

Globální změny klimatu

A horizontal bar spanning the width of the slide, divided into four colored segments: dark blue, light blue, green, and orange.

I. Úvodem

- Česká veřejná debata o globálních změnách klimatu **neprobíhá** v souladu s posledními vědeckými poznatky
- Veřejnost prakticky **netuší** co si o problému myslet
- V denním tisku i ve výrocích politiků a vysokých úředníků se objevují:
 - neporozumění základním hlediskům problému i
 - věcné chyby
 - tvrzení proti tvrzení

2. Výklad pojmů

Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC)

- IPCC je vědecký orgán založený OSN v roce **1988** k vyhodnocování rizik změny klimatu
- Vědci pracují ve **třech** odborných skupinách:
 - skupina **pro fyzikální změny** klimatu
 - skupina **pro dopady změn** klimatu a adaptaci na ně
 - skupina **pro zmírnění dopadů změn** klimatu
- IPCC nemá **rozhodovací pravomoci**
- Zpracovává **hodnotící zprávy** – poslední, 4. vydána 2007
- IPCC **oceněn Nobelovou cenou za mír** pro rok 2007

- Nejvíce zřejmou součástí klimatické změny je **oteplení naprosté většiny pevnin**, které se už dnes projevuje
- Znamená to např. tyto důsledky:
 - **menší počet chladných dnů a zejména nocí**
 - **vlny horkých dnů**, jejichž intenzita velmi pravděpodobně vzroste
 - **rozšíření suchých oblastí**
 - **stoupání hladiny oceánu** (kritické pro chudé státy)
 - **ztráty zdrojů sladké vody** – tání horských ledovců
 - **častý výskyt extrémů počasí**
 - **ohrožení přírodních ekosystémů** = jak se přizpůsobí
 - **výskyty hmyzích a jiných škůdců** tam, kde se nevyskytovali
 - **šíření lidských patogenů** (u nás již rozšíření areálu klíšťat)

- ▣ 4 hodnotící zpráva IPCC je k dispozici:
 - ▣ v originále
 - ▣ ve formě souhrnu pro politiky (Summary for Policymakers)

Počasí

- ▣ **Aktuální stav atmosféry** ve výšce od zemského povrchu do cca 15 kilometrů nad ním
- ▣ Typickou vlastností počasí je **velká proměnlivost** během:
 - ▣ několika dnů
 - ▣ během roku
 - ▣ mezi jednotlivými roky

- Meteorolog má při práci k dispozici **výsledky měření**:
 - na meteorologických stanicích
 - v atmosféře pomocí meteorologických balonů
 - z meteorologických radarů
 - z meteorologických družic
- Dále využívá **výsledky předpovědních modelů**
- Kombinace vstupních údajů dnes umožňuje poměrně spolehlivě **předpovídat počasí na několik dní dopředu**

Podnebí (klíma)

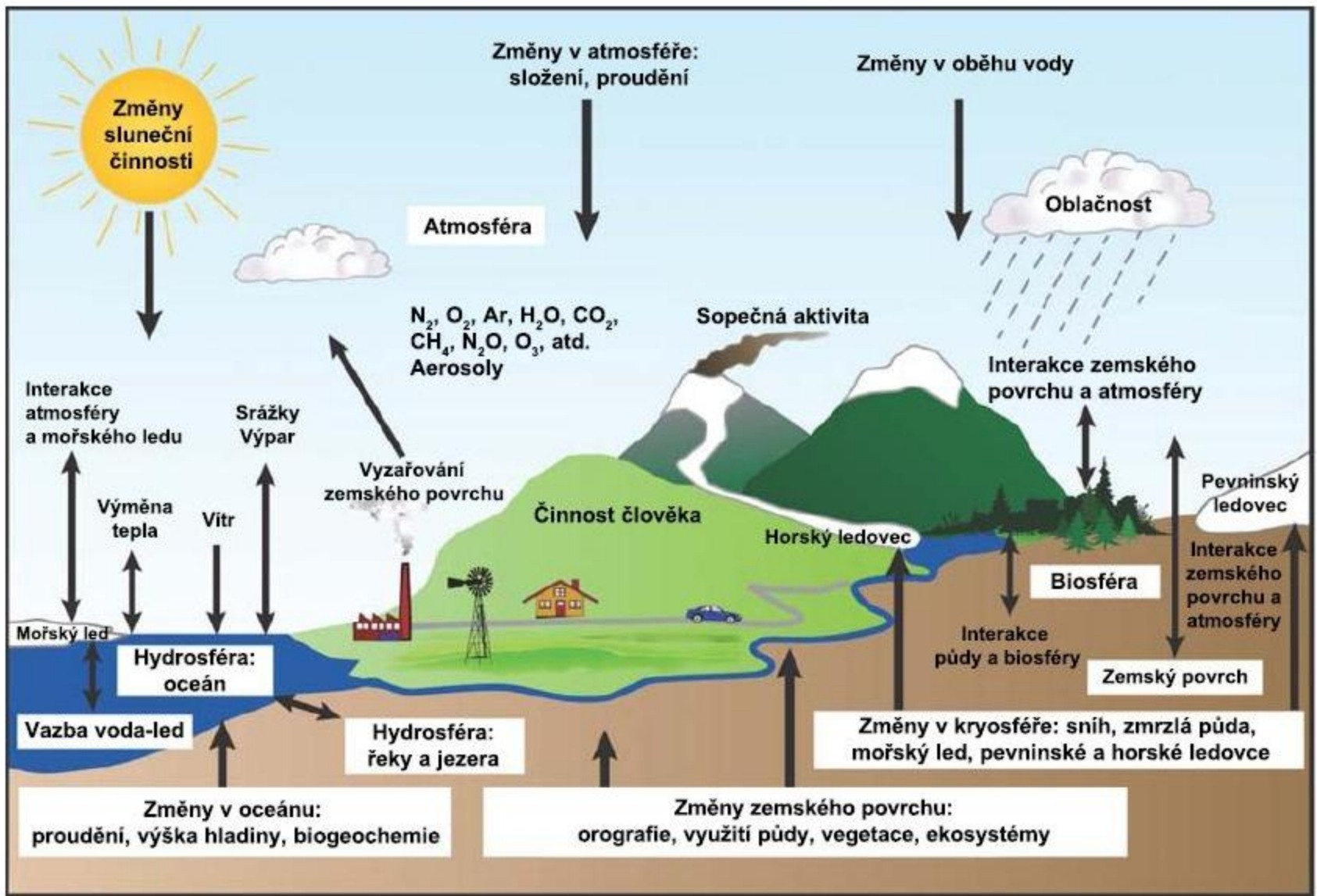
- Klíma je **charakteristický dlouhodobý režim počasí** v dané oblasti
- Pro **meteorologické prvky** (teplota, atmosférické srážky, tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru, sněhová pokrývka apod.) se vyhodnocují **jejich statistické charakteristiky za delší období**, zpravidla min. za 30 let
- Proměnlivost klimatu **je podstatně menší** než u počasí
- Podnebí studují **klimatologové**

- Klimatologové od meteorologů přebírají naměřená data a podle nich:
 - popisují klima
 - studují jeho proměnlivost klimatu v prostoru i čase
 - analyzují klima jednotlivých oblastí
 - vytvářejí matematické modely klimatu, s jejichž pomocí se odhaduje například i reakce klimatického systému na zásahy člověka

