

Změna klimatu, její příčiny, dopady a projekce

Jan Hollan

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

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.

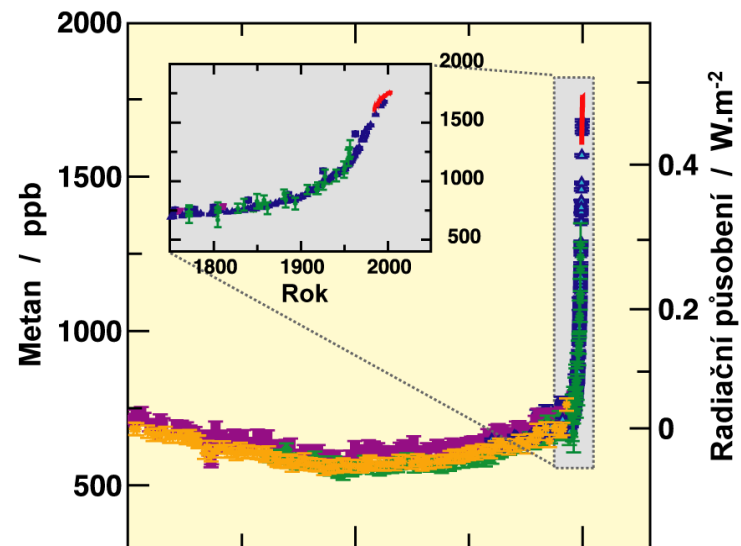
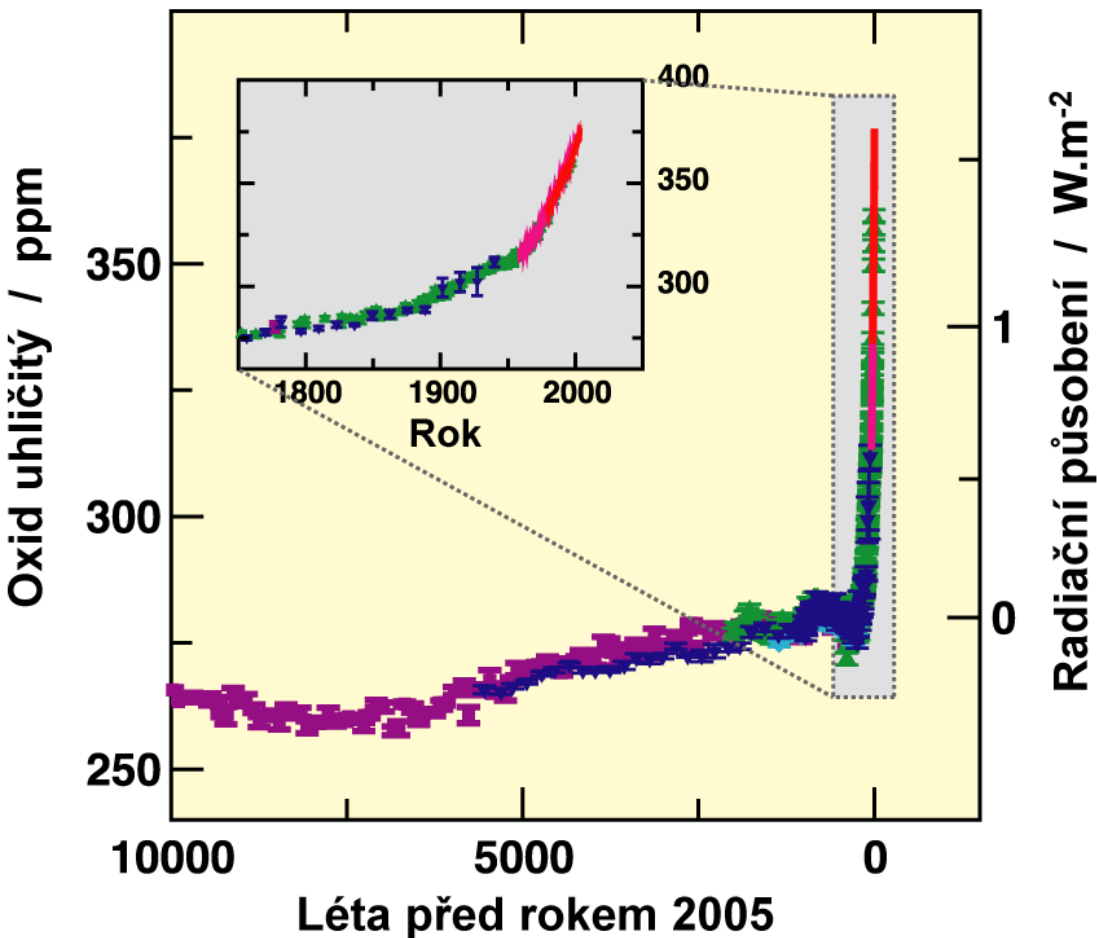
1. Příčiny

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

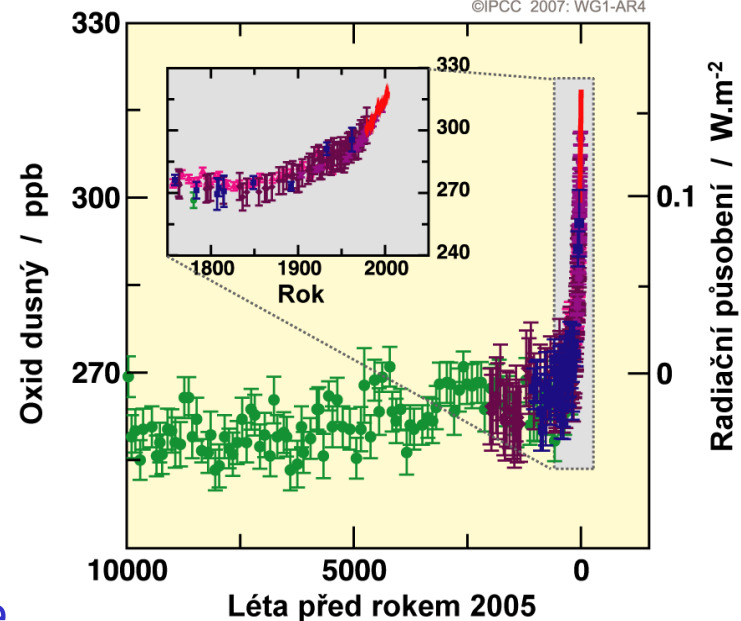
Květen 2011: 392,01 ppm



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

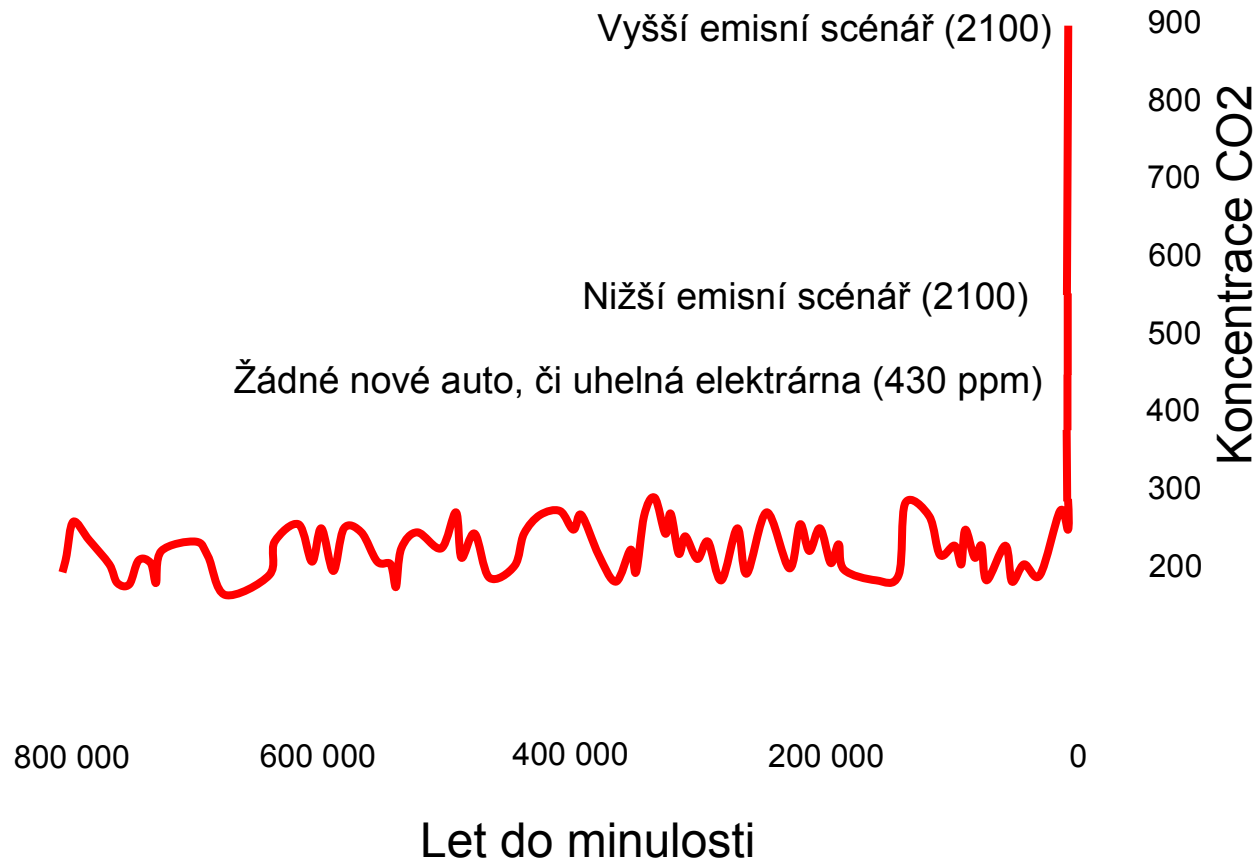


©IPCC 2007: WG1-AR4

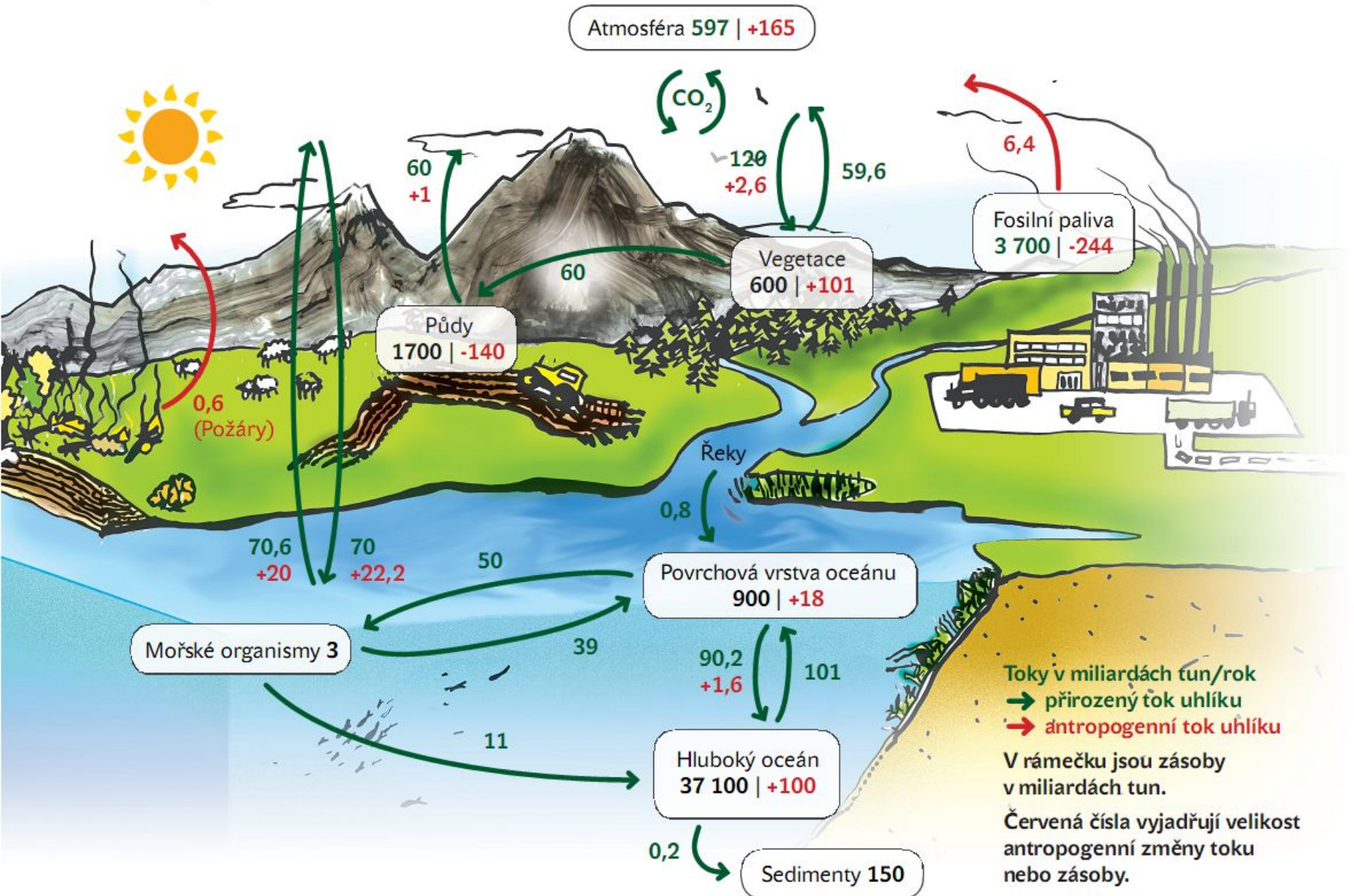


*Intergovernmental Panel on Climate Change
4th Assessment Report (IPCC AR4, Feb. 2007)*

Trochu historické perspektivy



Toky uhlíku v 90. letech 20. století



zdroj: Veronica, výstava Prima Klima

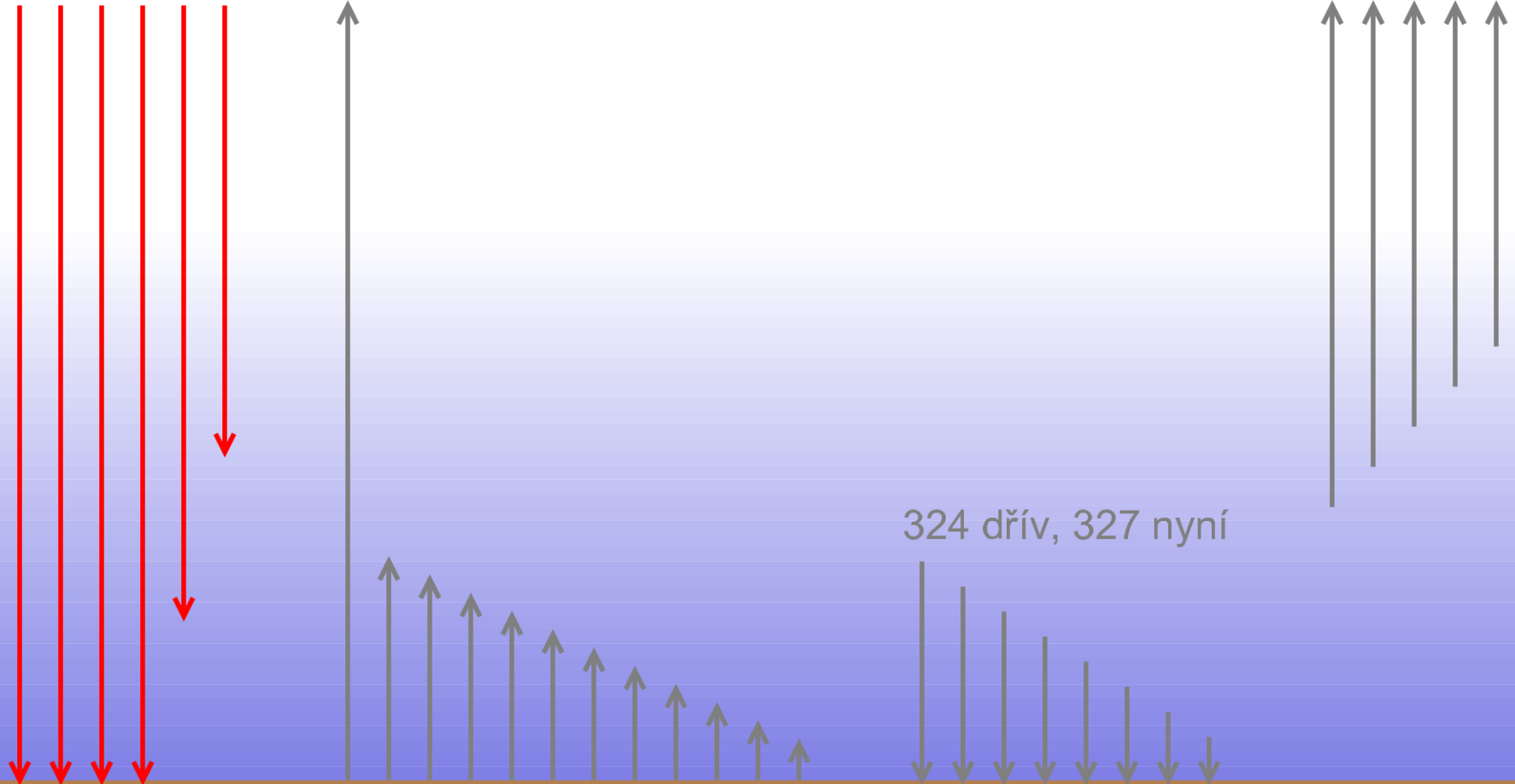
Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40

Sluneční záření

235

Dlouhovlnné záření zpět do vesmíru

235 před r.1900, ale jen 232 nyní: více než 1% změna!



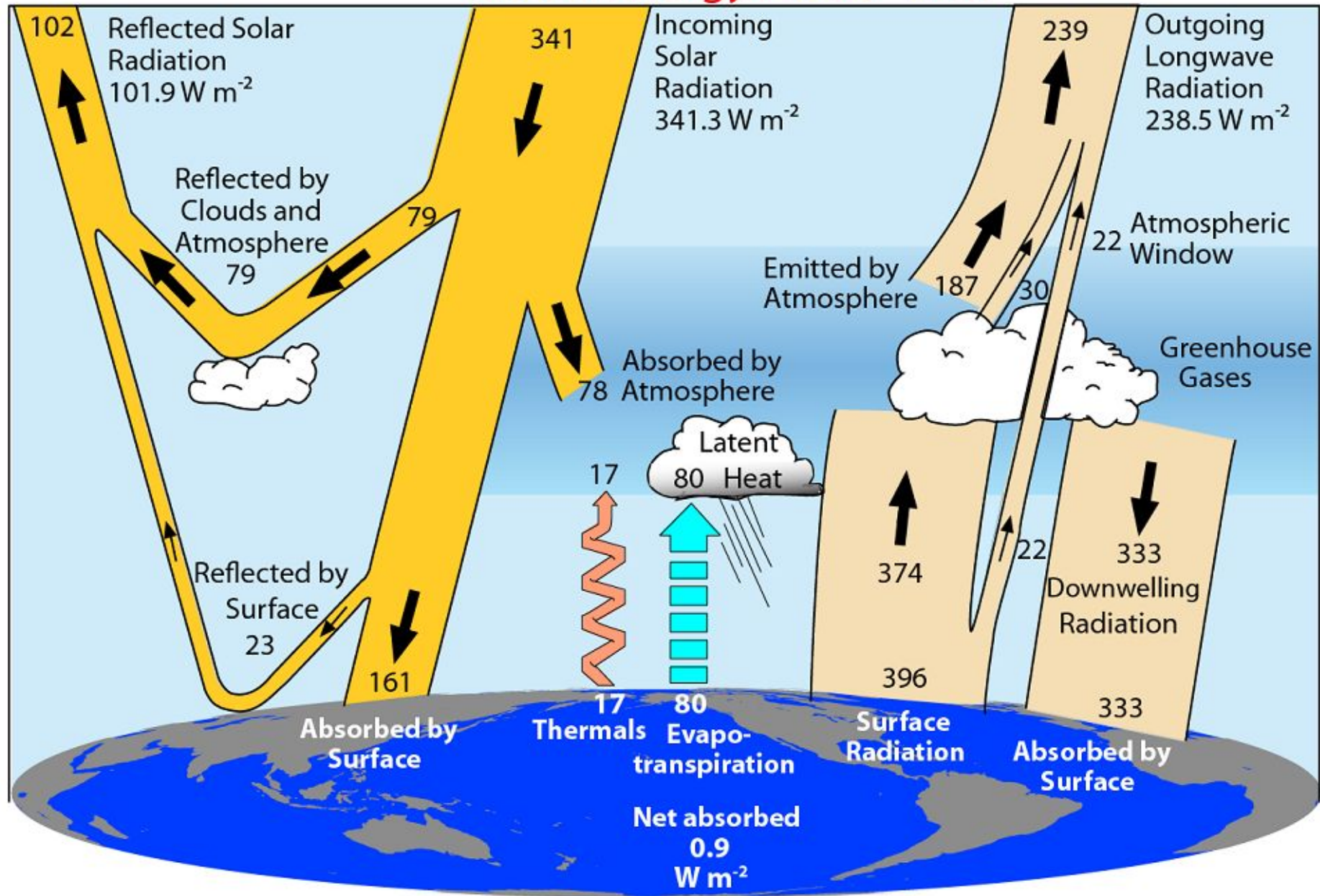
168

Tok z povrchu Země
(většinou pohlcen ovzduším)

