

Změna klimatu:

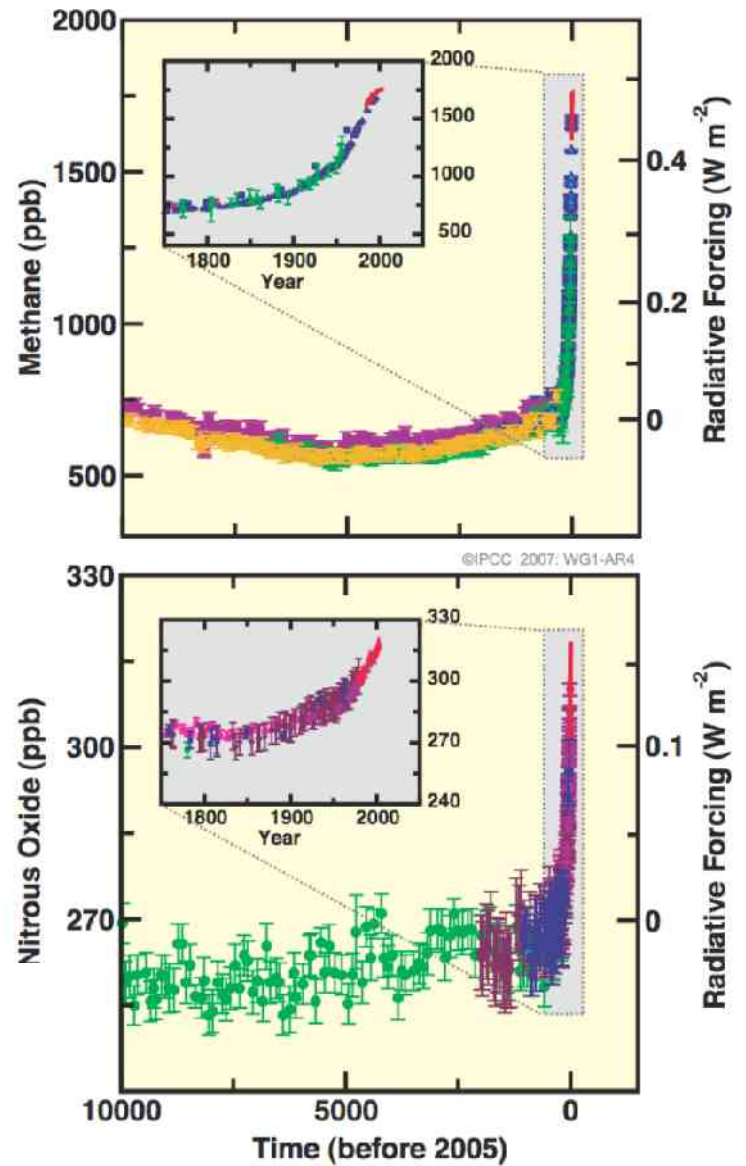
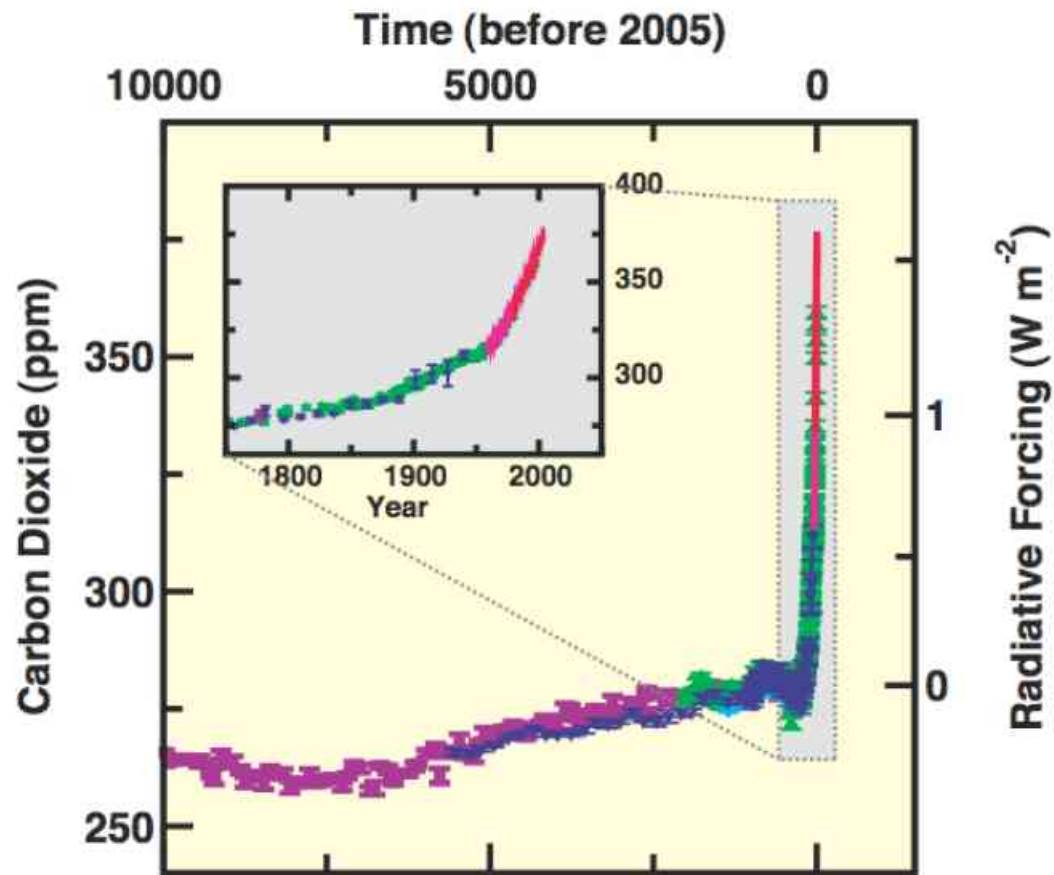
příčiny, dopady, zpětné vazby,
projekce

Jan Hollan, Hvězdárna v Brně
a Ekologický institut Veronica

1. Příčiny

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

CO₂ rychle narůstá



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

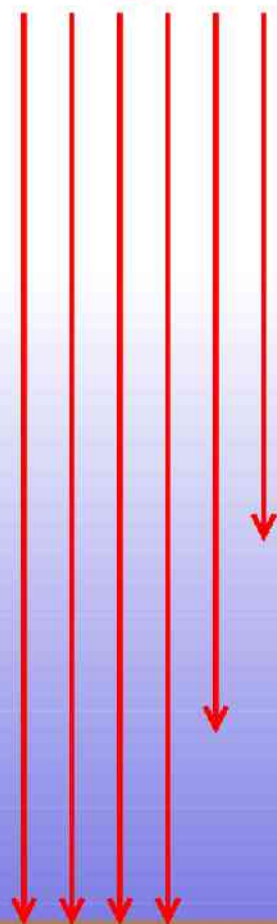
Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40

Sluneční záření

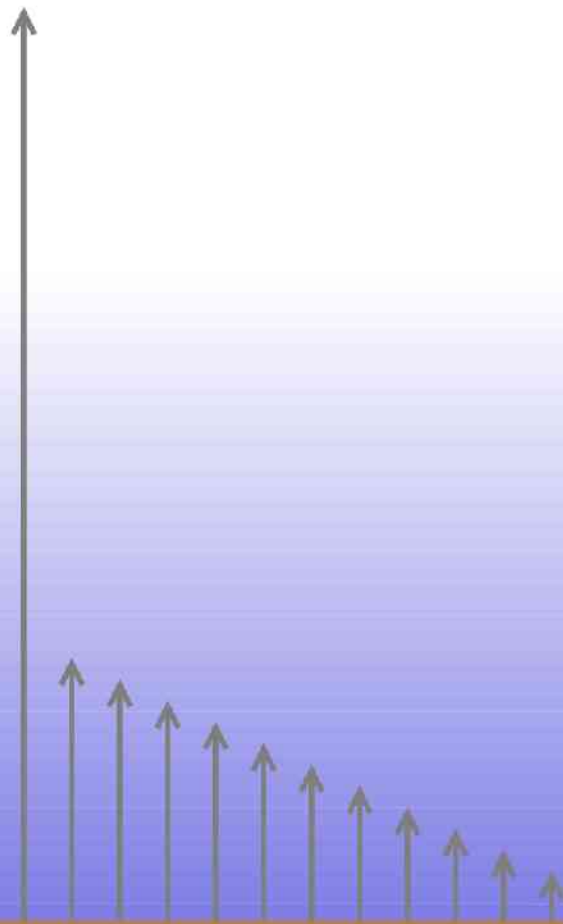
235

Dlouhovlnné záření zpět do vesmíru

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

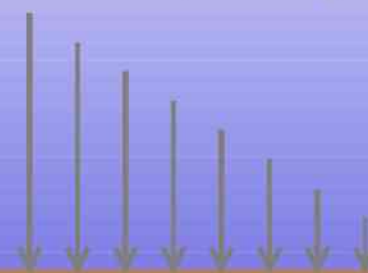


168

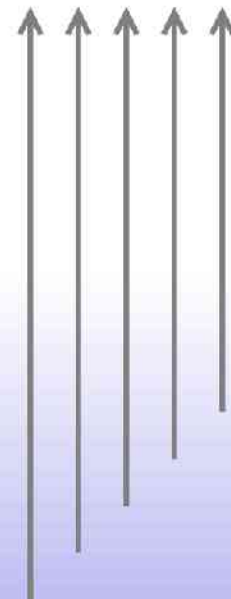


Tok z povrchu Země
(většinou pohlcen ovzduším)

324 dřív, 327 nyní

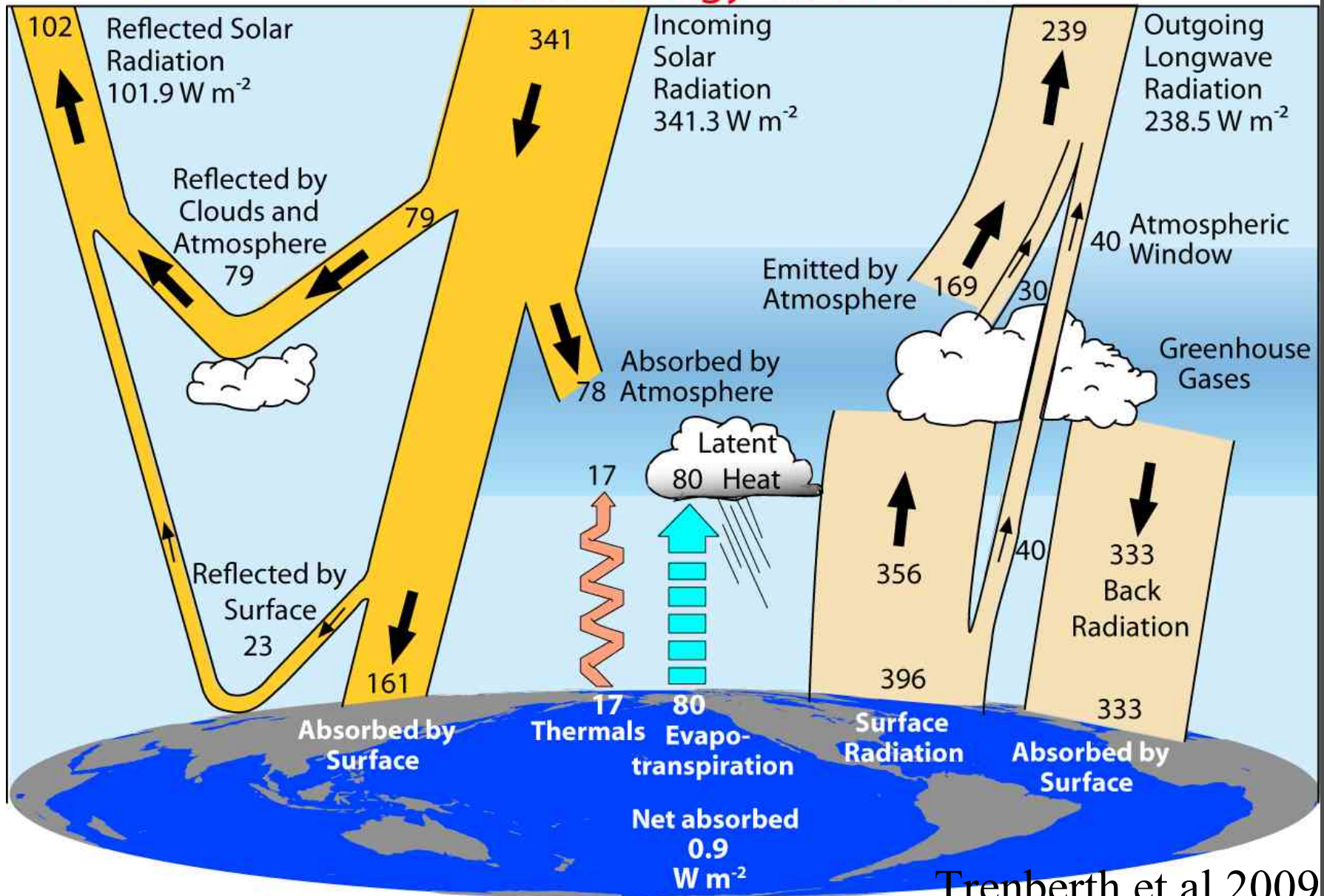


Dlouhovlnné záření z ovzduší



2000-2005 (CERES Period)