- **Paleoklimatologové** studují kolísání a změny klimatu v historické a geologické minulosti (např. vrty v ledovcích)

- Pokud má klimatolog **dostatečně dlouhé řady** naměřených dat, může srovnávat podnebí v různých obdobích
- Dnes jsou k dispozici měření **za posledních 100–150 let**
- Dále do minulosti **před rokem 1850** je však k dispozici stále méně a méně přímo měřených hodnot
- Klimatologové se proto ve starších obdobích spoléhat na **nepřímé indikátory** (ukazatele) změn klimatu, jejichž **přesnost však postupně s časem klesá**

- Klima je vytvářeno **vzájemnou interakcí** mnoha faktorů:
 - **faktory mimozemské** (sluneční záření, změny orbitální dráhy Země)
 - **faktory zemského povrchu** (rozložení pevnin a oceánů, sopečná činnost, vegetace)
 - **faktory klimatického systému** (chemické složení, biologické změny, změny ve využití půdy, emise skleníkových plynů)
- Důležitou vlastností klimatického systému jsou **tzv. zpětné vazby**

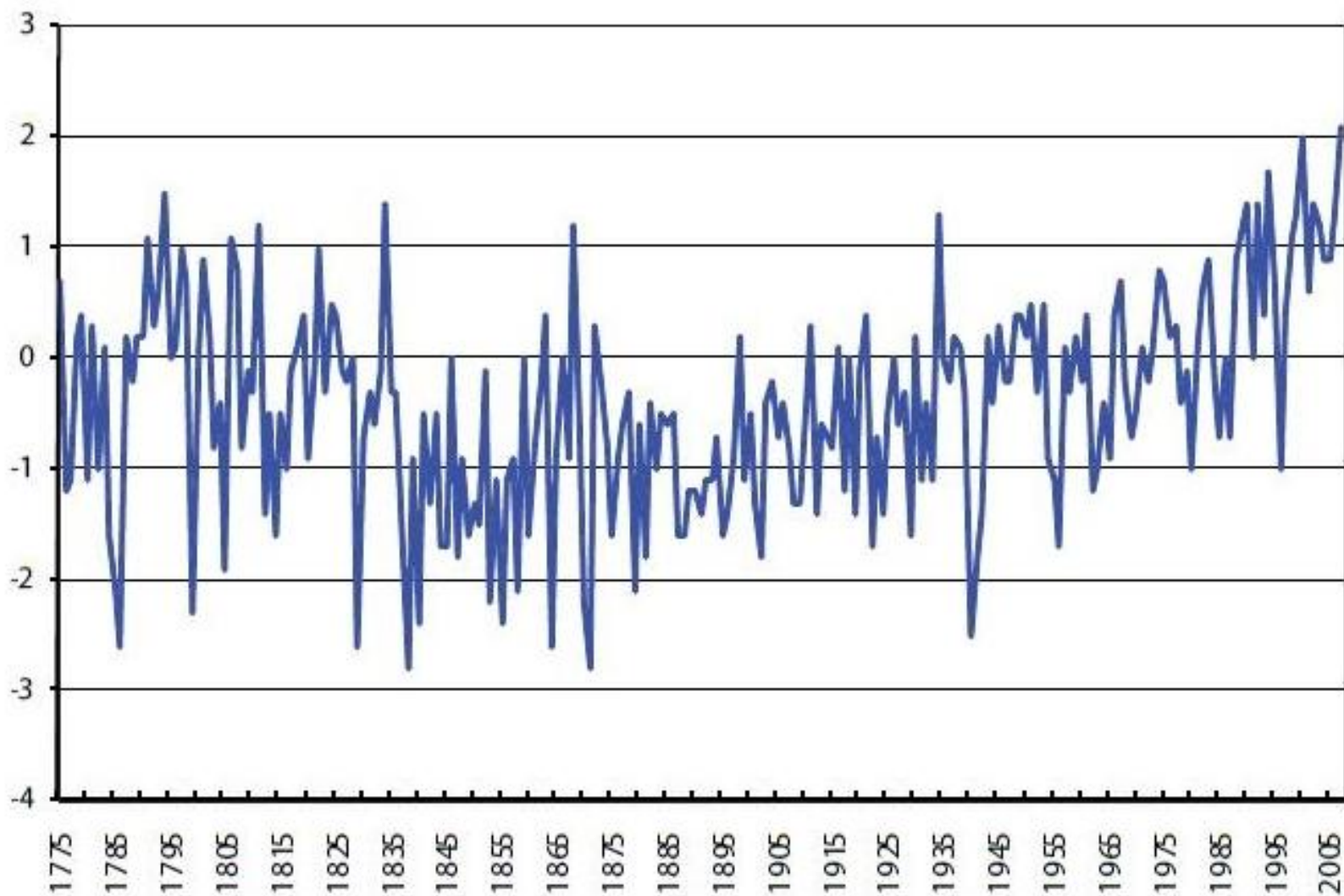


Obrázek 1: Schéma základních částí klimatického systému Země. Zdroj: Le Treut et al. (2007).

- Zpětné vazby mohou **výkyvy** klimatu, **zesilovat** (kladné zpětné vazby) nebo naopak **zeslabovat** (záporné zpětné vazby)
- Obecně se dá konstatovat, že:
 - kladné zpětné vazby **zvyšují nestabilitu** klimatického systému
 - záporné zpětné vazby **zvyšují stabilitu** klimatického systému

- **Příklad kladné zpětné vazby** je vazba mezi teplotou vzduchu a rozsahem polárního ledu. Pokles teploty = zvětšení rozsahu sněhové či ledové pokrývky = zvýšení odrazivosti zemského povrchu = další pokles teploty v okolí ...
- **Příklad záporné zpětné vazby** je vazba mezi teplotou a vývojem kupovité oblačnosti v létě. Sluneční záření ohřeje přízemní vrstvy vzduchu = vznik stoupavého proudění = tvorbou kupovité oblačnosti = odrážení slunečního záření mraky = klesne ohřívání přízemních vrstev vzduchu = klesne tvorba kupovité oblačnosti ...

**Odchylky (°C) průměrné roční teploty od normálu 1961–1990
(Klementinum 1775–2007)**



Obrázek 2: Mezi meteorologické stanice s nejdelší řadou měření patří pražské Klementinum. Průměrná roční teplota v Klementinu v období 1775–2007. Zdroj: data i graf ČHMÚ.

