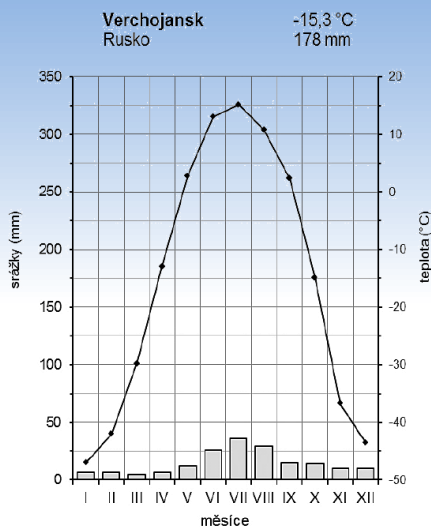
## Klimatické pásy na Zemi

### • SUBARKTICKÝ PÁS

- Köppen: Dfc, Dfd, Dwc, Dwd
- zima: arktický vzduch / léto: vzduch mírných šířek
- plošně jen omezený rozsah
- **kontinentální subarktický typ**
  - zima: velmi chladná a dlouhá (teplota -50 – -60 °C)
  - léto: krátké a relativně teplé
  - největší roční teplotní amplitudy na světě (cca 65 °C)
  - malé množství srážek (cca do 200 mm/rok) – zejména v létě na frontách
- **oceánský subarktický (subantarktický) typ**
  - zima: mořský arktický vzduch (mírná zima)
  - léto: mořský vzduch mírných šířek (chladné počasí)
  - roční teplotní amplituda do 20 °C

## Klimatické pásy na Zemi

### • SUBARKTICKÝ PÁS



## Klimatické pásy na Zemi

### • ARKTICKÝ A ANTARKTICKÝ PÁS (POLÁRNÍ PÁSY)

- EB po většinu roku záporná (vysoké albedo sněhu a ledu)
- velmi krátká období kladné bilance – většina energie na tání sněhu a ledu
- velmi nízké teploty po celý rok
- mohutné inverze subsidenčního a radiačního typu
- malé srážkové úhrny (nízký obsah vodní páry)
- **kontinentální polární klima** (Köppen: EF)
  - typicky v Antarktidě
  - velmi chladné zimy, studená léta
  - průměrná teplota záporná po celý rok
  - stanice Vostok (21. 7. 1983: -89,2 °C)
  - silné proudění v okrajových částech kontinentu
  - srážkové úhrny 40–50 mm /rok (roste k okrajům kontinentu)

## Klimatické pásy na Zemi

### • ARKTICKÝ A ANTARKTICKÝ PÁS (POLÁRNÍ PÁSY)

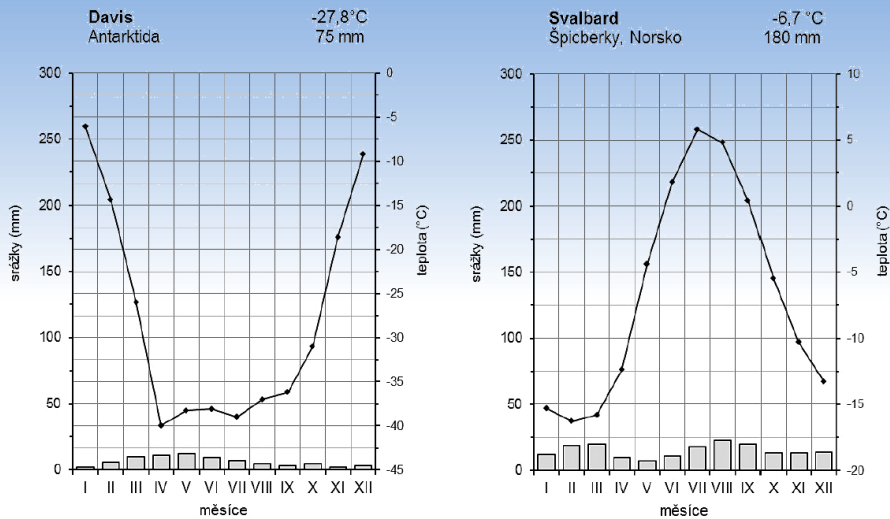
#### – oceánské polární klima (Köppen: ET)

- oblast Arktidy (vyjma centrální části Grónska)
- v létě teploty nad 0 °C
- v zimě teploty mezi -40 a -55 °C
- oteplující vliv Atlantského oceánu
- roční úhrn srážek 150–200 mm



