

Klimatická změna – základy i nejnovější poznatky

Jan Hollan

Centrum výzkumu globální změny AV ČR



a Pedagogická fakulta MU a Ekologický institut Veronica

Partnerství pro rozvoj vzdělávání a komunikace v ochraně přírody
reg. číslo: CZ.1.07/2.4.00/17.0073



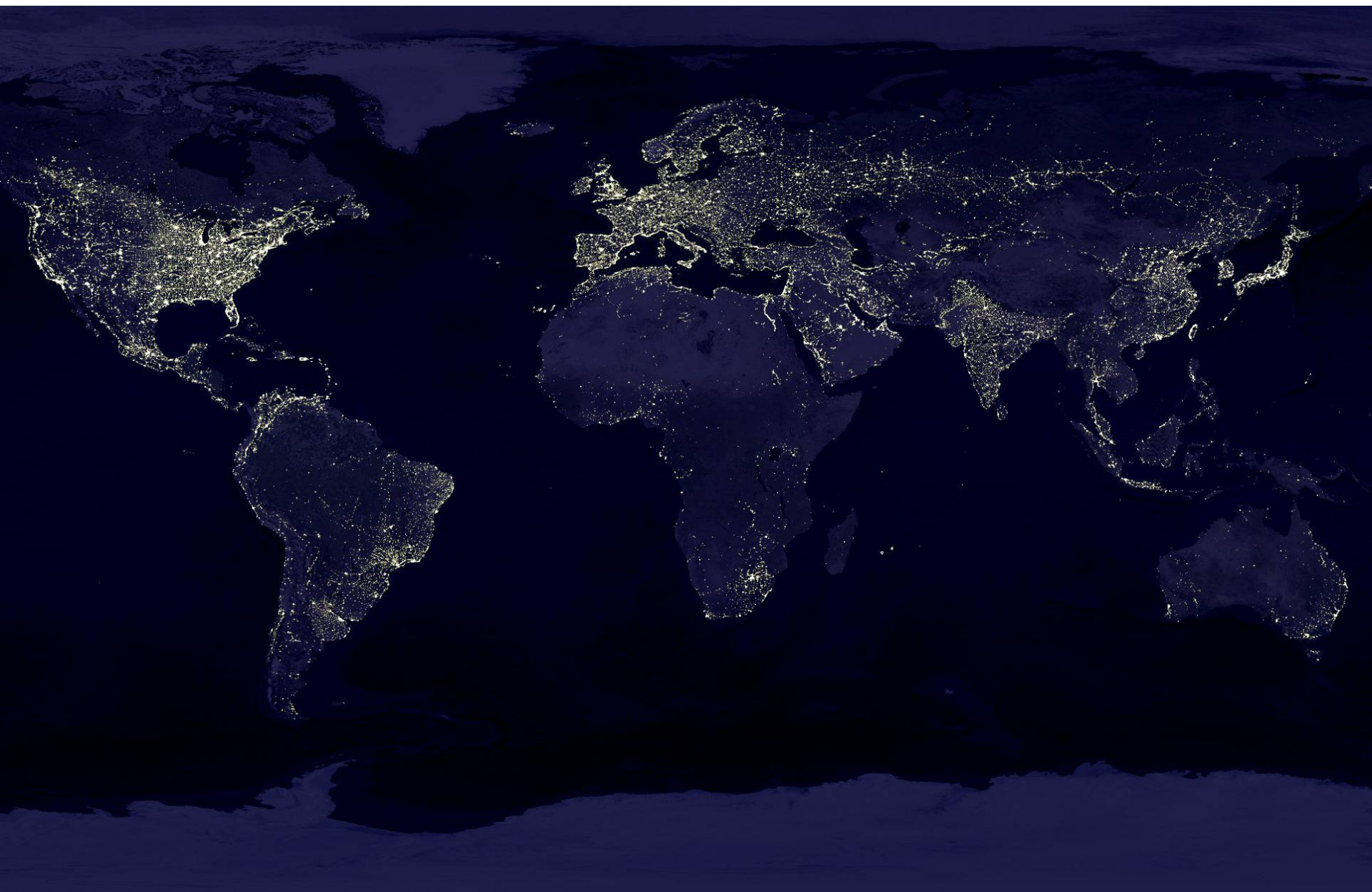
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Globální změna

„Změny v globálním životním prostředí (zahrnující proměny klimatu, produktivity krajiny, oceánů nebo jiných vodních zdrojů, chemie ovzduší a ekologických systémů), které mohou pozměnit schopnost Země podporovat život“

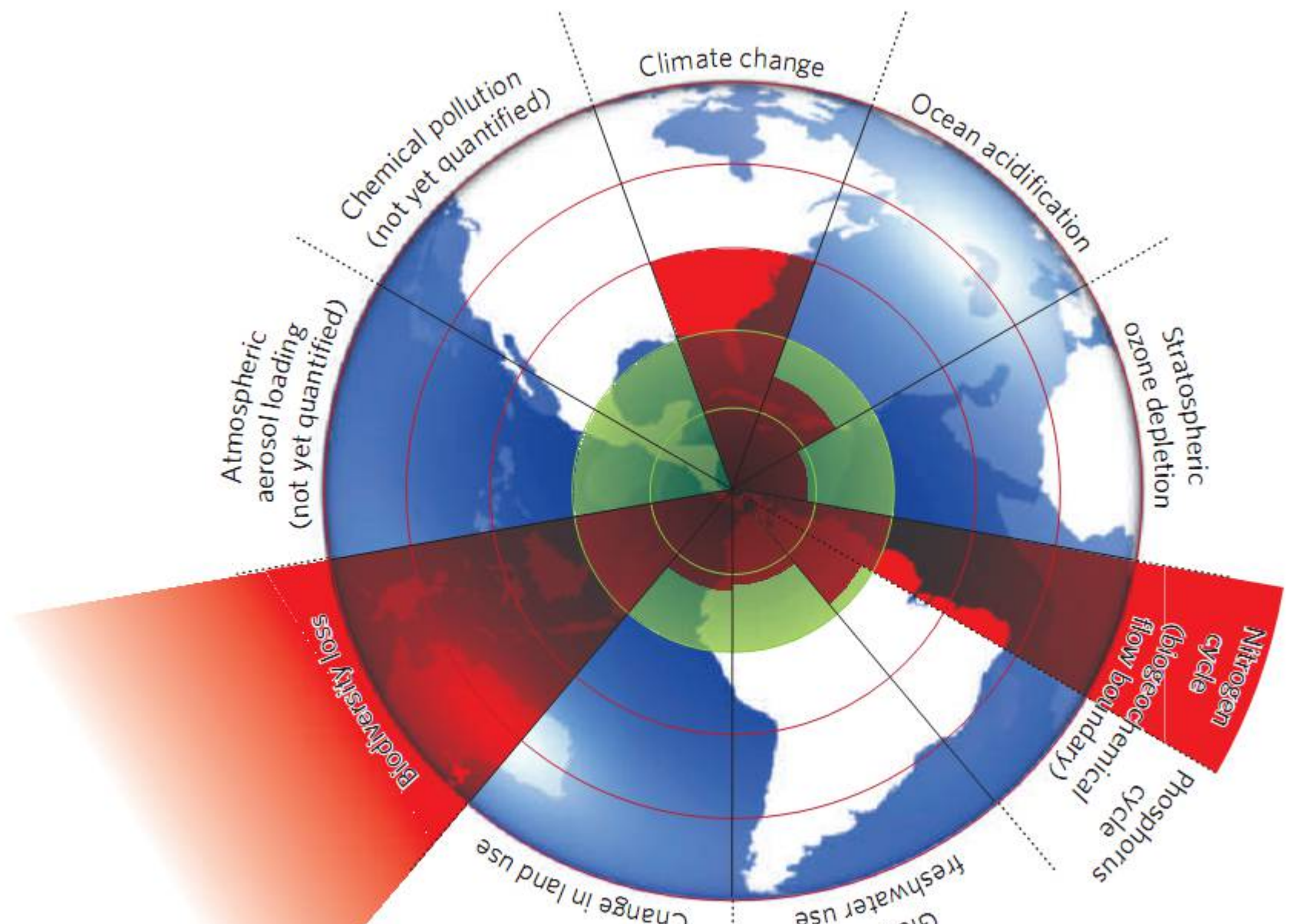
- viz více na http://amper.ped.muni.cz/gw/Glob_zmena.html

Jde o celek, jehož komponenty jsou provázány, nelze je zcela separovat



Planetární meze a jejich překročení

<http://amper.ped.muni.cz/gw/boundaries>



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 zima,
- 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.

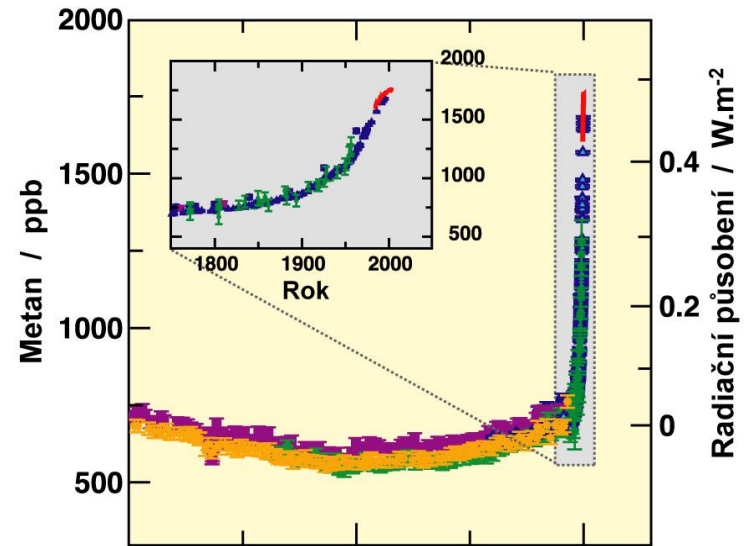
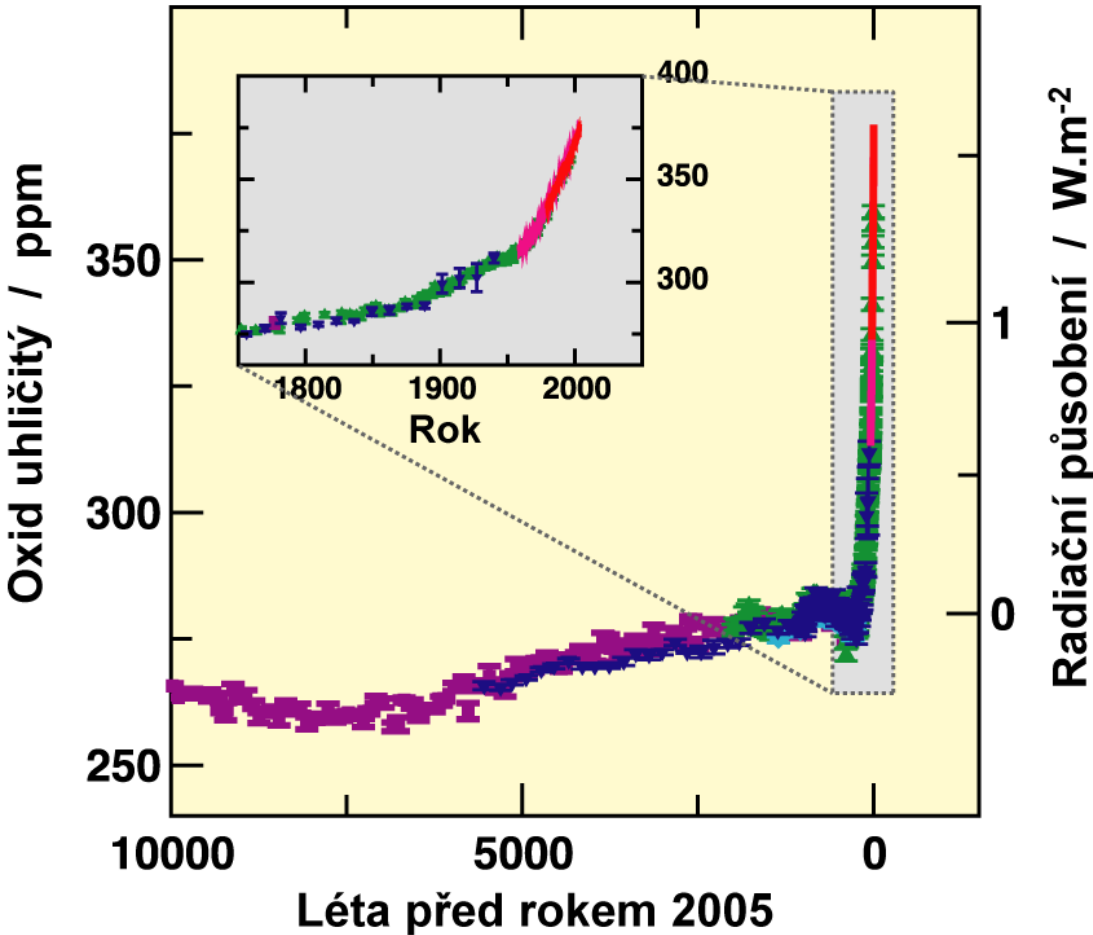
Příčiny oteplování

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

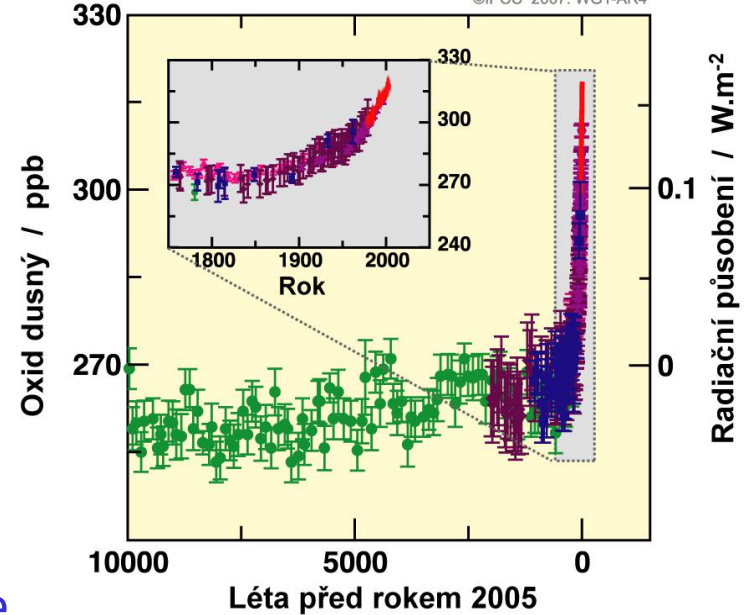
Květen 2011: 392,01 ppm



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

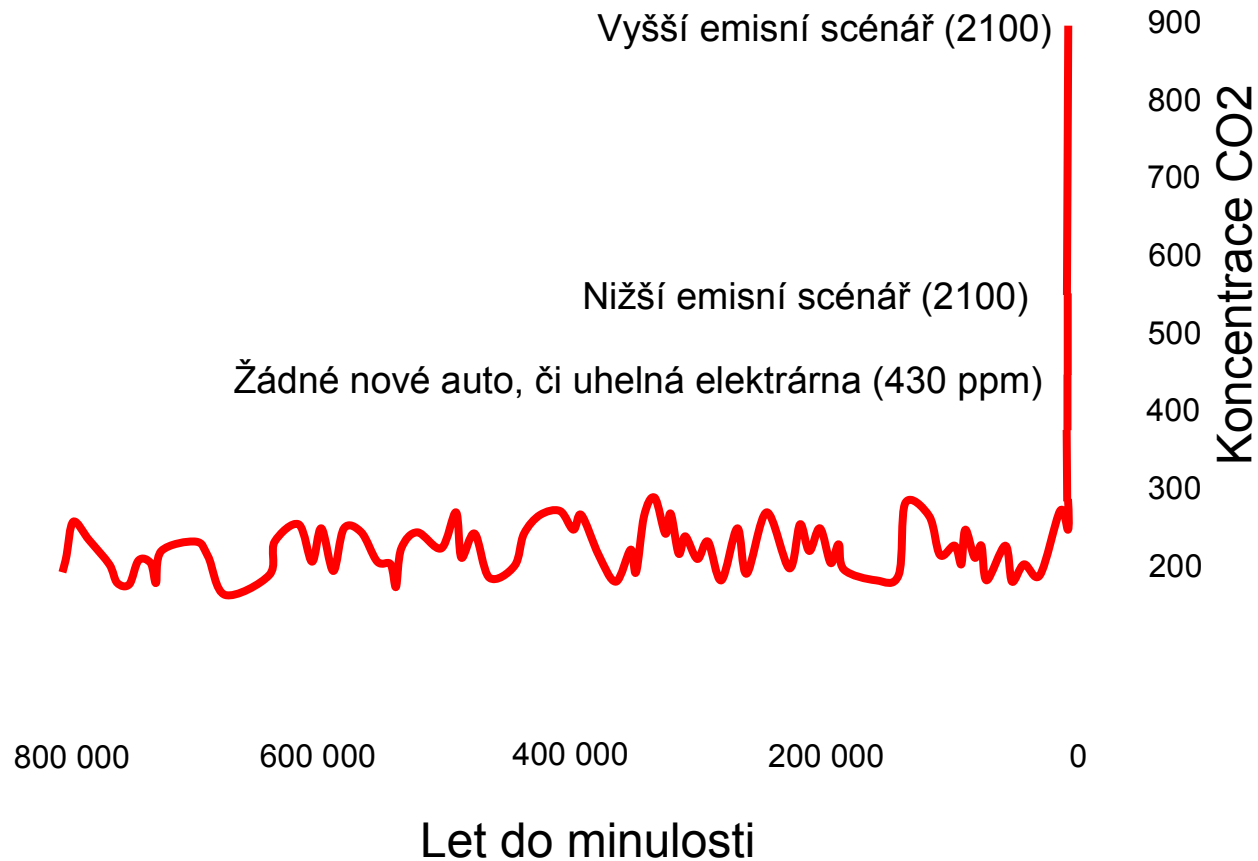


©IPCC 2007: WG1-AR4



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

Trochu historické perspektivy

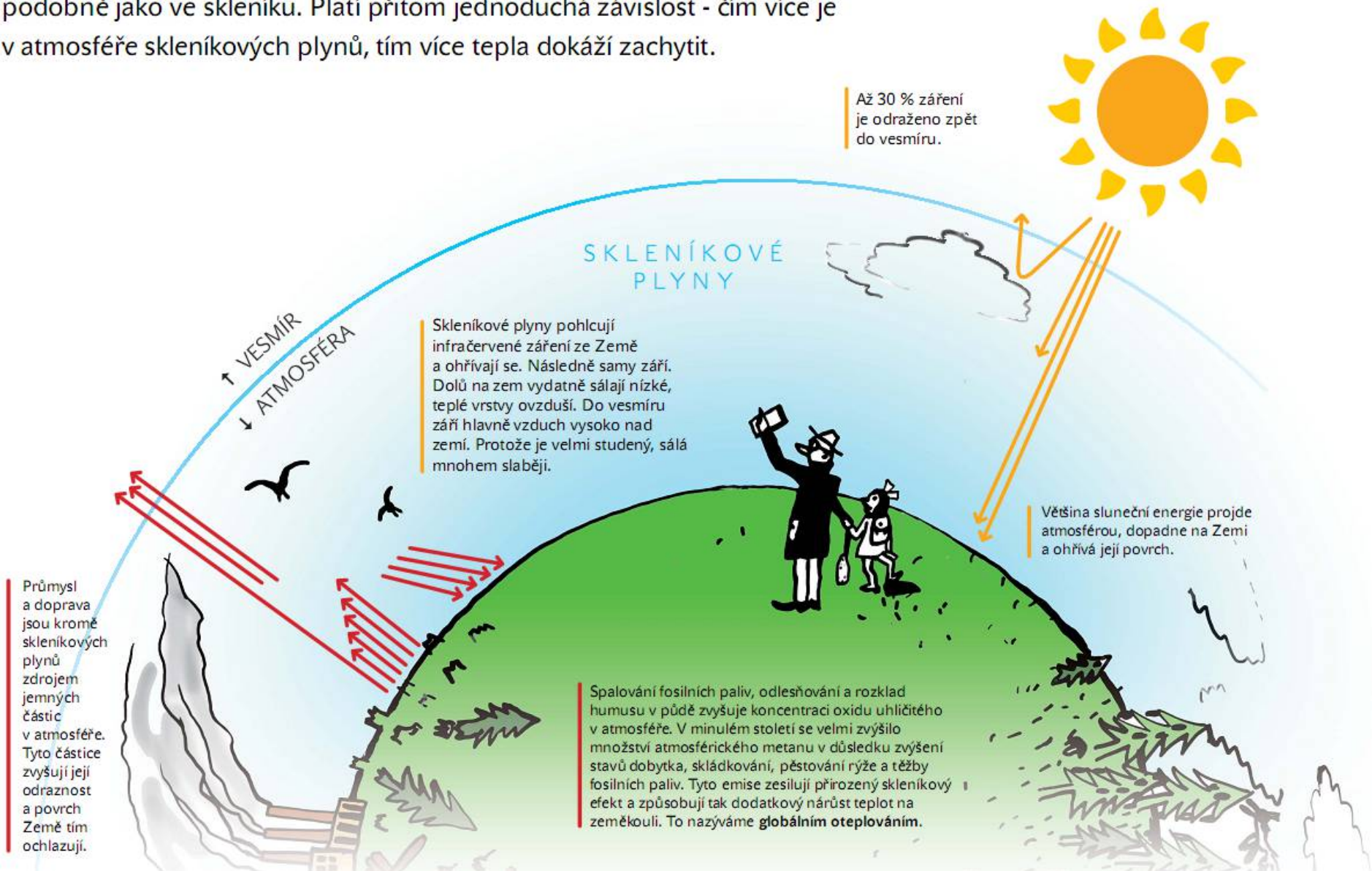


Jak člověk přidává uhlík do atmosféry a jak s tím přestat



důkladnější popis ve výstavě [Prima Klima](#):

podobně jako ve skleníku. Platí přitom jednoduchá závislost - čím více je v atmosféře skleníkových plynů, tím více tepla dokáží zachytit.