3. Adaptace na klimatické změny

- ▣ Adaptace je možná pokud míra změny klimatu **nepřevyší únosnou mez**
- ▣ Snahy globální změnu co nejvíce zmírnit
- ▣ V roce **1992** v Riu de Janeiru uzavřena **Rámcová úmluva o změně klimatu**, v níž se státy zavázaly „odvrátit nebezpečné antropogenní ovlivnění klimatického systému“

- R. 1997 podepsán tzv. **Kjótský protokol (KP)** - průmyslově vyspělé státy se zavázaly snížit emise skleníkových plynů do roku 2012 o 5,2 % ve srovnání s rokem 1990
- Procenta snížení různá pro jednotlivé státy – EU i ČR o **8%**
- KP nebyl nikdy považován za definitivní řešení, ale za **první krok** ze strany rozvinutých států
- KP je **často kritizován** především ze dvou důvodů:
 - nepřipojily se k němu USA a nevyžaduje žádná zmírnění od rozvojových zemí - velkých znečišťovatelů - Číny, Indie, Brazílie
 - předpokládané redukce emisí skleníkových plynů, i kdyby se jich dosáhlo, jsou příliš malé, aby měly zásadnější vliv na změny klimatu

- **Prosinec 2011 – klimatická konference v Durbanu (JAR)**
 - dohoda 190 zemí o přípravě nové smlouvy **závazné pro všechny země** (nástupce KP), která by měla platit od roku 2020
 - souhlas se vznikem **Zeleného klimatického fondu** (100 mld. USD do roku 2020) na podporu adaptace chudších zemí
- **Platnost KP prodloužena do roku 2017**

- **Cílem by mělo být zabránění zvýšení teploty o výše než 2°C**
- To se dnes pokládá za **ještě únosnou mez**, která umožní, aby předpokládaná adaptační opatření bylo možné uskutečnit

- Evropský parlament v březnu **2012 přijal plán přechodu na nízkouhlíkové hospodářství v EU** do roku 2050
- Součástí plánu jsou i cíle snižování emisí skleníkových plynů - o 40 % do roku 2030, o 60 % do roku 2040 a o 80 % do roku 2050 oproti stavu v roce 1990
- EU je v tomto vpředu, ale může to být **zdroj problémů v konkurenceschopnosti ekonomiky** (např. v porovnání s Čínou) = ceny moderních technologií se přenášejí d cen výrobků

4. Historie klimatu na Zemi

- ▣ Podnebí se v minulosti vždy měnilo, **přírozené změny klimatu** probíhají a budou probíhat
- ▣ Rekonstrukcí podnebí před dobou přístrojových měření se zabývají **historická klimatologie a paleoklimatologie**
- ▣ Umožňují poznat stav a chování klimatu v dobách, kdy **jednoznačně převažoval vliv přírodních faktorů:**
 - ▣ změn orbitální dráhy Země, sluneční činnosti, rozložení pevnin, oceánů či vegetace a sopečné činnosti

■ **Srovnávání s klimatem v minulosti je problematické:**

- málo spolehlivých údajů
- geologické podmínky na Zemi se výrazně lišily (jiné rozložení pevnin a oceánů, jiný systém proudění vody v oceánu a tím i tepla z tropů do jiných zeměpisných výšek)

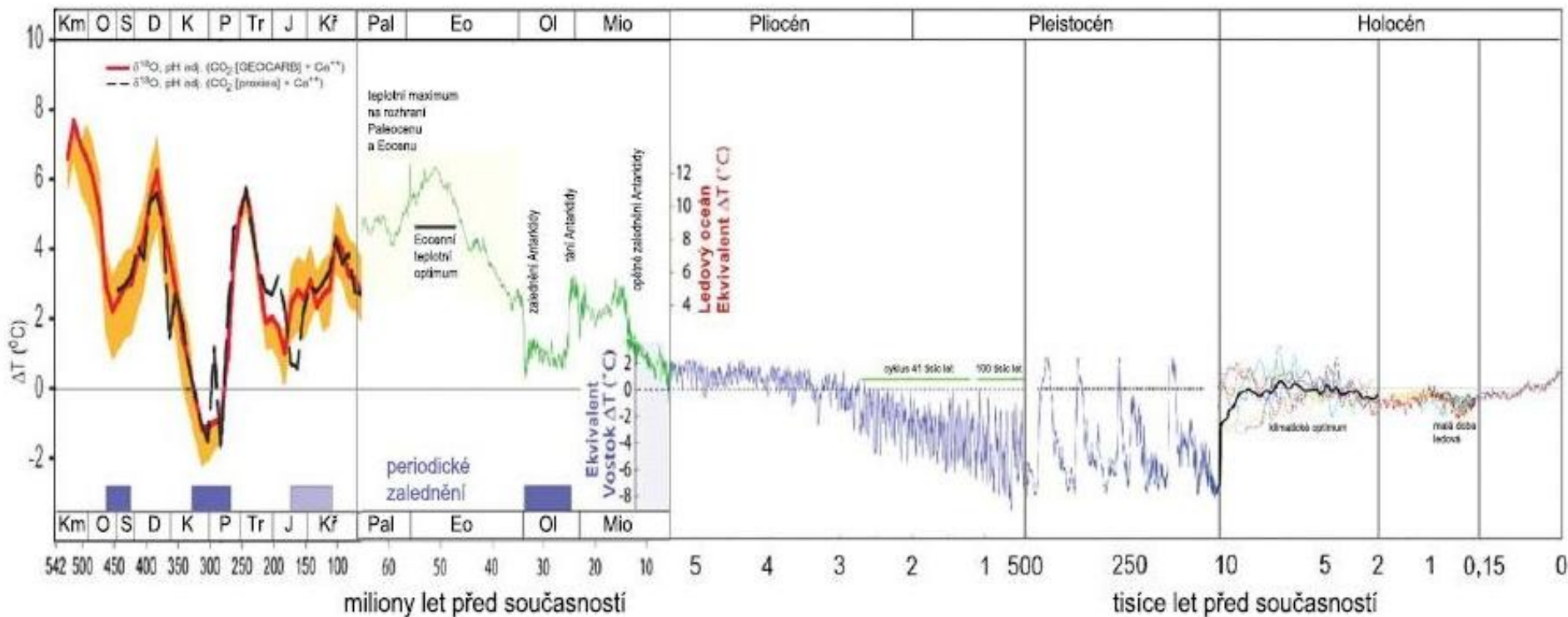
■ **Pro srovnání se současností jsou důležité čtvrtohory:**

- trvají dva až tři miliony let
- teplota s výkyvy poměrně rychle klesala
- na souši okolo pólů se rozšířily ledovce
- vyvinul se moderní člověk
- střídáním chladnějších dob ledových (glaciálů) a teplejších dob meziledových (interglaciálů)
- průměrné globální teploty poslední doby ledové cca 10 °C (nyní 15 °C)
- polární oblasti byly naposledy mnohem teplejší než nyní před 125 000 lety

Ukazatele minulého klimatu

- ▣ **Přímá data** z měření počasí máme jen **asi 150 let** dozadu
- ▣ Vědci objevili několik postupů, jak získat **tzv. klimatologická proxy data**
- ▣ Jsou to **nepřímé metodách zjišťování** klimatických charakteristik (především teploty) v minulosti:
 - ▣ porovnávání **šířek letokruhů** stromů = vazbu na vývoj počasí během daného roku
 - ▣ hluboké **vrtý ledem** v Grónsku či Antarktidě = rozbor **složení vzduchových bublin** (poměr izotopů kyslíku závisí na teplotě vzduchu v minulosti)
 - ▣ **analýza starých pylových zrn** = uložna v jezerech nebo na mořském dně
 - ▣ izotopové **rozbory mořských korálů** a karbonátových fosilií

Vývoj teploty planety Země



Obrázek 3: Rekonstrukce průběhu teploty v geologické minulosti Země, nehomogenní časová osa.

Poznámka: Km = Kambrium, O = Ordovik, S = Silur, D = Devon, K = Karbon, P = Perm, Tr = Trias, J = Jura, Kř = Křida, Pal = Paleocén, Eo = Eocén, Ol = Oligocén, Mio = Miocén.

Zdroj: Zachos et al. (2001).