## Klimatické pásy na Zemi

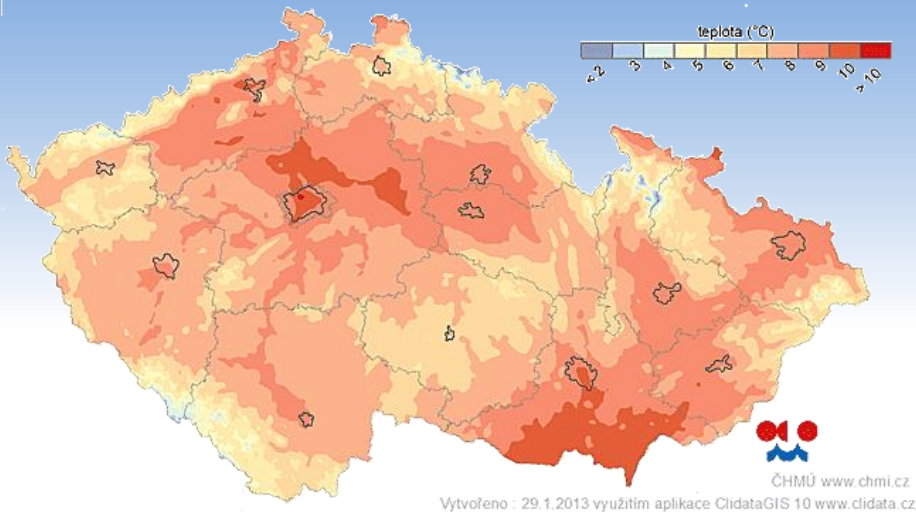
### • ARKTICKÝ A ANTARKTICKÝ PÁS (POLÁRNÍ PÁSY)



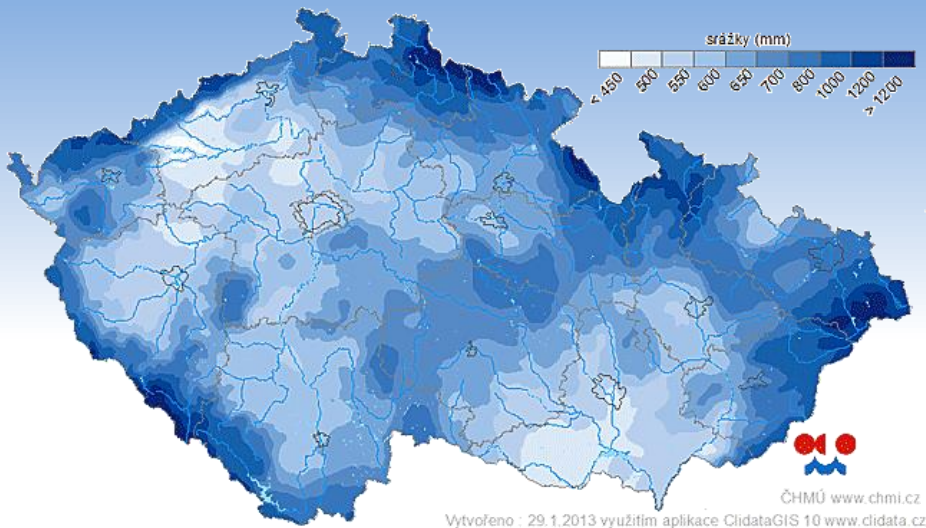
## Klimatické podmínky České republiky

- výrazný vliv nadmořské výšky
- vliv zeměpisné šířky a délky zanedbatelný
- nejteplejší měsíc: červenec ( $t_{\text{prům}} = 16,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- nejchladnější měsíc: leden ( $t_{\text{prům}} = -2,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- nejnižší průměrné roční teploty v horských oblastech – Sněžka ( $+0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- historická minima a maxima teplot:
  - Litvínovice u ČB ( $-42 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 1929)
  - Dobřichovice u Prahy ( $+40,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 2012)
- prům. roční srážkový úhrn: 680 mm
- srážkově extrémní lokality:
  - návětrné svahy Jizerských hor, Moravskoslezských Beskyd, Hrubého Jeseníku a Šumavy (cca 1200 – 1600 mm)
  - oblasti ve srážkovém stínu Krušných hor (cca 300 – 500 mm)
  - maximální roční úhrn srážek: 2201 mm, Jizerka, rok 1926
  - minimální roční úhrn srážek: 247 mm, Velké Přítočno (okres Kladno), rok 1933