324 dřív, 327 nyní

Dlouhovlnné záření z ovzduší

Global Energy Flows $W m^{-2}$



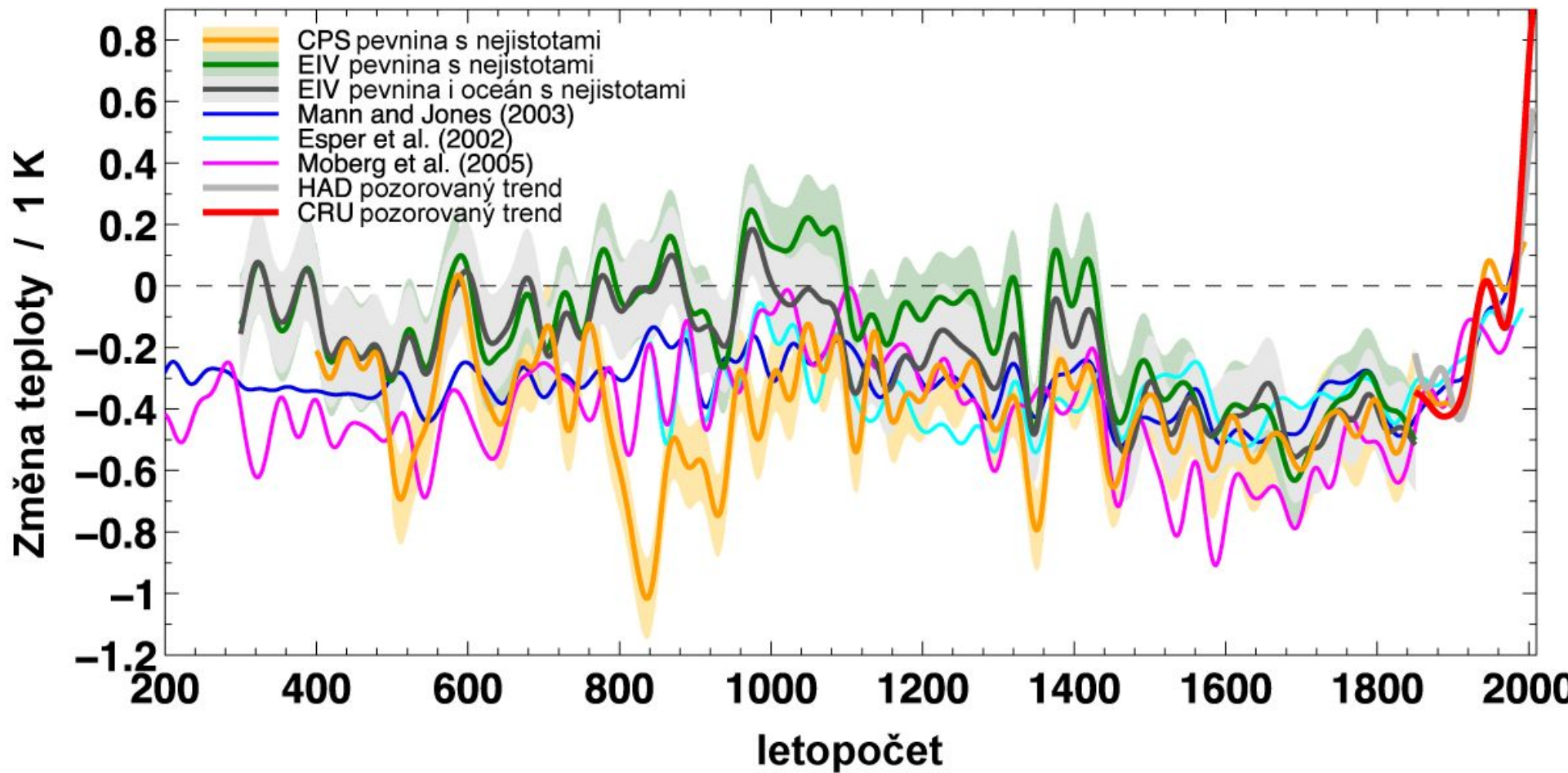
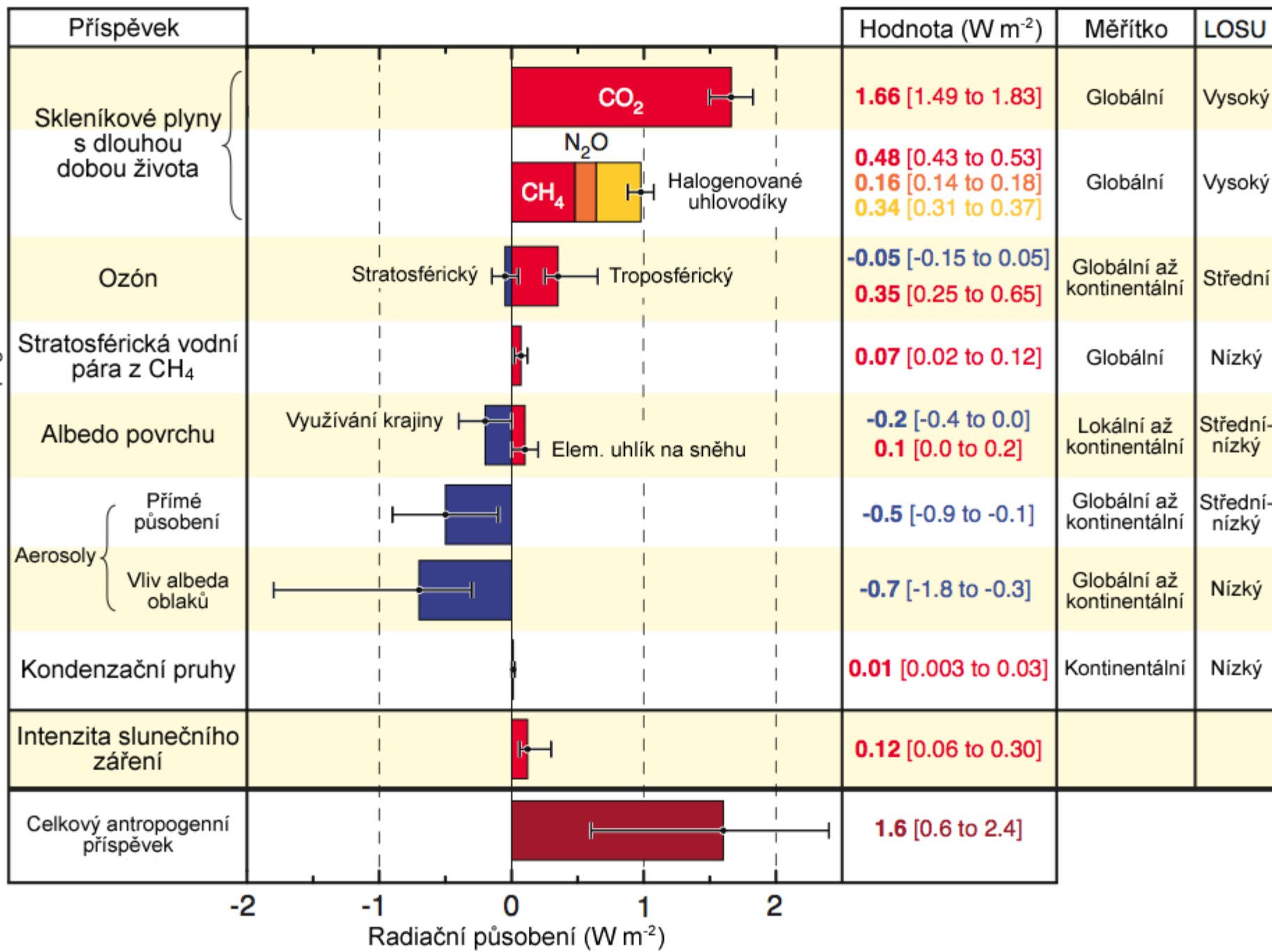


Figure 19: Rekonstrukce změn teploty severní polokoule od roku 200 (zdroj: Kodaňská diagnóza)

Príspevky k radiacnému pôsobení



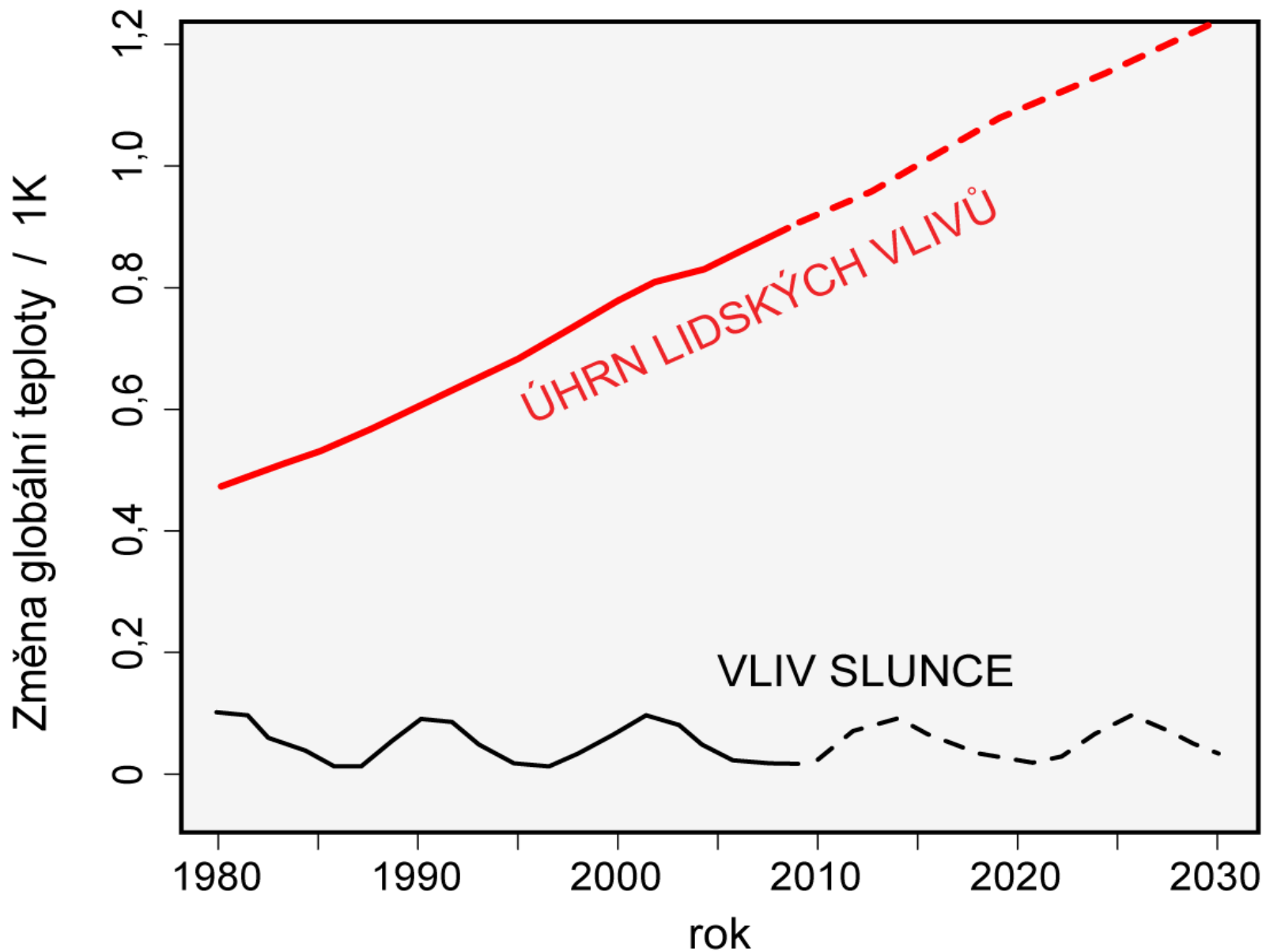
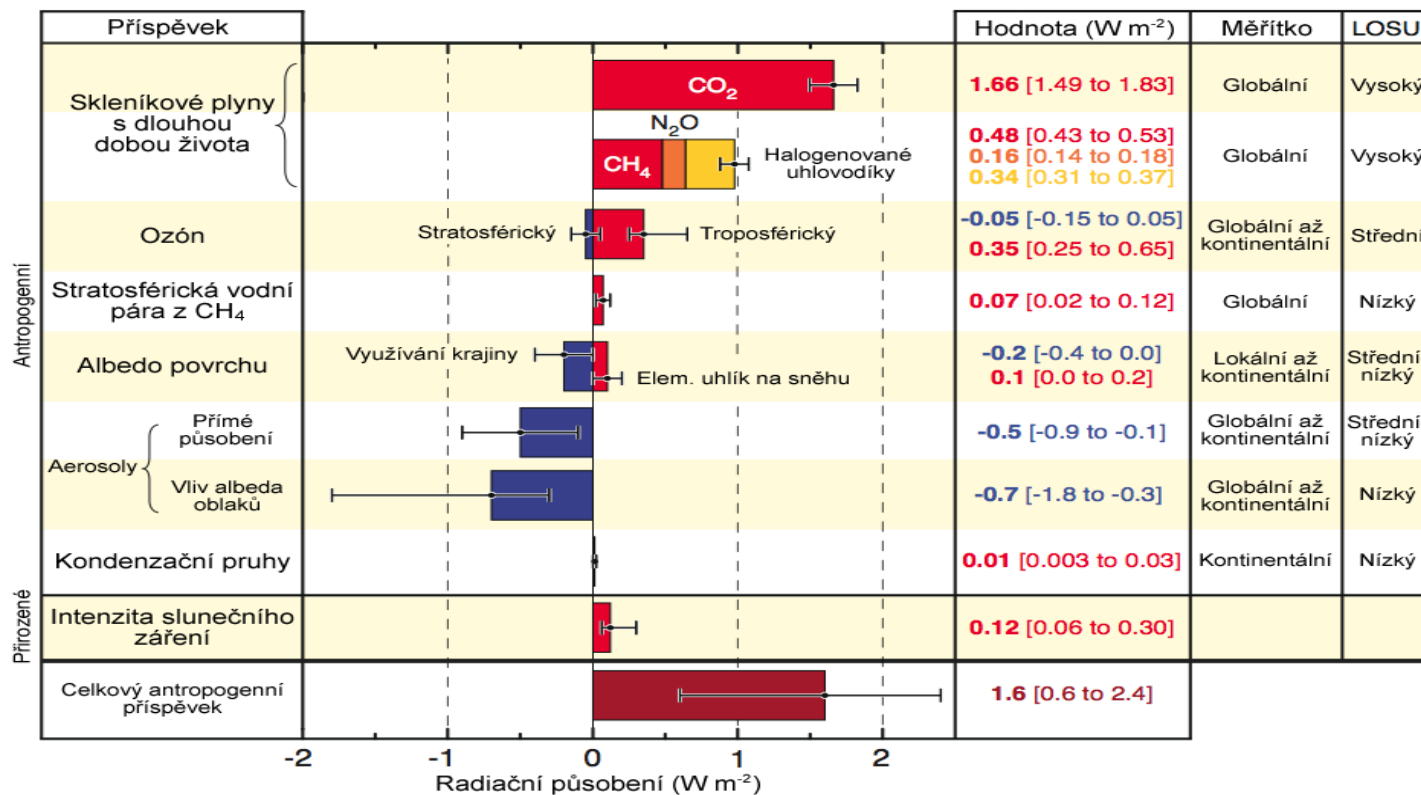
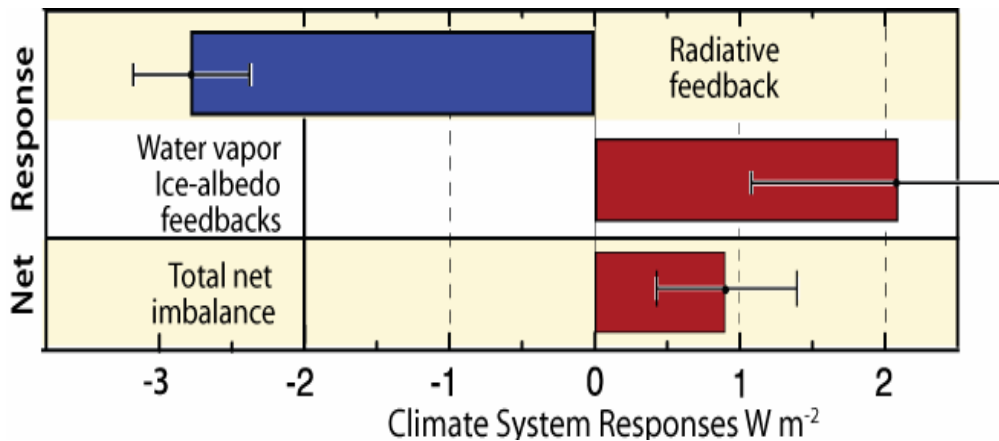


Figure 5: Vliv antropogenní oproti vlivu solárnímu od roku 1980 a projekce do 2030 (zdroj: Kodaňská diagnóza)

Příspěvky k radiálnímu působení



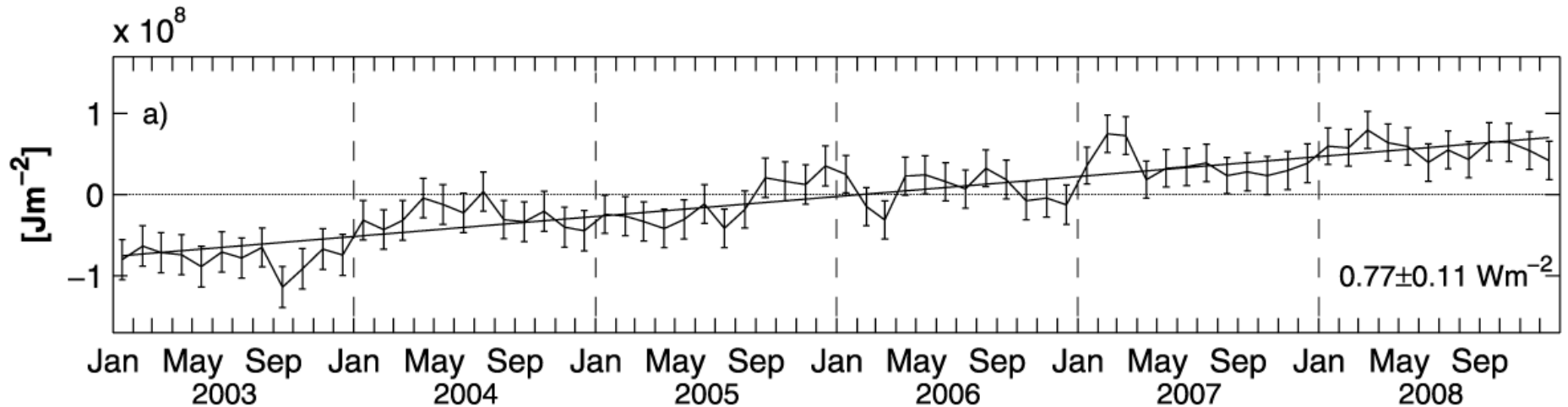
©IPCC 2007: WG1-AR4



Trenberth et al
2009

Tok tepla do oceánů

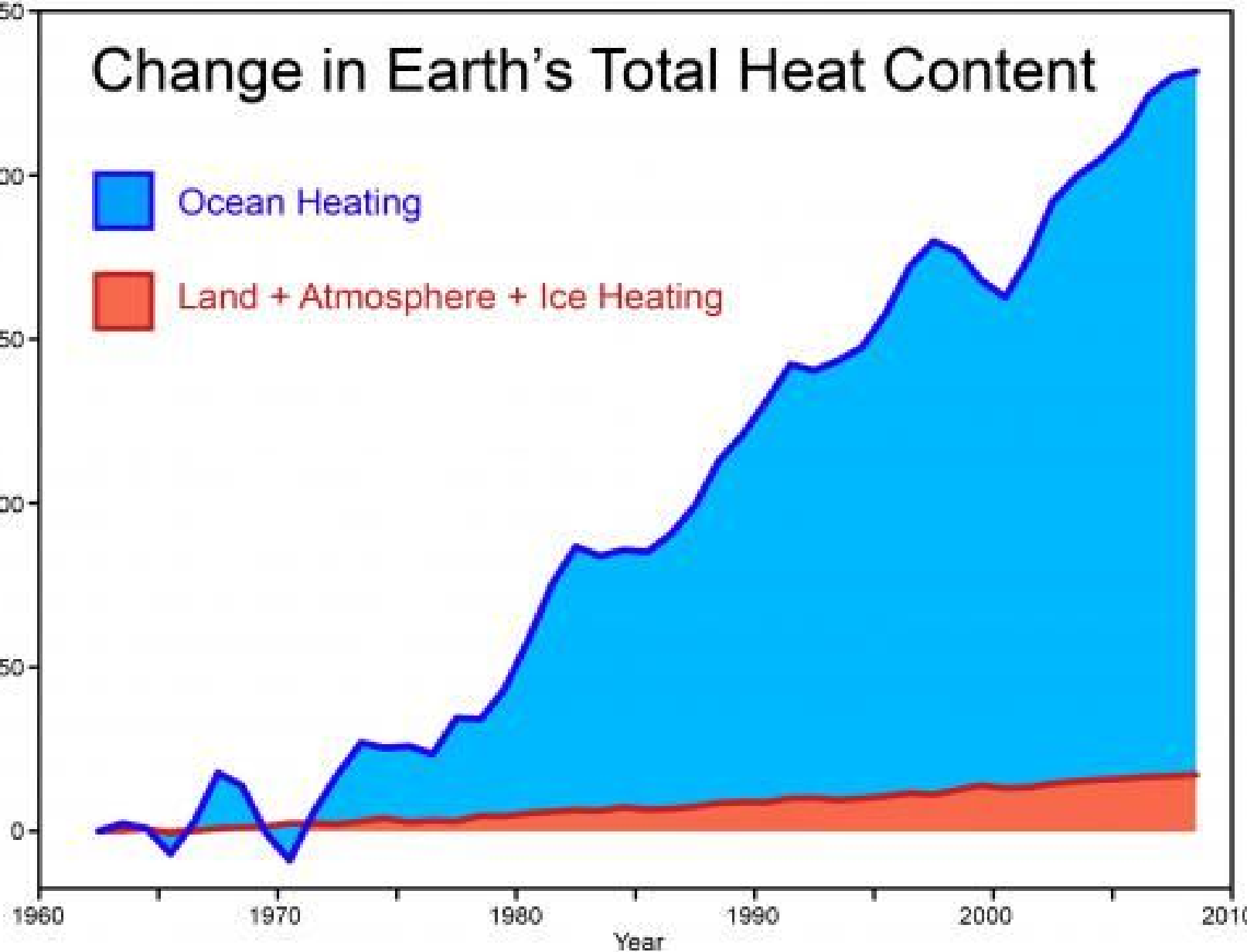
Global hydrographic variability patterns during 2003-2008.
Karina von Schuckmann, Fabienne Gaillard and Pierre-Yves Le Traon.
J. Geophys. Res., 114, C09007, doi:10.1029/2008JC005237



Change in Earth's Total Heat Content

Change in Total Heat Content since 1961 (10^{21} Joules)

- Ocean Heating
- Land + Atmosphere + Ice Heating

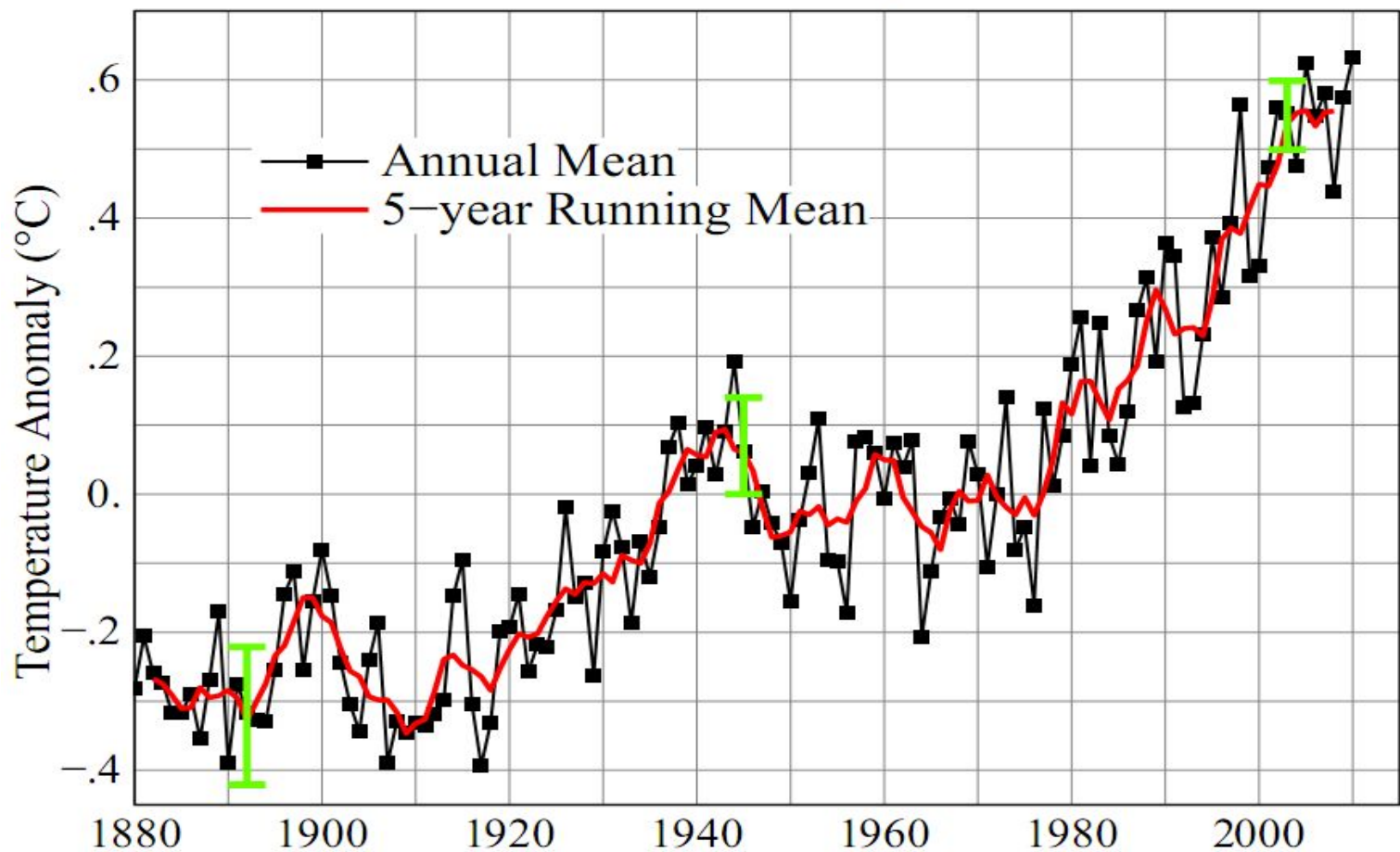


2. Projevy

Země se ohřívá

90. léta byla tehdy nejteplejší zaznamenaná dekáda,
třetí tisíciletí je ještě teplejší