Klima posledního tisíciletí


- ▣ V klimatu posledního tisíciletí lze rozeznat tři období:
 - ▣ středověké teplé období
 - ▣ malá doba ledová v 16. až 19. století
 - ▣ období globálního oteplování

■ Středověké teplé období:

- 0,1–2 °C
- **nezasáhlo celou planetu** zároveň
- v českých zemích např. rozvoj pěstování vinné révy (mnoho místních názvů)
- v letech 900–1100 severní Atlantik bez nebezpečí mořského ledu = Vikingové zkoumají a osidlují Island, jihozápadní Grónsko, Labrador a Newfoundland

5. Skleníkové plyny a skleníkový efekt

- Atmosféru má až do výšky asi 100 kilometrů **téměř stejné složení** (dusík, kyslík, argon a oxid uhličitý)
- Výjimkou je **vodní pára, ozon a některé plyny antropogenního původu**, jejichž procentické zastoupení ve vzduchu může být velmi proměnlivé:
 - většina vodní páry se nachází v troposféře – do 8 až 14 km
 - většina ozonu v ozonové vrstvě ve výšce kolem 25 km
 - plyny antropogenního původu jsou zejména v blízkosti zdrojů

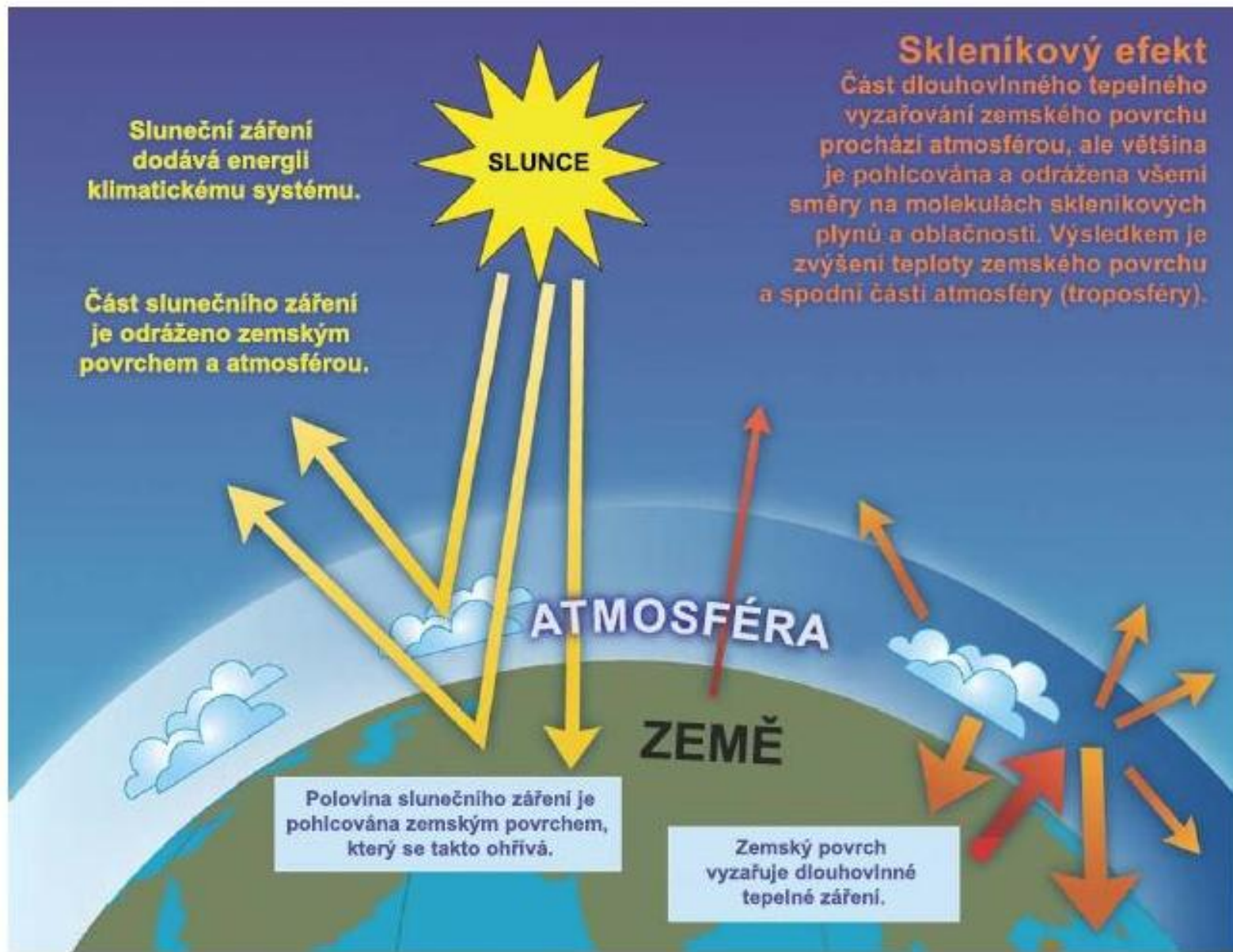


▣ dusík	N_2	78,0840 %
▣ kyslík	O_2	20,9480 %
▣ argon	Ar	0,9340 %
▣ oxid uhličitý	CO_2	0,0379 %

- Některé plyny v atmosféře mají významný vliv na tzv. **energetickou bilanci atmosféry**
- Nazývají se **skleníkové plyny** = znatelně ovlivňují chování celého klimatického systému
- Kvůli svým fyzikálním vlastnostem na Zemi zadržují energii slunečního záření = **skleníkový efekt**
- Nejdůležitějšími skleníkovými plyny v atmosféře jsou:
 - **vodní pára** = podíl na přirozeném skleníkovém efektu 36–70 %
 - **oxid uhličitý** = podíl 9–26 %
 - **metan** = podíl 4–9 %
 - **ozon** = podíl 3–7 %

Sluneční záření

- **Hlavní zdroj energie** pro celý klimatický systém
- Jeho **dlouhodobé změny** se projevují změnou chování klimatického systému
- V časových měřítcích desetitisíců až statisíců let např. souvisejí s nástupy a konci ledových dob
- Nejsilnější, **jedenáctiletý cyklus sluneční aktivity** je provázen změnou příkonu slunečního záření jen asi o 0,1 %, u zemského povrchu jsou jeho důsledky skoro neměřitelné
- V první polovině 20. století pozvolně **rostla sluneční aktivita** - ve stejné době stouply globální průměrné teploty vzduchu asi o 0,3 °C – od poloviny století **solární aktivita stagnuje**, ale globální průměrné teploty stouply o dalšího asi 0,5 °C



Obrázek 5: Zjednodušený model skleníkového efektu.
Zdroj: Le Treut et al. (2007).

