

IPCC AR 5 WG I Technical Summary
*(Intergovernmental Panel of Climate Change, Assessment Report 5,
Working Group I, Technical Summary)*

Sborník referátů studentů předmětu Z0151 Změny a kolísání klimatu

Masarykova Univerzita Přírodovědecká fakulta

Semestr: jaro 2014

Cvičící: Mgr. Lukáš Dolák

TS.1 Introduction – TS.2 Observation of Changes in the Climate System

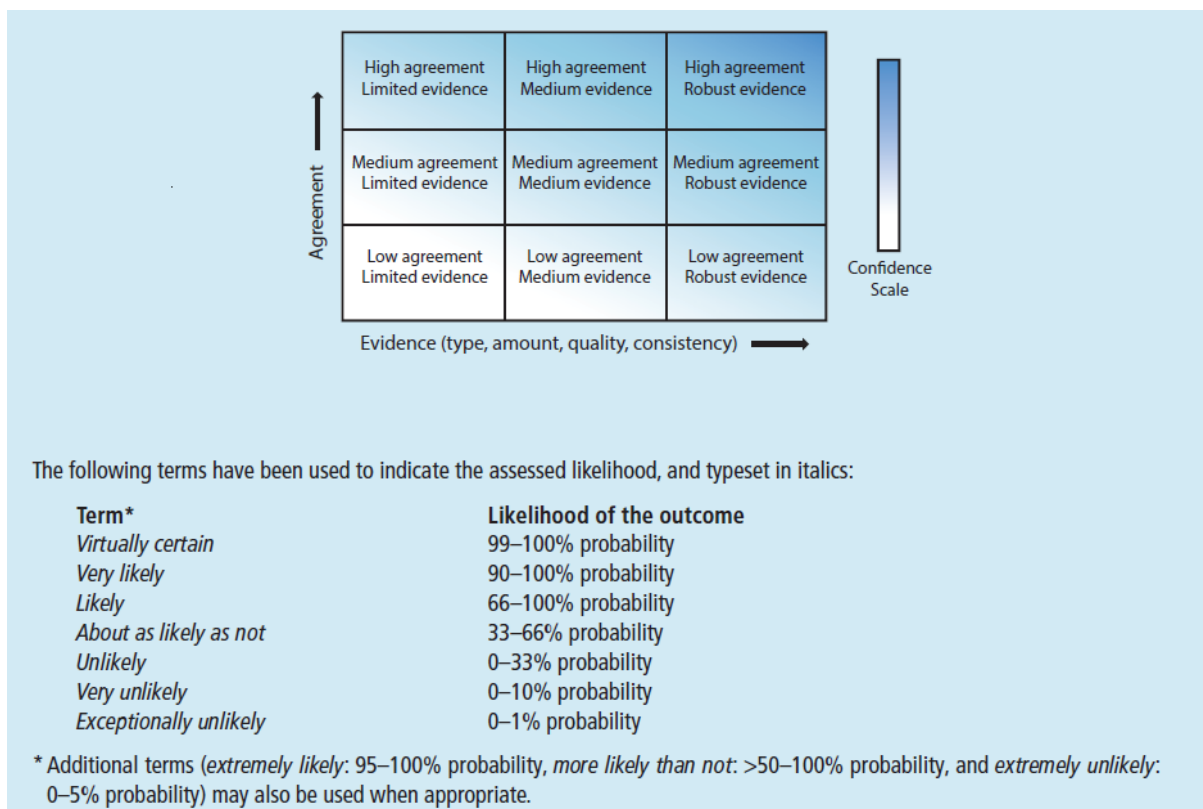
TS.1 ÚVOD

Hodnocení vychází ze čtvrté hodnotící zprávy (AR4) a také z poslední mimořádné zprávy (Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation = SREX).

Kapitoly shrnují přímá a proxy data pozorovaná ve všech složkách klimatického systému. Dále vyhodnocují současné znalosti různých procesů uvnitř klimatického systému, ale také jednotlivé interakce mezi složkami klimatického systému, které určují citlivost a také odezvu systému na zesílené změny. Dále určují vztah mezi změnami v atmosférických složkách a radiačních složkách, jež detekují a jim přisuzují klimatické změny. Zpráva obsahuje také kompletní posouzení změny mořské hladiny v minulosti i v budoucnosti. Předpovědi změn ve všech složkách klimatického systému jsou založeny na modelu simulace.

Součástí zprávy je použití jazyka nejistoty (pravděpodobnosti), které umožňuje sledovat zjištěné důvody při hodnocení (obr. 1). Vyjádření pravděpodobnosti je založeno na kombinaci statistických analýz, pozorování, na výsledcích modelů nebo na expertním posudku.

Odborné shrnutí je strukturováno do čtyř hlavních oddílů, které představují následující výsledky hodnocení: TS.2 se vztahuje na hodnocení změn v klimatickém systému; TS.3 informuje o různých řídicích přírodních a antropogenních procesech; TS.4 představuje posouzení kvantitativního pochopení pozorovaných změn klimatu a TS.5 shrnuje výsledky pro budoucí projekci změny klimatu 21. století z regionální i globální úrovně.



Obr. 1: Ukázka příkladů důkazů a dohod a jejich vztah k důvěře. Důvěra se zvyšuje směrem k pravému hornímu rohu, tak je navržena i rostoucí síla stínování. Obecně platí, že důkaz je velmi silný, pokud existuje více v souladu nezávislých linií vysoké kvality.

TS.2 POZOROVÁNÍ ZMĚN V KLIMATICKÉM SYSTÉMU

TS.2.1 Úvod

Pozorování klimatického systému je založeno na přímém fyzickém a biochemickém pozorování, dále na dálkovém průzkumu Země z pozemních stanic a satelitů. Dlouhý kontext poskytují údaje získané z paleoklimatických archivů. Přístrojová pozorování začala v polovině 19. století a paleoklimatické rekonstrukce prodlužují záznam některých veličin o stovky až miliony let. Společně tak poskytují komplexní pohled na proměnlivost a dlouhodobé změny v atmosféře, oceánu, kryosféře a na povrchu půdy.

TS.2.2 Změna teploty

TS.2.2.1 Povrch

Globální průměrná teplota povrchu (GMST) se zvýšila od konce 19. století (obr. 2). Každé z posledních tří desetiletí se jeví stále teplejší než v předchozích dekádách a desetiletí 2000 bylo nejteplejším. Globální průměrná teplota země a oceánu jsou vypočítány pomocí lineárního trendu a ukazují oteplování z 0,85 [0.65 do 1.06] °C v období 1880-2012, 0.89 [0.69 do 1.08] °C v období 1901-2012 a asi 0.72 [0.49 do 0.89] °C v průběhu období 1951-2012. Celkový nárůst mezi průměry období 1850-1900 a období 2003-2012

je 0.78 [0.72 do 0.85] °C. Je *téměř jisté*, že maximální a minimální teploty na zemi se zvýšily v celosvětovém měřítku od roku 1950.

I přes silné vícedekádové oteplování, existuje značná meziroční desetiletá variabilita v rychlosti oteplování s několika obdobími, které vykazují slabší trendy (včetně hiátu v oteplování od roku 1998) (obr. 2). Rychlost oteplování za posledních 15 let (2000-2012) je 0,05 °C [-0.05 do +0.15] °C za desetiletí a je menší než trend od roku 1951 0.12[0.08 do 0.14] °C za desetiletí. Trendy pro krátká období jsou nejisté a velmi citlivá na počátku a na konci období. Několik nezávisle analyzovaných globálních i regionálních datových záznamů teploty vzduchu na povrchu získané od stanic jsou v široké shodě, tzn., že se teploty vzduchu na zemském povrchu zvýšily. Povrchové teploty oceánu (SSTs) se rovněž zvýšily.

Je *nepravděpodobné*, že by účinky tepelného ostrova města a účinky změny využití půdy zvýšily stoletý globální průměr teploty vzduchu u povrchu půdy o více než 10 %. Ovšem regionální trendy mohou být podstatně větší.

Existuje *vysoká důvěra (jistota)* průměrného ročního oteplování povrchu, protože se 20. století obrátilo od dlouhodobého trendu ochlazování minulých 5000 let ve středních a vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule. Pro průměrné roční teploty severní polokoule v období 1983-2012 bylo *velmi pravděpodobně* nejteplejší 30-leté období posledních 800 let (*vysoká důvěra*) a *pravděpodobně* nejteplejší 30-leté období posledních 1400 roků (*střední důvěra*). To je podporováno srovnáním přístrojových měření teplot s několika rekonstrukcemi z různých proxy dat a statistických metod, je v souladu s AR4. Teplotní rekonstrukce v rámci evropského měřítka ukazuje s *vysokou důvěrou* mnoho dekád, během nichž byla středověká klimatická anomálie (950-1250) v některých regionech teplejší tak jako v polovině 20. století a v jiných zemích teplejší jako na konci 20. století. S *vysokou důvěrou* tato regionálně teplejší období nebyla synchronní napříč regiony jako oteplování od poloviny 20. století. Na základě srovnání mezi rekonstrukcí a simulací je *vysoká míra důvěry*, že nejen vnější orbitální, solární a vulkanické zesílení, ale také vnitřní variabilita významně přispěla ke změnám prostorových struktur a k načasování teplotních povrchových změn mezi středověkou klimatickou anomálií a malou dobou ledovou (1450-1850).

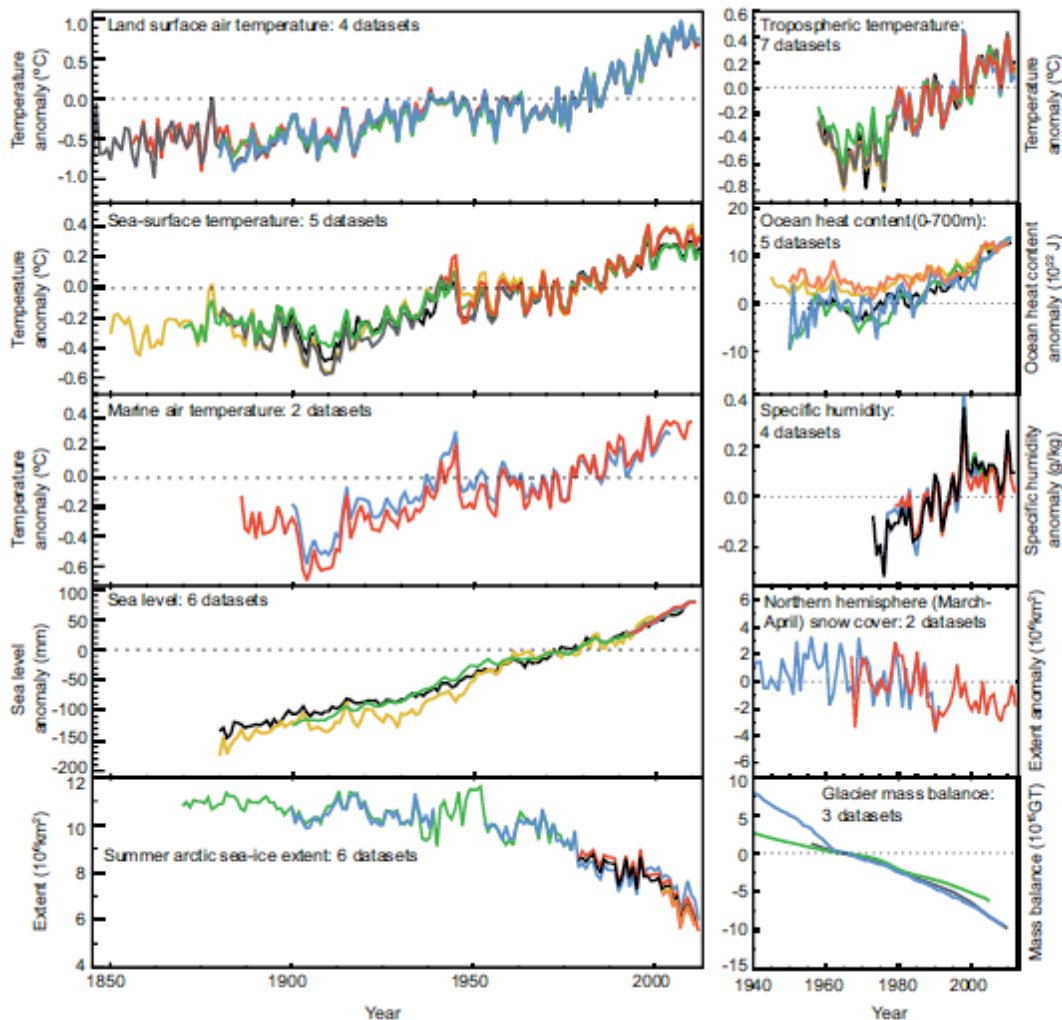
TS.2.2.2 Troposféra a stratosféra

Na základě více nezávislých analýz měření z radiosond a satelitních senzorů je *prakticky jisté*, že na celém světě se troposféra zahřívá a stratosféra ochlazuje od poloviny 20. století (obr. 2). Zde je *střední pravděpodobnost* ve stupni změny a v její vertikální struktuře na severní polokouli v extratropické troposféře a *nízká důvěra* jinde.

TS.2.2.3 Oceán

Je *prakticky jisté*, že horní vrstva oceánu (700 m) se ohřála od roku 1971 do 2010 a je *pravděpodobné*, že se zahřívala i od roku 1870 do roku 1971 (obr. 2). Zde je menší pravděpodobnost důležitých změn do roku 1970, protože existuje relativně malý počet pozorování v dřívějších obdobích. Přístrojové odchylky historických měření teploty povrchové vrstvy oceánu byly identifikovány a jsou snižovány od AR4. Snížení umělé dekádové změny v teplotě a teploty obsah horní vrstvy oceánu je nejmarkantnější v letech 1970 a 1980.

Je *pravděpodobné*, že oceán se ohřívá mezi 700-200 m od roku 1957 do 2009, na základně průměrných 5 let. Je *pravděpodobné*, že se oceán zahřál od 3000 m do dolní části v období 1992-2005, zatímco žádné významné trendy v globální průměrné teplotě nebyly pozorovány mezi 2000 a 3000 metry hloubky asi od 1992 až do 2005. Pod hloubkou 3000 m je největší oteplování pozorované v Jižním oceánu.



Obr. 2: Doplňkové ukazatele měnícího se globálního klimatu. Každý graf představuje nezávislé odvozené určení změny složky klimatu. Časové série zde prezentované jsou hodnoceny v kapitolách 2,3 a 4. V každém panelu jsou všechny datové soubory normalizovány na společné době záznamu. Plné ověření sady zdrojových dat je uvedeno v kapitole 2 doplňkového materiálu sekce 2.SM.5 a v příslušných kapitolách. Další detaily týkající se souvisejícího obrázku je uveden v TS doplňkového materiálu.

TS.2.3 Změny v energetické zásobě a obsahu tepla

Země byla v radiční rovnováze, s větší energií Slunce vstupovala do horní části atmosféry, nejméně od roku 1970. Je *prakticky jisté*, že Země získala značnou energii v období 1971-2010. Odhaduje se zvýšení energetických zásob mezi roky 1971 a 2010 a hodnota je $274 [196 \text{ to } 351] \times 10^{21} \text{ J}$ (*vysoká důvěra*), s rychlostí ohřevu na úrovni $213 \times 10^{12} \text{ W}$ z lineárně vhodných ročních hodnot nad toto časové období (viz také TFE.4).

Oteplování oceánu dominuje tak, že celková rychlost ohřevu s celkovou hloubkou oceánu představuje asi 93 % (*vysoká jistota*) a oteplování horní vrstvy oceánu (0-700 m)

představuje asi 64 %. Tající led (včetně mořského ledu v Arktidě, ledových příkrovů a ledovců) a oteplování kontinentů, každý z nich tvoří 3 % z celkového počtu. Oteplování atmosféry tvoří zbývající 1 %. Odhaduje se nárůst energie Země mezi roky 1993-2010 a je $[127 \text{ to } 201] \times 1021 \text{ J}$ s odhadovaným trendem $275 \times 1015 \text{ W}$. Část oceánu má trend pro období 1993-2010 $257 \times 1012 \text{ W}$ a odpovídá průměru tepelného toku do oceánu 0.71 W m^{-2} .

Je *pravděpodobné*, že tepelný obsah oceánu v hloubce 0-700 m se zvyšuje pomaleji během období 2003-2010 než v období 1993-2002 (obr. 2). Absorpce oceánského tepla v hloubce 700-2000 m, kde je meziroční variabilita menší, *pravděpodobně* pokračuje v neztenčené míře 1993-2009.

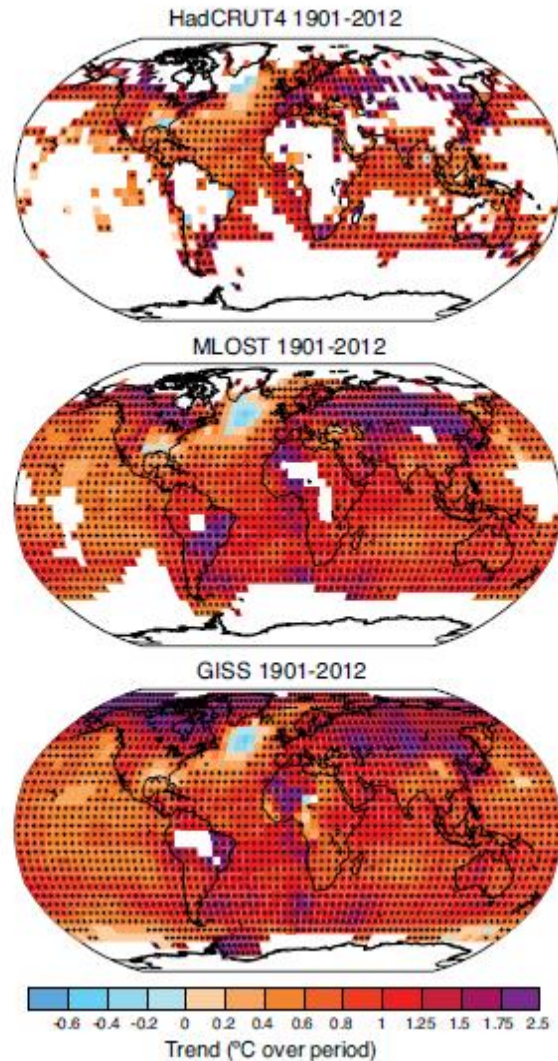
TS.2.4 Změny v objemu a režimu variability

Velká meziroční variabilita na desetileté časové škále brání silným závěrům v dlouhodobých změnách v atmosférické cirkulaci v mnoha případech. *Důvěra je vysoká* tak, že zvýšení západních větrů v severních středních zeměpisných šířkách a indexu Severoatlantické oscilace (NAO) od roku 1950 do roku 1990 a oslabení pacifické Walkerovy cirkulace od konce 19. století do roku 1990 bylo do značné míry kompenzováno nedávnými změnami. *S vysokou mírou jistoty* desetileté a více desetileté změny v indexu NAO pozorované od 20. století nejsou bezprecedentní v rámci posledních 500 let.