Skleníkový jev (Venuše, Země, Mars)

Fyzikální proces, kdy **na povrch planety sálá kromě Slunce též její ovzduší.**

Podstatou skleníkového jevu je vyšší propustnost ovzduší pro sluneční sálání (záření vlnových délek převážně pod $3 \mu\text{m}$) než pro sálání zemského povrchu a ovzduší samého (převážně nad $3 \mu\text{m}$).

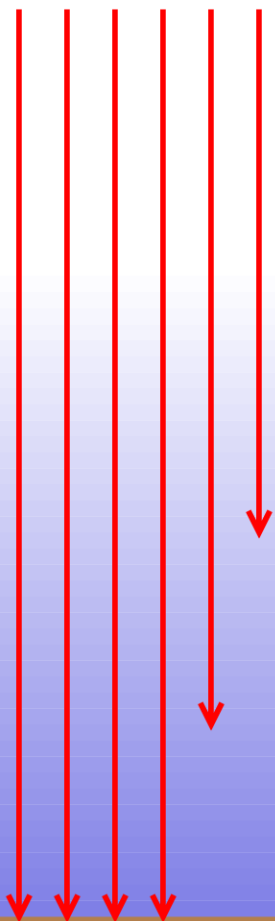
V případě skleníku apod. pak místo ovzduší sálá na zem sklo či jiný materiál propustný pro sluneční záření, kterým je zakryt.

Nebo jinak: kdy **do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu**, pevného či kapalného.

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

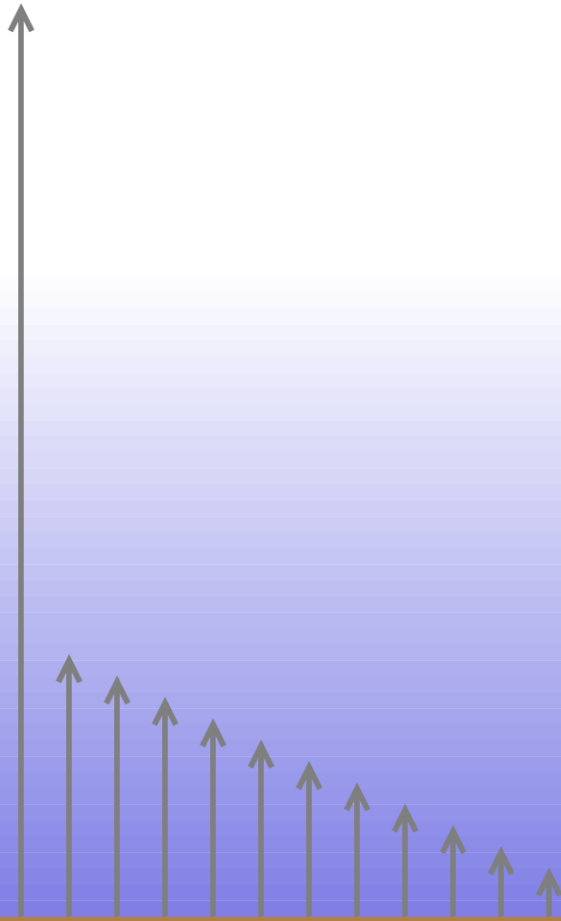
Sluneční záření

235



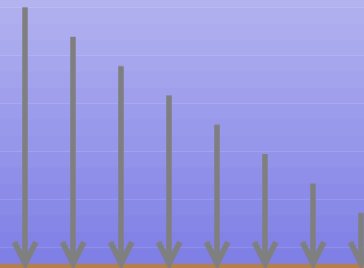
168

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

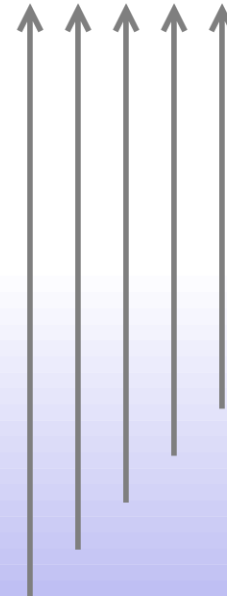


Tok z povrchu Země
(většinou pohlcen ovzduším)

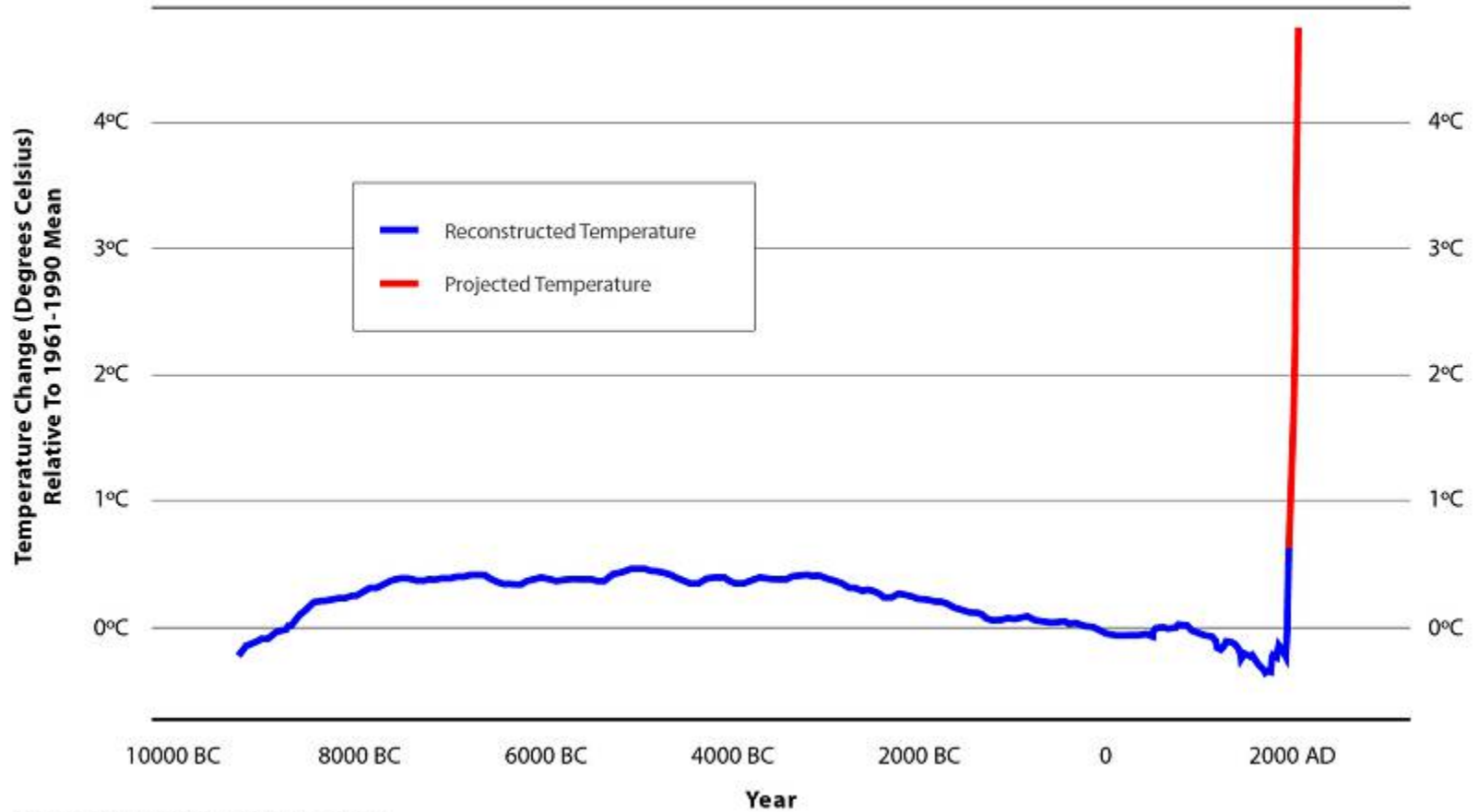
324 dřív, 327 nyní



Dlouhovlnné záření z ovzduší

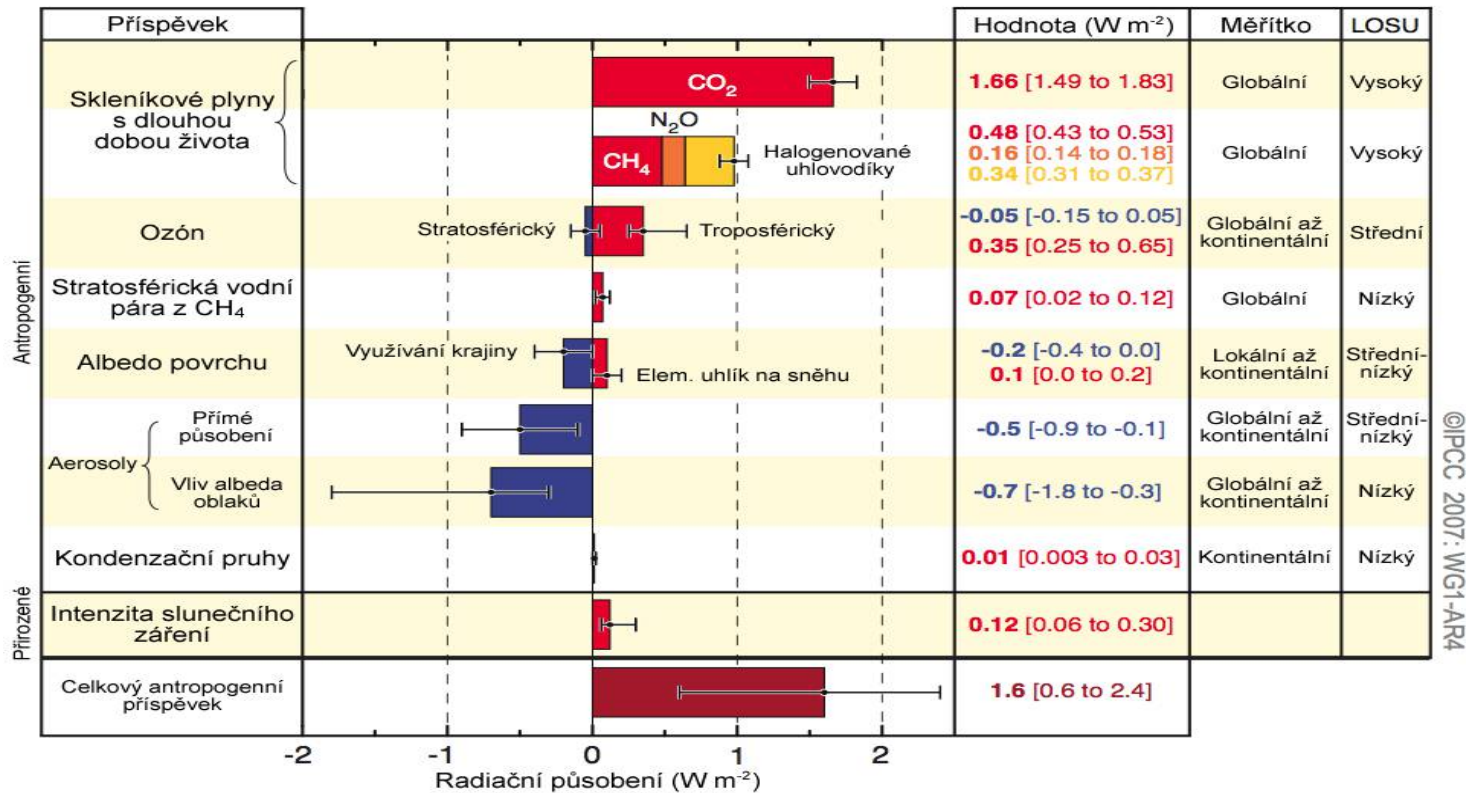


Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate

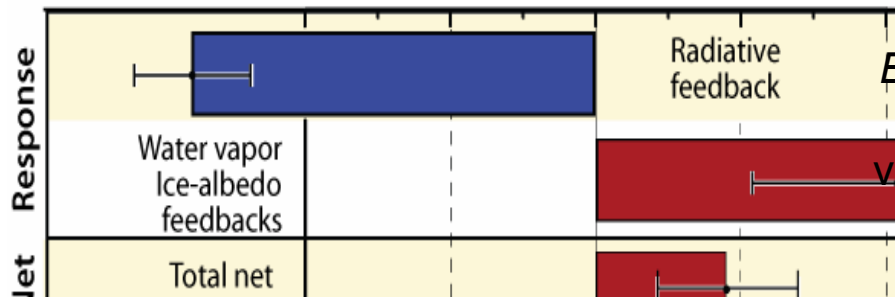


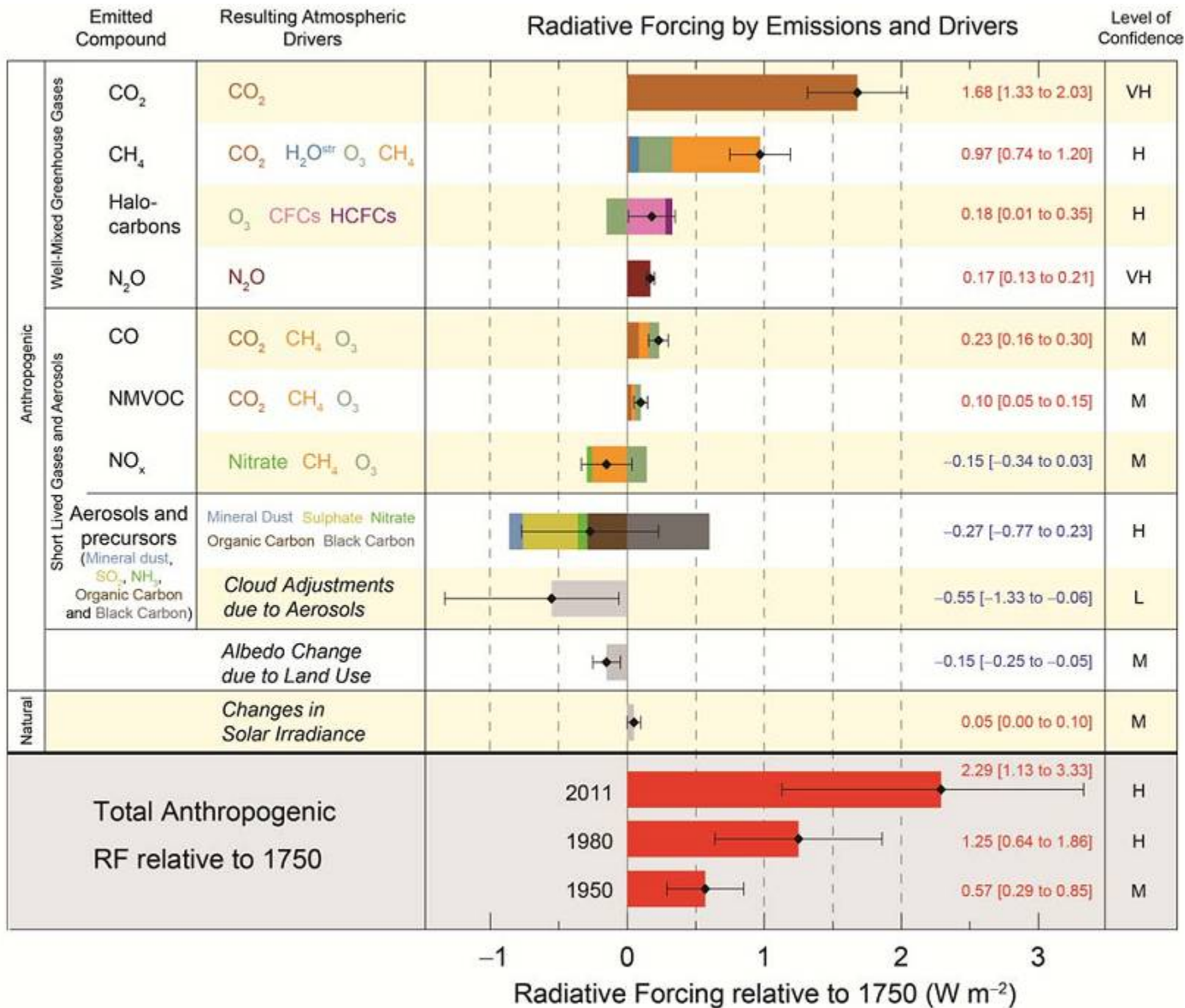
Source: Science & ClimateProgress.org

Příspěvky k radiálnímu působení



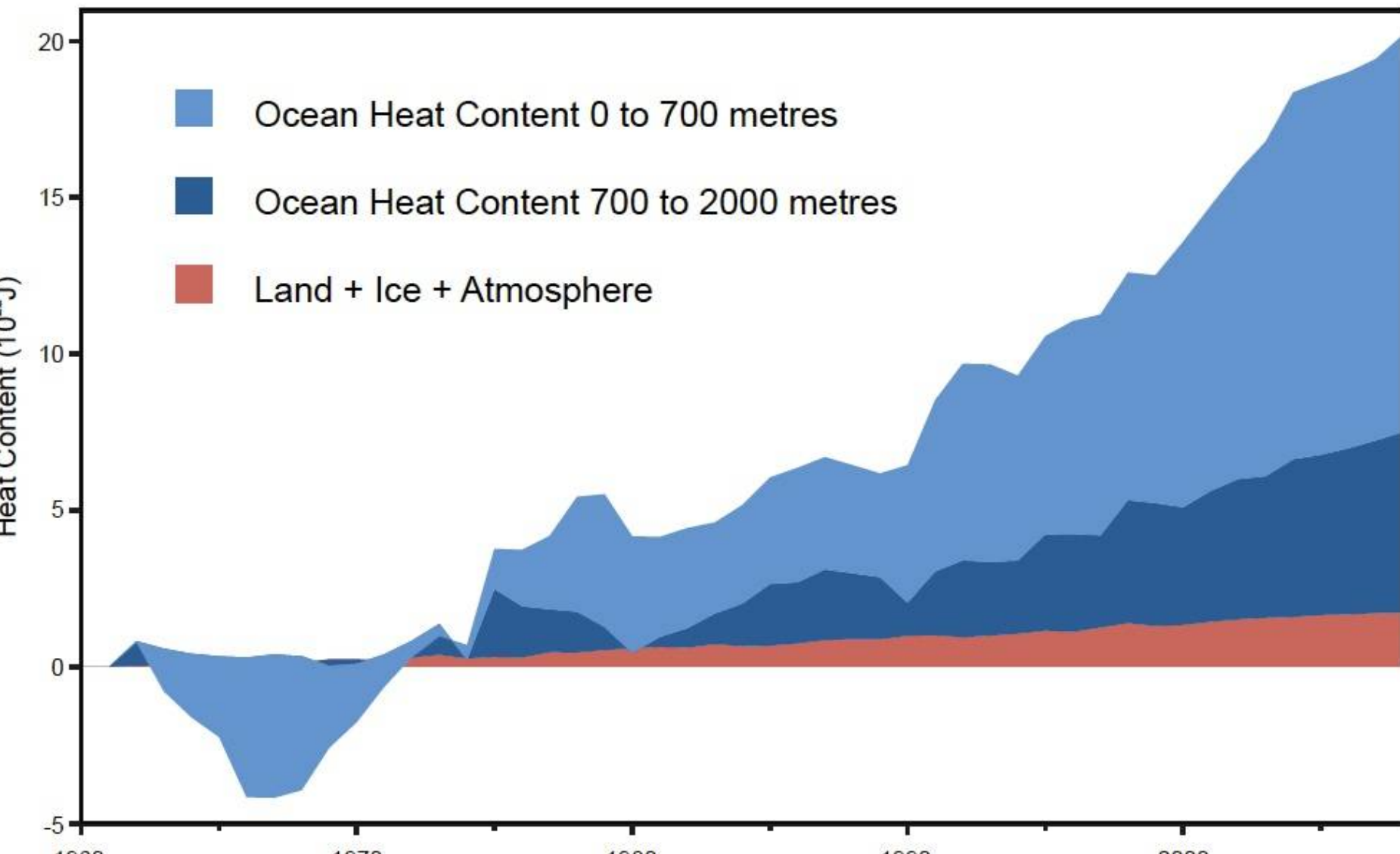
Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné v seznamu autorových publikací