Global Land–Ocean Temperature Index



Nejteplejší
roky

2010

2005

2007

2009

1998

2002

2006

2004

2001

2008

~ 0.8 °C: globální zvýšení teploty za poslední století

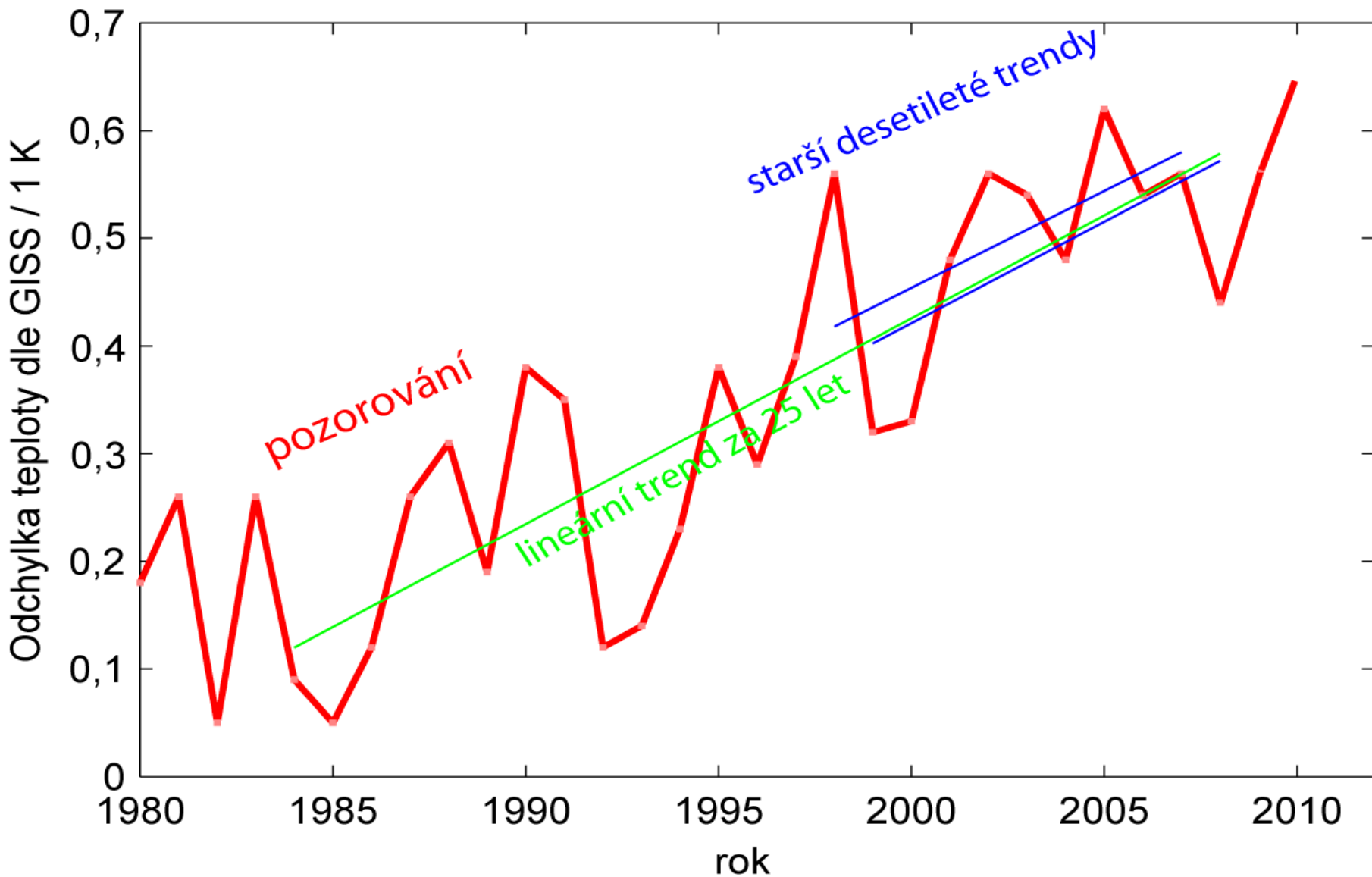
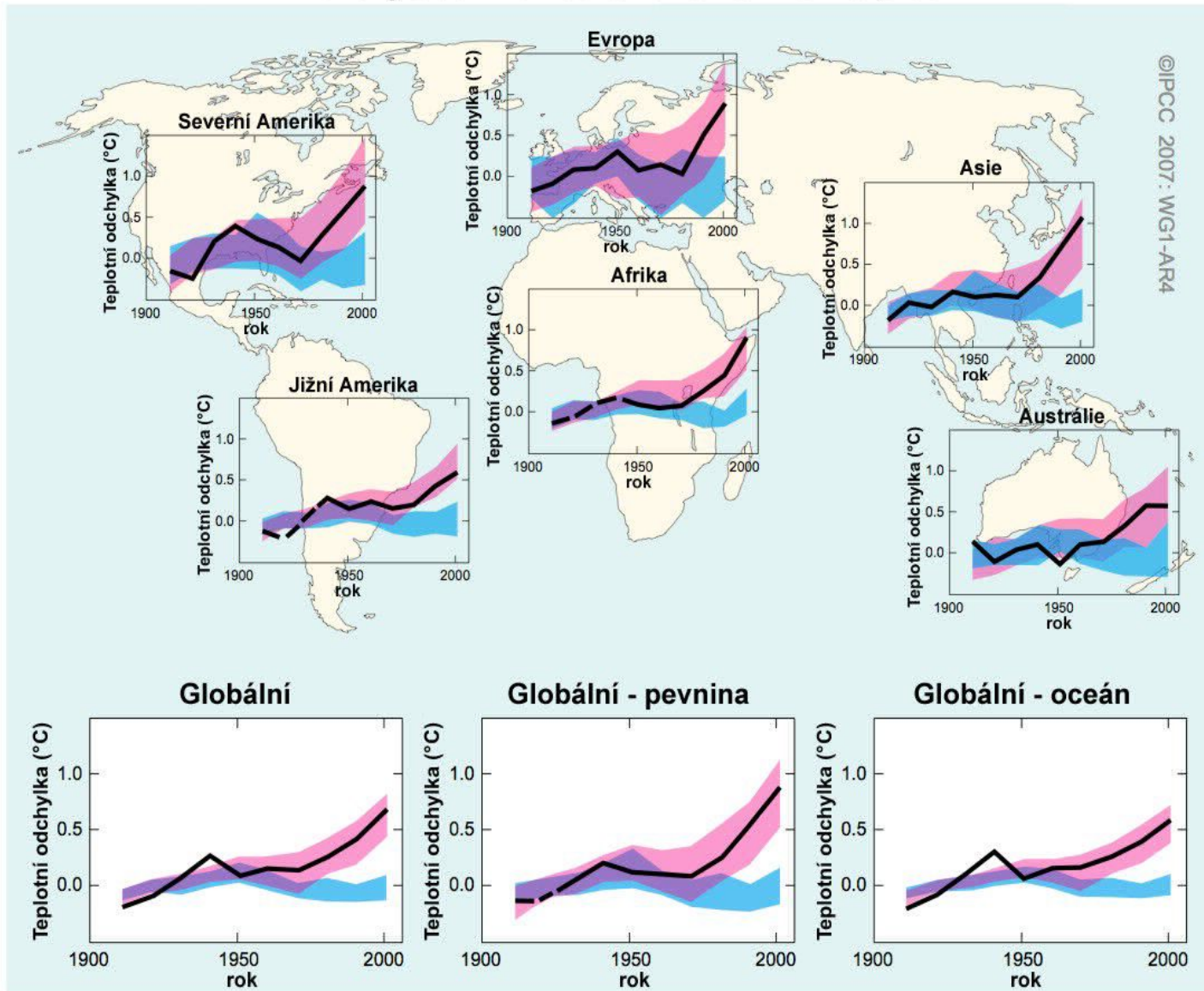


Figure 4: Změna globální teploty od roku 1980 dle údajů GISS

Změna globálních a kontinentálních teplot

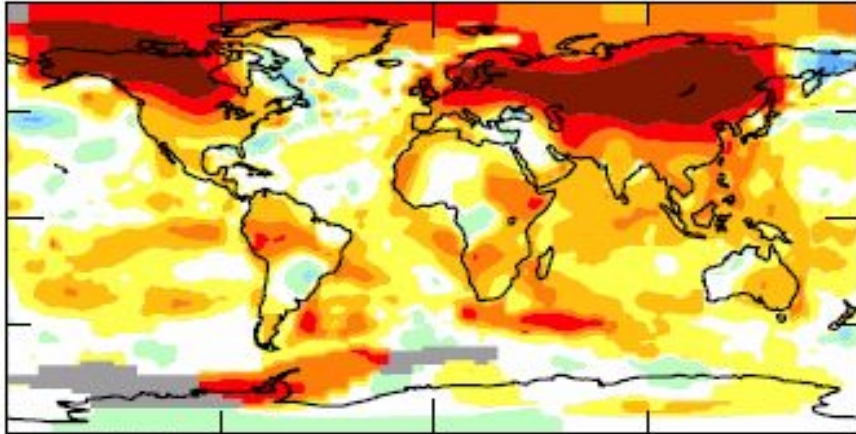


Čtvrtletní trendy od r. 1950

1950-2009 Seasonal Surface Temperature Changes (°C)

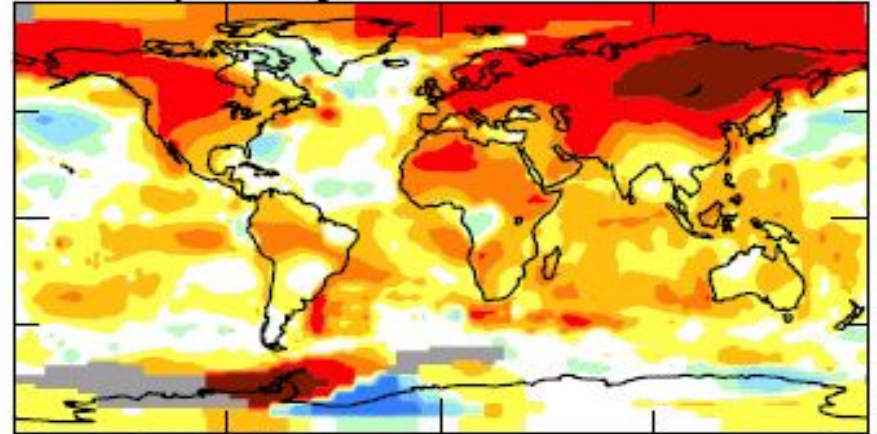
Dec-Jan-Feb

.66



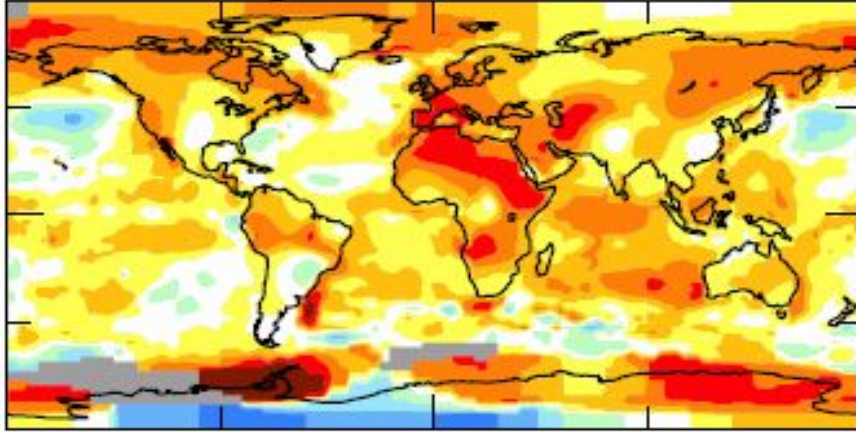
Mar-Apr-May

.66



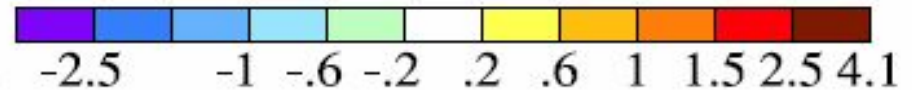
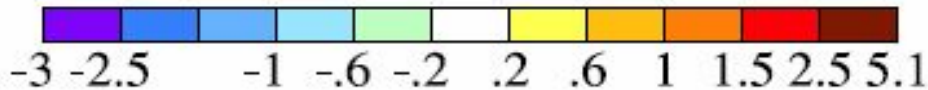
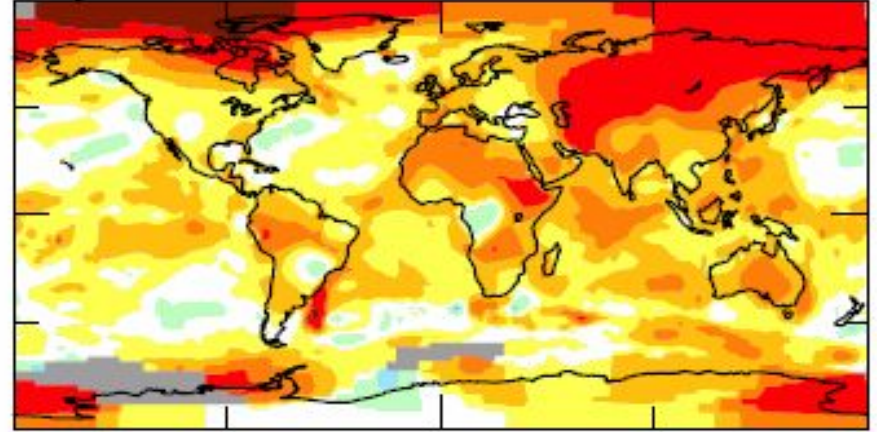
Jun-Jul-Aug

.60

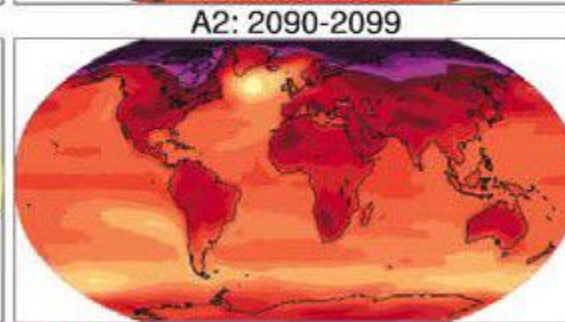
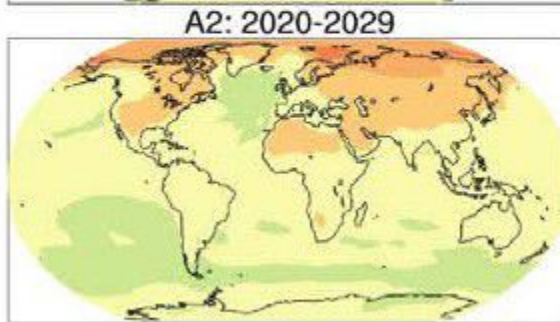
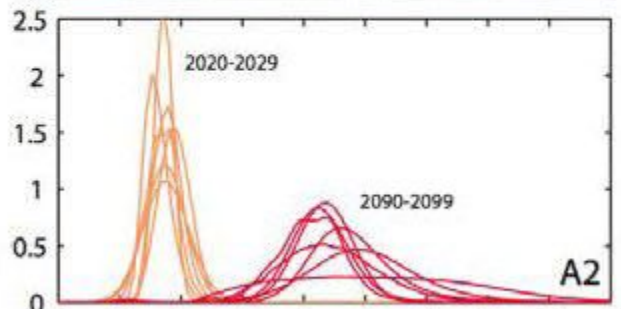
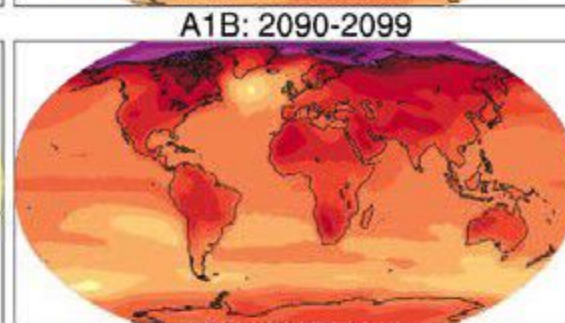
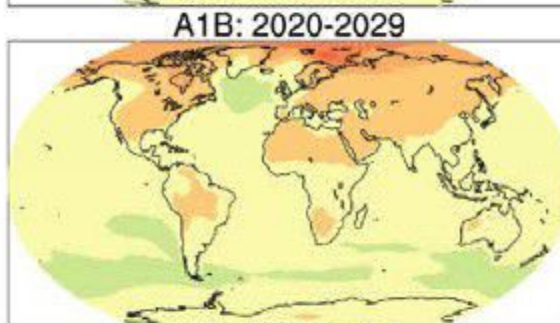
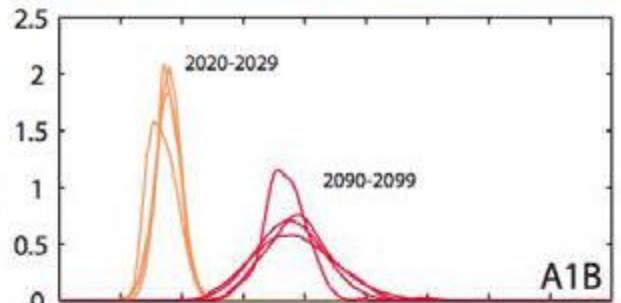
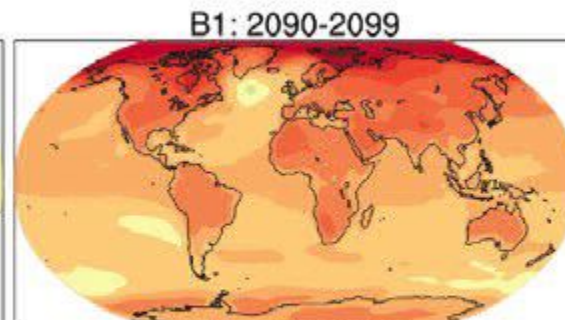
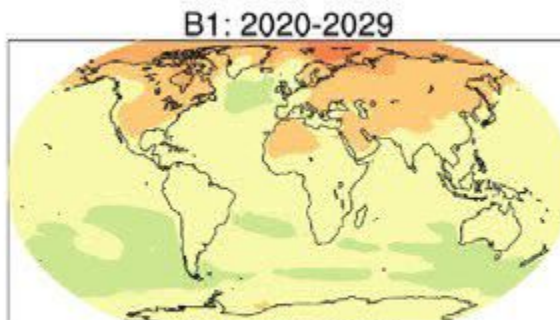
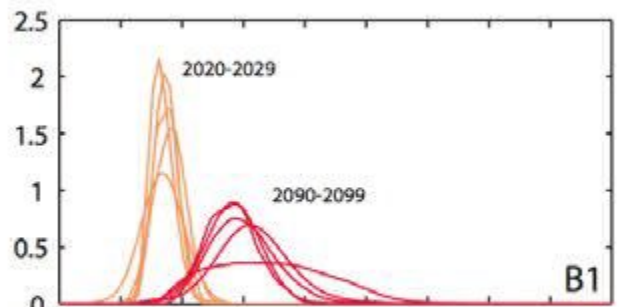


Sep-Oct-Nov

.64



AOGCM projekce povrchové teplot



Globální průměrná změna povrchové teploty (°C)



Horské ledovce tají na celém
světě

Nový Zéland

Mueller Glacier





© Gary Braasch Photography

1911

USA
Grinnell Glacier
Glacier National
Park



© Gary Braasch Photography

2000



Švýcarsko

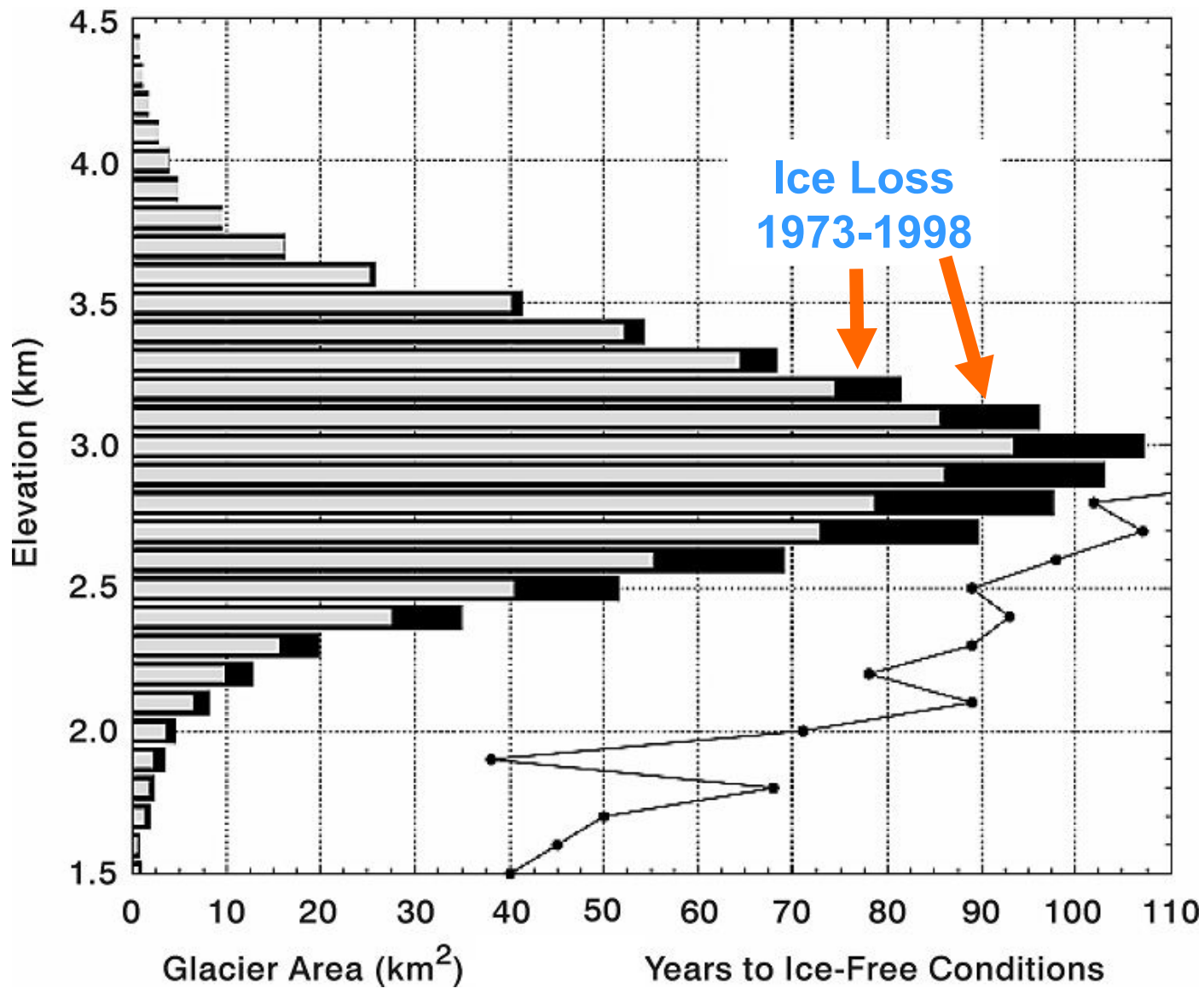
Rhone Glacier



Ledovec Rongbuk



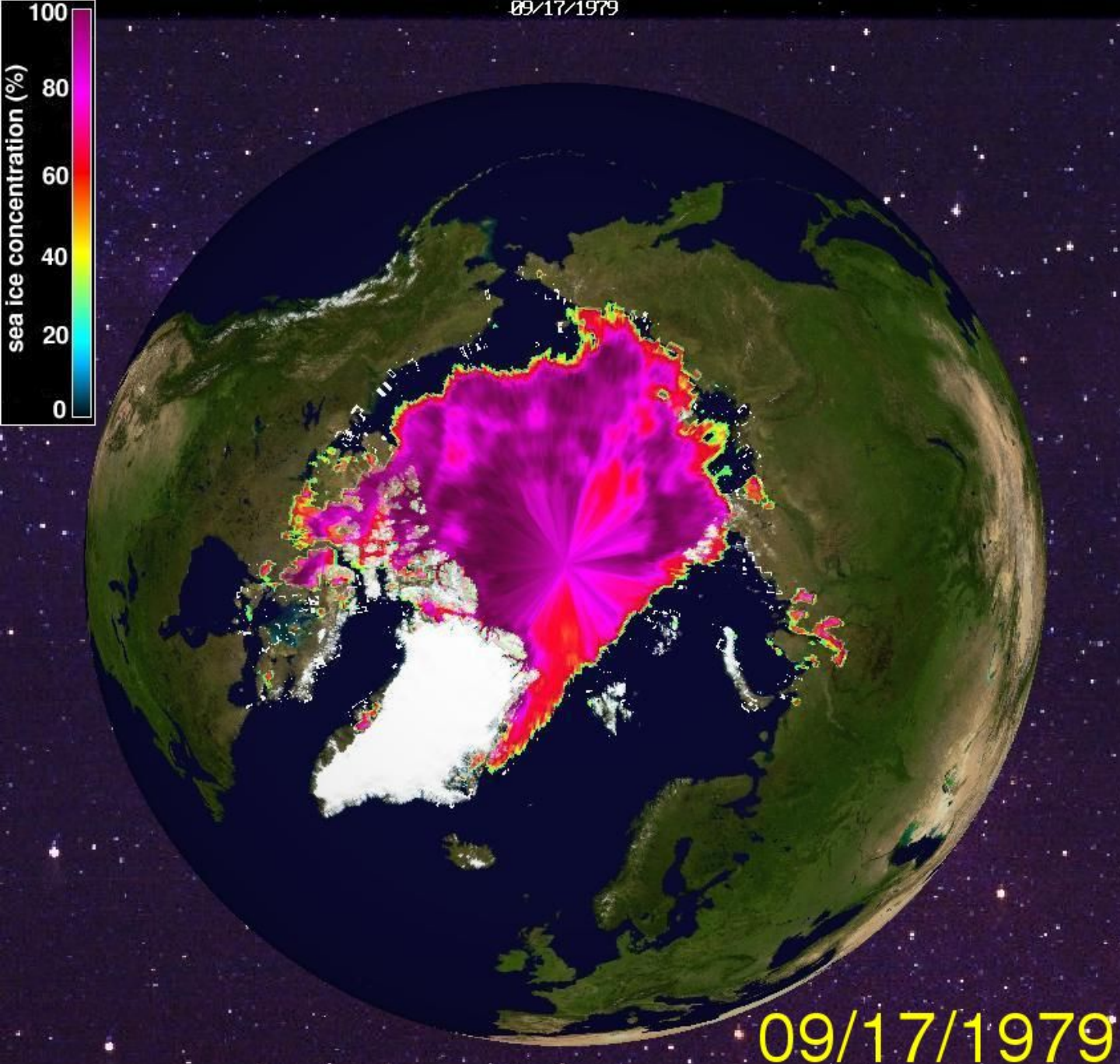
Ledovec v roce 1968 (nahore) a 2007. Největší ledovec na severním svahu Mount Everestu napájí řeku Rongbuk.