Global Energy Flows W m^{-2}



Trenberth et al 2009

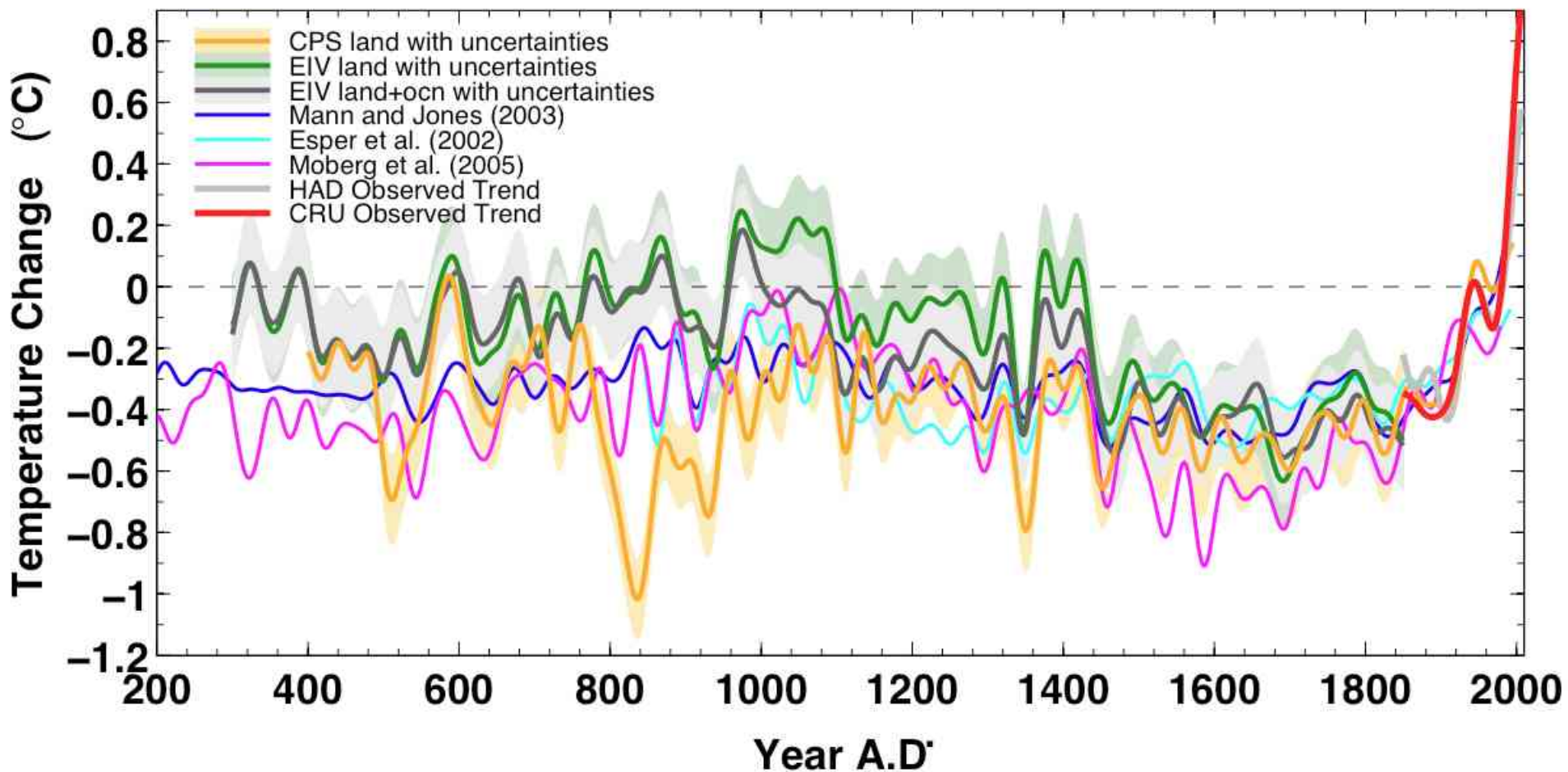
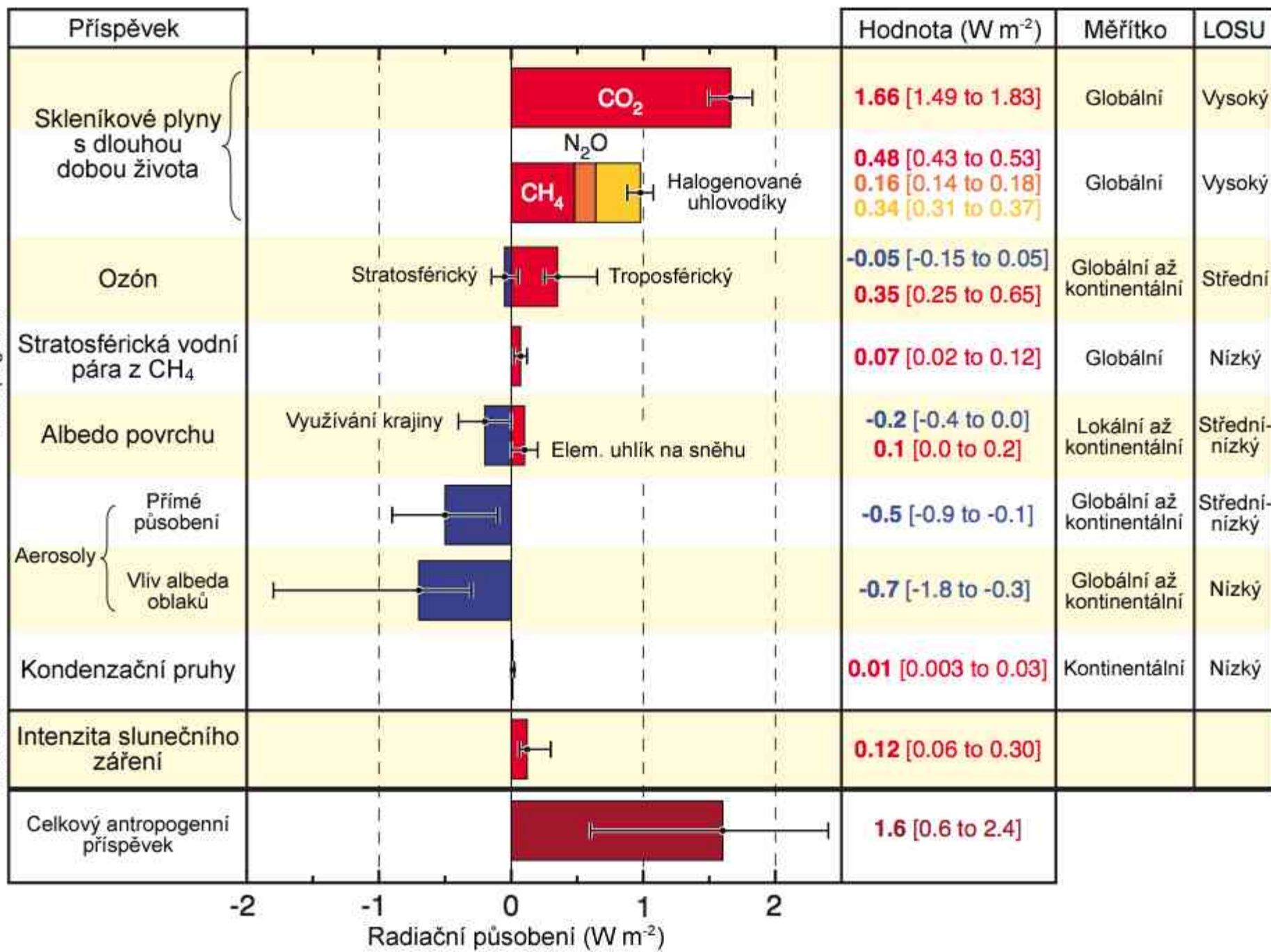


Figure 19: Rekonstrukce změn teploty severní polokoule od roku 200
(zdroj: Kodaňská diagnóza)

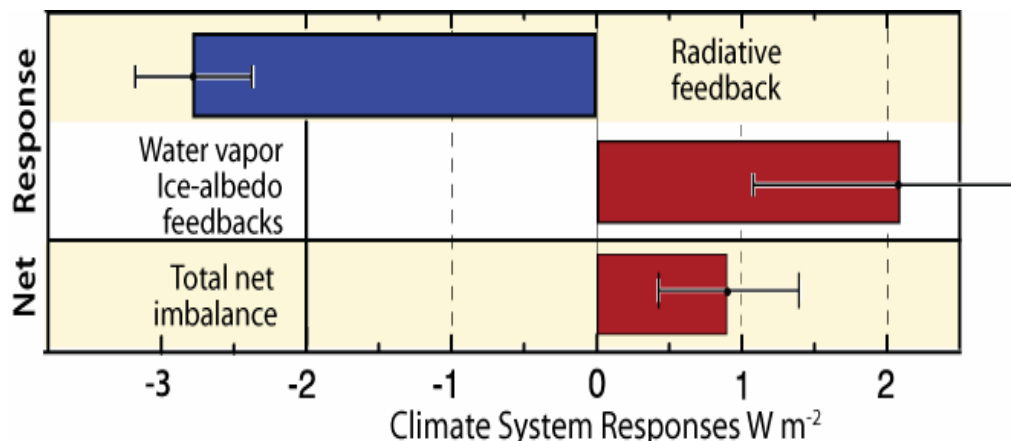
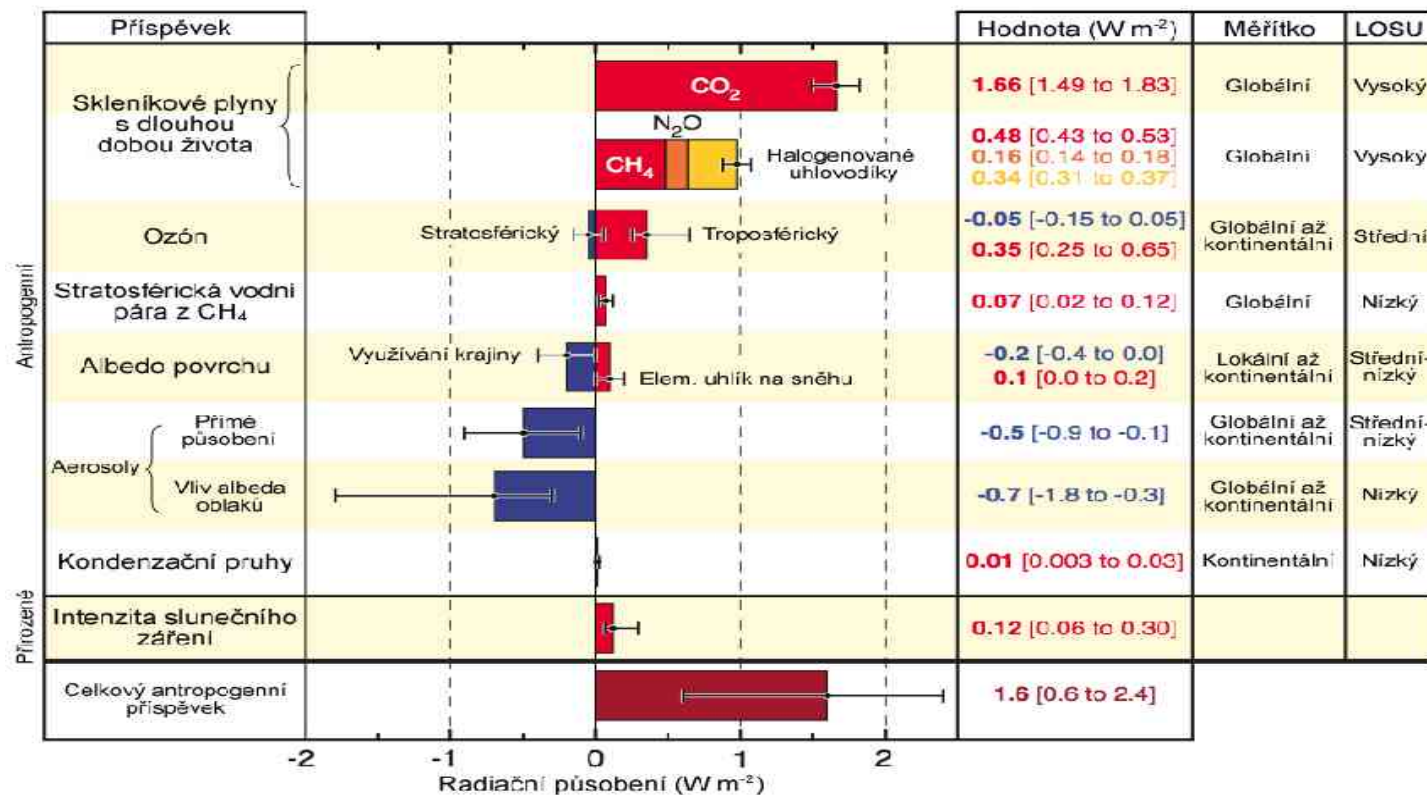
Príspevky k radiačnému pôsobení