## Klimatické podmínky České republiky

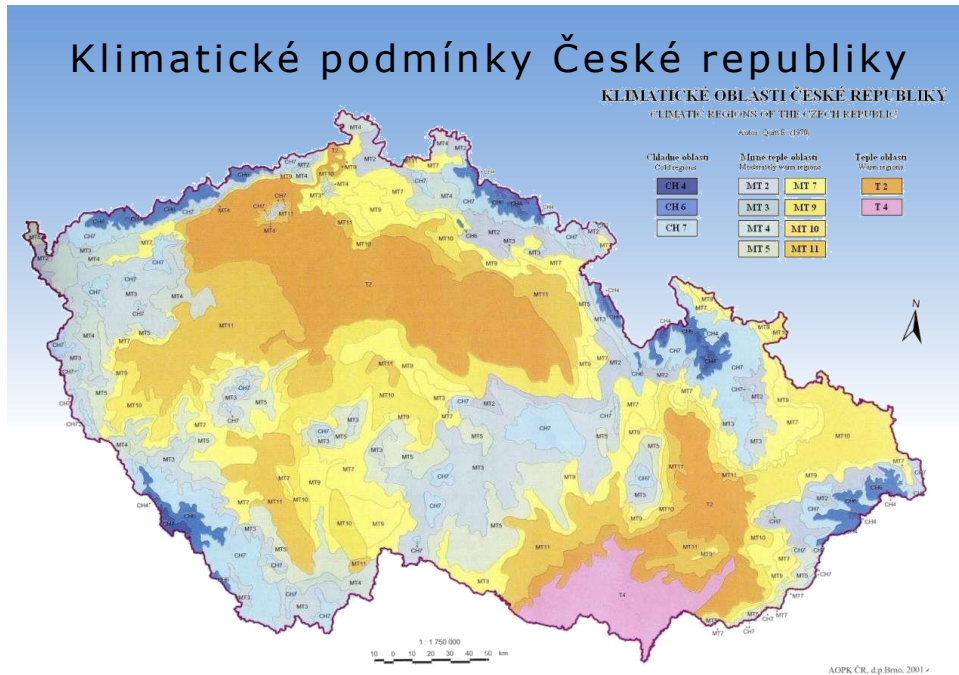


## Klimatické podmínky České republiky



## Klimatické podmínky České republiky

- **Köppen:**
  - mírně teplé klima bez suchého období s horkým létem (Cfb)
  - mírně studené klima bez suchého období s teplým létem (Dfb)
  - mírně studené klima bez suchého období s chladným létem (Dfc)
  - polární klima tundry (ET)
- **klasifikace klimatu podle E. Quitta (1971)**
  - dílo Klimatické oblasti Československa
  - vychází z průměrných teplot vzduchu, počtu letních dnů se specifickými teplotami (mrazové dny, atd.), dnů s určitým úhrnem srážek, počtu dní se zataženou oblohou, atd.
  - 3 hlavní klimatické oblasti:
    - **teplá** (rajony T1 – T5)
    - **mírně teplá** (MT1 – MT11)
    - **chladná** (CH1 – CH7)
  - na území ČR aktuálně pouze 13 jednotek
- **klasifikace z Atlasu podnebí ČSR (1958)**



## Změny a kolísání klimatu

- klimatický systém je časově proměnlivý
- sezónní / meziroční / sekulární proměnlivost
- **změna klimatu** jako projev sekulární nestálosti klimatického systému
  - příčinou je změna klimatotvorných faktorů
  - změna probíhá v dlouhých časových intervalech (geologické epochy)
- kratší intervaly – může jít o kolísání kolem střední hodnoty meteorologických prvků → **kolísání klimatu**
- místní / regionální / globální měřítko
- problém jednoznačného stanovení trendu změn hodnot meteorologických prvků

## Změny a kolísání klimatu

- **METODY STUDIA ZMĚN A KOLÍSÁNÍ KLIMATU**
  - **přístrojová meteorologická měření a pozorování**
    - od poloviny 19. století, spolehlivá měření od r. 1880
    - málo stanic na oceánech, omezené provádění specializovaných pozorování
  - **písemné prameny o počasí a klimatu**
    - 2–3 tisíce let před přístrojovými měřeními
    - zápisy kronik, lodních deníků, staré rukopisy, literární díla, ...
    - zmínky o výjimečných meteorologických jevech (extrémní zimy, sucha, ...)
    - problém subjektivity
    - význam pro studium regionálních výkyvů klimatu
  - **paleoklimatické metody studia**
    - **paleoklimatologie** – rekonstrukce minulého klimatu, objasnění přirozeného trendu klimatických změn a nástin budoucího vývoje klimatu na základě paleogeografických údajů
    - princip aktuálnosti
    - **proxy data** – nepřímé údaje umožňující rekonstrukci klimatu z minulosti Země

## Změny a kolísání klimatu

- podklady pro fungování klimatických modelů
- **zdroje proxy dat:**
  - ledovcová jádra (koncentrace prachových částic, síranových iontů, analýza poměrů izotopu kyslíku)
  - letokruhy (dendroklimatologie)
  - pyl (rekonstrukce vegetace)
  - koráli
  - geotermické vrty (analýza anomálií teplotních profilů prostřednictvím nízkofrekvenčního signálu)
  - geologické / geomorfologické vlastnosti a tvary (morény, kary, mrazové klíny, spraše, varvy, fosilní půdy, ...)