Černě: ztráta ledu od r. 1973 do 1998. Křivka: roky do zániku tímto tempem.

Ztmavnutí povrchu

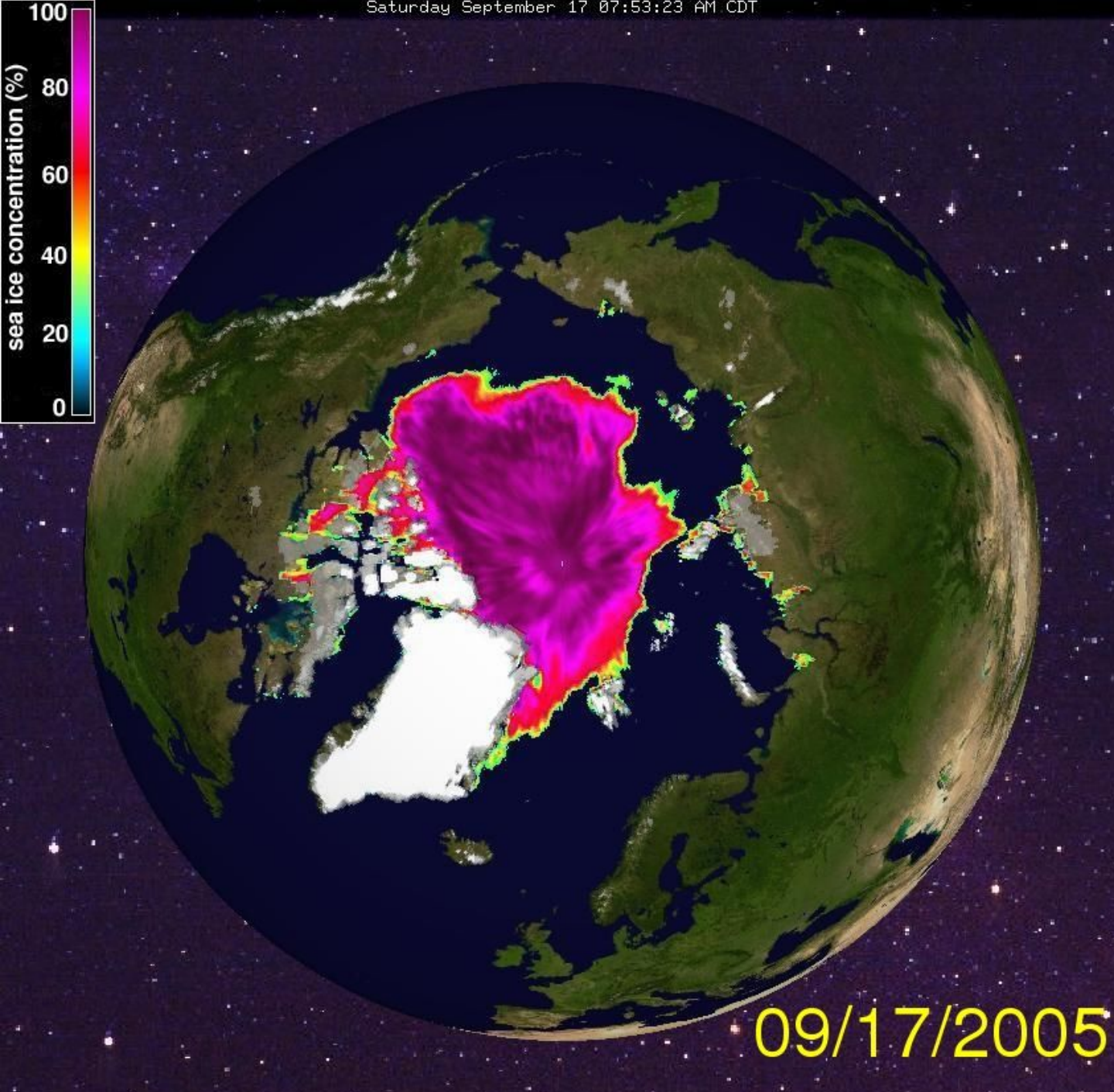
velká zesilující zpětná vazba



1979
17. září

Arktický
mořský led

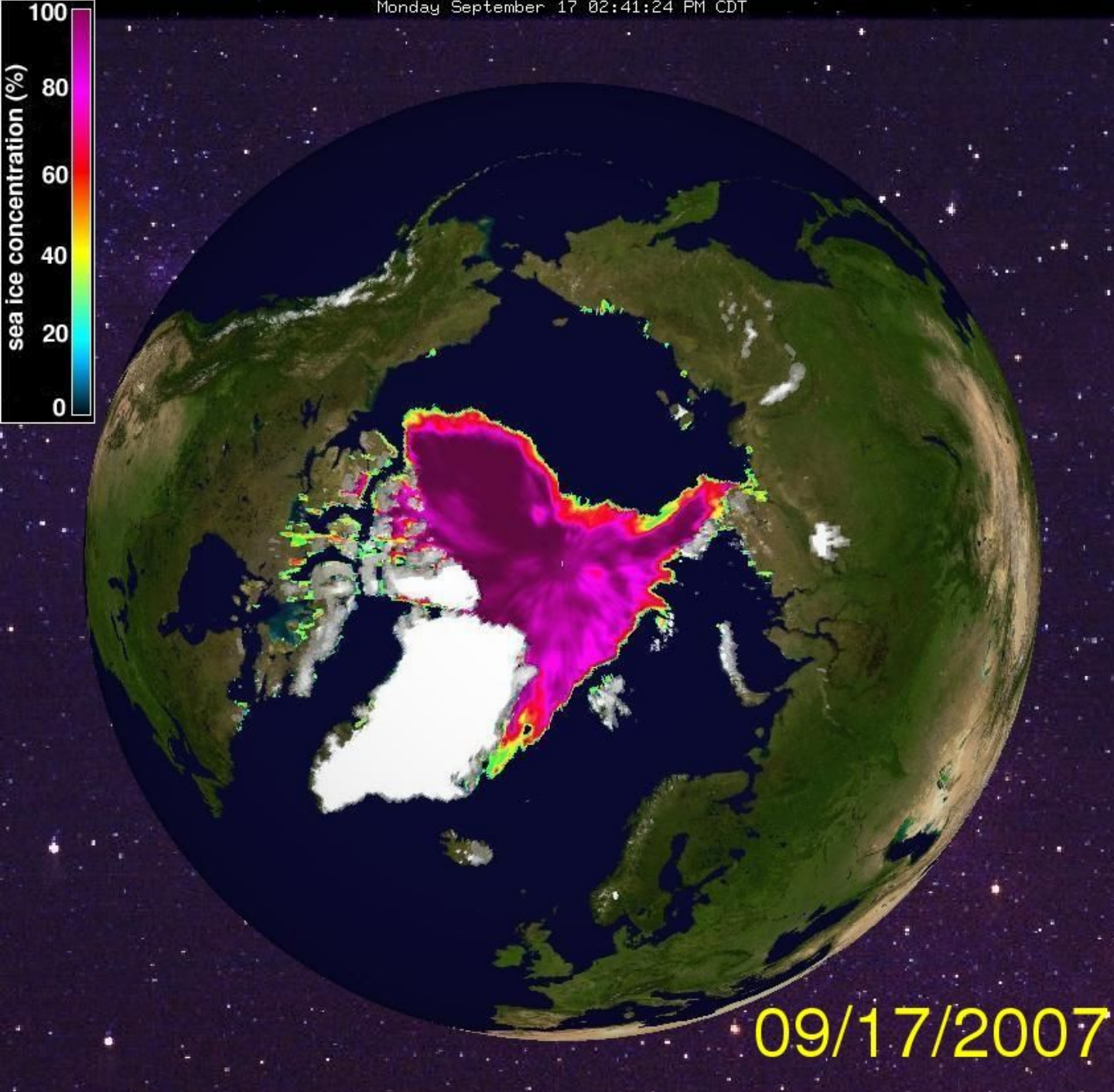
09/17/1979



2005
17. září

Arktický
mořský led

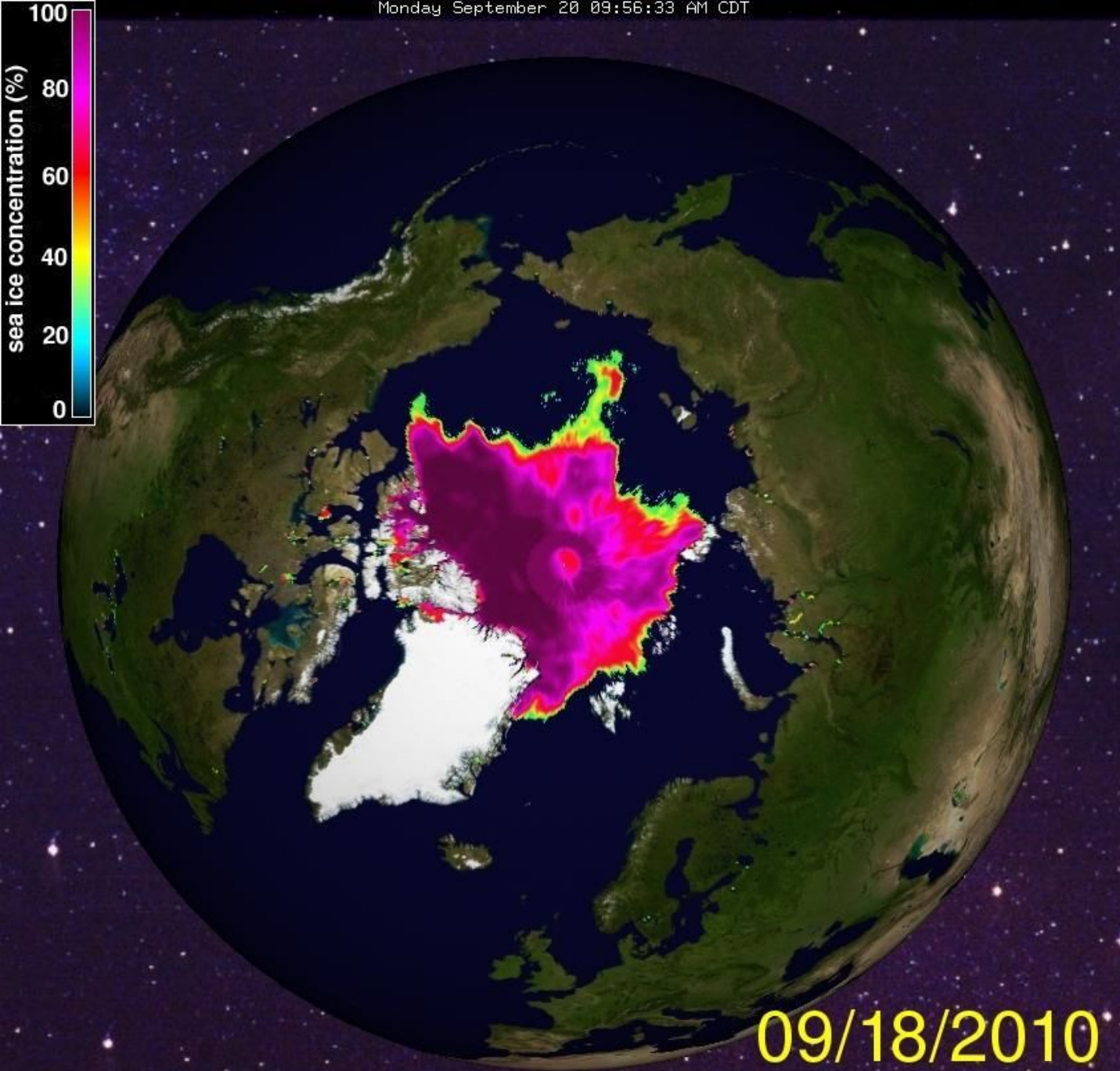
09/17/2005



2007
17. září

Arktický
mořský led

09/17/2007



2010
18. září

Arktický
mořský led

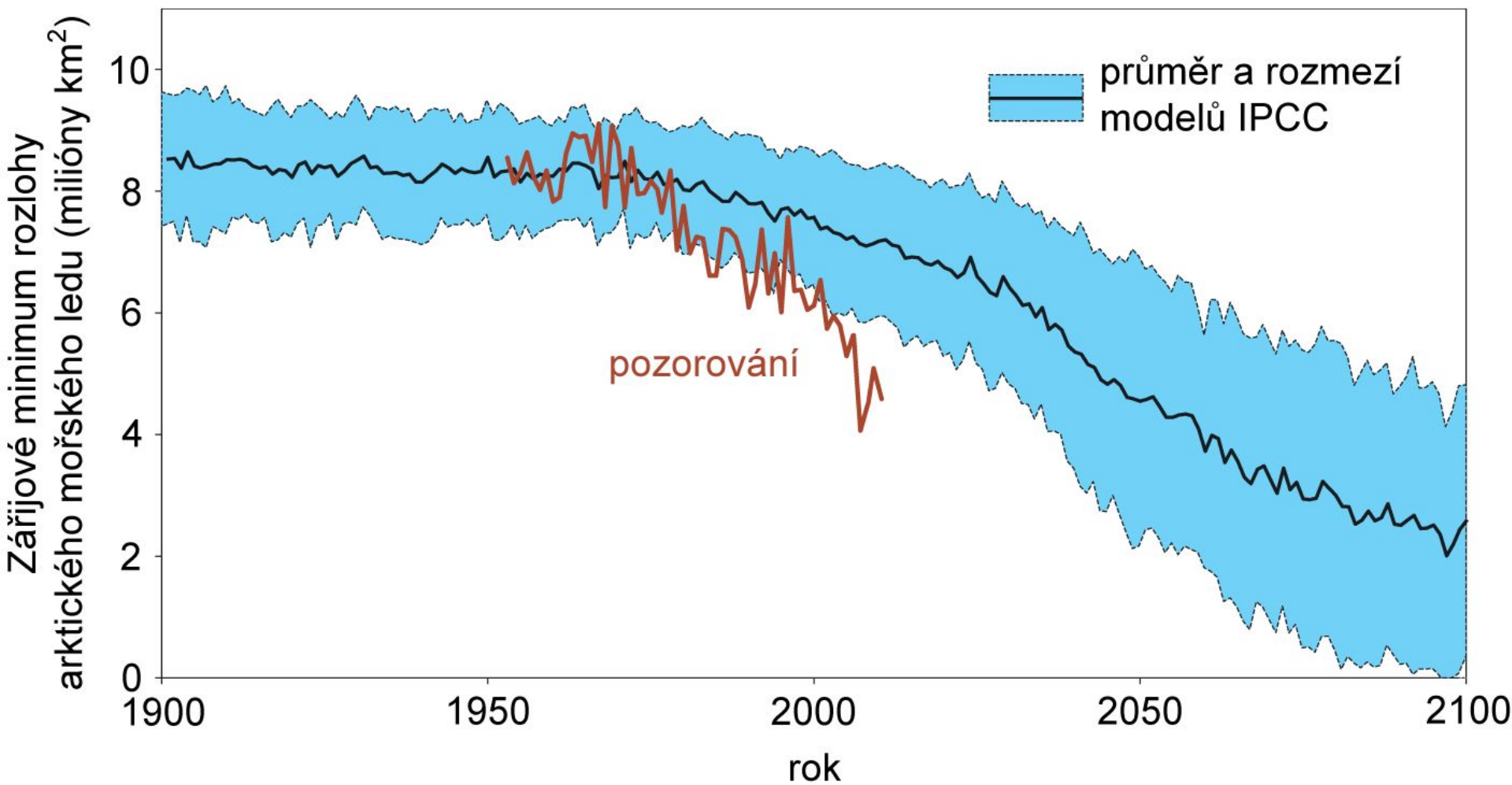
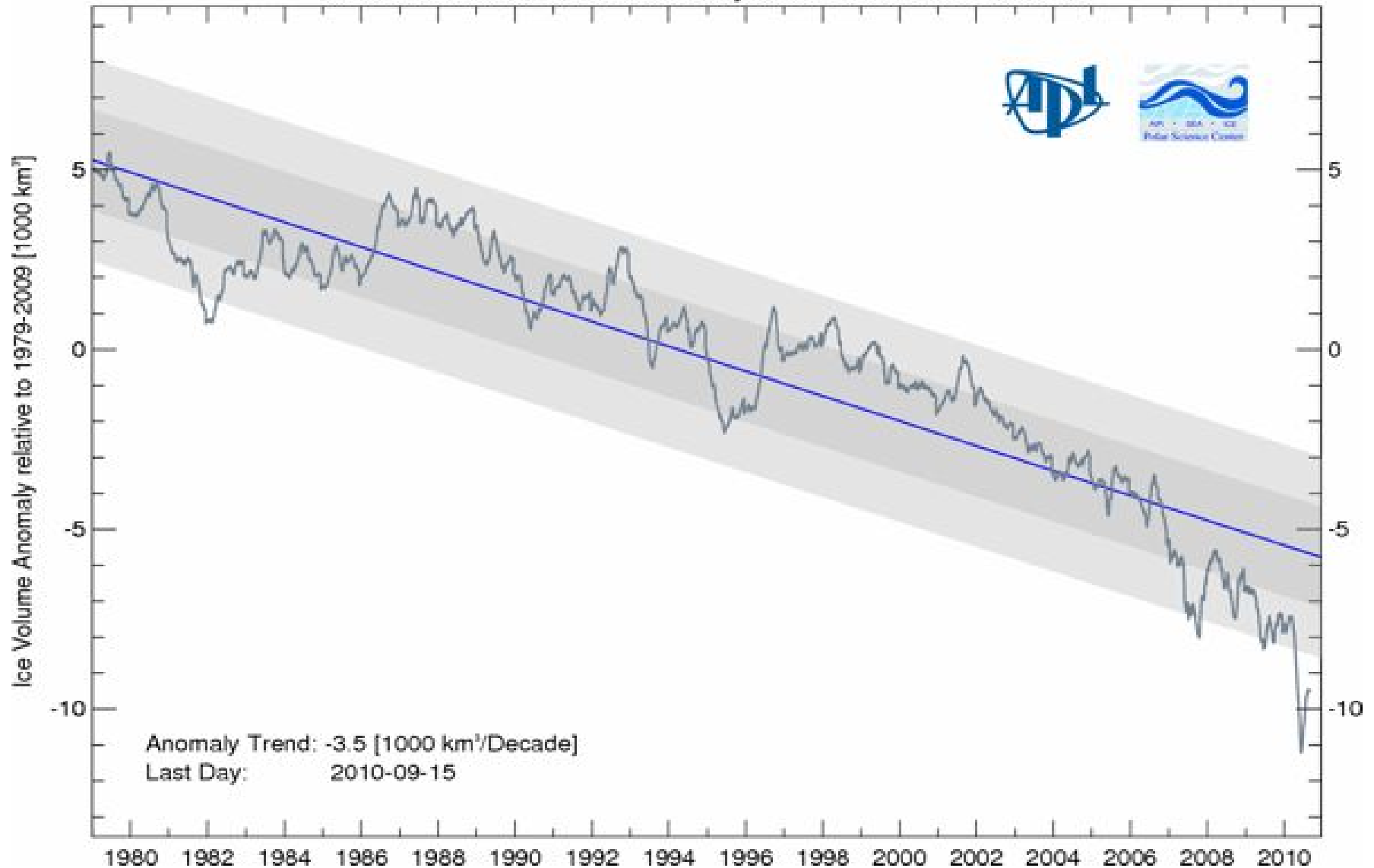


