

Budoucnost lesů v měnícím se klimatu

Jan Hollan

CzechGlobe –
Centrum výzkumu globální změny
AV ČR, v.v.i.

Lesy na pevnině a koráli v moři jsou dlouhodobé ekosystémy nastavené na stabilní klima

Co to je? Málo se lišící statistiky počasí za období alespoň jednoho roku, lépe za desítky let.

- Počasí: momentální stav ovzduší
- Klima: statistika počasí za libovolnou dobu – nejen průměry, ale všechny percentily hodnot, jejich střídání v čase
- - a nejen počasí, ale i vodních poměrů, pokryvu krajiny... tj. *klimatického systému*

Různá sousloví

- globální oteplení (... korektní, říká: trend)
- změna klimatu (... to nikoho nepoplaší)
- klimatická změna (... mění se i jiné věci)

- **globální klimatický rozvrat** (... výstižné)
- klimatická krize (... dtto)
- dramatická klimatická změna (... jemnější)

Termín „globální oteplování“ není dost výstižný, ba je matoucí

Vzbuzuje dojem něčeho, co je

- rovnoměrné po celé Zemi,
- týká se vlastně jen teploty,
- pozvolné
- a dost možná neškodné

Jenže změny jsou doopravdy

- velmi nerovnoměrné,
- týkají se zdaleka ne jen teplot
- *rychlé ve srovnání s možností přizpůsobení*
- v mnoha případech a místech škodlivé

Průměrná teplota je jen nejprostší ukazatel stavu klimatu

Klima je kromě průměrů charakterizováno i extrémny, dobou výskytu, prostorovým uspořádáním

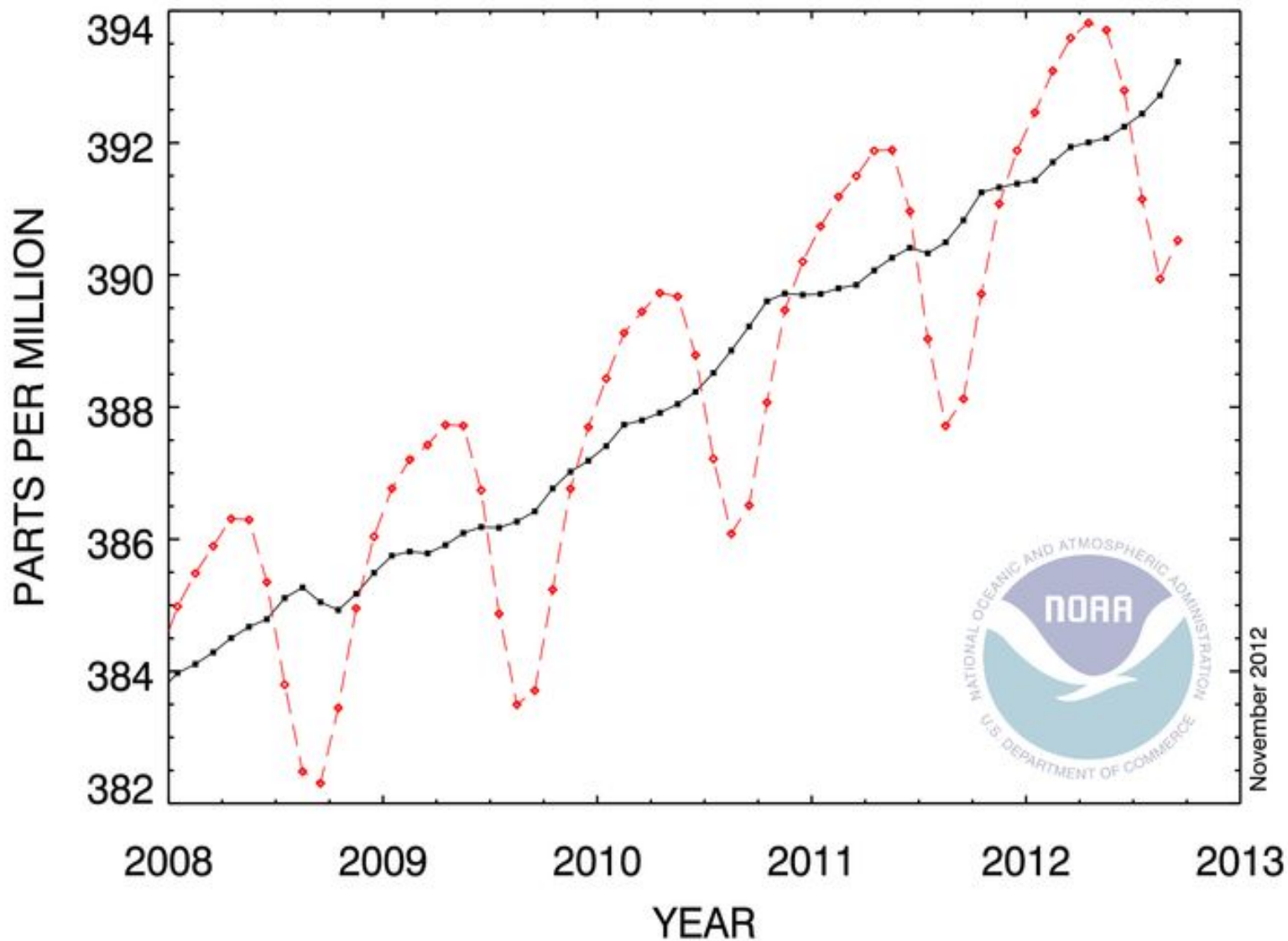
- horka a zimy,
- nebe zataženého a jasného,
- vlhka a sucha
- sněžení, sněhové pokrývky a tání
- vánků, vánic, tornád a tajfunů

Změna klimatu znamená rozvrat doposud existujících charakteristik. Malá změna ukazatele (globálních odchylek od dřívějších teplot) znamená velké změny výskytu různých typů počasí.

1. Příčiny

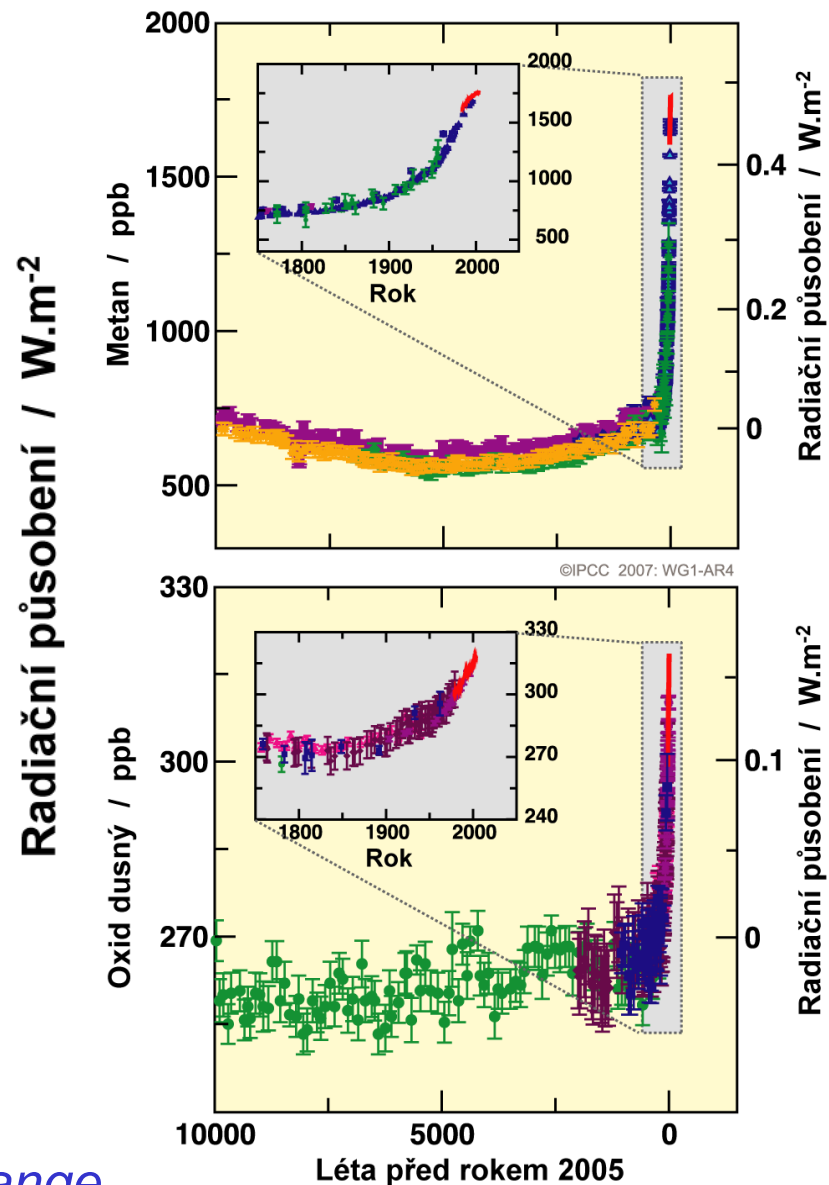
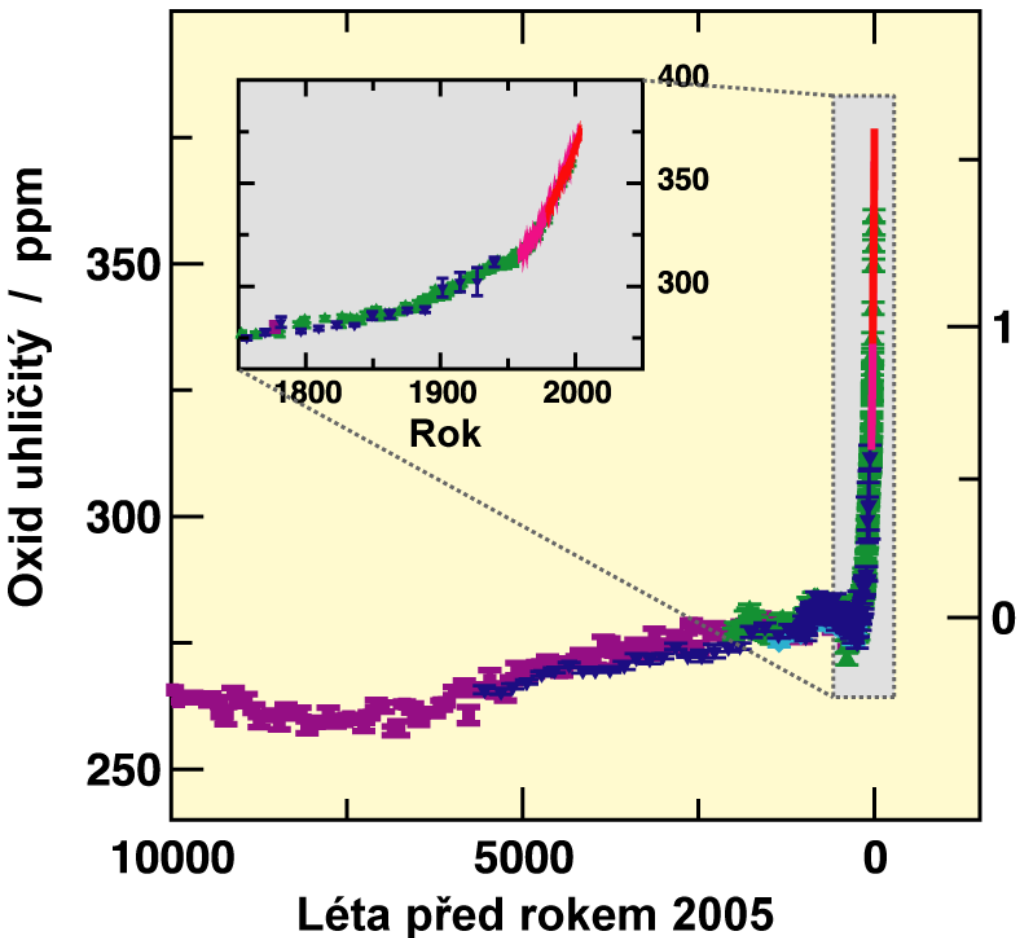
Rostoucí koncentrace skleníkových plynů. Jejich vliv je zatím do značné míry maskován síranovými aerosoly

RECENT GLOBAL MONTHLY MEAN CO₂



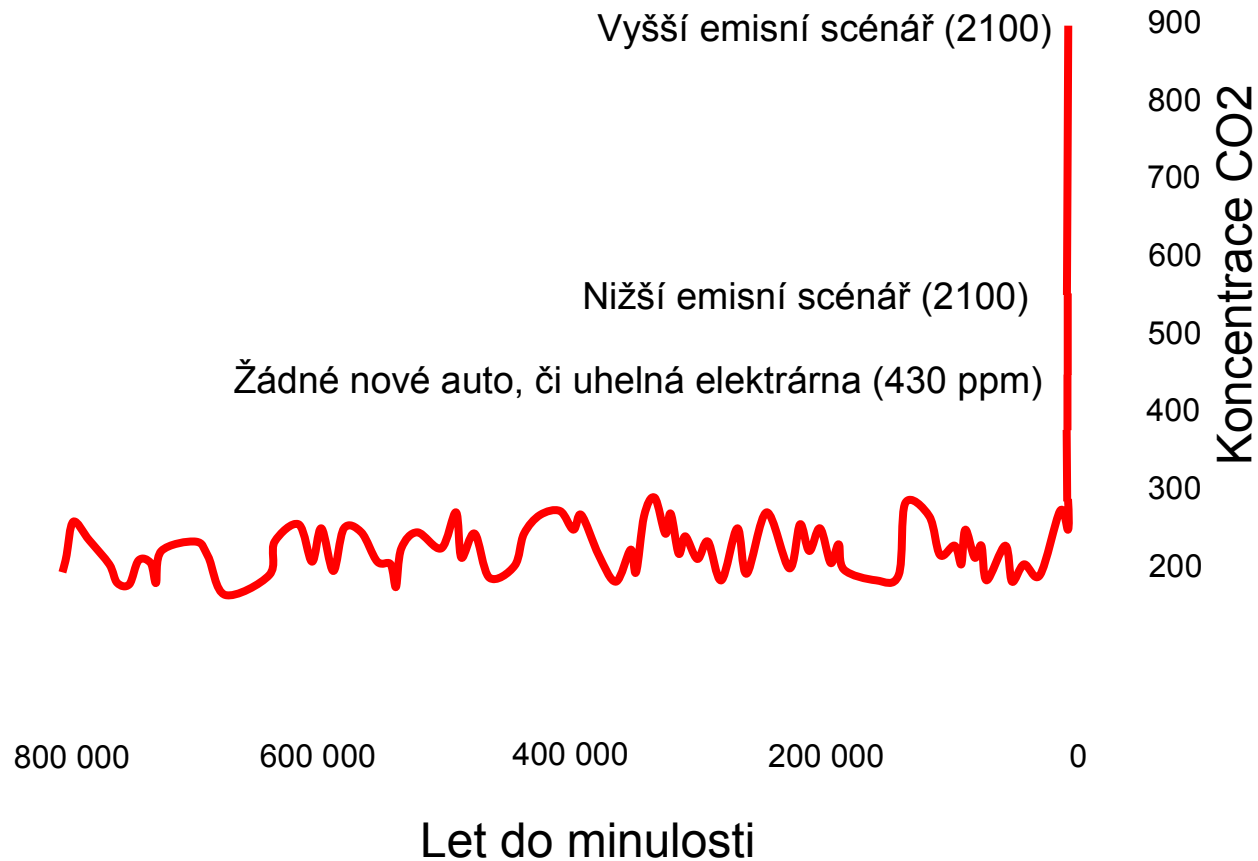
Zdroj: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

Změny koncentrací oxidu uhličitého dle rozboru ledových vrtných jader a přímých měření složení ovzduší

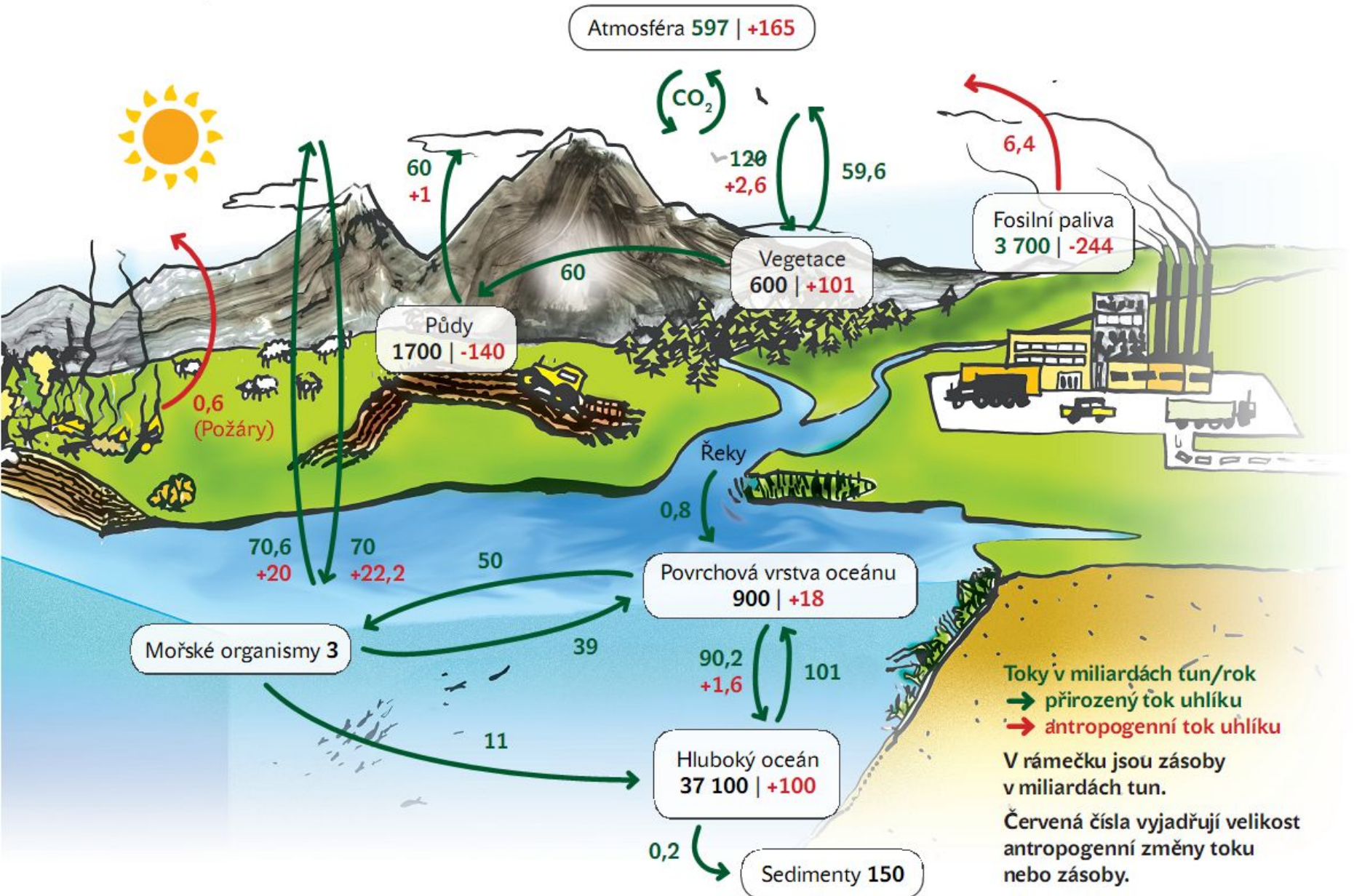


*Intergovernmental Panel on Climate Change
4th Assessment Report (IPCC AR4, Feb. 2007)*