Antropogenné

Přirozené



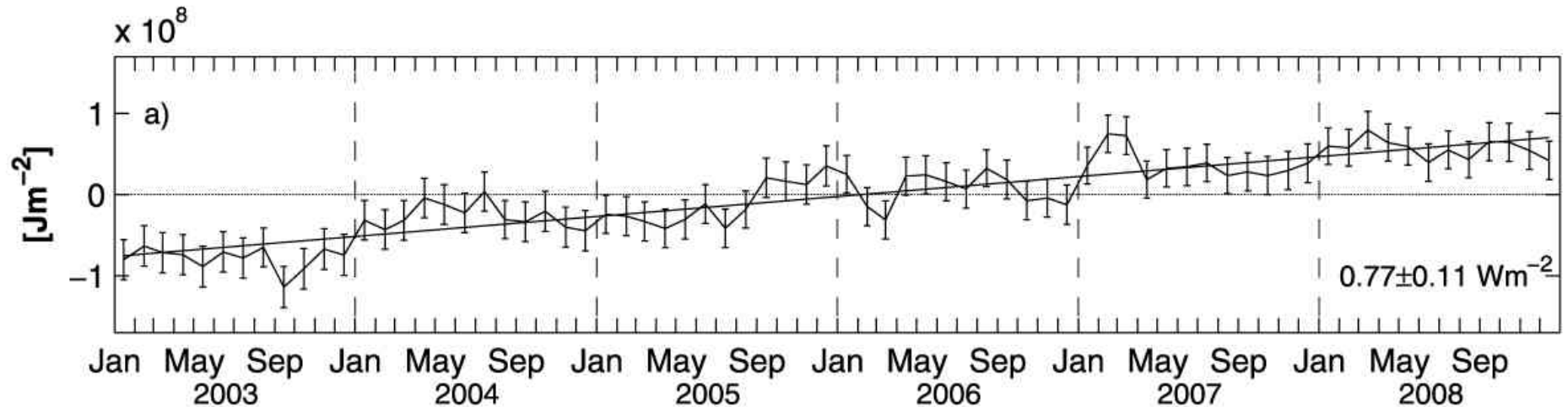
Příspěvky k radiačnímu působení



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



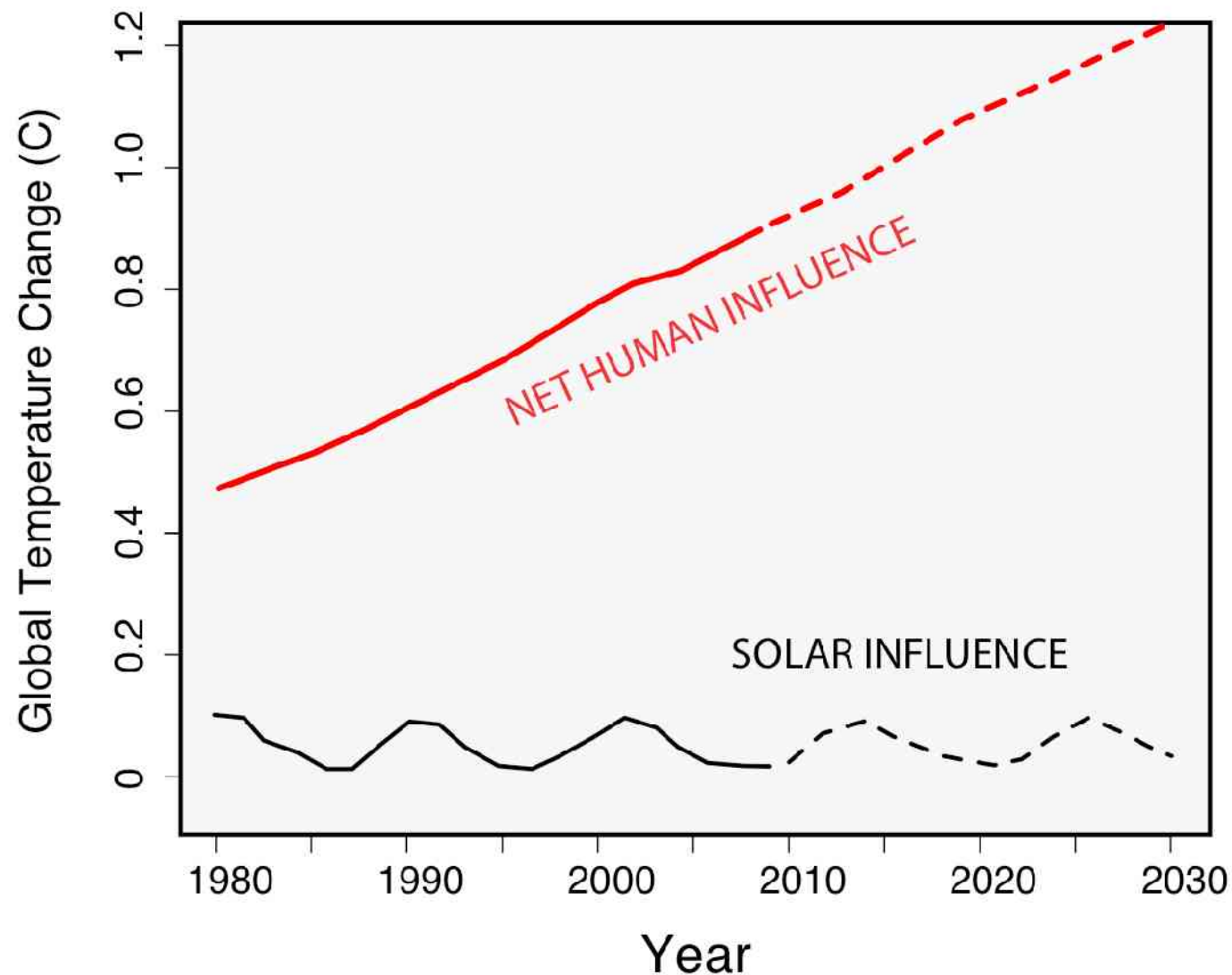
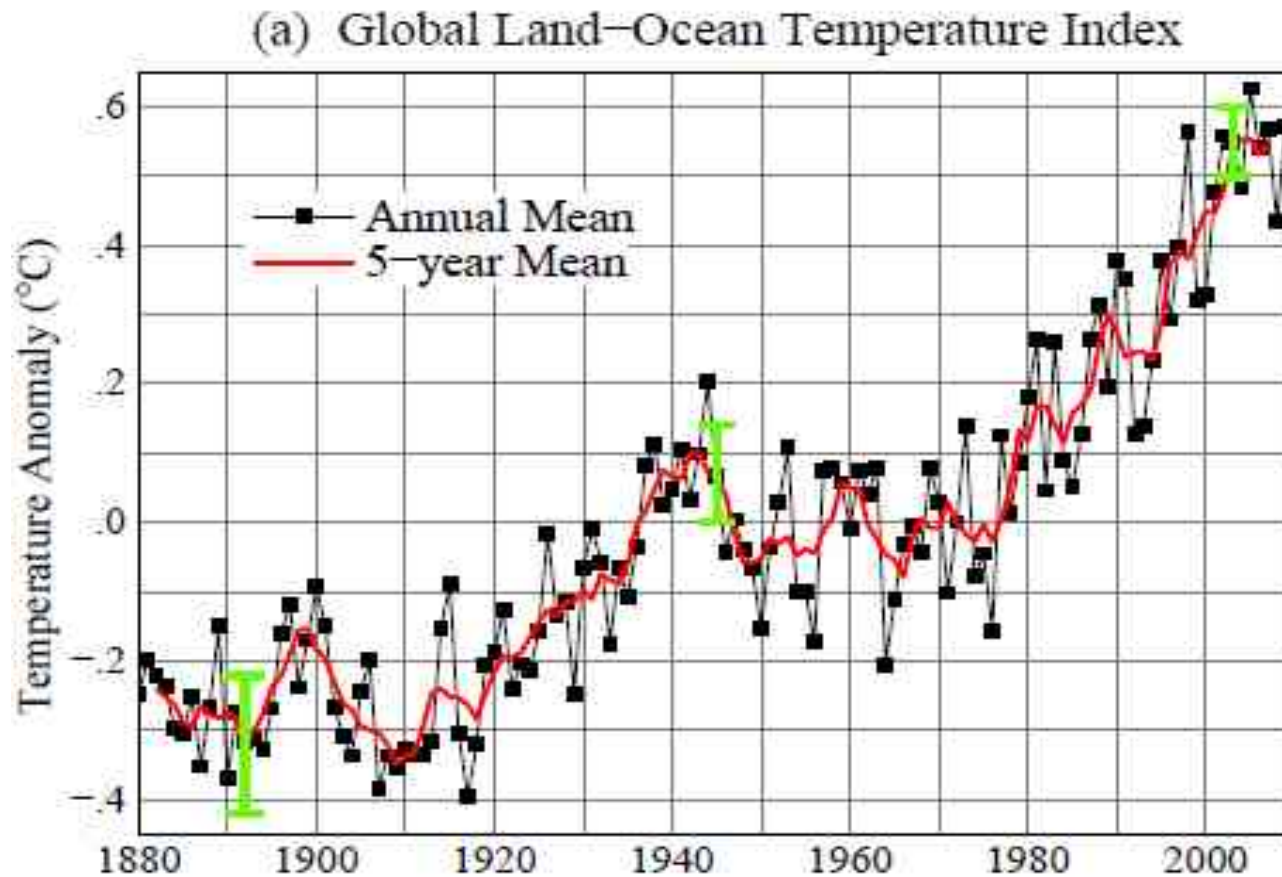


Figure 5: Vliv antropogenní oproti vlivu solárnímu od roku 1980 a projekce do 2030 (zdroj: Kodaňská diagnóza)

2. Projevy

Země se ohřívá

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



Nejteplejší
roky

2005

2009

2007

1998

2002

2003

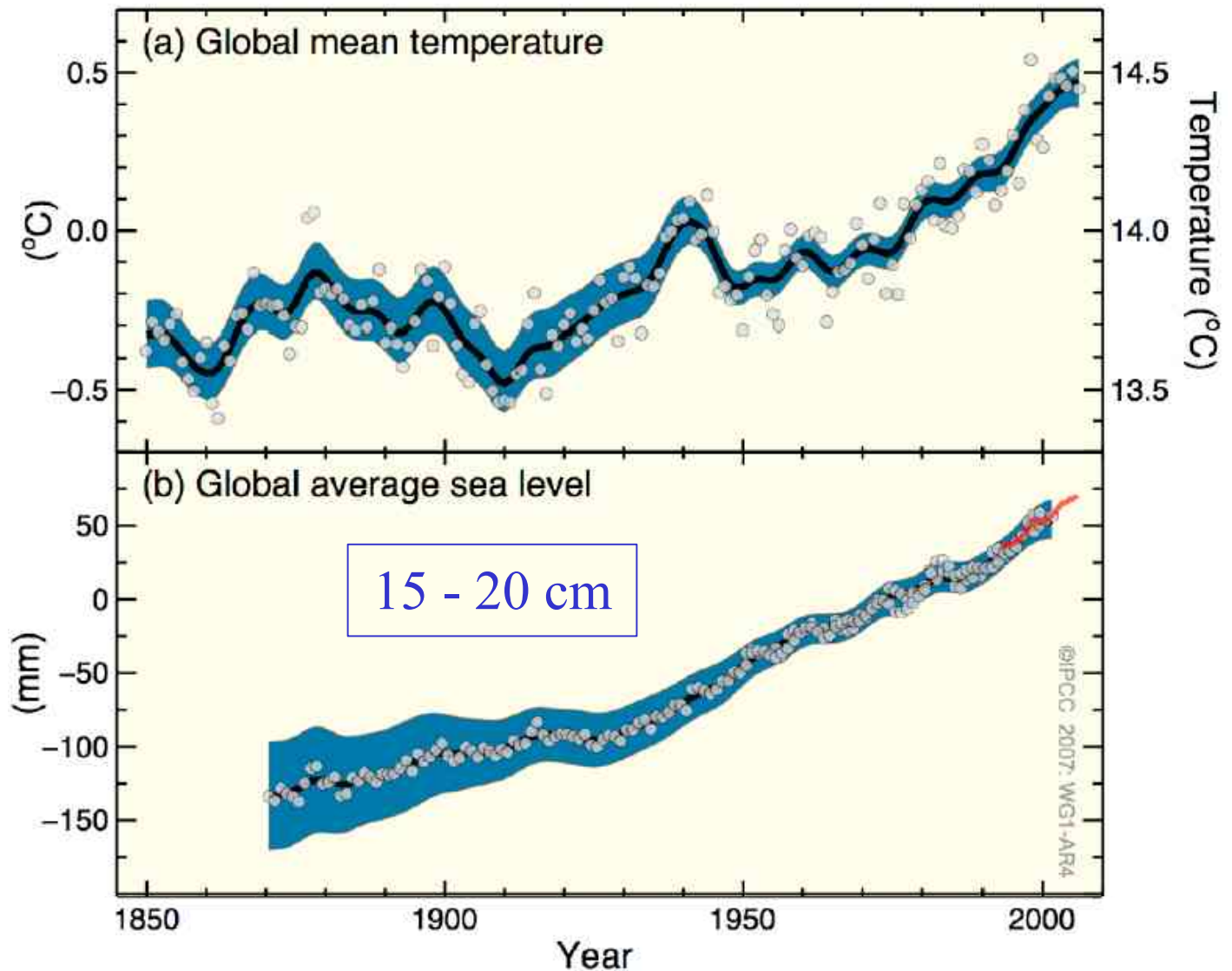
2006

2004

2001

~ 0.8 °C: globální zvýšení teploty za poslední století

Růst hladiny oceánu za posledních 140 let



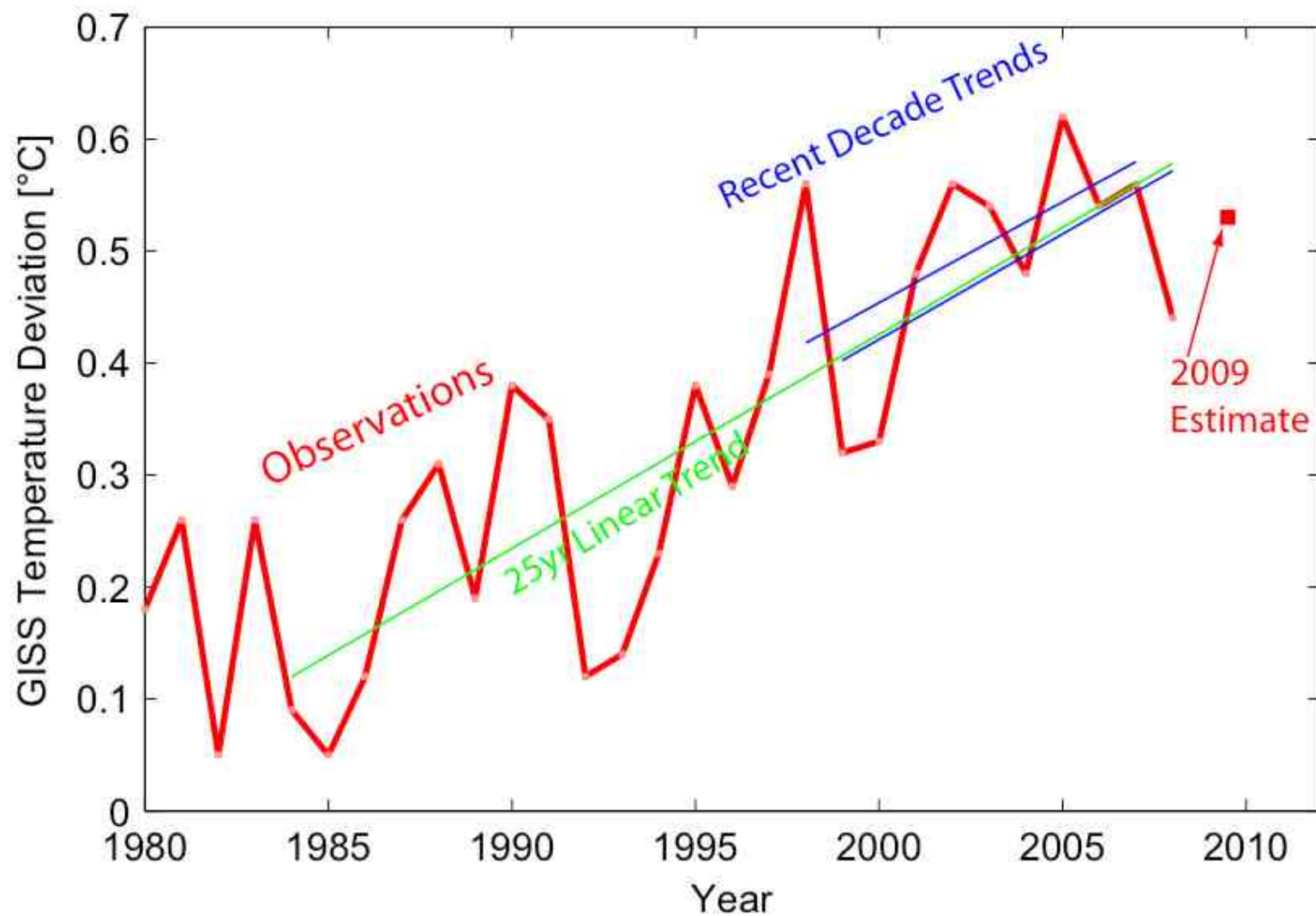
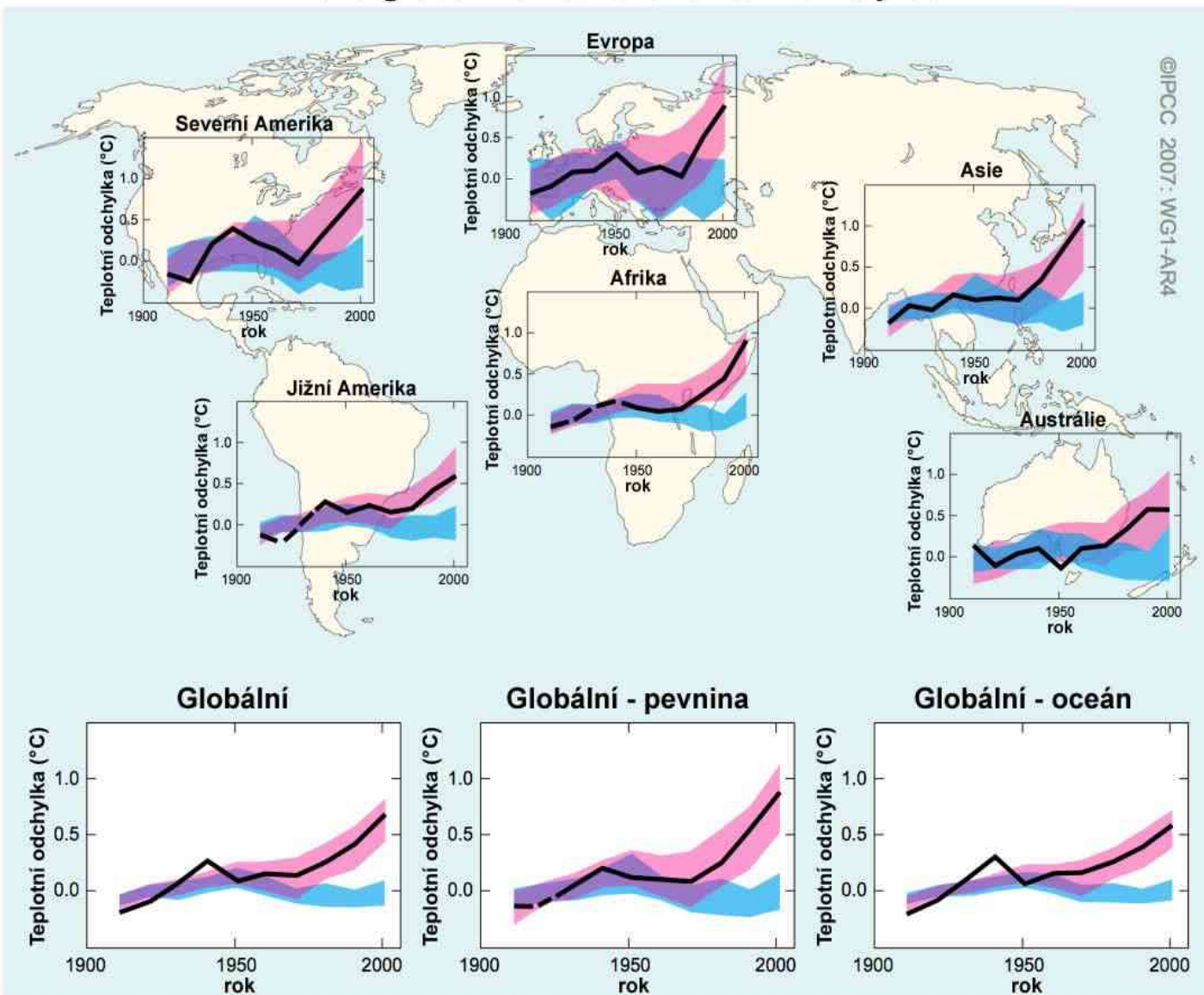