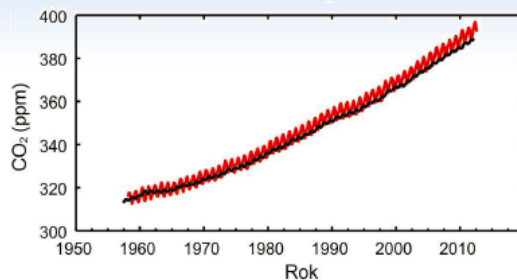


## Změny a kolísání klimatu

- **PŘÍČINY KLIMATICKÝCH ZMĚN**
  - **dlouhodobé kolísání solární konstanty**
  - **kolísání sluneční aktivity**
  - **terestrické příčiny**
    - nižší propustnost atmosféry v obdobích vulkanické činnosti (Krakatoa 1883)
    - změny magnetického pole Země (rozložení pevnin a oceánů, ...)
    - charakter AP (albedo povrchu, ...)
  - **astronomická hypotéza**
    - změny orbitálních parametrů Země podle Milutina Milankoviće
    - sklon ekliptiky / délka perihelia / excentricita zemské orbity
    - graf ekvivalentních šířek ( $\pm 1$  mil. let)
  - **orografická hypotéza**
    - vliv tektonických pohybů zemské kůry na nestálost geografických klimatotvorných faktorů
    - teplá období = málo členitý reliéf, studená období následujíc po zdvihu pevniny

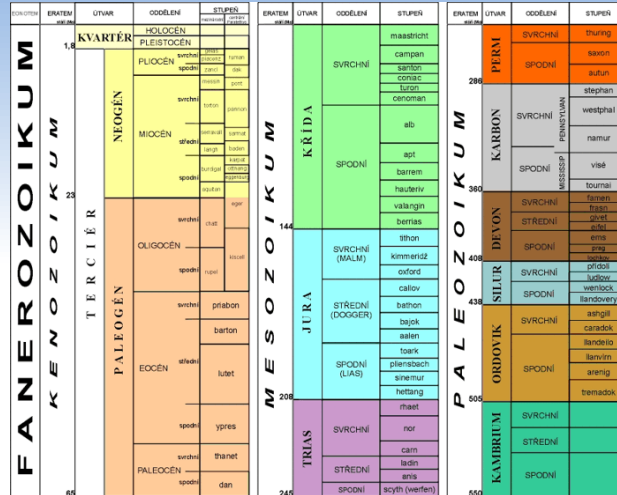
## Změny a kolísání klimatu

- **PŘÍČINY KLIMATICKÝCH ZMĚN**
  - **cirkulační faktory**
    - změny ve VCA
    - vliv změn sluneční aktivity (11 a 80leté cykly)
    - dopady na globální klima
  - **antropogenní faktory**
    - nárůst koncentrace plynů
    - úbytek ozónu
    - znečišťování atmosféry



# Změny a kolísání klimatu

- ZMĚNY A KOLÍSÁNÍ V GEOLOGICKÉ MINULOSTI ZEMĚ
  - starší období (prekambrium) / mladší období (fanerozoikum)



# Změny a kolísání klimatu

- ZMĚNY A KOLÍSÁNÍ V GEOLOGICKÉ MINULOSTI ZEMĚ
  - fanerozoikum:
    - převážně teplé klima, slabá sezónnost, různé úrovně zavlážení
    - vyšší teploty oproti současnosti zejm. v mírných a vysokých z. š.
    - větší rozsah tropické flóry
    - méně vyjádřená klimatická pásmovitost
    - od 1H výrazný rozvoj organismů
    - výskyt relativně **krátkodobých ochlazení** (hranice ordoviku a siluru, permokarbonské zalednění)
    - výrazné ochlazení na přelomu křídý a paleogénu (dopad asteroidu v oblasti Mexického zálivu)
    - **globální ochlazování** od poloviny oligocénu (zhruba do pleistocénu) → navazují 4H glaciály
    - **pleistocén: střídaní glaciálů a interglaciálů**
    - 4 glaciály (a 3 interglaciály) v Alpách: günz / mindel / riss / würm
    - později doplněn starší glaciál – donau
    - glaciály děleny na **stadiály** (chladnější) a **interstadiály** (relativně teplejší)