Trochu historické perspektivy



Toky uhlíku v 90. letech 20. století



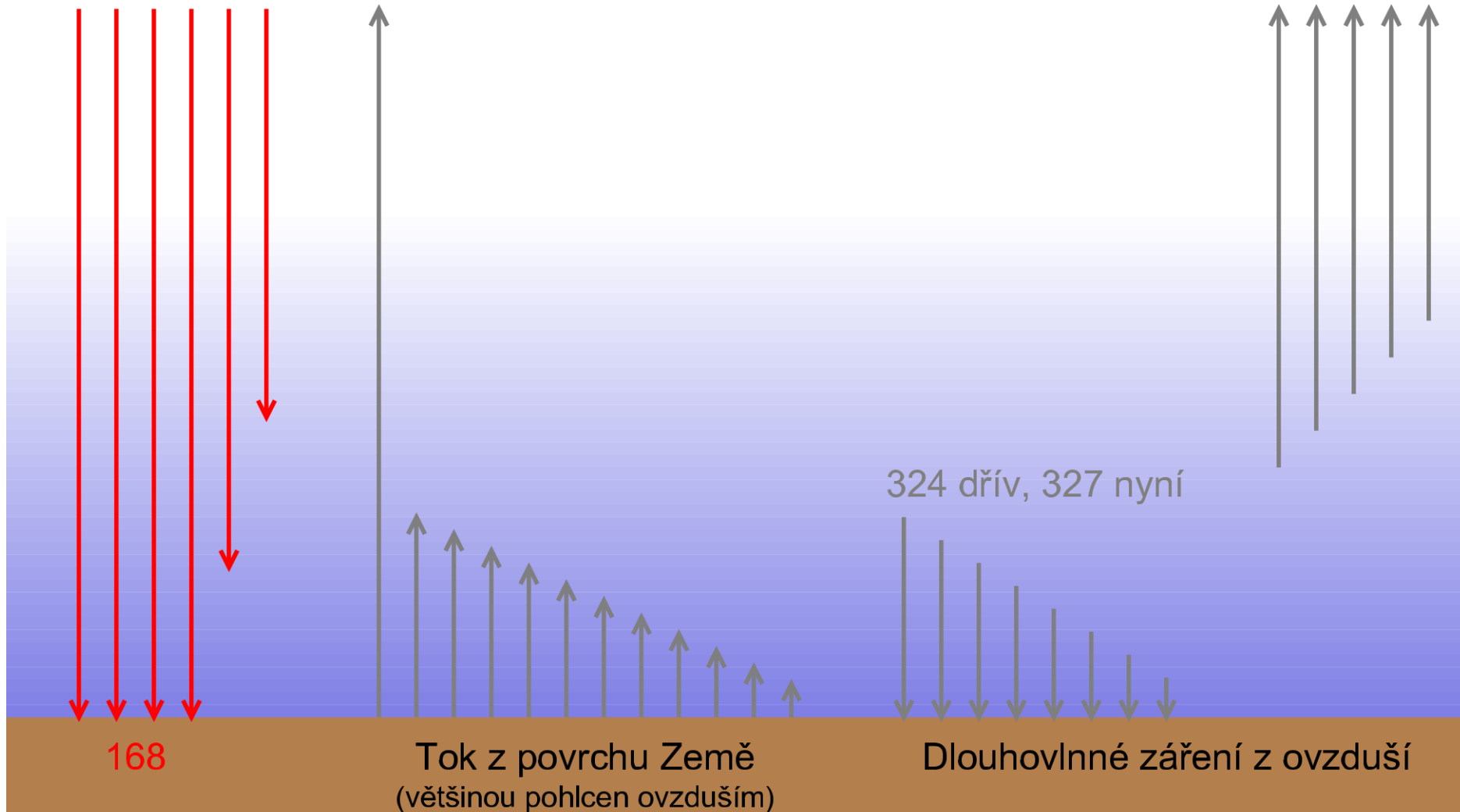
zdroj: Veronica, výstava Prima Klima

Kdyby nepřišlo aerosolů... (zdroj: J. Hollan, warming_cz, 2003)

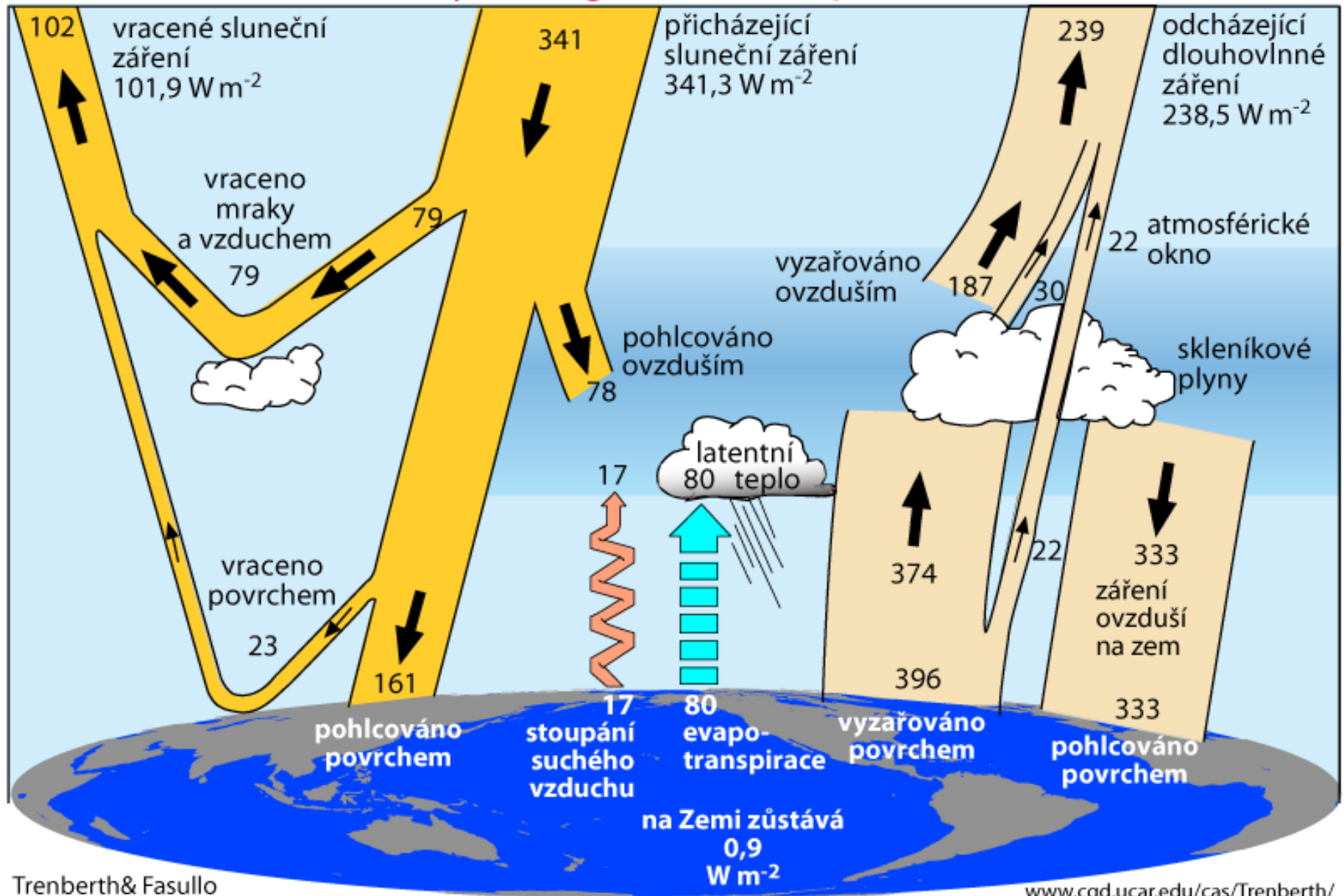
Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40

Sluneční záření
235

Dlouhovlnné záření zpět do vesmíru
235 před r.1900, ale jen 232 nyní: více než 1% změna!



Globální toky energie / $W \cdot m^{-2}$ (pro léta 2000-2005)



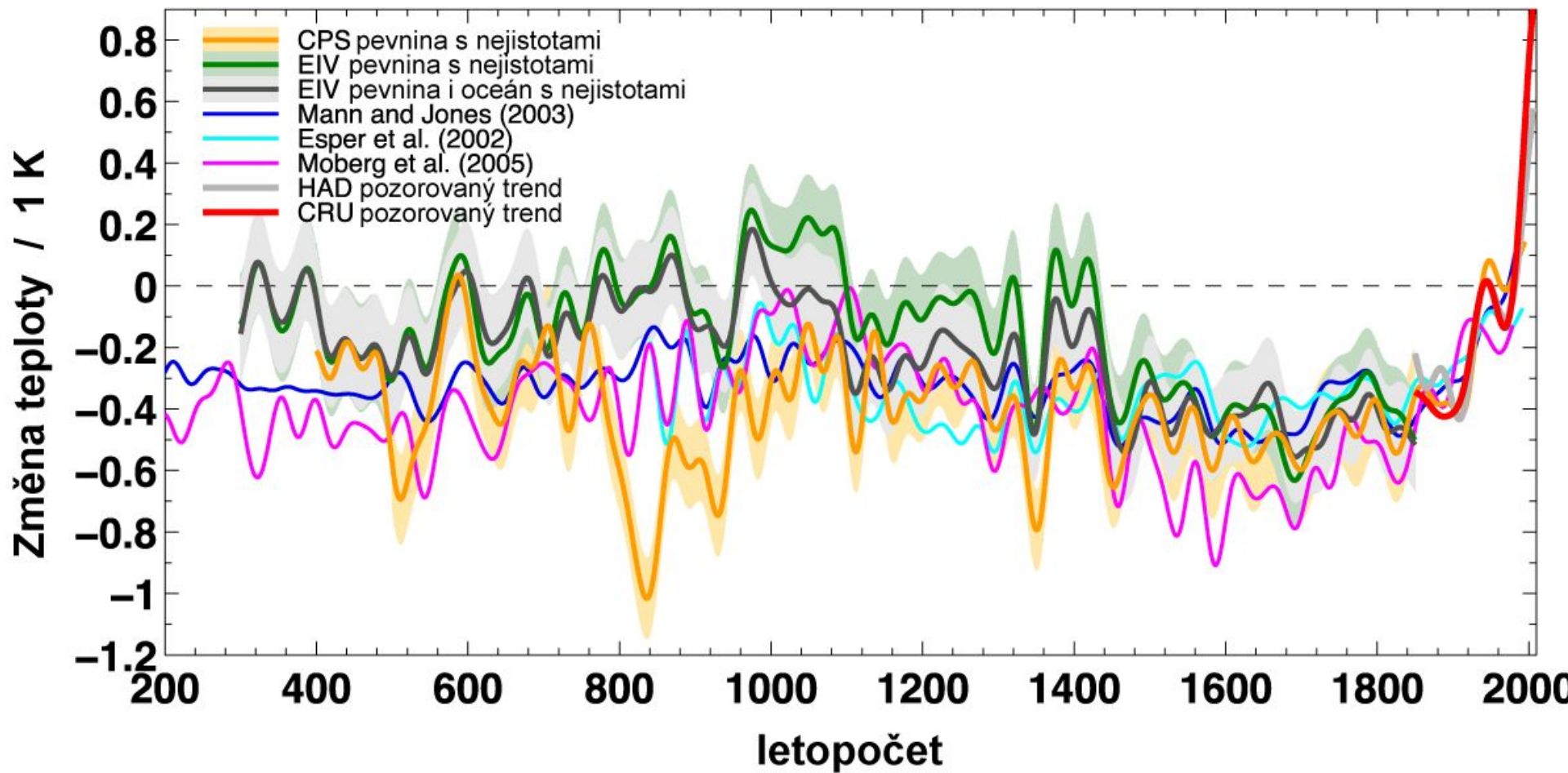
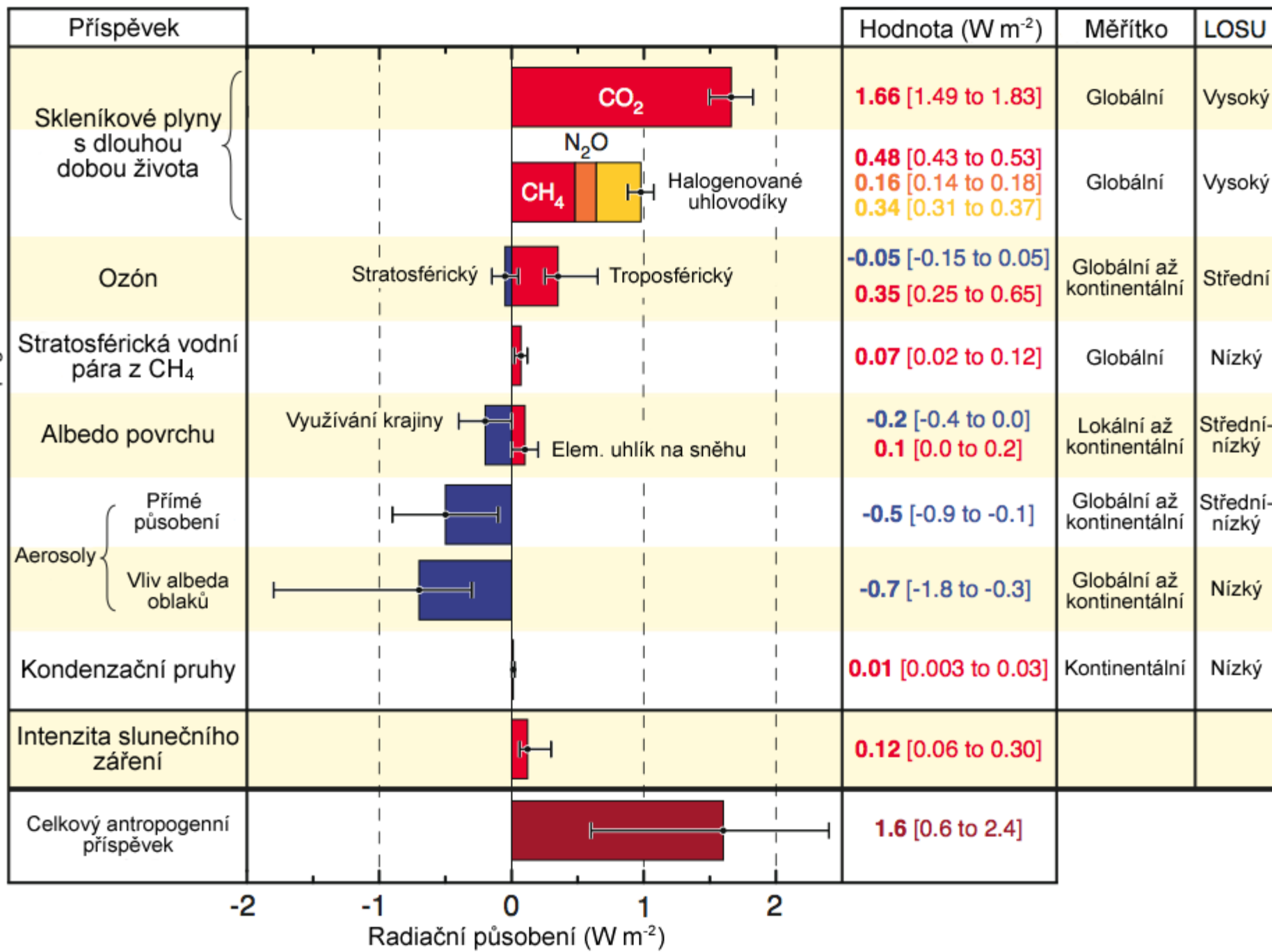


Figure 19: Rekonstrukce změn teploty severní polokoule od roku 200 (zdroj: Kodaňská diagnóza)