Figure 4: Změna globální teploty od roku 1980 dle údajů GISS

Změna globálních a kontinentálních teplot

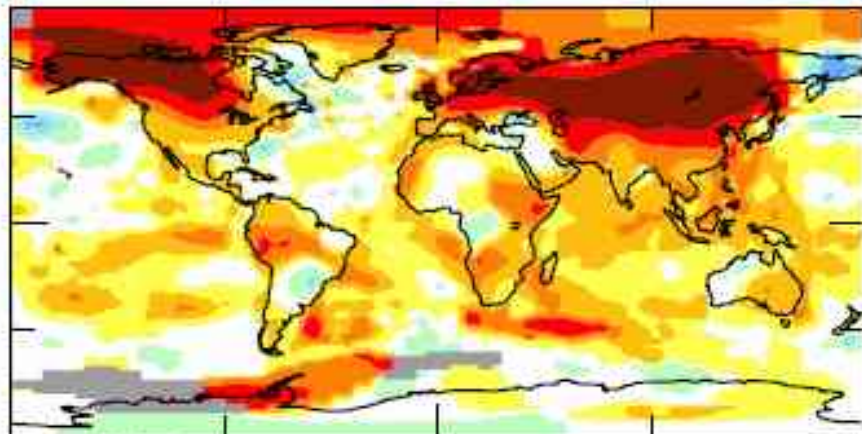


Čtvrtletní trendy od r. 1950

1950-2009 Seasonal Surface Temperature Changes ($^{\circ}\text{C}$)

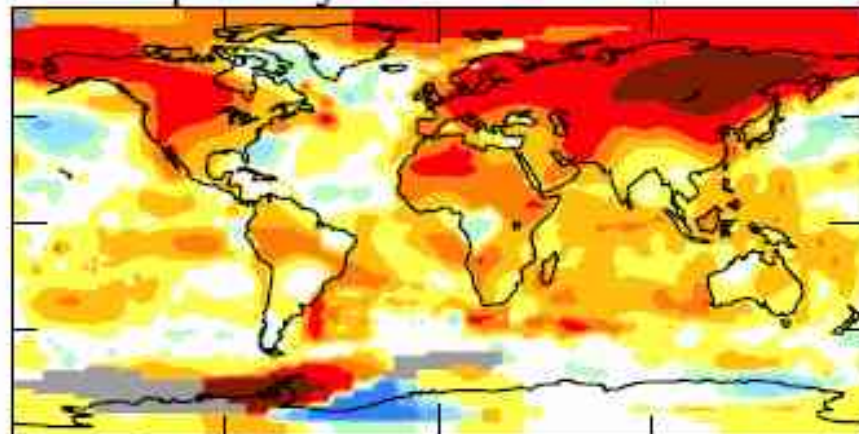
Dec-Jan-Feb

.66



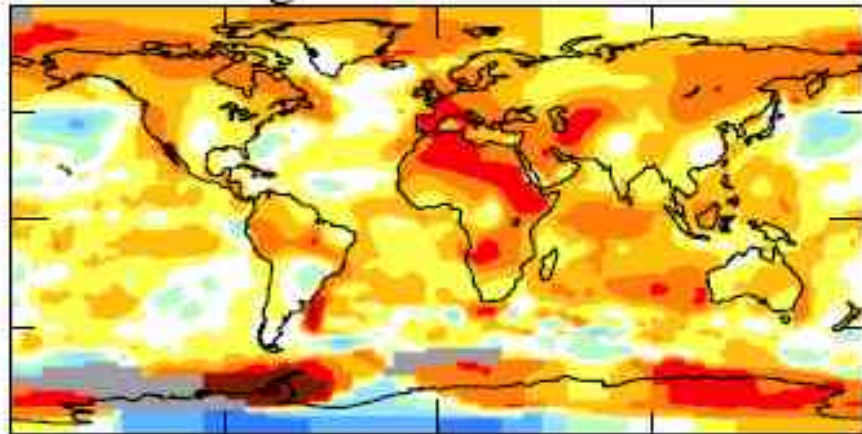
Mar-Apr-May

.66



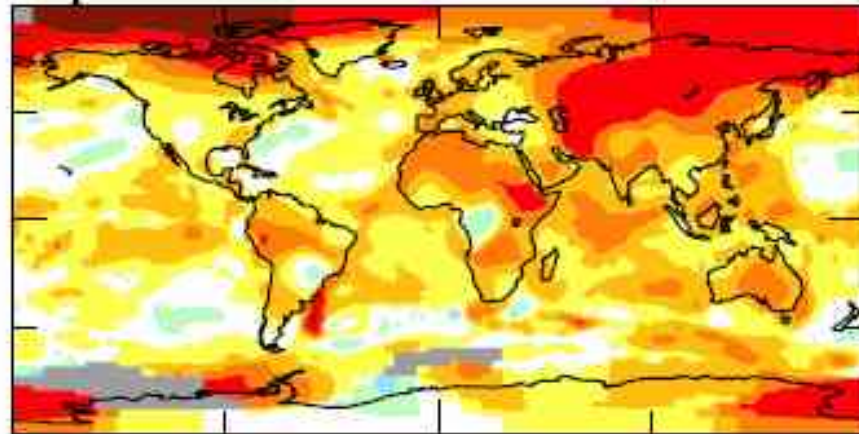
Jun-Jul-Aug

.60



Sep-Oct-Nov

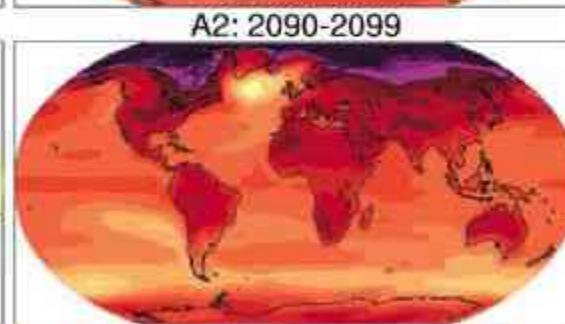
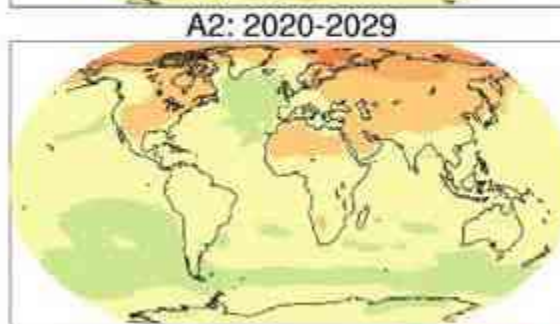
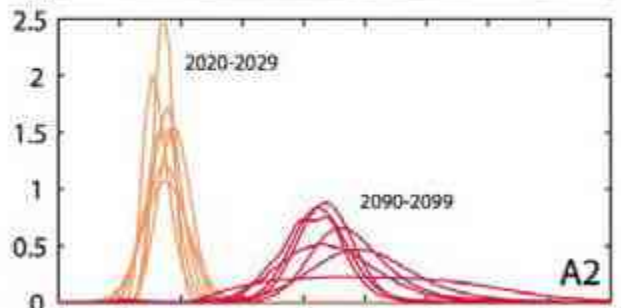
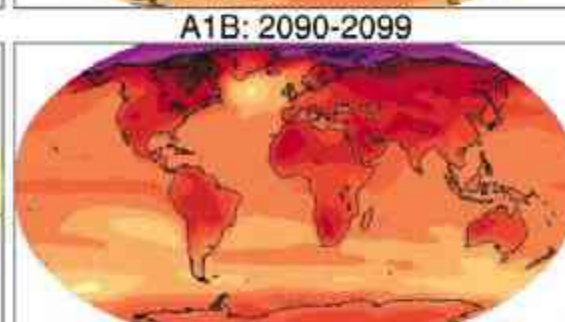
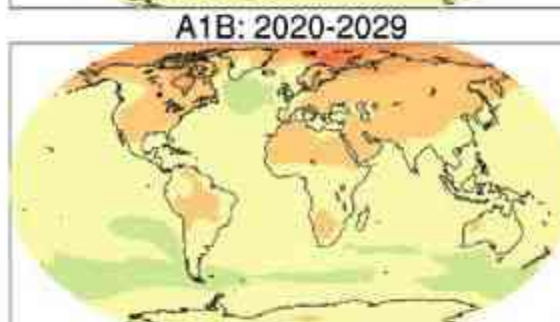
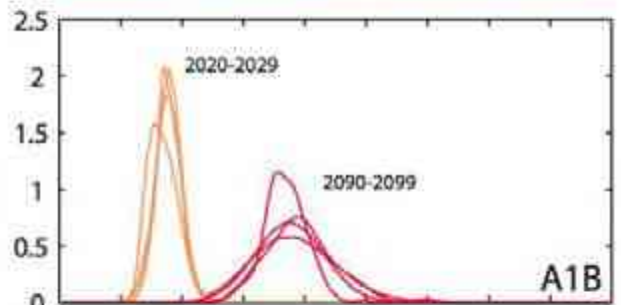
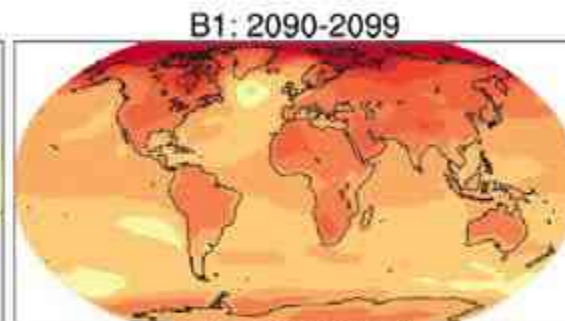
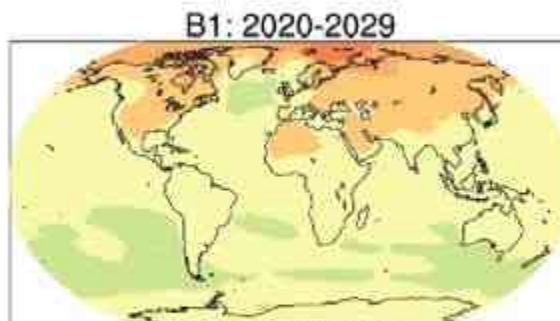
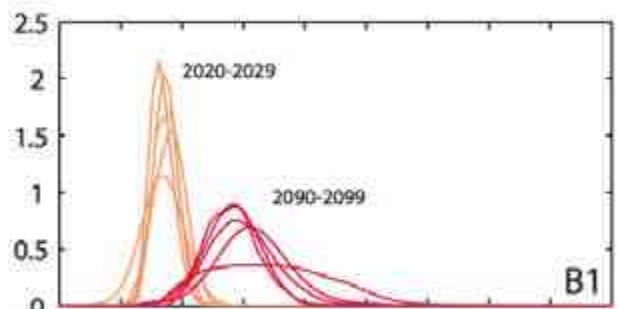
.64



-3 -2.5 -1 -.6 -.2 .2 .6 1 1.5 2.5 5.1

-2.5 -1 -.6 -.2 .2 .6 1 1.5 2.5 4.1

AOGCM projekce povrchových teplot



Globální průměrná změna povrchové teploty (°C)