## Změny a kolísání klimatu

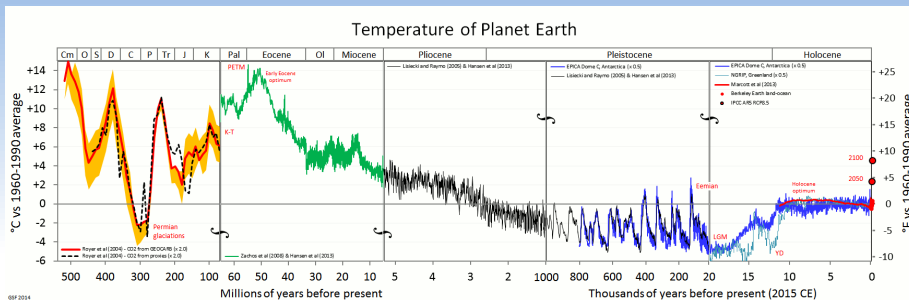
### – glaciály

- výrazný rozsah pevninských ledovců v době zalednění (až 30 % plochy souše, mocnost stovky metrů)
- mořské ledy posunuty až o 10–15° z. š. k rovníku
- pokles klimatické sněhové čáry
- nárůst rozlohy permafrostu
- výrazné kolísání hladiny světového oceánu (až 200 m !)
- výrazný pokles teploty vzduchu (5 °C pro celou Zemi, až 12 °C ve vyšších šířkách)
- posun fyzickogeografických zón (arktické klima až po 40-50° s. š.)
- poslední glaciál před 20 000 lety (würmský stadiál)
- ČR: zalednění až po Moravskou bránu

### – interglaciály

- nárůst teploty vzduchu o 1–3 °C (až 5 °C v létě) oproti současnosti
- řádově 5x kratší než glaciály
- poslední interglaciál od 11 000 BP do současnosti

## Změny a kolísání klimatu



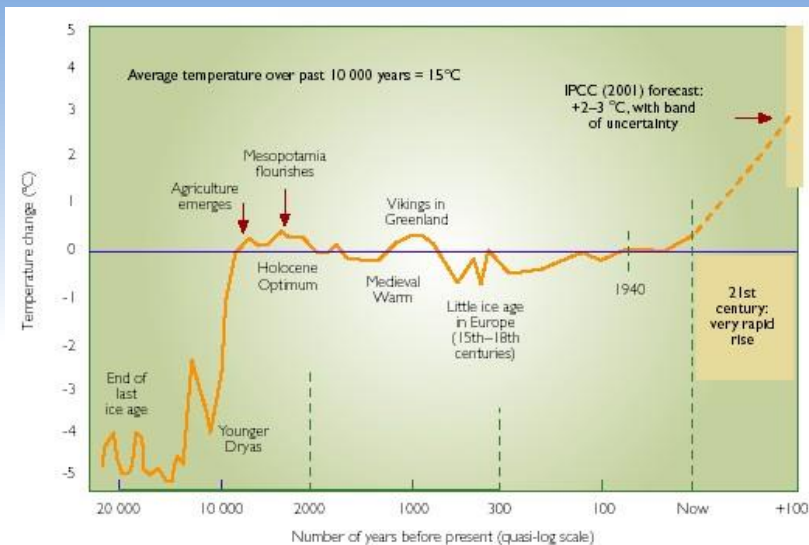
## Změny a kolísání klimatu

- **klimatické podmínky holocénu**
  - holocén = postglaciál
  - několik výrazných výkyvů klimatu
  - relativně chladné a vlhké klima po posledním zalednění
  - postupný ústup pevninských ledovců (cca od 10 800 let BP)
  - nárůst teploty vzduchu – kulminace před 8 000–5 000 lety (teplota vyšší o 2 až 3 °C oproti současnosti)
  - postglaciální klimatické optimum
    - subtropická oblast VT posunuta k severu
    - vlhčí klima v dnešních aridních oblastech
    - mírné klima v S Americe a Eurasii
  - následují další menší klimatické změny, s tendencí k ochlazení

## Změny a kolísání klimatu

- **klimatické podmínky od počátku letopočtu**
  - relativní stálost klimatotvorných faktorů
  - v Evropě teploty a srážky v prvních stoletích analogické současnosti
  - postupné mírné oteplování do cca 8. století (suché a teplé klima)
    - daleké plavby Vikingů
    - kolonizace Grónska (Gronland – Zelená země)
  - období klimatického optima v holocénu („malé optimum“): 1150–1300 n. l.
    - vinařství v Británii
  - od poloviny 14. stol. ochlazení – vyšší proměnlivost počasí v Evropě
    - zánik grónských osad v 15. století
  - 1590–1850 n. l.: „malá doba ledová“
    - nejvýraznější ochlazení v 17. století
    - formace menších horských ledovců v Evropě
  - od 2. pol. 19. století: oteplovací tendence na S polokouli