Príspevky k radiacnému pôsobení



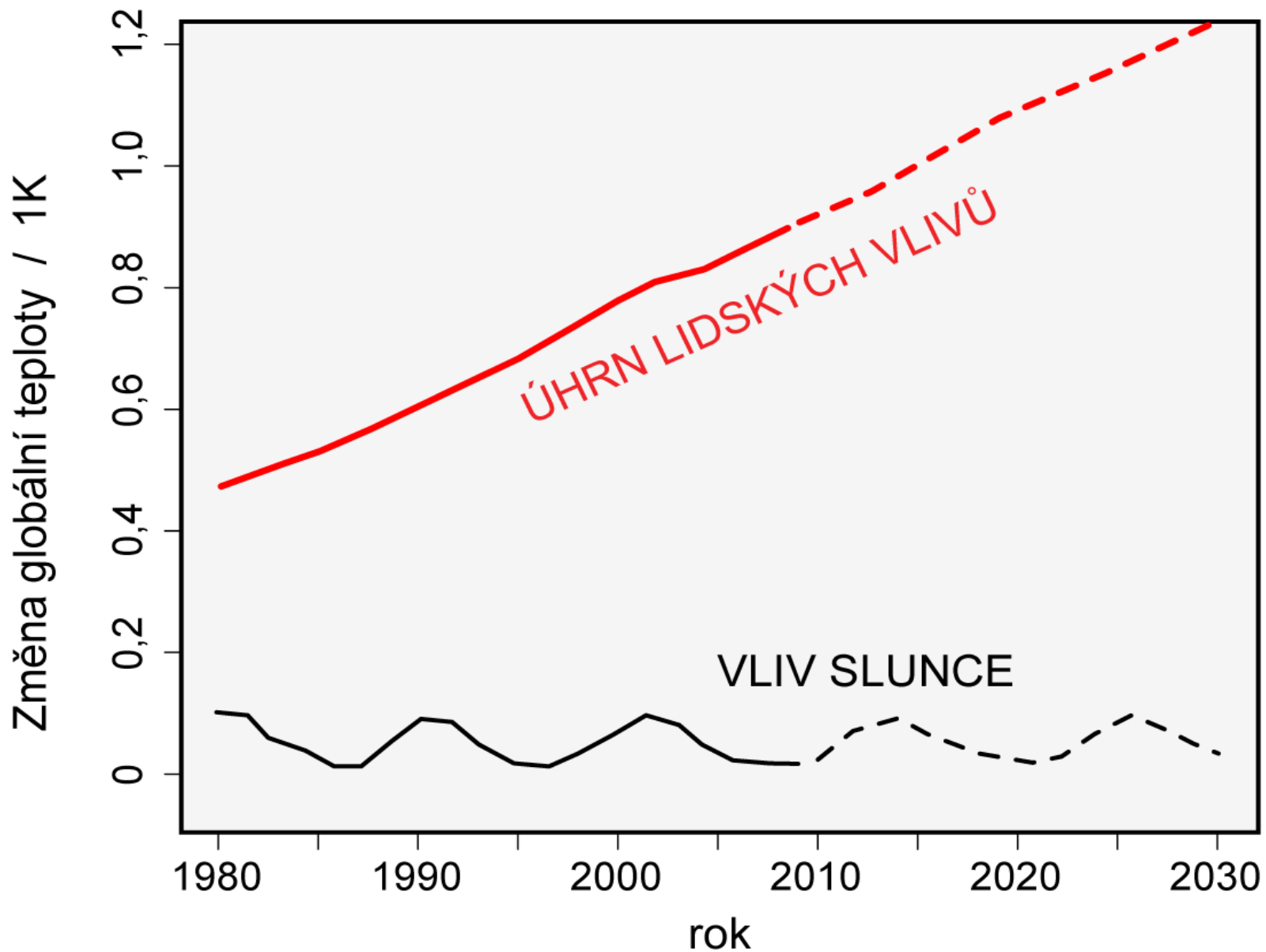
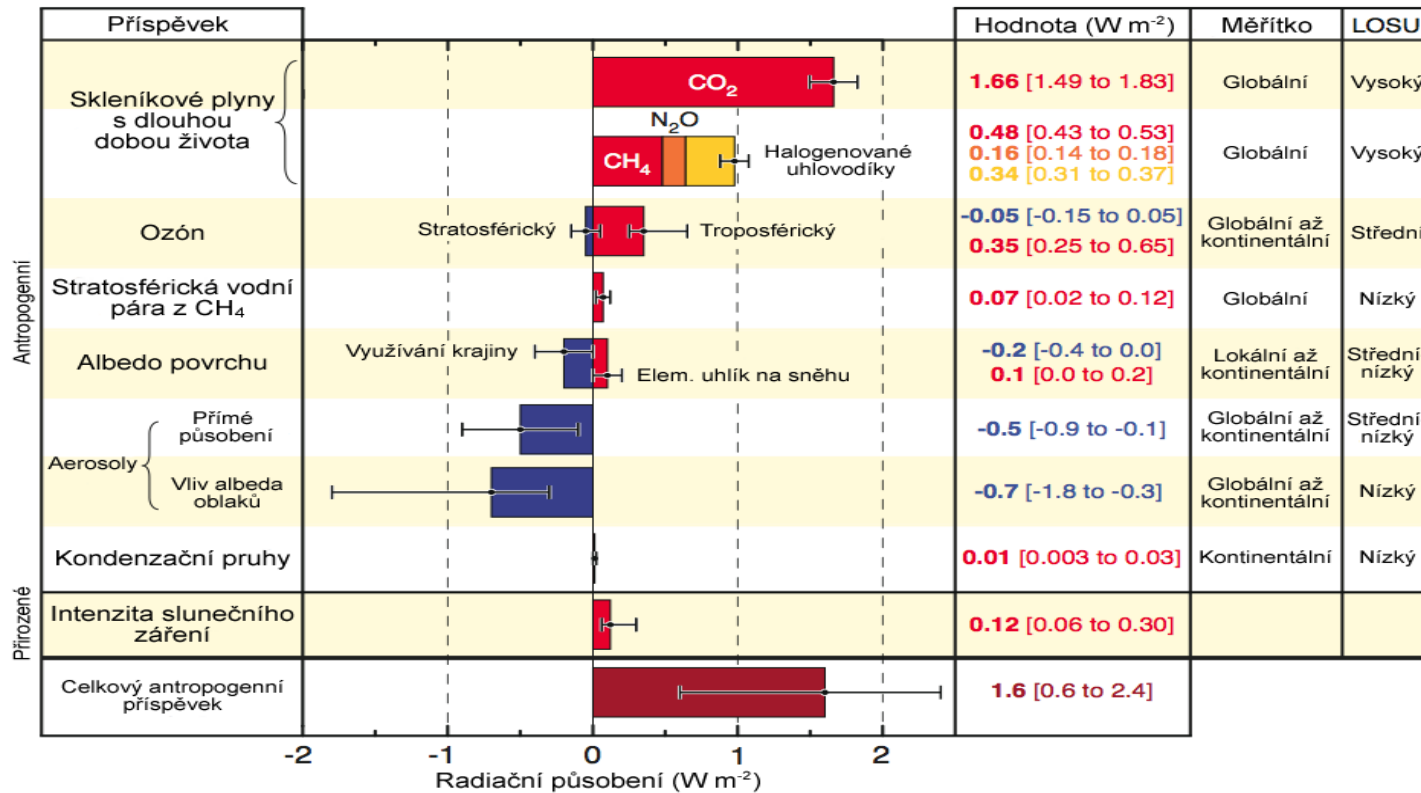
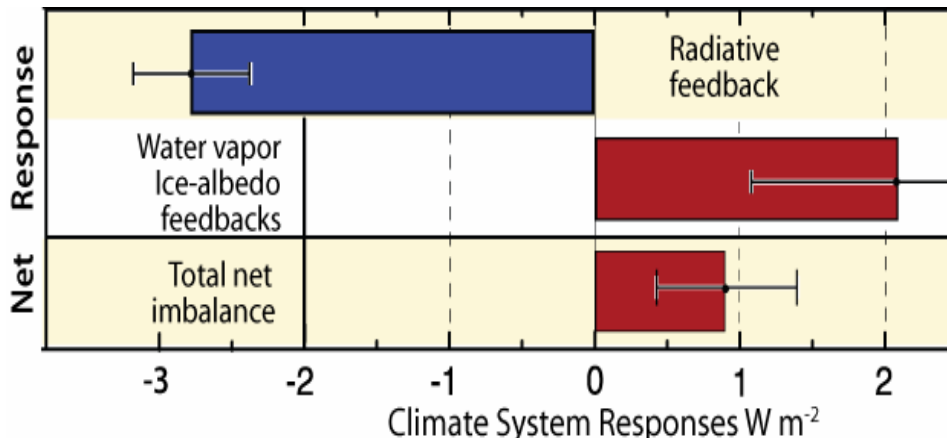


Figure 5: Vliv antropogenní oproti vlivu solárnímu od roku 1980 a projekce do 2030 (zdroj: Kodaňská diagnóza)

Příspěvky k radiálnímu působení



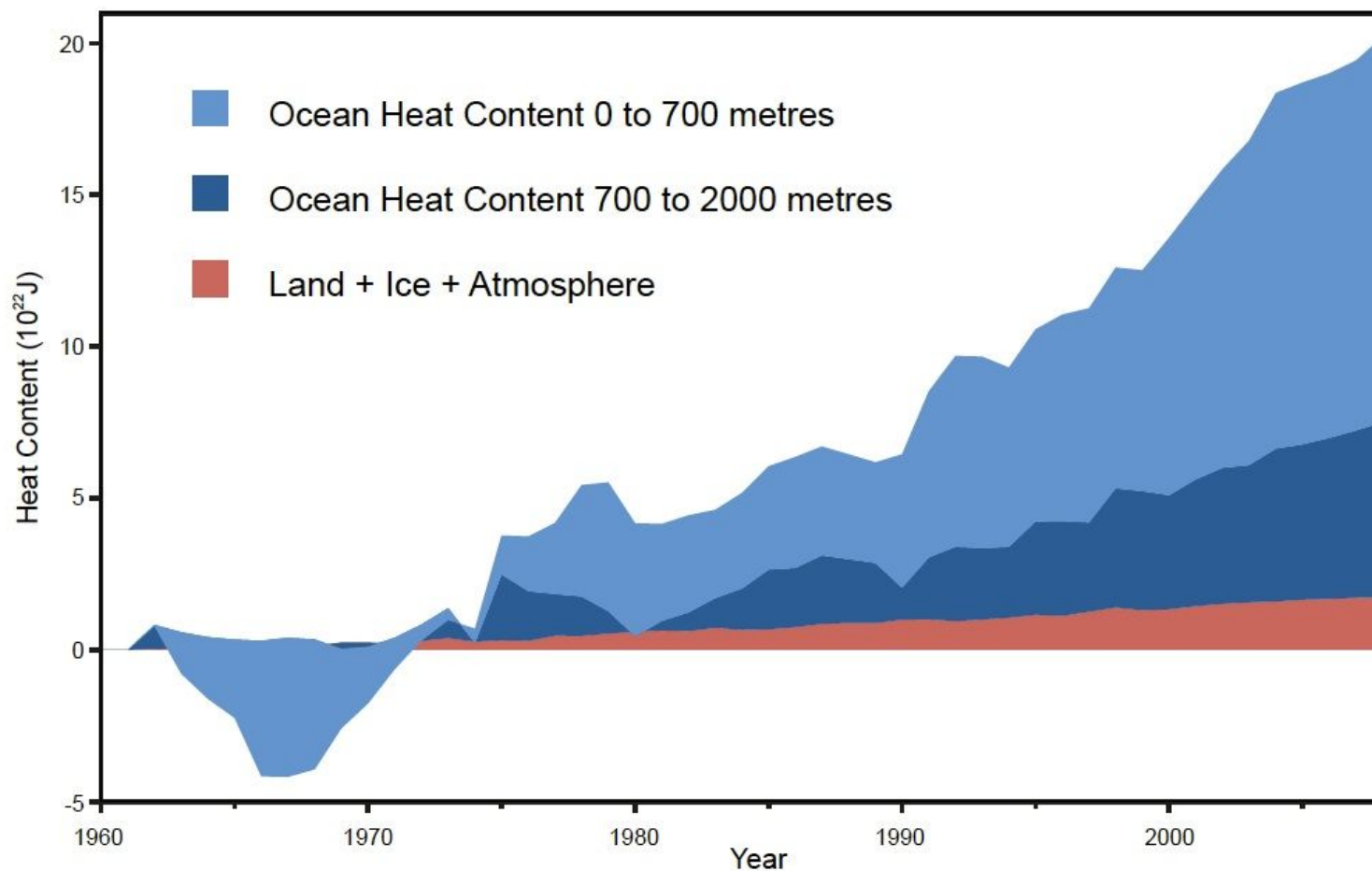
©IPCC 2007: WG1-AR4



Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné v seznamu autorových publikací

Nárůst entalpie Země v desítkách zetajoulů

Nuccitelli et al. (2012), dostupné i na [SkS Climate Graphics Page](#)



Stabilizovat „na úrovni, která zamezí nebezpečnému lidskému zásahu do klimatického systému“

**United Nations
Framework Convention on Climate Change
(1992)**

Aim:

to stabilize greenhouse gas concentrations...

“...at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.”

Rozdílné pojmy

- nebezpečný zásah do klimatického systému
- nebezpečná změna klimatu

Zásahem je již samotné narušení vyrovnanosti mezi tepelným příkonem a výkonem Země.

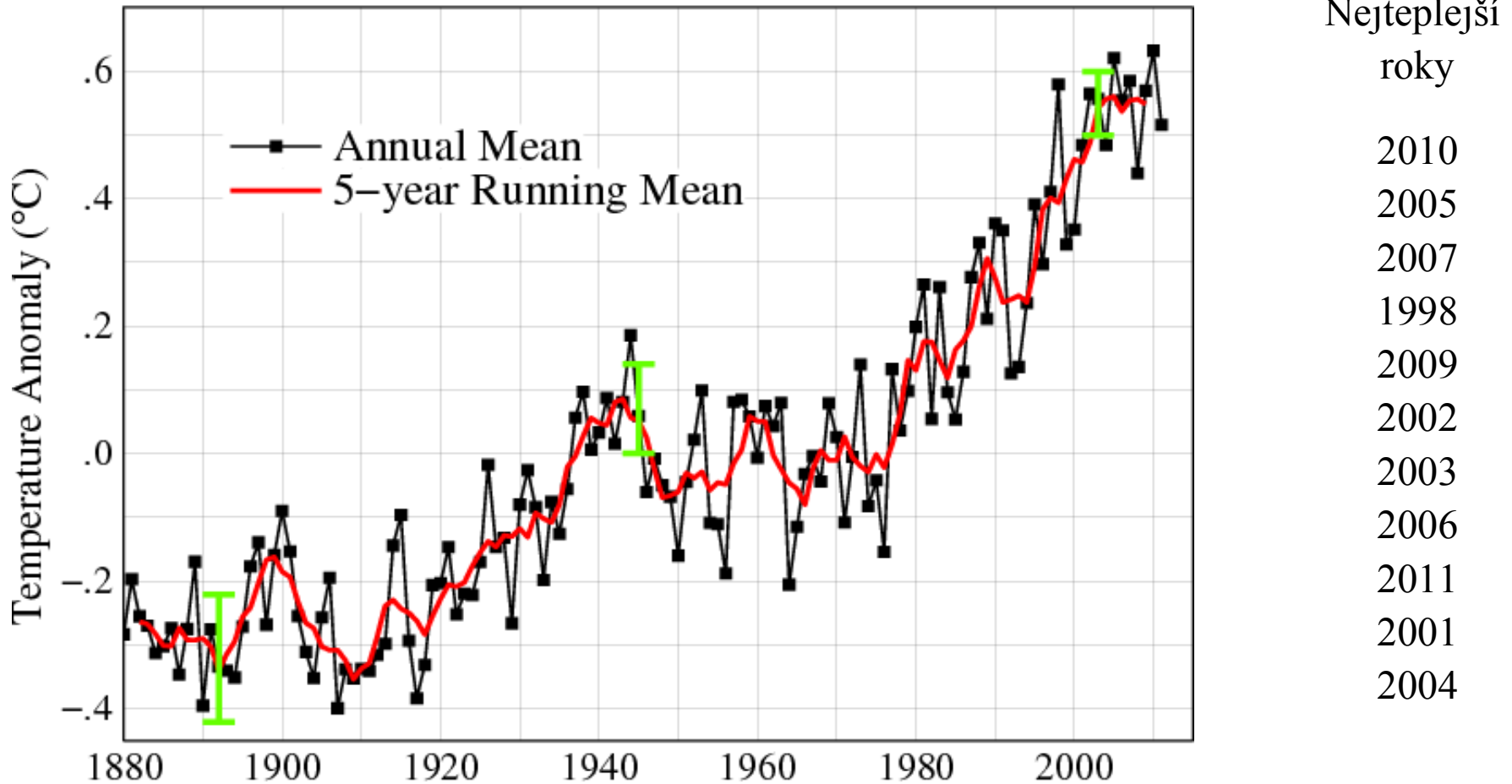
Tepelný přebytek téměř 1 W/m^2 nebezpečný je, klima se jím již změnilo a bude se měnit ještě dlouho.

2. Projevy

Země se ohřívá

90. léta byla tehdy nejteplejší zaznamenaná dekáda, třetí tisíciletí je ještě teplejší. Zdroj: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/

Global Land–Ocean Temperature Index



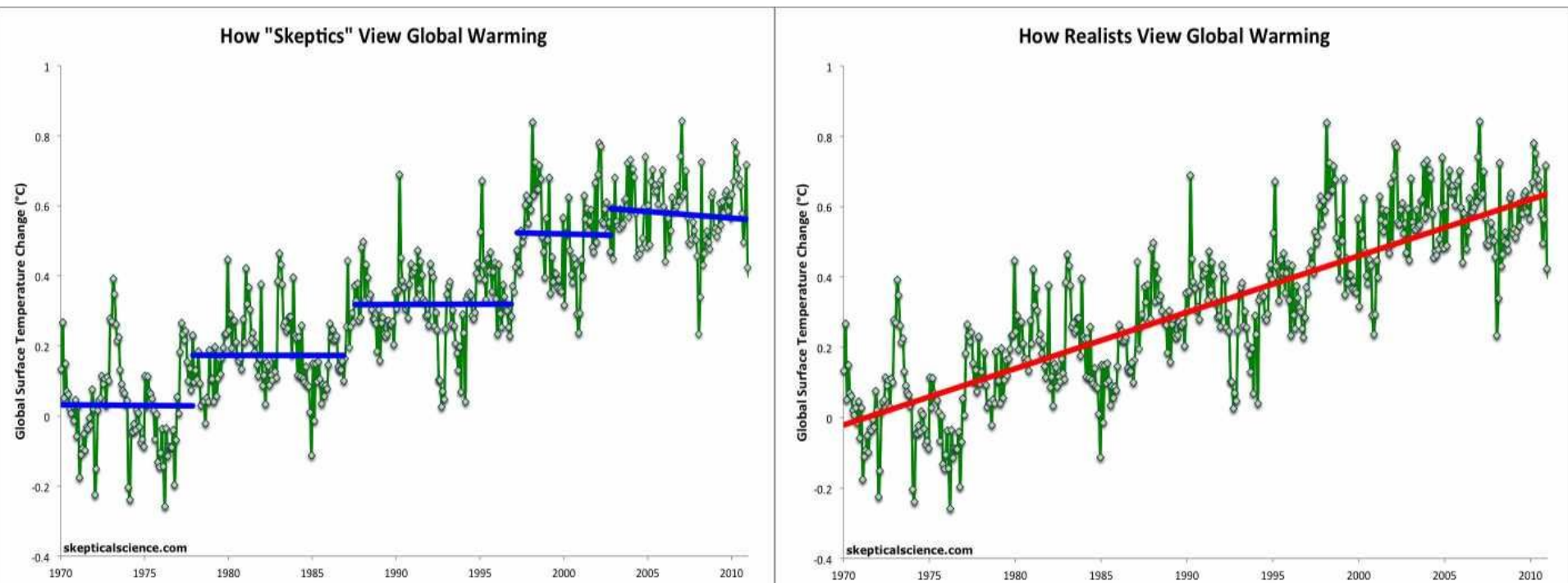
~ 0.8 °C: globální zvýšení teploty za poslední století

Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli,

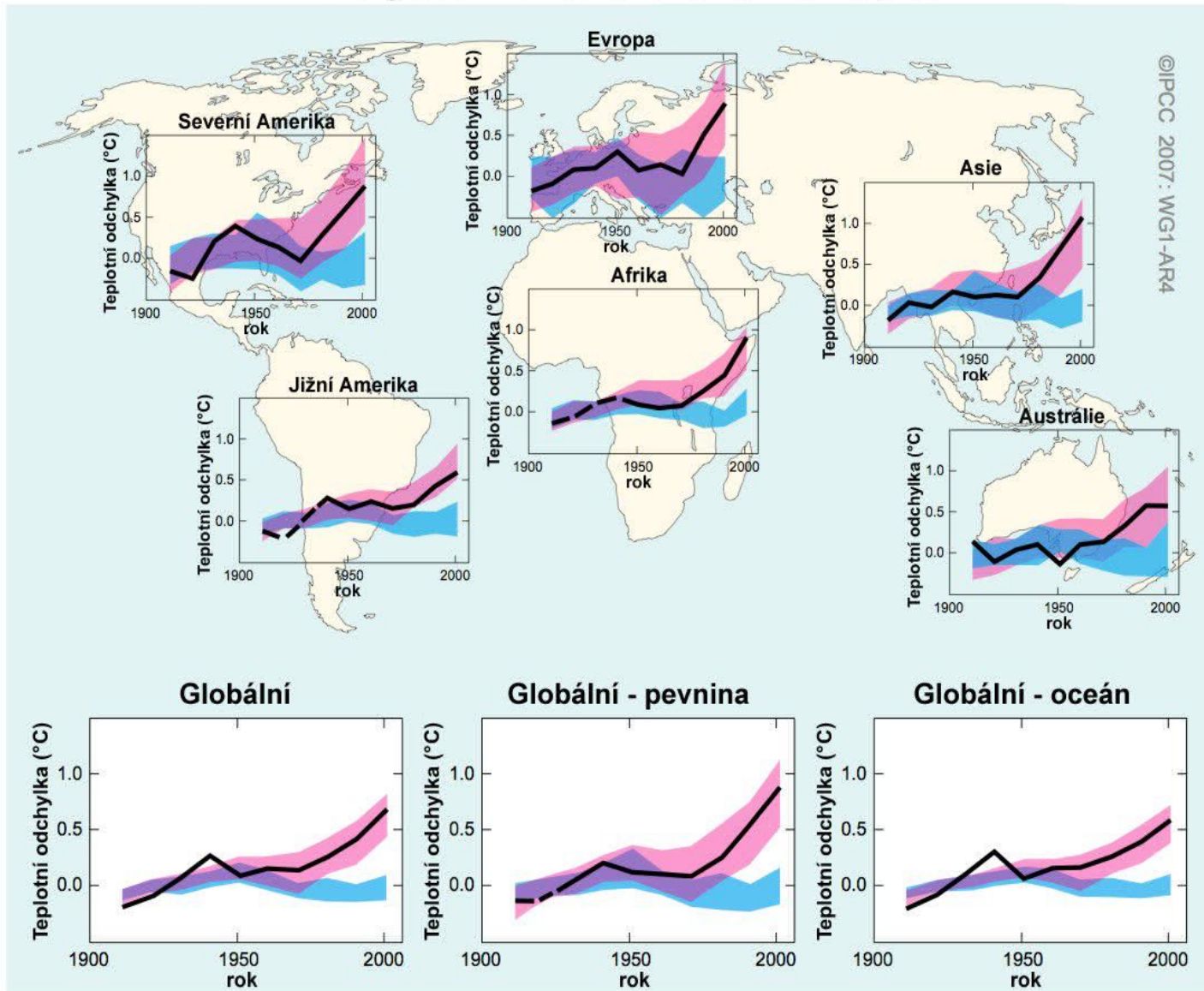
<http://www.skepticalscience.com/still-going-down-the-up-escalator.html>

(samotný animovaný graf pak viz

http://www.skepticalscience.com/pics/NCDC_Escalator.gif)

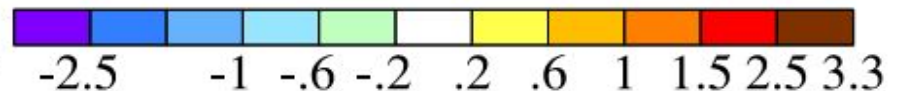
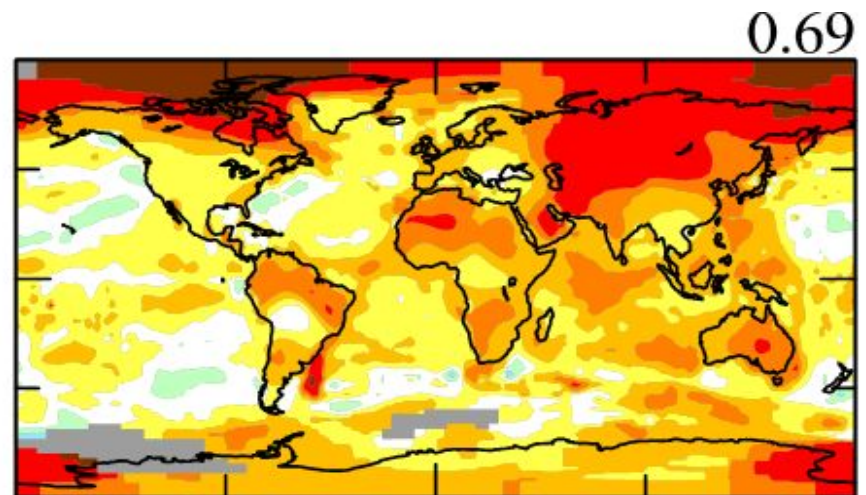
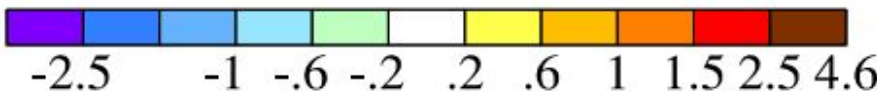
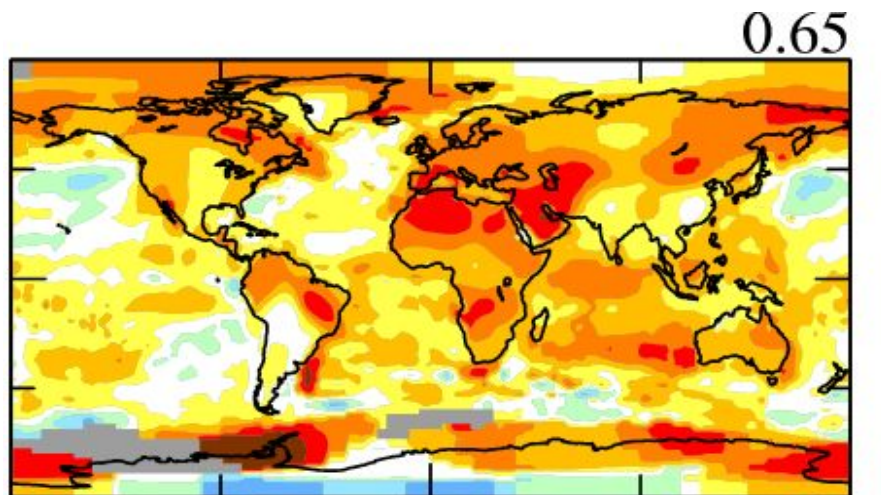
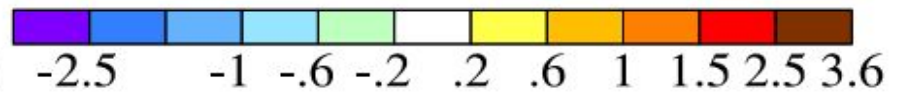
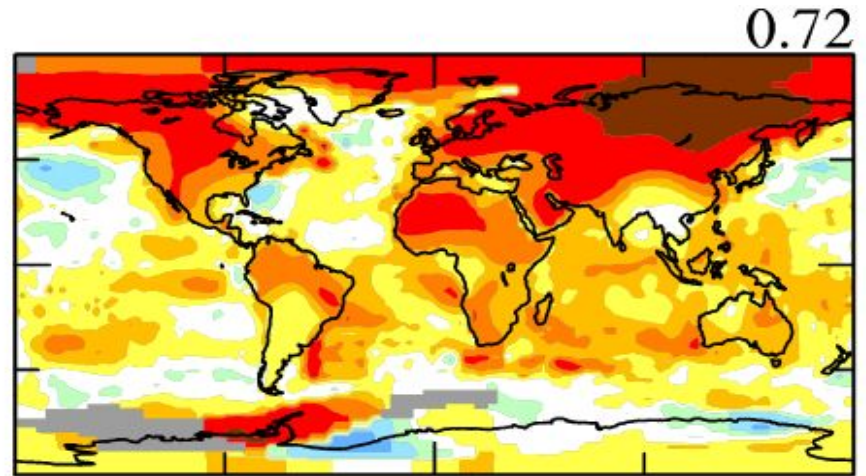
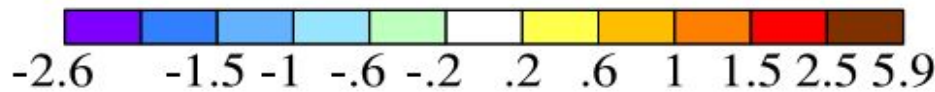
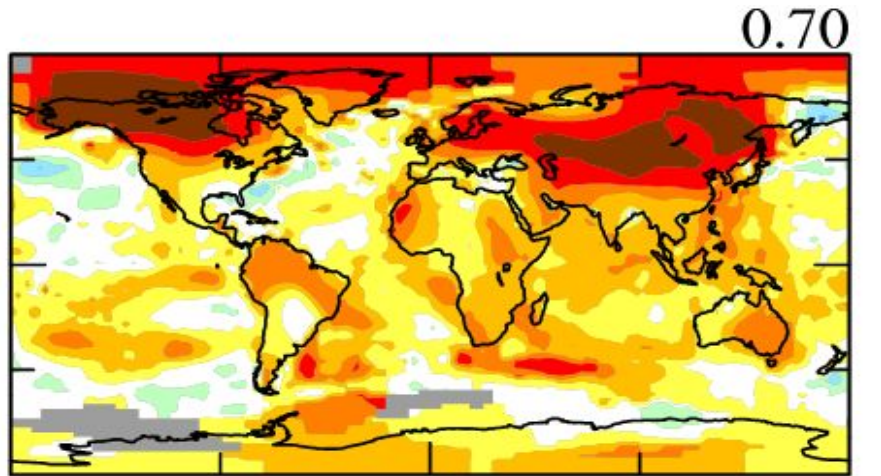


Změna globálních a kontinentálních teplot

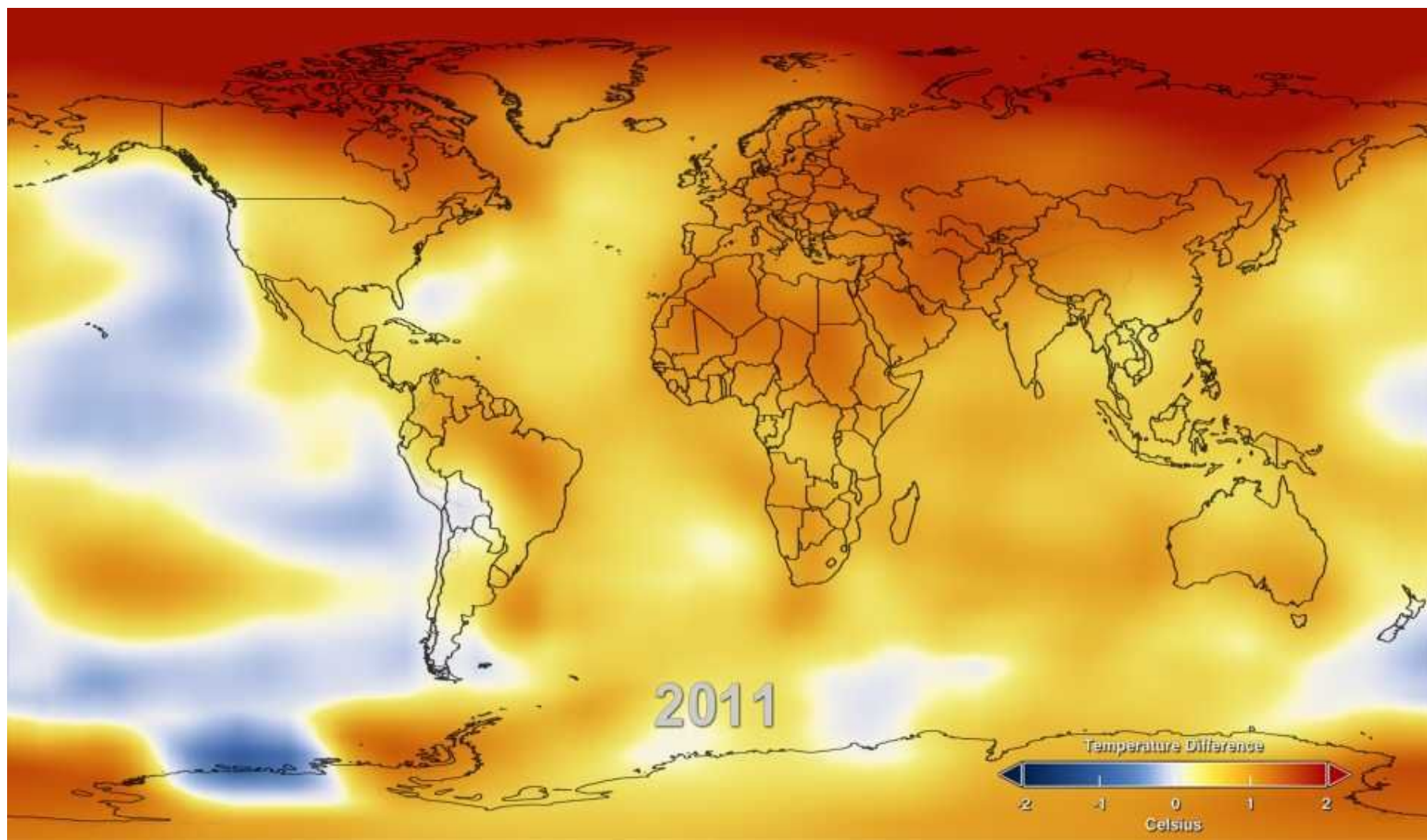


Změny teplot od r. 1950 pro trojice měsíců - bráno dle ročních období severní polokoule jako zima (tj. prosinec, leden, únor), jaro, léto a podzim. Zdroj: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

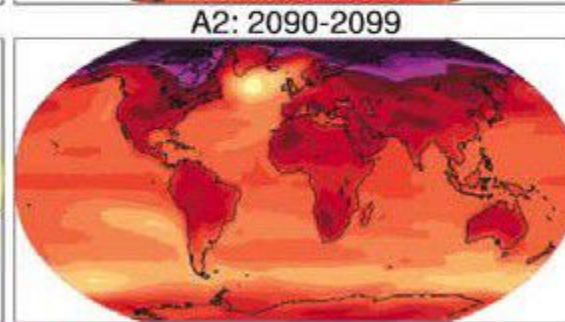
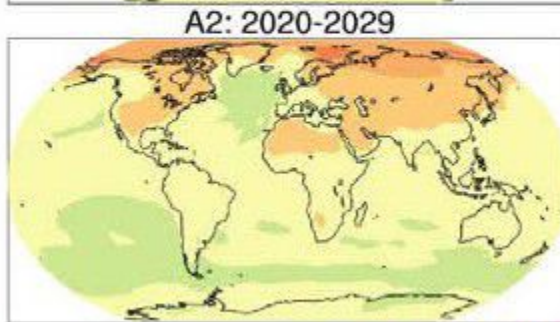
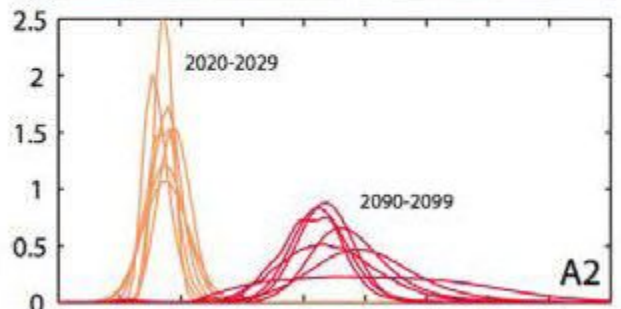
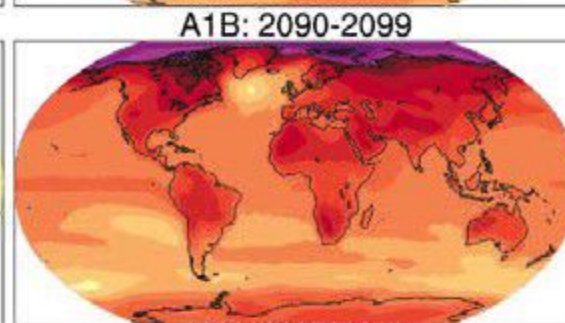
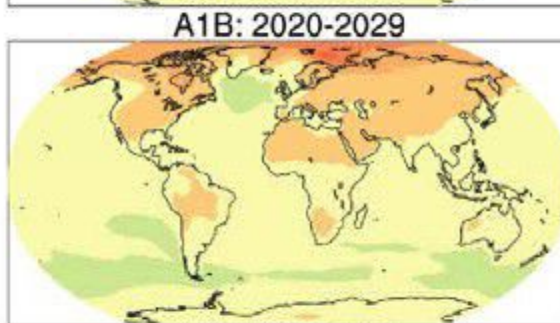
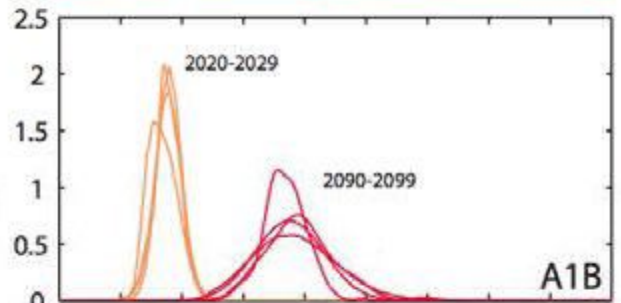
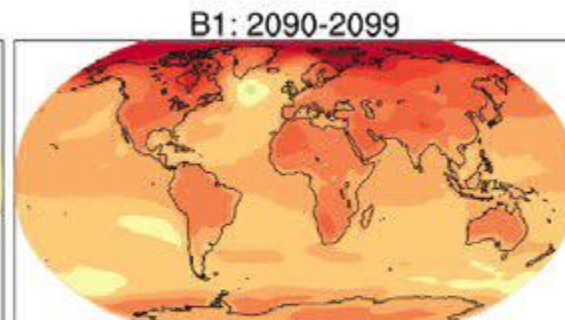
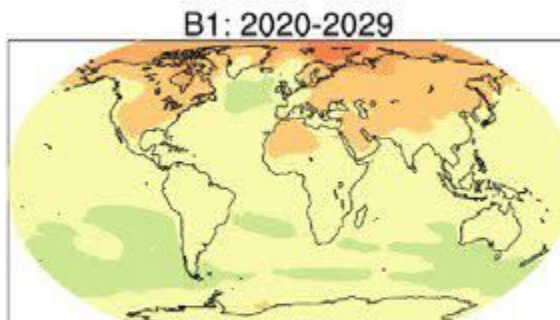
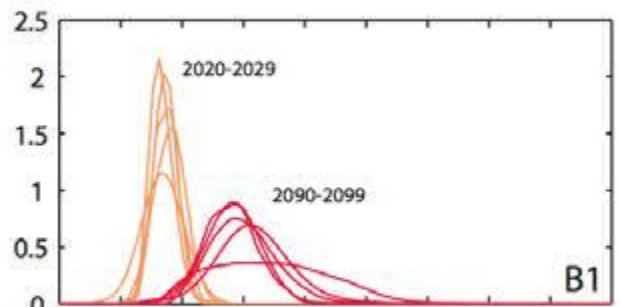
1950-2011