Horské ledovce tají na celém světě

Nový Zéland



Mueller Glacier



Peru
Ururashraju Glacier
~ výška: 5000 m





USA
Grinnell Glacier
Glacier National
Park





Švýcarsko

Rhone Glacier





Rakousko

Pasterze



Aljaška

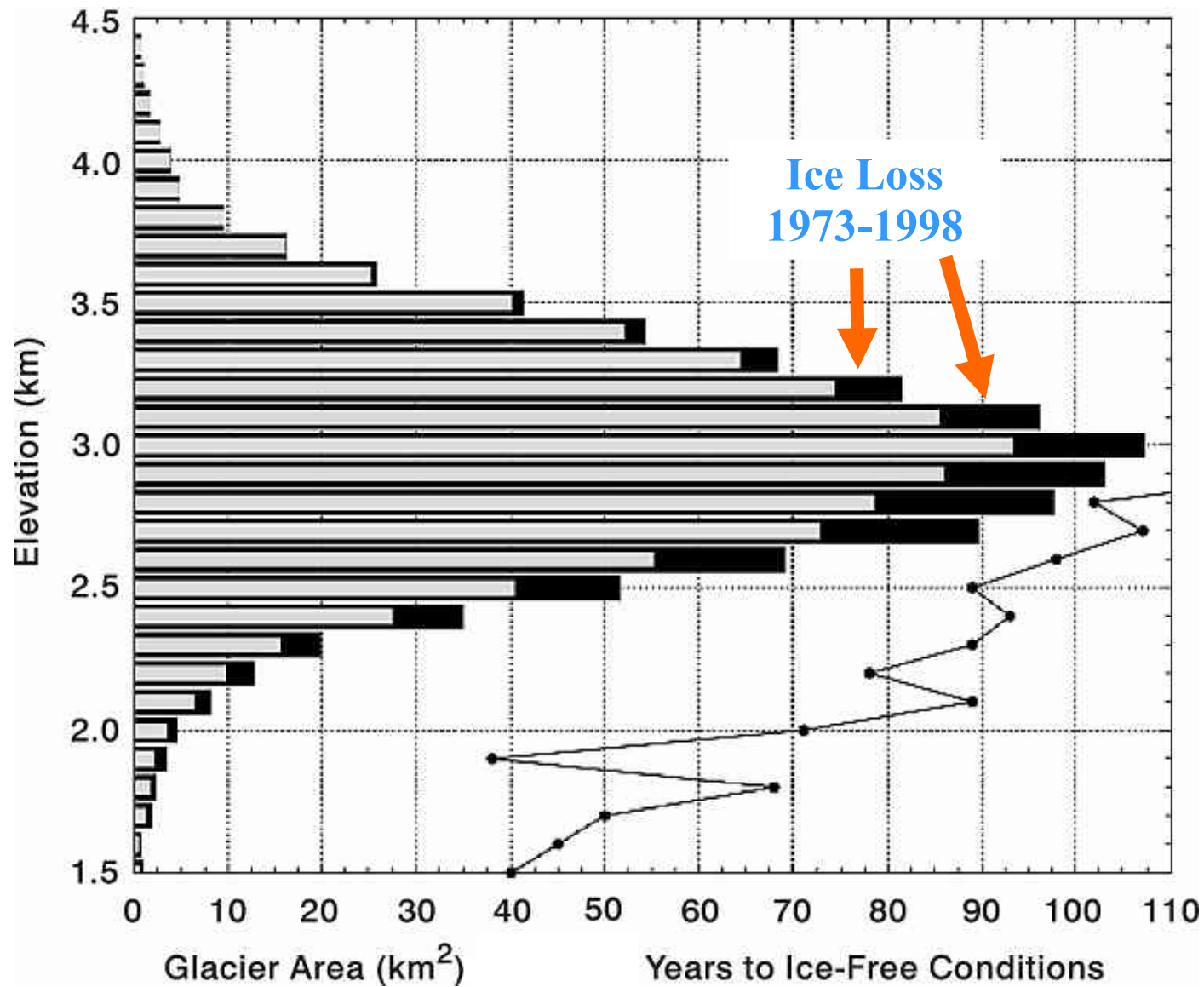
Portage Glacier



Ledovec Rongbuk



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

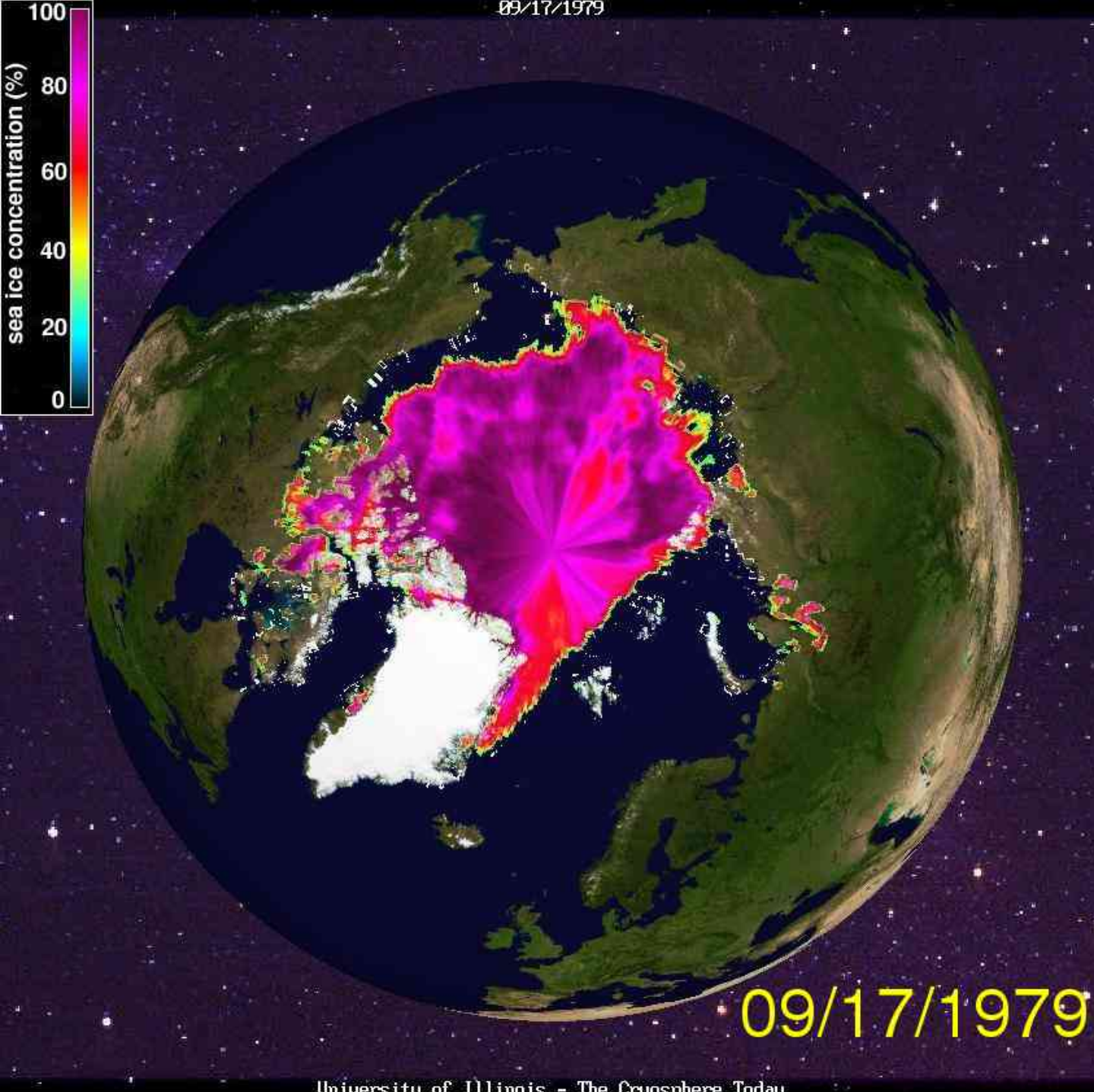


Černě: ztráta ledu od r. 1973 do 1998. Křivka: roky do zániku tímto tempem.

Paul, F. et al., Geophys. Res. Lett. 31, L21402, 2004.