Je *pravděpodobné*, že cirkulační funkce se přesunuly směrem k pólům od roku 1970, zahrnují i rozšíření tropického pásu směrem k pólům, posun bouří a Jet streamu a zmenšení (uzavření) severního polárního víření (vortex). Evidence je silnější (pro severní polokouli. Je *pravděpodobné*, že jižní kruhový režim (Annular Mode (SAM)) se stal pozitivním od roku 1950.

Nové výsledky korálových záznamů s vysokým rozlišením dokumentuje s *vysokou jistotou*, že ENSO (El Niño - Jižní oscilace) bylo velmi proměnlivé v posledních 7000 let.

Nedávná pozorování posílila důkazy proměnlivosti v hlavních cirkulačních systémech oceánu v časovém měřítku od jednotek let po desítky let. Je *velmi pravděpodobné*, že subtropická kroužení (víření, gyres) v severním Pacifiku a Jižním Pacifiku se rozšířila a posílila od roku 1993. K dispozici není žádný důkaz o trendech v transportech „indonéské průchodnosti“, antarktického cirkumpolárního proudu (ACC) nebo v transportech mezi Atlantickým oceánem a Severními moři. Nicméně posun na jih ACC asi o 1° zeměpisné šířky lze pozorovat v klesajících údajích v časovém období 1950-2010 se *střední jistotou*.



Obř. 3: Změna teploty povrchu pro období 1901-2012 jak je stanoveno lineárním trendem pro tři datové soubory. Bílé oblasti označují neúplná nebo chybějící data. Trendy jsou vypočteny pouze pro tyto tři gridové boxy s více než 70 % kompletními záznamy a s více než 20 % dostupnými daty v prvním a posledním 10% časovém období. Černá a znaky (1) ukazují gridové boxy, kde jsou významné (tj. tendence, trend nula ležící mimo interval 90% spolehlivosti). Rozdíly v pokrytí odrážejí především míru interpolace a vypovídají o datově prázdných regionech, převzatá data poskytují dosah z žádného mimo grid ležícího průměru ((Hadley Centre/Climatic Research Unit gridded surface temperature data set 4 (HadCRUT4)) k podstatě Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis (GISTEMP)). Další podrobnosti týkající se souvisejícího obrázku SPM.1 jsou uvedeny v TS doplňkovém materiálu.

TS 2.5 Změny v oběhu vody a kryosféře

TS 2.5.1 Atmosféra

Nízká spolehlivost předpovědi srážek před rokem 1951 (nedostatek dat). Poté časové řady doplněny, došlo k nárůstu množství srážek od roku 1901 (malá změna). Přípovrchová a troposférická vlhkost se zvýšila od 70. let, v blízkosti povrchu pokles relativní vlhkosti. Trendy v pokrytí oblačností jsou globálně nezávislé (nízká spolehlivost).

TS 2.5.2 Oceán a povrchové proudy

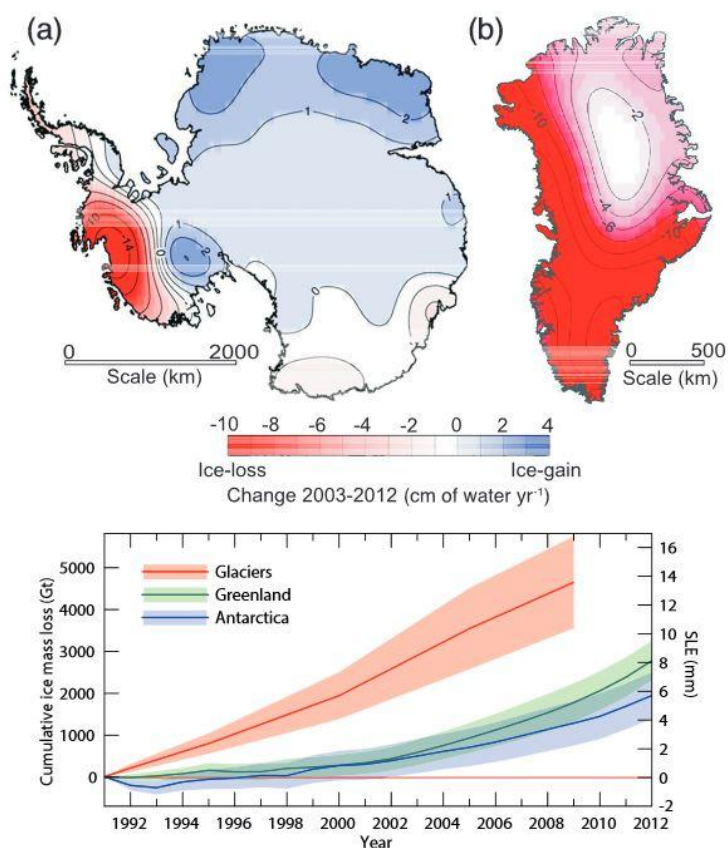
Větší kontrasty v povrchové salinitě od roku 1950, vyšší výpar-střední ZŠ, a větší zředění v polárních oblastech (nižší slanost). Průměrný rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší slaností se zvýšila o 0,13 od 1950 – 2008. Atlantik se stal slanějším a v Pacifiku se salinita snížila (vysoká důvěra těchto dat). Slanost závisí na evaporaci a množství srážek. Od roku 1950 došlo ke zvýšení evaporace.

TS 2.5.3 Mořský led

Pokračující pokles rozsahu mořského ledu v Arktidě 1979 – 2012. Nejrychlejší v létě a na podzim. Úbytek o cca o 11,5 % za desetiletí. Trvání období bez ledu se zvýšilo za toto období o téměř 3 měsíce. Klesla průměrná zimní tloušťka ledu – o 1,3 až 2,3 m – různé zdroje, velká míra jistoty. V Antarktidě rozsah ledu rostl od 0,13 – 0,20 mil km² v letech 1979 – 2012.

TS 2.5.4 Ledovce a ledovcové štíty

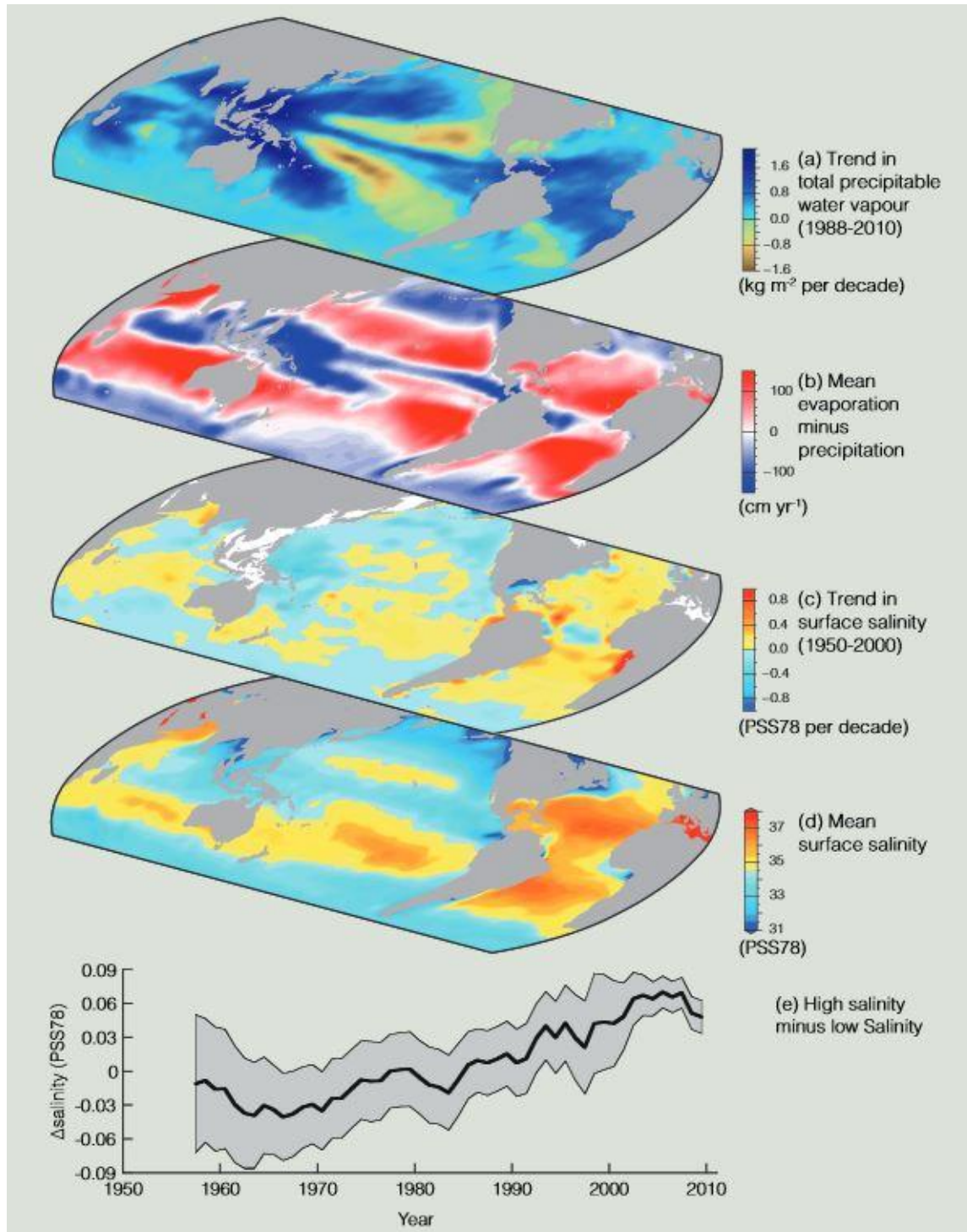
Zmenšení jejich délky, plochy a objemu. Největší ztráty jsou na Aljašce, v Kanadské Arktidě, Grónský ledovec, Andy, Asijské hory. Celková ztráta byla na světě v období 1971 – 2009 226 Gt*y⁻¹ a ztráta se zvyšuje. Úbytek Grónského ledovce se zrychlil od roku 1992. Antarktida – ztráty ledu především na Antarktickém poloostrově a v západním sektoru (z 30 Gt* y⁻¹ na 147 Gt*y⁻¹ za desetiletí). Také dochází k významným ústupům šelfového ledovce.



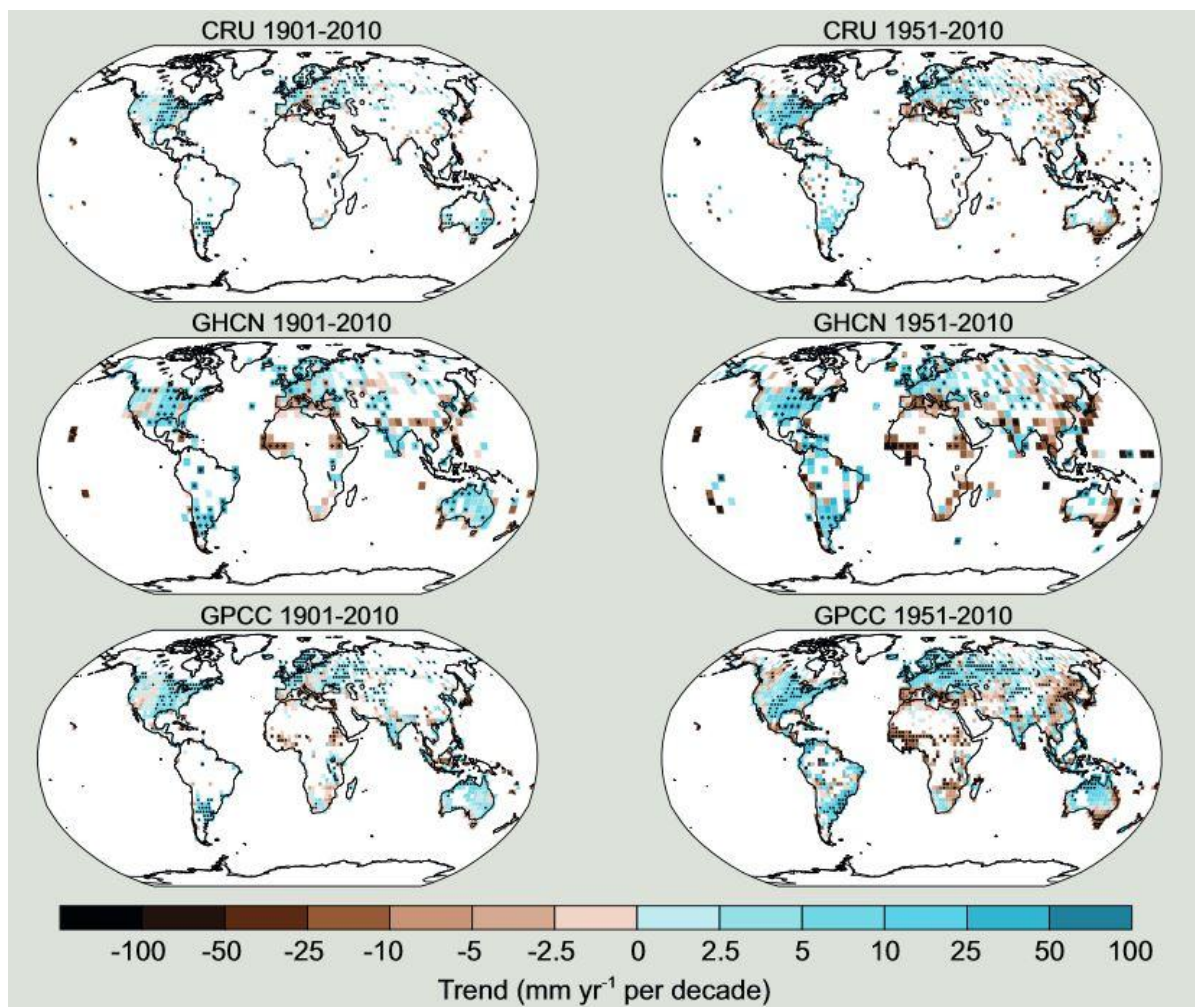
Obr. 4 Změny v distribuci ledu v a) Antarktidě a v b) Grónsku, graf celkové ztráty ledu a ekvivalent hladiny moře

TFE. 1 Změna oběhu vody

Koloběh vody v klimatickém systému jako kapalné, pevné a plynné formy a její uchování v atmosféře, oceánu, na povrchu a v kryosféře. Cirkulace vody a vodní páry, přenos tepla – globální cirkulace atmosféry. Nárůst troposférické vodní páry (o 3,5 % za posledních 40 let). Změny srážek – regionální trendy. Snižující se počet dní se sněžením a rozsahu sněhové pokrývky. Globální odtok během 20. století vzrostl. Pokles odtoku v jižní Evropě a Středním východě, vzrůst ve vyšších šířkách.

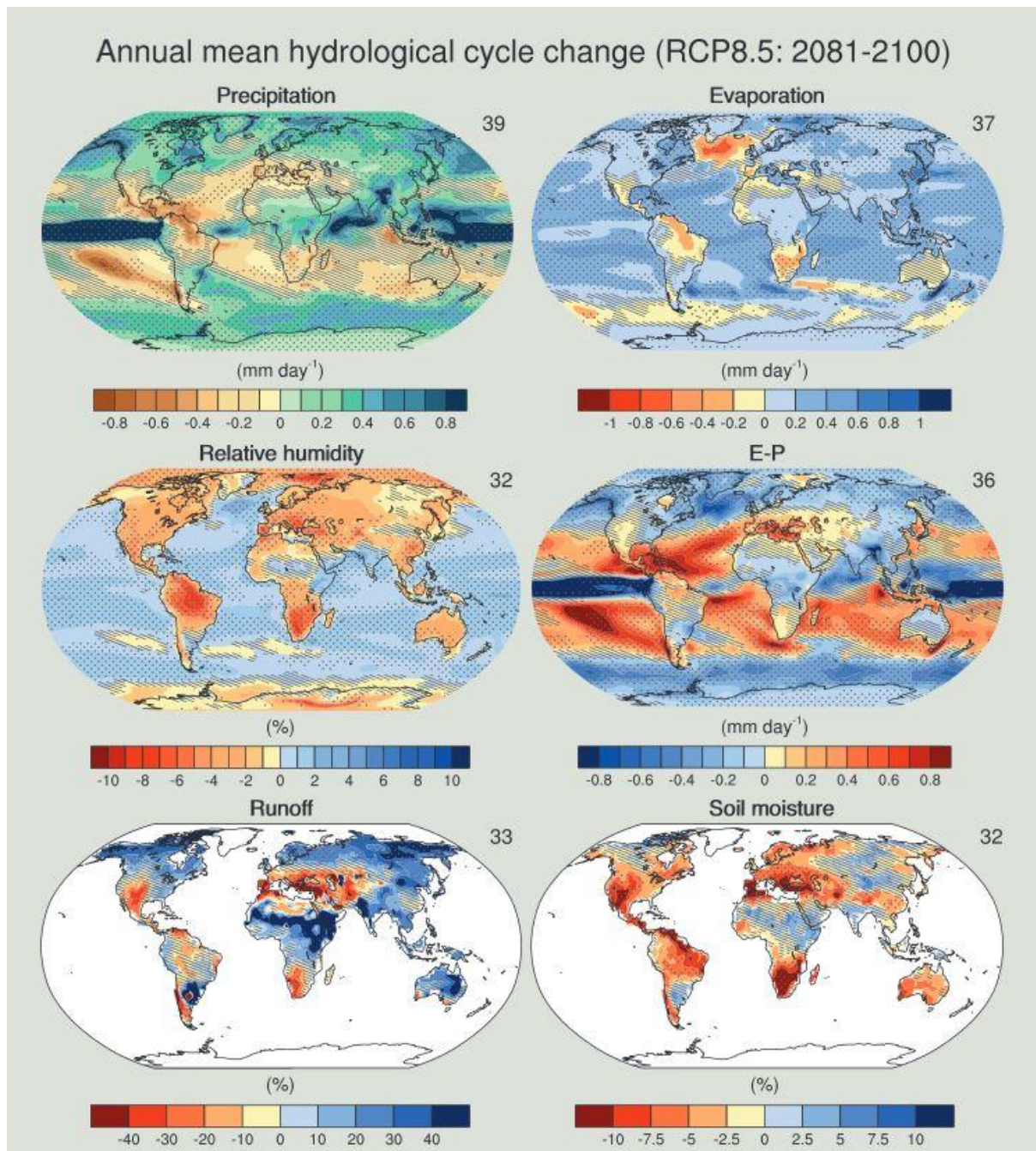


Obř. 5 Změna mořské salinity je dána rozdílem atmosférických srážek a výparu, a) vodní pára od povrchu v celé atmosféře, b) rozdíl výparu a srážek v období 1979 – 2005, c) povrchová salinita (1950 – 2000), d) průměrná povrchová salinita



Obr. 6 Změny v množství srážek na Zemi v období 1901 – 2010 (levé panely) a 1951 – 2010 (pravé panely)

Projekce budoucích změn – Předpokládá se nárůst srážek a troposférické vodní páry. Regionálně (v teplejších oblastech se srážky moc nezmění, vysoké šířky zvýšení, střední šířky a subtropické šířky – zmenšení, případně změny srážek v zimě). Zvýšení sucha v oblastech Středomoří, JZ USA, J Afriky,...