Pětileté klouzavé průměry teplotních odchylek, animace 1880 až 2011, viz stránku [NASA GISS SVS \(třetí varianta\)](#) nebo [*.avi](#) (3 MB), vytvořený z *.m4v (5 MB) pomocí <http://video.online-convert.com/>



AOGCM projekce povrchové teplot

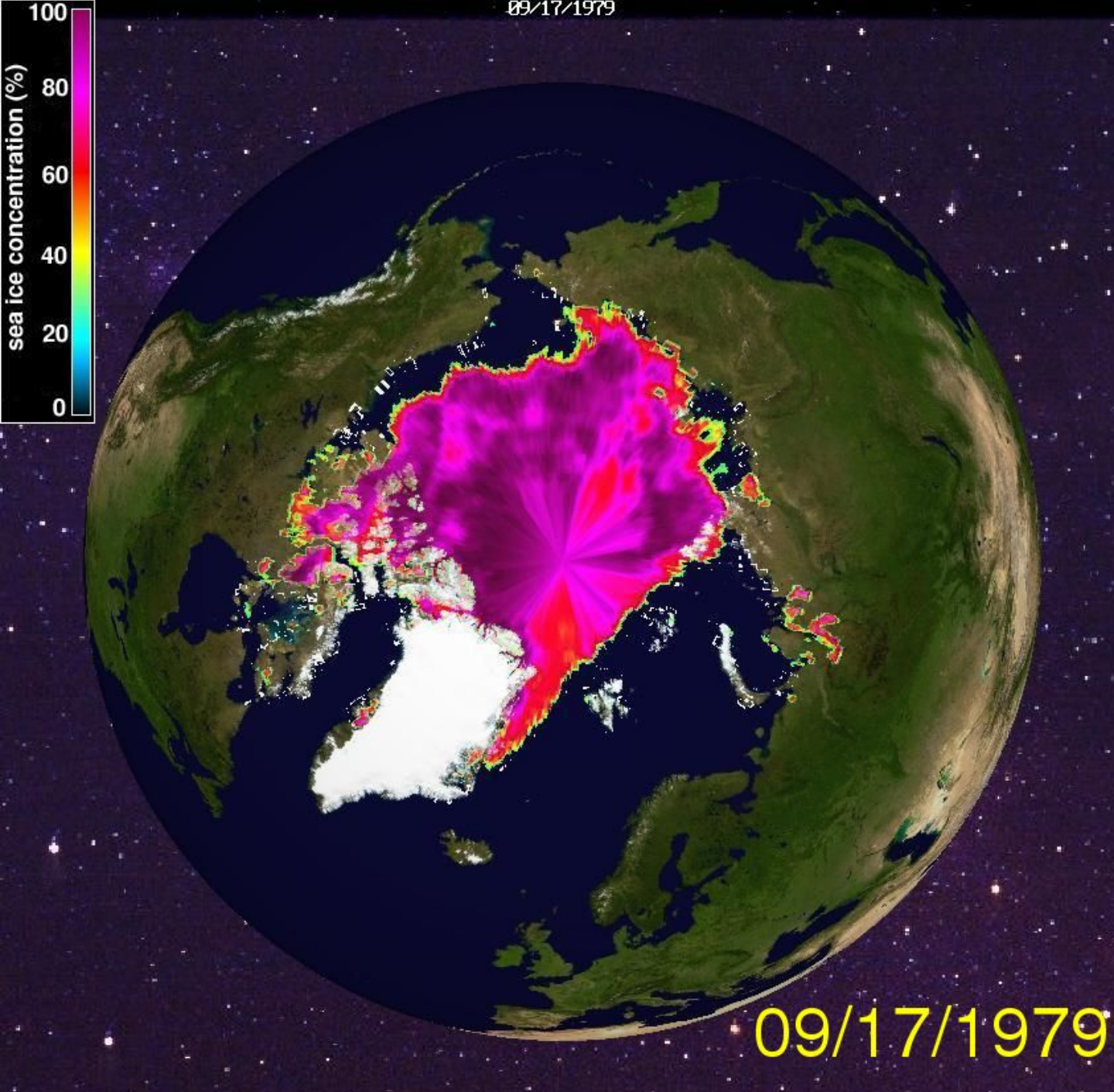


Globální průměrná změna povrchové teploty (°C)



Ztmavnutí povrchu

velká zesilující zpětná vazba



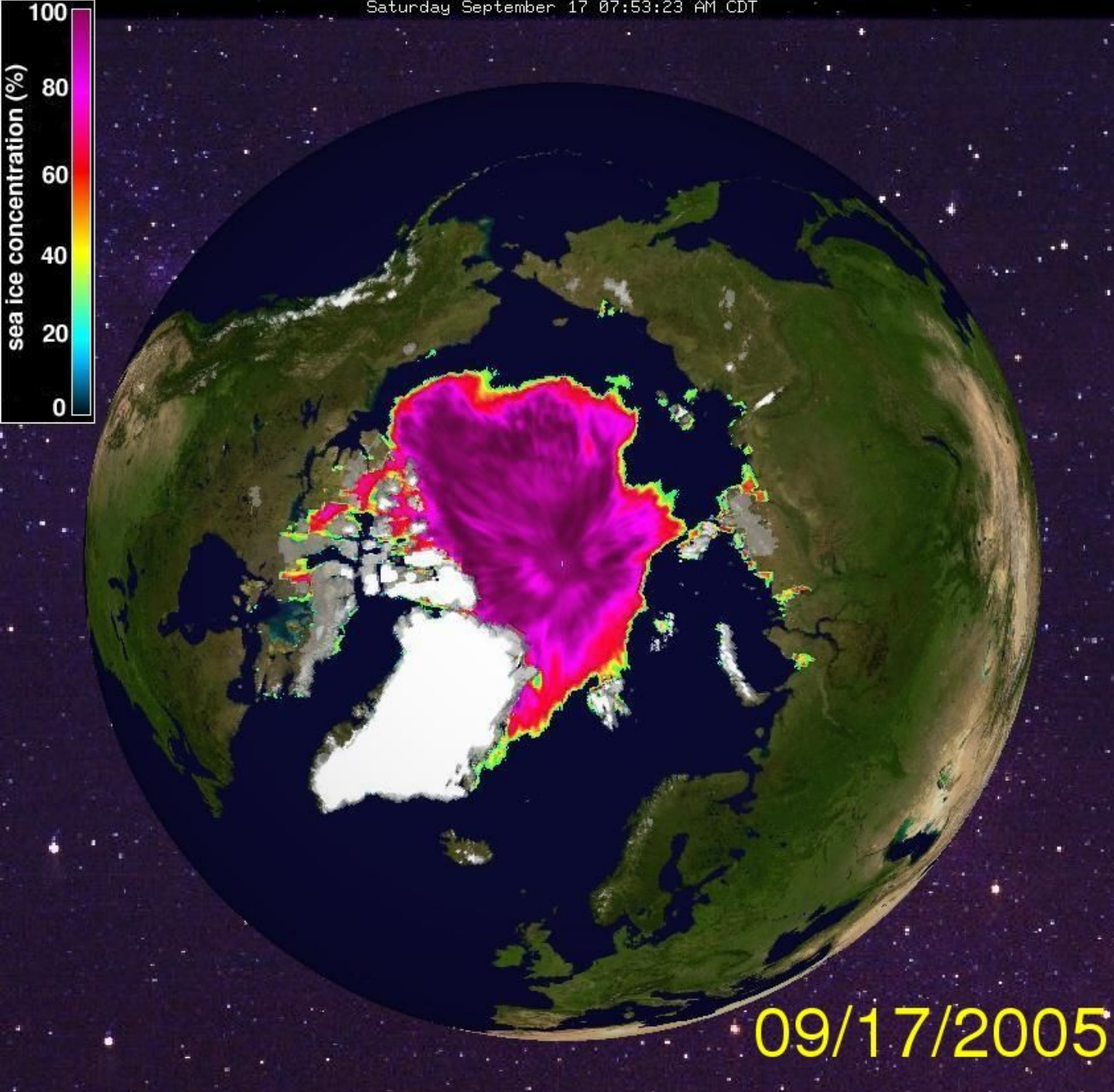
1979

17. září

zdroj:

The cryosphere today

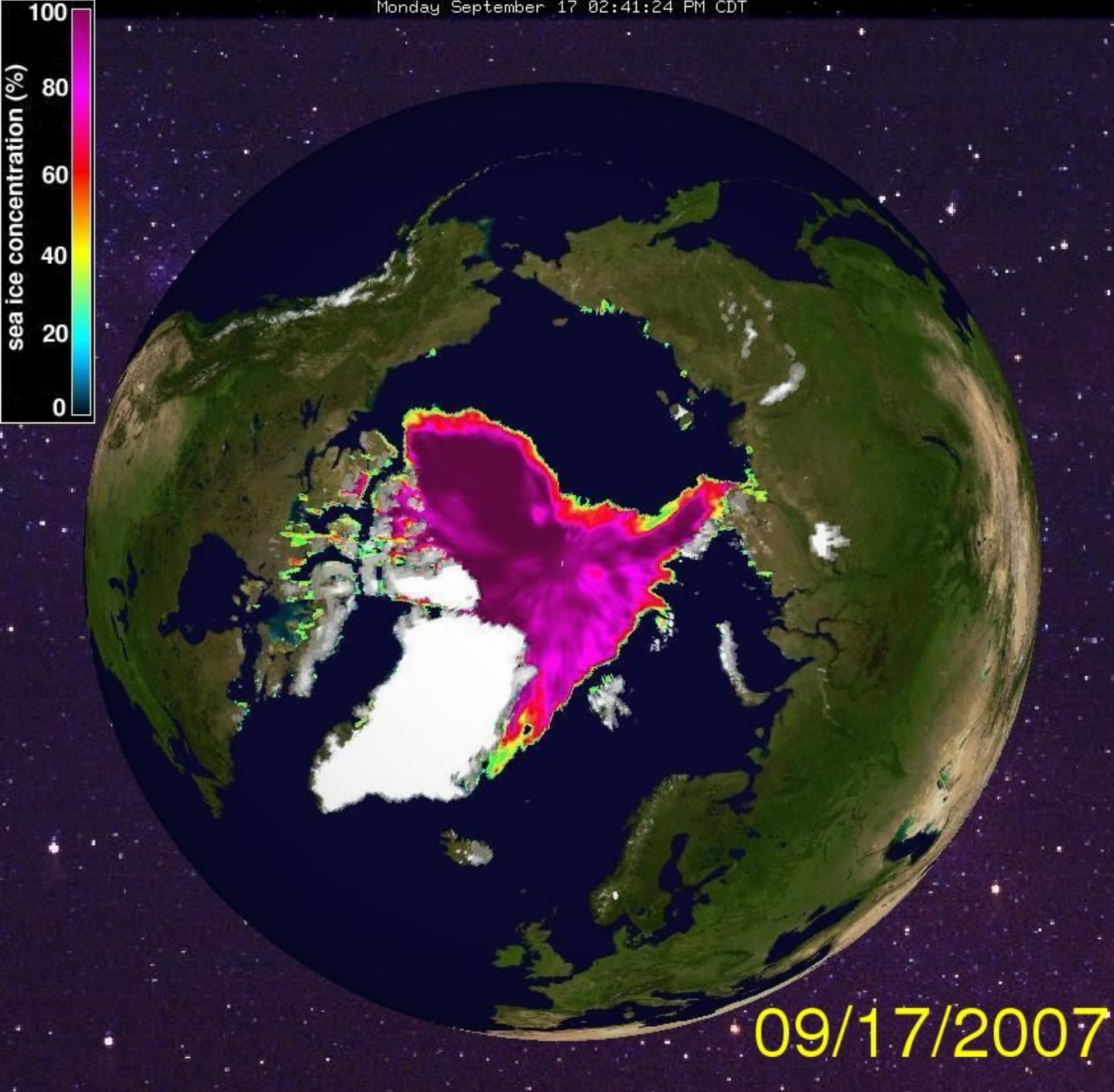
Arktický
mořský led



2005
17. září

Arktický
mořský led

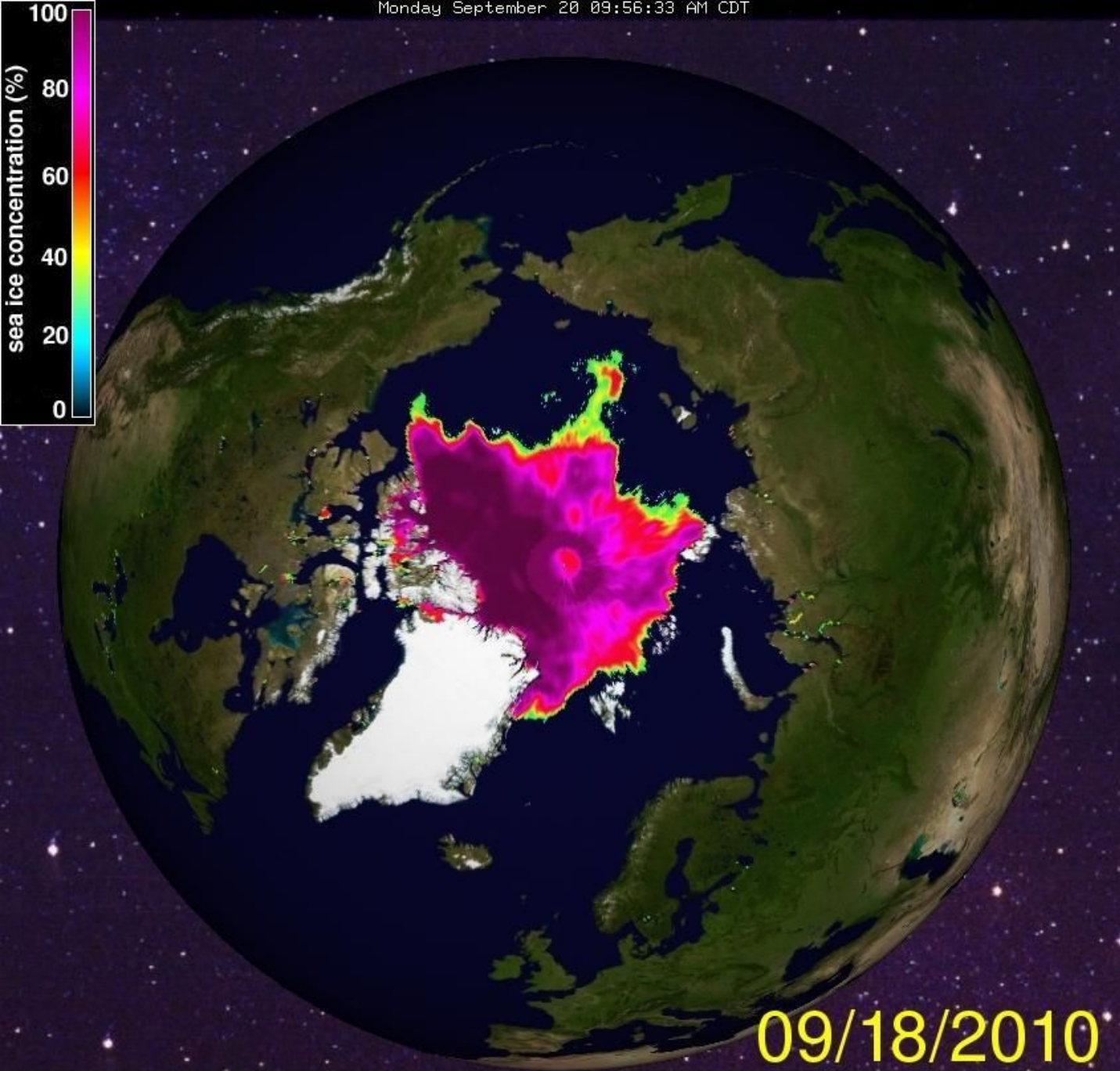
09/17/2005



2007
17. září

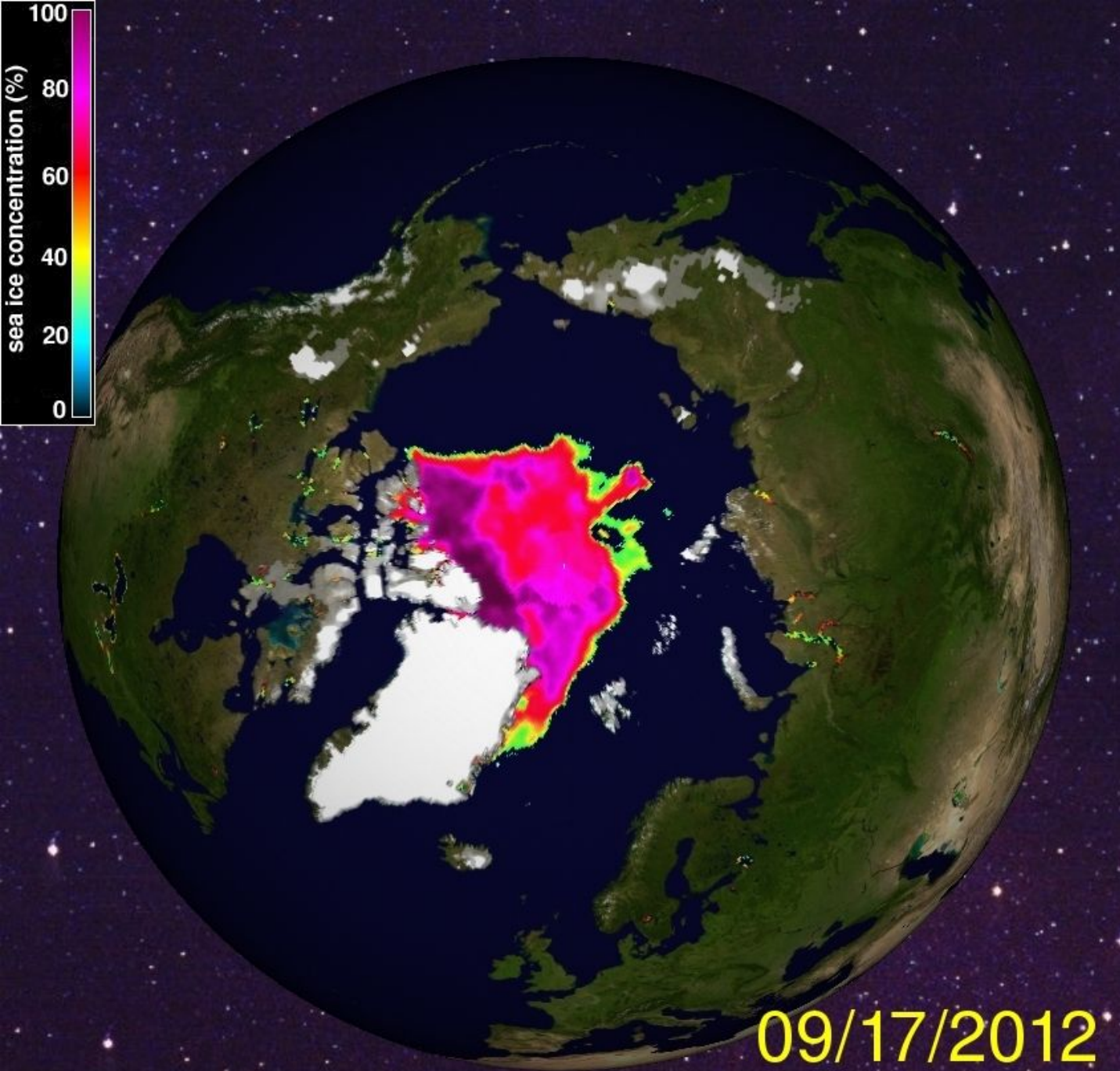
Arktický
mořský led

09/17/2007



2010
18. září

Arktický
mořský led



2012

17. září

Arktický
mořský led

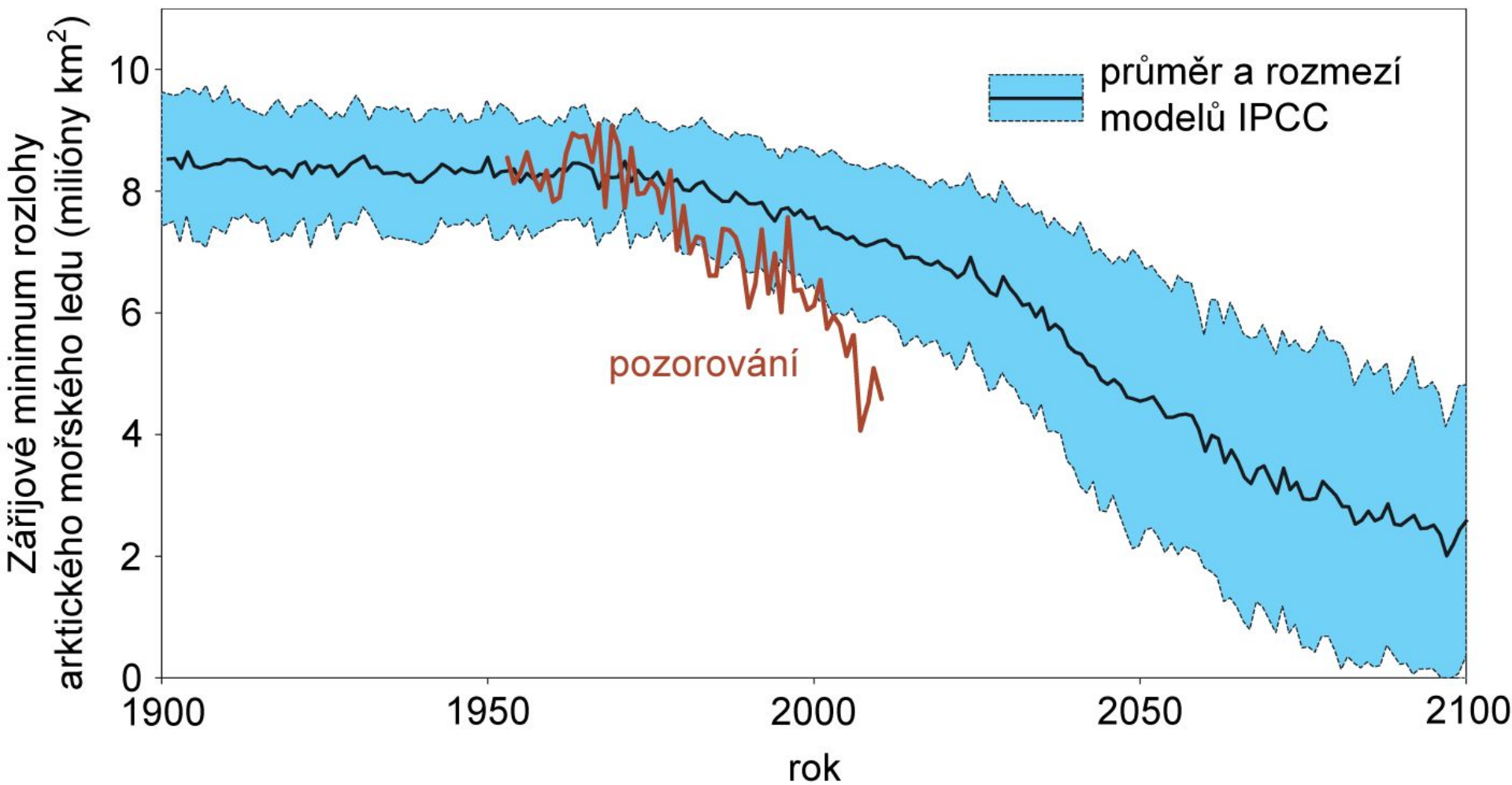
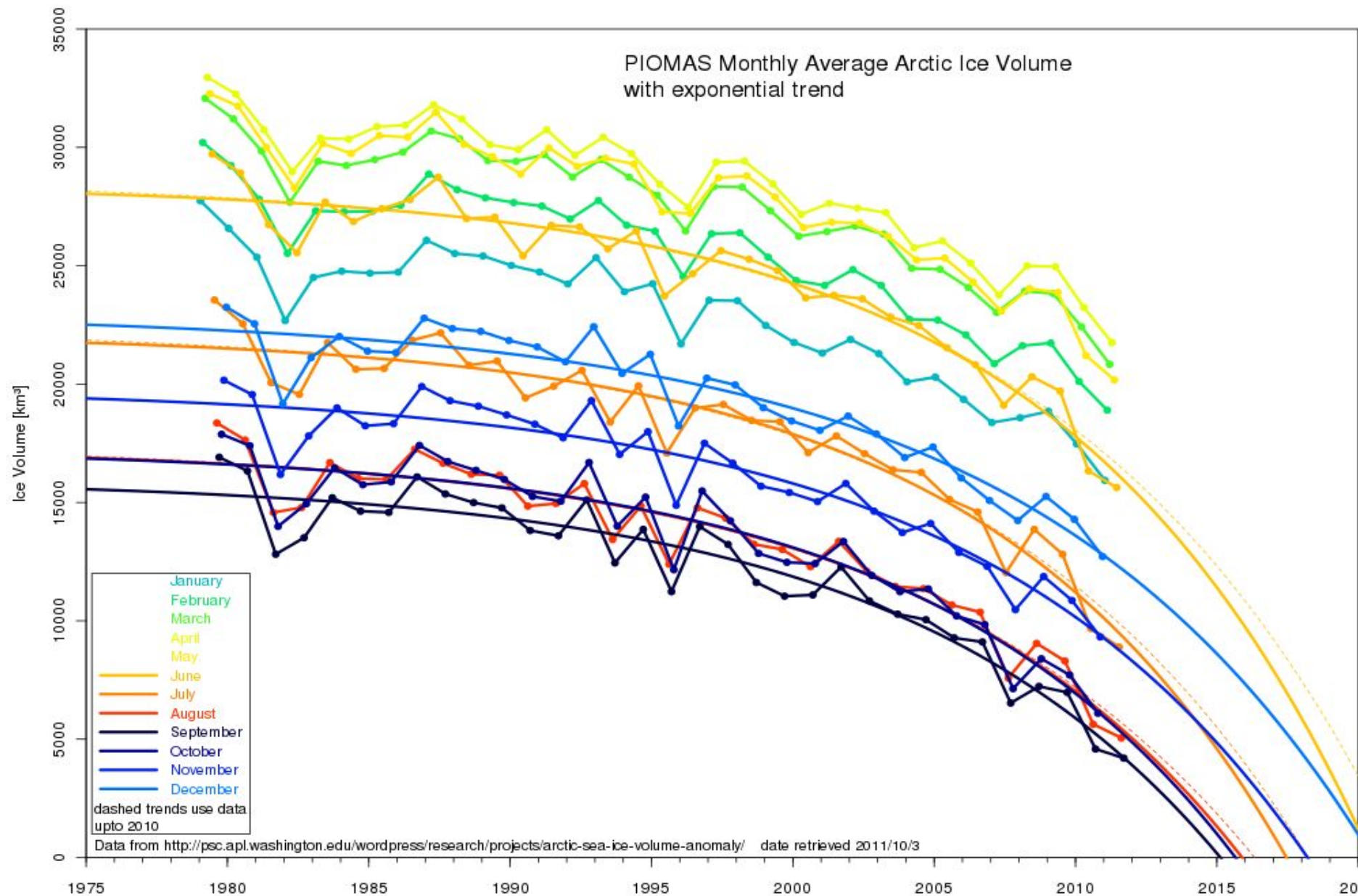


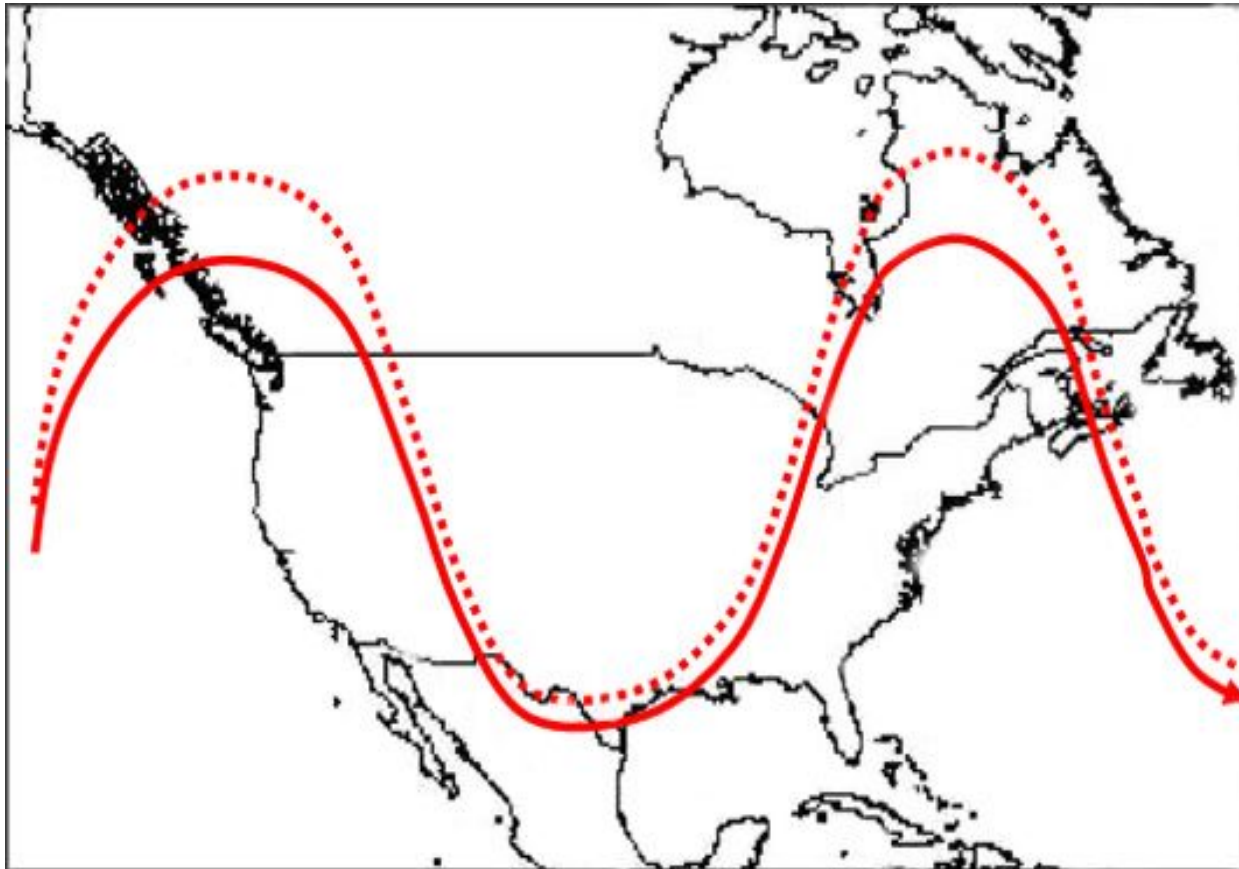
Figure 13: Pozorované a modelované změny rozlohy mořského ledu v Arktidě

Objem arktického mořského ledu exponenciálně klesá



Teplejší Arktida vede k pomalejšímu **jet streamu**, s většími vlnami a pomalejším posunem (**Jennifer Francis, 2012**)

Francis, J. A. and S. J. Vavrus (2012), Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L06801, doi:10.1029/2012GL051000.



povodně



Tepější atmosféra pojme více
vlhkosti
(~7%/°C)

➤ Větší srážky v přívalech !

➤ více povodní ?

➤ více such ?