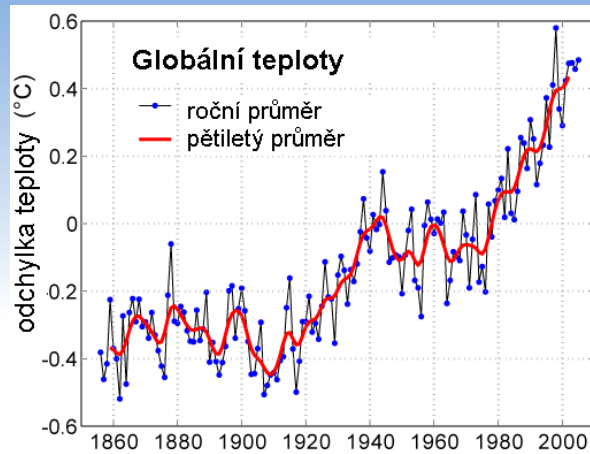
## Změny a kolísání klimatu



## Změny a kolísání klimatu

- **současný stav klimatu a jeho vývoj**
  - postupný trvalý nárůst teploty vzduchu
  - krátké období ochlazení zhruba mezi lety 1940–70
  - dopady kolísání (změny) nejvíce patrné ve vysokých z. š. v zimě (zmenšení rozlohy pevninských i horských ledovců)
  - chybně označováno jako **globální oteplování**
  - **příčiny změny klimatu:**
    - zesilování vlivu skleníkového efektu
    - růst obsahu antropogenních aerosolů v atmosféře
    - změny obsahu přirozených aerosolů v atmosféře (po vulkanických erupcích)
    - změny intenzity slunečního záření
    - změny v charakteru využití území (albedo, ...)

## Změny a kolísání klimatu



zdroj: Ruda 2014

## Změny a kolísání klimatu

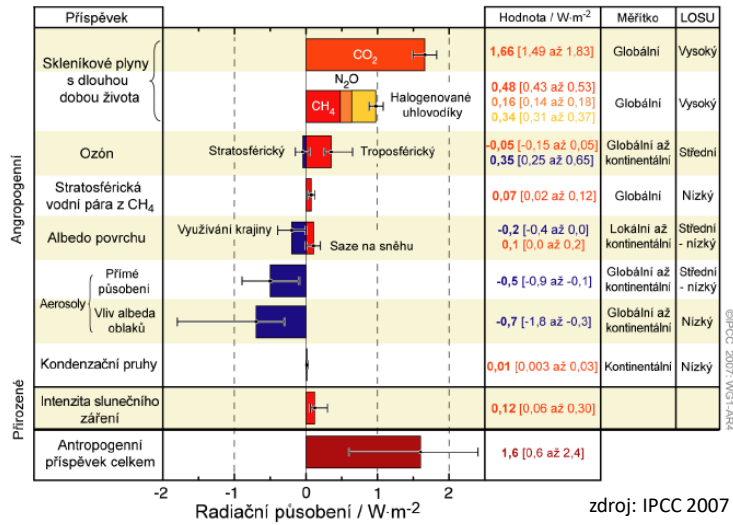
- **Mezivládní panel pro změny klimatu** (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)
  - vědecké mezivládní uskupení zal. r. 1988
  - Světová meteorologická organizace (WMO) a Program OSN pro životní prostředí (UNEP), sekretariát v Ženevě (WMO)
  - vyhodnocování rizika změny klimatu – nikoliv vlastní výzkum, ale pouze publikace zpráv a analýza existujících podkladů
  - I. hodnotící zpráva (1990)
  - aktuálně V. hodnotící zpráva (2014) – 3 části (Fyzikální základy, Dopady, adaptace a zranitelnost, Mitigace)
  - Speciální zpráva o emisních scénářích (SRES, 2000)