Obr. 7 Průměrná roční změna Srážek, Výparu, Relativní vlhkosti, Rozdílu Výparu a srážek, Odtoku a Půdní vlhkosti

TS 2.5.5 Sněhová pokrývka, sladkovodní led, zmrzlá půda

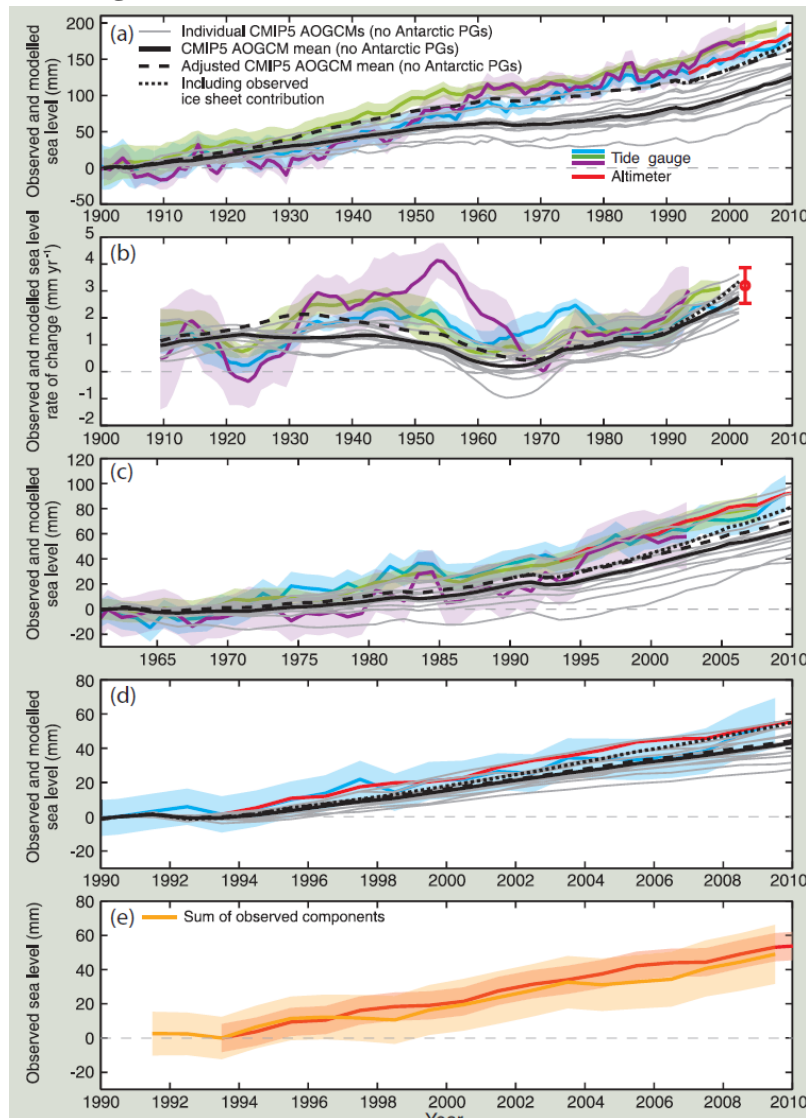
Snížení plochy sněhové pokrývky (1967 – 2012 o 53 % v červnu). Teplota permafrostu se zvyšuje od roku 1980 – reakce na zvýšení teploty vzduchu, a změny v tloušťce a trvání sněhové pokrývky.

TS 2.6 Změny ve výšce hladiny moře

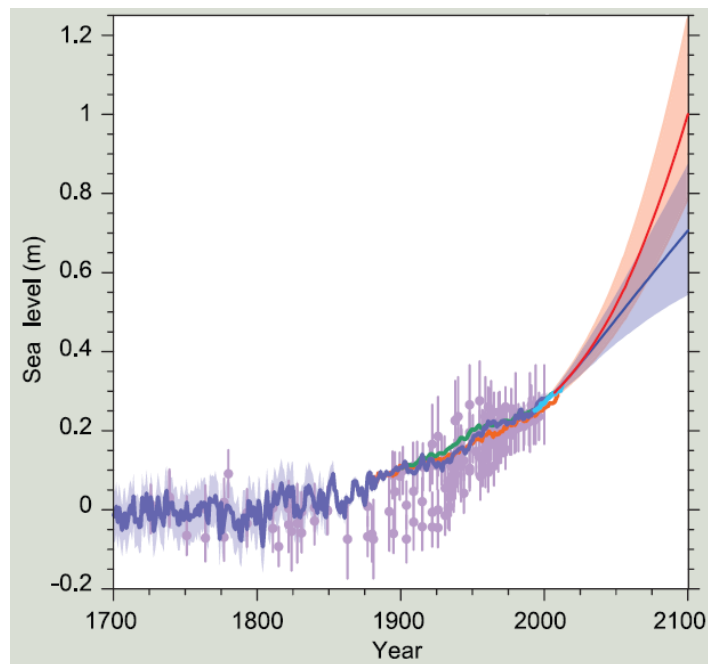
Změna hladiny moře (relativní hladina moře) může být výrazně odlišná od průměrné globální úrovně moře (GMSL). Během teplejších období středního Pliocénu (3,3-3,0 Ma) bylo klima teplejší o 1,9 – 3,6 °C (oproti před-industriální době), oxid uhličitý mezi

350 – 450 ppm, hladina nepřesáhla +20 metrů. V posledním interglaciálu (129 – 116 ka) byla hladina po několik tisíc let o 5 m vyšší – tzn. teplota musela být vyšší alespoň o 2 °C než v současnosti. GMSL vzrostla o 0,19 m během periody 1901 – 2010. V letech 1993 – 2010 pravděpodobně vzrostla o 3,2 mm*yr⁻¹.

TFE.2 Sea Level Change



TFE.2, Obr. 1 (a) Pozorovaná a modelovaná mořská hladina v letech 1900-2010. (b) Velikost změny mořské hladiny za stejné období se satelitními výškovými údaji jako červená tečka s rozpětím. (c) Pozorovaná a modelovaná mořská hladina v letech 1961-2010. (d) Pozorovaná a modelovaná mořská hladina v letech 1990-2010. Graf (e) porovnává součet pozorovaných příspěvků (oranžová) a úroveň mořské hladiny pozorované z výškových družicových dat (červená). Odhady GMSL z různých zdrojů jsou uvedeny se stínováním ukazujícím intervaly spolehlivosti (dvě standardní odchylky). Satelitní výšková data od roku 1993 jsou červenou barvou. Šedé linie v grafech (a)-(d) jsou součty příspěvků z modelování tepelné roztažnosti oceánu a ledovců (vyjma periferních ledovců antarktického ledového příkrovu), plus změny v ukládání pevninské vody (viz obr. 13.4). Černá čára je průměr šedých linek plus korekce tepelné roztažnosti při vynechání sopečný sil v kontrolních experimentech Atmosphere-Ocean General Circulation Model (AOGCM) (viz kapitola 13.3.1). Čárkovaná černá linie je součet opravené modelové průměrné tepelné roztažnosti, změny v ukládání pevninské vody, odhadu ledovce pomocí pozorovaného (spíše než modelovaného) klimatu (viz obr. 13.4) a názorných dlouhodobých ledovcových příspěvků (0,1 mm rok⁻¹). Tečkovaná černá čára je upravený modelový průměr, ale nyní včetně sledovaných ledovcových příspěvků, které začínají v roce 1993.



TFE.2, obr. 2 Kompilace paleo-dat úrovně mořské hladiny (fialová), naměřených dat tidálních procesů (modrá, červená a zelená), výškoměrných dat (světle modrá) a středních odhadů s mezemi *pravděpodobnostními* rozsahy pro projekce průměrného globálního stoupaní hladiny moře z kombinací CMIP5 a modelů pro RCP2.6 (modrá) a RCP8.5 (červená) scénáře, všechny vztažené na před-industriální hodnoty.

TS 2.7 Změny v extrémech

TS 2.7.1 Atmosféra

Je *velmi pravděpodobné*, že počet chladných dnů a nocí poklesl a počet teplých dnů a nocí se globálně zvýšil mezi lety 1951 a 2010. Globálně je *střední míra jistoty*, že délka a frekvence teplých období, včetně teplých vln, stouply od poloviny 20. století. Frekvence teplých vln *pravděpodobně* stoupla ve velkých částech Evropy, Asie a Austrálie.

Je *pravděpodobné*, že od roku 1950 stoupl počet velkých srážkových událostí nad pevninou ve více regionech než v regionech, kde poklesl. *Míra jistoty* je *nejvyšší* pro severní Ameriku a Evropu.

Frekvence a intenzita such *pravděpodobně* stoupla v oblastech Středozevního moře a západní Afriky a pravděpodobně klesla v centrální části severní Ameriky a severozápadní Austrálii od roku 1950.

Existuje *vysoká míra jistoty* pro období sucha během posledního tisíciletí, kdy byly větší a s delším trváním, než ty pozorované od počátku 20. století v mnoha regionech. Je *střední míra jistoty*, že se více megasuch vyskytlo v monzunové Asii a vlhčí podmínky převažovaly v aridní centrální Asii a v monzunovém regionu jižní Ameriky během Malé doby ledové (1450-1850) v porovnání se středověkou klimatickou anomálií (950-1250).

Míra jistoty zůstává *nizká* pro dlouhodobé (staleté) změny v aktivitě tropických cyklon. Avšak od 70. let 20. století je *prakticky jisté*, že frekvence a intenzita bouřek v severním Atlantiku stoupla, přestože se o důvodech debatuje.

S *vysokou mírou jistoty* byly povodně, během posledních pěti století v severní a střední Evropě, západní části Středomoří a východní Asii, větší než ty zaznamenané od začátku 20. století.

TS 2.7.2 Oceány

Je *pravděpodobné*, že magnitudo událostí ohledně extrémně vysoké mořské hladiny stouplo od roku 1970. Většinu z toho lze vysvětlit zvýšením průměrné světové hladiny moří: změny extrémní úrovně výšky světových moří jsou sníženy na méně než 5 mm rok⁻¹ při 94% míře tidálních procesů, jakmile je vzestup mořské hladiny jednou zahrnut.

TS 2.8 Změny uhlíku a dalších biochemických cyklů

Koncentrace atmosférických skleníkových plynů (GHGs) – oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄) a oxid dusný (N₂O) – překročily v roce 2011 míru koncentrací zaznamenaných v ledových jádrech během posledních 800 tis. let. Poslední změny atmosférických GHG jsou stanovené s *velkou mírou jistoty* z polárních ledových jader. Oproti předešlé zprávě (AR4) jsou tyto záznamy posunuty z 650 ka na 800 ka.

S *velmi vysokou jistotou* je současné tempo vzrůstu koncentrací CO₂, CH₄ a N₂O v atmosféře a s tím spojený vzestup RF (radioactive forcing) bezprecedentní s ohledem na ‘nejvyšší rozlišení’ záznamů v ledovcových jádrech v posledních 22 ka. Se *střední mírou jistoty* je úroveň navýšení koncentrace pozorovaných GHG také bezprecedentní ve srovnání se záznamy ledových jader s nižším rozlišením za posledních 800 ka.

V několika periodách, charakterizovaných díky vysoké koncentraci atmosférického CO₂, je *střední míra jistoty*, že globální průměrná teplota byla značně vyšší oproti před-industriálnímu stavu. Během středního pliocénu (3,3 – 3,0 Ma) byly koncentrace atmosférického CO₂ mezi 350 ppm a 450 ppm (*střední míra jistoty*) a GMST byla o 1,9°C až 3,6°C teplejší (*střední míra jistoty*) oproti před-industriálnímu klimatu. Během spodního eocénu (52 – 49 Ma) překročila koncentrace atmosférického CO₂ hodnotu 1000 ppm a GMST byla o 9°C až 14°C vyšší (*střední míra jistoty*) oproti před-industriálním podmínkám.

TS 2.8.1 Oxid uhličitý

Emise CO₂ mezi lety 1750 – 2011 ze spalování fosilních paliv a produkce cementu jsou odhadovány na 375 [345 - 405] PgC. V letech 2002 – 2011 byly průměrně 8,3 [7,6 – 9,0] PgC rok⁻¹ (*vysoká míra jistoty*) s průměrným růstem 3,2% rok⁻¹ (obr TS.4). Tento růst emisí z fosilních paliv je vyšší oproti stavu v 90. letech 20. století (1,0% rok⁻¹).

U změn v land-use (hlavně odlesňování) v rozmezí let 1750-2011 se odhaduje 180 [100-260] PgC emisí. V letech 2002 – 2011 se nejvíce projevuje odlesňování tropů a odhad emisí je 0,9 [0,1 – 1,7] PgC rok⁻¹ (*střední míra jistoty*) s možným mírným poklesem od 90. let 20. století díky nahlášení menších lesních úbytků během této dekády.

555 [470 - 640] PgC bylo vypuštěno do atmosféry z fosilních paliv a emisí z land-use v období 1750-2011, 240 [230-250] PgC se v atmosféře akumulovalo, jak je odhadováno s velmi vysokou přesností pozorovaného nárůstu koncentrací atmosférického CO₂ z 278 [273-283] ppm v roce 1750 na 390,5 [390,4 – 390,6] ppm v roce 2011. Distribuce CO₂ jasně ukazuje, že vzestup koncentrací je řízen antropogenními emisemi, které se primárně vyskytují v industrializovaných státech severně od rovníku. Průměrné roční koncentrace na stanicích severní polokoule jsou nepatrně vyšší, než stanice na jižní polokouli.

Zbývající množství uhlíku, uvolněného fosilními palivy a emisemi z land-use, bylo znovu pohlceno oceánem a terestrickými ekosystémy. Přírodní terestrické ekosystémy (ty, které nejsou ovlivněny změnami v land-use) se odhadem podílejí na akumulaci 160 [70-250]

PgC v období 1750 – 2011. Zisk CO₂ přírodními terestrickými ekosystémy se uskutečňuje zejména prostřednictvím zvýšené fotosyntézy díky vyšší koncentraci CO₂, ukládáním dusíku a delšímu vegetačnímu období ve středních a vyšších zeměpisných šířkách.

TS 2.8.2 Uhlík a acidifikace oceánu

Absorpce antropogenního CO₂ oceánem má za výsledek postupnou acidifikaci oceánu. pH oceánských povrchových vod pokleslo o 0,1 od počátku industriálního věku (*vysoká míra jistoty*), což odpovídá 26 % vzestupu koncentrací iontů vodíku.

TS 2.8.3 Metan

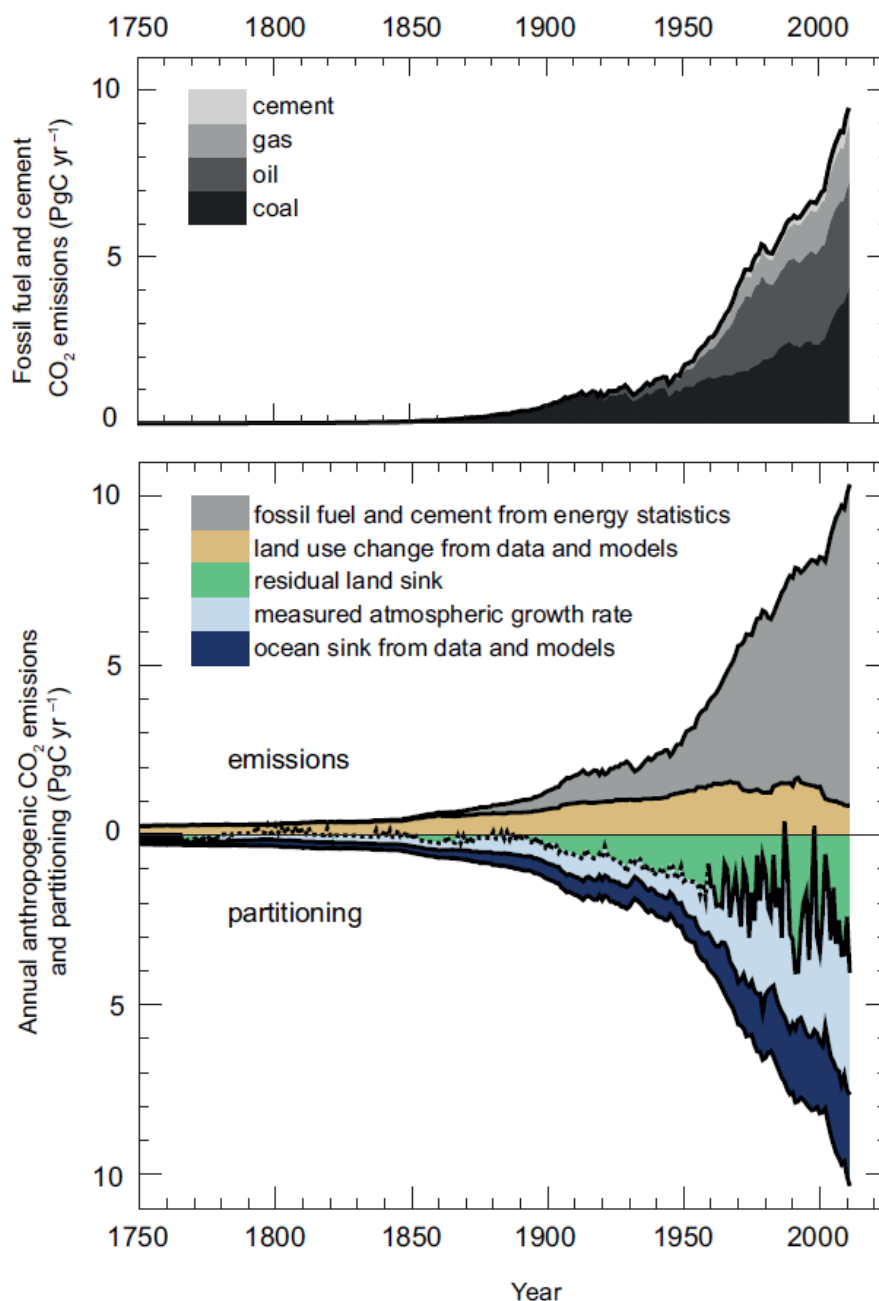
Koncentrace CH₄ stoupla z 722 [697 - 747] ppb v roce 1750 na 1803 [1799-1807] ppb v roce 2011 (obr. TS.5), tedy 2,5-krát oproti před-industriální době. Existuje *velmi vysoká míra jistoty*, že tomu tak je díky antropogenní činnosti (hlavně emise z fosilních paliv, expanze rýžových polí a emise ze skládek). Antropogenní emise sčítají od 50 do 65 % celkových emisí. Přírodní emise metanu, které se v minulých výpočtech nebraly v úvahu, jsou odhadnuty přibližně na 30 % celkových emisí (*střední míra jistoty*).