Ztmavnutí povrchu

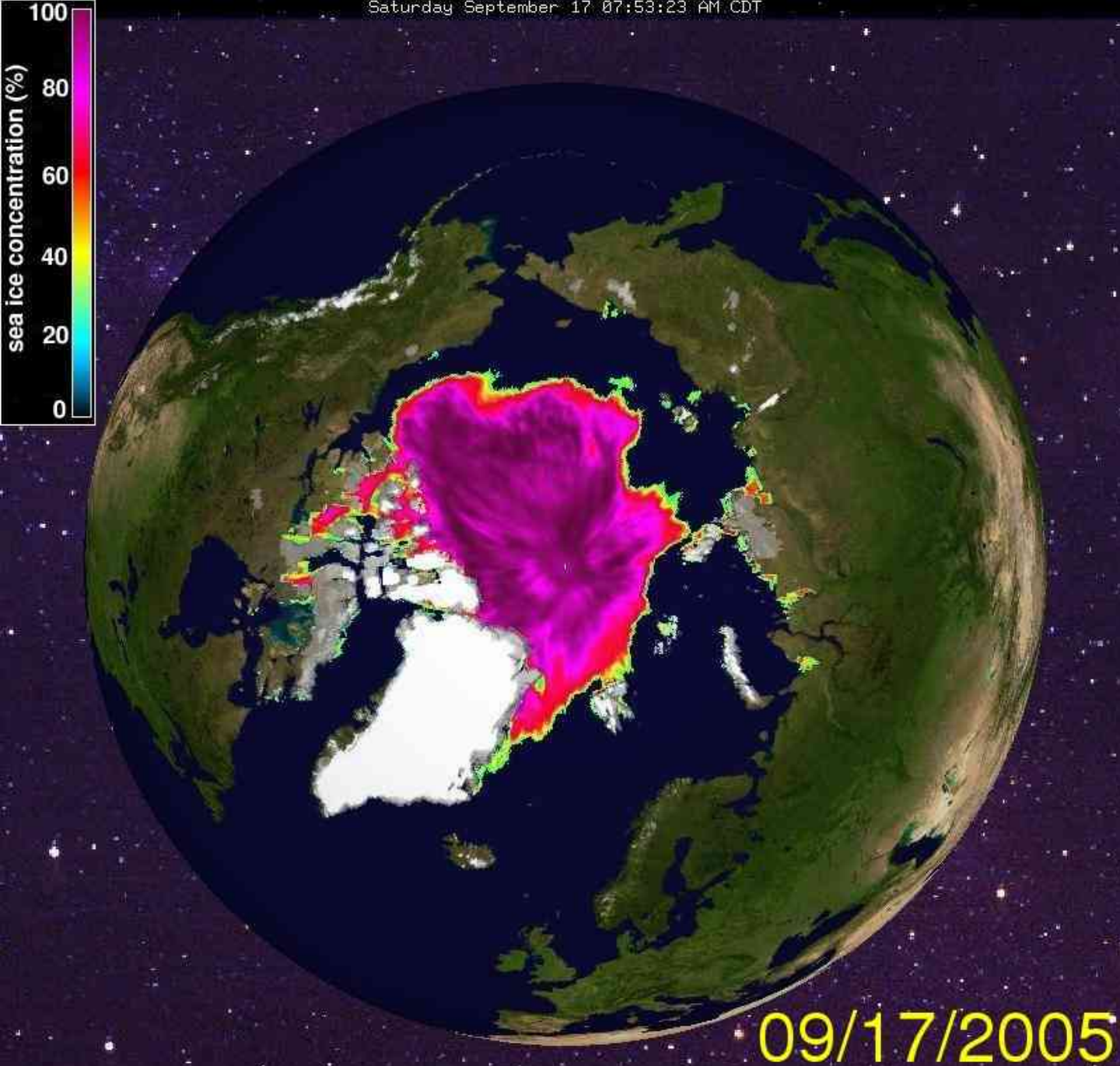
velká zesilující zpětná vazba



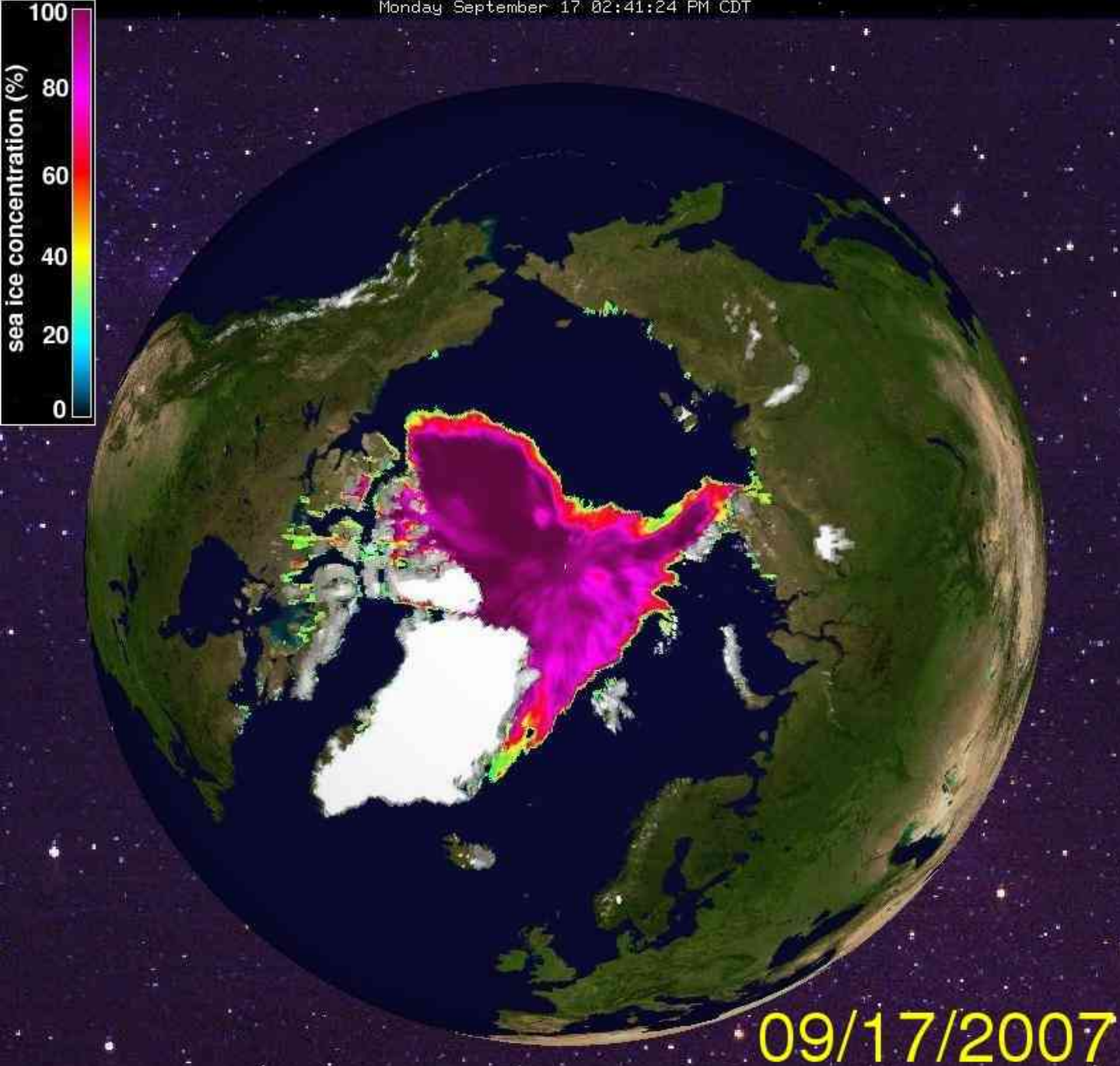
1979

17. září

Arktický
mořský led



Arktický
mořský led



2007
17. září

Arktický
mořský led

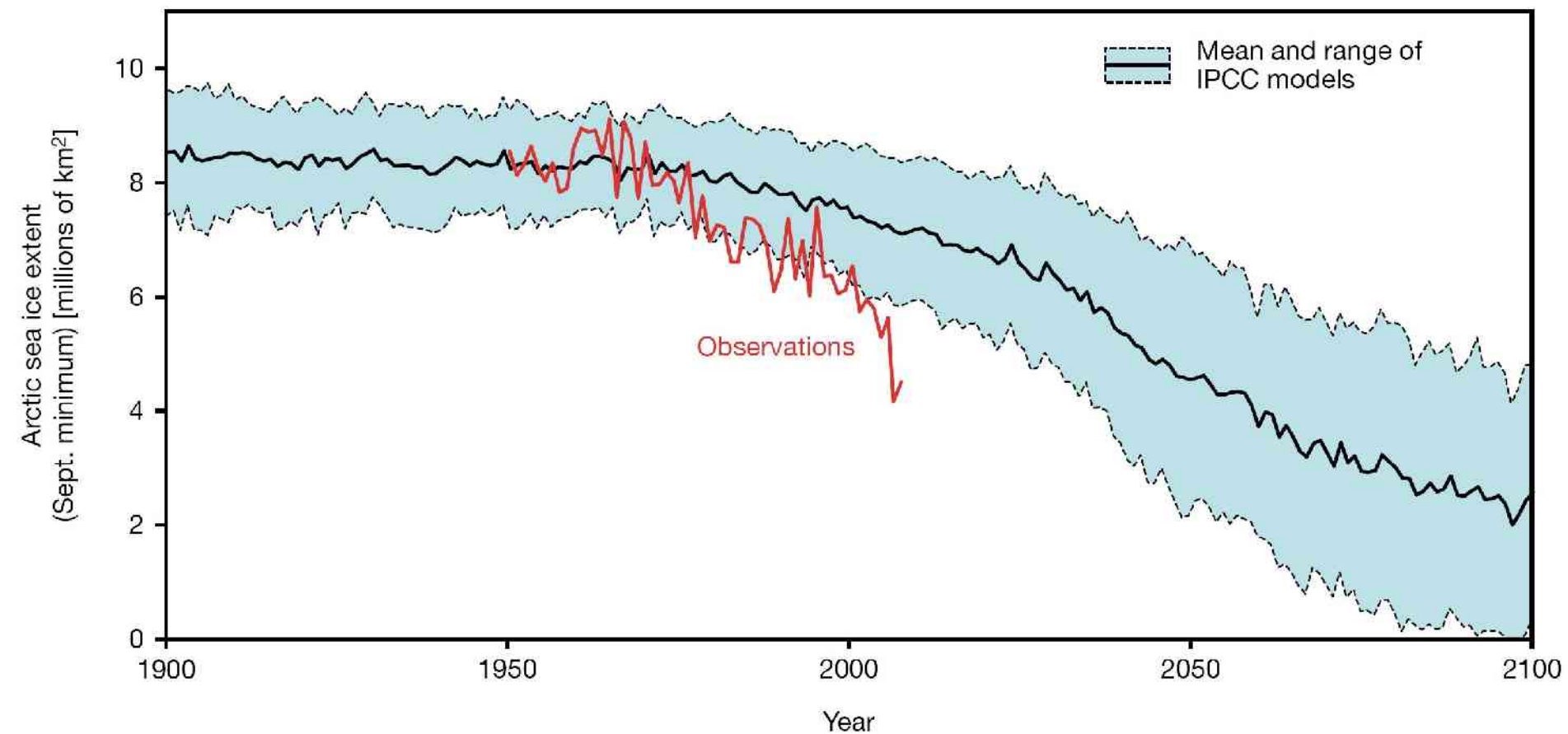


Figure 13: Pozorované a modelované změny rozlohy mořského ledu v Arktidě

Tání na povrchu Grónska

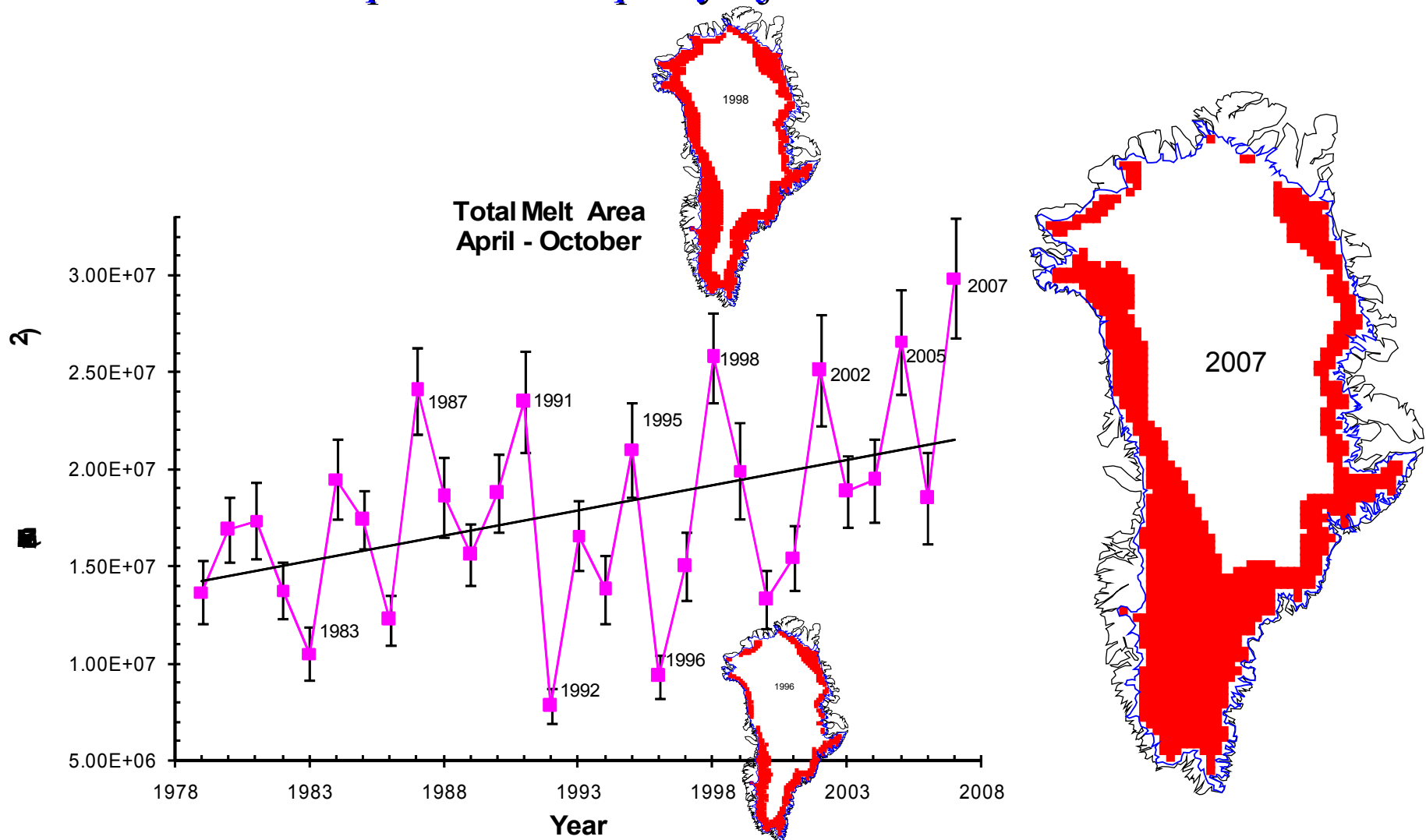
Vody klesající
do „mlýna“,
svislé šachty
vedoucí na
dno ledového
příkrovu

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



Rozloha oblasti tání

hodnota pro rok 2007 převyšuje minulé maximum o 10%



Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých
grónských ledových
proudů se značně
zrychluje