Figure 13: Pozorované a modelované změny rozlohy mořského ledu v Arktidě

Odchylka objemu arktického mořského ledu od průměru pro daný den

Arctic Sea Ice Volume Anomaly and Trend from PIOMAS



Budoucí rizika

v oteplujícím se světě



riziko

=

pravděpodobnost

x

dopad

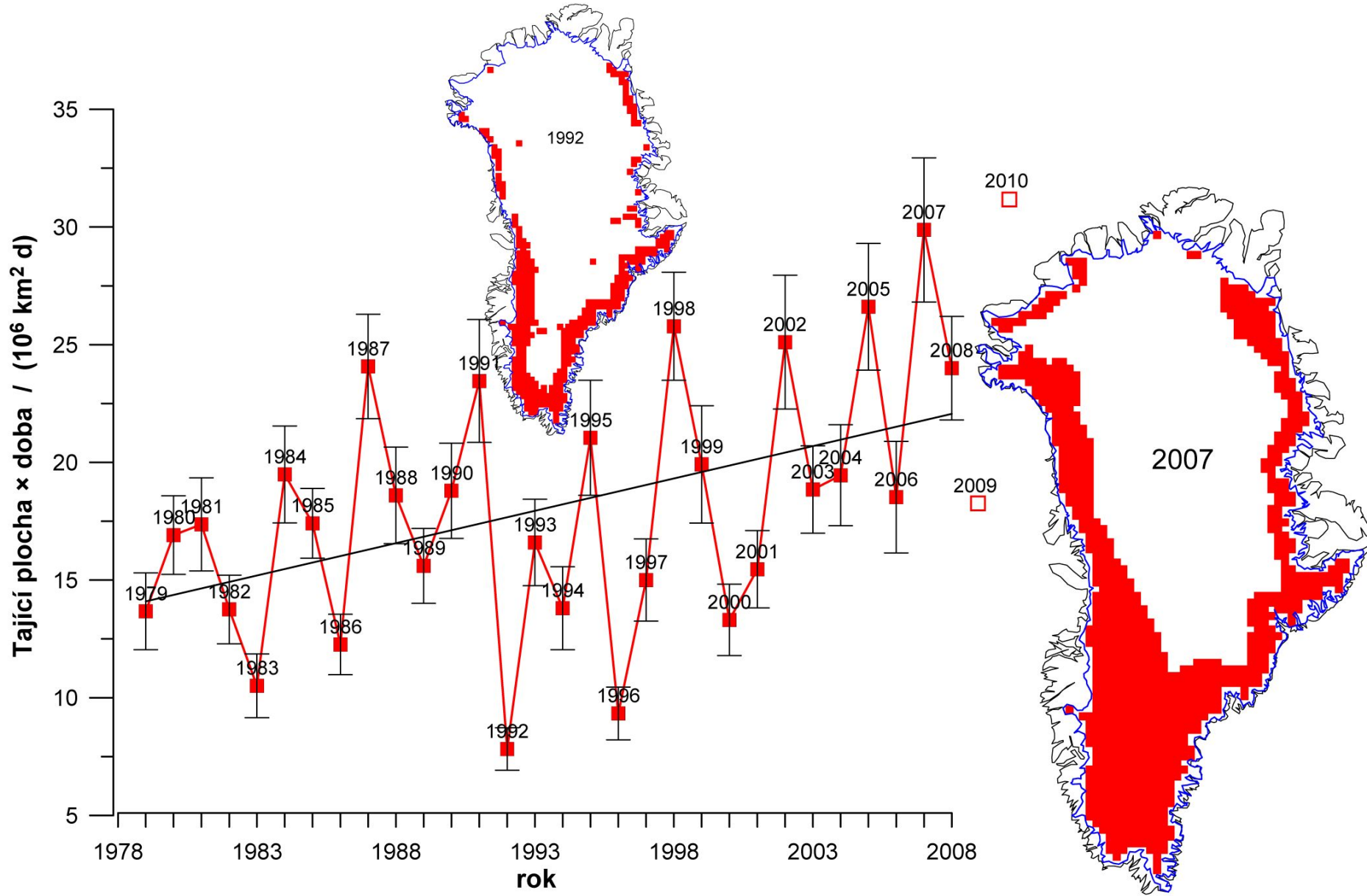
Tání na povrchu Grónska

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



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

Rozloha oblasti tání



Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje



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

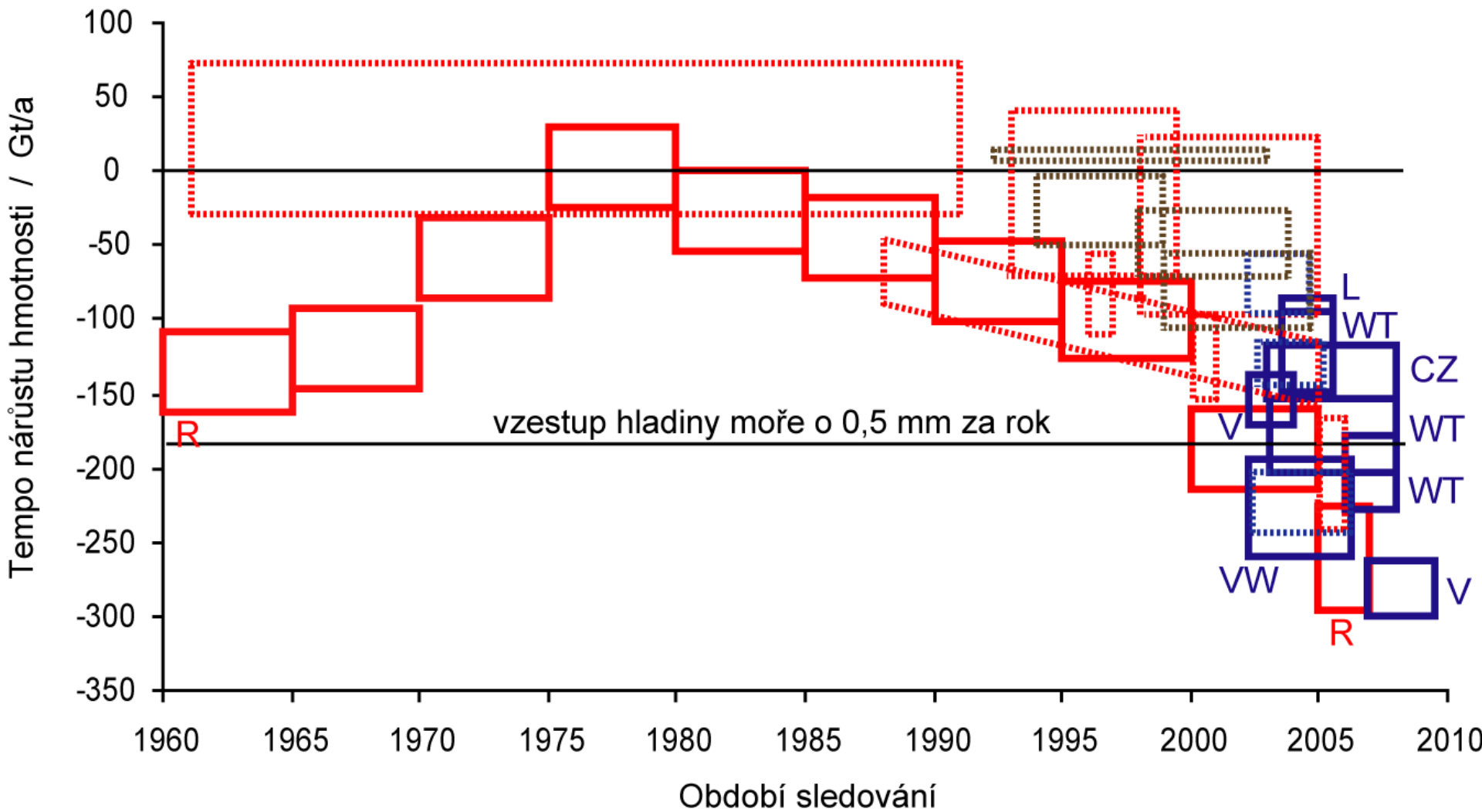


Figure 8: Úbytek hmotnosti ledu v Grónsku od roku 1960, gigatuny za rok

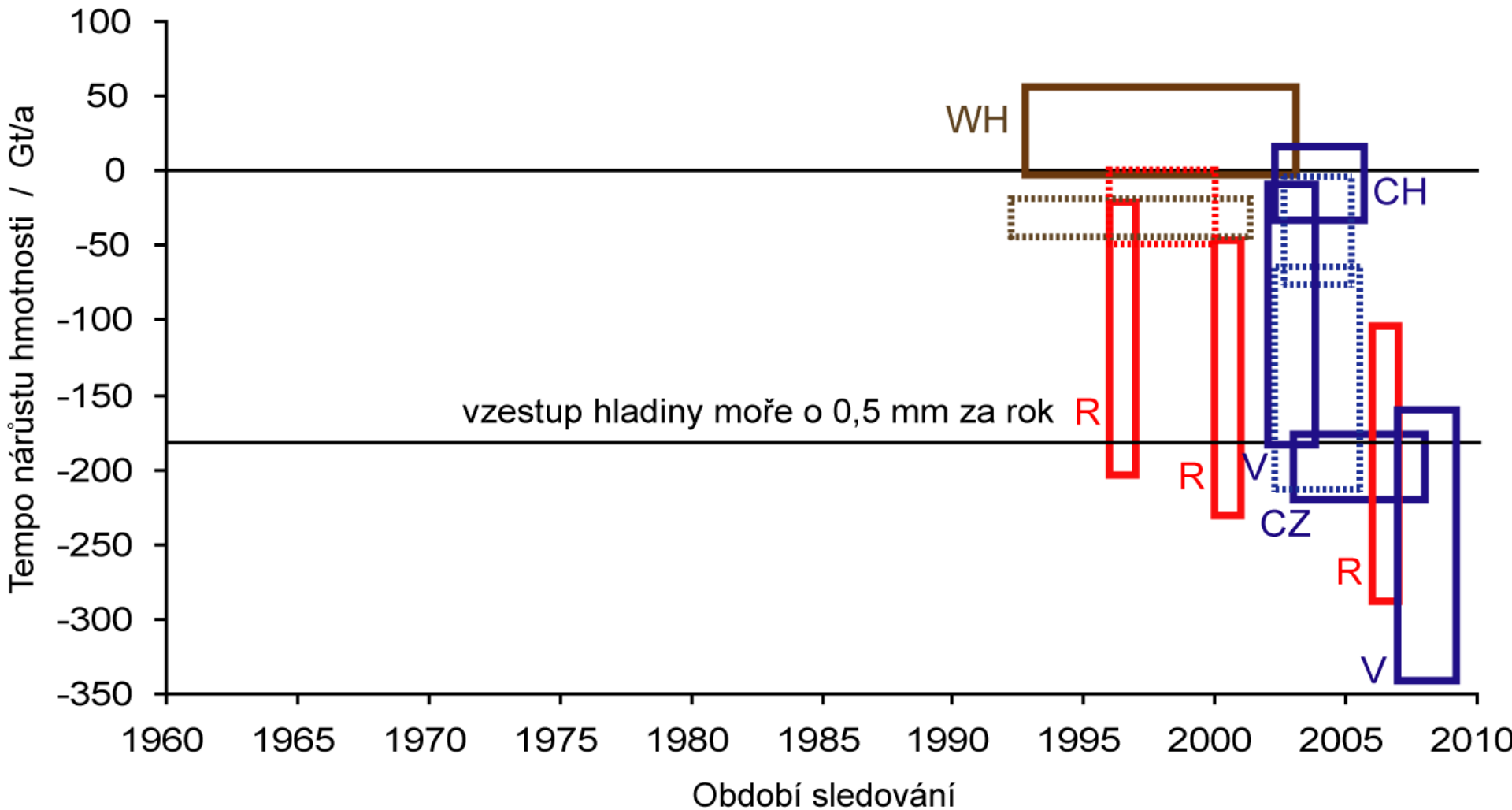
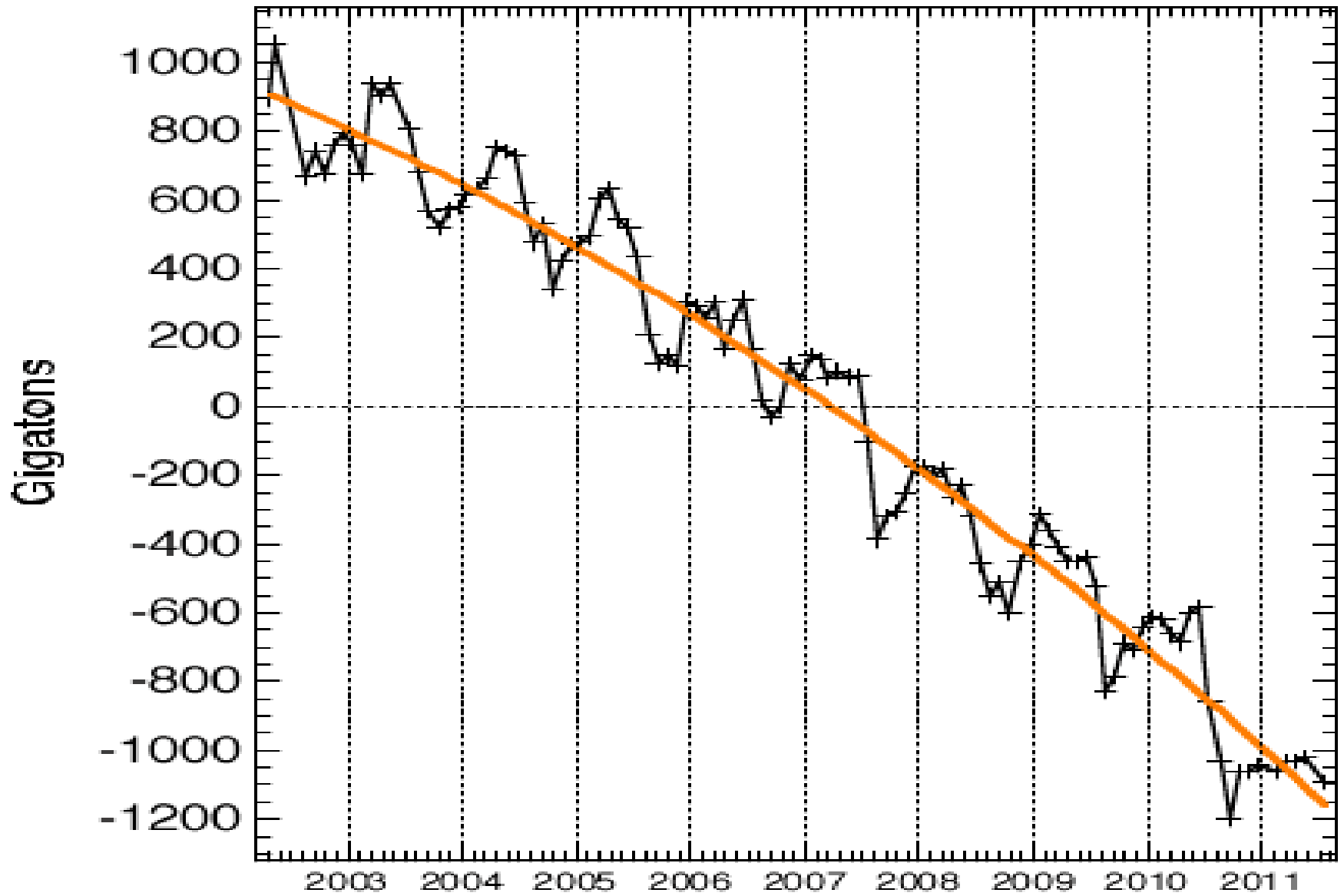
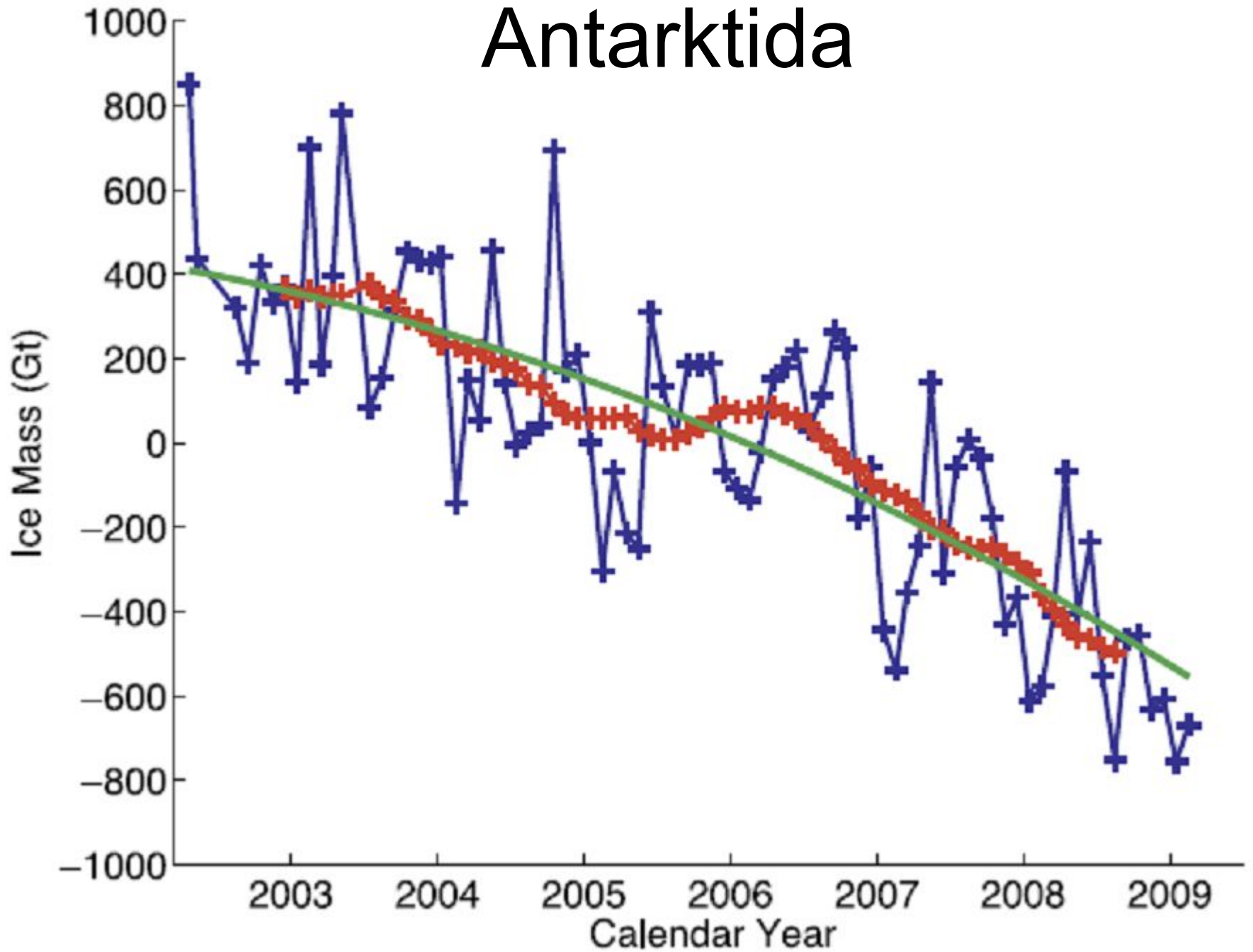


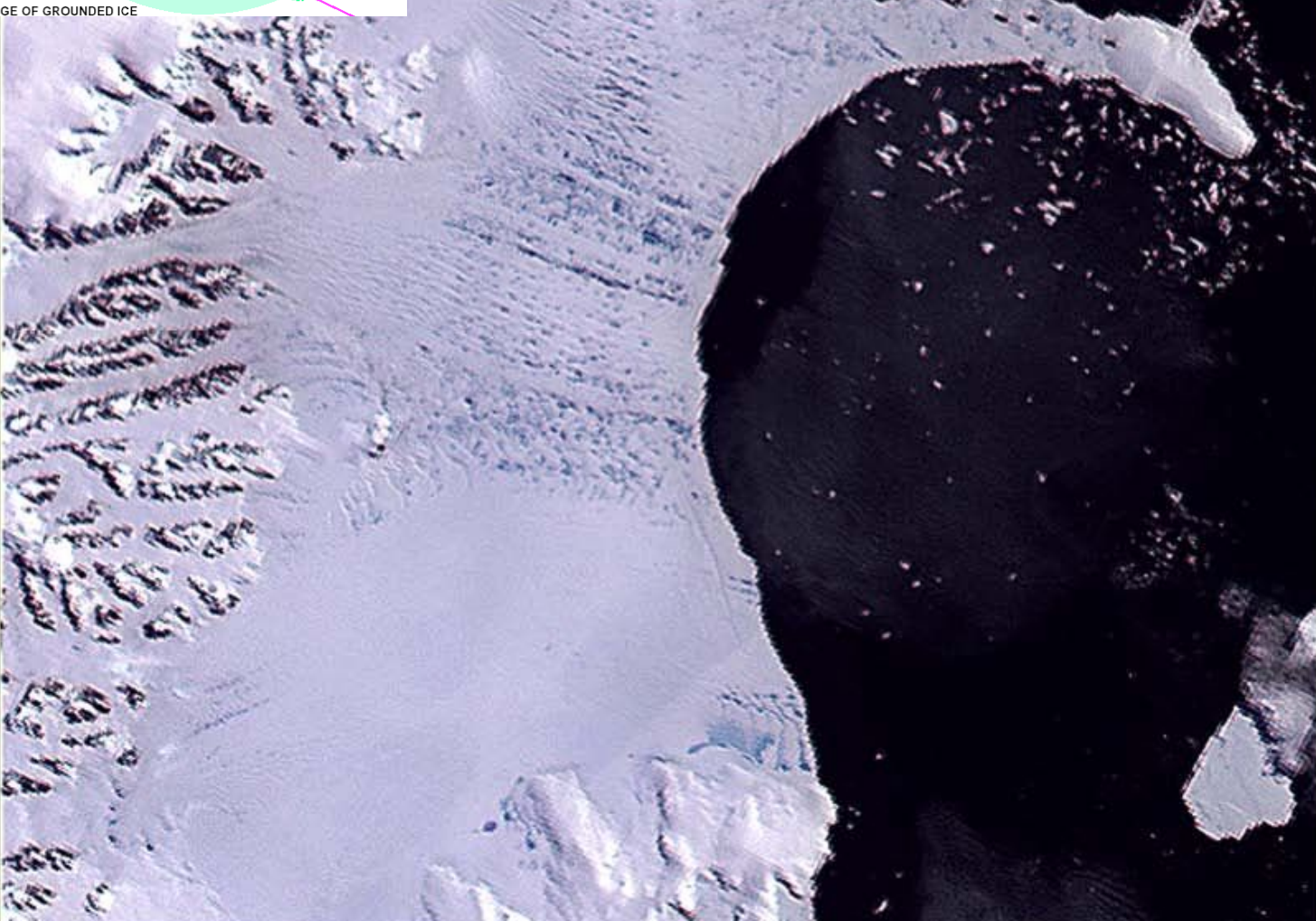
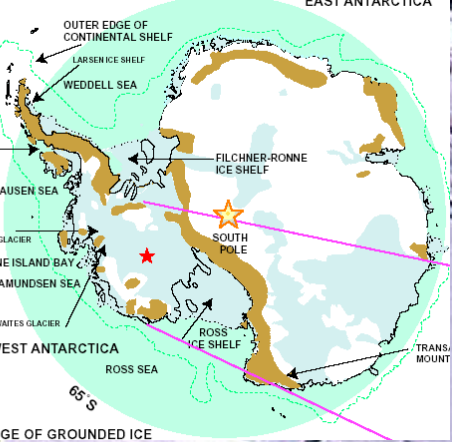
Figure 10: Úbytek hmotnosti ledu v Antarktidě od roku 1960, gigatuny za rok