TS 2.8.4 Oxid dusný

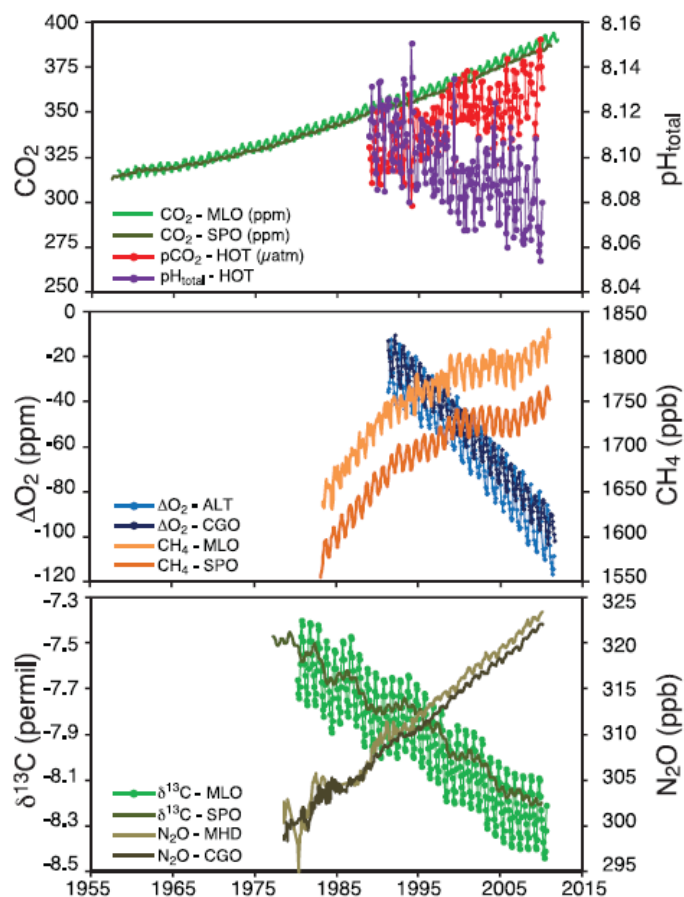
Od před-industriální doby stouply koncentrace N₂O v atmosféře 1,2-krát (obr. TS.5).

TS 2.8.5 Oceánický kyslík

Vysoká dohoda mezi analýzami prokázala *střední míru jistoty*, že koncentrace kyslíku klesly ve vrstvě termokliny v mnoha oceánských regionech od roku 1960. Celkový pokles je v souladu s očekáváním, že oteplením vyvolaná stratifikace vede ke snížení dodávky kyslíku do vrstvy termokliny z vrstvy povrchových vod, protože teplejší voda může držet méně kyslíku a že změny ve větrem řízené cirkulaci ovlivňují koncentrace kyslíku.



Obr TS.4 | Roční antropogenní emise CO₂ a jejich rozdělení mezi ovzduší, půdy a oceán (PgC rok⁻¹) v letech 1750-2011. Tempo růstu atmosférického CO₂ před rokem 1959 je založeno na informacích z ledových jader a syntézou s atmosférickým měřením z roku 1959. Linie vývoje založená na ledových jádrech nezachycuje velkou meziroční variabilitu atmosférického CO₂ a je reprezentována přerušovanou čarou. Pokles v oceánském CO₂ je z kombinace modelů a pozorování. Zbytkové poklesy na povrchu (zeleně na obrázku) jsou vypočtena ze zbytku dalších podmínek. Emise a jejich rozdělení zahrnují pouze toky, které se změnily od roku 1750, a ne přírodní toky CO₂ (např. atmosférická absorpce CO₂ z počasí, uvolňování CO₂ z jezer a řek a uvolňování CO₂ z moří (uhlík dodaný řekami); viz obr. 6.1) mezi atmosférou, zemským povrchem a oceánskými rezervoáry, které existovaly před tímto obdobím a stále existují dodnes.



Obr TS.5 Atmosférické koncentrace CO₂, kyslíku, poměru stabilních izotopů ¹³C/¹²C obsažených v CO₂, stejně jako atmosférické koncentrace CH₄ a N₂O a oceánské povrchové měření CO₂ parciálního tlaku (pCO₂) a pH, zaznamenané na reprezentativních časových řadách na stanicích na severní a jižní polokouli. MLO: Mauna Loa Observatory, Havaj; SPO: Jižní pól; HOT: stanice Hawaii Ocean Time-Series; MHD: Mace Head, Irsko; CGO: Cape Grim, Tasmanie; ALT: Alert, Severozápadní teritorium, Kanada.

TS.3 PŘÍČINY KLIMATICKÉ ZMĚNY

Míra změny energetické bilance Země jako důsledek vnějších zásahů do klimatického systému se vyjadřuje pomocí **radiačního působení (radiative forcing = RF)**. Je udáváno ve $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, přičemž jeho kladná hodnota značí zvyšování globální průměrné povrchové teploty. Při výpočtu radiačního působení předpokládáme, že vlastnosti troposféry a zemského povrchu zůstávají v nezměněném stavu. Pro lepší vyjádření odpovědi klimatického systému je ale v případě atmosférických aerosolů lepší použít předpoklad rychlého přizpůsobení se těchto vlastností (**effective radiative forcing = ERF**). V dalších kapitolách jsou hodnoty RF a ERF udávány **pro „industriální éru“, tj. období 1750 – 2011.**

1. Skleníkové plyny

Hodnota RF pro všechny skleníkové plyny činí pro výše zmíněné období **2,83 [2,54 až 3,12] W m^{-2}** . Od poslední zprávy AR4 z roku 2007 došlo k navýšení o 0,20 [0,18 až 0,22] W m^{-2} (7 %), přičemž nejvíce se na této změně podílelo CO_2 .

Radiační působení samotného CO_2 je vypočteno na **1,82 [1,63 až 2,01] W m^{-2}** . Koncentrace CH_4 narostly po období relativní stabilizace na **0,48 [0,43 až 0,53] W m^{-2}** , což představuje navýšení 2 % od roku 2007. Dalším plynem v pořadí je N_2O , jenž svým radiačním působením **0,17 [0,14 až 0,20] W m^{-2}** a nárůstem po roce 2007 o 6 % převýšil působení freonů-12 (CFC-12). Ostatní **halogenované uhlovodíky** pod tíhou Montrealského protokolu vesměs ubývají, přesto je jejich radiační působení srovnatelné s působením metanu.

Ozón způsobuje oteplení klimatického systému o **0,35 [0,15 až 0,55] W m^{-2}** . Z toho troposférický O_3 zapříčiňuje oteplení o 0,40 [0,20 až 0,60] W m^{-2} . Naopak stratosférický ozón zmírňuje klimatickou změnu o $-0,05 [-0,15 \text{ až } +0,05] \text{ W m}^{-2}$. **Vodní pára** vznikající při oxidaci metanu působí na klimatický systém hodnotou **0,07 [0,02 až 0,12] W m^{-2}** .

2. Antropogenní aerosoly

Aerosoly ovlivňují klima dvěma způsoby – jednak působí přímo na radiaci (ari), jednak mají nepřímý vliv na tvorbu oblaků (aci). ERF_{ari} je tedy odhadnuto na **-0,45 [-0,95 až +0,05] W m^{-2}** , celkové působení antropogenních aerosolů ($\text{ERF}_{\text{ari}} + \text{aci}$) je pak odhadnuto na **-0,9 [-1,9 až -0,1] W m^{-2}** . Černý uhlík (**black carbon**) spadající na sněhovou či ledovou pokrývku má opačný efekt (oteplují o **0,04 [0,02 až 0,09] W m^{-2}**).

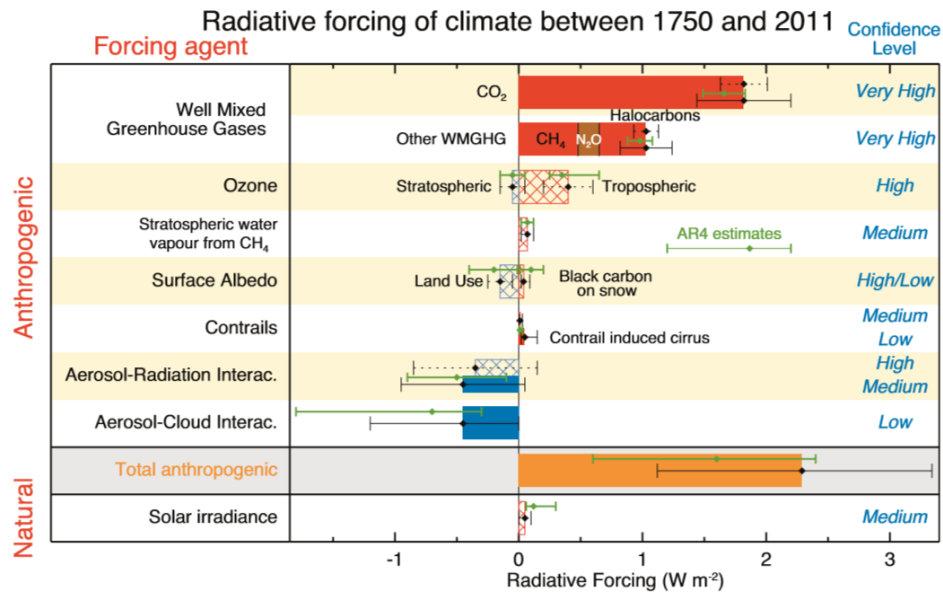
3. Změny land use a kondenzační stopy

Změny landuse a zejména odlesňování mění hodnotu albeda a tím dochází k ochlazení planety o **-0,15 [-0,25 až -0,05] W m^{-2}** . Předpokládá se, že změny způsobené kondenzačními stopami letadel přispívají **0,05 [0,02 až 0,15] W m^{-2}** .

4. Přírodní příčiny

Změny RF **slunečního záření** je odhadováno na **0,05 [0,00 až 0,10] W m⁻²**. Téměř jisté ale je, že v 21. století bude hrát sluneční záření v problematice změny klimatu zanedbatelnou roli.

Několik let po významnějších **vulkanických erupcích** dochází ke zvýšení RF, a to zejména kvůli vyvrhovaným sulfátovým aerosolům. Vyvrhované CO₂ má ale ve srovnání s antropogenním CO₂ až 100krát nižší hodnoty, a proto je tento faktor nevýznamný.



Obr. 1 RF a ERF pro různé faktory klimatické změny v letech 1750 – 2011 spolu s mírou nejistoty (plné linie značí ERF, přerušované RF, zeleně jsou zaznačeny odhady uvedené v AR4)

5. Souhrn

Antropogenní **navýšení** RF je od roku 1750 téměř **kontinuální**, i když významných nárůstů je dosahováno až od roku 1860, ještě více pak po roce 1960. **Nejvýznamnějším působícím článkem byl a je CO₂**, zejména v období 1980 – 2011. Navíc, aerosoly, které mají schopnost kompenzovat vliv CO₂, postupně ztrácí na významu a jejich efekt v tomto období je mnohem nižší než byl v letech 1950 – 1980.

Důležité také je, že zatímco působení skleníkových plynů s dlouhou životností (well-mixed GHG) je na planetě poměrně **homogenní**, u **ostatních činitelů je tomu naopak**. Například negativní RFari se v minulém století nejvíce projevovale v Severní Americe a Evropě, kde je v současnosti kladen důraz na omezování emisí. Maxima se tedy v nedávné době přenesla hlavně do rychle se rozvíjející JV Asie.

Modely předpovídají, že v roce 2050 budou hodnoty celkového antropogenního RF 3,0 až 4,8 W m⁻² a v roce **2100 dokonce 2,7 až 8,4 W m⁻²**. Předpokládá se, že po roce 2030 dojde k výraznému snížení koncentrací aerosolů (s výjimkou dusičnanových), čímž také dojde k nárůstu hodnot RF.

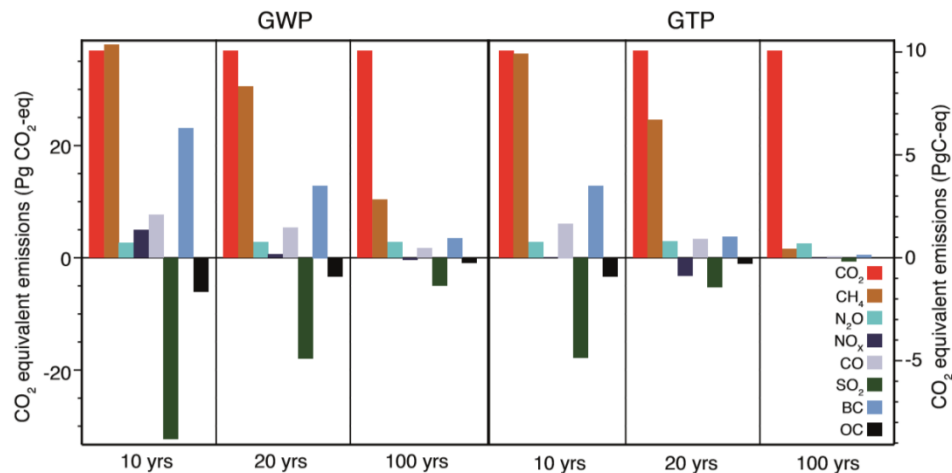
6. Zpětné vazby

Známá je pozitivní vazba sníh/led – albedo, podobně jako pozitivní zpětná vazba při narušení uhlíkového cyklu (omezení tvorby přirozených rezervoárů CO₂). Také uvolňování metanu a uhlíku z tajícího permafrostu je již neodkladné.

7. Emisní ukazatele

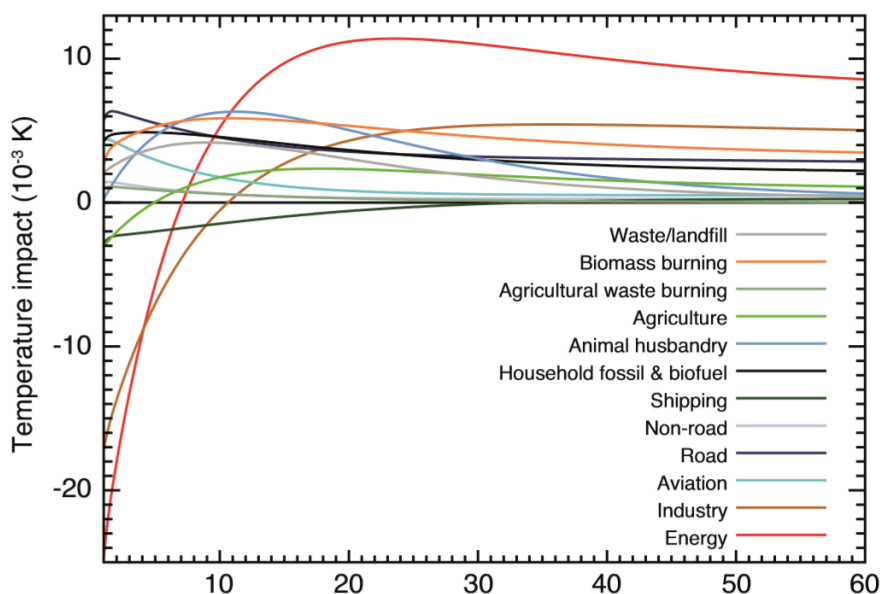
Ke kvantifikaci relativních příspěvků jednotlivých substancí ke klimatické změně se používají především ukazatele **GWP (Global Warming Potencial)** nebo v posledních letech také **GTP (Global Temperature Change Potencial)**.

Z následujícího obrázku, který analyzuje vliv emisí, které byly do atmosféry vypuštěny v roce 2008, tedy vyplývá, že „krátkověcí“ činitelé (CH₄, SO₂ a black carbon) budou v krátkodobém horizontu přispívat ke globální změně podobnou měrou jako CO₂. Naopak v dlouhodobějším horizontu bude jejich vliv klesat, zatímco „dlouhověké“ CO₂ se stane dominantním faktorem.



Obr. 2 Současné antropogenní emise (roku 2008) vážené GWP a GTP pro zvolené časové horizonty

Pro lepší aplikovatelnost těchto poznatků jsou uvedeny i klimatické dopady emisí podle různých aktivit, sektorů lidské činnosti. Z obrázku vyplývá, že například za 50 let bude mít největší podíl na klimatické změně energetika a průmysl, o něco méně bude v podobných časových horizontech přispívat spalování biomasy nebo doprava. Naopak sektory emitující velké množství CH₄ (chov dobytka, zemědělství a nakládání s odpady) mají význam pouze v krátkých časových horizontech (do 20 let).