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

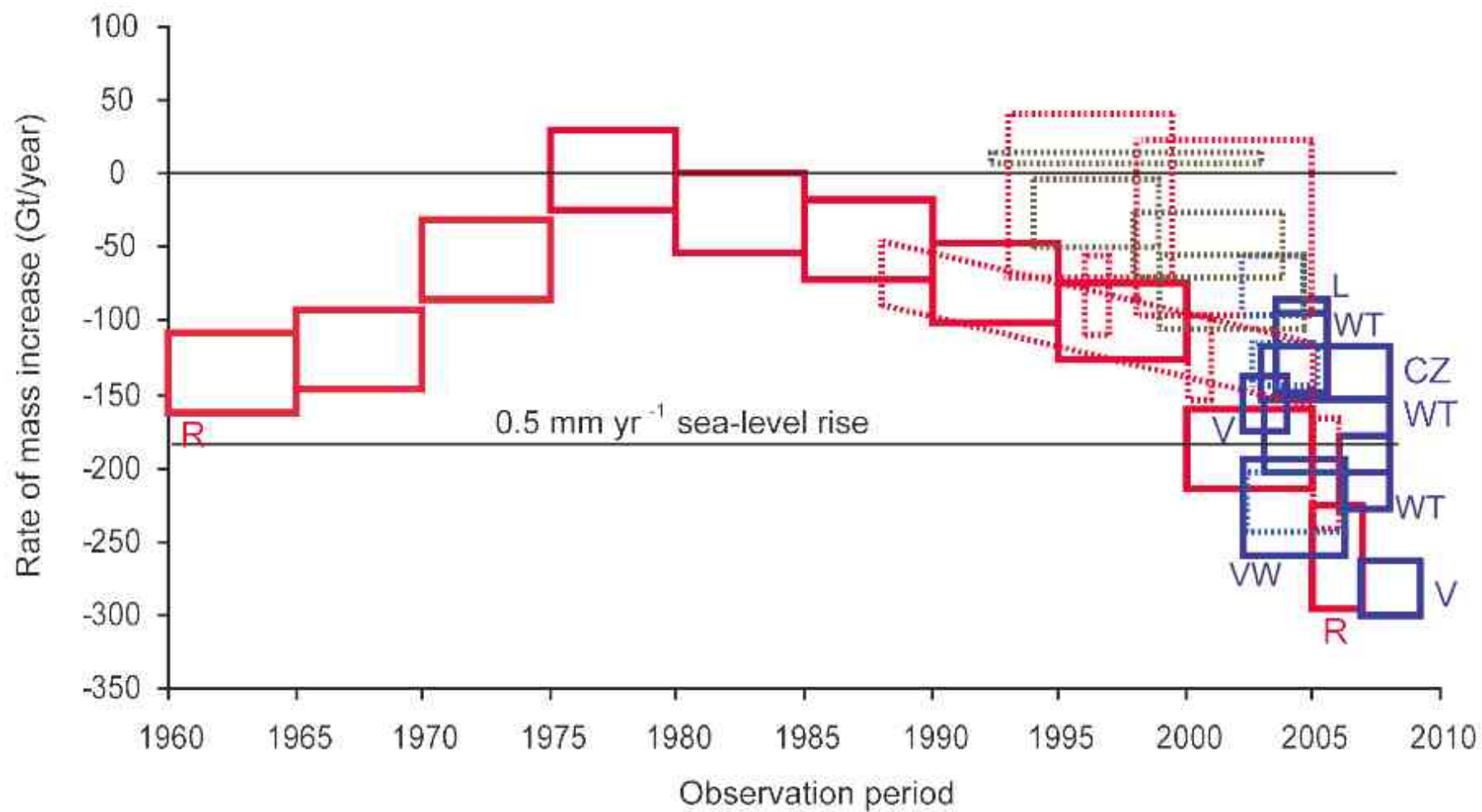


Figure 8: Úbytek hmotnosti ledu v Grónsku od roku 1960, gigatuny za rok

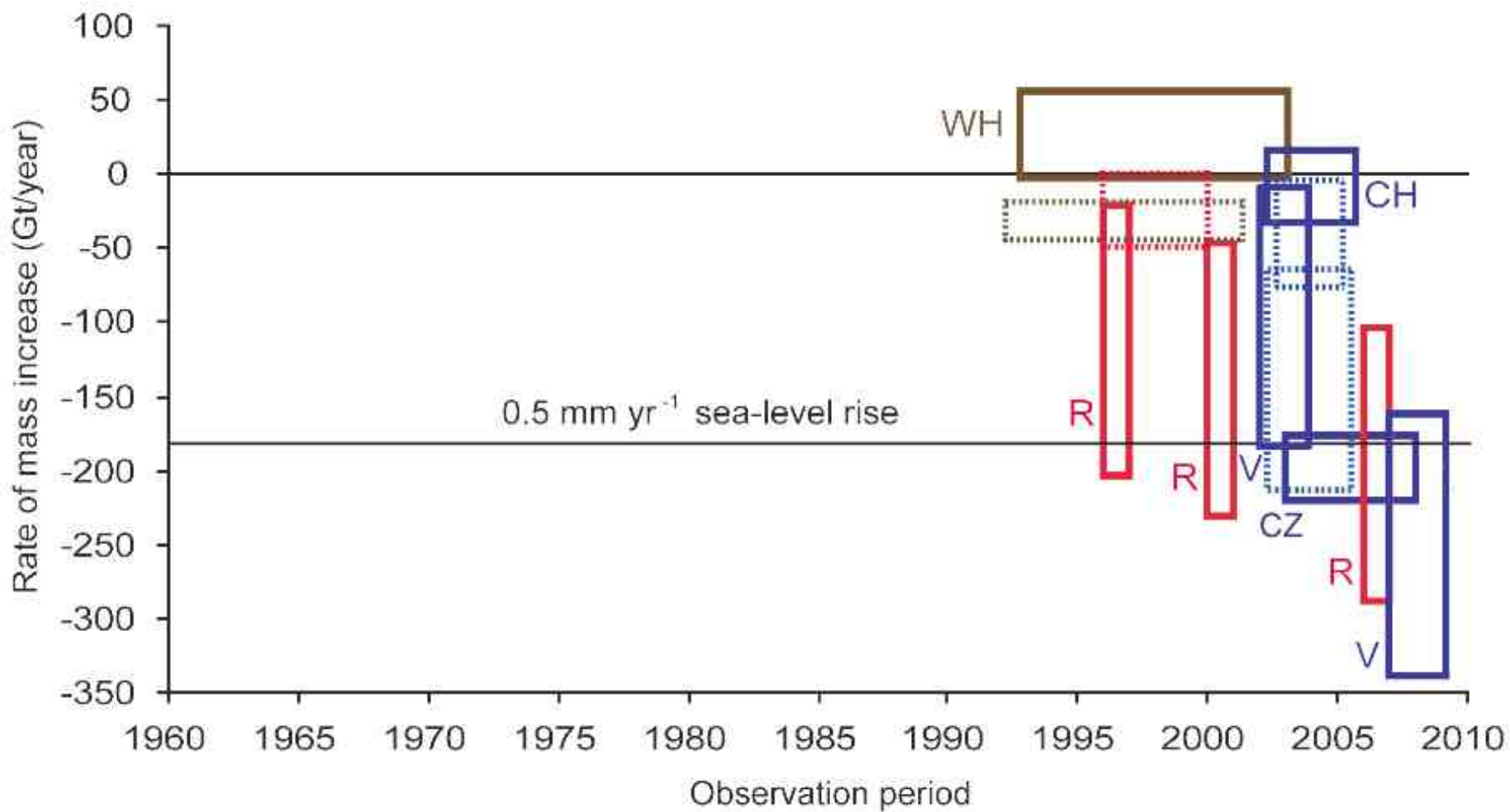
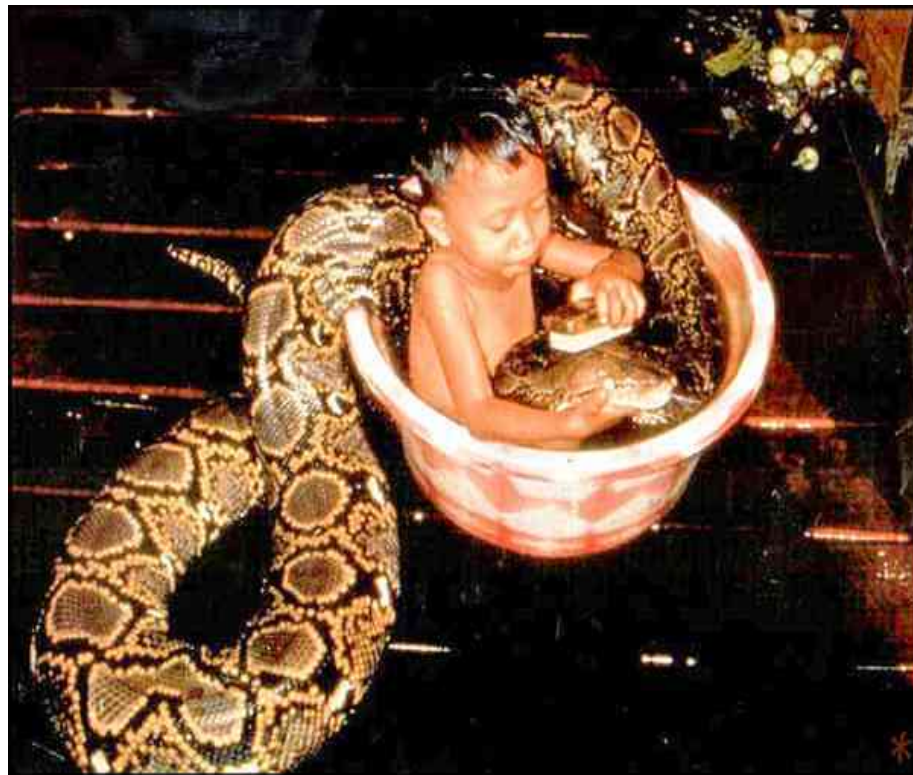


Figure 10: Úbytek hmotnosti ledu v Antarktidě od roku 1960, gigatuny za rok

Budoucí rizika

v oteplujícím se světě



riziko

=

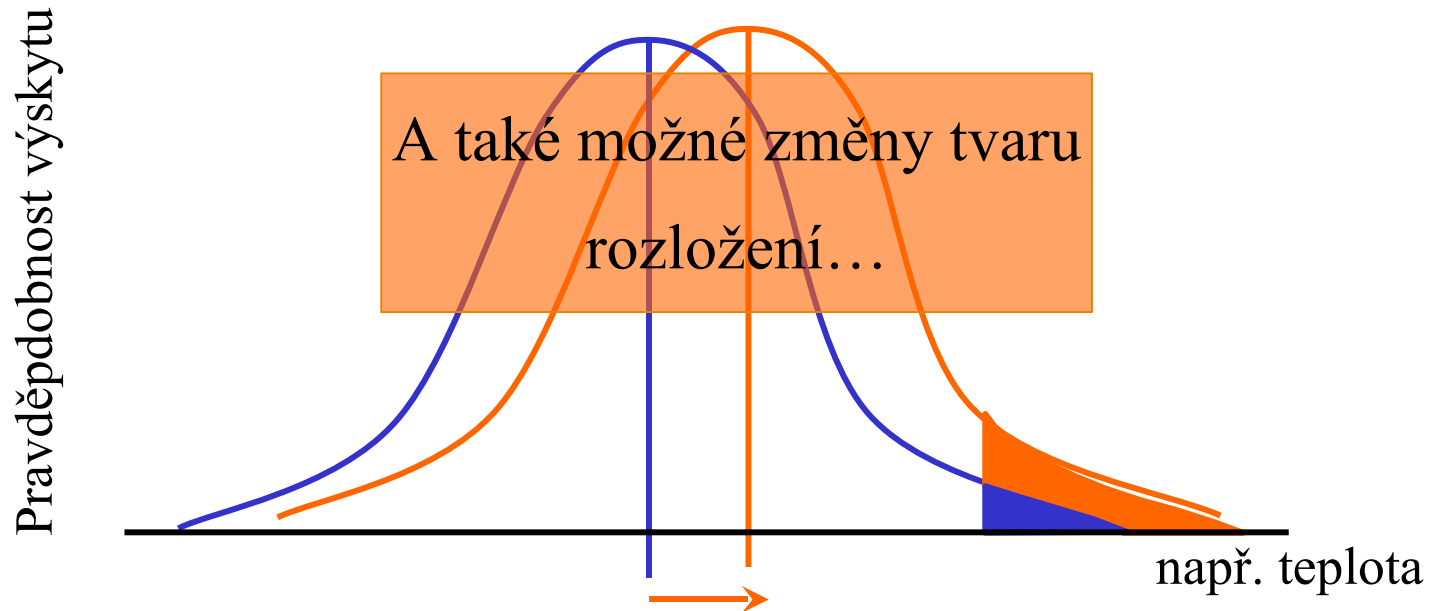
pravděpodobnost

x

dopad

Extrémní události

- Rozložení pravděpodobnosti
 - Výskyt extrémních jevů



- malý posun střední hodnoty
- mnohem větší nárůst extrémních událostí

povodně



Rizika:
Extrémní události

Teplejší atmosféra pojme více
vlhkosti
($\sim 7\%/^{\circ}\text{C}$)

➤ Větší srážky v přívalech !

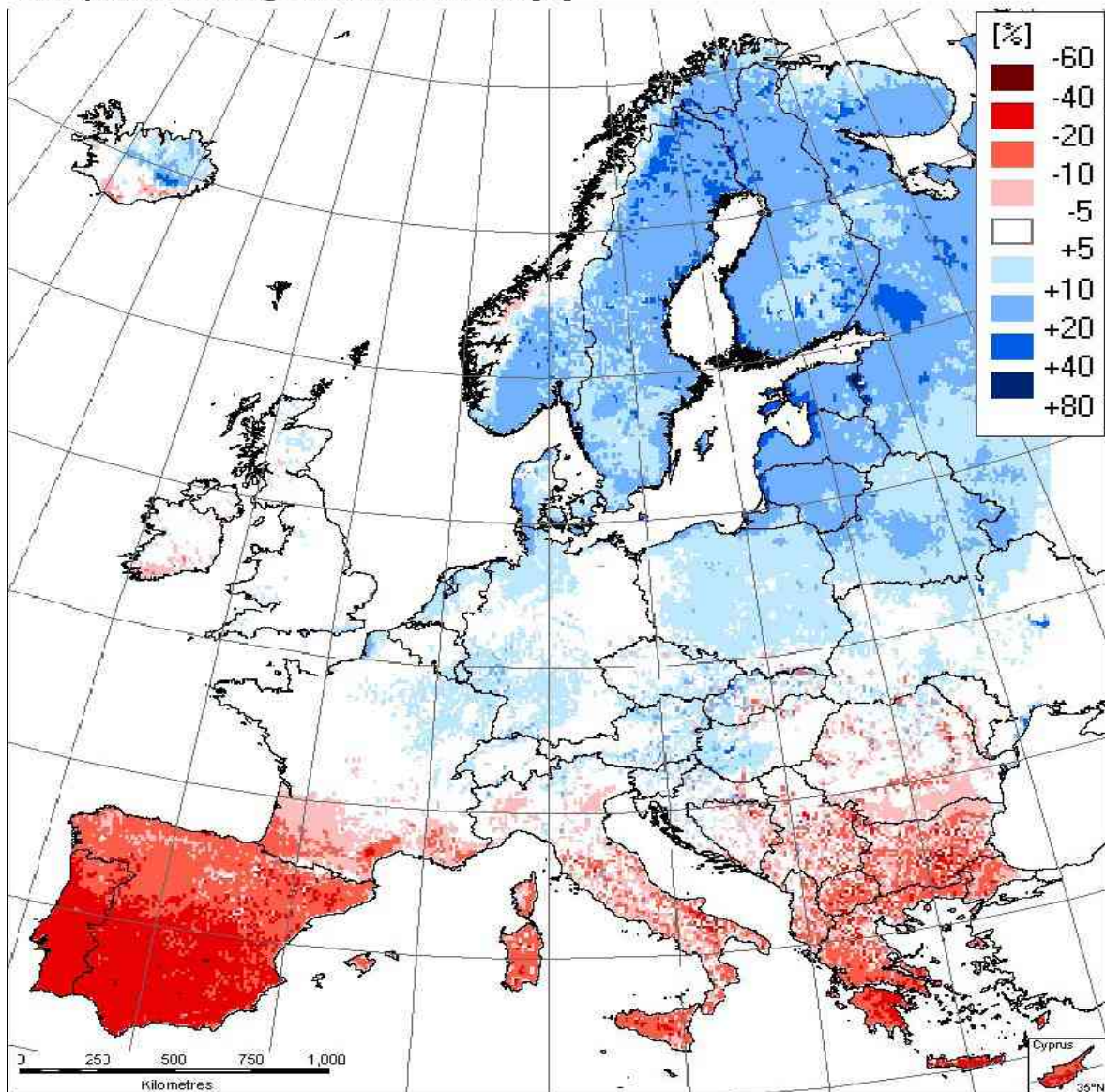
➤ více povodní ?

➤ více such ?



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

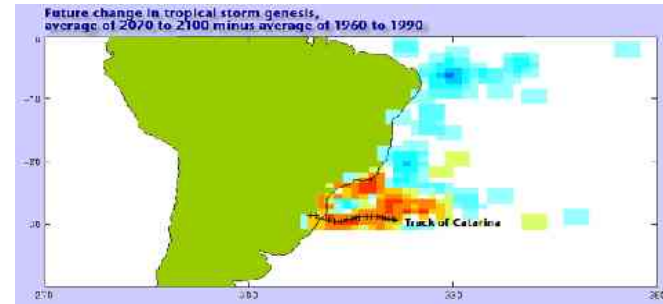
California, 2007



Tropické bouře (cyklóny)



Hurricane *Catarina* off Brasil, 26. March 2004.

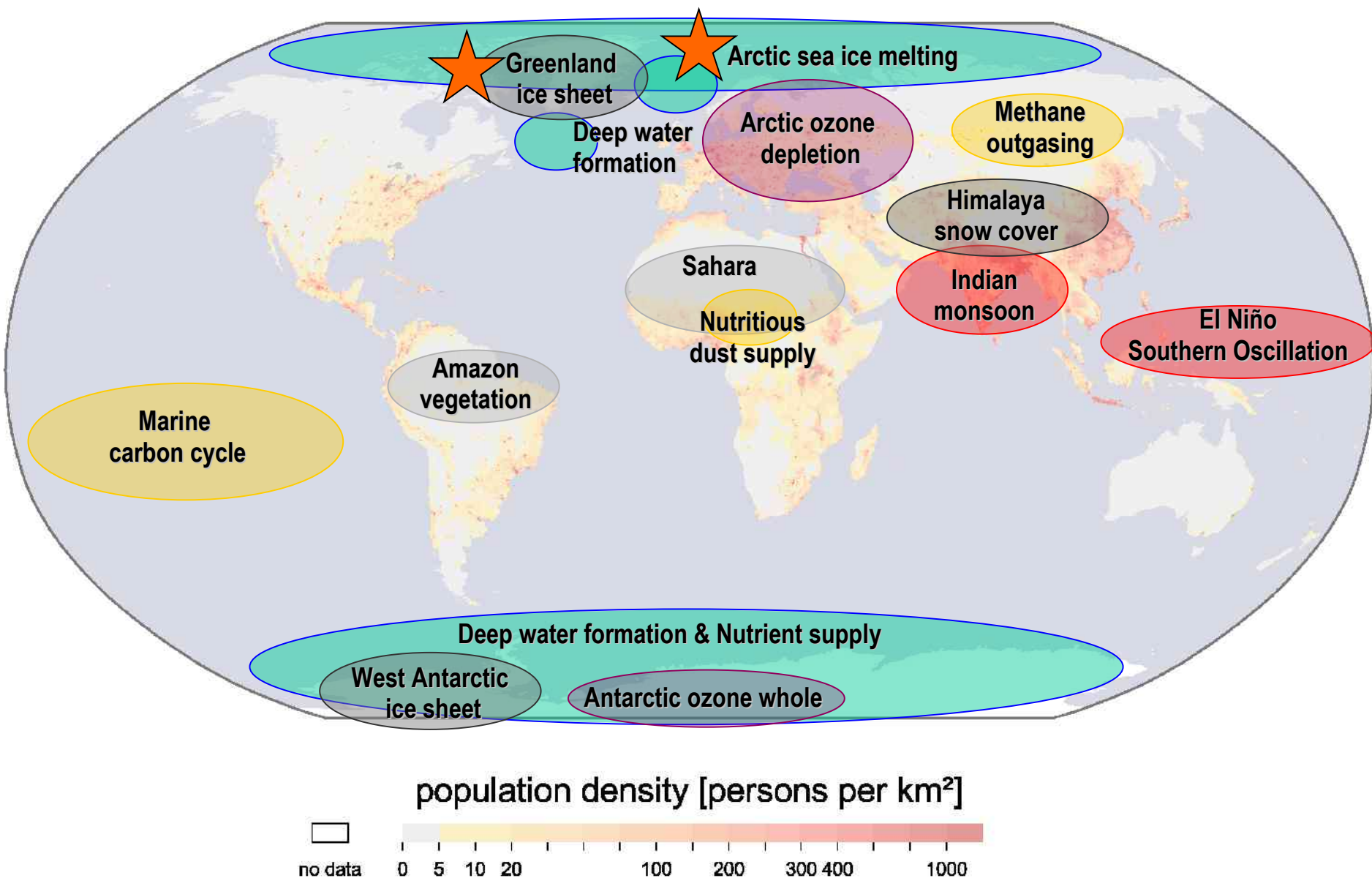


- 2004:
 - První hurikán pozorovaný v jižním Atlantiku
 - Poprvé na Floridu zaútočily 4 hurikány v jedné sezóně
 - Poprvé 10 tajfunů v Japonsku v jedné sezóně