Nárůst entalpie Země v exajoulech

<http://www.skepticalscience.com/global-warming-stopped-in-1998.htm>

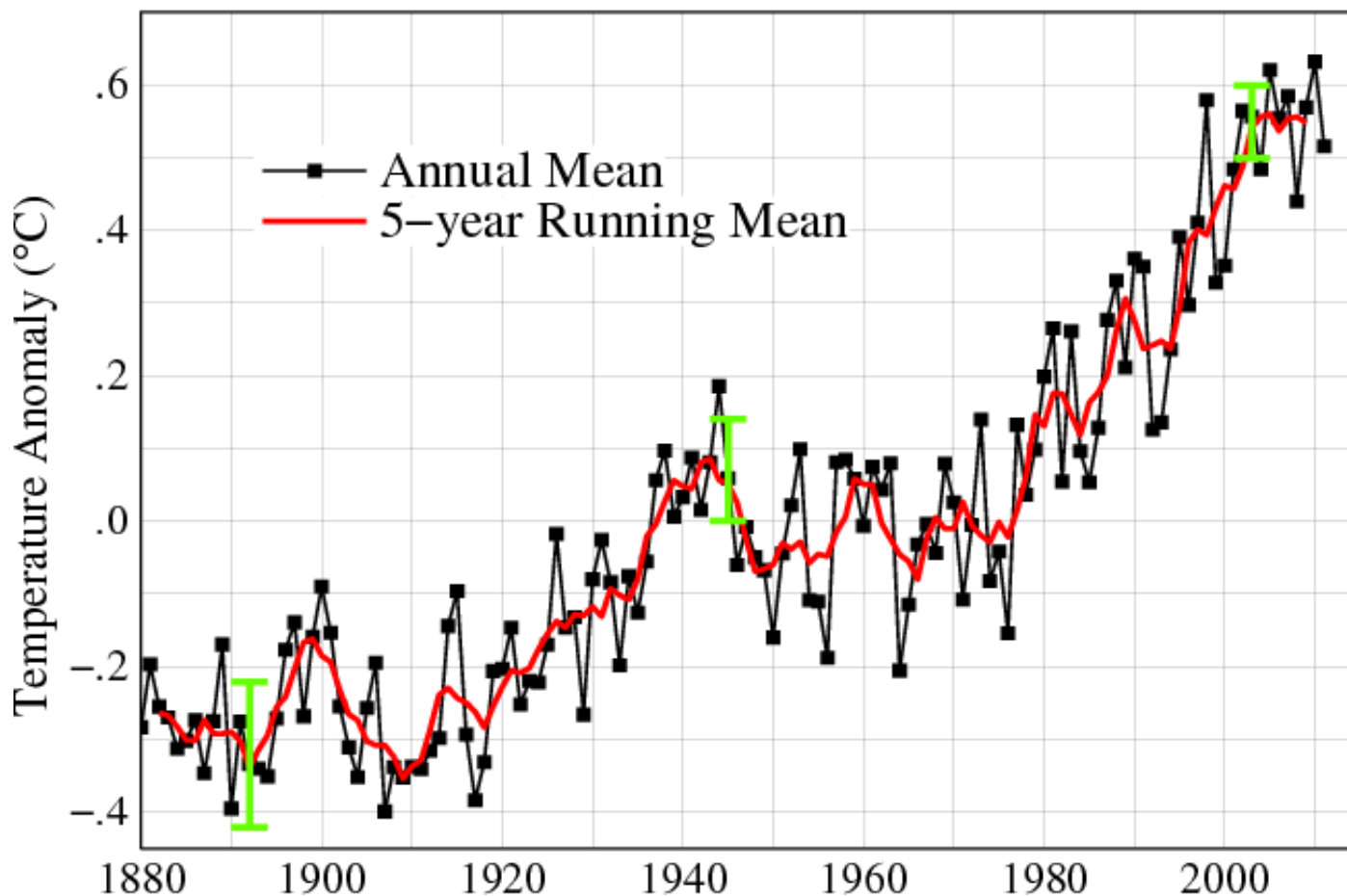


Projevy

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



Nejteplejší roky

2010

2005

2007

1998

2009

2002

2003

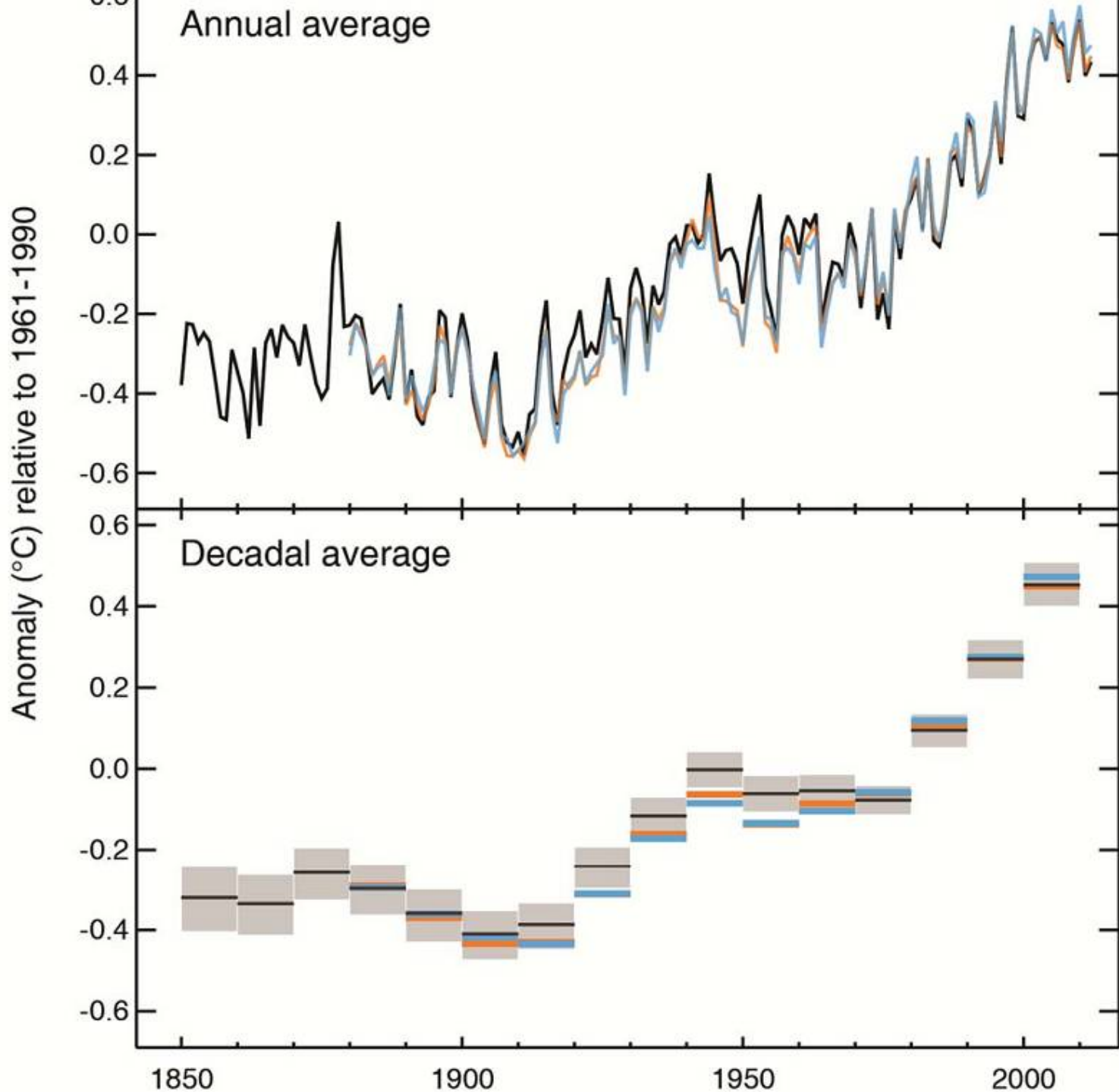
2006

2011

2001

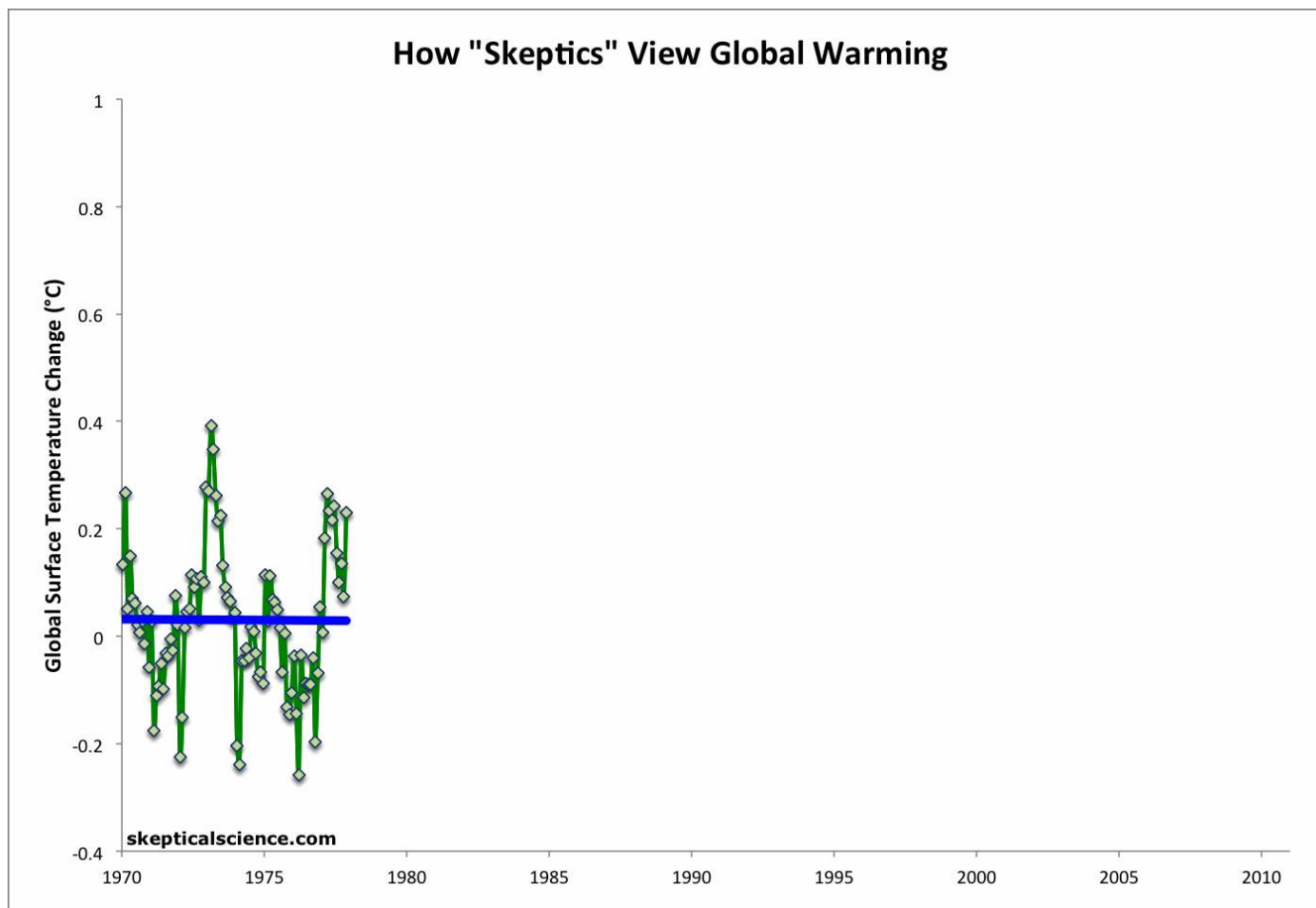
2004

~ 0.8 °C: globální zvýšení teploty za poslední století



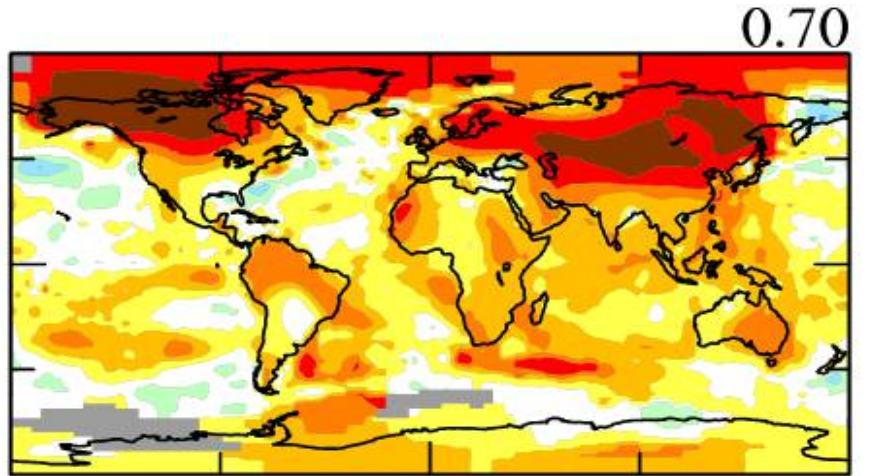
Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli,

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

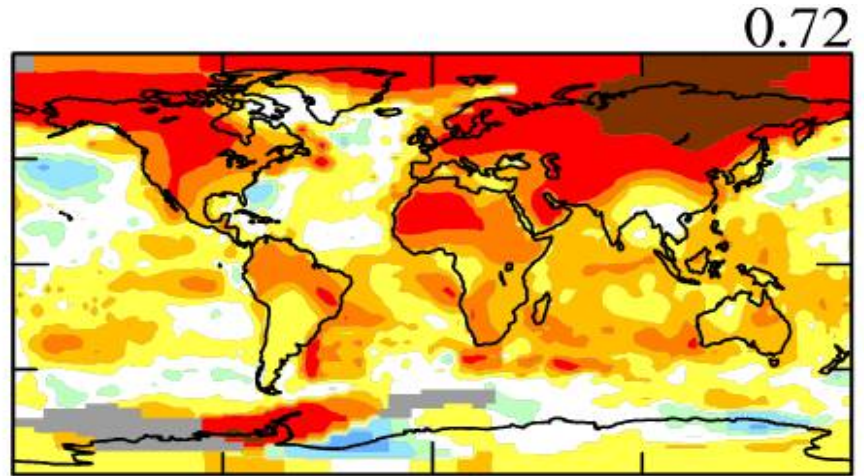


Změny teplot od r. 1950 pro trojice měsíců - bráno dle ročních období severní polokoule jako zima (tj. prosinec, leden, únor), jaro, léto a podzim. Zdroj: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

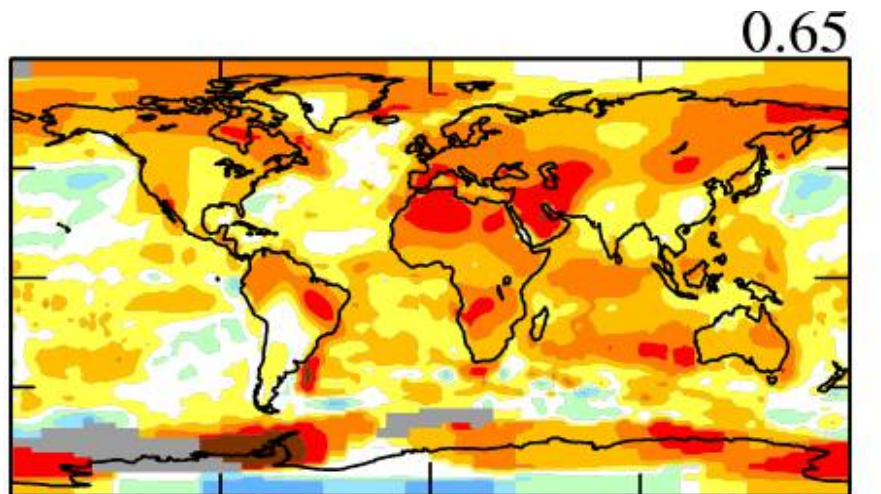
1950-2011



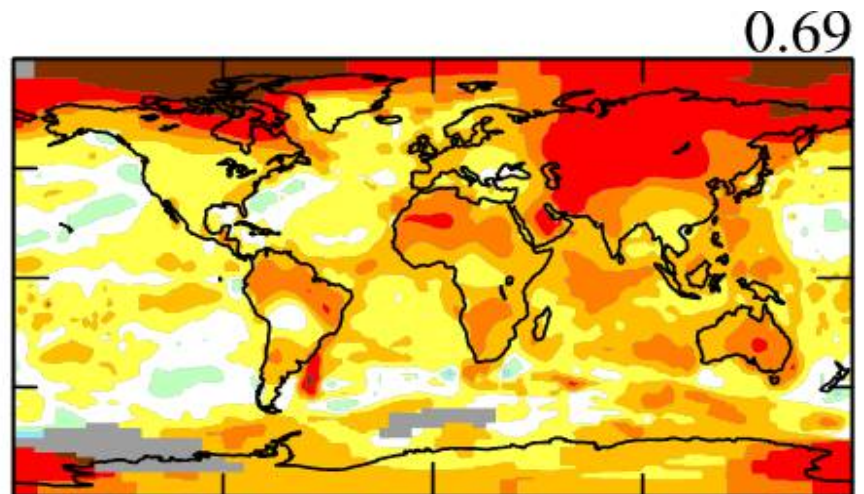
-2.6 -1.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 5.9