Increase in Mean Temperature and Variance

Probability of Occurrence

— Old Climate
— New Climate

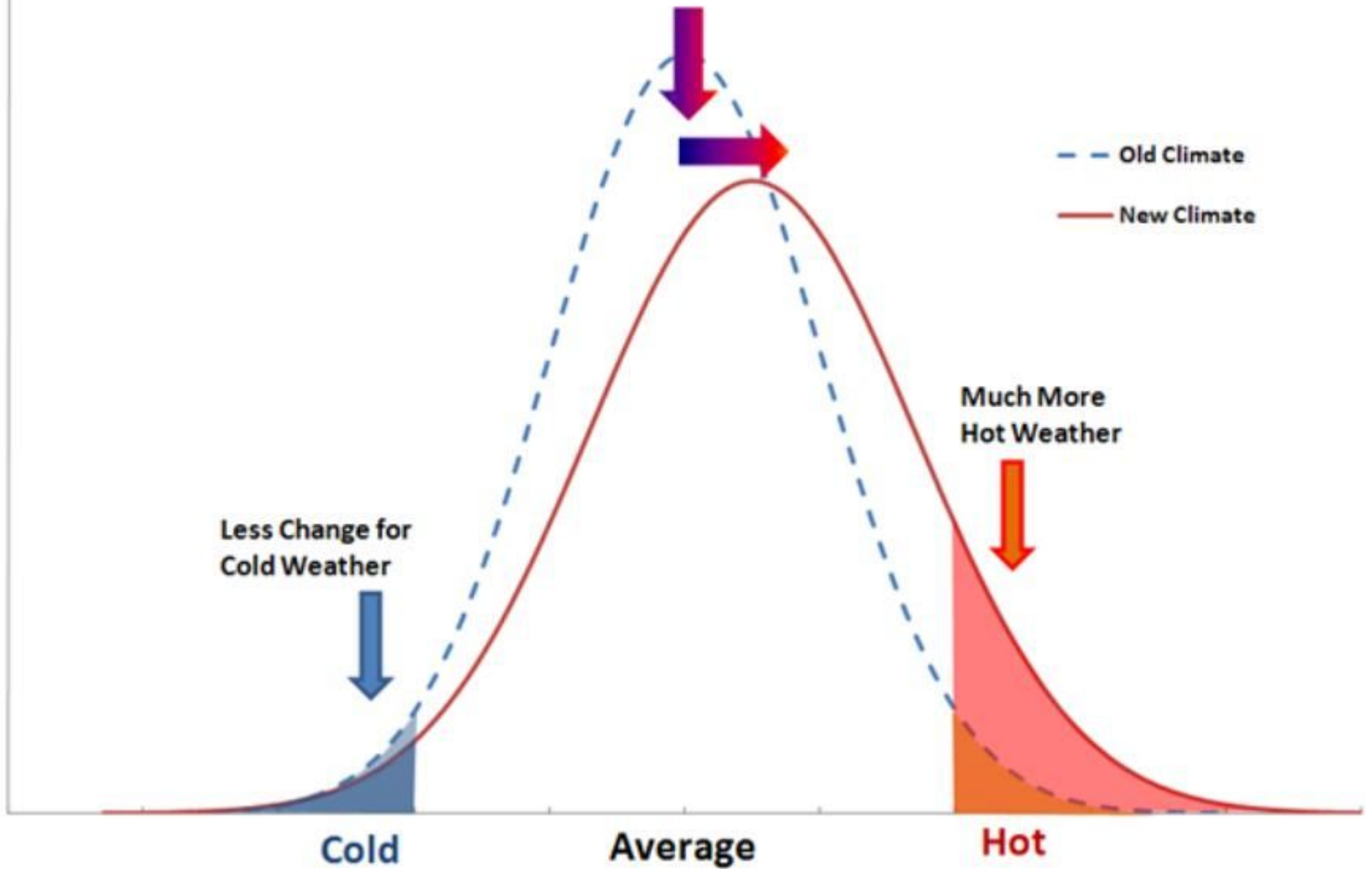
Less Change for
Cold Weather

Much More
Hot Weather

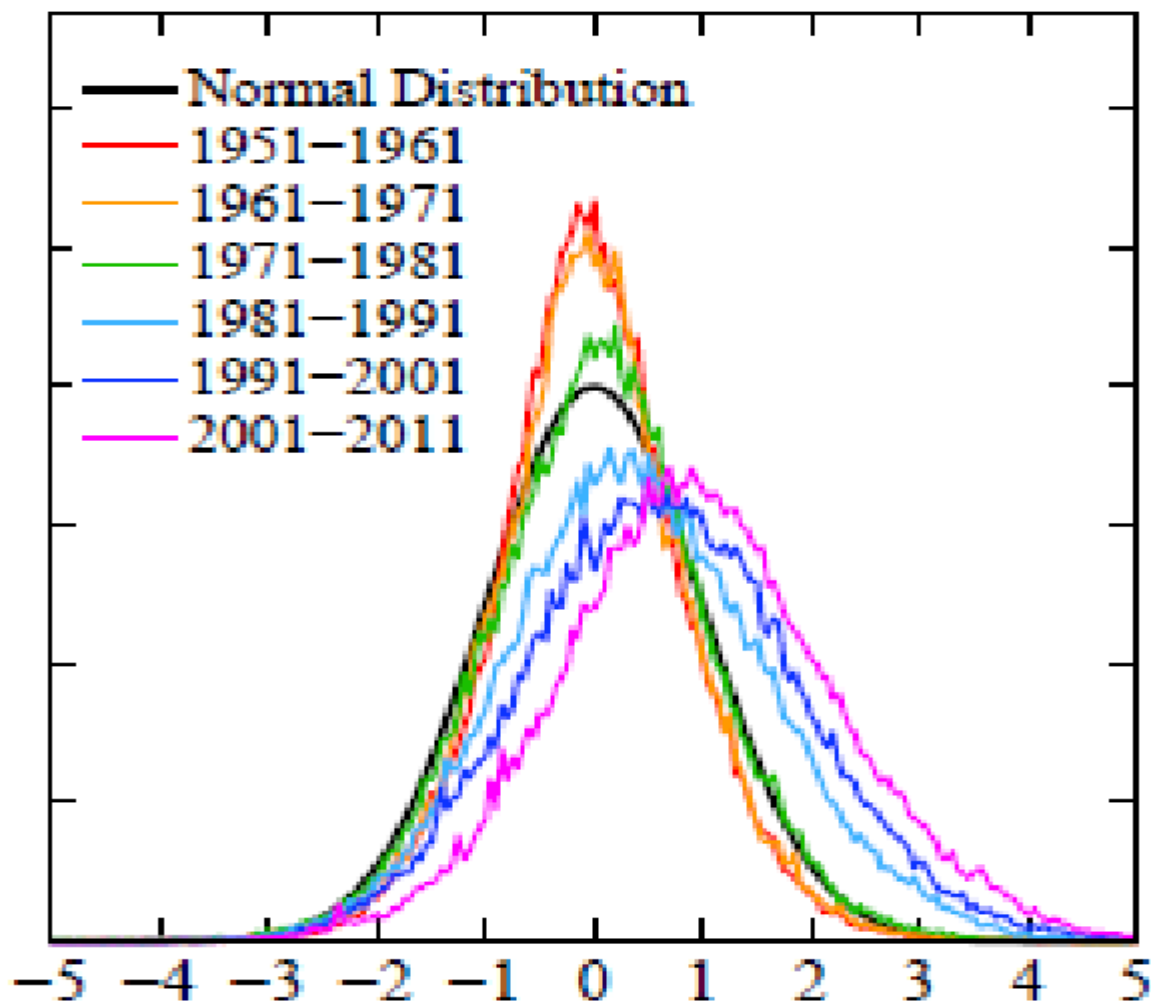
Cold

Average

Hot

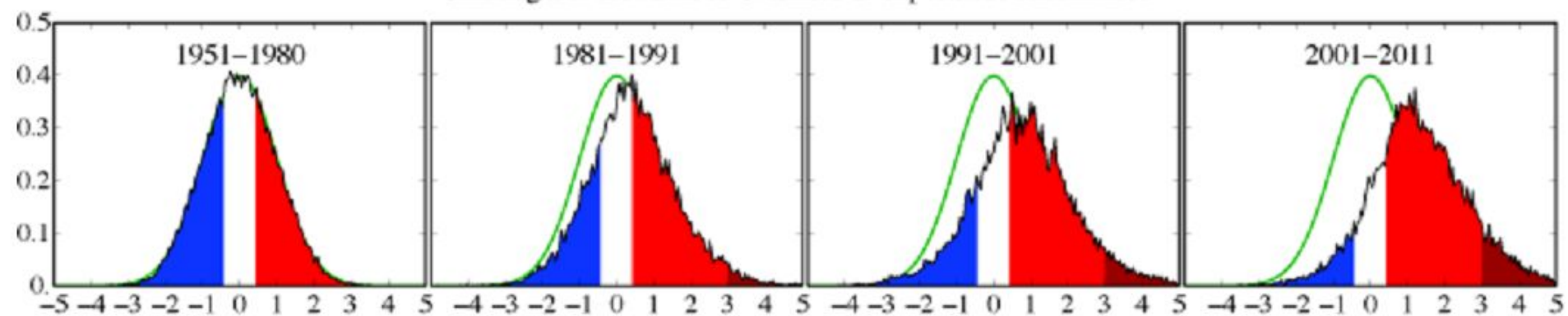


Četnost výskytu (osa Y) místních teplotních odchylek. Vodorovná osa udává teplotní odchylku podělenou standardní deviací pro danou lokalitu, jaká platila v období 1951-1980. Plocha pod každou křivkou je táž. Zdroj: James Hansen, M. Sato and R. Ruedy: Perceptions of Climate Change (viz The New Climate Dice, o vlivu globálního oteplování na teplotní extrémny).

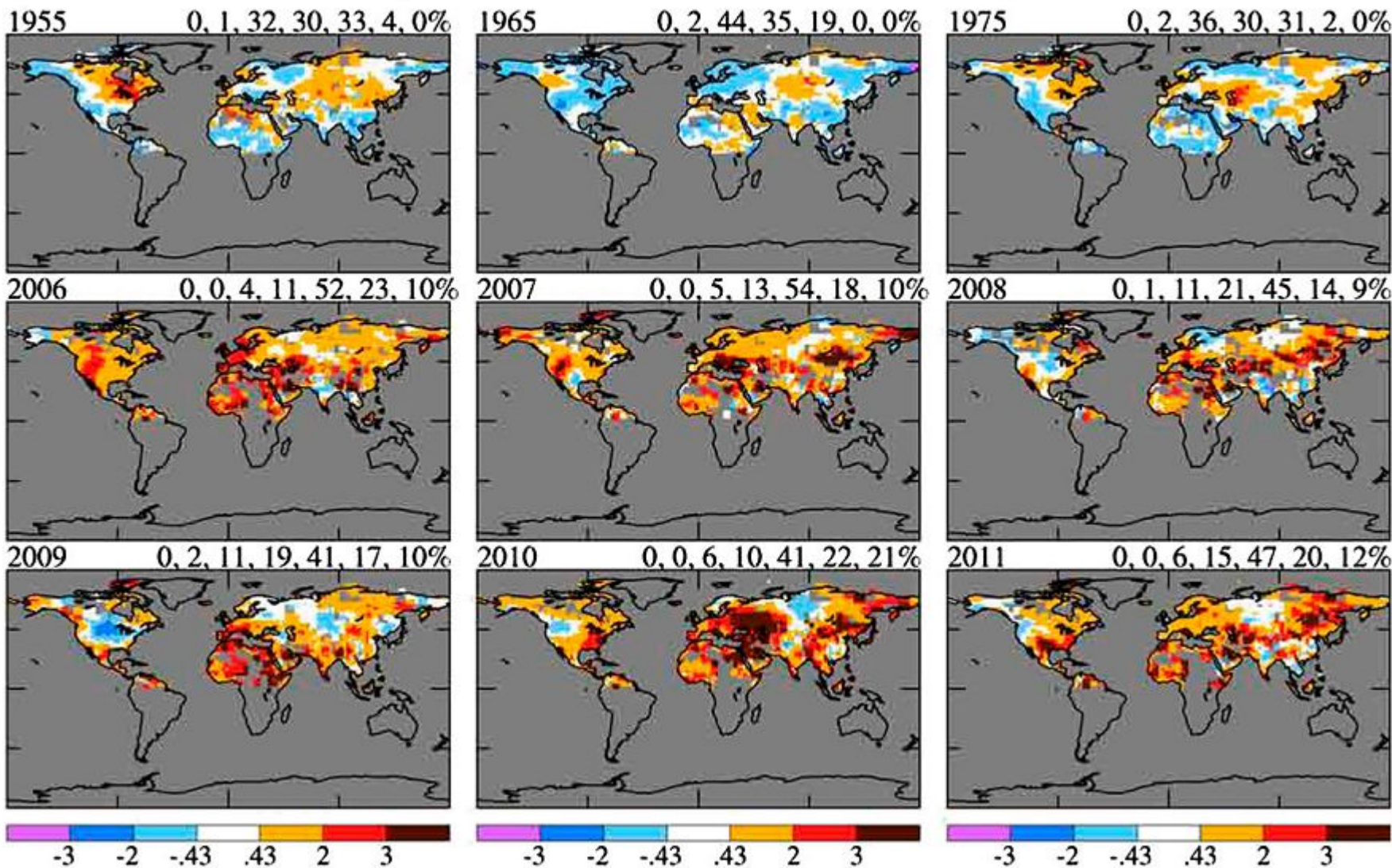


Problémem jsou >3 -sigma extrémy, dnes už i 4 sigma

Shifting Distribution of Summer Temperature Anomalies



Jun-Jul-Aug Hot & Cold Areas over N.H. Land excluding Greenland

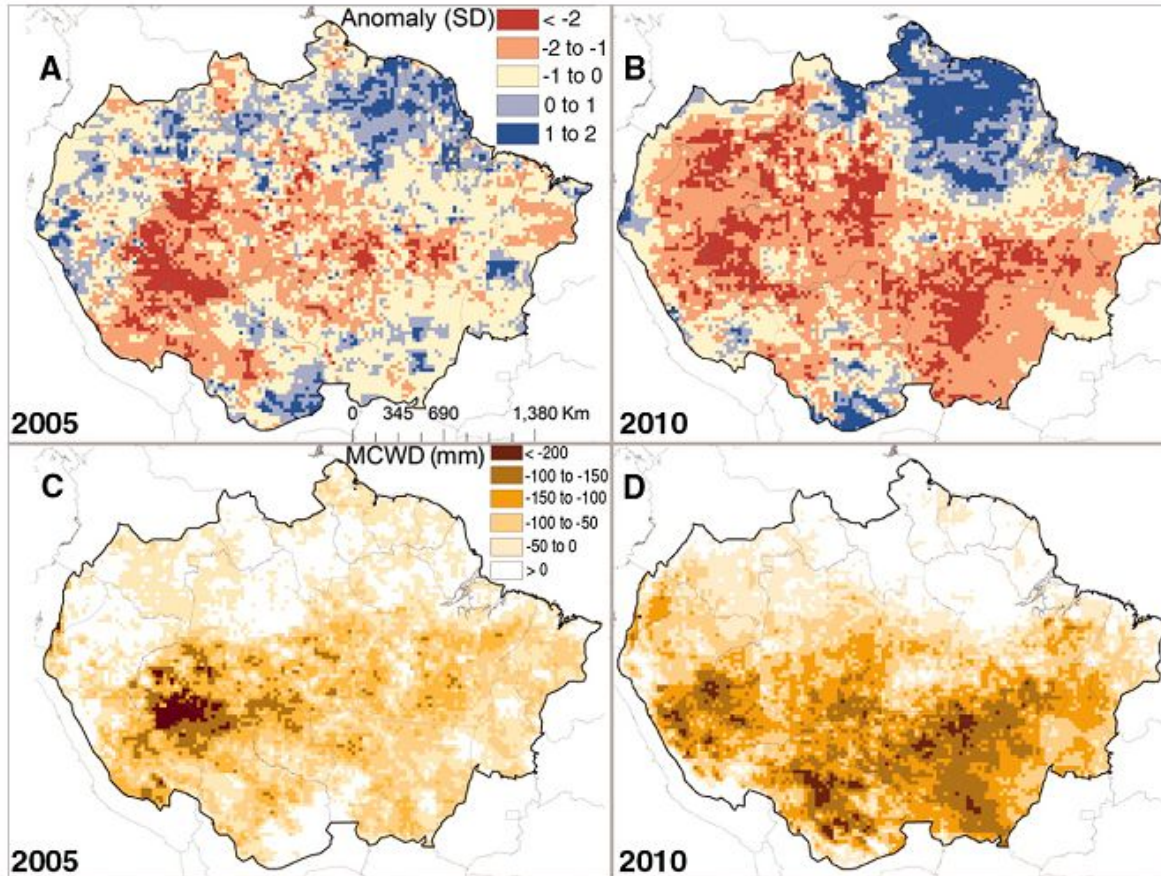




Wild fires in Greece, August 2007

Source: spiegel.de

Amazon – from carbon sink to carbon source? - the 2005 & 2010 droughts



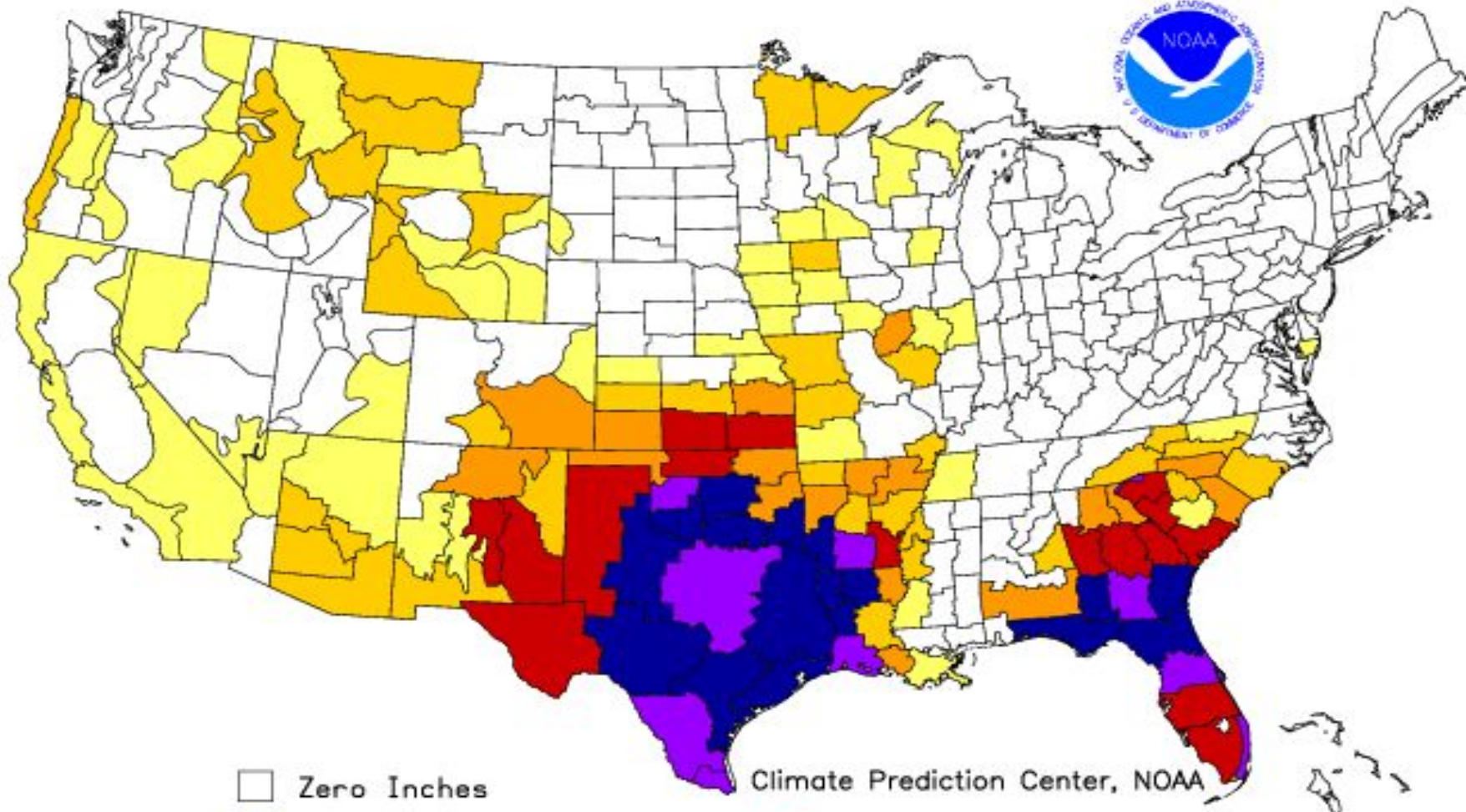
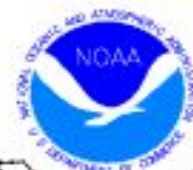
A & B = anomaly of dry season rainfall from decadal mean

C & D = maximum climatological water deficit from decadal mean

2010 emissions release due to drought may have been in excess of 5 billion tonnes CO₂

= US total annual fossil-fuel emissions

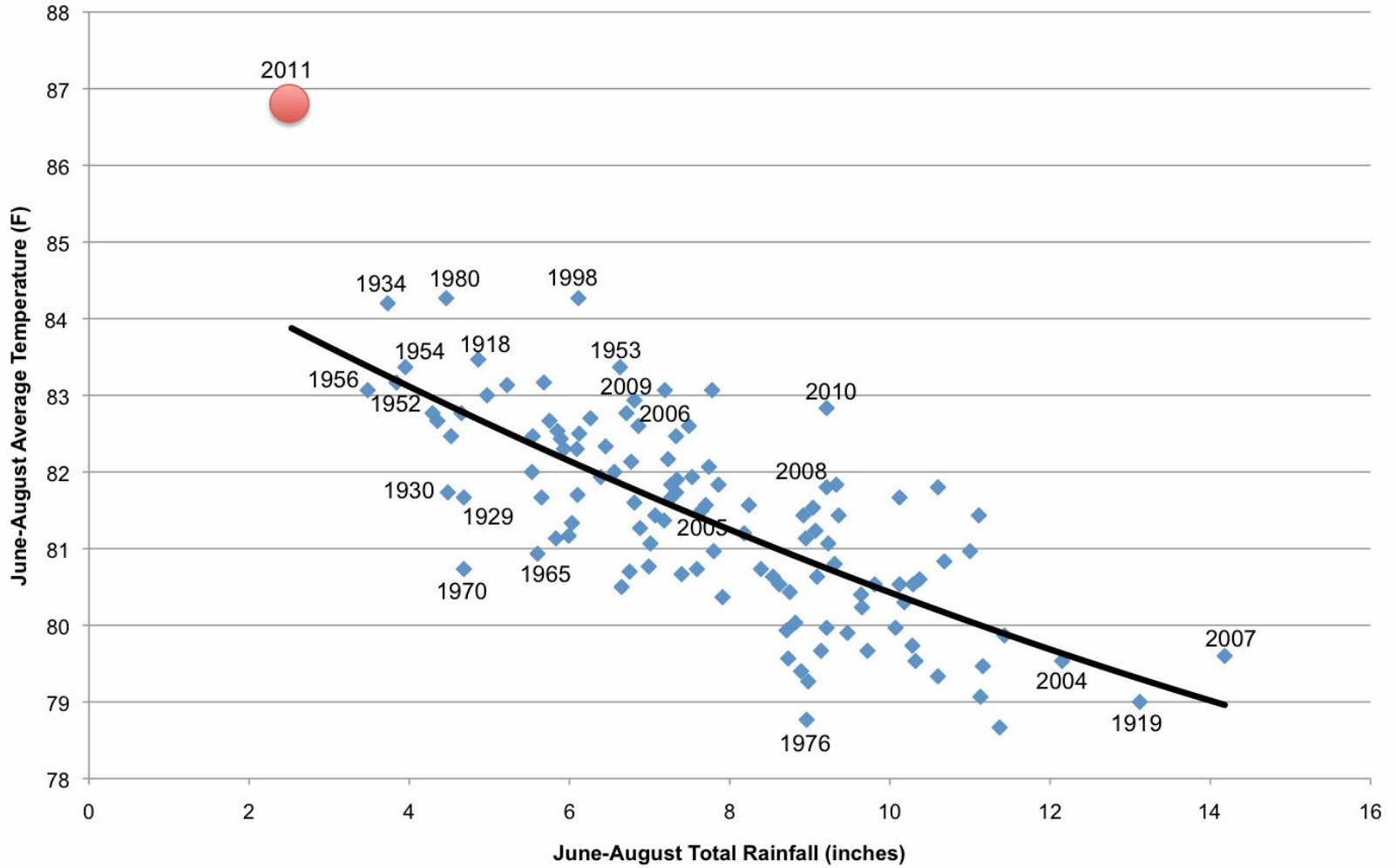
Additional Precip. Needed (In.) to Bring PDI to -0.5
Weekly Value for Period Ending OCT 1, 2011
Long Term Palmer Drought Severity Index (PDI)