Obr. 3 Odhad reakce globální průměrné teploty podle ekonomických odvětví. Absolutní GTP jako funkce času vynásobená současnými emisemi všech činitelů, kteří pocházejí z jednotlivých sektorů

TS.4 POCHOPENÍ KLIMATICKÉHO SYSTÉMU A JEHO POSLEDNÍCH ZMĚN

TS.4.1 Úvod

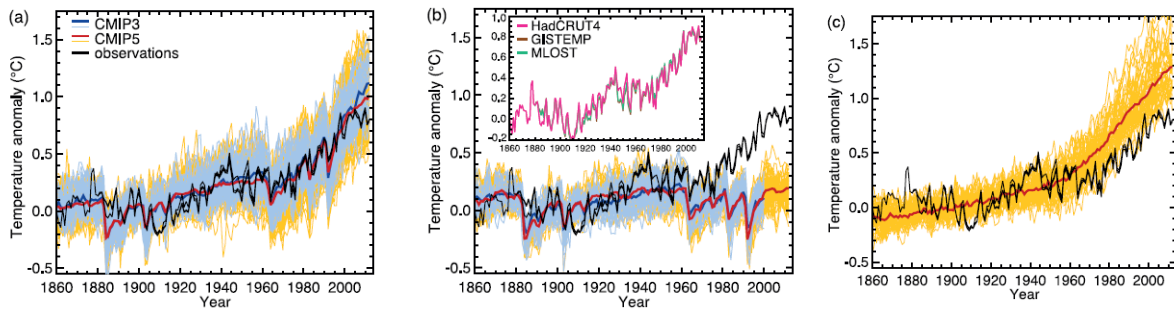
Klimatický systém je výsledek komplexu pozorování, teoretických studií zpětných vazeb a modelových simulací. Pokud srovnáme předchozí zprávu IPCC A4, tak v současnosti se využívají detailnější pozorování a vylepšené klimatické modelování pro odhalení změn, které způsobil vliv člověka. Konzistence pozorovaných a modelovaných změn klimatického systému, včetně regionálních teplot, vodního cyklu, globální energetické bilance, kryosféry a oceánů udává fakt, že **globální změna klimatu** je primárně z antropogenního zvyšování koncentrací WMGHGs (Well-mixed greenhouse gases).

TS.4.2 Přízemní teplota

Několik pokroků od AR4 umožnilo robustnější kvantifikaci vlivu člověka na změny přízemní teploty. Dřívější nejistoty byly zkoumány mnohem více a pozorování zahrnuje celou dekádu 21. století pomocí simulací nové generace klimatických modelů.

Pozorovaná anomálie globální průměrné přízemní teploty (dále jen GMST) od roku 2000 leží mimo hodnoty GMST modelované pomocí simulací CMIP 3 a CMIP5 (Coupled Model Intercomparison project) s působením antropogenních a přírodních vlivů. Je to způsobeno tím, že modelované hodnoty mají tendenci předpovídat **větší nárůst WMGHGs** než jsou pozorované hodnoty, dochází tedy k přecenění hodnot (viz Obr. 4). Modelované simulace CMIP na základě jen přírodních působení vykazují od roku 1980 naprosto odlišný trend od pozorovaných hodnot, tudíž přírodní působení má velmi malý význam na oteplení GMST. Simulace změn WMGHG bez aerosolů obecně vykazují silnější oteplování než bylo pozorováno, jelikož aerosoly mají vliv na klima ve smyslu ochlazování (viz Obr. 4). Pozorované teplotní trendy v období **1951-2010** se vyznačují oteplováním po celém světě

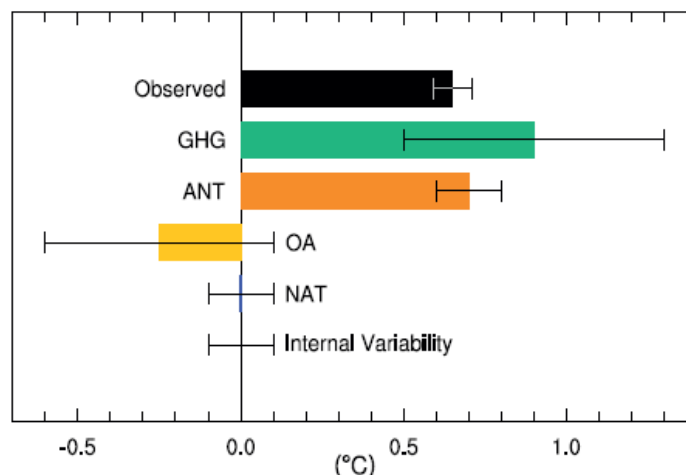
s nejintenzivnějším oteplováním nad kontinenty. Tyto trendy jsou na mnoha pozorovaných místech v souladu se simulacemi CMIP5 vycházející z působení jak přírodních tak i antropogenních. Řada studií zkoumala účinky Atlantické multidekádní oscilace (AMO) na GMST. I když některé studie našly významnou roli na GMST, tak obecně AMO vykazuje jen malý podíl na trendu GMST v období 1951-2010 (méně než 0,1 °C).



Obr. 4 Pozorované hodnoty GMST (černá linie) z data setů HadCRUT4, GISTEMP a MLOST srovnávané s modelovými simulacemi CMIP3 (modrá linie) a CMIP5 (žlutá linie). A to na základě antropogenního a přírodního působení (a), jen přírodního působení (b) a působení jen skleníkových plynů WMGHGs (c). Všechny simulace a pozorovaná data byla maskována pomocí data setů HadCRUT4 a globální průměrné anomálie jsou uvedeny s ohledem na období 1818-1919

Je **velmi pravděpodobné**, že lidské aktivity způsobily více než polovinu pozorovaného nárůstu globální průměrné přízemní teploty (GMST) od roku 1951 do roku 2010. Toto tvrzení je podpořeno mnoha důkazy z více studií využívajících různé metody. Zejména teplotní trend připadající na kombinaci všech antropogenních působení, může být více omezen detekcí multisignálu a prisuzovací analýzy. Nejistoty v antropogenních a přírodních působení a v klimatických modelech mají odezvu v těchto působení, spolu s problémy v rozlišení modelování teplot **kvůli WMGHGs** a ostatních antropogenních působení, mohou tedy sloužit jako přesná kvantifikace předcházení změn teploty připadající na WMGHGs a na ostatní antropogenní působení individuálně.

V souvislosti s přechodí zprávou AR4 se soudí, že více než polovina pozorovaného zvýšení GMST od 1951 do 2010 souvisí s pozorovaným antropogenním zvyšováním koncentrací WMGHGs. Tyto plyny přispěly k oteplování GMST mezi **0,5 a 1,3 °C** v období 1951-2010, s podílem ostatních antropogenních působení mezi -0,6 a 0,1 °C a přírodních působení mezi -0,1 a 0,1°C. Společně pak antropogenní působení souvisí s oteplením přibližně 0,6 °C za uvedené období (viz Obr. 5).



Obr. 5 Krabicový graf vyjadřující změny přízemních teplot od střední hodnoty v období 1951-2010 v důsledku antropogenního působení (ANT), koncentrací skleníkových plynů (GHG), ostatních jiných než skleníkových plynů (OA), přírodního působení (NAT) a vnitřní variability. Pozorovaný trend HadCRUT4 je uveden v černé barvě s 5 až 95 % spolehlivostí

Solární působení (solar forcing) je jediné známé přírodní působení, které otepluje klima v období 1951-2010, ale působení na oteplování klimatu je mnohem menší než u působení WMGHGs a pozorování troposférického oteplování a stratosférického ochlazování není v souladu s očekávanými změnami intenzity slunečního záření.

Vzhledem k těmto důkazům s hodnoceným podílem přírodního působení na pozorované trendy v tomto období, se usuzuje, že je velmi nepravděpodobné, aby podíl solárního působení vzhledem k pozorovanému globálnímu oteplování od roku 1951 byl větší než je podíl WMGHGs. A protože se solární působení velmi pravděpodobně snížilo za dobu s přímým satelitním měřením slunečního výkonu od 1986 do 2008, je jisté, že změny celkové intenzity slunečního záření nepřispívají ke globálnímu oteplování.

Záznam z naměřených dat ukazuje výrazné oteplování během první poloviny 20. století. V souvislosti s AR4 se soudí, že oteplování na počátku 20. století není způsobeno jen vnitřní variabilitou samotnou. Je stále obtížné vyčíslit podíl vnitřní variability, přírodního a antropogenního působení na oteplování na počátku 20. století kvůli nejistotám a neúplnému pokrytí pozorovací sítě.

TS.4.3 Teplota atmosféry

Řada studií od AR4 zkoumaly souvislost simulovaných a pozorovaných trendů teplot volné troposféry. Většina CMIP3 a CMIP5 modelů přeceňuje pozorované trendy k oteplování v tropické troposféře během satelitního období 1979-2012. Zhruba jedna polovina až dvě třetiny těchto diferencí je způsobena **nadhodnocením trendu SST**, který se šíří vzhůru, protože modely se pokouší udržovat stabilní pozici. Tyto hodnocení se moc nepoužívají kvůli nízké důvěře v pozorování míry trendu a vertikálních struktur tropické troposféry. Mimo tropy v období radiosondových záznamů od 1961 je nesoulad mezi simulovanými a pozorovanými trendy menší.

Analýza radiosond a satelitních údajů kombinovaných se simulacemi CMIP5 a CMIP3 ukazuje, že oteplování v troposféře není způsobeno vnitřní variabilitou a simulacemi v reakci

na působení jen přírodních vlivů. Za období 1961-2010 CMIP5 modely simulovaly troposférické oteplování na základě změn WMGHGs a jen s malou ochlazující kompenzací komplexem změn efektů odrazu a absorpce aerosolů a troposférického ozónu. S ohledem na tyto důkazy, spolu s výsledky detekce multisignálu a atributových analýz, je pravděpodobné, že antropogenní působení (hlavně WMGHGs) přispívá k oteplení troposféry od roku 1961.

Modelové simulace CMIP5 včetně změn skleníkových plynů WMGHGs, ozónu a přírodních působení v podstatě reprodukuje pozorovaný vývoj teplot v nízké stratosféře s určitou tendencí k podceňování pozorovaného trendu ochlazení v době satelitní éry. Nové studie teplot ve stratosféře s ohledem na přírodní působení, WMGHGs a ztenčující se ozónovou vrstvu. Tyto studie ukazují, že je velmi pravděpodobné, že antropogenní působení má vliv na ztenčování ozónové vrstvy v důsledku látek, které přispívají k ochlazení spodní stratosféry od roku 1979. Modely CMIP5 simulují jen velmi slabé ochlazení dolní stratosféry v reakci na historické změny WMGHGs, ovšem vliv skleníkových plynů na teplotu spodní stratosféry nebyl zjištěn. Je **velmi pravděpodobné**, že zmíněné antropogenní působení (zejména WMGHGs) a úbytek stratosférického ozónu, vedlo k pozorovanému oteplení ve troposféře a ochlazení ve spodní stratosféře od roku 1961.

TS.4.4 Oceány

Povrchová teplota vody oceánů v globálním měřítku roste. Data jsou založena na pozorování i na simulacích, přičemž dlouhodobé trendy a variabilita jsou víceméně souhlasné se simulacemi dopadů antropogenní činnosti a také se simulacemi dopadů vulkanické aktivity. Je proto **velmi pravděpodobné**, že antropogenní činnosti mohou za oteplení svrchní vrstvy mořské vody (cca do 700 m), což se také podepisuje na růstu vodní hladiny v globálním měřítku.

Vlivem činnosti člověka dochází také ke změnám salinity. Pozorované změny salinity povrchových vod oceánu ale naznačují také změnu v globálním vodním cyklu (viz dále). Dlouhodobé trendy ukazují na silnou pozitivní korelaci mezi hodnotou salinity tzv. průměrného klimatu a hodnotami salinity vyvíjející se v čase, konkrétně v letech 1950 – 2000. Tato korelace poukazuje na prohloubení rozdílů salinity v různých oblastech, takže oblasti se slanou vodou jsou více slanější a oblasti se sladkou vodou se stávají čím dál víc méně slané. Nejsilněji se tento fenomén projevuje v oblastech tropů (30° S.Š. a 30°J.Š.) a v oblasti západního Pacifiku. Také se zvyšuje rozdíl v salinitě mezi Pacifikem a Atlantikem.

Velmi důležitý pro fungování procesů v oceánu je také kyslík. Globální analýzy množství tohoto prvku v letech 1960 – 1990 rozšířily prostorové měřítko zmapování z regionální na globální úroveň, kde potom mohou být tato data použita pro celosvětové modely - tzv. Earth System Models. Dospělo se k závěru, že je asi **střední míra jistoty** v přisuzování poklesu kyslíku v oceánech právě činnosti člověka.

Dochází také k okyselování vody v oceánu, tedy ke snižování pH. Tato hodnota kolísá mezi -0,0014 až -0,0024 jednotek pH za rok. Zde však existuje **vysoká míra jistoty**, že pokles pH souvisí se vstřebáváním antropogenně vyprodukovaného CO₂. Od začátku průmyslové éry potom kleslo pH oceánu o 0,1.

TS.4.5 Kryosféra

Z porovnání stavu kryosféry v 70. letech 20. století a stavu ledu v současnosti je evidentní, že na Zemi došlo k úbytku ledovcové hmoty. Při současném stavu poznání problematiky odtávání ledovců existuje poměrně **velká míra jistoty**, že ledovce odtávají díky antropogenní činnosti.

Původně se myslelo, že dopad antropogenní činnosti na mořský zámrz kolem Arktidy se projevil až počátkem 90. let 20. stol. Pomocí simulací a dat získaných z pozorování však bylo zjištěno, že dopad lidského působení na zámrz této oblasti začal **s velkou pravděpodobností** už kolem roku 1979. Sběr dat v této oblasti začal už v 50. letech minulého století a naměřené hodnoty poměrně dobře odpovídají výstupům ze simulací. Naproti tomu v Antarktidě je řada pozorování kratší, přičemž ani moc nesouhlasí hodnoty naměřené s výstupy ze simulací. Proto je zde poměrně obtížné určit, kdy se v Antarktidě začal projevovat vliv antropogenní činnosti. Odhady o úbytku ledu v Antarktidě od roku 2000 ukazují na úbytky ledu hlavně na okrajích ledovcového příkrovu. Analýzy šelfových ledovců ukazují na přínosy relativně teplé vody, která se pak projevuje na rychlosti odtávání těchto šelfových ledovců. Vzhledem k poměrně složitému systému je však těžké pochopit všechny uplatňující se procesy v této oblasti. Proto je také složité popsat příčiny, které vedou ke ztrátám ledovcové hmoty v této oblasti.

Grónská měření jsou také relativně krátká (asi 2 dekády). Epizody tání Grónského ledovcového příkrovu odpovídají obdobím extrémních teplot na přelomu století, navíc od roku 2007 jsou tyto epizody stále častější. Do Grónských fjordů přitéká také relativně teplá voda, která rovněž ovlivňuje místní klimatické podmínky. Na základě pozorování a simulací **je pravděpodobné**, že vliv člověka na Grónský ledovec se projevuje od roku 1993.

TS.4.6 Vodní cyklus

V posledních letech byly objeveny nové vazby dopadu antropogenního faktoru na oběh vody na Zemi. Je zde **střední míra jistoty**, že pozorované změny specifické vlhkosti při povrchu Země od roku 1973 zahrnují antropogenní složku. Tato data se měřila v letech 1988 – 2006 pomocí Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) a byla dále použita do modelů.

Studie zaměřující se na výskyt srážek jak v Arktických oblastech, tak i v celosvětovém měřítku dospěly k závěru, že je zde **střední míra jistoty** o účincích lidského faktoru na celosvětové průměrné úhrny srážek.

Na základě naměřených dat o hodnotách specifické vlhkosti, atmosférických srážek nad pevninou a salinity oceánů (kvůli spojitosti s výparem a srážkami) pak bylo zjištěno, že antropogenní efekt se **pravděpodobně** projevuje už od roku 1960.

TS.4.7 Klimatické extrémny

Současné nové studie na základě pozorování poukazují na skutečnost, že vlivem antropogenní činnosti dochází ke zvyšování frekvence teplých dnů a nocí a naopak ubývá dnů a nocí chladných. Je **velmi pravděpodobné**, že antropogenní faktor se podílí na nárůstu frekvence a intenzity denních teplotních extrémů v globálním měřítku už od poloviny 20. století. S tím také roste pravděpodobnost výskytu vln veder i v méně obvyklých oblastech.

Na základě nových důkazů ohledně intenzity srážek bylo zjištěno, že je zde **velká míra jistoty** o účincích antropogenního faktoru na tento fenomén. Existuje zde totiž značná

provázanost teplot a srážek. Tedy čím vyšší teploty, tím extrémnější jsou potom srážky. Tento jev pak platí zejména v přímořských oblastech. V oblastech s typickým kontinentálním klimatem je tento faktor prokazatelný pouze se **střední mírou jistoty**.

Naopak **velmi malá míra jistoty** ukazuje na provázanost činnosti člověka a změny v aktivitě tropických cyklon. Toto je však pravděpodobně způsobeno nedostatečným poznáním této problematiky. Existuje ale **střední míra jistoty**, že v oblastech Atlantiku na Severní polokouli došlo vlivem úbytku atmosférických aerosolů k nárůstu aktivity tropických cyklon od roku 1970.

Je také **pravděpodobné**, že antropogenní vliv má dopad na vlny sucha ve druhé polovině minulého století. Poukazuje na to i rostoucí trend výskytu sucha od roku 1970. Je však těžké rozlišit mezidekádové kolísání období sucha od klimatické změny, a tak je tomuto fenoménu v globálním měřítku připisována pouze **nízká míra jistoty** působení člověka.

TS.4.8 Od globálního k regionálnímu

Změny v atmosférické cirkulaci se projevují v jednotlivých regionech jinak. Někde může dojít k extrémizaci, někde zase ke zmírnění projevů počasí. Např. je **pravděpodobné**, že vlivem činnosti člověka se změnil i atmosférický tlak na hladině oceánu, jehož hodnota klesá na pólech a zvyšuje se směrem k subtropům. S tím koresponduje pozitivní trend SAM (rozdíl tlaku na 40° J. Š. a 65° J. Š.) pozorovaný při australských létech od poloviny 20. stol., zapříčiněný pravděpodobně stratosférickým ozonem. Úbytek stratosférického ozónu je také patrně důvodem posunu jižní Hadleyho buňky během australského léta směrem k jihu.