-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 3.6

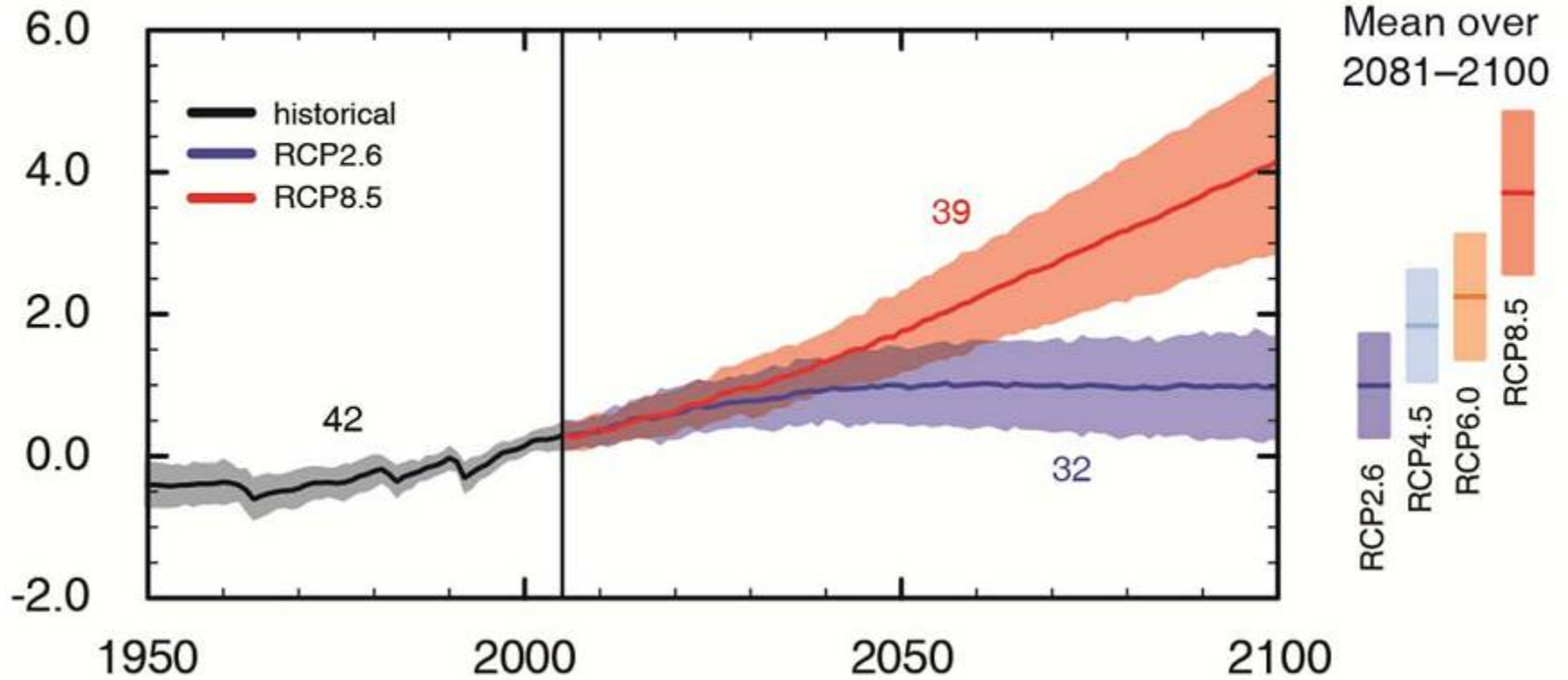


-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 4.6

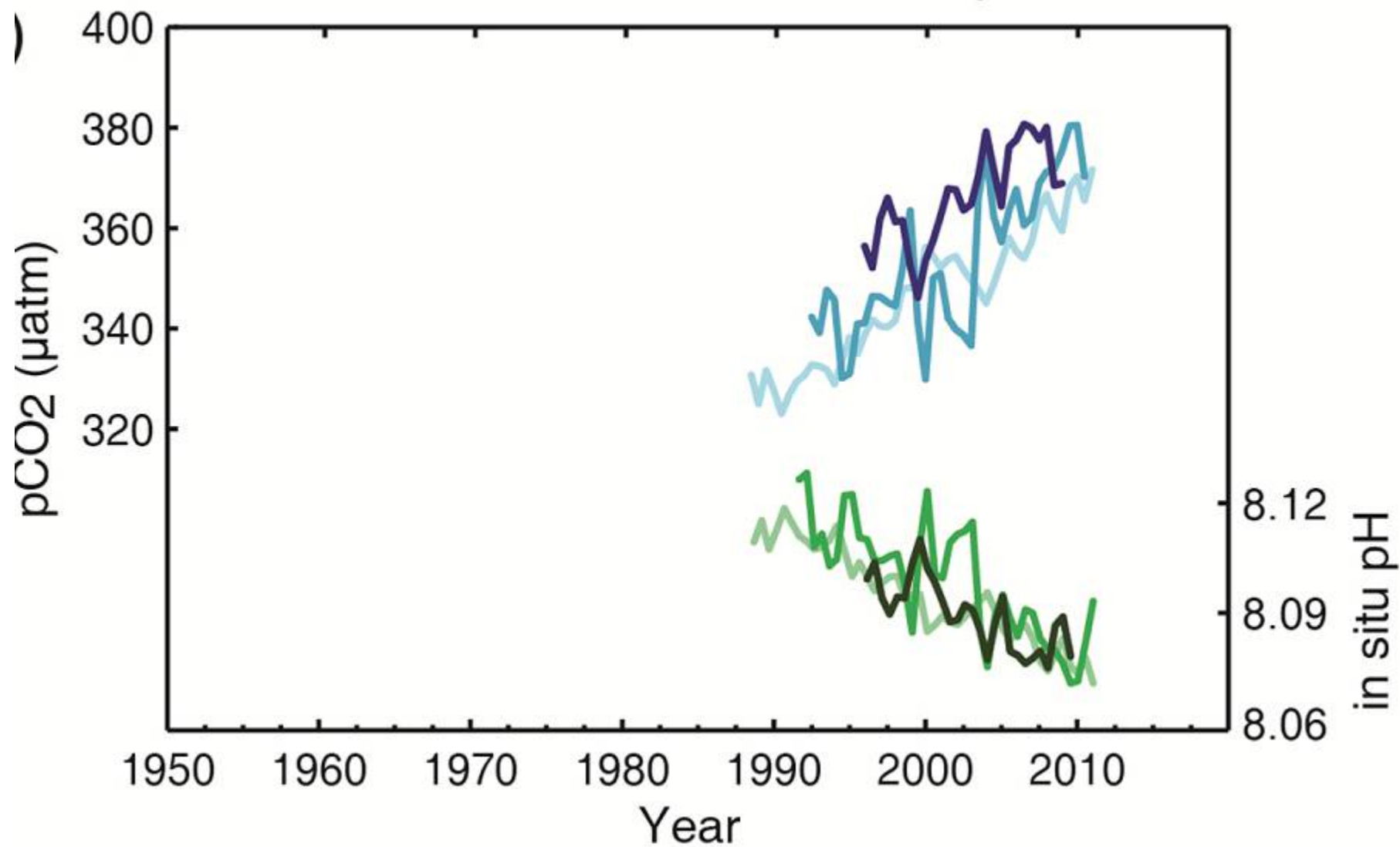


-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 3.3

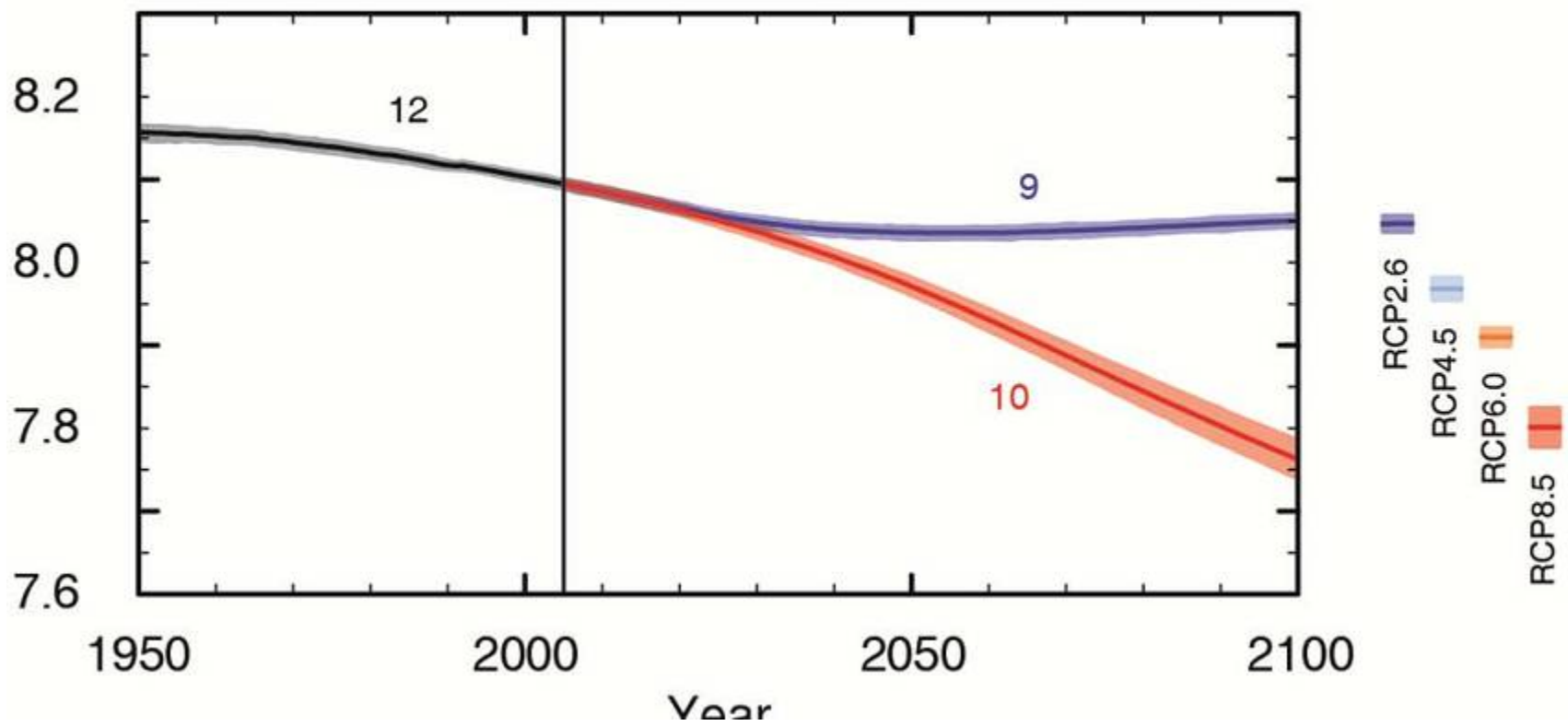
Global average surface temperature change