web IPCC: <http://www.ipcc.ch>

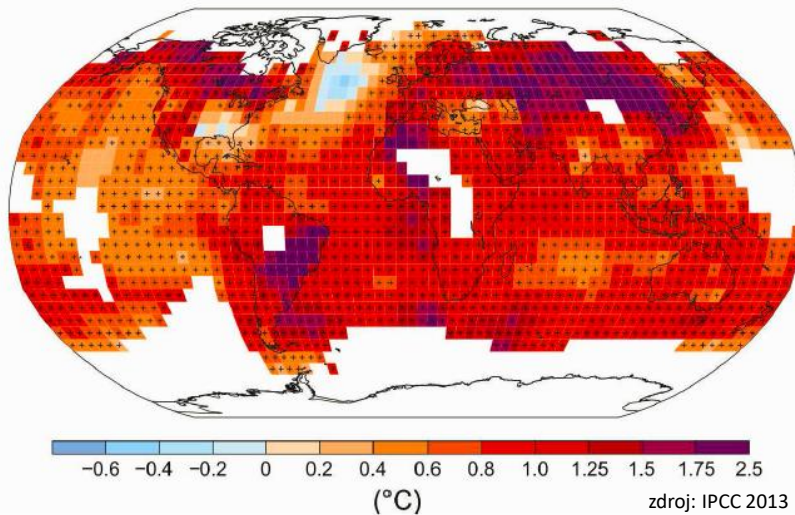
## Změny a kolísání klimatu

### Příspěvky k radiačnímu působení

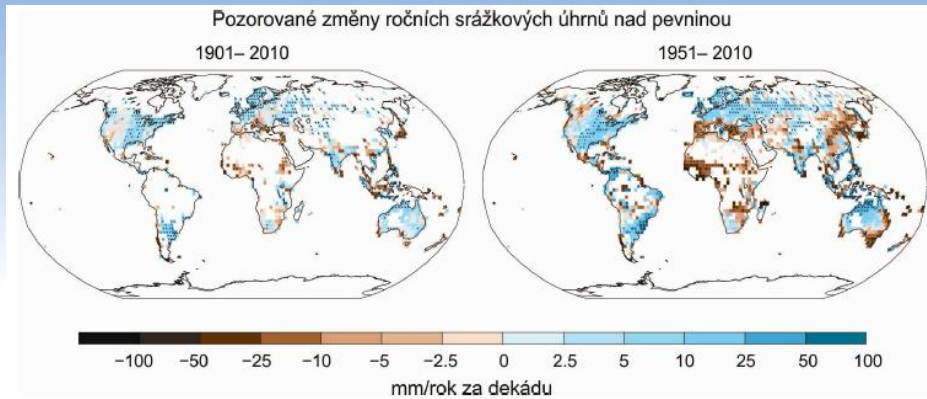


## Změny a kolísání klimatu

### Pozorované změny teploty vzduchu při povrchu, 1901-2012

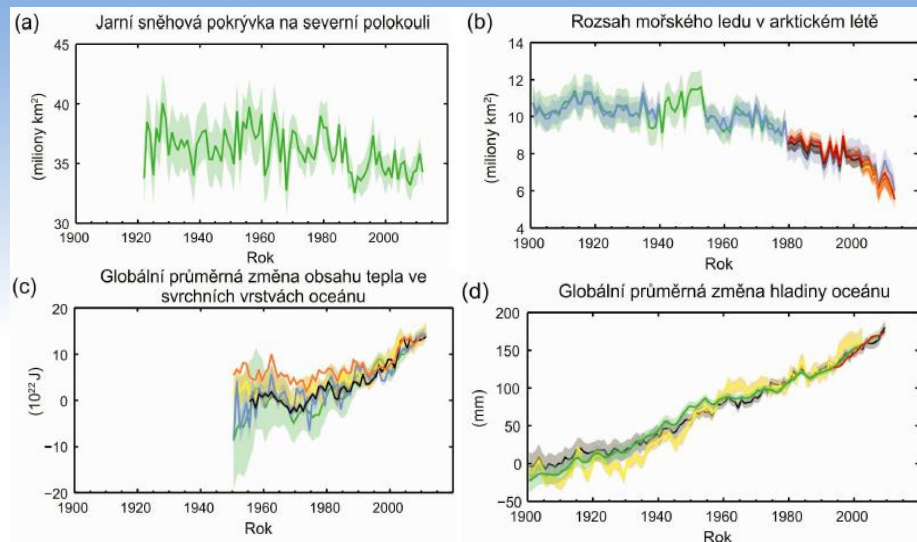


## Změny a kolísání klimatu



zdroj: IPCC 2013

## Změny a kolísání klimatu



zdroj: IPCC 2013

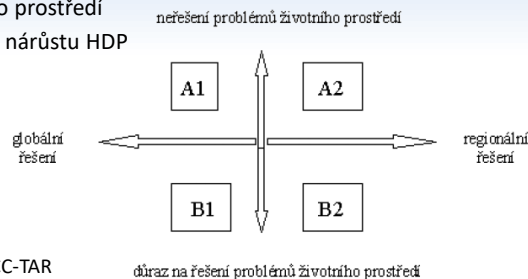


## Změny a kolísání klimatu

- **budoucí vývoj klimatu Země**
  - konstrukce **klimatických scénářů**
  - přijatelný popis klimatu při zahrnutí předpokládaných důsledků antropogenních vlivů
  - rozdíl mezi současným stavem (např. obdobím 1961–1990) a budoucím modelovým klimatem pro určitý časový horizont
  - **projekce klimatu** je odezva klimatického systému na určitý scénář emisí skleníkových plynů a aerosolů stanovená klimatickými modely
  - **globální klimatické modely** → konstrukce **regionálních scénářů změny klimatu**
  - použití více různých klimatických modelů s cílem zohlednění nejistoty v modelování
  - **emisní scénáře růstu emisí skleníkových plynů**, popř. antropogenních aerosolů
  - IPCC: **4 hlavní skupiny emisních scénářů** možného vývoje do konce 21. století (IPCC SRES)