Greenland



Antarktida





30. leden
2002

Scambos,
NSIDC

20 km

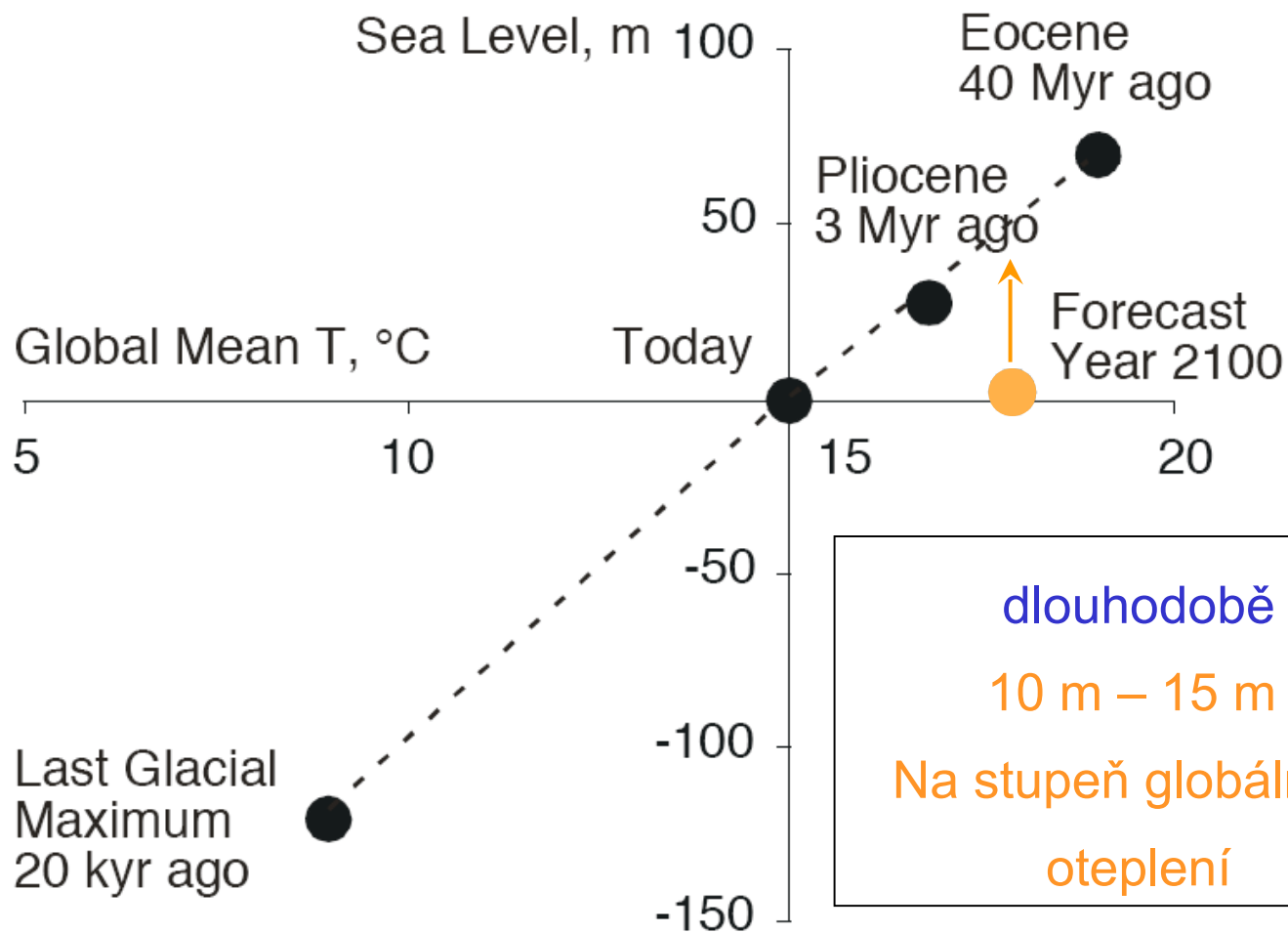


4. březen
2002

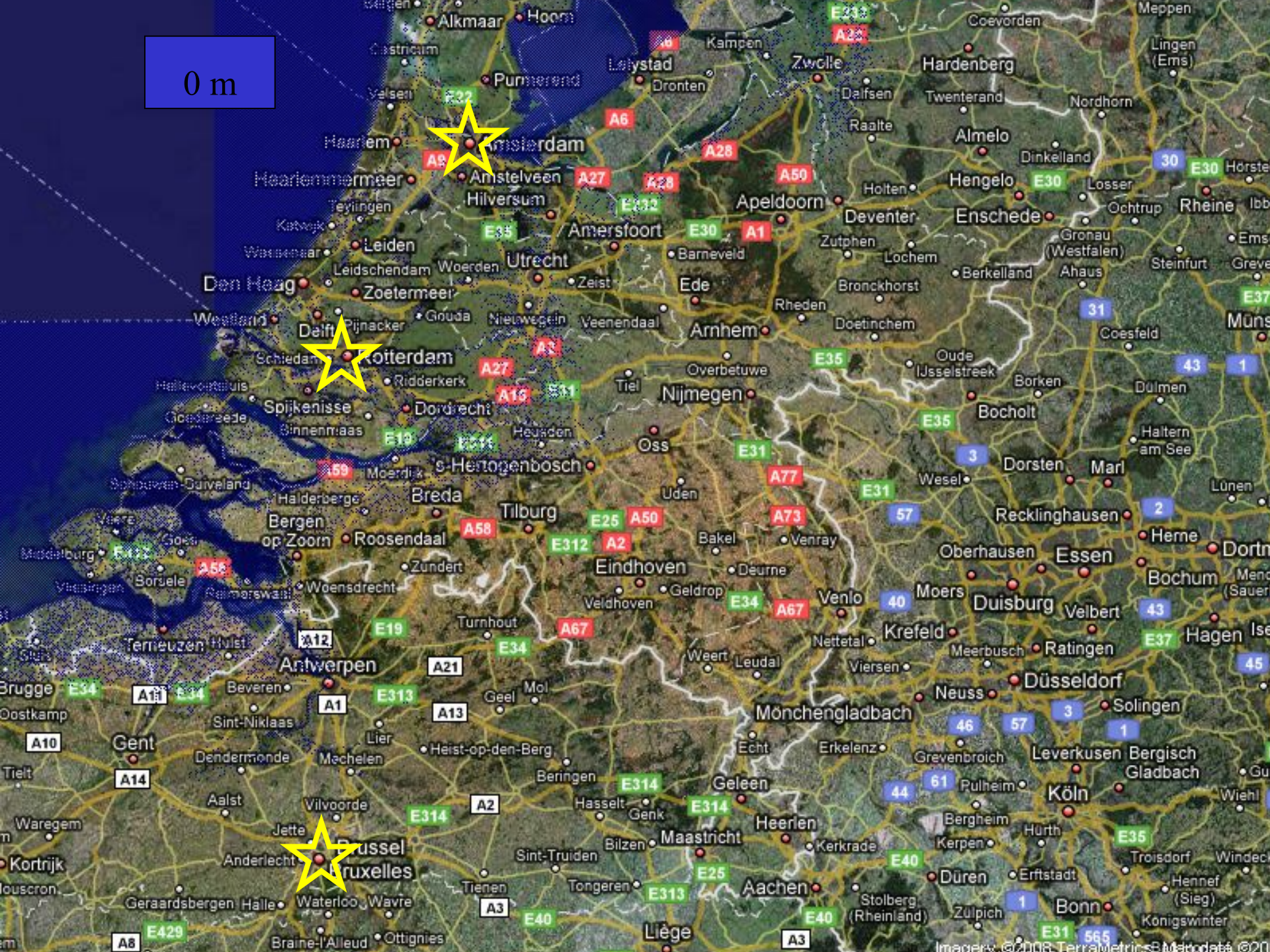
Scambos,
NSIDC

20 km

Minulé odchylky mořské hladiny



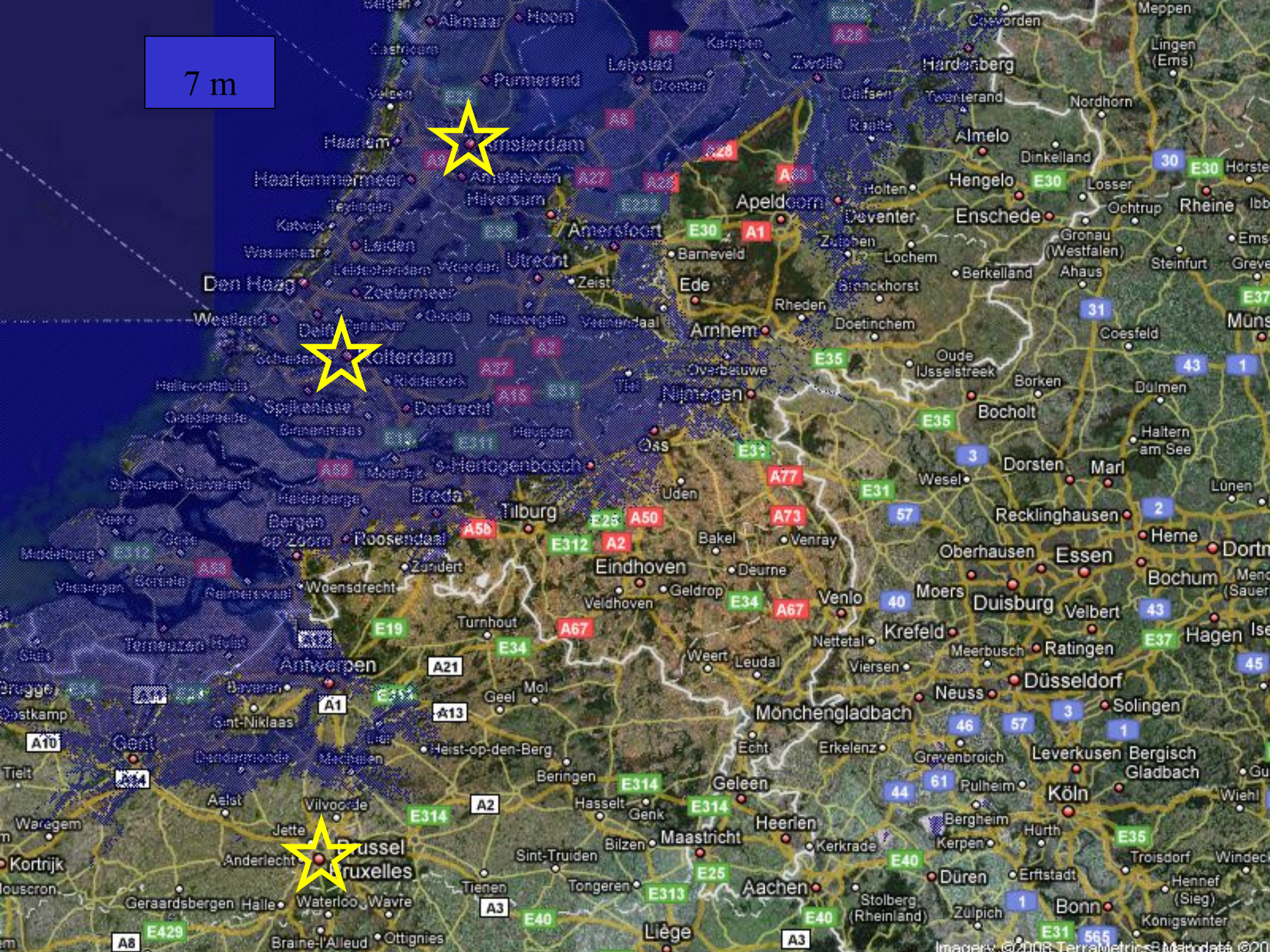
0 m



1 m



7 m



13 m



Holandské krávy připravené na globální oteplení!



Meze adaptace?

©Bill Hare



povodně



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

➤ Větší srážky v přívalech !

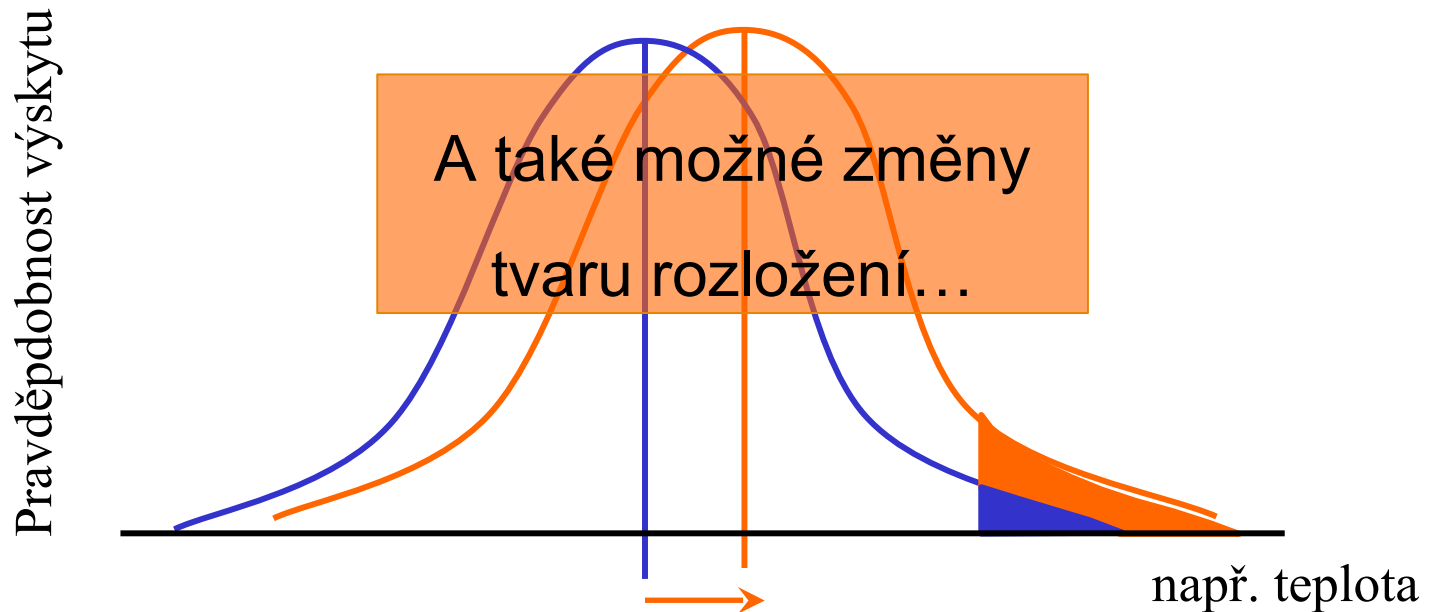
➤ více povodní ?

➤ více such ?



Extrémní události

- Rozložení pravděpodobnosti
 - Výskyt extrémních jevů



- malý posun střední hodnoty
- mnohem větší nárůst extrémních událostí

Increase in Mean Temperature and Variance

Probability of Occurrence

— Old Climate
— New Climate

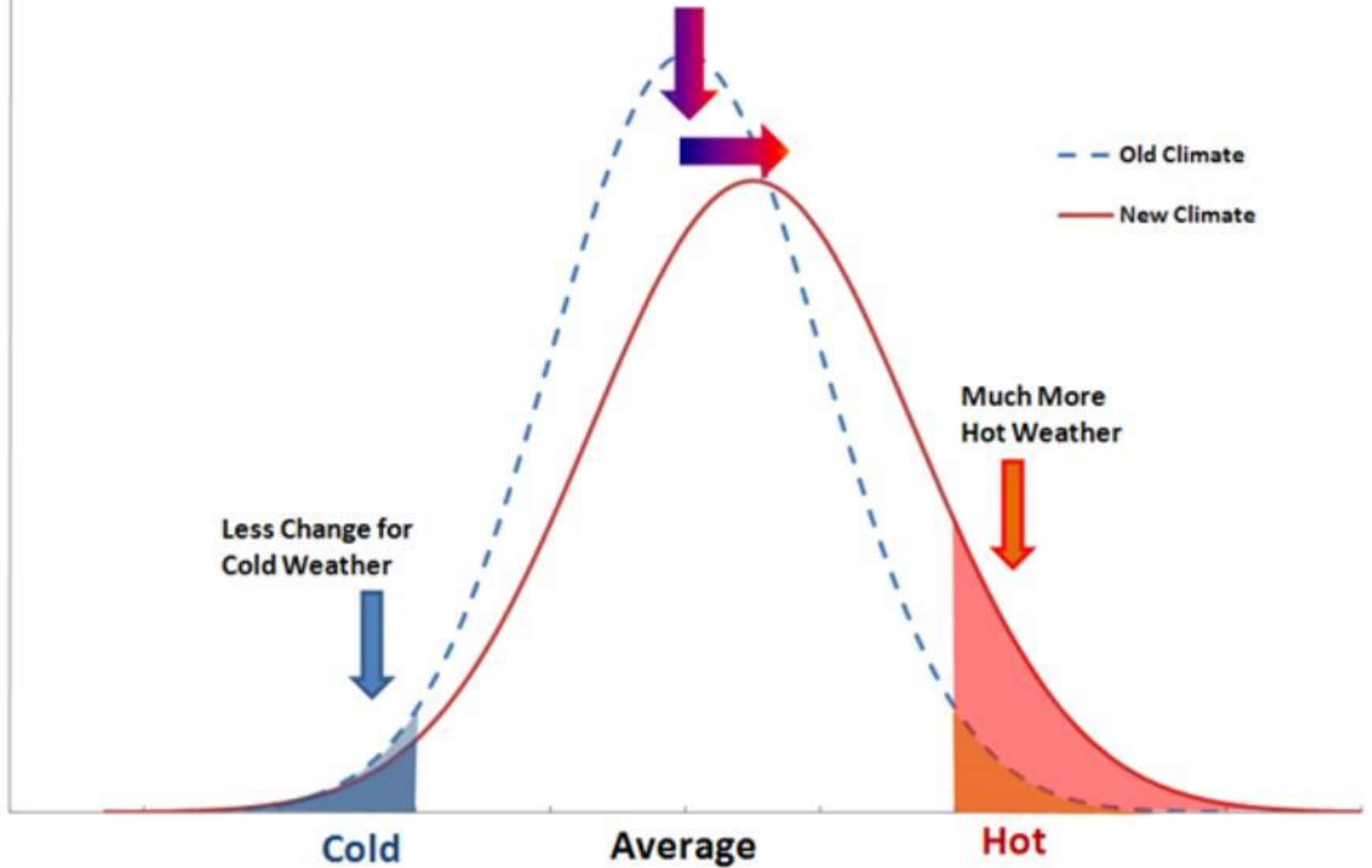
Less Change for
Cold Weather

Much More
Hot Weather

Cold

Average

Hot



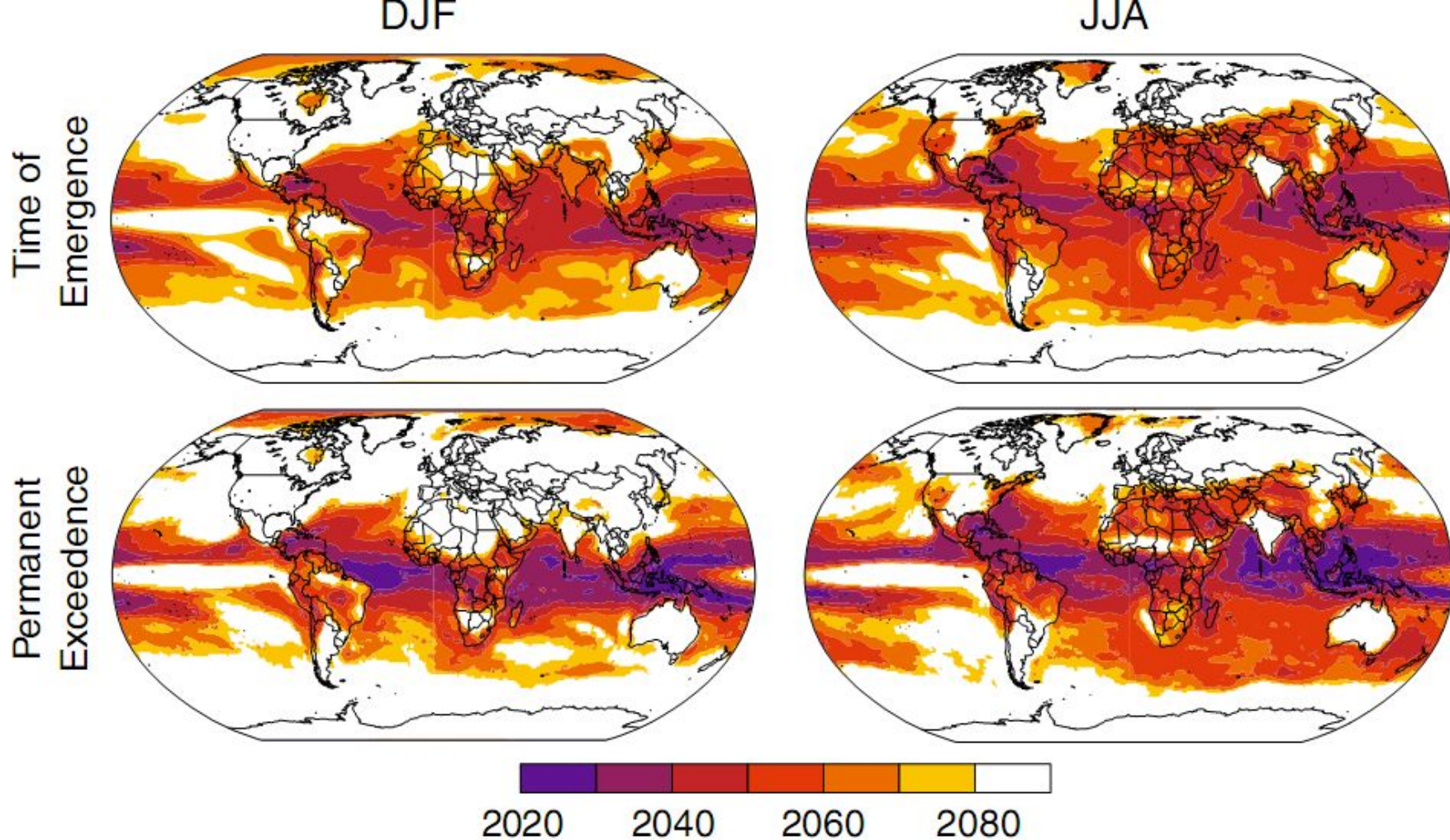
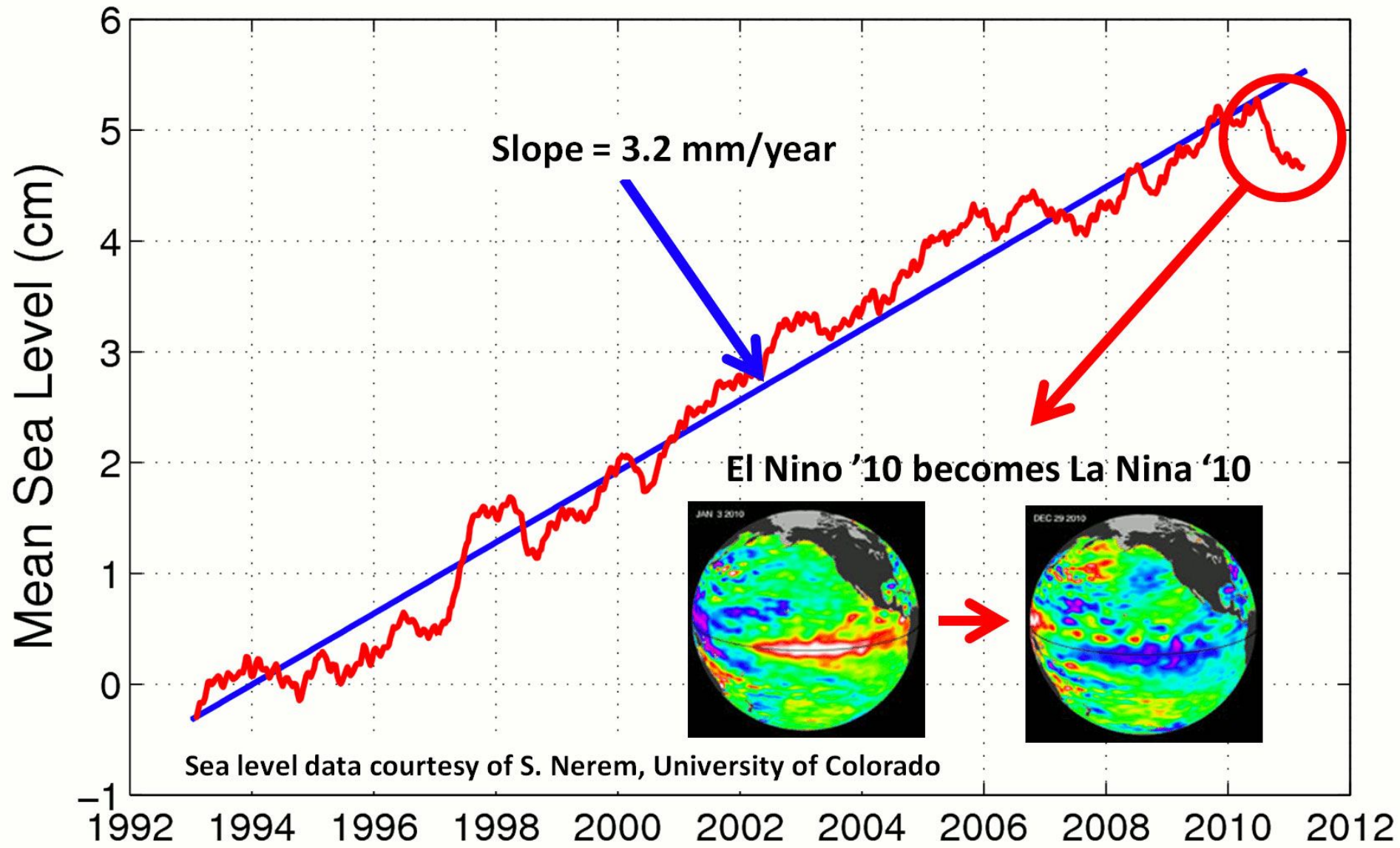
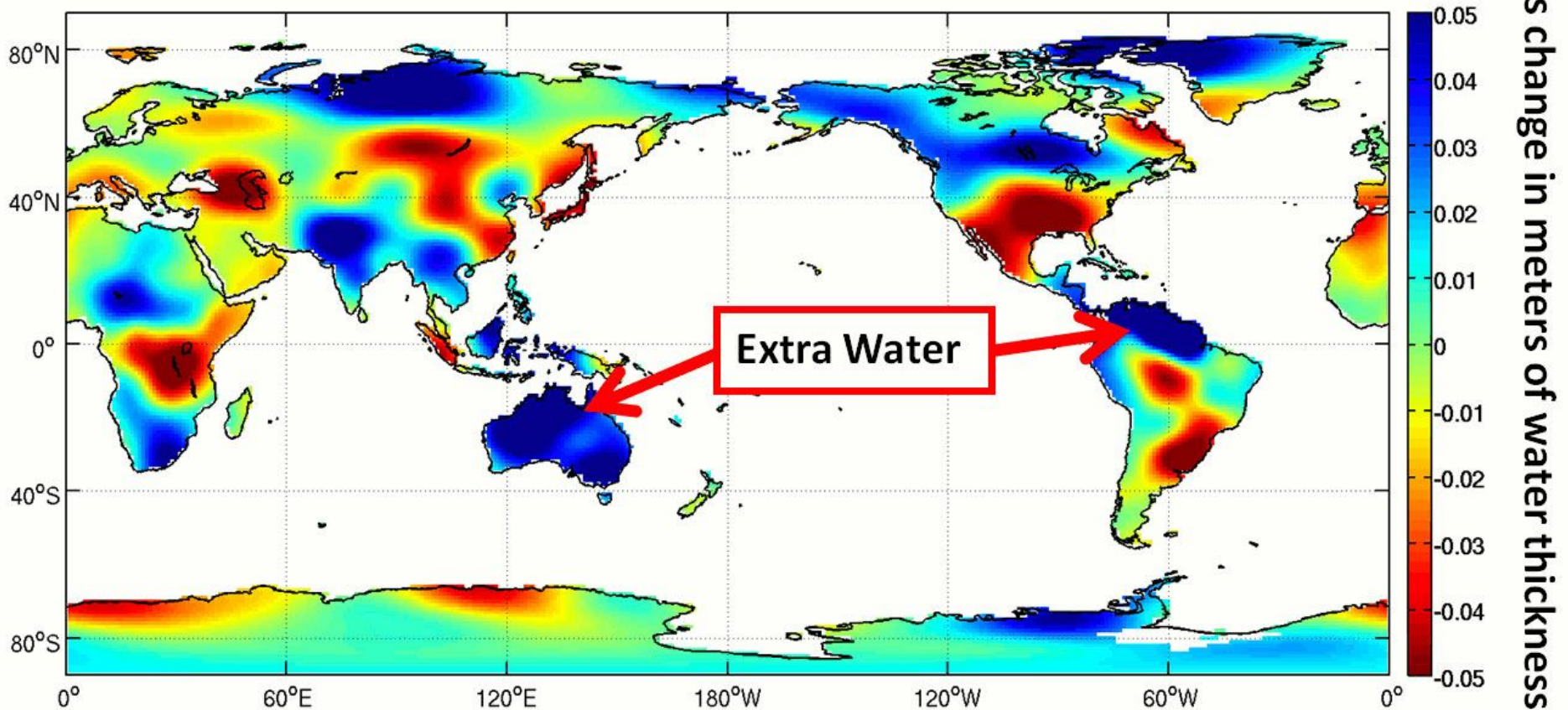