Surface Ocean CO₂ and pH

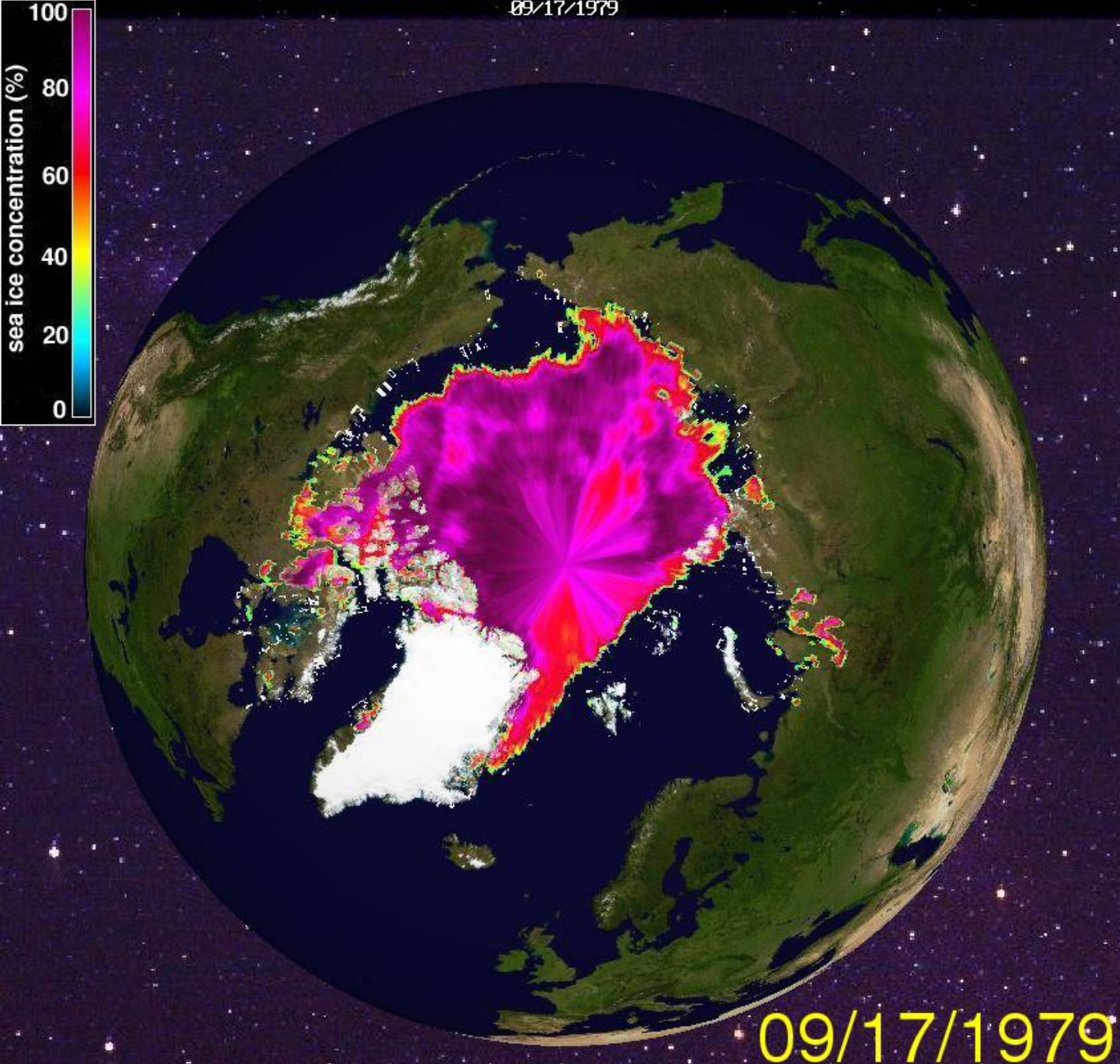


Global ocean surface pH



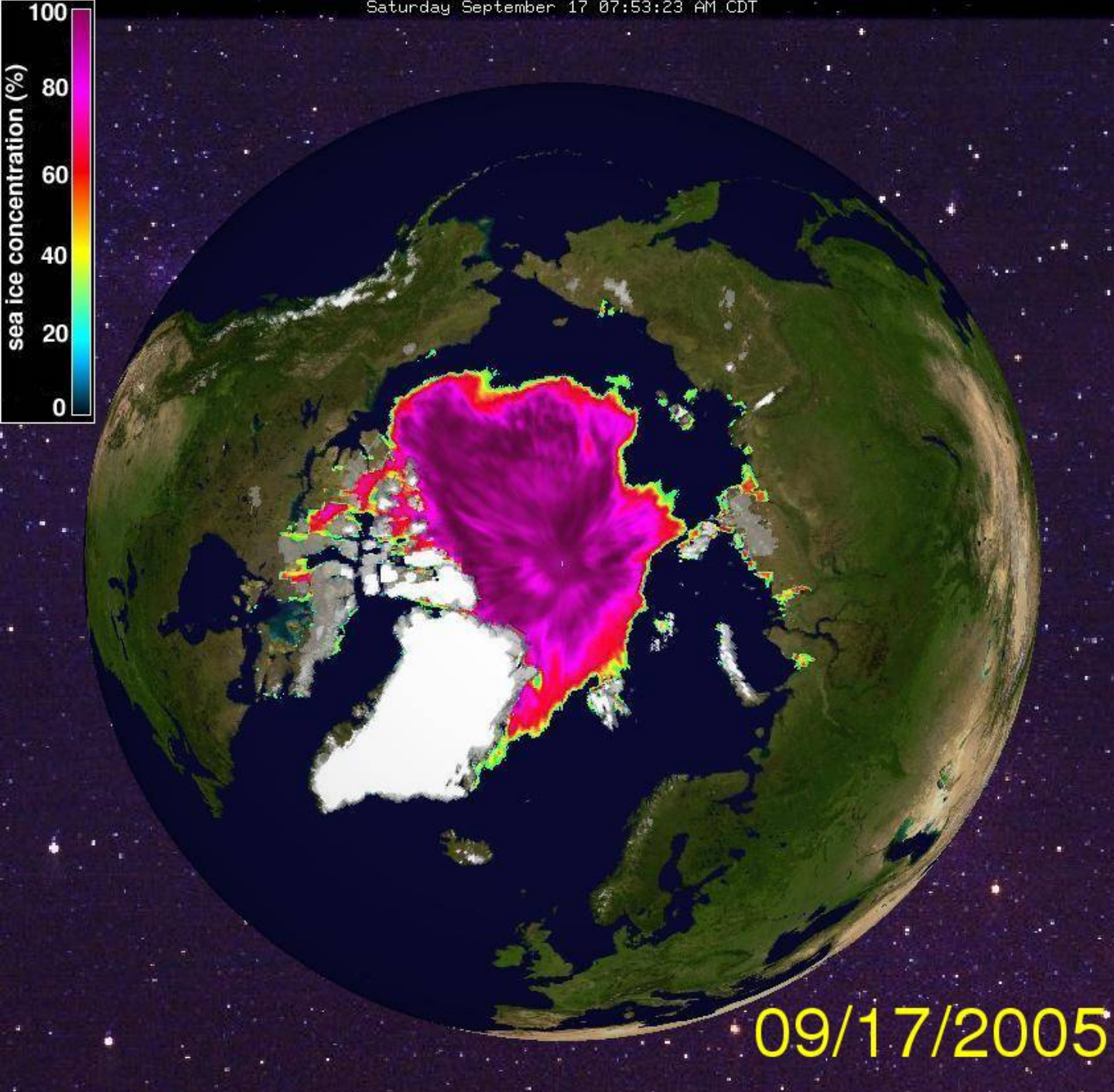
Ztmavnutí povrchu

velká zesilující zpětná vazba



1979
17. září

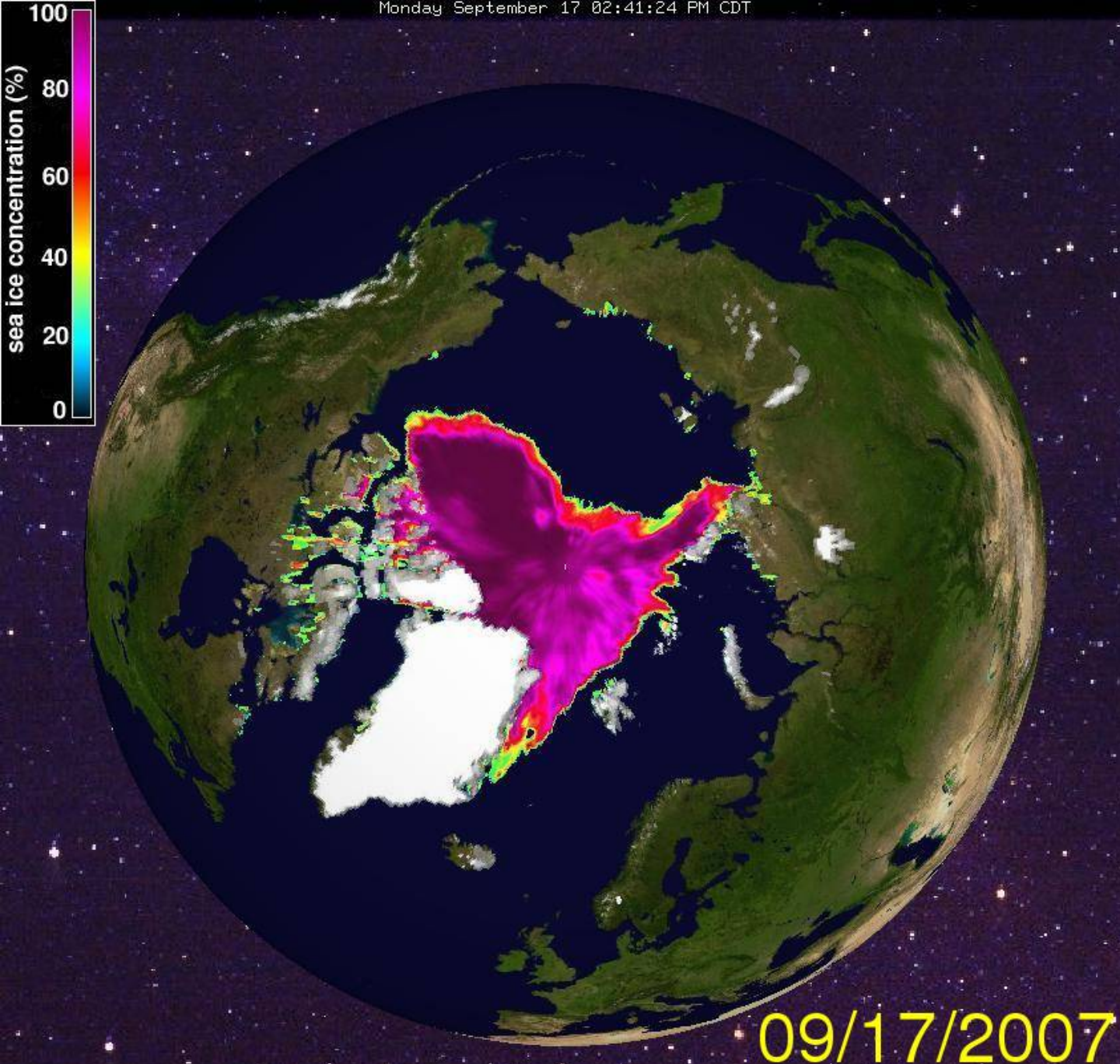
Arktický
mořský led



2005
17. září

Arktický
mořský led

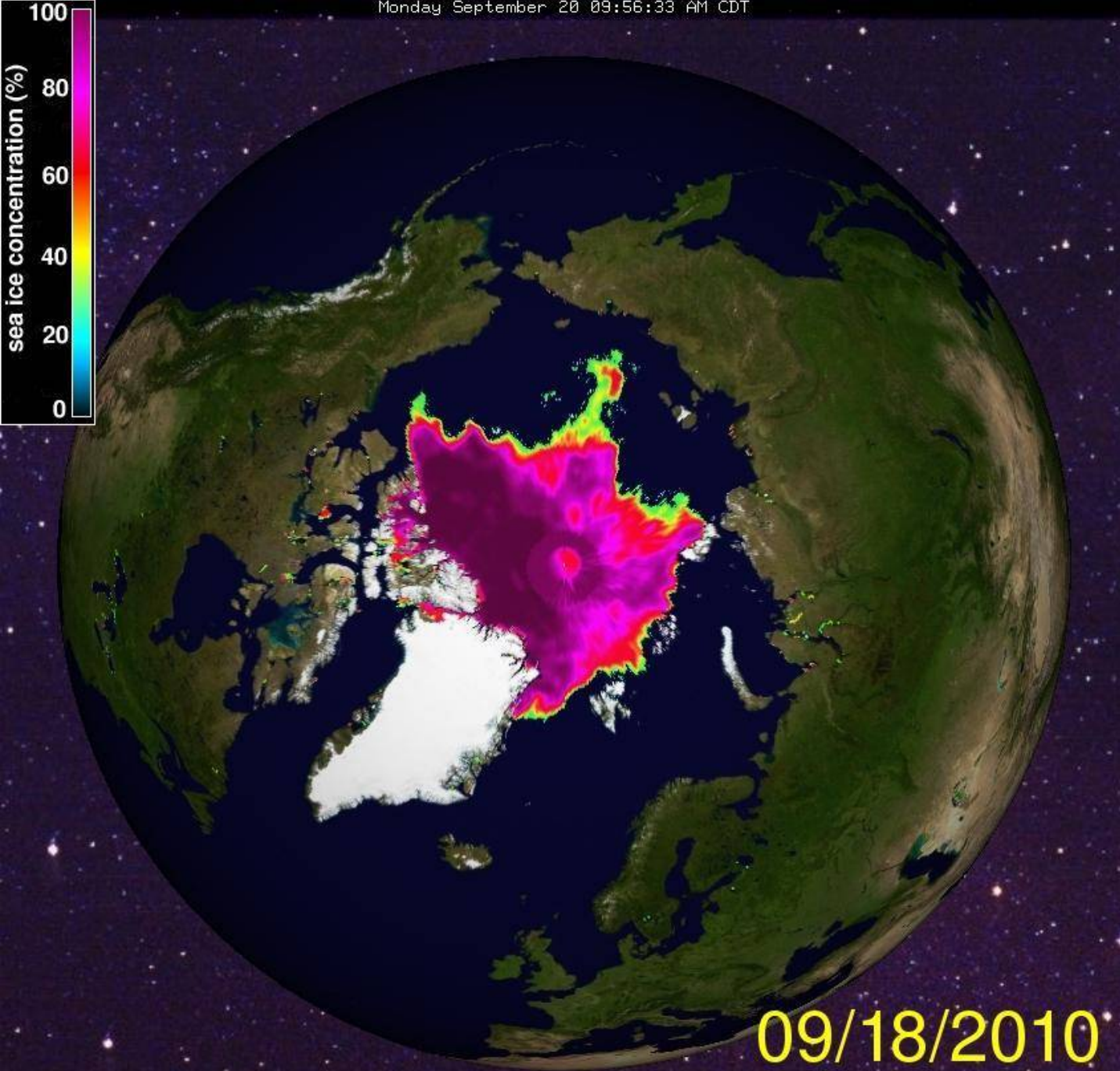
09/17/2005



2007
17. září

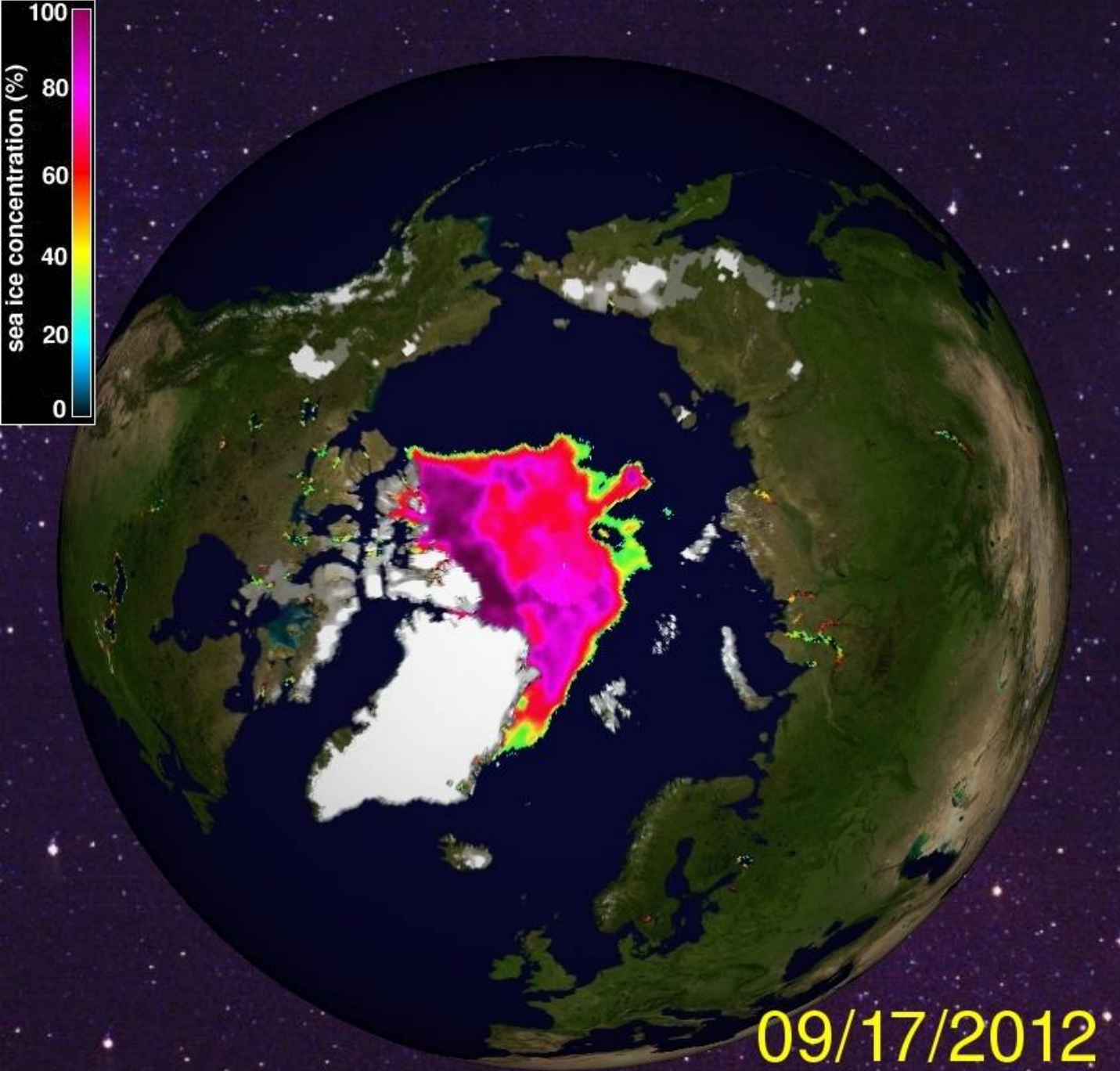
Arktický
mořský led

09/17/2007



2010
18. září

Arktický
mořský led



2012
17. září

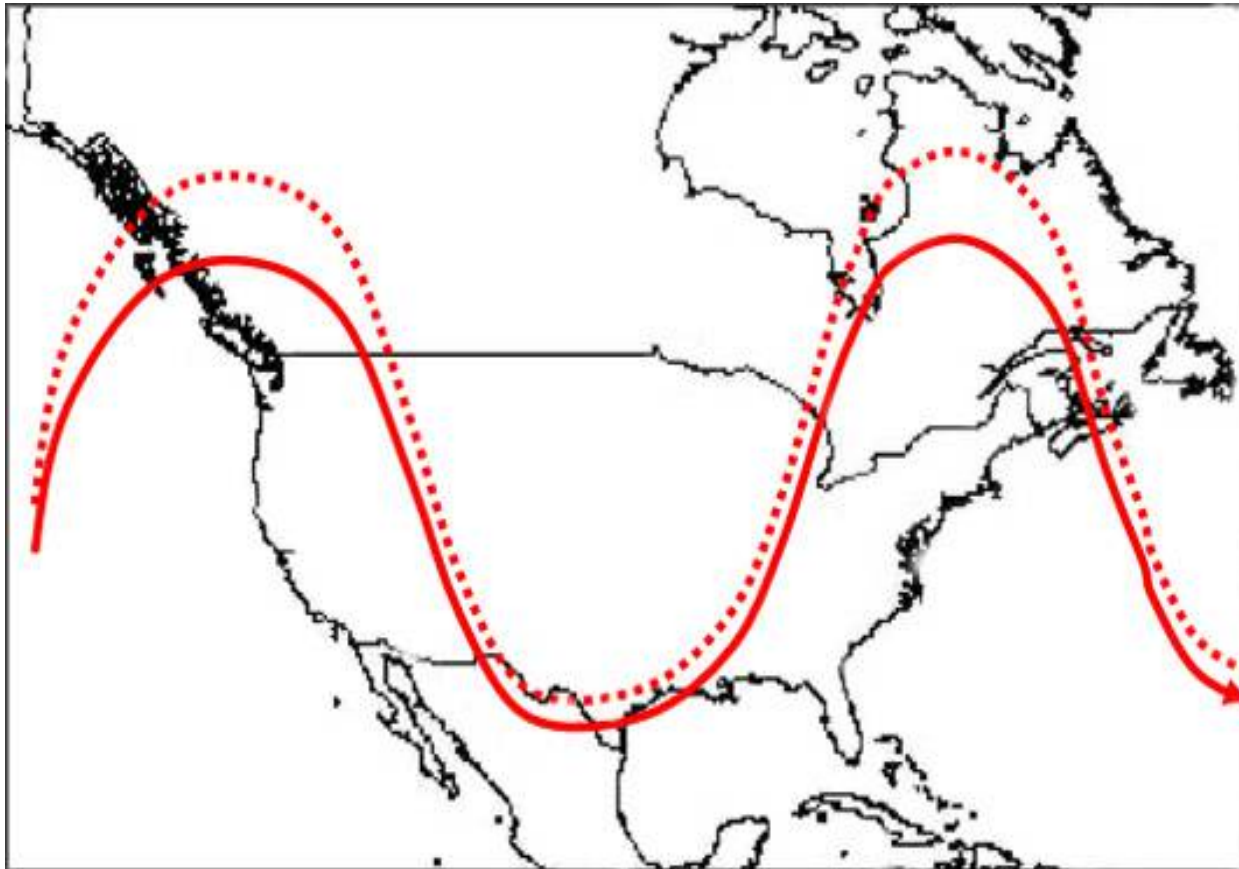
Arktický
mořský led

09/17/2012

Teplá Arktida =>
Ztráta našeho mírného podnebí

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.



Teplejší polární oblasti =>

úbytek ledových příkrovů
Grónska a Antarktidy =>

trvalý, zrychlující se růst hladiny
oceánů

Tání na povrchu Grónska

Vody klesající do „mlýna“, svislé šachty vedoucí na dno ledového příkrovu



*Zdroj: Roger Braithwaite,
University of Manchester (UK)*

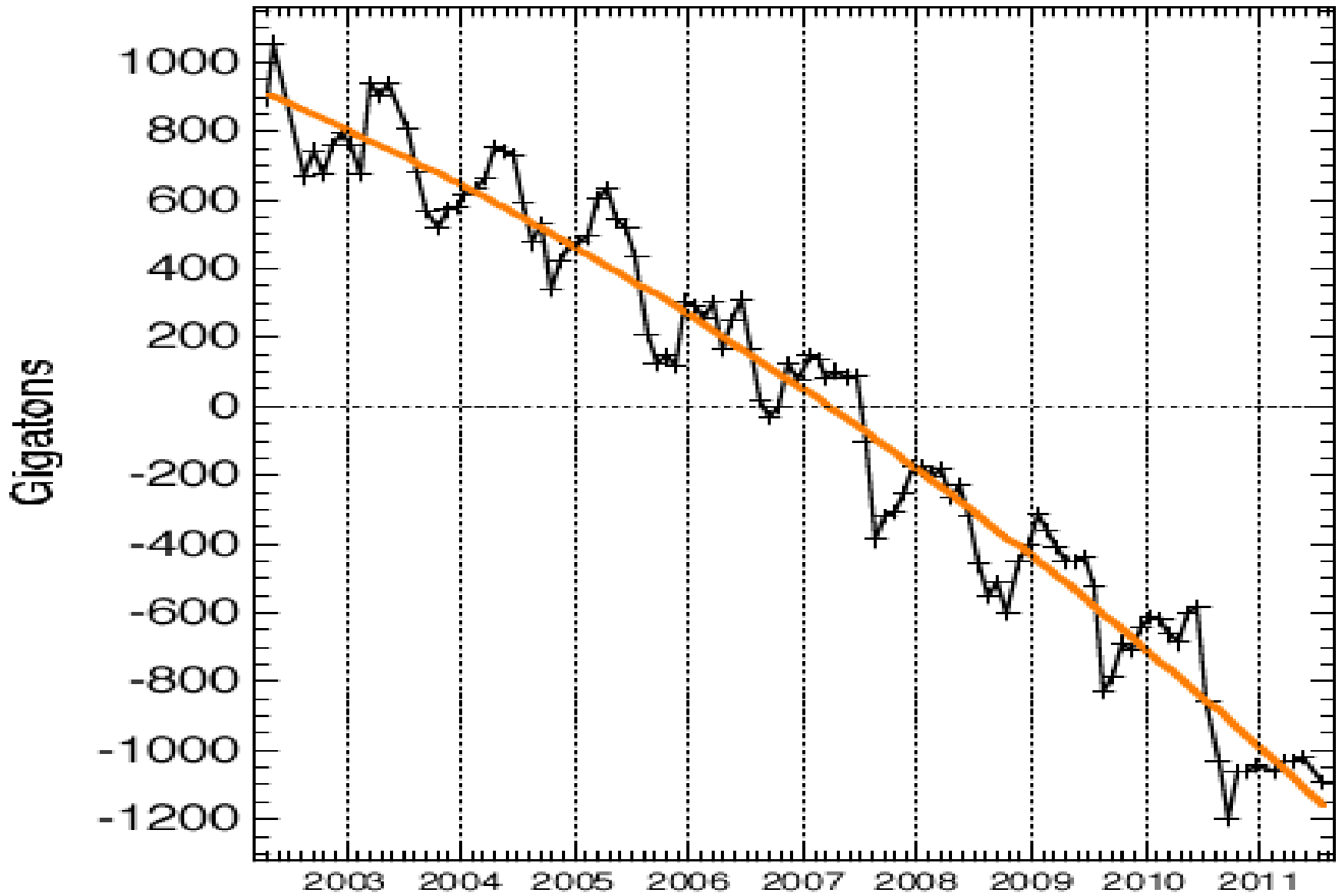
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