## Změny a kolísání klimatu

- emisní scénáře zohledňují **různé stupně socioekonomického vývoje světa**
  - různou míru růstu ekonomiky
  - způsoby a možnosti využívání palivo-energetických zdrojů
  - regionální odlišnosti ekonomického rozvoje
  - vývoj nových technologií
  - populační vývoj
  - způsoby globálního řešení ekonomických a sociálních problémů
  - způsob ochrany životního prostředí
  - regionální rozložení míry nárůstu HDP



## Změny a kolísání klimatu

scénář	stručný popis
<b>A1</b>	<b>rychlý růst ekonomiky a vývoj nových technologií</b>
<i>A1FI</i>	<i>intenzivní využívání fosilních paliv</i>
<i>A1T</i>	<i>bez fosilních paliv</i>
<i>A1B</i>	<i>vyvážené využívání všech zdrojů energie</i>
<b>A2</b>	<b>heterogenní svět, silný populační nárůst, přetrvávající regionální ekonomické rozdíly</b>
<b>B1</b>	<b>postupující globalizace, rychlý rozvoj informačních technologií, služeb, zavádění nových technologií</b>
<b>B2</b>	<b>důraz na udržitelný rozvoj, podpora regionálních ekonomik, různorodost technologických změn</b>

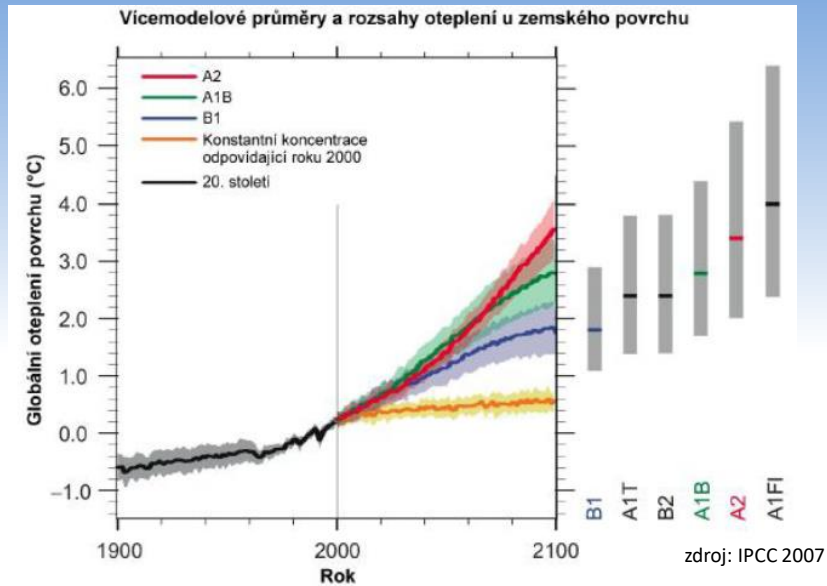
zdroj: IPCC-SRES

## Změny a kolísání klimatu

scénář	nárůst teploty (°C)		zvýšení hladiny oceánů (m)
	nejlepší odhad	rozpětí dolní/horní odhad	rozpětí dolní/horní odhad
<b>B1</b>	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
<b>A1T</b>	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
<b>B2</b>	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
<b>A1B</b>	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
<b>A2</b>	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
<b>A1FI</b>	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

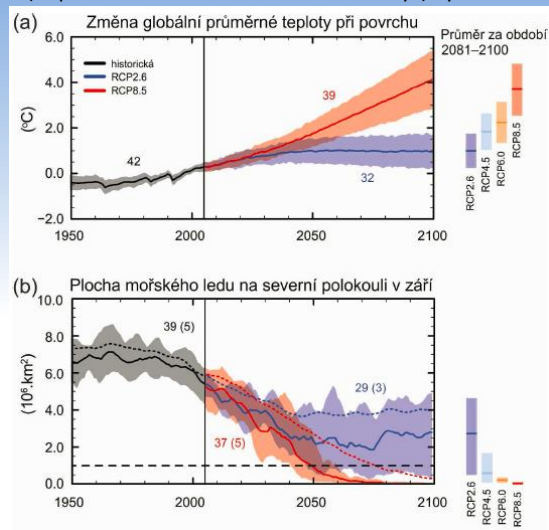
zdroj: IPCC-AR4

## Změny a kolísání klimatu



## Změny a kolísání klimatu

- nové scénáře RCP (Representative Concentration Pathways) využité v 5. hodnotící zprávě



## Změny a kolísání klimatu