Dopady lidské činnosti na globální klima jsou v současnosti zpřesňovány novými a dokonalejšími modely. Dokonalejší výstupy pak umožňují pochopit procesy v oceánu (zahrnující i změny v salinitě, která odpovídá intenzifikaci oběhu vody predikovanému klimatickými modely), změny povrchových teplot, změny teploty volné atmosféry, teploty oceánu i sněhové pokrývky. Tyto výstupy však neukazují pouze na globální změny, ale i na změny v měřítku regionálním, zahrnující jak dopady činnosti člověka, tak i vliv vulkanických erupcí.

Díky množství pozorování je už však dnes téměř jisté, že antropogenní činnost zapříčinila oteplení globálního klimatického systému. Dá se téměř vyloučit možnost, že by toto oteplení bylo způsobeno solárním faktorem či sopečnou činností.

TS.5 Projection of Global and Regional Climate Change

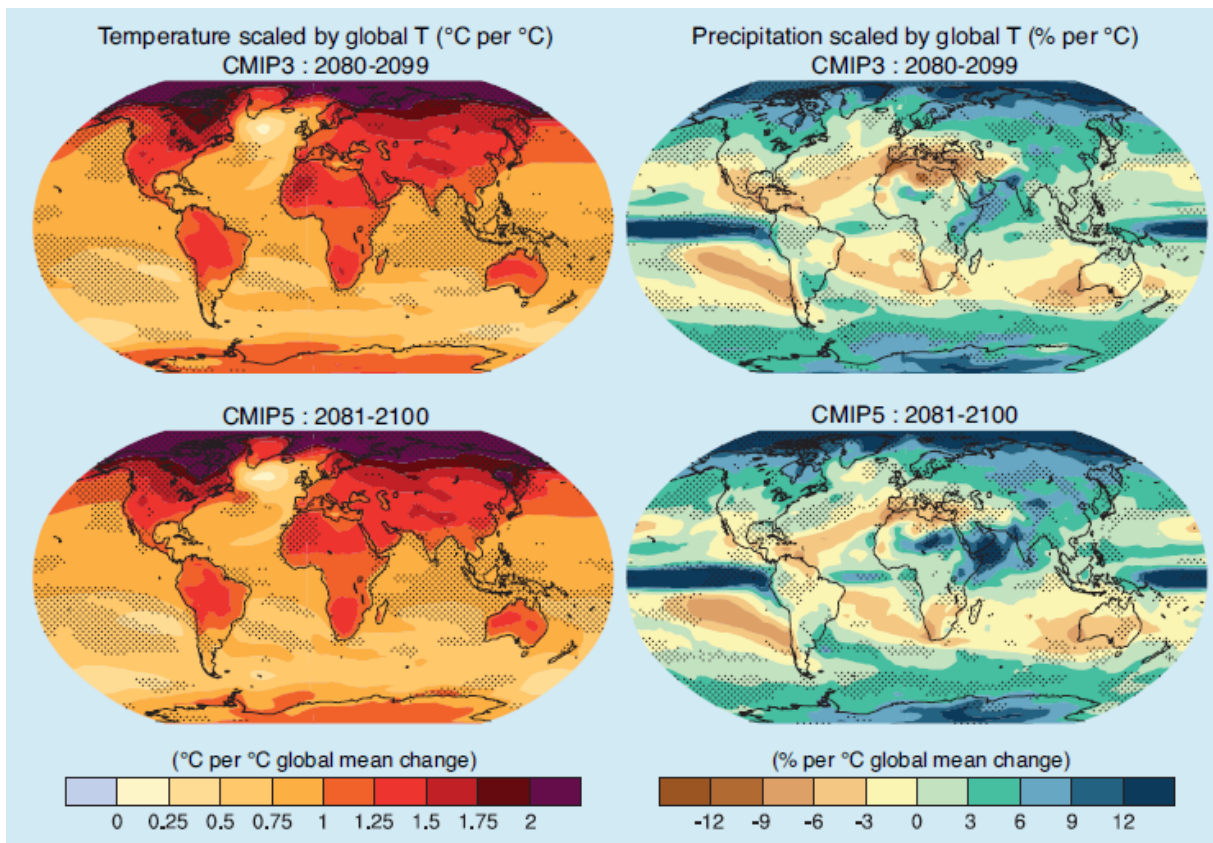
Projekce globální a regionální změny klimatu

Úvod

Tento článek shrnuje posuzování projekcí budoucích změn klimatu prostřednictvím klimatických scénářů, různých aspektů projekce globální a regionální změny klimatu, včetně krátkého časového horizontu (do poloviny století) a dlouhodobého časového horizontu (do konce 21. století). Týkají se atmosféry, oceánu a kryosféry, projekcí vývoje uhlíkových a biochemických cyklů, předpovědi změn hladiny světového oceánu a změny klimatických jevů. K předpovědi změn klimatického systému jsou použity jednoduché modely, středně složité, komplexní modely i modely ESM (Earth System Models). Jejich úkolem je simulace budoucích klimatických změn na základě různých scénářů antropogenního působení (koncentrace skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře a změny v land-use). Pro pátou hodnotící zprávu IPCC jsou v rámci projektu CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) nově použity scénáře RCP (Reprezentativní směry vývoje koncentrací).

Scénáře a budoucí vlivy

Nové scénáře RCP do značné míry nahrazují zvláštní správu IPCC o emisních scénářích (SRES), která byla použita v projektu CMIP3 předešlé hodnotící zprávy. Scénáře RCP zahrnují jak vlivy koncentrací aerosolů a skleníkových plynů, tak i změnu v land-use. K predikci budoucího vývoje klimatu jsou proto přesnější než scénáře SRES.

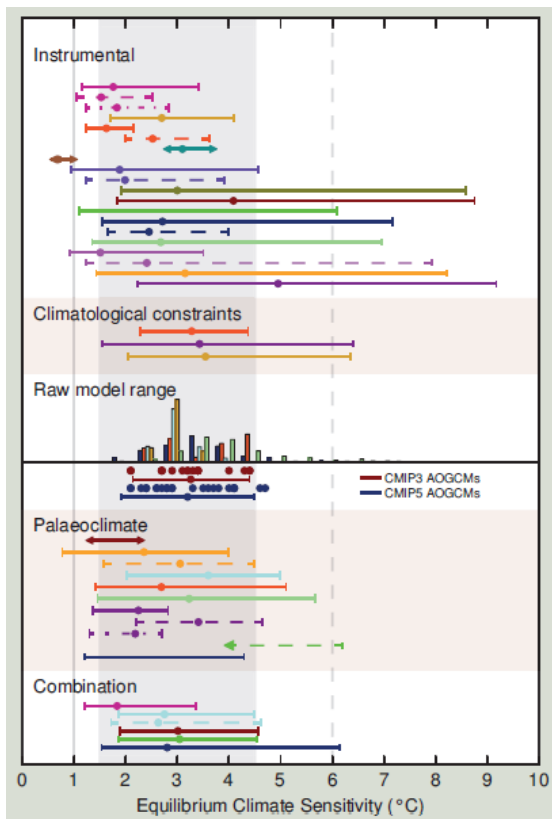


Obr. 1 Projekce změny teploty a srážek pro období 2080 – 2099, resp. 2081 – 2100. Porovnání modelů CMIP3 (1. řádek) a CMIP5 (2. řádek) na základě globálních průměrných změn teploty v období 1980 – 1999 pro CMIP3 a 1986 – 2005 pro CMIP5

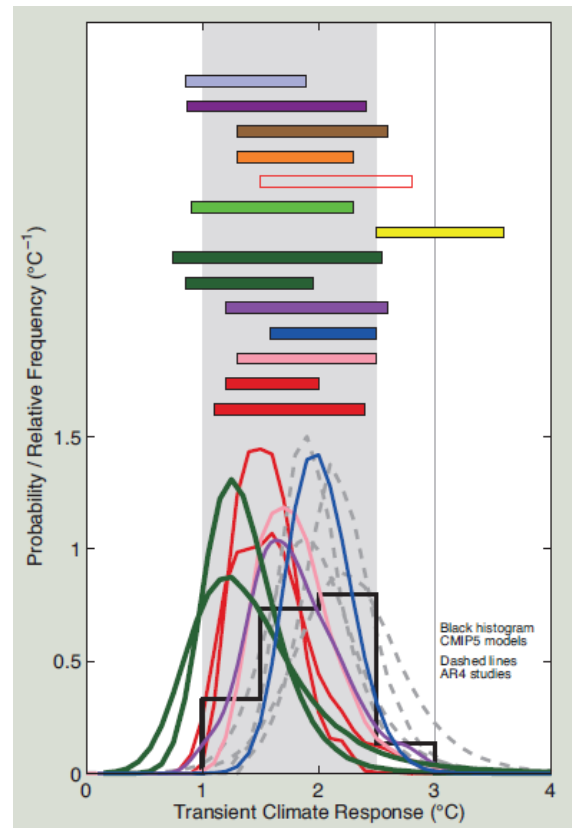
Odezva klimatického systému na růst koncentrací CO₂

Rovnovážná odezva klimatu je definována jako změna rovnováhy v průměrné roční globální povrchové teplotě po zdvojnásobení koncentrací atmosférického CO₂ (skoková změna koncentrace). Hodnota rovnovážné odezvy klimatu se pohybuje v rozmezí 1,5°C – 4,5°C. *Přechodová odezva klimatu* je průměrná roční změna globální povrchové teploty v okamžiku zdvojnásobení koncentrací CO₂ po jejich lineárním nárůstu (po dobu 70 let). Hodnoty odezvy se pohybují od 1,0°C do 2,5°C.

Hodnoty obou odezev jsou zjištěny z klimatických modelů CMIP3 a CMIP5, paleoklimatických údajů, pozorování a modelování krátkodobých odchylek energetické bilance (způsobené sopečnými erupcemi), dále z pozorování globálních změn v povrchové teplotě, absorpce tepla oceány a radiačního působení na základě rostoucí koncentrace skleníkových plynů.



Obr. 2 Pravděpodobnost a rozsah rovnovážné odezvy klimatu, nejv. pravděp. 1,5 – 4,5°C



Obr. 3 Pravděpodobnost a rozsah přechodové odezvy klimatu, nejv. pravděp. 1,0 – 2,5°C

Krátkodobá klimatická změna

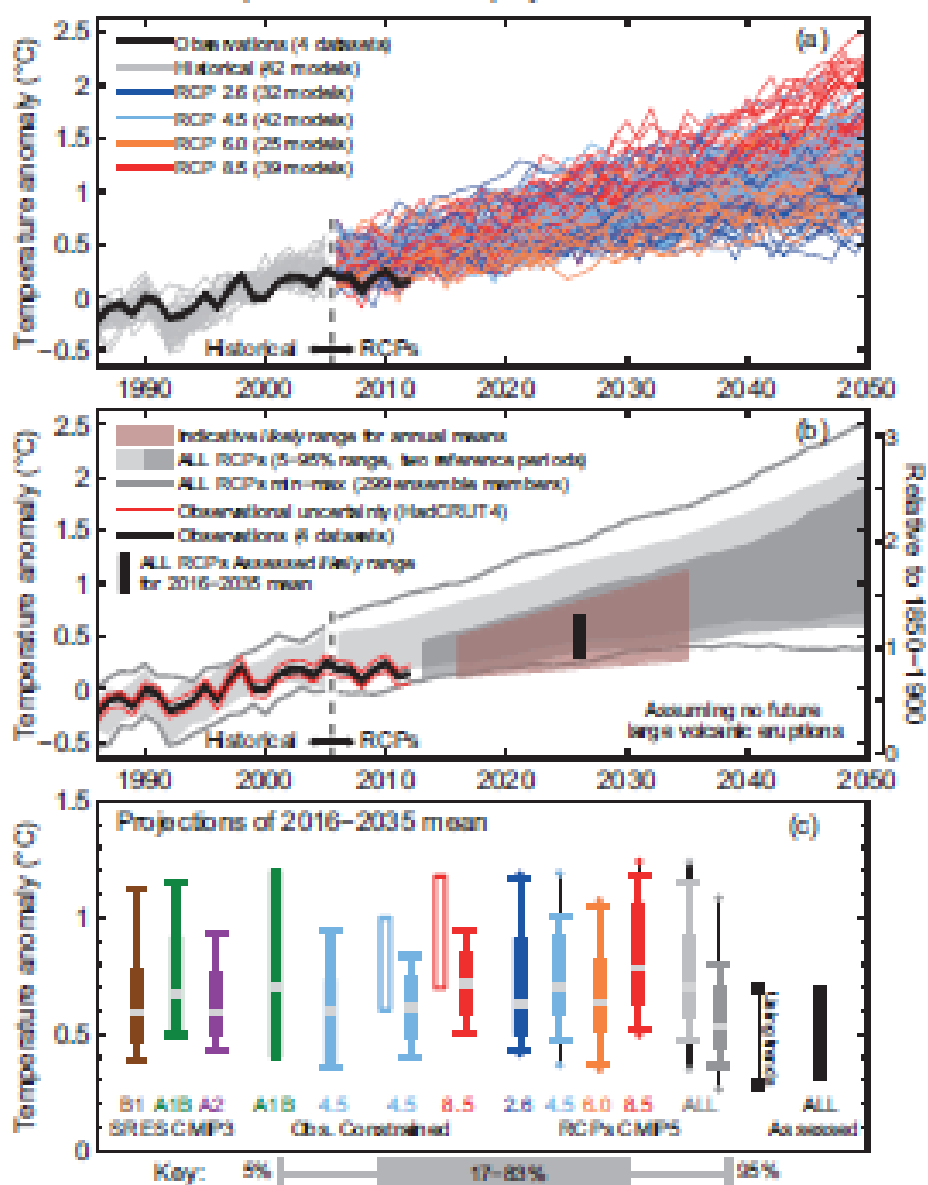
Krátkodobá klimatická změna se vytváří na základě setrvačnosti oceánů, které reagují na změny klimatu (především se jedná o změnu teploty vod oceánů, výšky hladiny moří atd.). V zásadě se vytváří krátkodobější předpovědi změny klimatu pro menší oblasti (lokální až regionální) a kratší časové úseky (v desítkách let). Globální změny zde nemají takový vliv, včetně historických záznamů. Je zde snaha o popsání vnitřních změn (variability) místního klimatu.

Základ je tedy ve změně oceánů díky, které reagují na změny emisí GHG plynů, které vedou k oteplování klimatu. V rámci krátkodobých změn a jejich předpovědí se uvádí, že velmi málo přímo reagují na změny emisí GHG a spíše se zde projevují změny aerosolů v atmosféře, které jsou produkovány lidskou činností, zejména se jedná o změny v land-use, spalování fosilních paliv a také je zde významný vliv vulkanismu.

V rámci těchto změn se předpokládá nárůst teploty vzduchu o 0,3-0,7 °C mezi lety 2012-2035 (obr. 4), ale počítá se i s možným vlivem vulkanismu, který tuto teplotu může snížit až o 0,5 °C. Také se předpokládá, že velký nárůst teplot bude zejména nad pevninami, zejména v tropech a subtropích, a také dojde k oteplení v Arktidě.

Ve vodním cyklu se tyto změny projeví nárůstem srážek ve vyšších a středních zeměpisných šířkách. Také dojde k nárůstu specifické vlhkosti a výparu.

Global mean temperature near-term projections relative to 1986–2005



Obr. 4 Vývoj globální teploty vzduchu podle krátkodobé změny klimatu

Na změny v atmosférické cirkulaci budou mít největší vliv GHG plyny a antropogenní aerosoly, které budou mít velký vliv na Hadleyho cirkulaci, která bude mít tendenci posunovat se více k pólům.

U oceánů se předpokládá nárůst salinity a teploty vody, zejména v tropech a subtropích, nadrbou stranu se očekává pokles salinity v západním Pacifiku. Dojde i k částečné modifikaci Atlantické cirkulace vody.

V kryosféře se předpokládá zmenšení rozlohy mořského ledu v Arktidě a zmenšení rozlohy a mocnosti permafrostu v této oblasti.

Kvalita vzduchu bude nejspíš podobná dnešní, spíše se bude jednat o lokální změny koncentrací CH₄ a O₃ díky nárůstu znečištění v silně průmyslových oblastech. Budou se také vyskytovat častěji velké lesní požáry, které budou produkovat velké množství prachu (aerosolů).

Dlouhodobá klimatická změna

Dlouhodobé klimatické změny jsou modelovány na základě vlivu vnějších faktorů, jejich změn, oproti krátkodobým změnám. Jsou modelovány pro větší území (spíše se jedná o globální projekce změn) a na delší časové úseky (až stovky let). Velký vliv zde budou mít nárůsty GHG plynů v atmosféře.

U globální teploty se předpokládá pokračování v nárůstu hodnot a to především díky vzrůstu koncentrací GMST a RCP plynů v atmosféře. Je zde ale velký rozptyl nárůstu teploty, který je způsoben množstvím použitých modelů. Tento rozptyl je mezi 0,3-4,8 °C.

Regionální změny teploty vzduchu budou větší nad pevninami oproti oceánům a to do konce 21. století. Předpokládají se také velké změny v Arktidě. Bude to zejména způsobeno oteplováním troposféry. Naproti tomu bude docházet k postupnému ochlazování stratosféry. Předpokládá se i větší výskyt teplotních extrémů (kladných i záporných teplot). Pro tropy a střední zeměpisné šířky se počítá s poklesem oblačnosti.

V rámci atmosférické cirkulace bude docházet k oslabování Hadleyho a Wolkerovy cirkulace včetně posunutí subtropických oblastí směrem k pólům. Předpovídají se také změny hladin oceánů, kdy k nárůstu dojde ve středních a k poklesu ve vyšších zeměpisných šířkách (Tab. 1).