- | | |
|---|---|
|  Zero Inches |  9 to 12 Inches |
|  Trace to 3 Inches |  12 to 15 Inches |
|  3 to 6 Inches |  Over 15 Inches |
|  6 to 9 Inches | |

Climate Prediction Center, NOAA

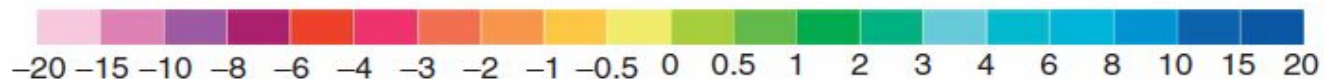
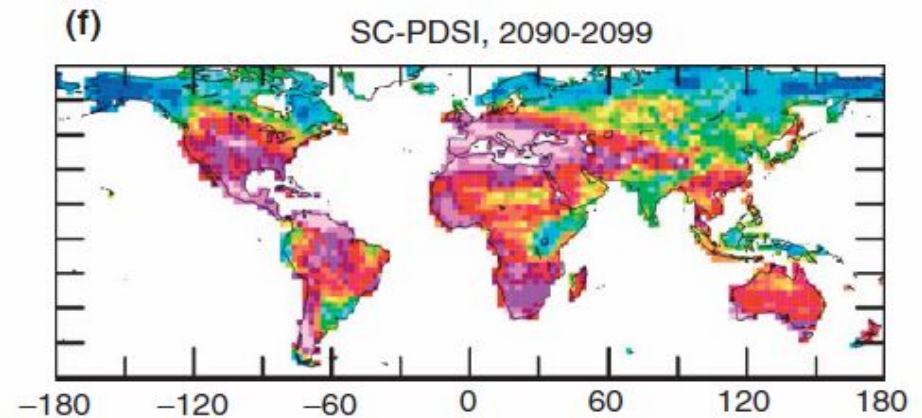
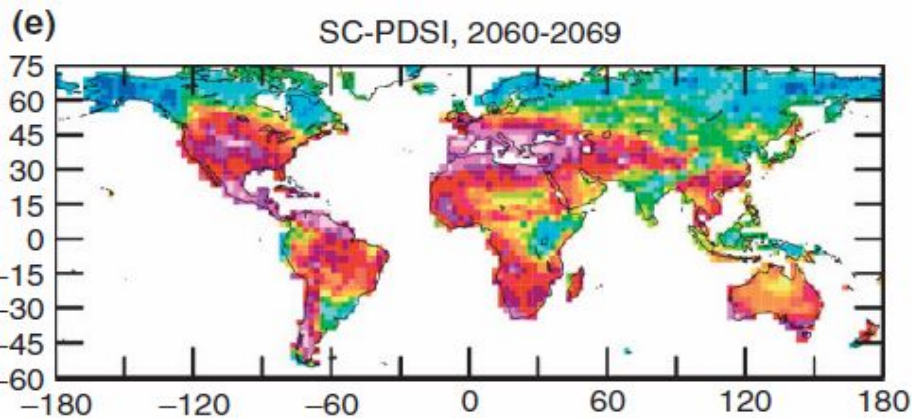
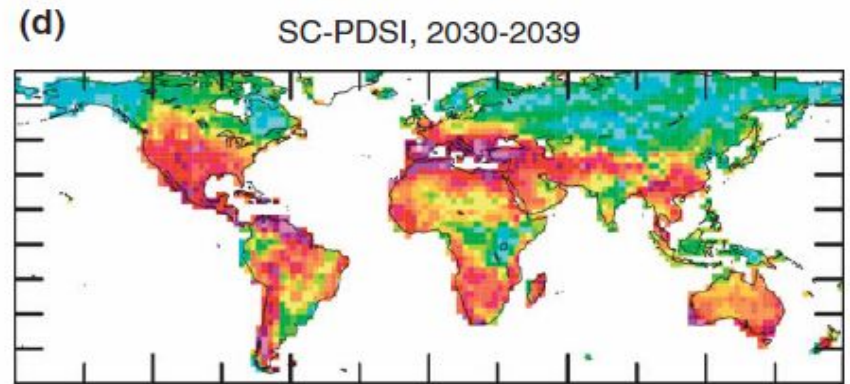
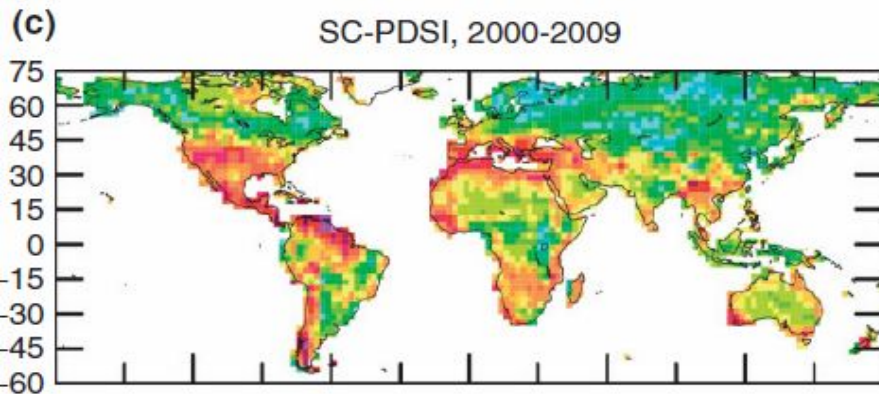
Texas Summers



Index vážnosti sucha (již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)

(Dai, 2010: Drought under global warming: a review)



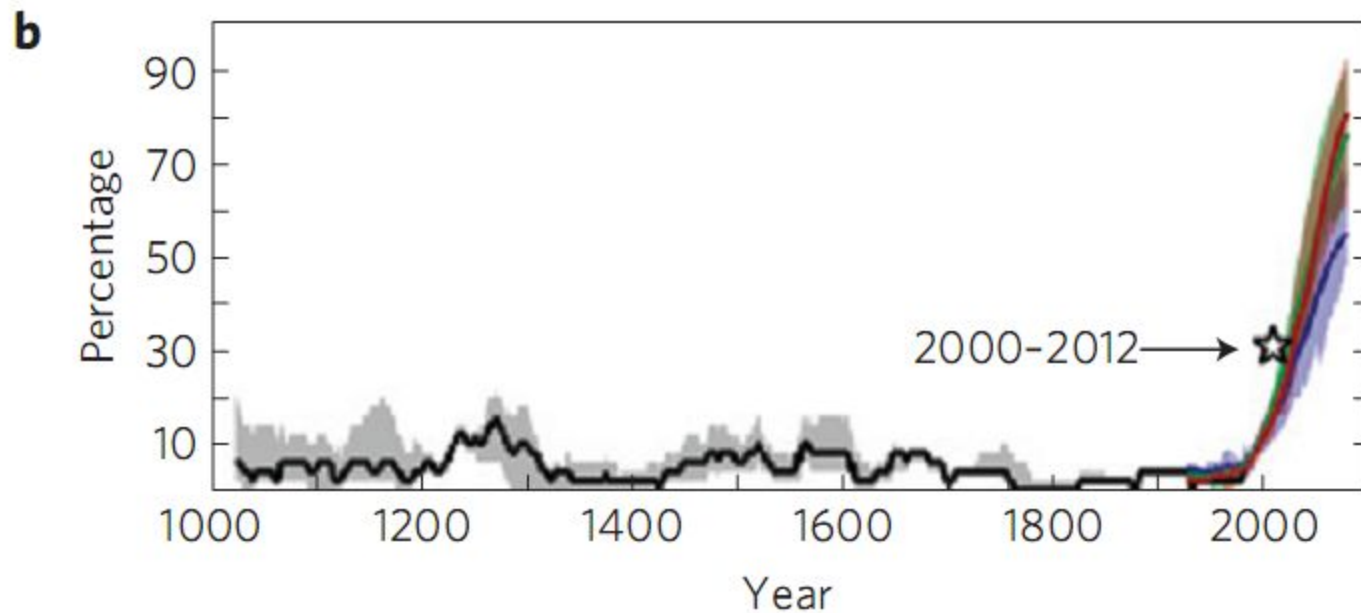


Figure 5 | Extreme drought stress. a, Cumulative distribution functions of tree-ring derived FDSI during AD 1000–2007 (black) and model-projected FDSI during AD 2000–2100 for the A2 (red), A1B (green) and B1 (blue) emissions scenarios. Brown line: mean FDSI during the most extreme half of the 1572–1587 megadrought. **b**, Fifty-year running frequency of annual FDSI values more negative than the mean FDSI during the most negative half of the years during the 1572–1587 megadrought. The colours in **b** represent the same as in **a**. Shaded areas: 95% confidence ranges for tree-ring-derived values and inner-quartile values for model ensemble projections.

zdroj: Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality

Rozpad lesů nejen požáry... ale přemnožením hmyzu



Co s tím?

uvažovat v horizontu sta let – jaké lesy by mohly přežít

A hlavně: přestat emitovat CO₂, začít ukládat, kde to jen jde

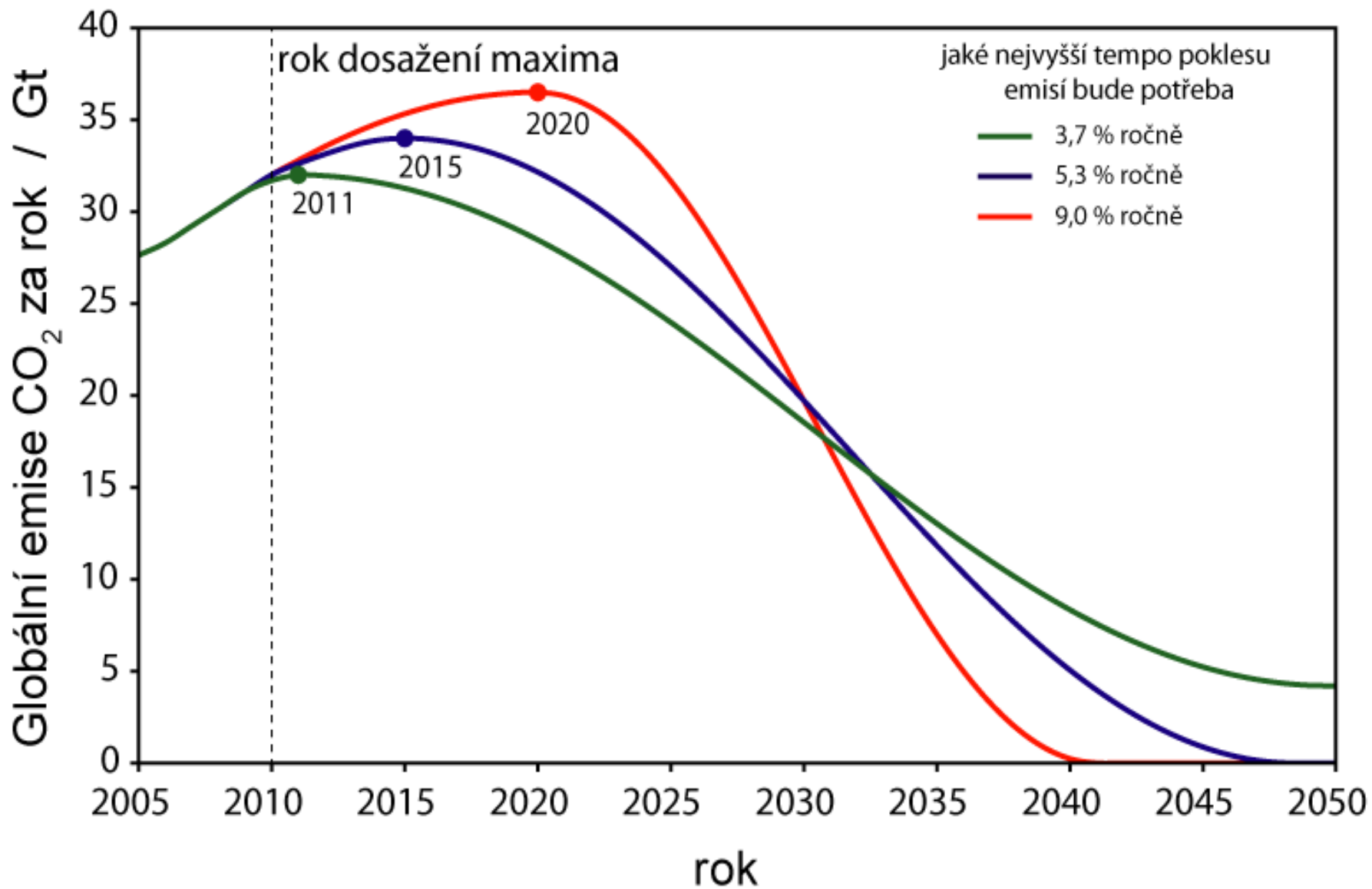
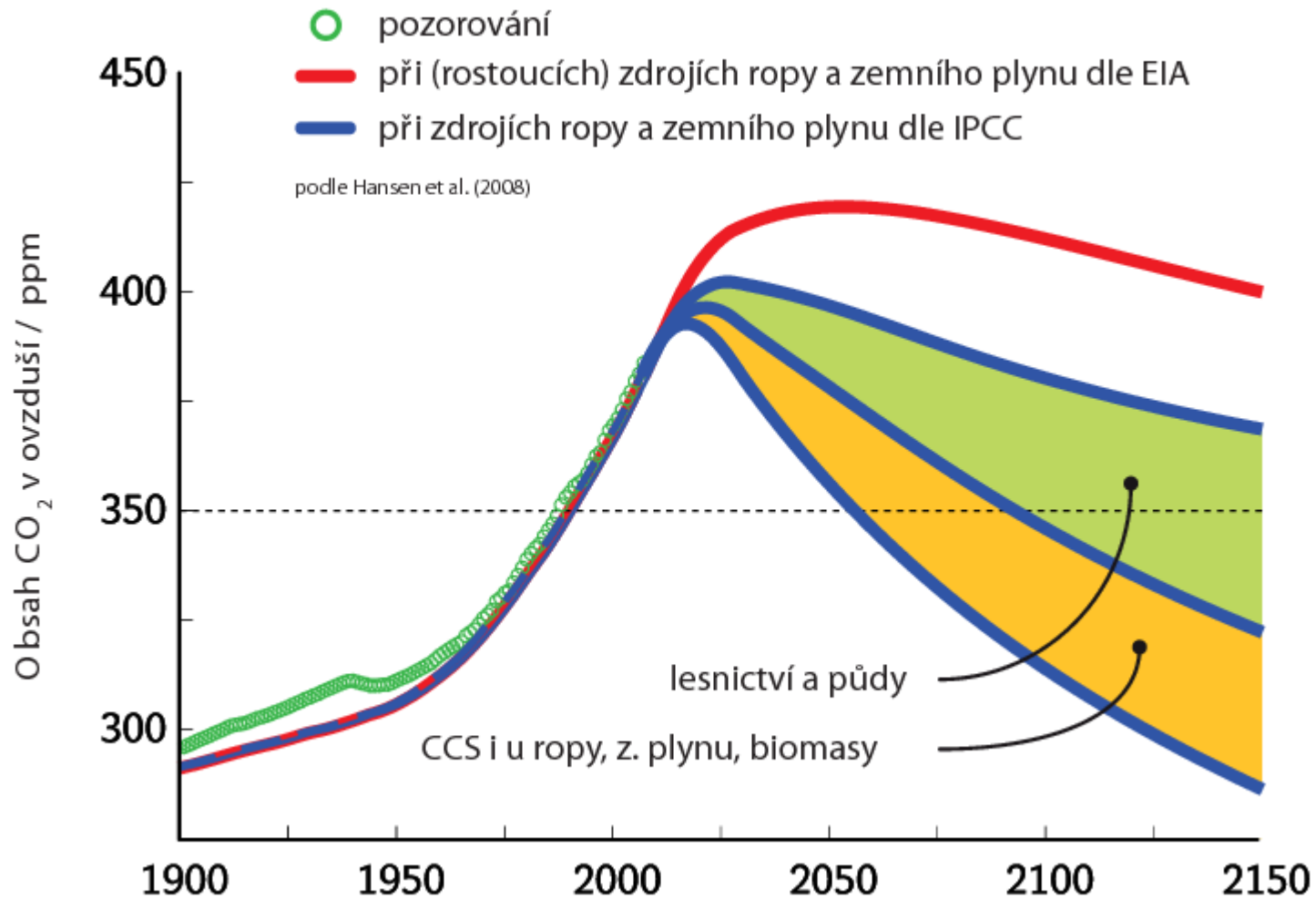


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C

Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

**Pro záchranu planety v podobě,
ve které se vyvinula civilizace**



(popis viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen/obr1a2.htm>)

Odkazy

- www.veronica.cz/klima
- www.zmenaklimatu.cz
- <http://amper.ped.muni.cz/gw>
 - www.ipcc.ch
- (vinařství jako indikátor: <http://amper.ped.muni.cz/gw/clanky/vino/>)



Zdroje obrázků a textů

Alexander Ač

James Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies

NASA JPL

Kevin Trenberth, National Center for Atmospheric Research

John Wahr

Ian Dunlop

Yvonna Gailly

Anders Levermann, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC)

The Copenhagen Diagnosis, 2009

John Holdren

Jan Hollan

a původně i jiné (viz údaje u obrázků)