▣ Princip skleníkového efektu:

- ▣ přibližně 30 % slunečního záření pronikajícího do atmosféry se vrací zpět do kosmu (vlivem odrazu od oblačnosti, rozptylu na molekulách vzduchu nebo odrazu od zemského povrchu)
- ▣ zbylých cca 70 % je pohlceno povrchem (v malé míře i atmosférou), to má za následek zvýšení teploty povrchu a částečně i vzduchu
- ▣ bez přítomnosti skleníkových plynů, by tepelné vyzařování Země odcházelo do kosmu
- ▣ skleníkové plyny v atmosféře právě toto záření pohlcují a tím dochází k ohřívání vzduchu
- ▣ bez skleníkových plynů by byla průměrná teplota atmosféry při zemi -18 °C = Země by nebyla vhodná pro život, jak ho známe

■ Energie, kterou skleníkové plyny zadržují, se **může projevovat nejen jako teplota vzduchu:**

- přirozeně ovlivňuje také pohyb (proudění) vzduchu
- kondenzaci vodní páry
- vypařování, mrznutí nebo tání vody
- oteplení oceánu snižuje absorpci oxidu uhličitého
- odtávání permafrostu (věčně zmrzlé půdy) je doprovázeno uvolňováním skleníkových plynů, hlavně CO_2 a metanu
- skleníkový efekt má pozitivní zpětnou vazbu na vodní páru

Koloběh a přibývání skleníkových plynů

- Skleníkové plyny jsou **přírozenou součástí** atmosféry (vodní pára, oxid uhličitý, metan, ozon), některé jsou **pouze syntetického původu** (freony)
- **Člověk mění koncentraci** některých přírodních skleníkových plynů (oxidu uhličitého, metanu, ozonu)
- Některé skleníkové plyny (oxid uhličitý a metan) jsou **součástí přírodních procesů**, které na Zemi probíhají

▣ Koloběh těchto plynů tvoří součást **tzv. globálního uhlíkového cyklu**

- ▣ Uhlík permanentně proudí mezi rezervoáry **v oceánu, na zemi a v atmosféře**
- ▣ **Oceán pohlcuje** mnoho uhlíku hlavně v oblastech s chladnou vodou a naopak uhlík **uvolňuje** v tropech
- ▣ **Fotosyntéza** rostlin **pohlcuje** oxid uhličitý (a tím i uhlík) z atmosféry **a ukládá** ho do vegetace (dokud ta zas neshnije)
- ▣ **Dýchání živočichů** naopak **uvolňuje** uhlík zpět do vzduchu

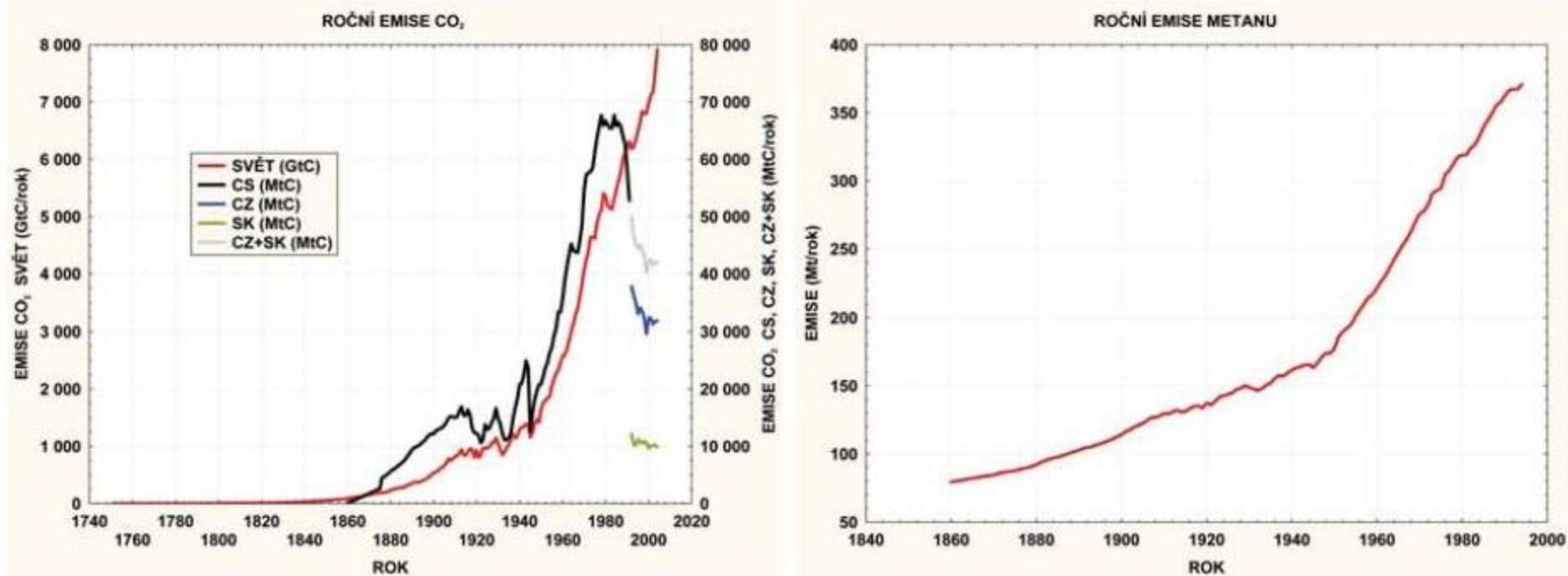
- Přirozené toky uhlíku mají **mnohem větší objem než emise** (množství uměle vypouštěné do atmosféry) z průmyslu nebo dopravy
- Jsou **dlouhodobě velmi dobře vyrovnaný**:
 - co se za rok dostane do atmosféry přirozenými procesy, je přibližně stejné jako množství uhlíku přirozenými procesy odstraněné
- Za této situace ale může i **poměrně malý (například spalování fosilních paliv) příspěvek** ke zdrojům vést k **dlouhodobému zvyšování koncentrací skleníkových plynů** v atmosféře!

- ▣ **Antropogenní (umělé lidské) zdroje oxidu uhličitého** však už dnes odpovídají **asi 10 %** toku oxidu uhličitého z oceánu do atmosféry a jsou **asi 20x větší než tok uhlíku zpět do fosilních rezervoárů**
- ▣ **To je vliv rychlého spalování fosilních paliv (uhlí, plyn, paliva z ropy), kam se po miliony let uhlík ukládal!!!**
- ▣ **Nejsou tedy zanedbatelné oproti přírodním procesům!!!**

- **Průmyslová revoluce přirozený koloběh uhlíku narušila**, protože do ovzduší začala dodávat velká množství oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů = **emise skleníkových plynů**
- Největší podíl na antropogenních emisích oxidu uhličitého:
 - **uhlí (40 %)**
 - **ropa (40 %)**
 - **zemní plyn (20 %)**
 - zdrojem oxidu uhličitého je i **výroba cementu a odlesňování** (snižuje se množství uhlíku zachyceného ve vegetaci)
- Další zdroje skleníkových plynů vznikají při **chovu dobytka a pěstování rýže (emise metanu)**. Ty ale nepatří ke zdrojům v pravém slova smyslu, ale mohou přispět **ke změně koncentrací oxidu uhličitého a metanu** v atmosféře

- ▣ **Jak vlastně koncentrace skleníkových plynů stoupají?**
- ▣ Výsledky z Antarktidy a Grónska se celkem shodují, v tom, že **cca 500 000 let** tak velké koncentrace CO₂ nebyly:
 - ▣ v dobách ledových koncentrace oxidu uhličitého **0,018 - 0,021 %**
 - ▣ v tzv. dobách meziledových **0,028 - 0,030%**
 - ▣ rok 2008 **0,0385 %**

Růst koncentrace skleníkových plynů



Obrázek 8: Roční emise CO₂ a metanu.
Zdroj: data CDIAC, graf ČHMÚ.

Jak klima reaguje na přibývání skleníkových plynů?