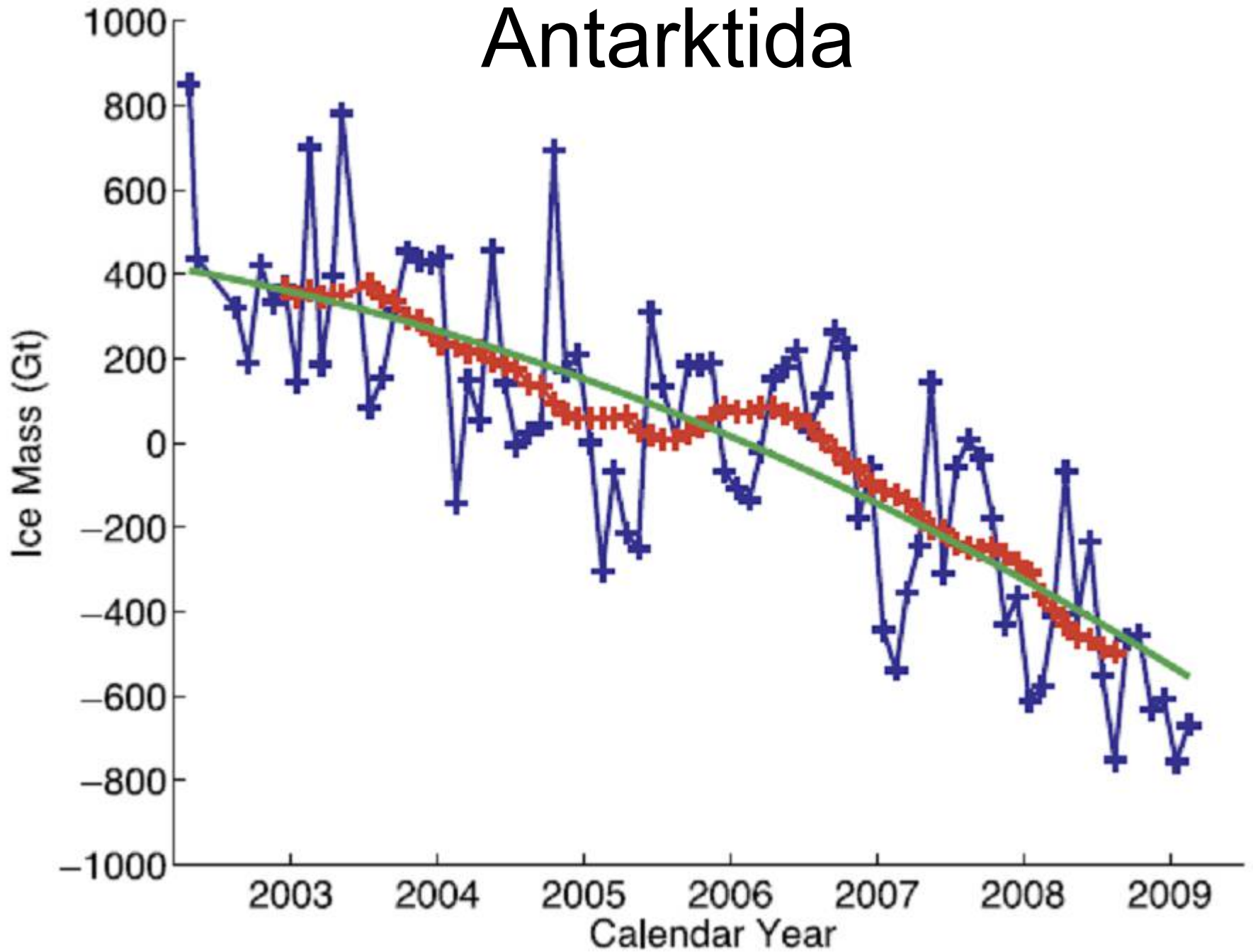


*Zdroj: Prof. Konrad Steffen,
Univ. of Colorado*

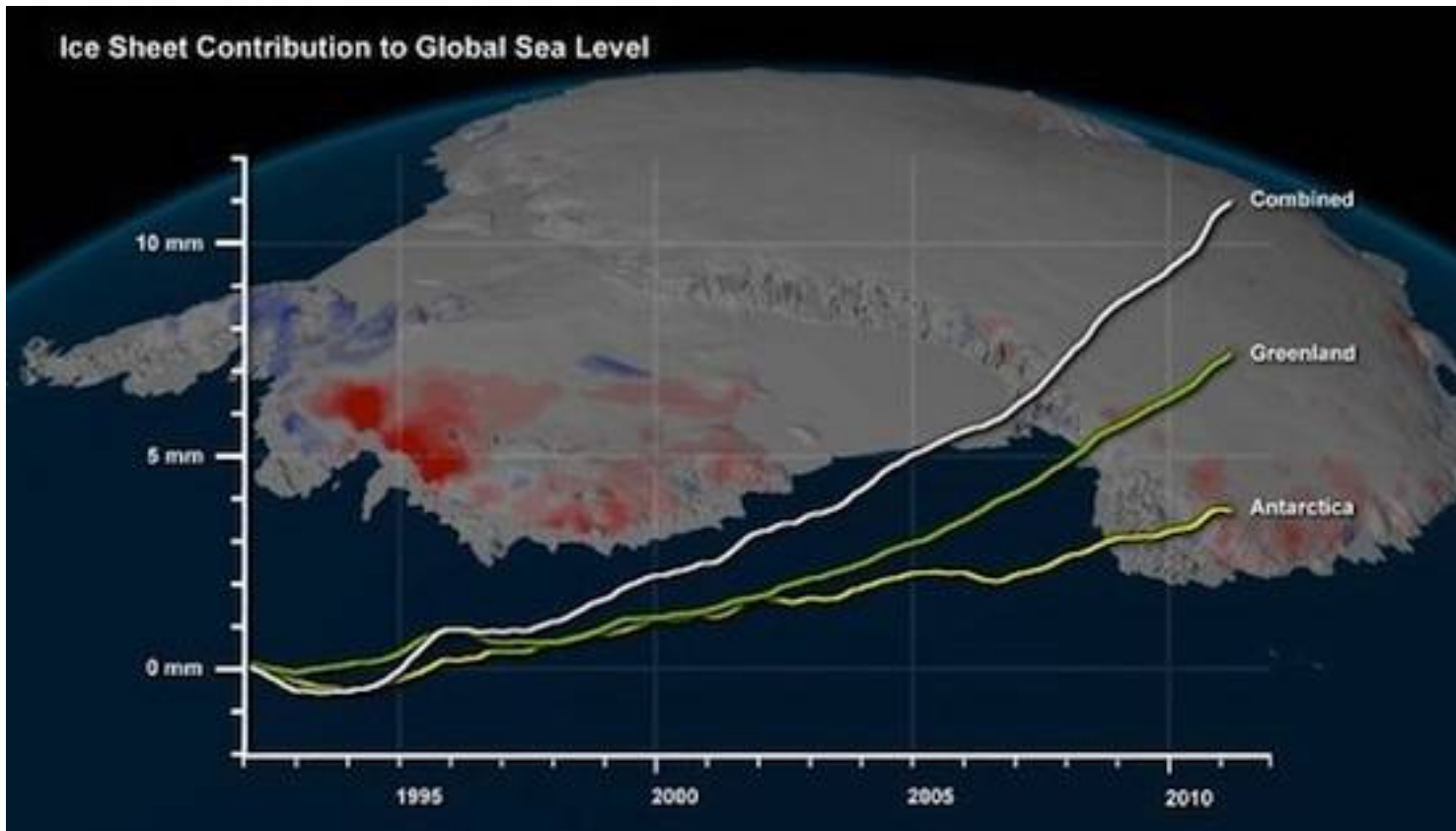
Greenland



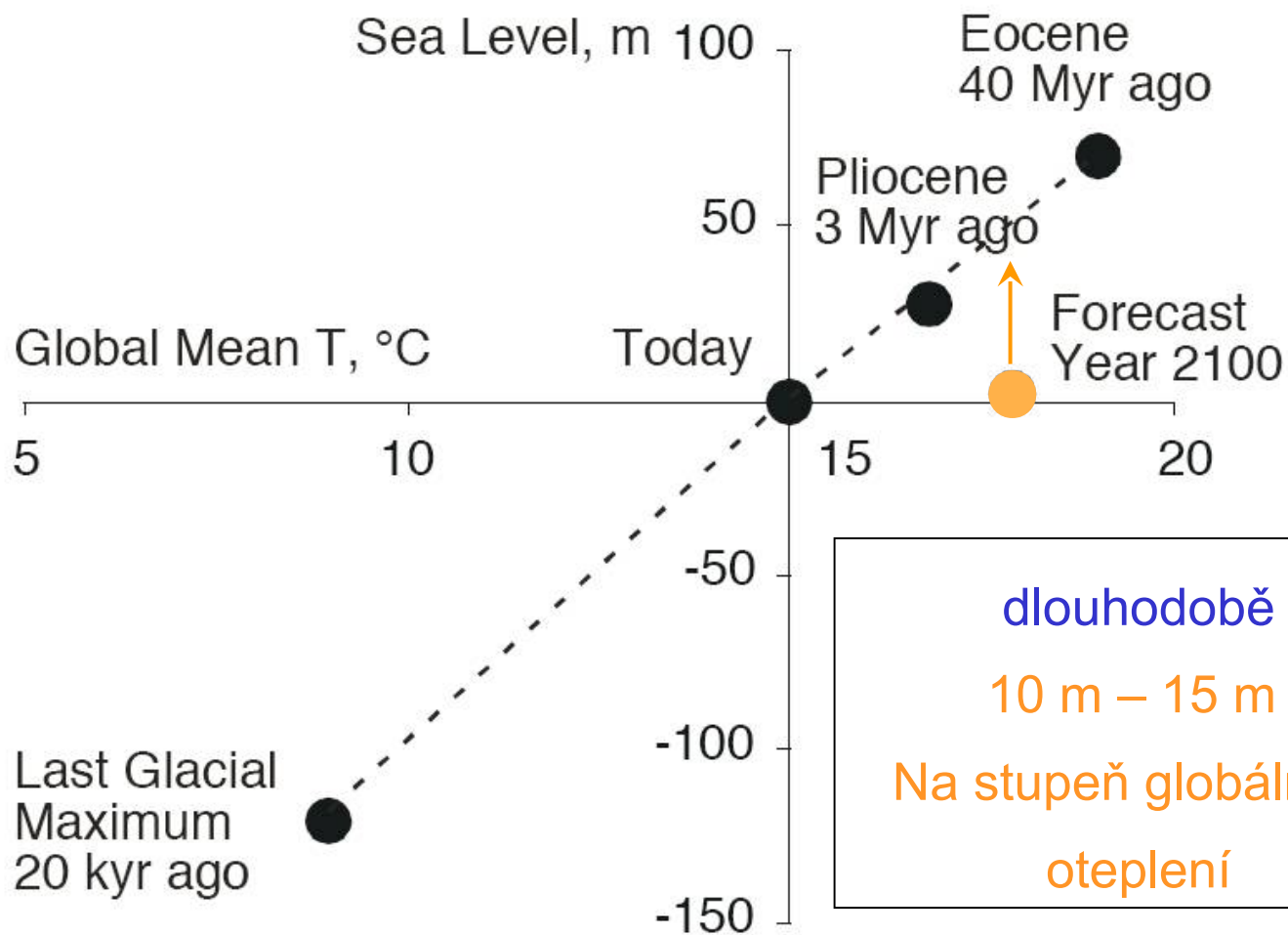
Antarktida



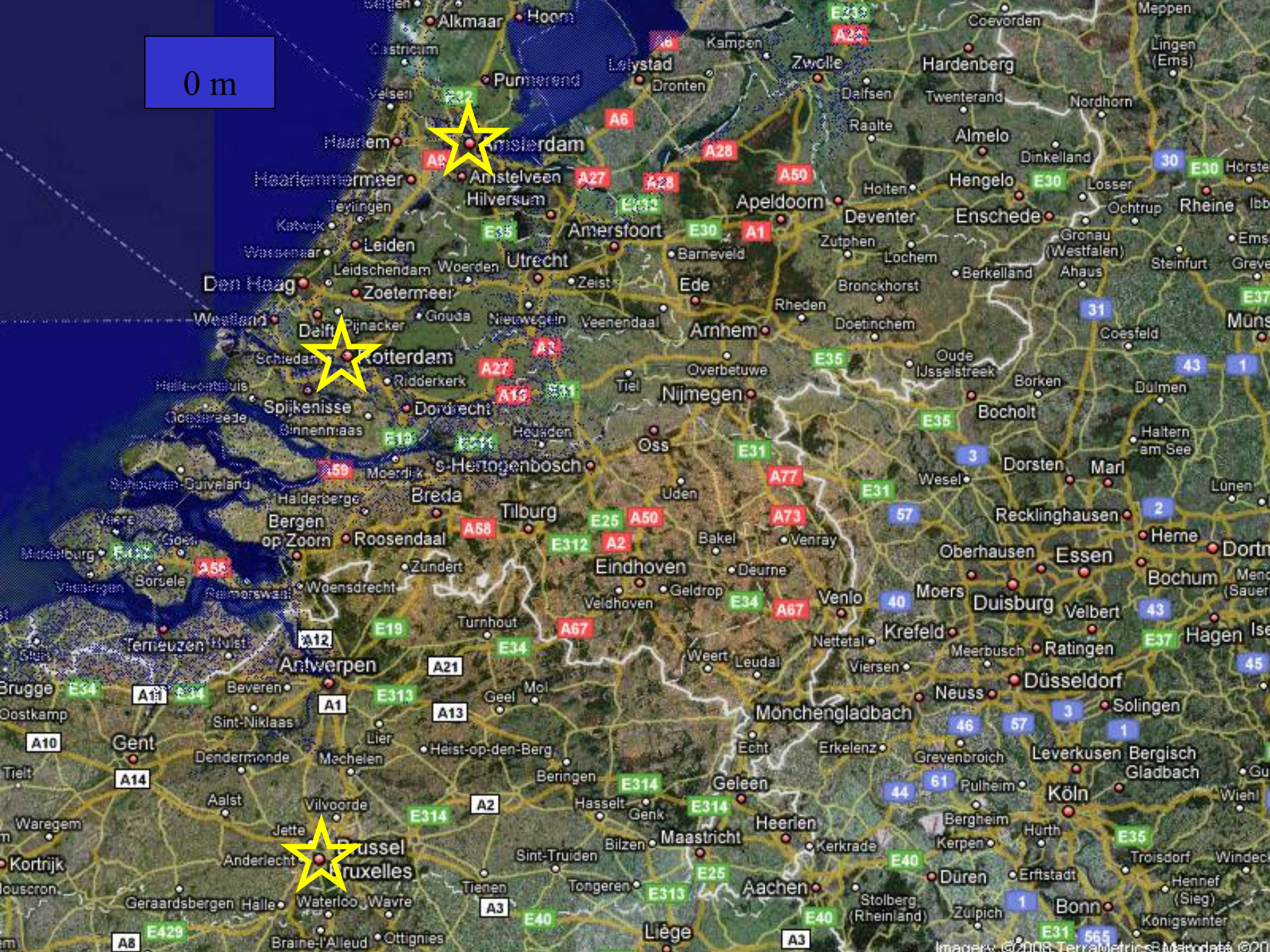
Ice Sheet Contribution to Global Sea Level



Minulé odchylky mořské hladiny



0 m



1 m



7 m



13 m

Holandské krávy připravené na globální oteplení!



Meze adaptace?

©Bill Hare

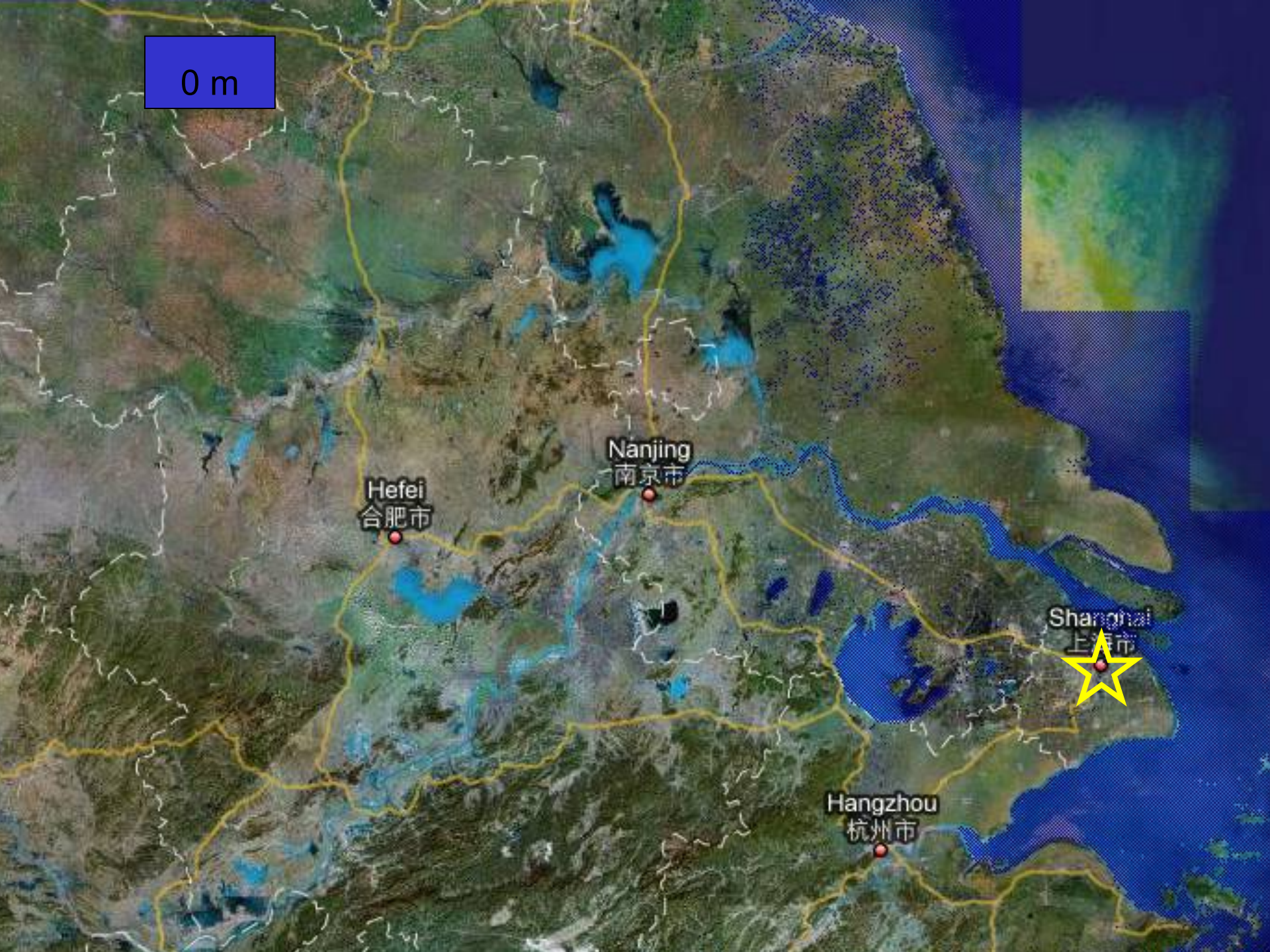
0 m



7 m



0 m



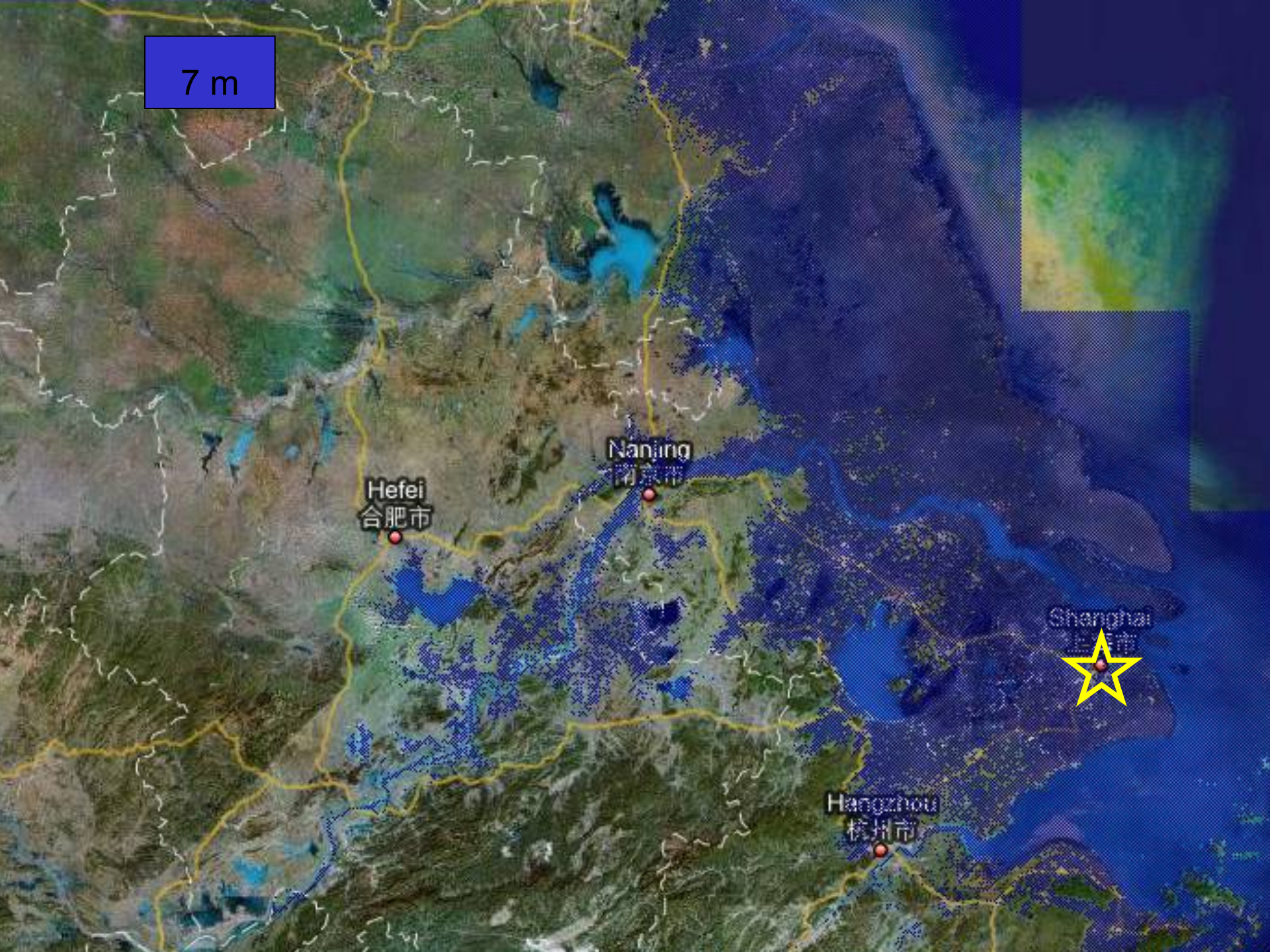
Hefei
合肥市

Nanjing
南京市

Shanghai
上海市

Hangzhou
杭州市

7 m



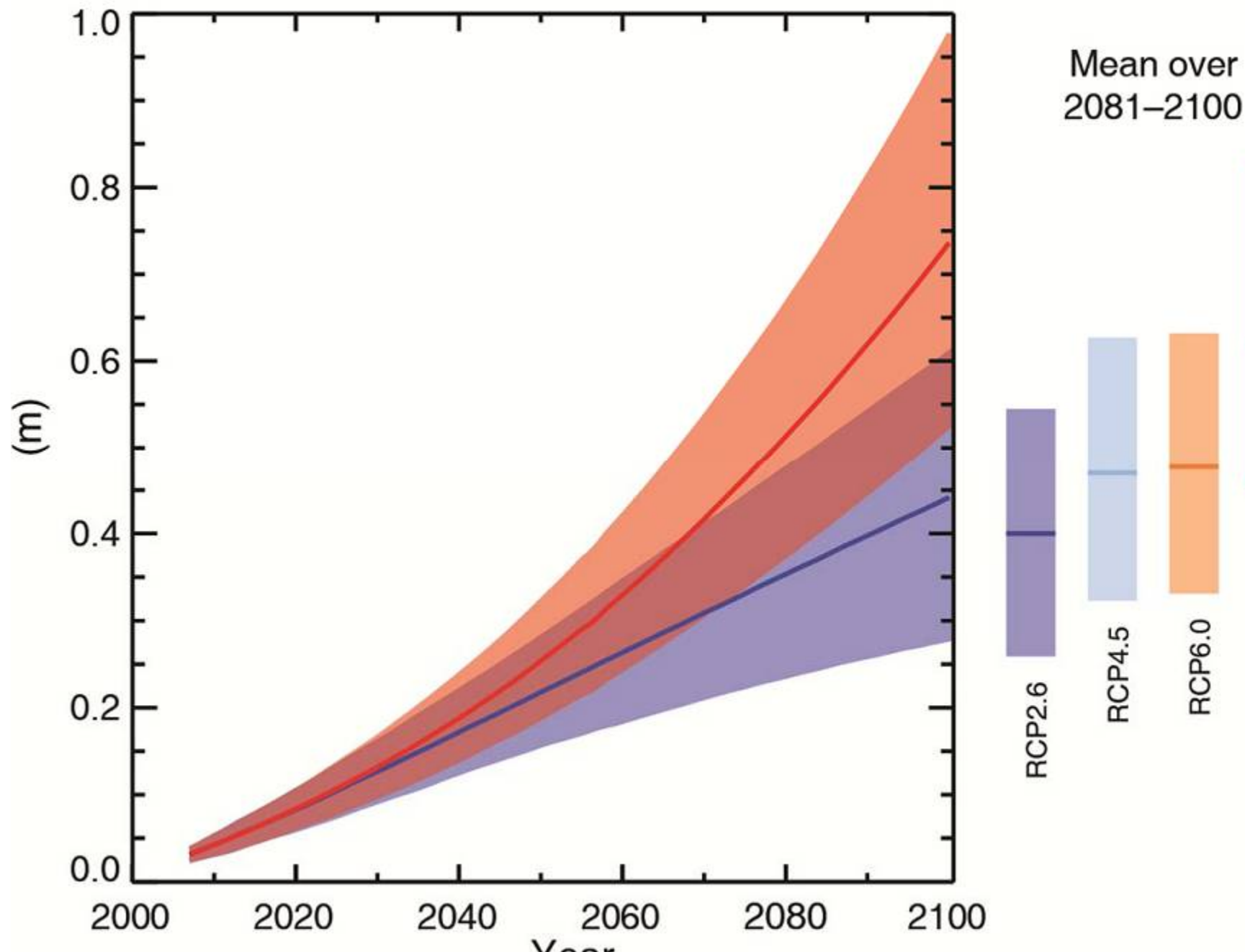
Hefei
合肥市

Nanjing
南京市

Hangzhou
杭州市

Shanghai
上海市

Global mean sea level rise



Oceány jsou již velmi poškozeny

a jejich stav se dál zhoršuje vlivem:

- okyselování přebytkem CO_2 z ovzduší
(pH kleslo v průměru již o 0,1, čili volných protonů přibylo o třetinu; kromě organismů s karbonátovými schránkami to poškozuje i rozmnožování ryb)
- oteplování
- nedostatku kyslíku (anoxií) vlivem jeho vyšší spotřeby i zmenšeného promíchávání

(viz <http://www.stateoftheocean.org/>)

„Malý“ posun střední hodnoty
ale ohromný nárůst extrémů

povodně



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

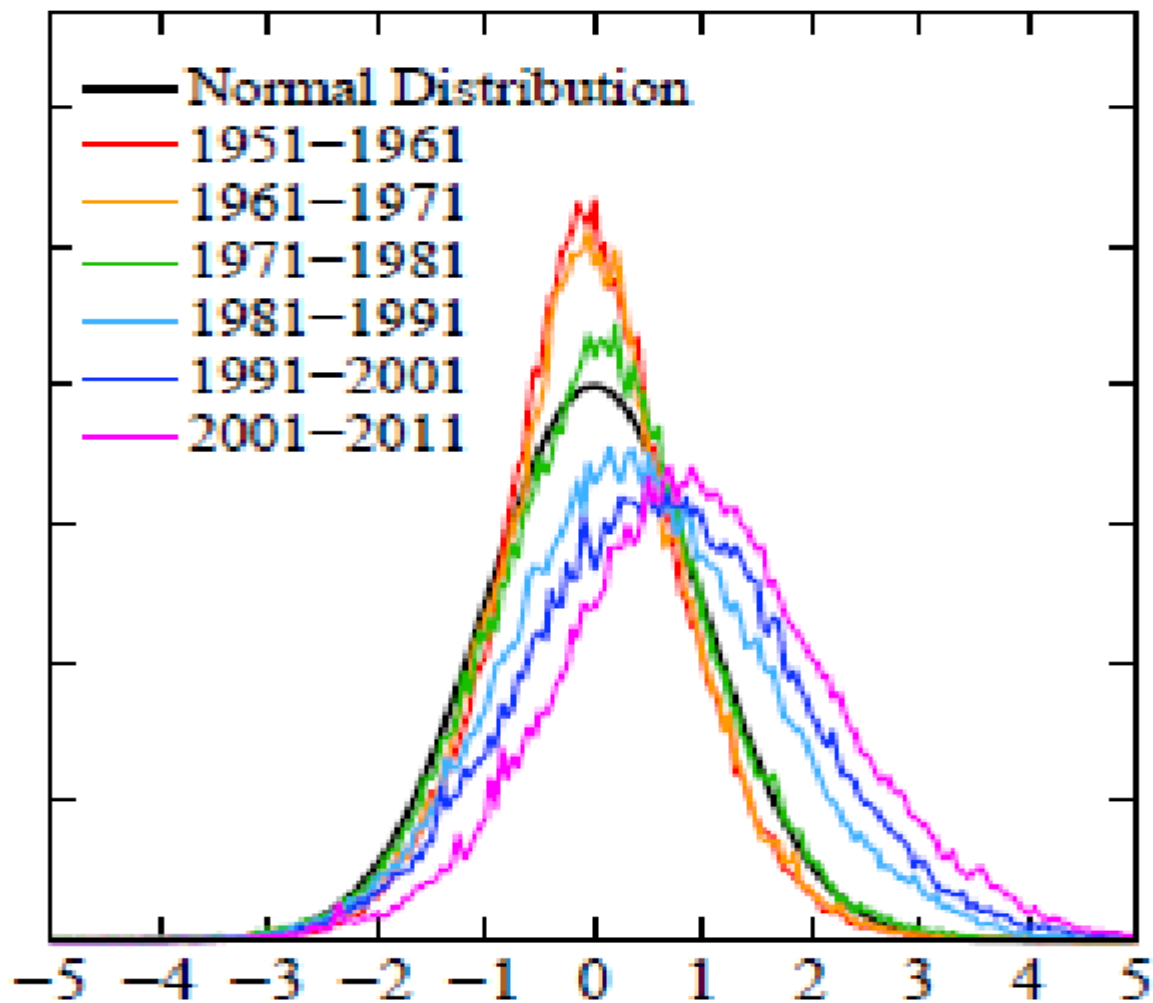
➤ Větší srážky v přívalech !