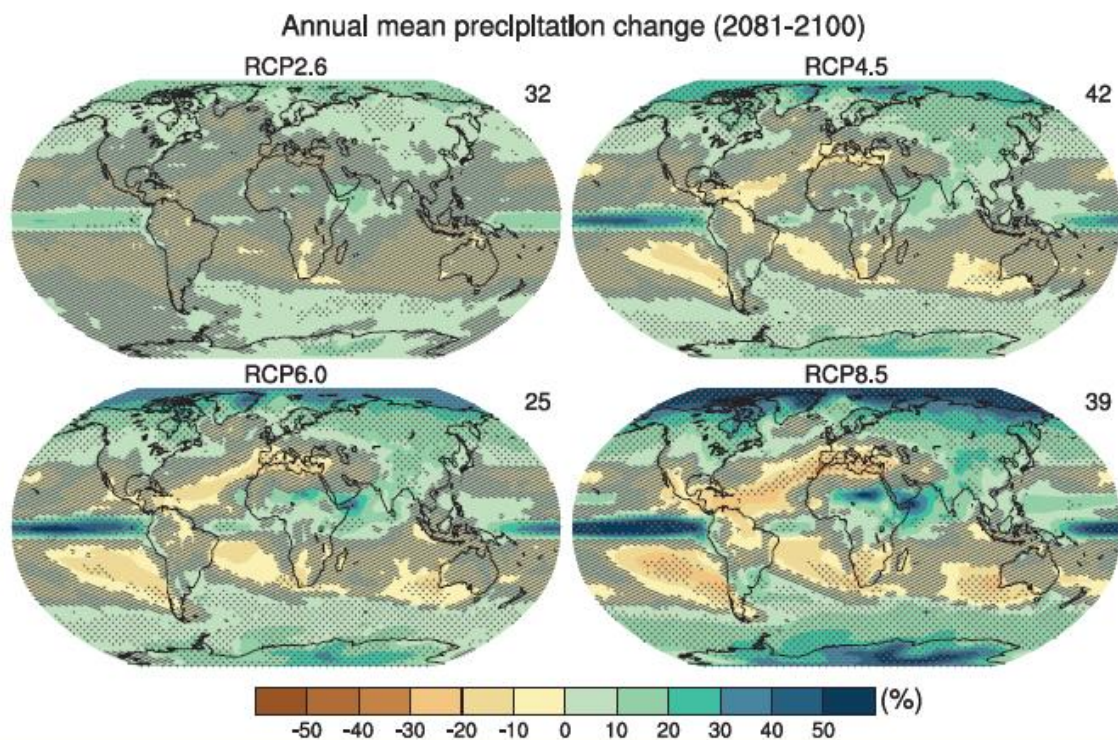
Tab. 1 Změny teploty vzduchu a změny výšky hladiny světového oceánu podle dlouhodobé klimatické změny.

Table 15.1 | Projected change in global mean surface air temperature and global mean sea level rise for the mid- and late 21st century relative to the reference period of 1986–2005. (12.4.1; Tables 12.3, 12.5)

		2046–2065		2081–2100	
	Scenario	Mean	Likely range ^a	Mean	Likely range ^a
Global Mean Surface Temperature Change (°C) ^a	RCPL0	1.0	0.4 to 1.6	1.0	0.3 to 1.7
	RCPL5	1.4	0.9 to 2.0	1.8	1.1 to 2.6
	RCPL0	1.3	0.8 to 1.9	2.2	1.4 to 3.1
	RCPL5	2.0	1.4 to 2.6	3.7	2.8 to 4.8
	Scenario	Mean	Likely range ^a	Mean	Likely range ^a
Global Mean Sea Level Rise (m) ^a	RCPL0	0.24	0.17 to 0.33	0.40	0.26 to 0.55
	RCPL5	0.26	0.19 to 0.33	0.47	0.32 to 0.63
	RCPL0	0.25	0.18 to 0.33	0.48	0.33 to 0.63
	RCPL5	0.30	0.22 to 0.38	0.63	0.45 to 0.82

Předpokládané dlouhodobé změny ve vodním cyklu

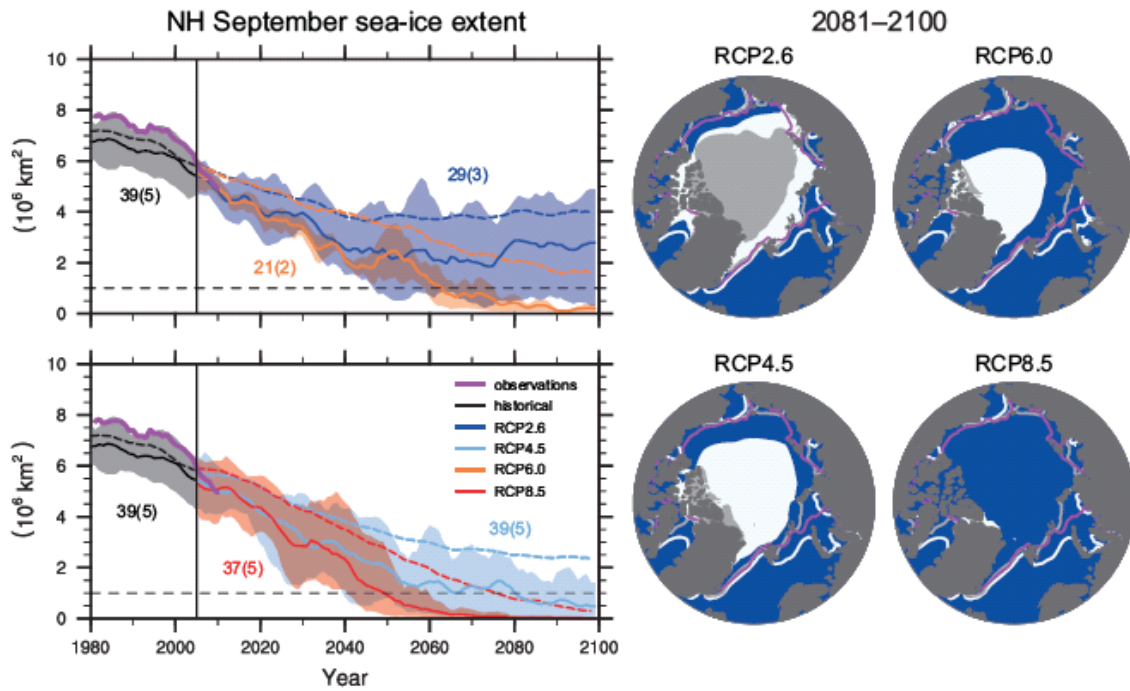
V planetárním měřítku by měla relativní vlhkost zůstat zhruba konstantní, ale měrná (specifická) vlhkost by měla s oteplováním se klimatem růst. Je prakticky jisté, že dlouhodobě budou globální srážky růst, jak poroste GMST (global mean surface temperature). Některé regiony zažijí růst srážek, některé pokles, a jiné nebudou postiženy významnou změnou. Vysoké zeměpisné šířky budou velmi pravděpodobně postiženy větším množstvím srážek jednak díky zvýšené specifické vlhkosti, ale i v důsledku silnějšího transportu vodní páry z tropů. Ve většině suchozemských středních šířek a ve vlhkých tropických regionech budou velmi pravděpodobně extrémní srážkové události intenzivnější a častější. Pravděpodobně (s vysokou spolehlivostí) bude docházet k úbytku půdní vlhkosti v oblastech Mediteránu a Jižní Afriky.



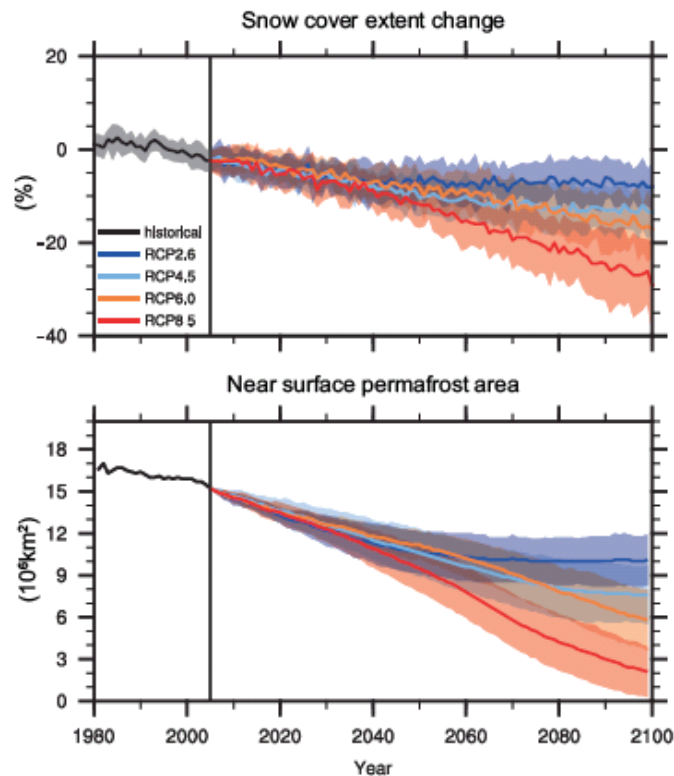
Obr. 5 Výsledky multi-modelových scénářů pro období 2081-2100 pro průměrnou relativní změnu úhrnů srážek oproti období 1986-2005

Předpokládané dlouhodobé změny v kryosféře

Je velmi pravděpodobné, že mořský led v Severním ledovém oceánu bude nadále v průběhu 21. století ustupovat, jak poroste GMST. Pro Antarktidu je očekáván pokles v rozsahu a objemu mořského ledu, ale pouze s nízkou spolehlivostí. Předpokládá se, že permafrost (v blízkosti povrchu) bude na konci století zredukován o 37 až 81 % (střední spolehlivost).



Obr. 6 Vývoj rozsahu mořského ledu v září na severní polokouli v průběhu 21. století podle jednotlivých scénářů, a korespondující mapa multi-modelových výsledků rozsahu mořského ledu pro září v období 2081-2100



Obr. 7 Relativní podíl sněhem pokrytého území na severní polokouli (průměr březen-duben) vůči základnímu období 1986-2005. Spodní obrázek: Rozsah permafrostu v blízkosti povrchu v průběhu 21. století na severní polokouli podle jednotlivých scénářů

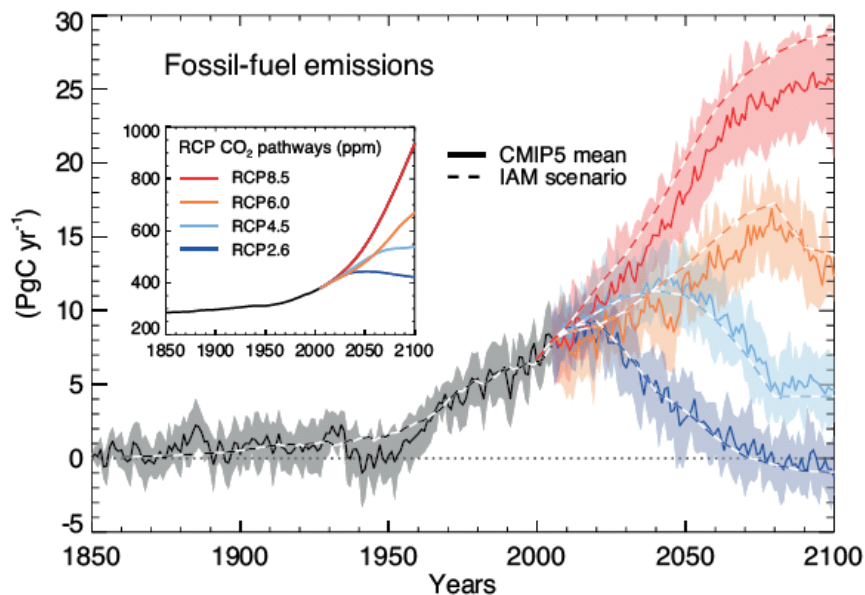
Předpokládané dlouhodobé změny v oceánu

Během 21. století se bude podle všech scénářů globální oceán oteplovat. Nejsilnější oteplení se očekává v povrchové vrstvě oceánu v subtropických a tropických regionech. Odhaduje se, že teplota oceánu ve svrchních 100 metrech stoupne o 0,6 až 2,0 °C; a ve hloubce 1 km o 0,3 až 0,6 °C do konce 21. století.

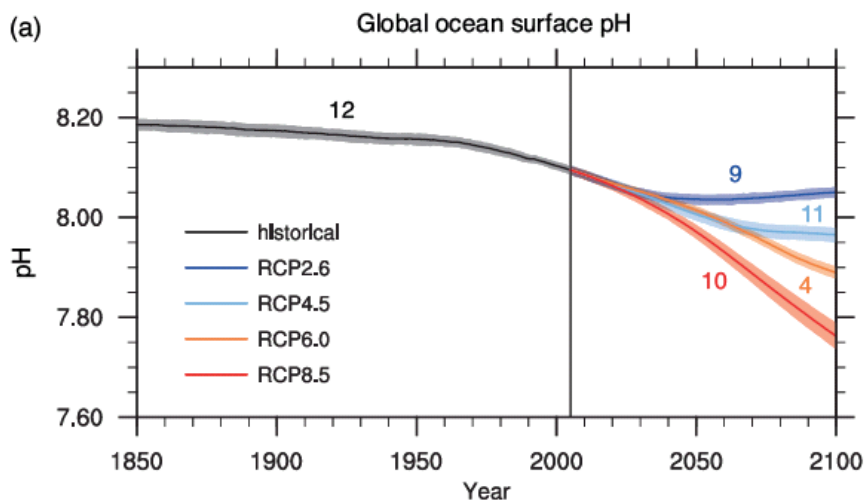
Dlouhodobé projekce uhlíkových a jiných biogeochemických cyklů

S velmi vysokou spolehlivostí bude do roku 2100 pokračovat pohlcování (vázání) uhlíku z antropogenního CO₂ oceánem. Budoucí vývoj pozemního vázání uhlíku je mnohem více nejistý. Existuje vysoká shoda mezi modely v tom, že tropické ekosystémy budou v podmínkách teplejšího klimatu ukládat méně uhlíku. S vysokou spolehlivostí dojde díky oteplení k zmenšení rozlohy permafrostu, což způsobí roztátí části dnes zmrzlého uhlíku.

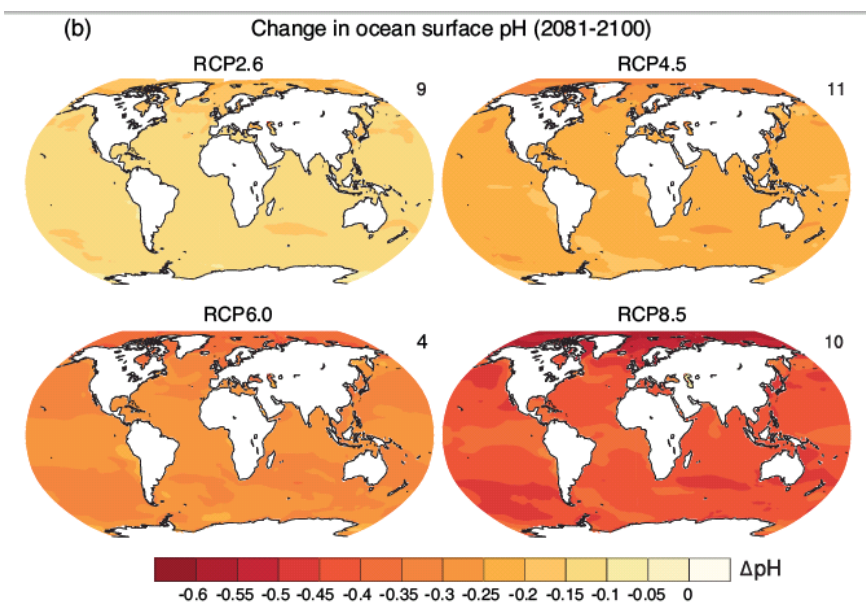
Vysoká shoda mezi modely ukazuje, že oteplování oceánu a změny v cirkulaci budou mít za následek snížení rychlosti pohlcování (vázání) uhlíku v Jižním oceánu a v Severním Atlantiku. Je prakticky jisté, že zvýšení ukládání uhlíku oceánem bude mít za následek zvýšenou acidifikaci oceánu. Acidifikace povrchové vrstvy oceánu bude sledovat koncentrace atmosférického CO₂ a bude pokračovat i do hloubky oceánu s tím, jak bude CO₂ pronikat do hlubin. Odpovídající pokles pH povrchové vrstvy oceánu na konci 21. století dosahuje 0,065 až 0,310 podle jednotlivých modelů. Obsah rozpuštěného kyslíku v oceánu se během 21. století bude velmi pravděpodobně snižovat (v řádu několika málo %), jako odpověď na oteplování povrchové vrstvy oceánu.