- Reakci klimatu na změnu koncentrace skleníkových plynů popisuje parametr zvaný **citlivost klimatu**
- Je to **nárůst globální průměrné teploty**, ke kterému dojde, pokud koncentrace oxidu uhličitého stoupne na **dvojnásobek**
- Poslední výzkumy (shrnuté ve 4. zprávě IPCC) zjistily, že s více než 66% pravděpodobností hodnota leží **v intervalu od 2 do 4,5°C** a střední odhad je kolem **3°C**

6. Scénáře vývoje koncentrací

- Do klimatických modelů se vkládají **různé scénáře vývoje koncentrací** skleníkových plynů (tzv. emisní scénáře) v příštích desetiletích, které závisejí na:
 - technologických trendech, vývoji ekonomiky, počtu lidí na Zemi i politických změnách
- Tyto scénáře **nelze chápat přímo jako předpovědi** dalšího vývoje, **ale jako možnosti**
- Spektrum scénářů by mělo pokrývat všechny možnosti dalšího, **od pesimistických k optimistickým**

Tabulka 3: Přehled scénářů SRES včetně variant ekonomického, politického a společenského vývoje.

Scénář	Ekonomický růst	Populace	Technologický pokrok	Globálnost/lokálnost vývoje
A1	Rychlý	9 miliard v roce 2050, pak postupný pokles	Rychlý rozvoj nových technologií	Konvergentní svět, příjmy a způsob života se vyrovnávají, velká kulturní a sociální interakce mezi různými částmi světa
<i>Varianta A1FI (Fossil Intensive)</i>		<i>Důraz na spalování fosilních paliv</i>		
<i>Varianta A1B (Balanced)</i>		<i>Vyvážený důraz na různé energetické zdroje</i>		
<i>Varianta A1T (Technological)</i>		<i>Důraz na nefosilní zdroje energie</i>		
A2	Pomalejší	Postupně rostoucí	Pomalejší	Regionálně orientovaný, nízké tempo globalizace
B1	Rychlý (jako A1)	Jako A1	Důraz na ekologická řešení	Globální řešení problémů
B2	Střední	Postupně rostoucí, ale pomaleji než v A2	Střední, důraz na ekologická řešení	Regionálně orientovaný

Zdroj: Nakicenovic et al. (2000) a Solomon et al. (2007).

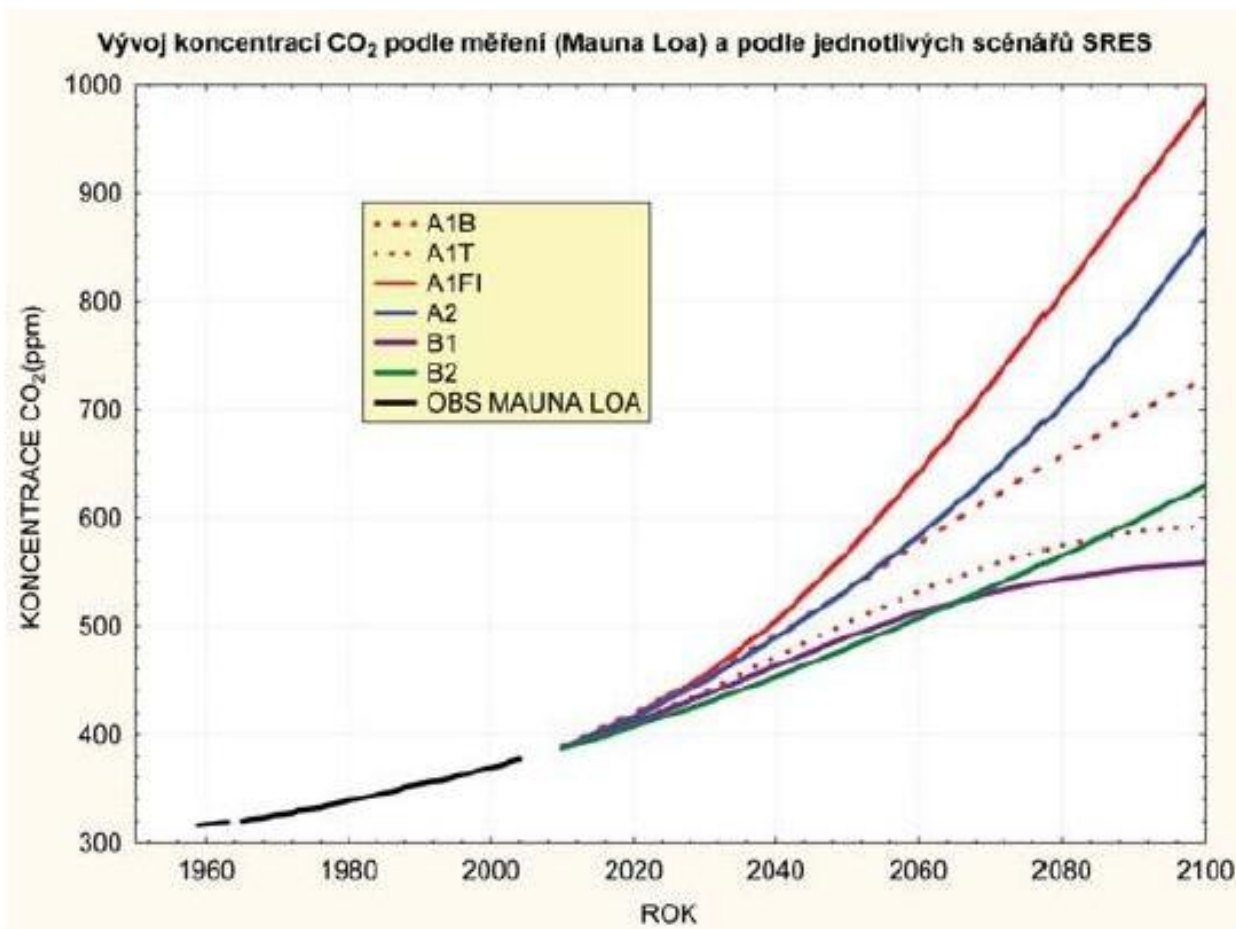
- Následující tabulka shrnuje **předpoklad změn teploty během 21. století**, při různých emisních scénářích
- Velikost předpokládaných změn roční globální průměrné teploty pro období 2090–2099 ve srovnání s lety 1980–1999
- **Pro srovnání** je uveden i scénář, že by po celé století byla ovzduší pořád stejná koncentrace skleníkových plynů jako v roce 2000 (**konstantní emise**)

- ▣ **Pravděpodobnost, že skutečný růst teploty bude v intervalu mezi dolním a horním odhadem je asi 70 %**

Tabulka 4: Projekce předpokládané průměrné roční globální teploty v posledním desetiletí 21. století ve srovnání s roky 1980–1999 při různých emisních scénářích.

Scénář	Střední odhad	Dolní odhad	Horní odhad
A1FI	+4,0	+2,4	+6,4
A1B	+2,8	+1,7	+4,4
A1T	+2,4	+1,4	+3,8
A2	+3,4	+2,0	+5,4
B1	+1,8	+1,1	+2,9
B2	+2,4	+1,4	+3,8
Konstantní emise	+0,6	+0,3	+0,9

Zdroj: IPCC SPM (2007).



Obrázek 10: Vývoj koncentrací CO₂ podle jednotlivých scénářů SRES v porovnání s naměřenými daty z Mauna Loa.
Zdroj: data – Nakicenovic et al. (2000), CDIAC. Graf – ČHMÚ.