➤ více povodní ?

➤ více such ?

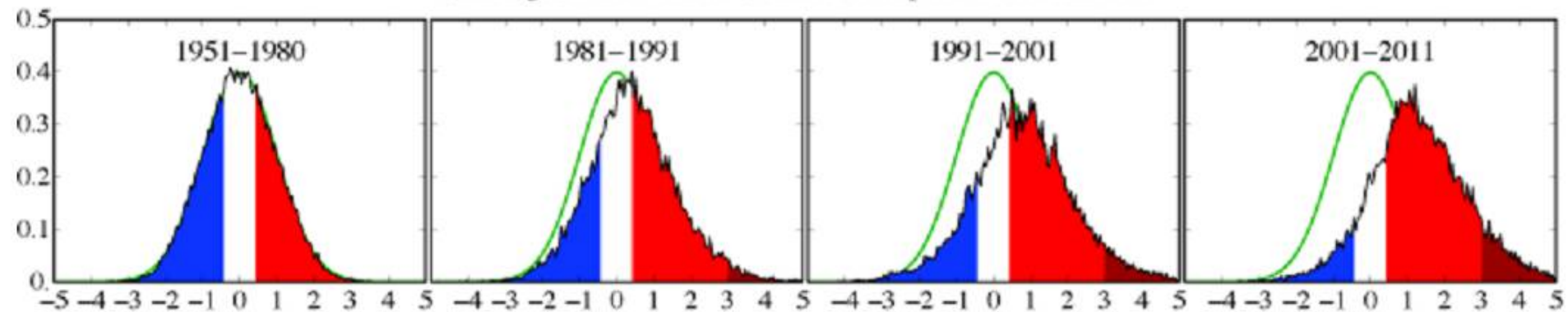


Četnost výskytu (osa Y) místních teplotních odchylek. Vodorovná osa udává teplotní odchylku podělenou standardní deviací pro danou lokalitu, jaká platila v období 1951-1980. Plocha pod každou křivkou je táž. Zdroj: James Hansen, M. Sato and R. Ruedy: Perceptions of Climate Change: The New Climate Dice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

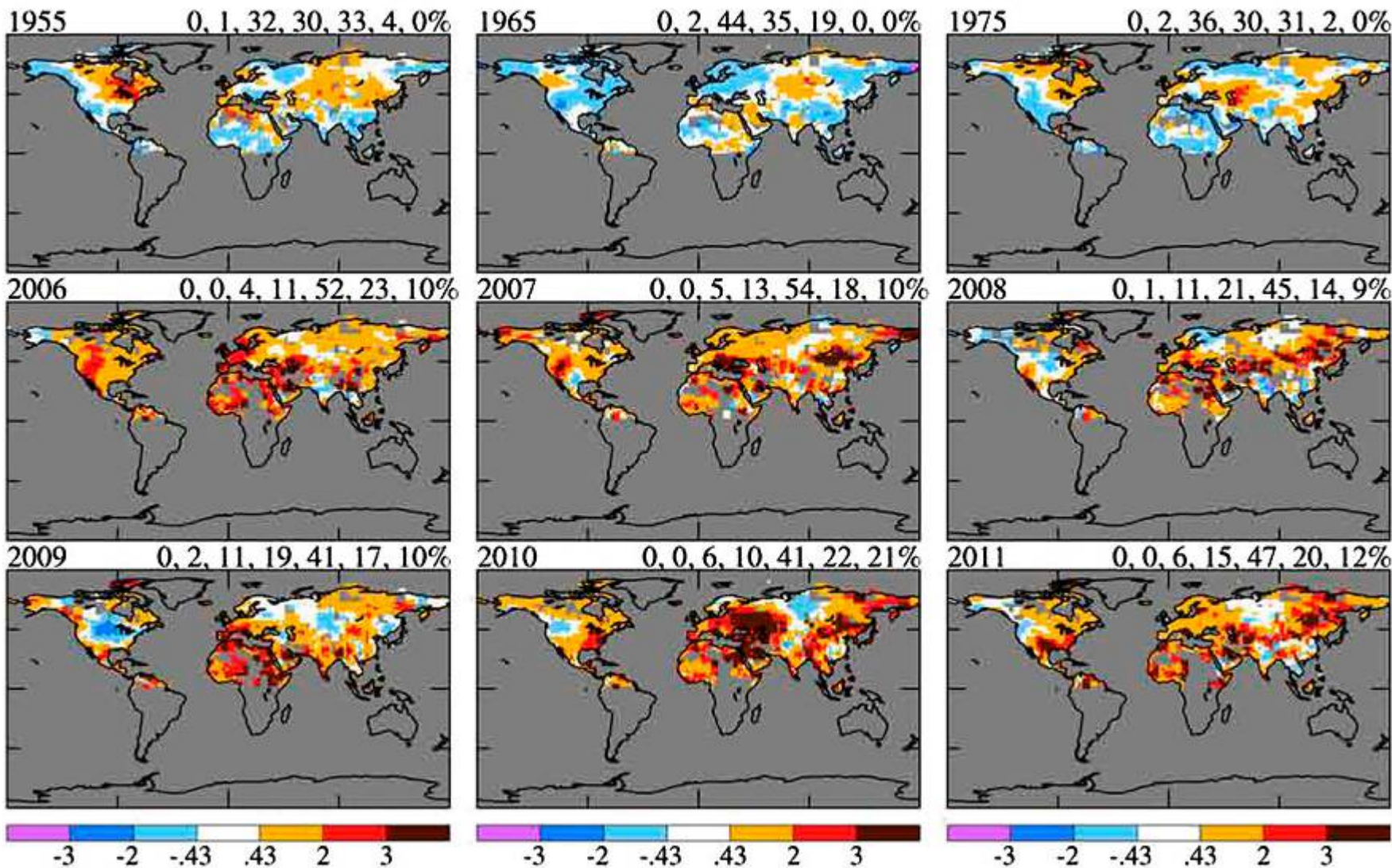


Problémem jsou >3 -sigma
extrémy, dnes už i 4 sigma

Shifting Distribution of Summer Temperature Anomalies



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

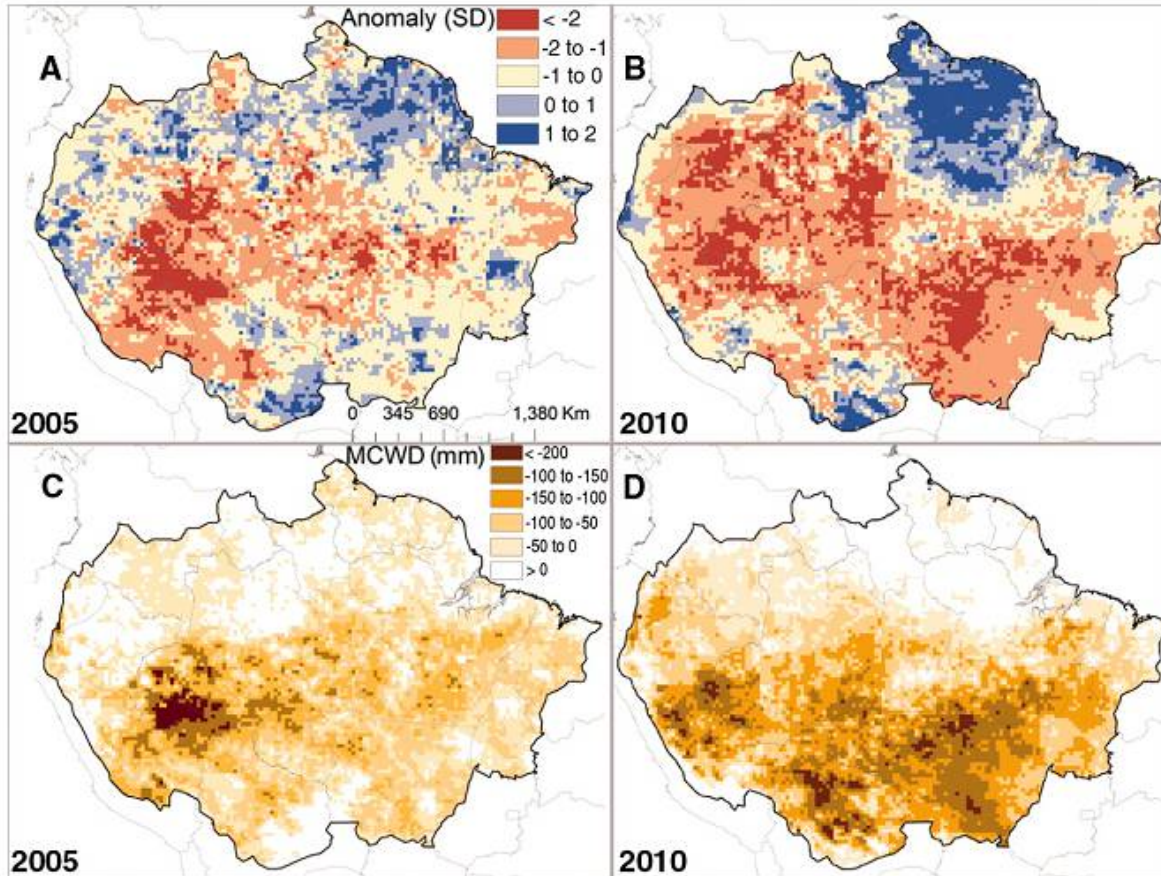




Wild fires in Greece, August 2007

Source: spiegel.de

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



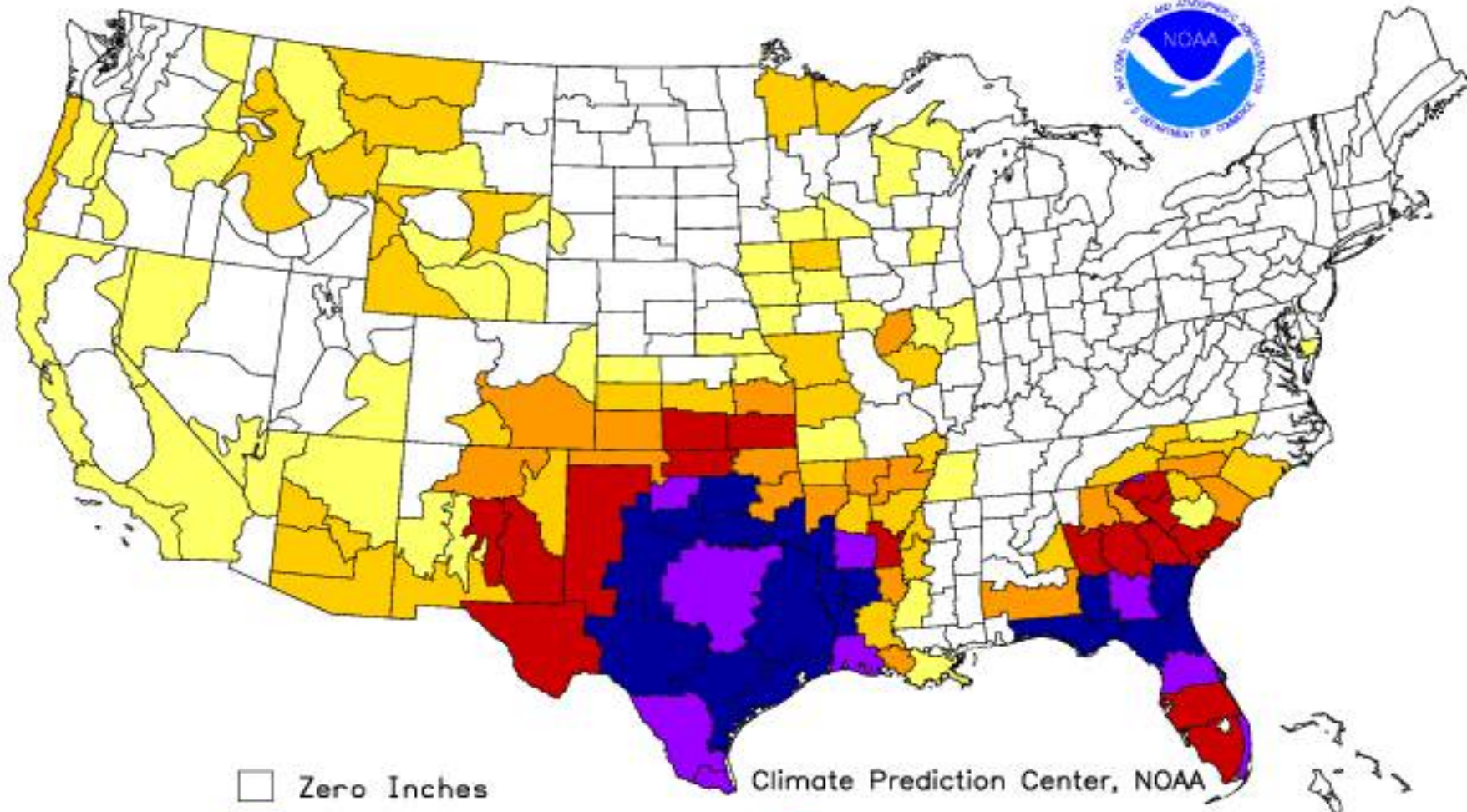
A & B = anomaly of dry season rainfall from decadal mean

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)