Fig. 2 Decade of emergence of extreme surface air temperature. The *top row* shows the time of emergence (TOE) of the ensemble signal, calculated as the decade in which the ensemble mean seasonal temperature difference from the 1980–1999 maximum becomes permanently greater than the spread (one standard deviation) between the individual member differences from the 1980–1999 maximum. The *second row* shows the decade of the last occurrence of a season that is cooler than the 1980–1999 maximum, calculated as the median of the values across the CMIP3 ensemble. We cannot confirm whether the exceedence is permanent beyond the end of the 21st century, and therefore eliminate dates after 2080. Further details of both metrics are given in the text, and in Fig. S1

Global Sea Level Drops 6 mm in 2010

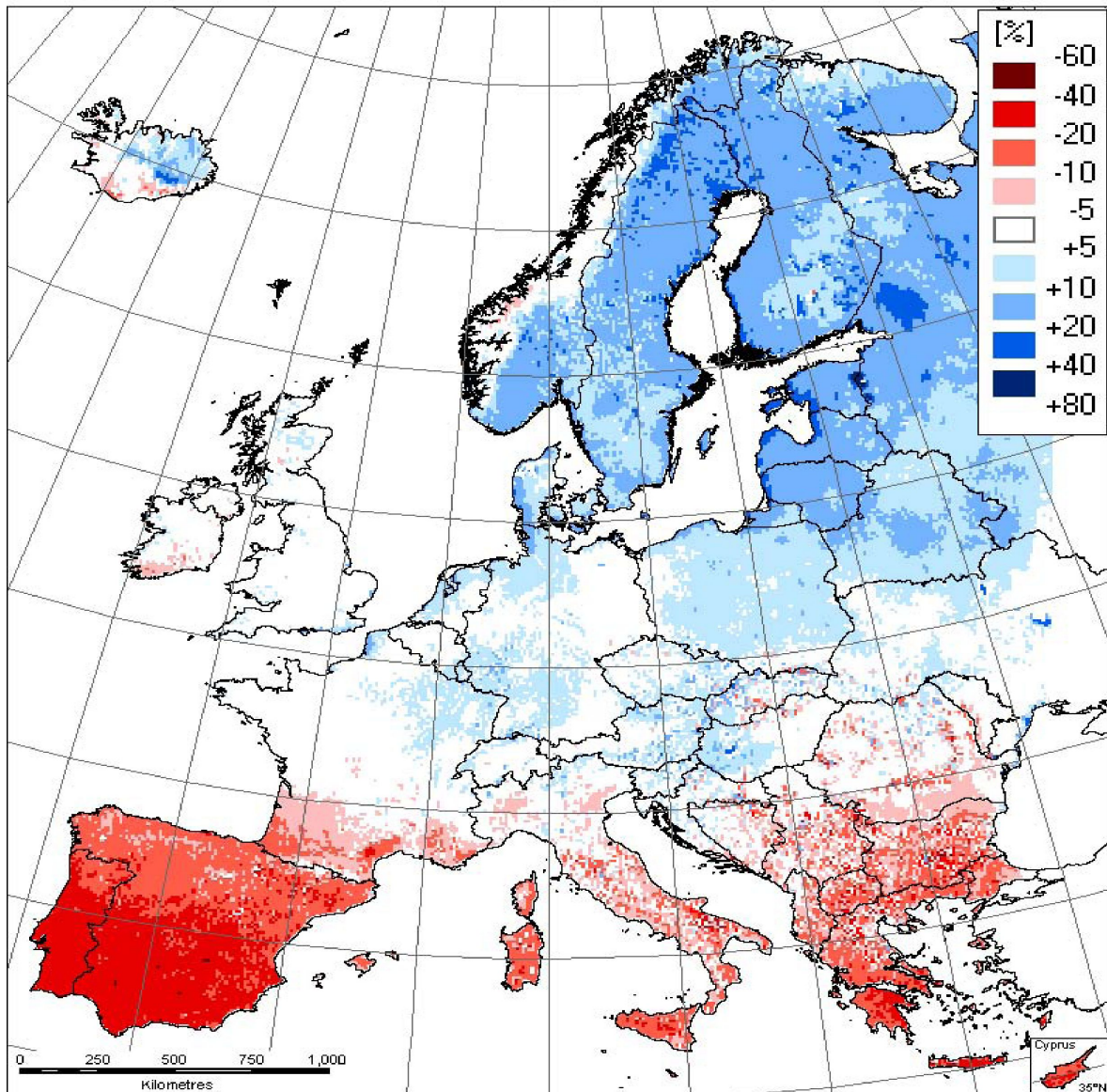


GRACE Shows Change in Water from March 2010 to March 2011



Projektované změny srážek

Precipitation: change in annual amount [%]



Roční změny v %
(období 2071/2100 ve
srovnání s 1961/1990,
SRES A2)

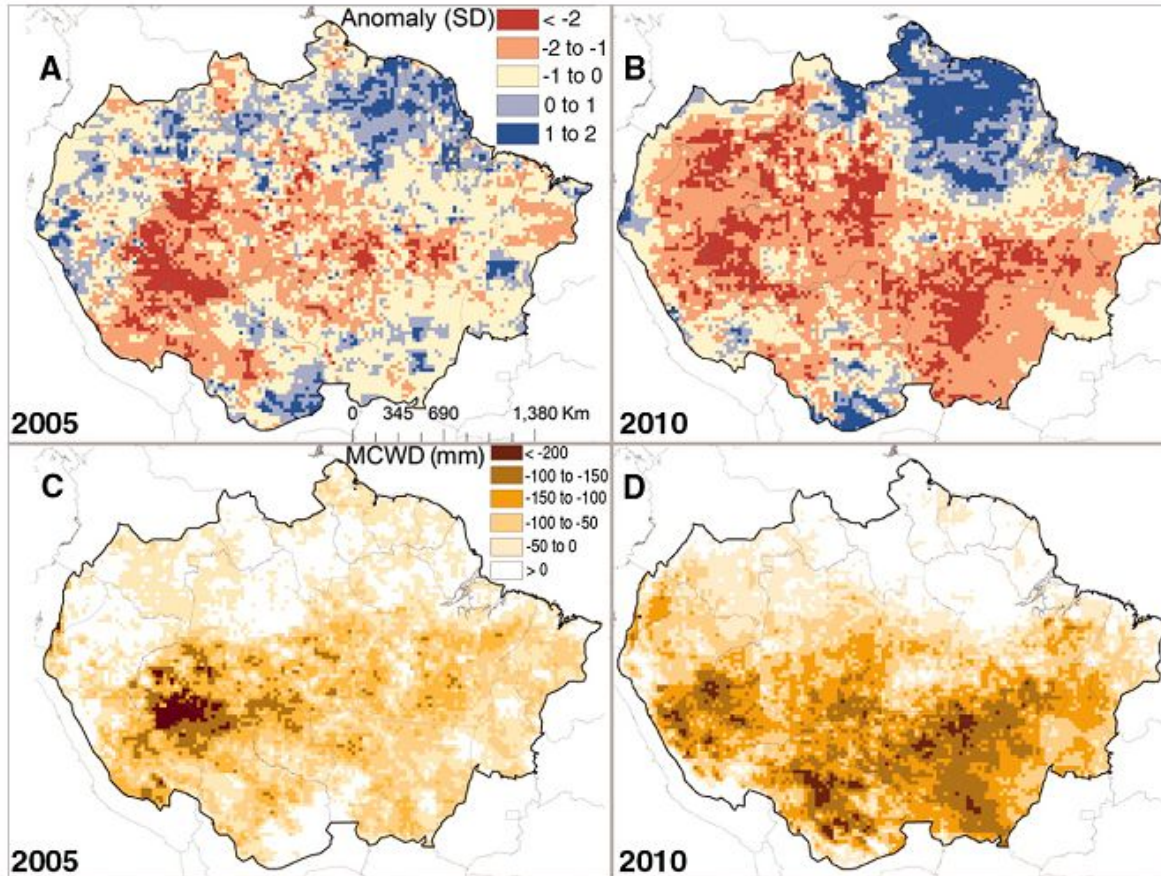
http://ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index_en.htm



Wild fires in Greece, August 2007

Source: spiegel.de

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



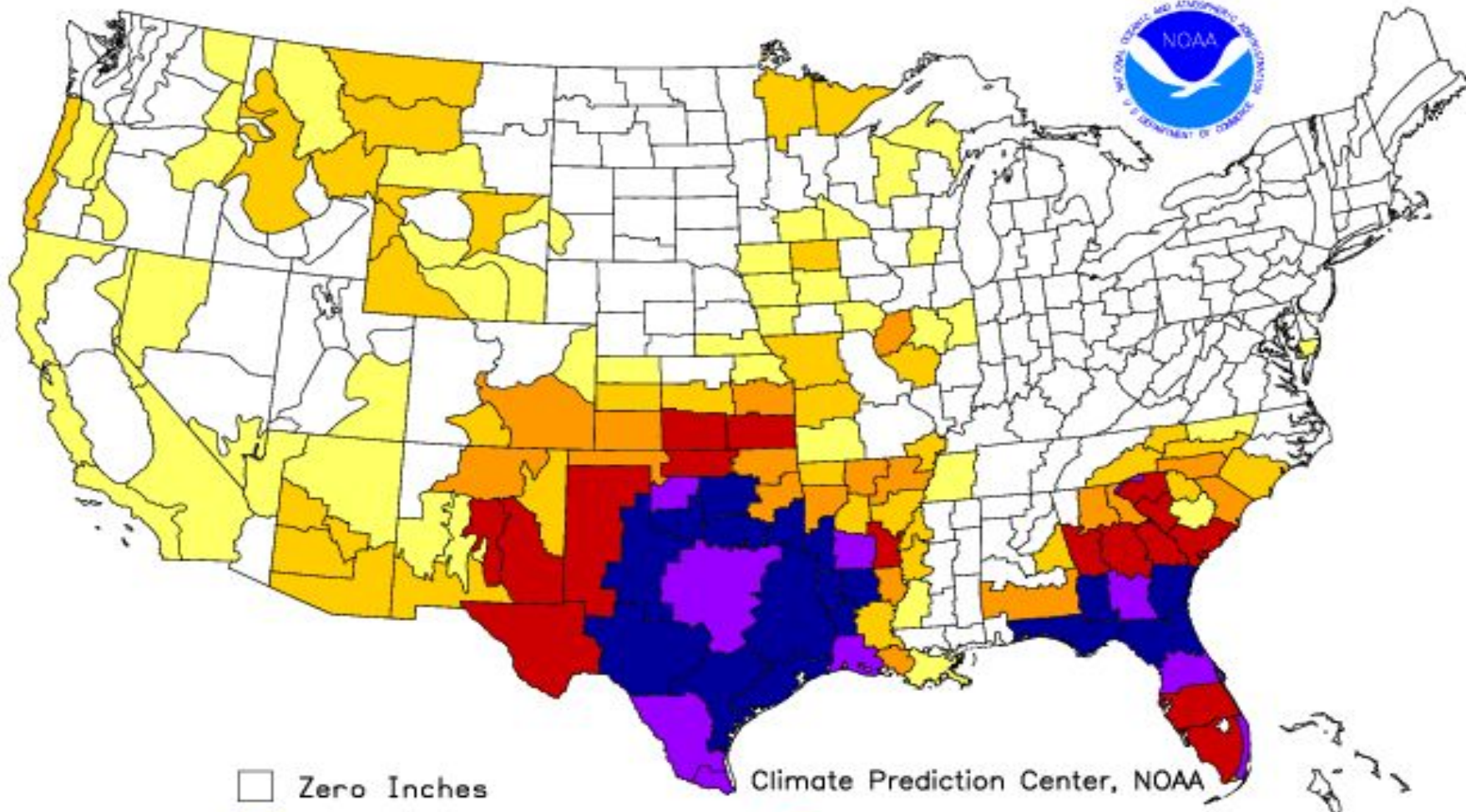
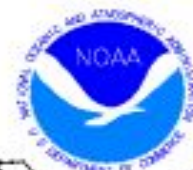
A & B = anomaly of dry season rainfall from decadal mean





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

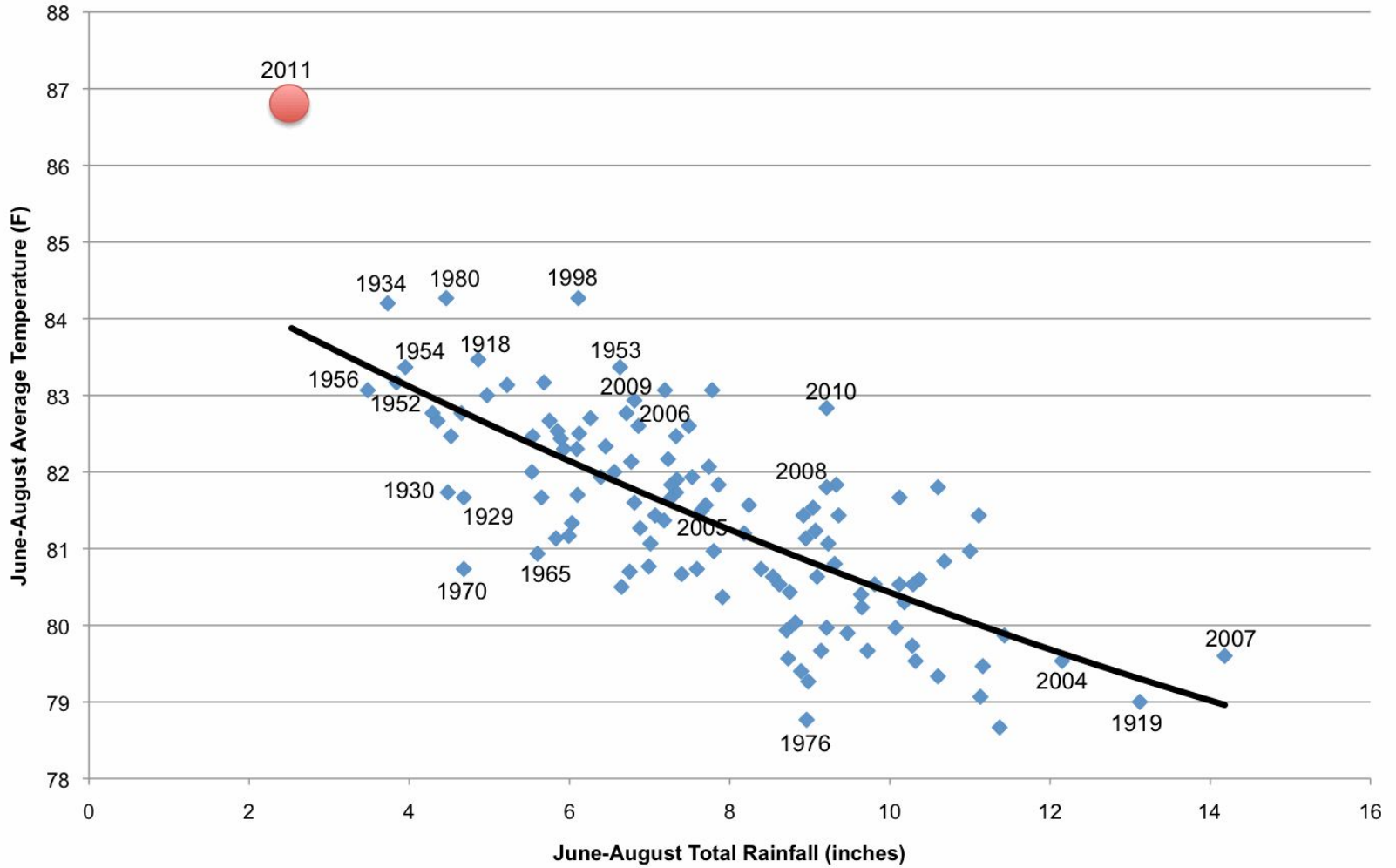
Additional Precip. Needed (In.) to Bring PDI to -0.5
Weekly Value for Period Ending OCT 1, 2011
Long Term Palmer Drought Severity Index (PDI)



-  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

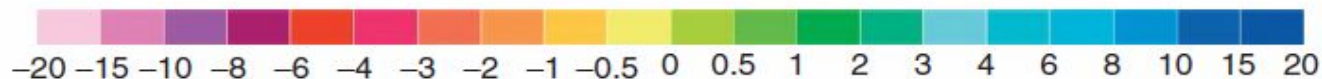
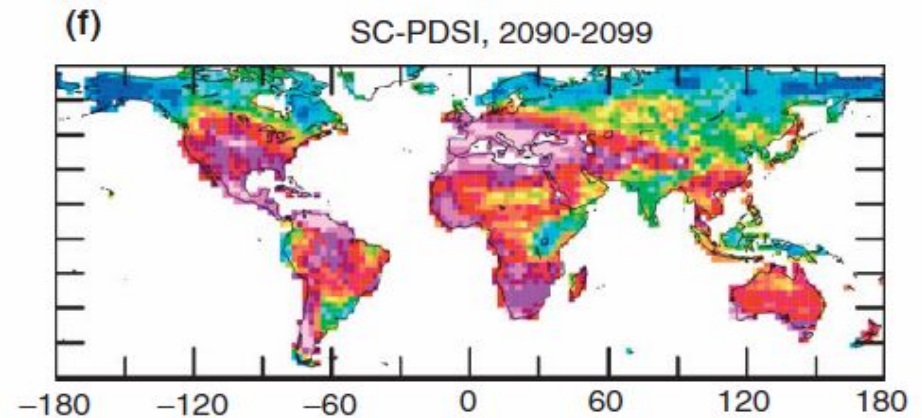
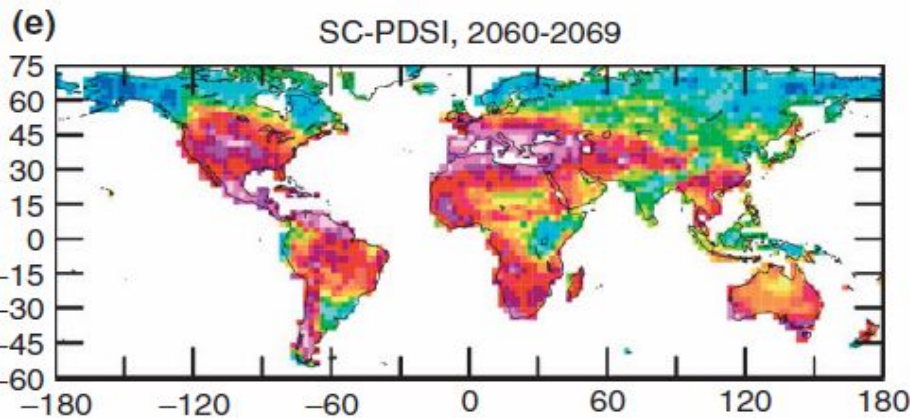
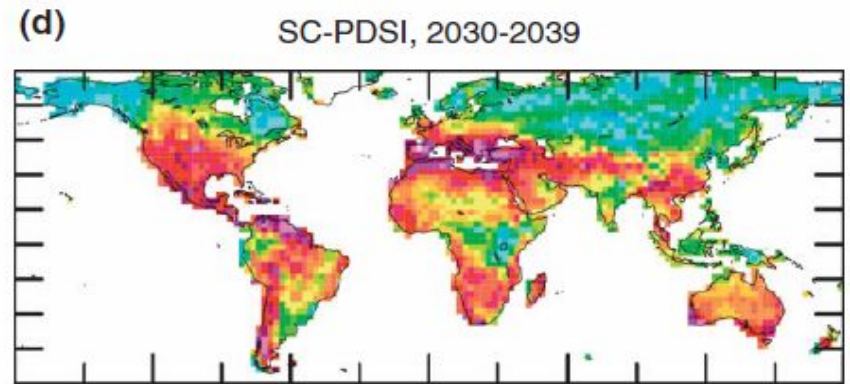
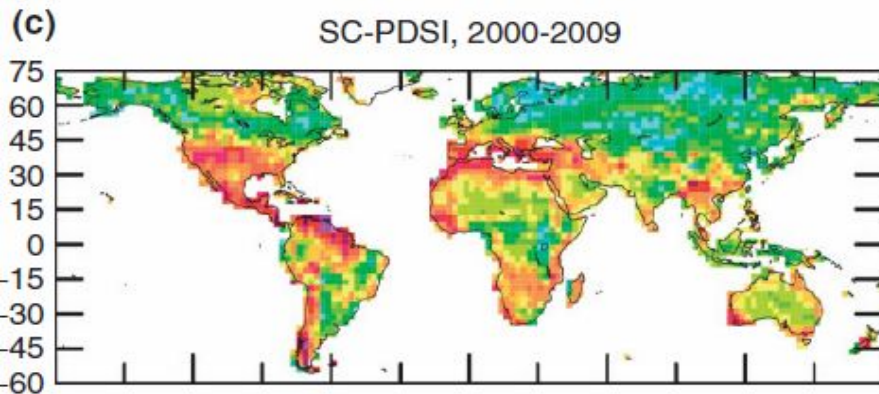
Texas Summers



Index vážnosti sucha (již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)