7. Důsledky změn klimatu

- ▣ Klima a jeho kolísání **ovlivňuje lidi i ekonomiku**
- ▣ Větší **výkyvy** přinášejí i horší důsledky
- ▣ Dopady se mohou **řetězit**
- ▣ Nejprve **působí** na rostliny, mikroorganismy, zvířata a teprve následně na lidské zdraví, zemědělství, energetiku, dopravu a další aspekty společenského vývoje
- ▣ Mezi faktory existují **mnohostranné přímé a zpětné vazby**:
 - ▣ zhoršování podmínek života x zvýšená migrace
 - ▣ méně potravin x růst společenské bezprávi během hladomorů
 - ▣ války x rozšíření nemocí ...

- Změny klimatu nebudou všude na Zemi stejné
- Ve **vyšších zeměpisných šířkách** se předpokládá oteplení větší než v **tropech a subtropech**, kde je množství vodní páry v atmosféře již za normálních podmínek vysoké
- Obecně oteplení bude nad pevninou větší než nad **oceány**:
 - mají **větší tepelnou kapacitu** – schopnost pojmout více tepla
 - **výpar vody** z oceánu také spotřebovává teplo
 - teplá povrchová **voda se promíchává** s chladnější v hloubkách

- V posledních letech lze na Zemi pozorovat mnoho dopadů probíhající změny klimatu např.:
 - přibývá ledovcových jezer a odtéká z nich více vody
 - mění se režim ledovcových řek, v oblastech záviselých na jejich vodě to má nepříznivé dopady již dnes (podhůří Himaláje = 1/6 světové populace)
 - tají trvale zmrzlé půdy (permafrosty) = zvyšuje se nestabilita půd, jsou narušovány mosty, silnice, železnice, produktovody
 - povrchová jezera a vodní toky se postupně oteplují = větší výpar = úbytek povrchových zdrojů vody

▣ Některá rizika pro střední Evropu:

- ▣ méně sněhu-horší doplnění zásob podzemní vody při jarním tání
- ▣ na jaře vlivem vyšších teplot začne vegetační období dříve a bude intenzivnější, což povede k silnějšímu odpařování a rychlejší spotřebě půdní vlhkosti rostlinami
- ▣ nižší letní srážky
- ▣ snížení zásob vody v půdě koncem léta a počátkem podzimu až zhruba na polovinu dnešních hodnot
- ▣ velké důsledky zejména v zemědělství, vodním hospodářství, ale i lesnictví

Tabulka 5: Pravděpodobné změny srážkové činnosti.

Typická změna srážek	Oblast
Více srážek	Severní Evropa, Arktida (zima), Kanada, severovýchod USA, severní Asie (zima), Tibet, tropická a východní Afrika, sever Pacifiku a Indického oceánu, rovníkový Pacifik, Antarktida, severní, jižní, jihovýchodní a východní Asie (léto), střední Evropa (zima)
Méně srážek	Středomoří, severní Afrika, Střední Amerika, jihozápad USA, jižní Austrálie (zima a jaro), jihozápad Austrálie (zima), střední Evropa (léto), střední Asie (léto), jižní Kanada (léto)
Nárůst extrémních srážek (povodní)	Severní Evropa, jižní a východní Asie, Austrálie
Nárůst rizika sucha	Austrálie, Středomoří, střední Evropa (léto), Střední Amerika
Pokles délky období se sněhovou pokrývkou	Většina Evropy a Severní Ameriky

Zdroj: Christensen et al. (2007).

- **Zdravotní rizika** spojená se změnami klimatu ovlivní zdravotní stav milionů lidí, zejména **v oblastech a ekonomikách s malou schopností přizpůsobení**
- V teplejším podnebí **rozšíření infekčních nemocí** vázaných původně na tropické oblasti
- Častější extrémy počasí (horké vlny, záplavy, sucha) = **zvýšení nemocnosti z nekvalitní vody**
- Prodlouží se doba **působení alergenních látek** během roku

- **Dopad na ekosystémy**
- Častější a rozsáhlejší **požáry, povodně a suchá období**
- Očekávaná **vyšší kyselost oceánu** (větší koncentraci oxidu uhličitého, který reakcí s vodou vytváří slabou kyselinu uhličitou)
- **Zpomalí pohlcování uhlíku oceánem** a vyšší teplota mořské vody může způsobit dodatečné uvolňování oxidu uhličitého do atmosféry
- Změny ekosystémů budou mít **dopad i na biodiverzitu**
- **Změní se areály výskytu** rostlin i živočichů
- Při zvýšení průměrné globální teploty o 1,5–2,5°C ohrožuje **nevratné vymření zhruba 20–30 % druhů** rostlin a živočichů

- **Zvyšující se extremita klimatu** = silné srážky a povodně, vichřice, hurikány a další
- **Odhady** výskytu extrémních jevů jsou při použití dnešních moderních prostředků **velice obtížné**
- **Proč???** **Tyto jevy se vyskytují relativně zřídka**
 - pro výpočty průměrných hodnot teploty, srážek a dalších prvků mají meteorologové a klimatologové **dost údajů**
 - u extrémních jevů jde i za desítky let pozorování často jen o několik případů a to se obtížně statisticky vyhodnocuje = **vycházejí výsledky s velkou chybovostí**
- **Přitom jde o jevy nebezpečné**= materiální škody, škody na zdraví obyvatel i ztráty na životech

- Pro území střední Evropy tak lze například očekávat (aniž by se to dalo přesněji předpovídat):
 - **větší intenzitu srážek** (v den, kdy prší nebo sněží během 24 hodin spadne v průměru více srážek než nyní)
 - **více po sobě jdoucích dnů beze srážek**