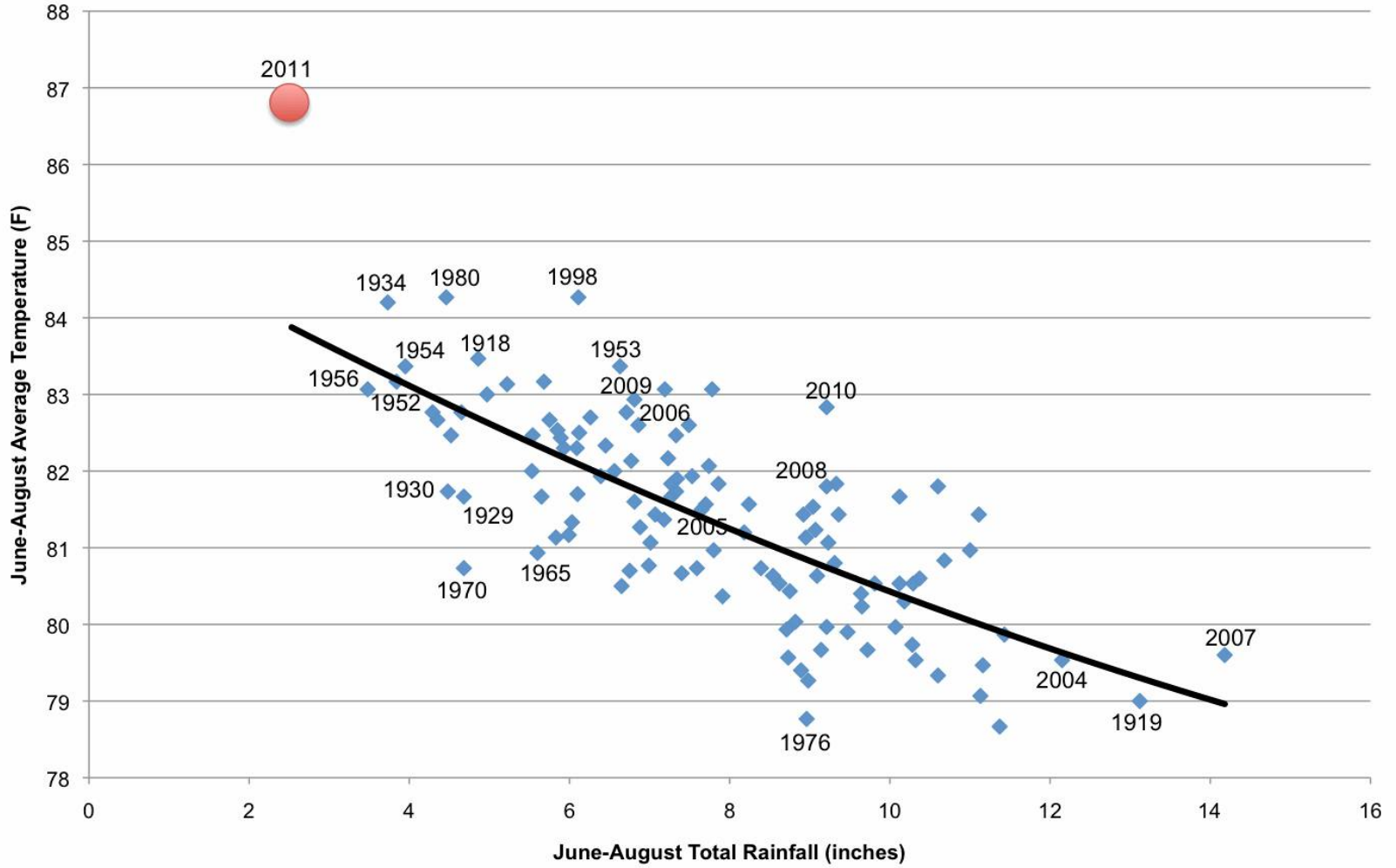


- Zero Inches
- Trace to 3 Inches
- 3 to 6 Inches
- 6 to 9 Inches

- 9 to 12 Inches
- 12 to 15 Inches
- Over 15 Inches

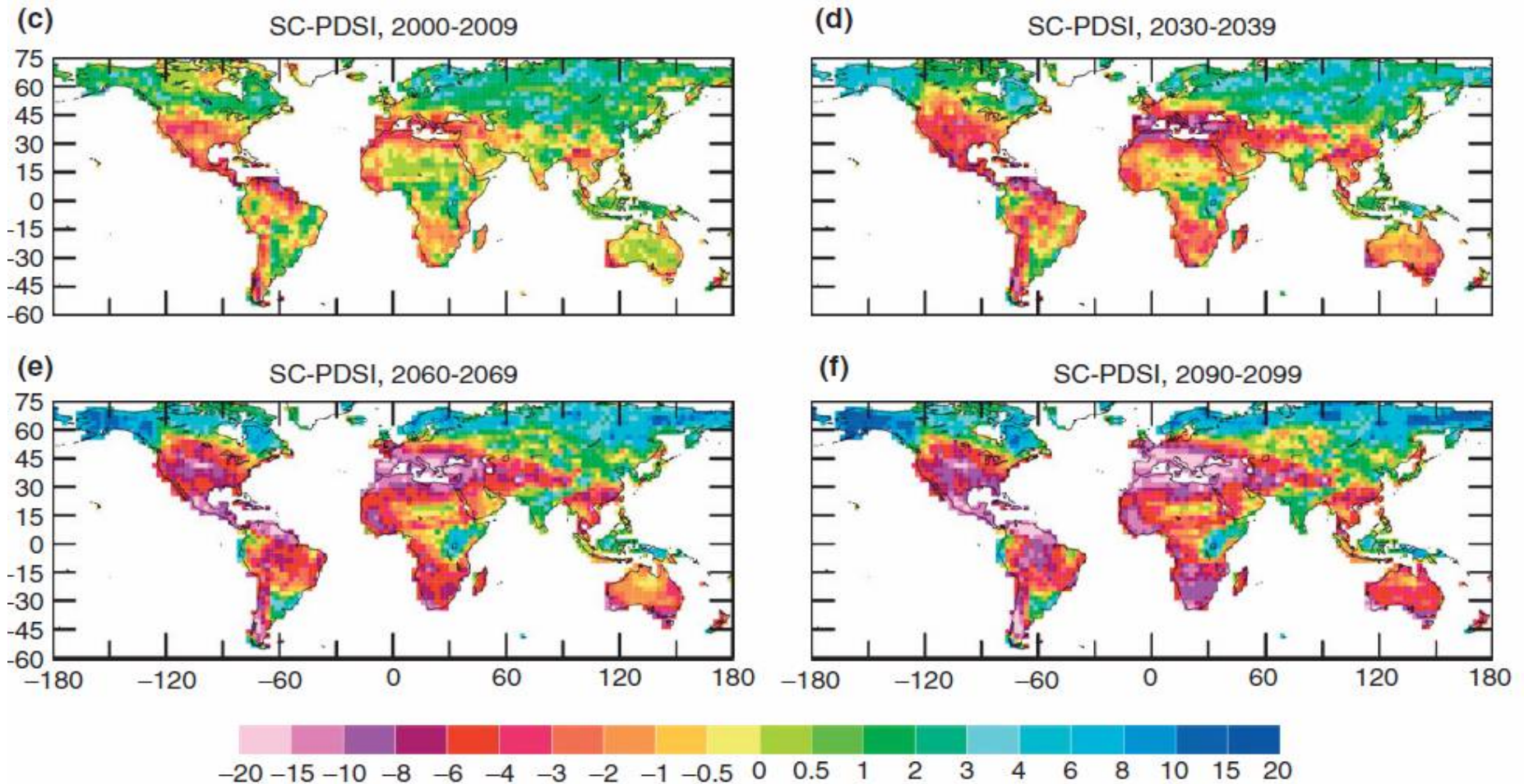
Climate Prediction Center, NOAA

Texas Summers

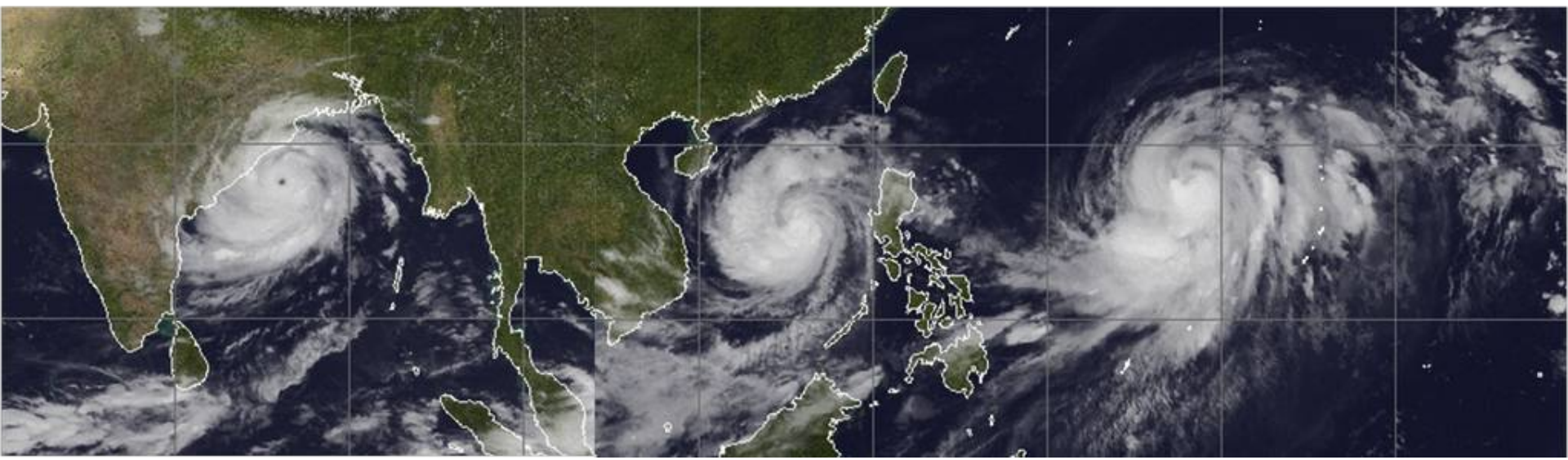


Index vážnosti sucha (již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)
(Dai, 2010: Drought under global warming: a review)



Sýrie – dlouholeté sucho



Jak a proč klimatickou změnu
zbrzdit

(co znamenají 2 K)

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.”

Rozměry „nebezpečné“ změny

Vyhynutí živočišných a rostlinných druhů

vyhynutí polárních a alpských druhů
neudržitelná tempa migrace

Rozpad ledových příkrovů: hladina oceánu

Regionální poruchy klimatu

častější extrémní události
posun vegetačních pásem / nouze o vodu

... stabilita klimatu v *holocénu* umožnila trvalé osídlení a rozvoj civilizace

... ztráta její stability v *antropocénu* - ztráta obyvatelnosti mnoha území a úživnosti Země

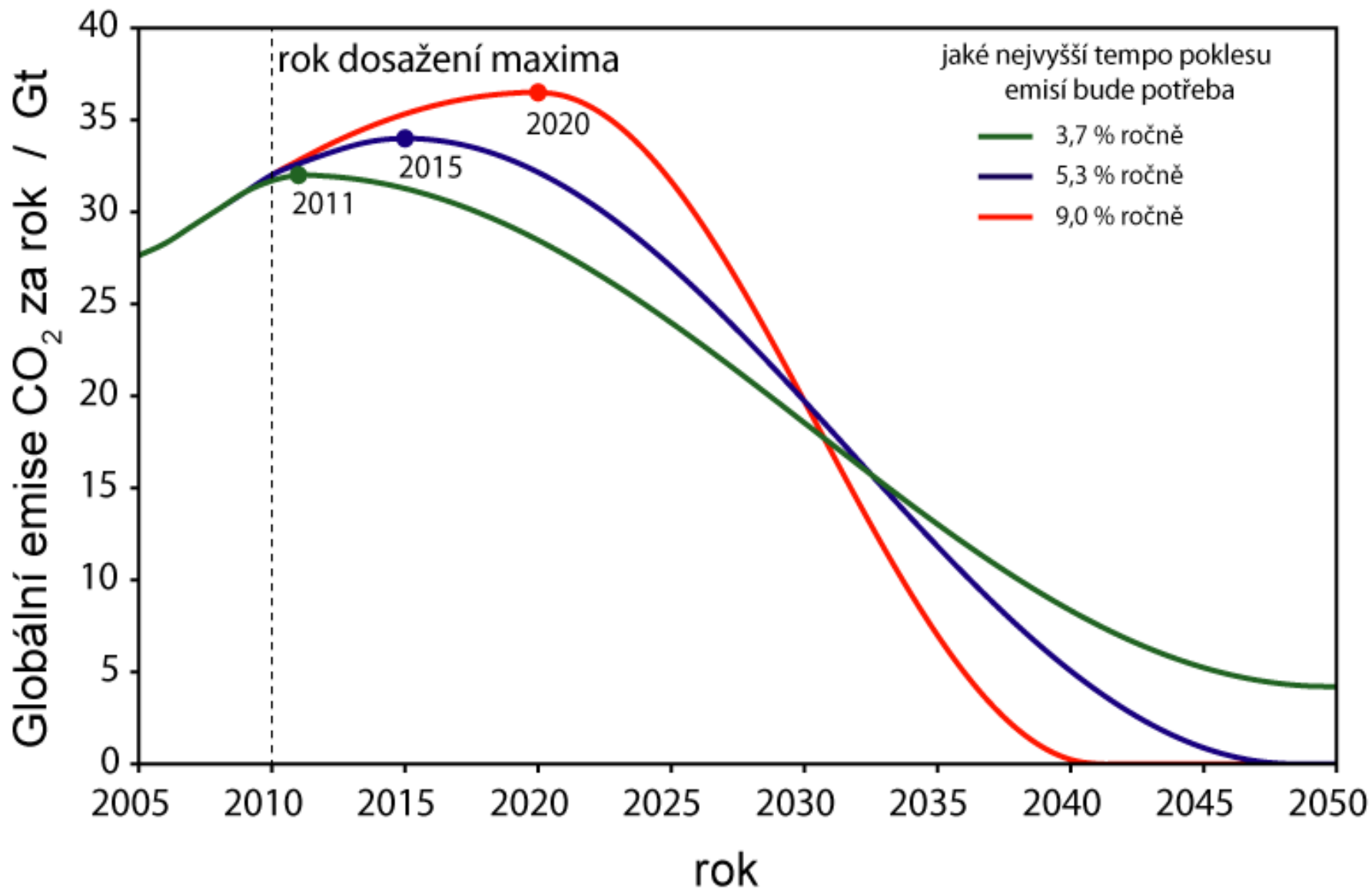
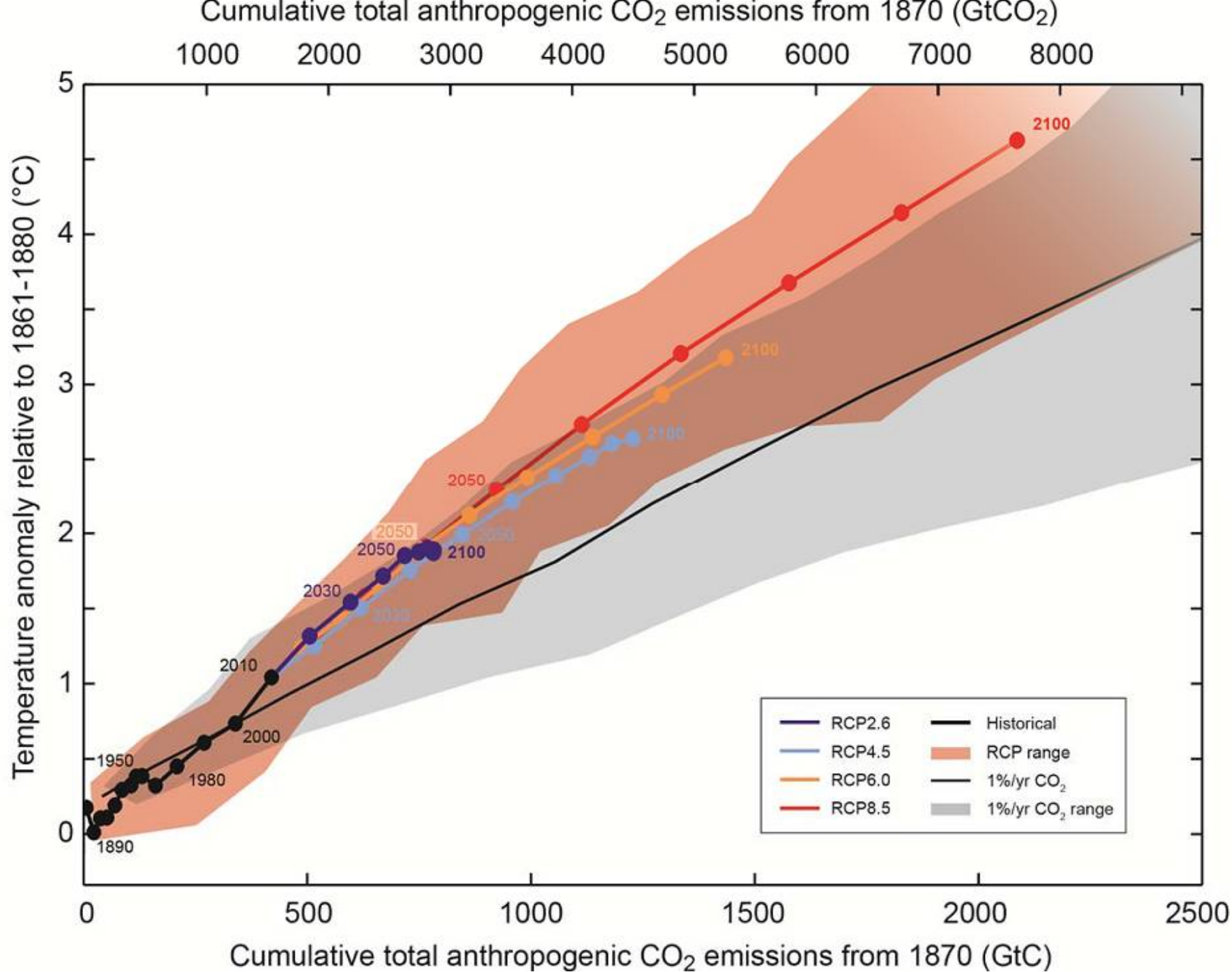


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C

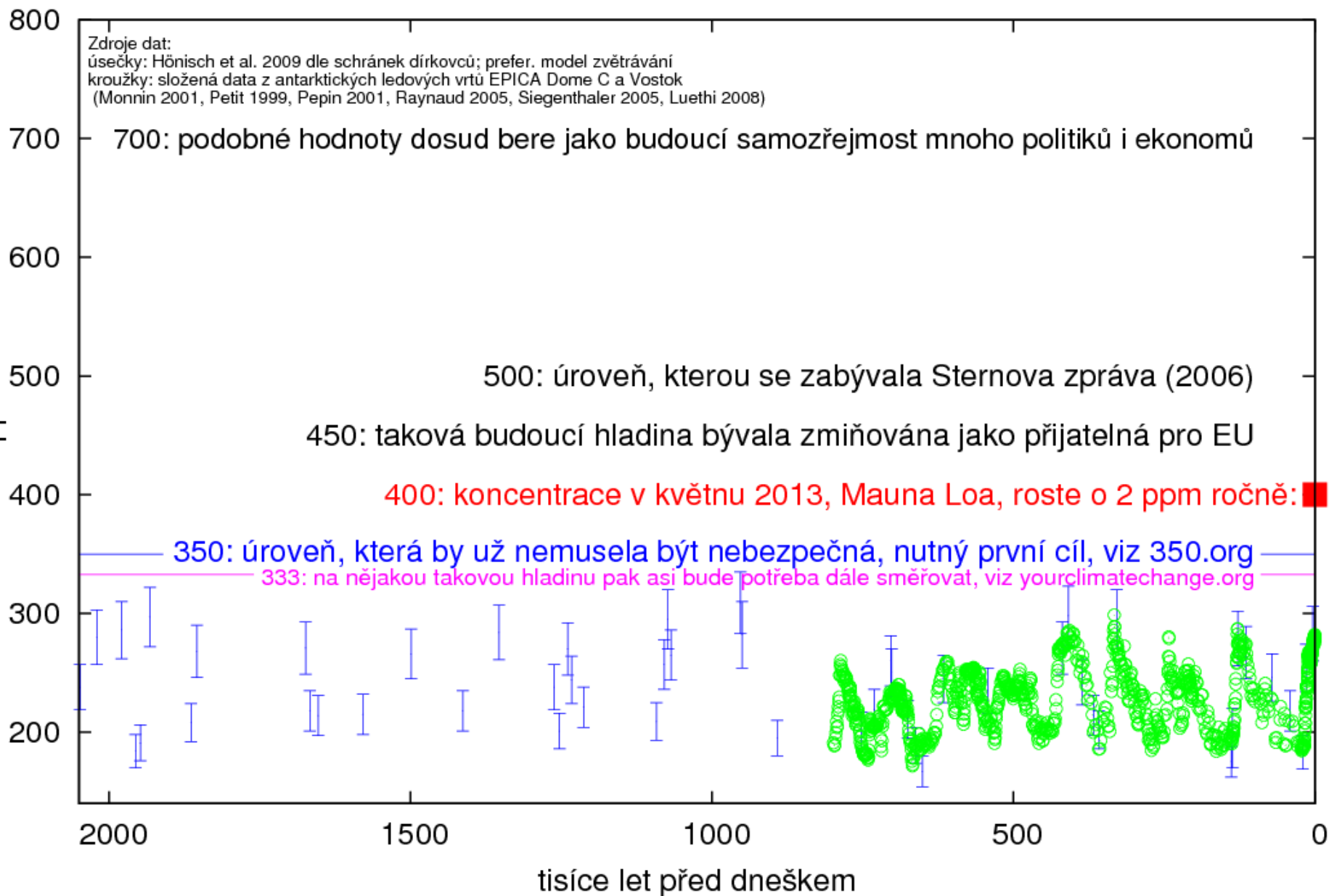


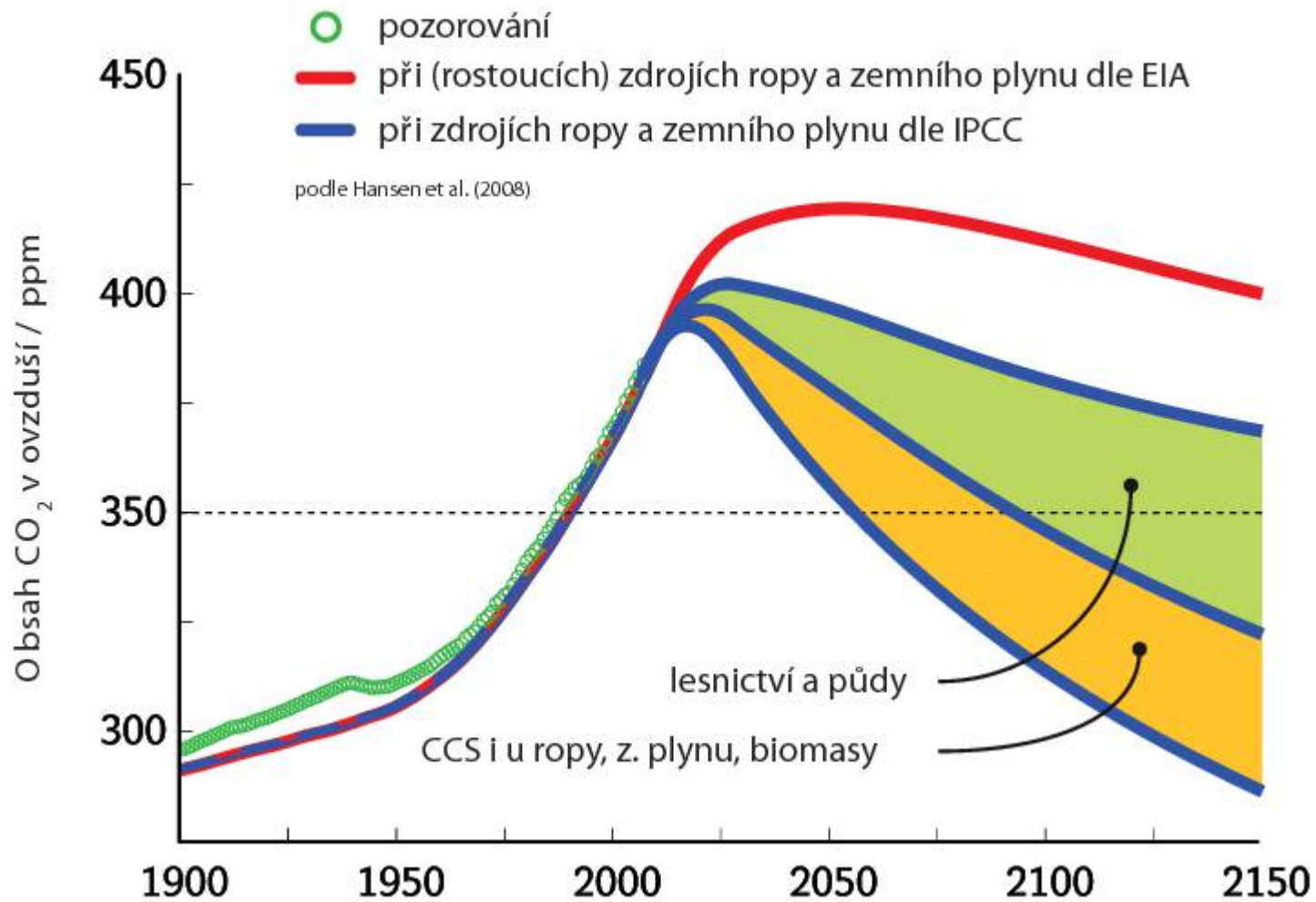
Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

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

Koncentrace CO₂ během čtvrtohor, dnes a ...zítra?





Cíl ubrat CO₂ pod 350 ppm

Technicky splnitelný

(ale ne v případě „business-as-usual“)

Kritický je rychlý ústup od uhlí

(dlouhá životnost CO₂ v ovzduší)

(nutno zastavit budování nových uhelných elektráren, které CO₂ nezachycují a neukládají)

Výzva

**Můžeme se ještě vyhnout poničení
světa, který jsme jej zdědili**

**(a získat přitom čistší planetu
a užitečnou práci)**

**Někdy musíme přijít na to, jak žít
bez fosilních paliv...**

Proč ne teď?

Odkazy

- <http://zerocarbonbritain.org/>
 - www.veronica.cz/klima
 - www.zmenaklimatu.cz
- <http://amper.ped.muni.cz/gw>
 - www.ipcc.ch

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)