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



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

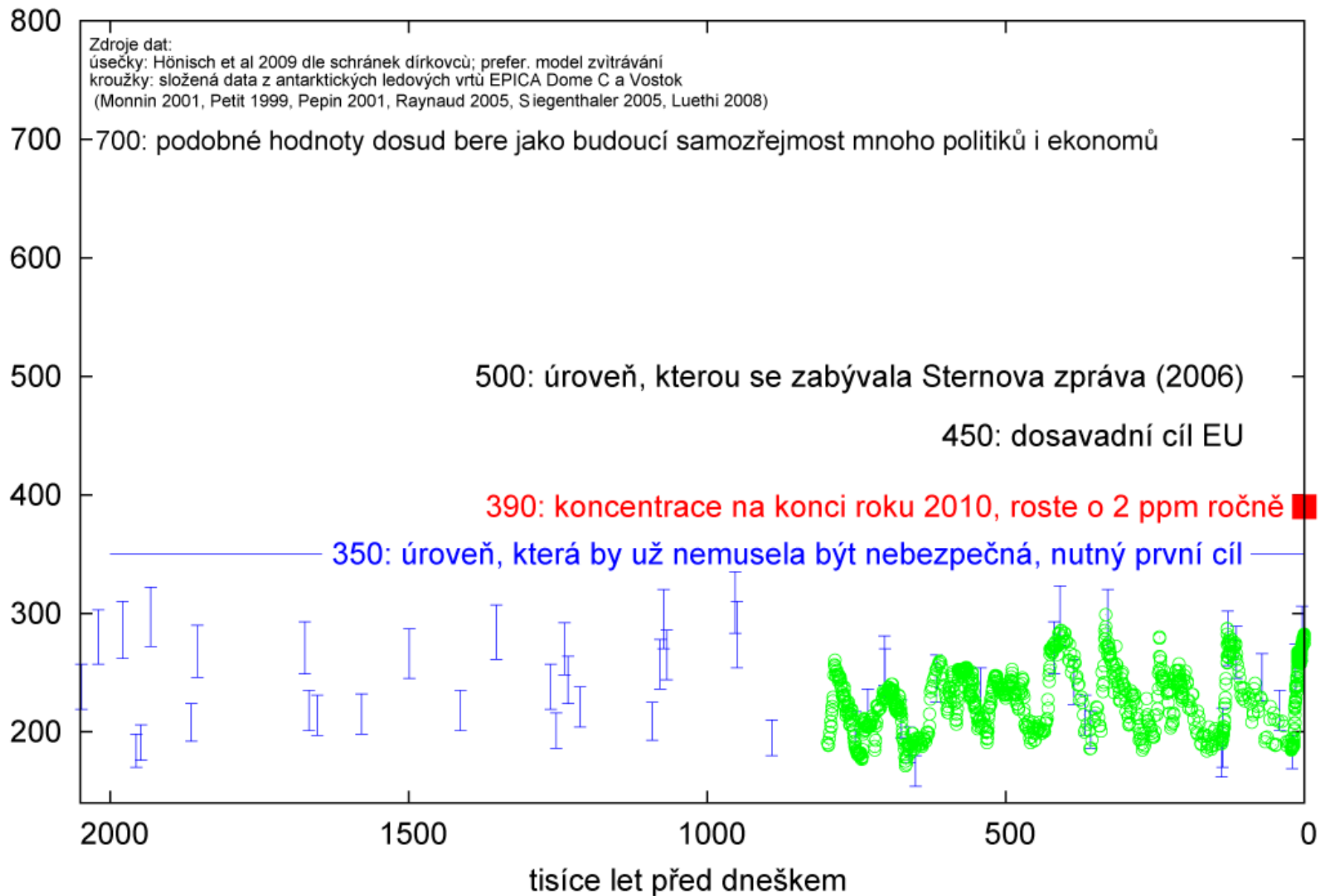
Regionální poruchy klimatu

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

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



Globální teplota vzhledem k období 1800-1900 (°C)

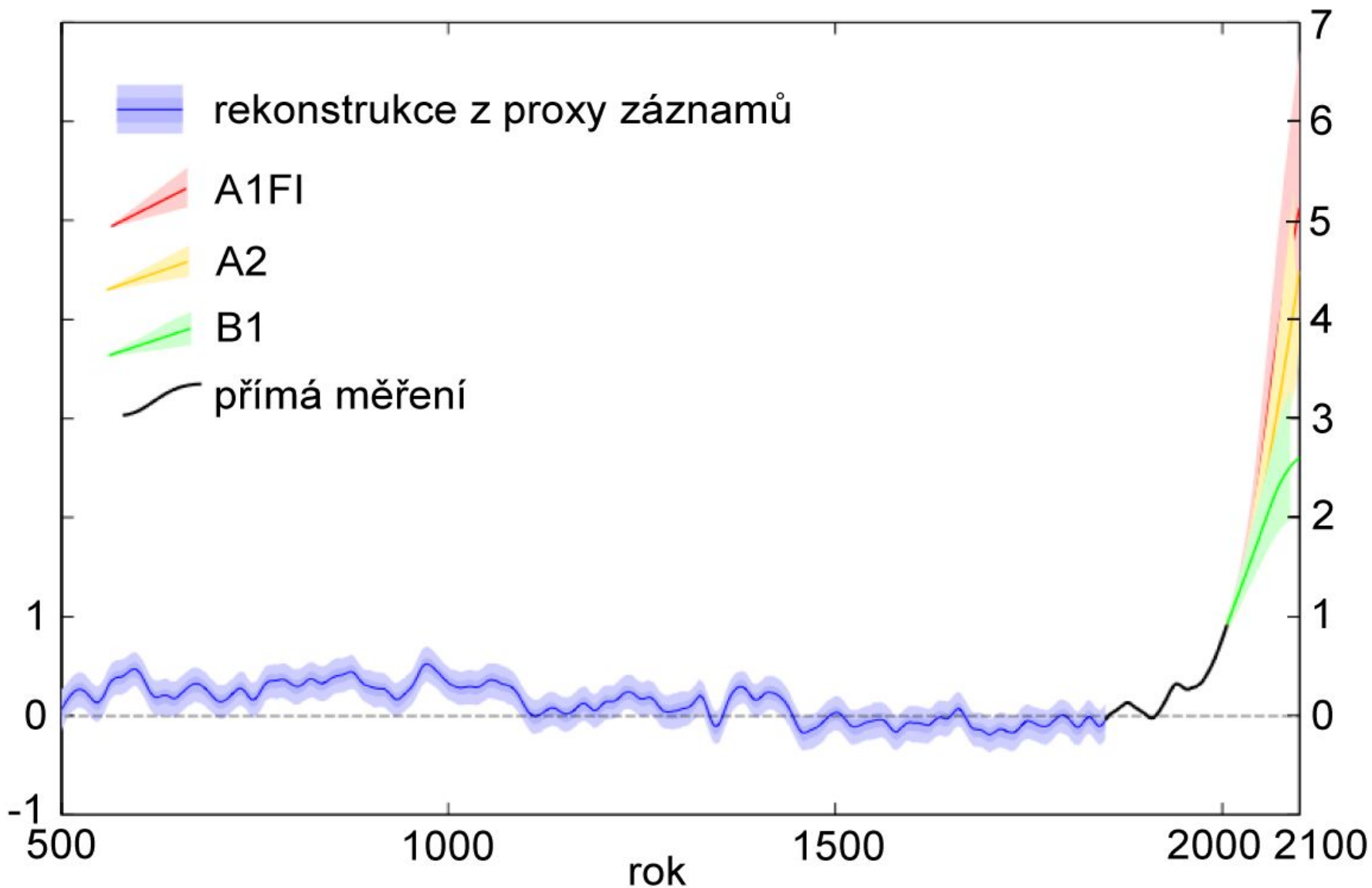
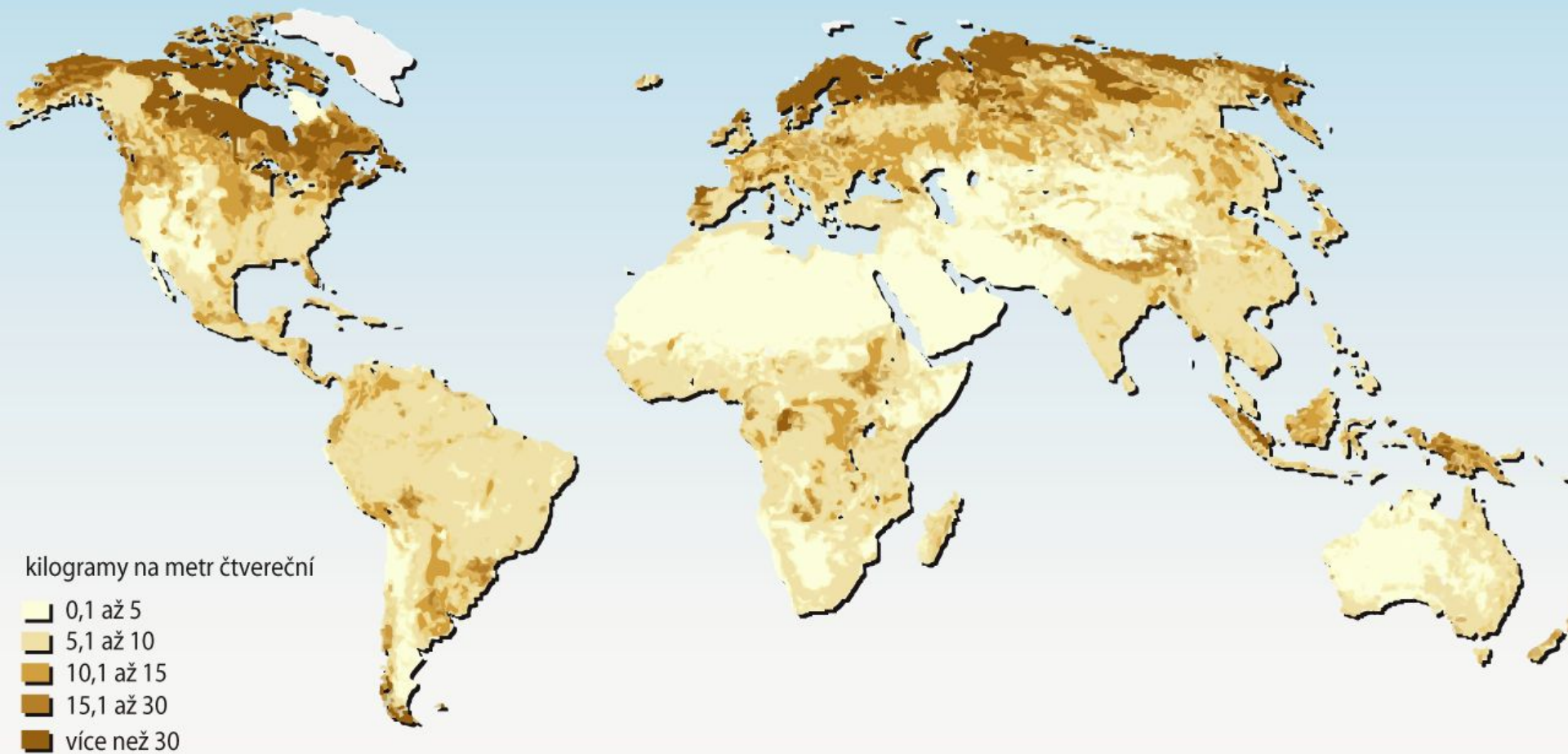
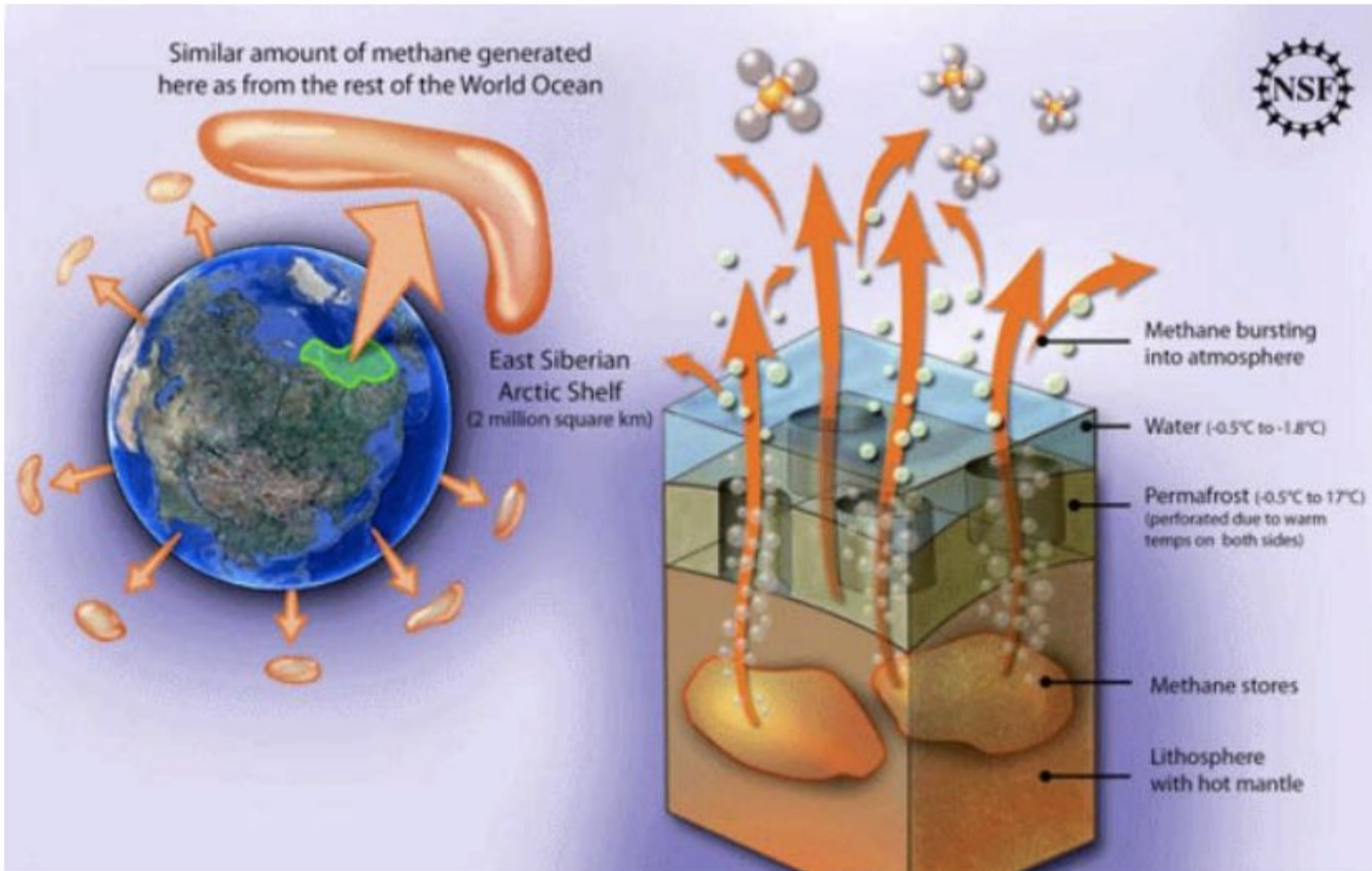


Figure 21: Rekonstruované a pozorované změny teplot a projekce do budoucna

Obsah uhlíku ve světových půdách



Arctic Methane Emissions



Recent evidence shows that methane emissions are increasing from Arctic permafrost and seabed clathrates

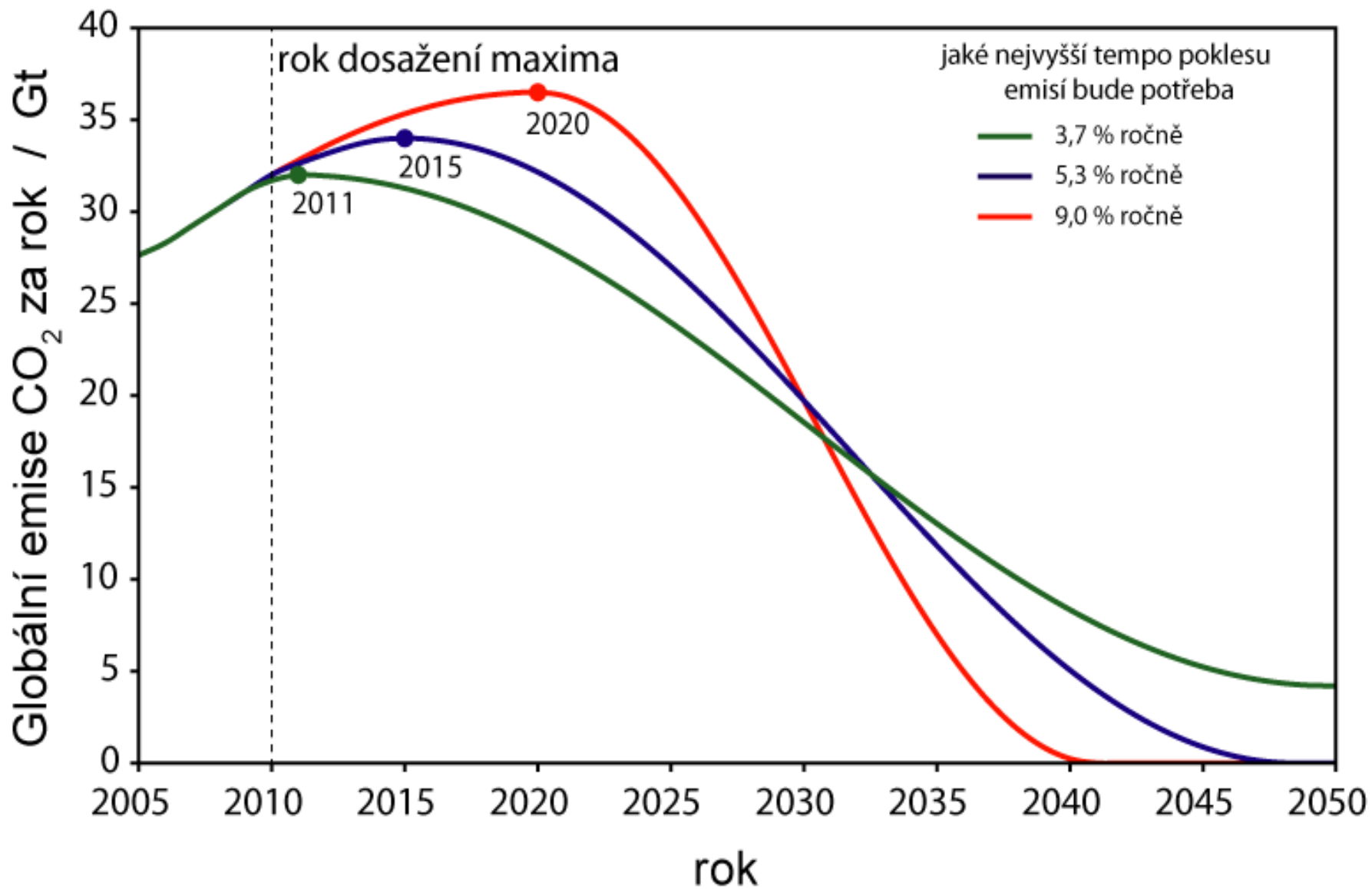
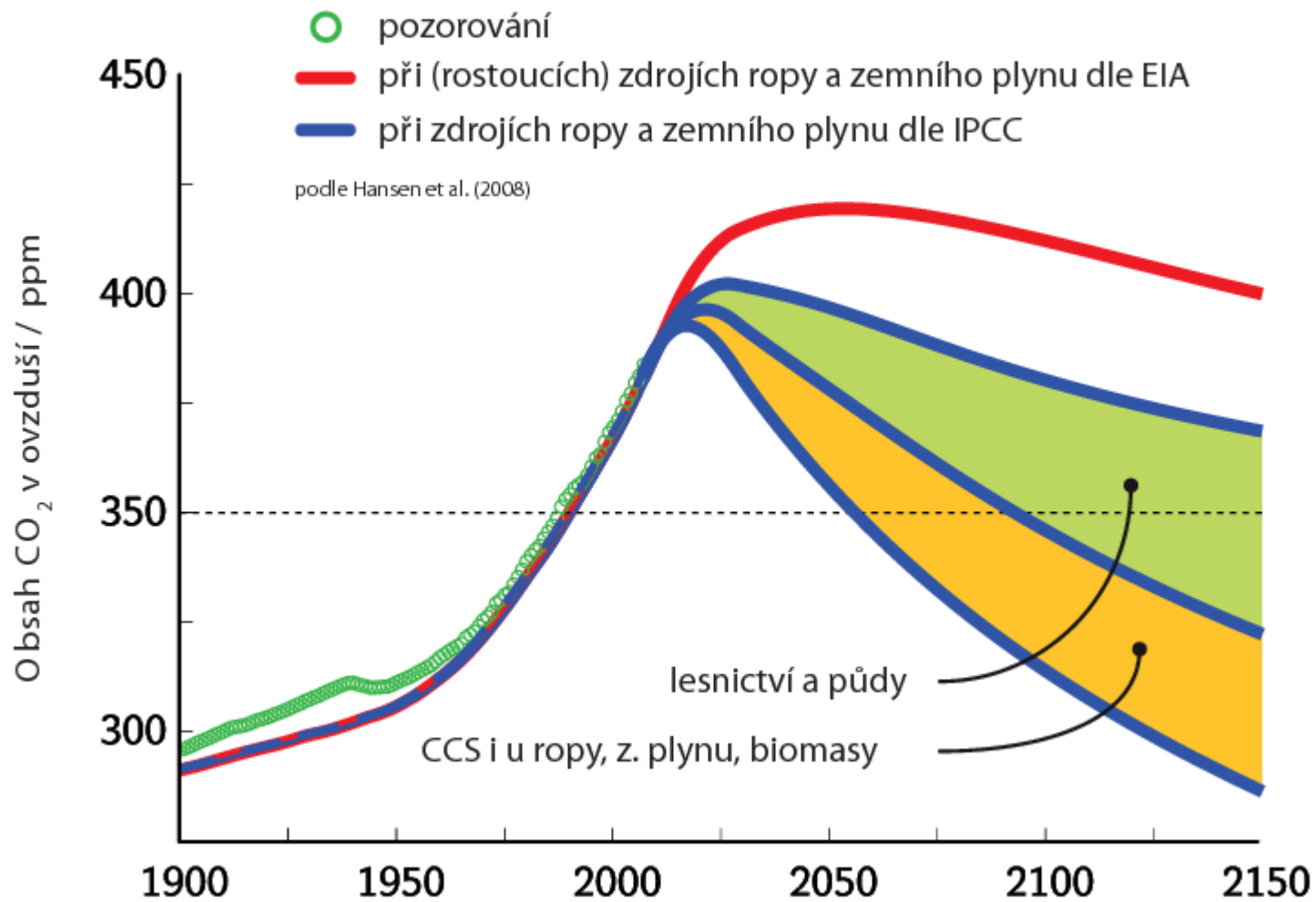


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C

Cíl pro CO₂:

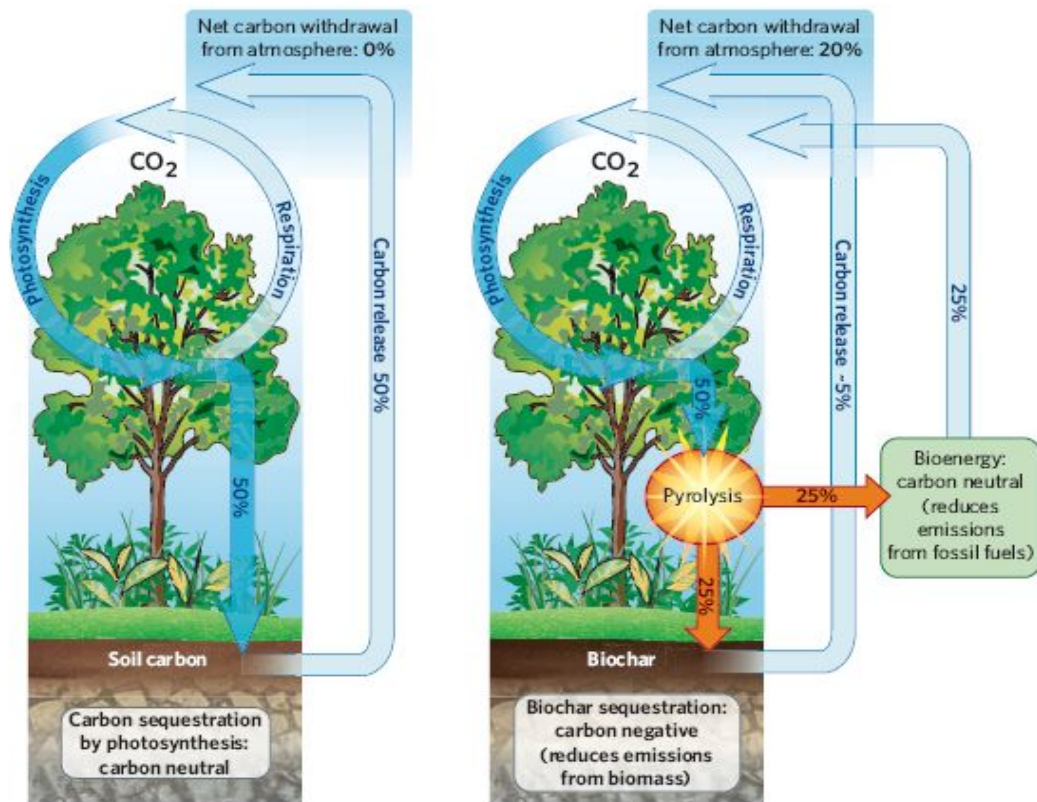
< 350 ppm

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



Nenechat biomasu zetlít nebo spálit na popel, ale zahřátím docílit jejího zuhelnatění. A výsledný produkt nepoužít jako palivo, ale vpravit jej v jemnozrnné formě do půdy.

Jelikož jde o uhlí z biomasy ponechávaný v biosféře, nazýváme jej **biouhel** (z angl. biochar).



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

- 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 popisky pod obrázky)