Obr. 8 Slučitelné emise z fosilních paliv simulované CMIP5 modely pro čtyři scénáře. Časové řady ročních emisí (v gigatunách uhlíku za rok)



Obr. 10 Časové řady (modelované průměry a minimální a maximální rozsahy) vývoje pH povrchové vrstvy oceánu podle jednotlivých scénářů



Obr. 11 Změna pH povrchové vrstvy oceánu v období 2081-2100 oproti základnímu období 1986-2005, dle jednotlivých scénářů

BOX TS.7: Climate Geoinĝeneering Methods - TS.6 Key Uncertainties

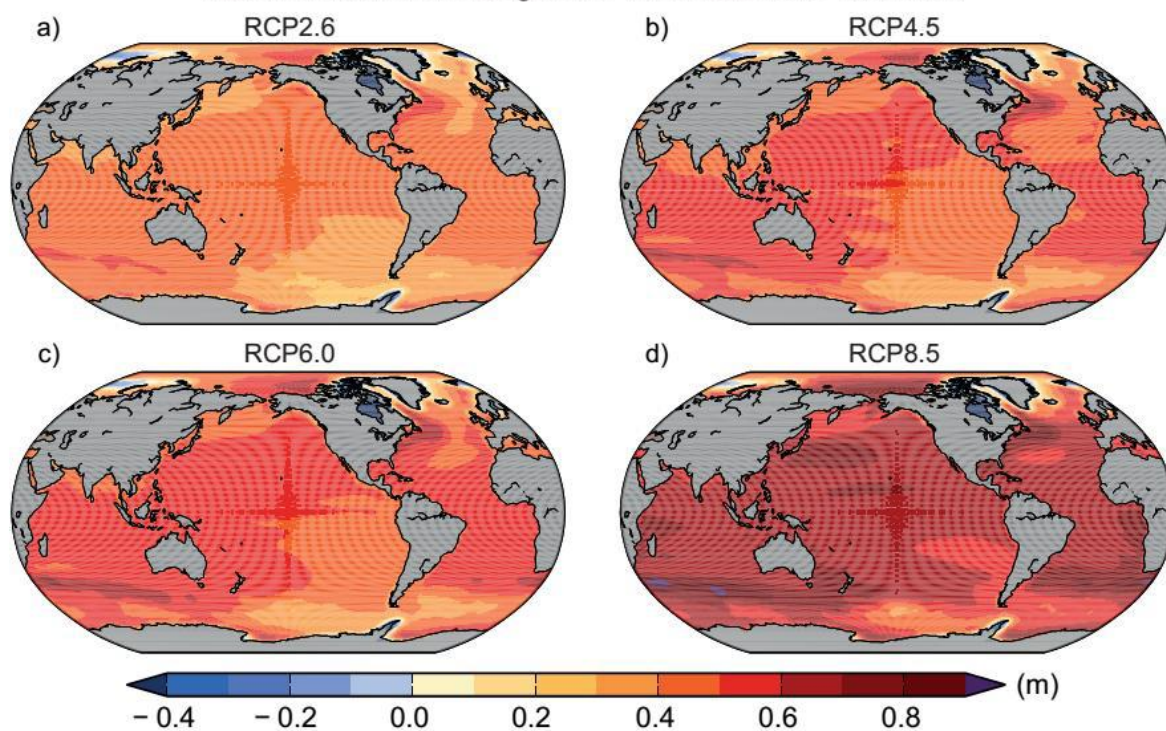
Geoinĝenýring

Byly navřzeny metody, směřující k úmyslnému ovlivnění klimatického systému, za účelem odvrácení změny klimatu; tyto metody se nazývají geoinĝenýring. Protože je k dispozici jen málo výstupů, nelze provést komplexní kvantitativní zhodnocení metod řízení slunečního záření (Solar Radiation Management, SRM) ani metod odstraňování oxidu uhličitého (Carbon Dioxide Removal, CDR) a jejich dopadu na klimatický systém. Metody CDR mají svá biogeochemická a technologická omezení z hlediska jejich potenciálu v globálním měřítku. Nemáme dostatek poznatků, abychom mohli kvantifikovat, kolik emisí CO₂ by se dalo částečně kompenzovat metodami CDR v horizontu století. Modelování ukazuje, že pokud by byly proveditelné metody SRM, mohly by podstatně zabránit vzrůstu globální teploty, ale ovlivnily by také globální koloběh vody a nesnížily by acidifikaci oceánu. Pokud by bylo SRM z jakéhokoli důvodu ukončeno, existuje vysoká spolehlivost, že by globální teploty při povrchu velmi rychle vzrostly na hodnoty odpovídající působení skleníkových plynů. Metody CDR a SRM mají v globálním měřítku vedlejší účinky a dlouhodobé důsledky.

Dlouhodobá předpověď změny hladiny oceánu

Globální průměrná hladina oceánu se v období let 2081-2100 v porovnání s obdobím 1986-2005 pravděpodobně zvýší v rozsahu 0,26 až 0,55 m podle scénáře RCP2.6, 0,32 až 0,63 m podle scénáře RCP4.5, 0,33 až 0,63 m podle scénáře RCP6.0 a 0,45 až 0,82 m podle scénáře RCP8.5 (střední spolehlivost). Podle scénáře RCP8.5 bude zvýšení hladiny k roku 2100 činit 0,52 až 0,98 m, přičemž rychlost zvyšování v letech 2081-2100 bude činit 8 až 16 mm.rok-1 (střední spolehlivost). Tyto rozsahy vycházejí z klimatických projekcí modely CMIP5 v kombinaci s procesními modely a vyhodnocením příspěvku horských ledovců a ledového příkrovu podle odborné literatury

Relative Sea Level Change 2081-2100 relative to 1986-2005



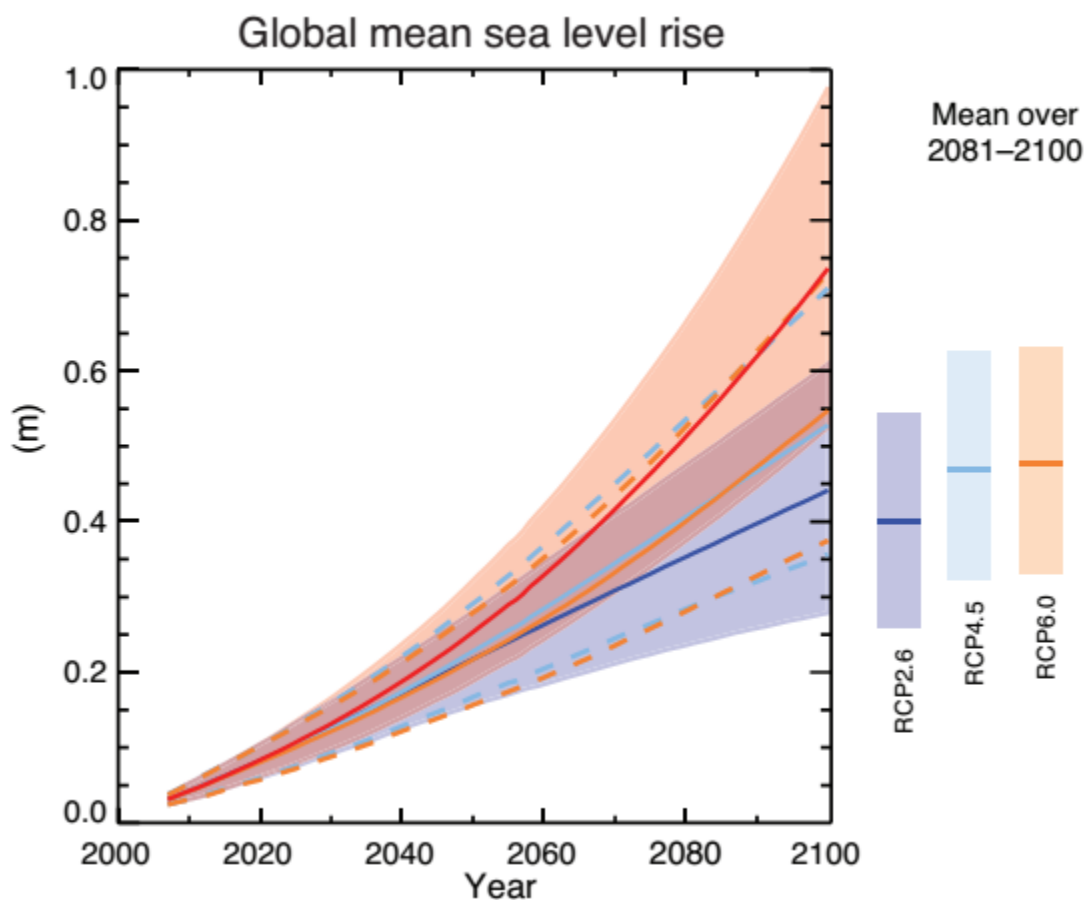
Obr. 1 Relativní zvýšení mořské hladiny podle scénářů RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 a RCP8.5

Podle projekcí RCP přispěje teplotní expanze vody ke zvýšení globální průměrné hladiny oceánu v 21. století ze 33 až 55 % a horské ledovce z 15 až 35 %. Vyšší tání povrchu grónského ledového příkrovu přesáhne nárůst ze sněhových srážek, což povede ke kladnému příspěvku změn hmotnostní bilance k budoucí výšce hladiny oceánu (vysoká spolehlivost). Zatímco bude rozsah povrchového tání malý, očekává se nárůst sněhových srážek na antarktický ledový příkrov (střední spolehlivost) s výsledkem záporného příspěvku k budoucí výšce hladiny oceánu ze změn hmotnosti bilance. Změny odtoku z obou ledových příkrovů dohromady budou pravděpodobně znamenat příspěvek v rozsahu 0,03 až 0,20 m do období 2081-2100 (střední spolehlivost).

Podle současných poznatků by podstatné zvýšení globální střední hladiny oceánu v 21. století nad pravděpodobný rozsah mohl přinést jen kolaps mořských částí antarktického ledového příkrovu. Existuje však střední pravděpodobnost, že by tento dodatečný příspěvek ke zvýšení hladiny oceánu v 21. století nepřesáhl několik desetin metru.

Byla posouzena východiska pro vyšší projekce zvýšení globální průměrné hladiny oceánu v 21. století se závěrem, že v současné době není k dispozici dostatek výstupů, aby bylo možné vyhodnotit pravděpodobnost konkrétních výšek hladiny nad stanovený pravděpodobný rozsah. Řada semiempirických modelových projekcí zvýšení globální průměrné hladiny oceánu ukazuje vyšší hodnoty než projekce na základě procesních modelů (až dvojnásobně), ale vědecká obec se neshoduje na jejich spolehlivosti, a proto jsou tyto projekce hodnoceny jako málo spolehlivé.

Hladina oceánu se nezvýší všude stejně. Do konce 21. století je velmi pravděpodobné, že hladina oceánu stoupne na více než 95 % oceánských oblastí. Podle projekcí na zhruba 70 % pobřeží dojde ke změně výšky hladiny v rozmezí 20 % od globální průměrné změny hladiny oceánu.



Obr. 2 Projekce zvýšení průměrné globální hladiny oceánu v 21. století v porovnání s obdobím let 1986-2005 podle modelů CMIP5 a procesních modelů pro scénáře RCP2.6 a RCP8.5.

Cíle a stabilizace klimatu

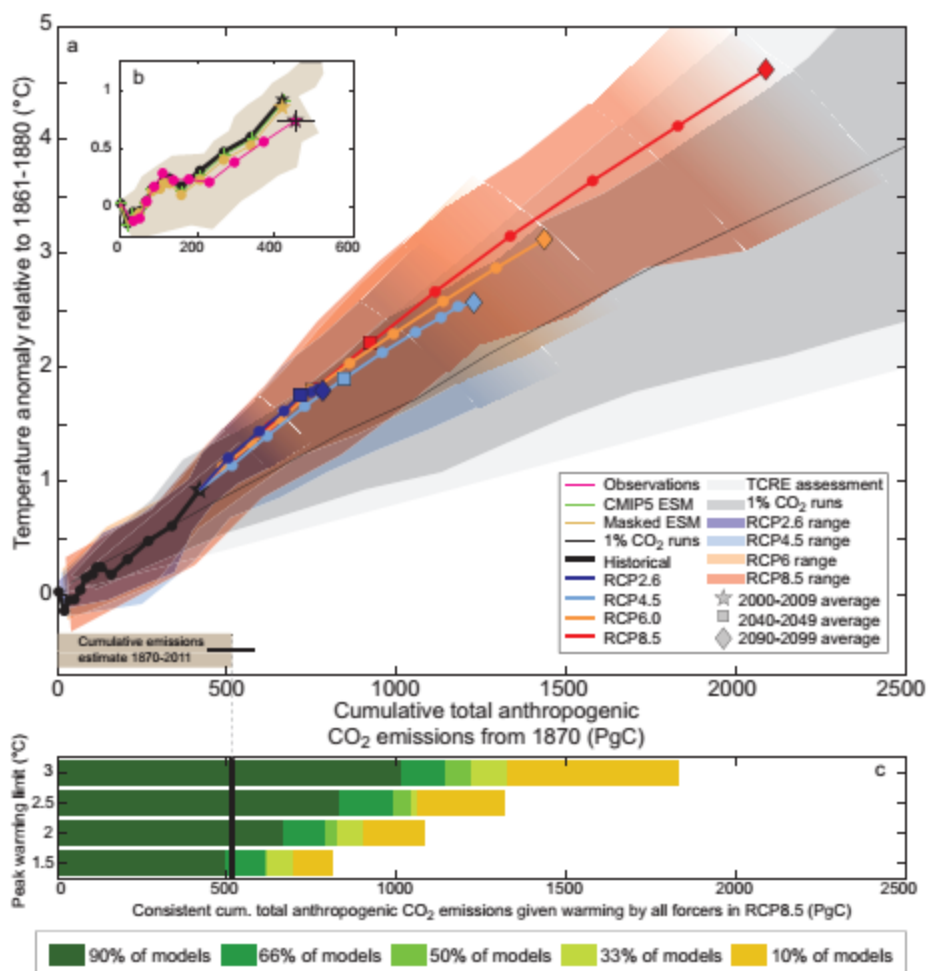
Kumulativní celkové emise CO₂ a reakce průměrné globální teploty při povrchu mají zhruba lineární vzájemný vztah. Každá daná úroveň oteplení je spojena s rozsahem kumulativních emisí CO₂, a proto např. vyšší emise v dřívějších dekadách implikují nižší emise později.

Omezit oteplování způsobené pouze antropogenními emisemi CO₂ s pravděpodobností >33 %, >50 %, respektive >66 % na méně než 2°C od období let 1861-1880 bude vyžadovat, aby kumulativní emise CO₂ ze všech antropogenních zdrojů zůstaly mezi 0 a zhruba 1570 GtC (5760 GtCO₂), 0 a zhruba 1210 GtC (4440 GtCO₂), respektive 0 a zhruba 1000 GtC (3670 GtCO₂) od uvedeného období. Uvedená horní množství se sníží na zhruba 900 GtC (3300 GtCO₂), 820 GtC (3010 GtCO₂), respektive 790 GtC (2900 GtCO₂), pokud vezmeme v úvahu i příčiny jiné než CO₂, jako je tomu ve scénáři RCP2.6. Do roku 2011 bylo již emitováno 515 [445 až 585] GtC (1890 [1630 až 2150] GtCO₂).

Nižší cíl oteplení neboli vyšší pravděpodobnost, že oteplení zůstane pod konkrétním cílem, bude vyžadovat nižší kumulativní emise CO₂. Také zohlednění oteplovacích účinků zvýšení emisí skleníkových plynů jiných než CO₂, snížení emisí aerosolů nebo uvolňování skleníkových plynů z permafrostu snižuje kumulativní emise CO₂ pro konkrétní cíl oteplení.

Velká část antropogenní změny klimatu v důsledku emisí CO₂ je nezvratná v měřítku staletí až tisíciletí s výjimkou případu, kdy po dlouhou dobu bude docházet k výraznému odstraňování CO₂ z atmosféry. I po úplném zastavení čistých antropogenních emisí CO₂ zůstanou povrchové teploty po staletí zhruba konstantně na zvýšené úrovni. Vzhledem k pomalému přestupu tepla z povrchu oceánu do jeho hloubek bude oteplování oceánu pokračovat po staletí. V závislosti na scénáři zůstane zhruba 15 až 40 % emitovaného CO₂ v atmosféře déle než 1000 let.

Je prakticky jisté, že zvyšování globální průměrné hladiny oceánu bude pokračovat i po roce 2100, přičemž se bude hladina oceánu zvyšovat v důsledku tepelné expanze po mnoho staletí. Několik dostupných výsledků modelů, které jdou za rok 2100, ukazuje, že při RF, odpovídajícímu koncentracím CO₂, které zpočátku stoupají, později klesají, ale zůstávají pod 500 ppm, jako je tomu u scénáře RCP2.6, vzroste globální střední hladina oceánu do roku 2300 o méně než 1 m nad preindustriální úroveň. U RF, které odpovídá koncentracím CO₂ nad 700 ppm, ale pod 1500 ppm, jako je tomu ve scénáři RCP8.5, činí projektované zvýšení 1 m až více než 3 m (střední spolehlivost). Trvalý úbytek hmoty ledovcových příkrovů by způsobil vyšší vzestup hladiny oceánu, přičemž v některých místech by mohl být úbytek ledové hmoty nezvratný. Existuje vysoká spolehlivost, že trvalé oteplení nad určitý limit by vedlo k téměř úplnému roztátí grónského ledovce v horizontu tisíciletí či delším, což by vyvolalo vzestup globální střední hladiny oceánu až o 7 m. Současné odhady ukazují, že tento limit je větší než 1°C (nízká spolehlivost), ale menší než přibližně 4°C (střední spolehlivost) průměrného globálního oteplení v porovnání s preindustriální érou. Náhlé a nevratné roztátí ledu v důsledku potenciální nestability mořských oblastí antarktického ledového příkrovu v reakci na klimatické vlivy je možné, ale současné výstupy a poznatky nepostačují na kvantitativní posouzení.



Obr. 3 Zvýšení průměrné globální teploty při povrchu jako funkce kumulativních celkových globálních emisí CO₂ podle různých typů výstupů. Multimodelové výsledky hierarchie modelů klimatu a koloběhu uhlíku pro jednotlivé scénáře RCP do roku 2100 jsou znázorněny barevnými křivkami a desetiletými průměry (tečky)

Místní změny klimatu

Podle scénáře RCP8.5 pravděpodobně dojde do konce tohoto století ve vysokých zeměpisných šířkách a v rovníkových oblastech Tichého oceánu ke zvýšení průměrných ročních úhrnů srážek. Podle tohoto scénáře v mnoha suchých oblastech ve středních zeměpisných šířkách a v subtropických oblastech průměrný úhrn srážek pravděpodobně poklesne, zatímco v mnoha vlhkých oblastech ve středních zeměpisných šířkách se průměrný úhrn srážek do konce tohoto století pravděpodobně zvýší. S růstem průměrné globální teploty vzduchu se četnost výskytu a intenzita extrémních srážek do konce tohoto století velmi pravděpodobně zvýší nad většinou pevninských oblastí ve středních zeměpisných šířkách a nad vlhkými tropickými oblastmi. V globálním měřítku je pravděpodobné, že se monzunové oblasti v 21. století rozšíří. Zatímco monzunové větry pravděpodobně zeslábnu, monzunové srážky pravděpodobně zesílí v důsledku zvýšení atmosférické vlhkosti. Monzun bude pravděpodobně nastupovat dříve nebo se datum jejich nástupu příliš nezmění. Konec monzunu bude pravděpodobně opožděn, takže se monzunové období v mnoha oblastech prodlouží. Je velmi spolehlivé, že El Niño – Jižní oscilace (ENSO) zůstane v tropických oblastech Tichého oceánu dominantním modelem meziroční variability a bude mít v 21. století globální účinky. V důsledku nárůstu dostupné vlhkosti bude variabilita srážek souvisejících s ENSO v regionálním měřítku

pravděpodobně větší. Přirozené kolísání intenzity a prostorového rozložení ENSO jsou velké, a proto zůstává spolehlivost všech konkrétních změn ENSO a souvisejících regionálních jevů projektovaných pro 21. století nízká.

Zdroj:

IPCC AR 5 WG I Technical Summary: Dostupné z:

http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_TS_FINAL.pdf <citováno dne:
15. 5. 2014>