Povodně v ČR

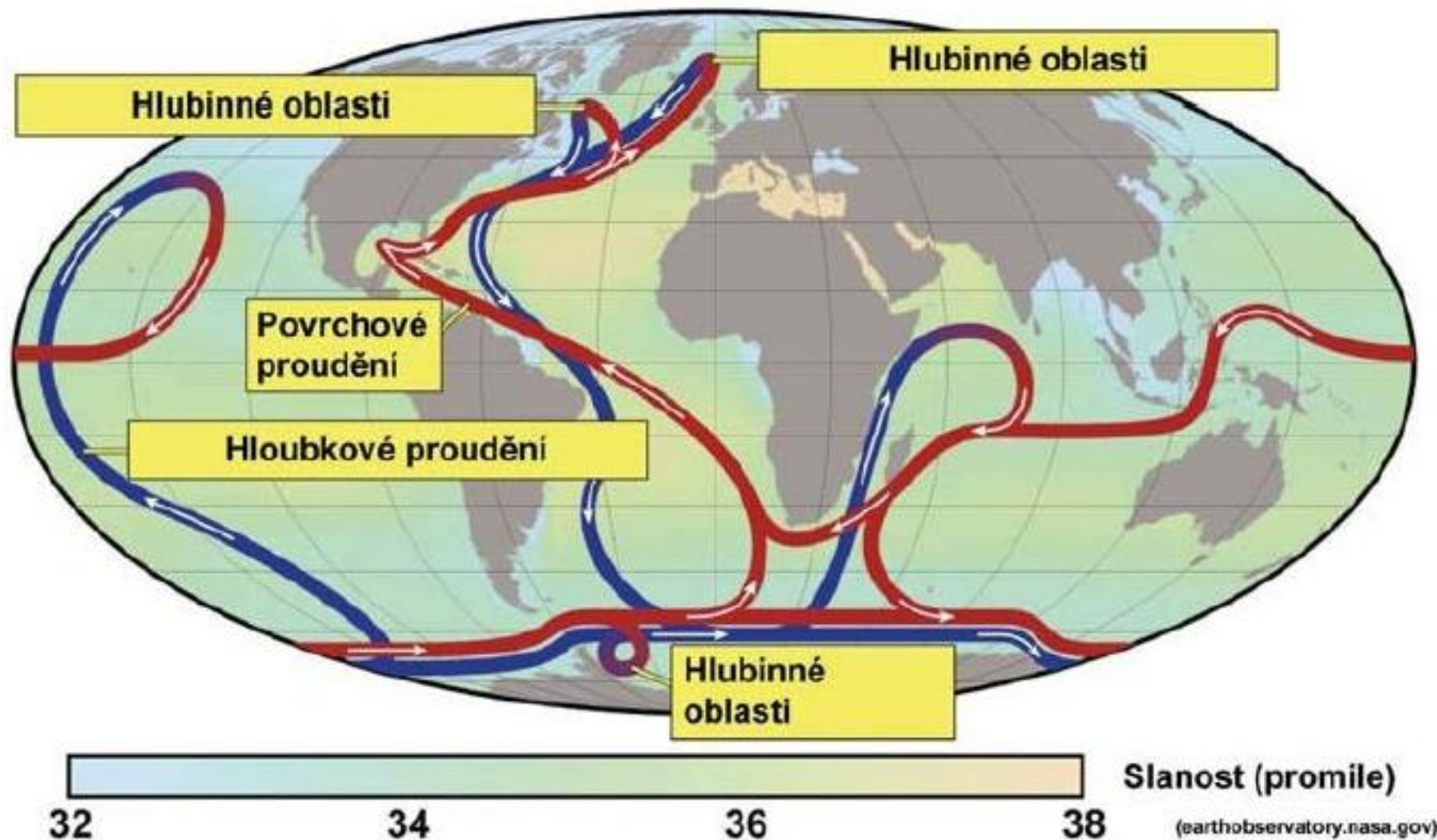
1997 – zejména Morava, 50 osob †, 2151 zničených domů, 26 mostů strženo, škody 63 miliard Kč, Lysá hora za červenec 81 1,5 mm srážek!!!!!!

2002 – 17 osob †, 225 000 obyvatel evakuovaných, škody 73,3 miliard Kč

Mořské proudění

- Nenápadně, ale velmi závažně působí jeden málo nápadný faktor, který suchozemci skoro neznají: **mořské proudění** – tzv. **termohalinní cirkulace**
- Složitý mechanismus, který spočívá v teplotních rozdílech (**termo-**) a nerovnoměrné slanosti (**-halinní**) mořské vody
- Voda v oceánu je **stabilně zvrstvena**, **teplejší** při hladině má **nižší hustotu** než **chladnější voda** ve větších hloubkách

- Teplá povrchová voda v několika oblastech proudí **od rovníku do vyšších zeměpisných šířek, odevzdává své teplo** do atmosféry a tím ji ohřívá
- Zároveň se **odpařuje**, takže narůstá slanost povrchové vody (najednou méně vody, ale stejně soli) a **klesá její teplota** (při vypařování se ztrácí teplo)
- Oběma procesy se voda **zahušťuje = těžkne**
- **Poblíž pólů** hustá povrchová voda **klesá** do hloubek
- **Hlubkový protiproud** ji vede v hloubce stovek metrů až několika km zpátky do tropických oblastí
- Tak funguje **globální termohalinní cirkulace**



Obrázek 11: Schéma globální termohalinní cirkulace oceánu.
Zdroj: NASA.

- Asi před 12 900–11 500 roky se v Evropě po výrazném oteplení na konci poslední doby ledové náhle ochladilo
- Bylo to zřejmě způsobeno tím, že při postupném oteplování vzniklo v Severní Americe obrovské jezero z tajícího sněhu a ledu. Hráz jezera se pravděpodobně protrhla a obrovské množství sladké vody vyteklo do Atlantiku
- Klesla tak slanost (a hustota) povrchové vody v oceánu, což zpomalilo zanořování povrchové vody do větších hloubek. Celé severoatlantické proudění tím bylo výrazně narušeno
- Přestalo dodávat teplo k pobřeží záp. Evropy a část našeho kontinentu se na staletí vrátila na teploty blízké době ledové

8. Snižování emisí skleníkových plynů

- ▣ Průběh změn klimatu lze **zpomalit** tím, že zastavíme růst koncentrace (tedy **snížíme emise**) skleníkových plynů
- ▣ Zejména **v politickém rozhodování se objevují cíle** udržet koncentrace skleníkových plynů pod určitou mezí:
 - ▣ zpravidla se uvádí **0,045 % pro CO₂** nebo
 - ▣ pro globální průměrné teploty **pod hranici 2°C oproti předindustriálnímu** (předprůmyslovému) **období**
- ▣ Tyto limity mají význam ne jako hranice hrozby pro lidstvo, ale jako **jasný cíl**, o jehož dosažení lze usilovat a jehož **(ne)splnění lze poměrně dobře ověřit**

- Splnění podmínky **nepřekročit** v koncentraci oxidu uhličitého **hranici 0,045 %** je i pro neoptimističtější scénáře **prakticky nemožné** = s největší pravděpodobností bude **limit v průběhu 21. století překročen**
- Pro nepřekročení této hladiny by totiž bylo nutné během asi dvou desetiletí **drasticky zredukovat emise CO₂**, což je **politicky i technicky nerealizovatelné**
- **Reálněji se jeví nepřekročení limitu 0,055-0,060%**

Otázky:

1. IPPC
2. 4. hodnotící zpráva IPPC
3. Počasí
4. Podnebí
5. Paleoklimatologie
6. Faktory utvářející klima
7. Vztah zpětných vazeb a výkyvů klimatu
8. Kjótský protokol
9. Klimatická konference v Durbanu
10. Rizika nízkouhlíkového hospodářství pro EU
11. Proxy data – o co jde + příklady

13. Klima posledního tisíciletí – 3 období
14. Současné složení atmosféry
15. Princip skleníkového efektu
16. Nejdůležitější skleníkové plyny
17. Projevy energie zadržované skleníkovými plyny
18. Globální uhlíkový cyklus
19. Průmyslová revoluce a koloběh uhlíku
20. Citlivost klimatu – teplotní interval
21. Rizika klimatické změny pro střední Evropu
22. Zdravotní rizika klimatické změny
23. Dopady klimatické změny na ekosystémy
24. Proč se špatně předpovídají extrémy klimatu?
25. Princip globální termohalinní cirkulace
26. Reálný limit nepřekročení koncentrace CO₂

Zdroje:

- ▣ <http://www.czp.cuni.cz/knihovna/publikace/klimaticke-zmeny-web.pdf>
- ▣ http://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD_oteplov%C3%A1n%C3%AD
- ▣ http://www.zmenaklimatu.cz/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=32&Itemid=48
- ▣ <http://www.ipcc.ch/>
- ▣ http://www.tyden.cz/rubriky/veda/priroda/co-ne-prinesla-konference-osn-o-zmene-klimatu_219811.html