- 2005:
 - Poprvé od roku 1851 v Atlantiku 27 tropických bouří
 - Poprvé 15 hurikánů
 - Poprvé se hurikán přiblížil k Evropě (*Vincent*)
 - Nejnižší níže všech dob (*Wilma*, 882 mbar)

Body zvratu

Regiony a procesy obzvláště citlivé na klimatickou změnu



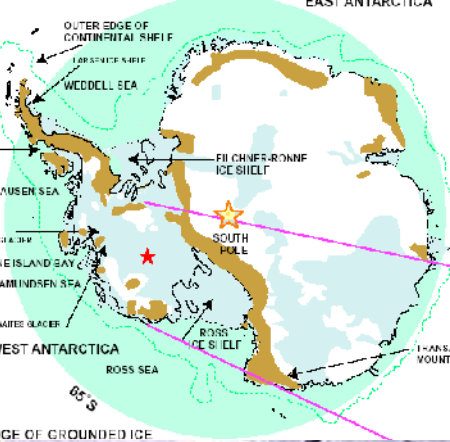
Definice bodů zvratu

1. Hladina zvratu

- radiační působení (obsah skleníkových plynů) dosáhne úrovně, kdy i bez zvýšení radiačního působení mohou nastat velké klimatické změny a dopady

2. Bod, z něhož není návratu

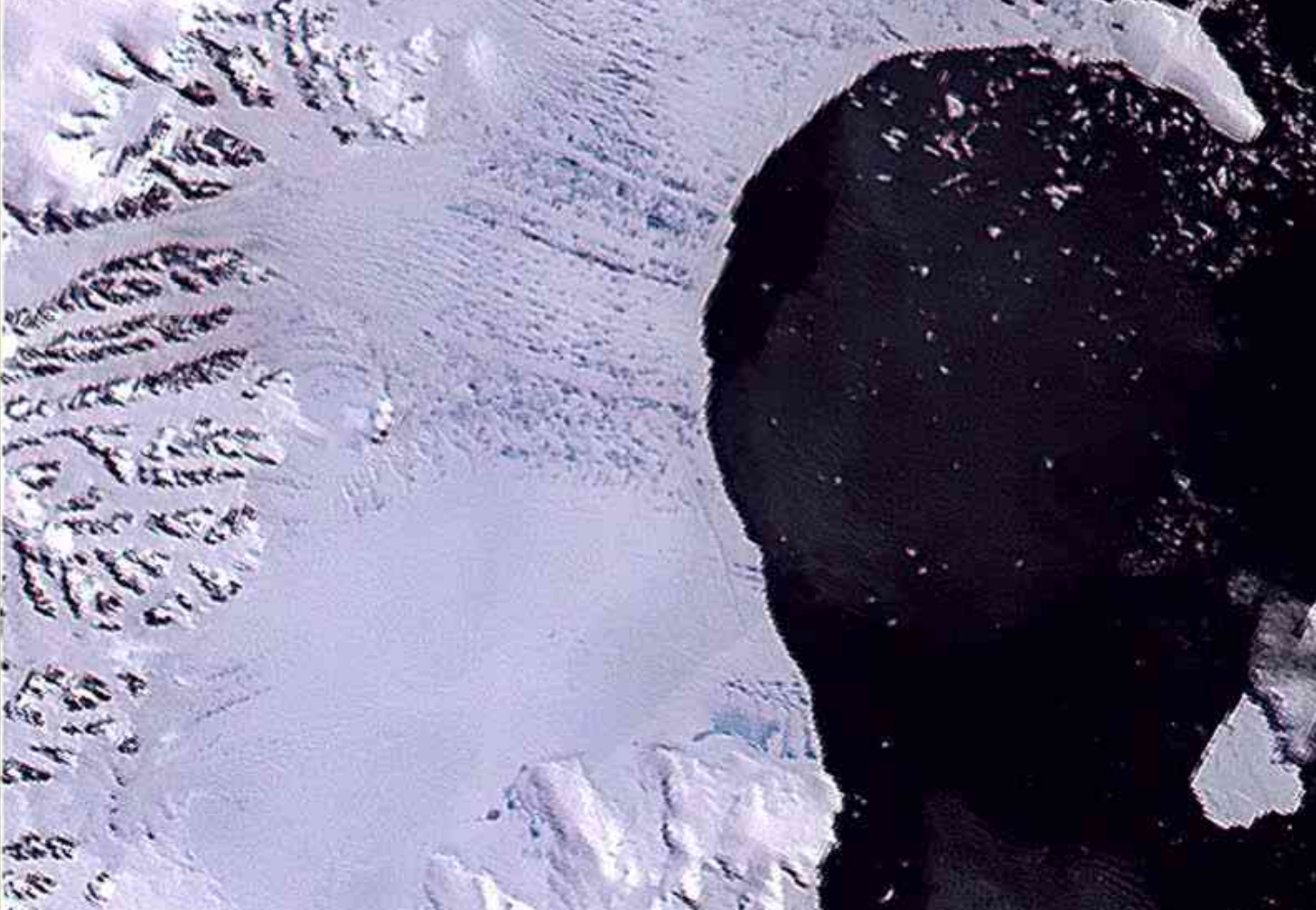
- klimatický systém ve stavu, kdy přijdou nezadržitelné nevratné klimatické dopady (nevratné v praktickém časovém měřítku)
Příklad: rozpad velkého ledového příkrovu

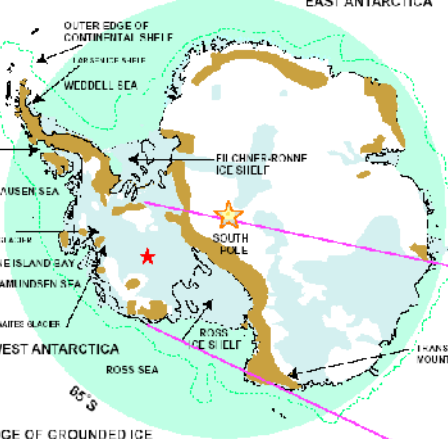


**30. leden
2002**

**Scambos,
NSIDC**

20 km

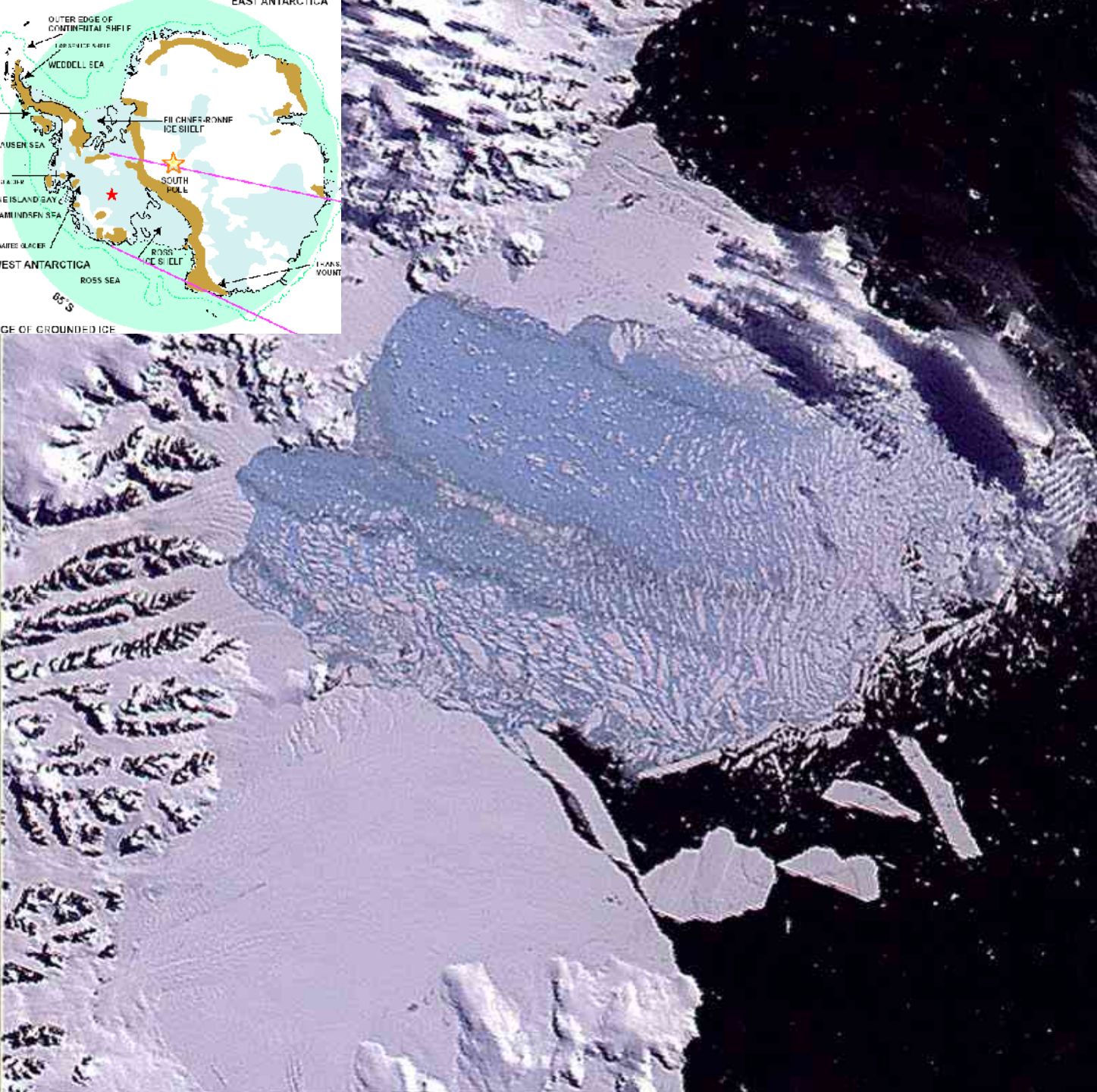




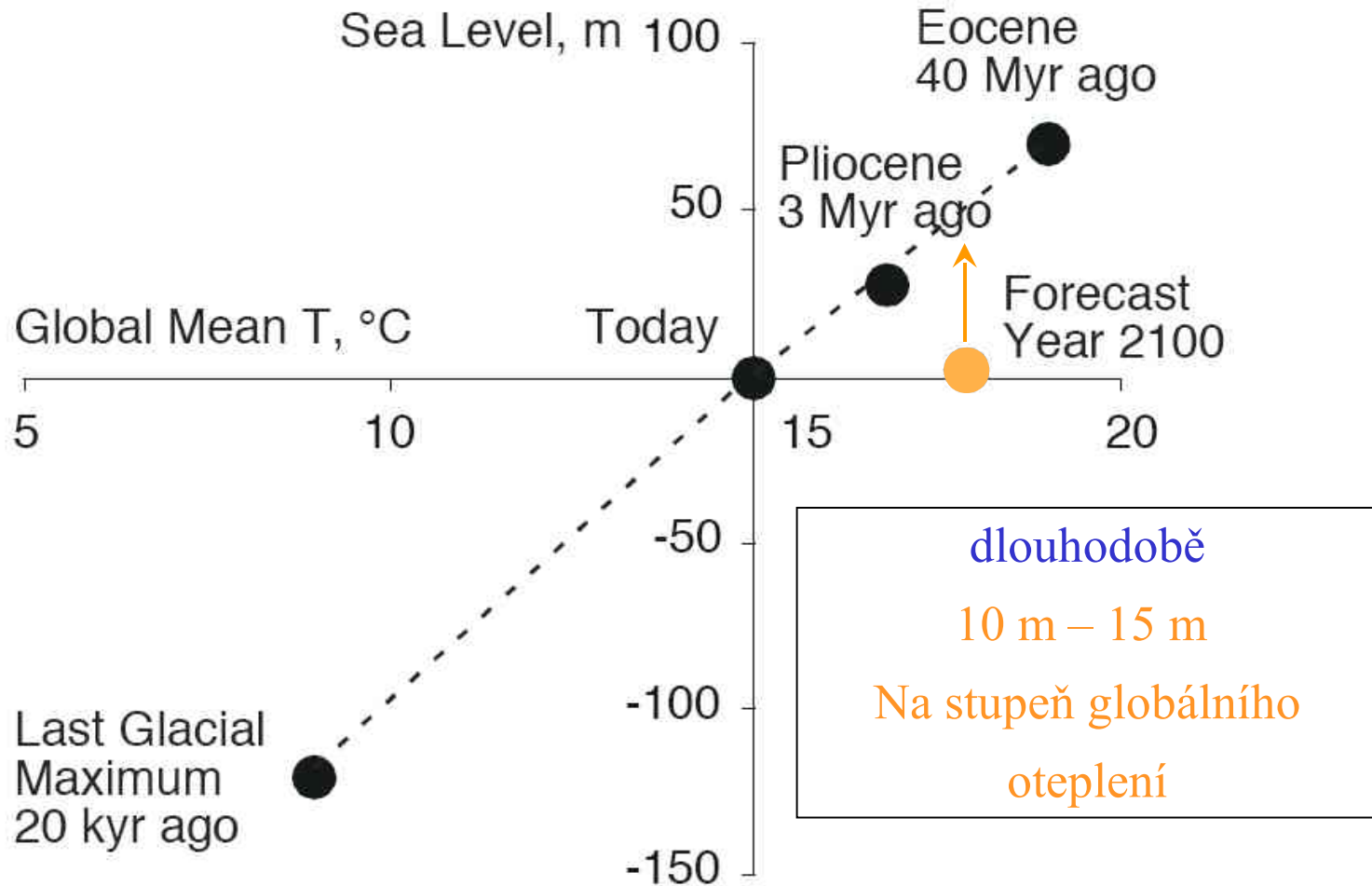
**4. březen
2002**

**Scambos,
NSIDC**

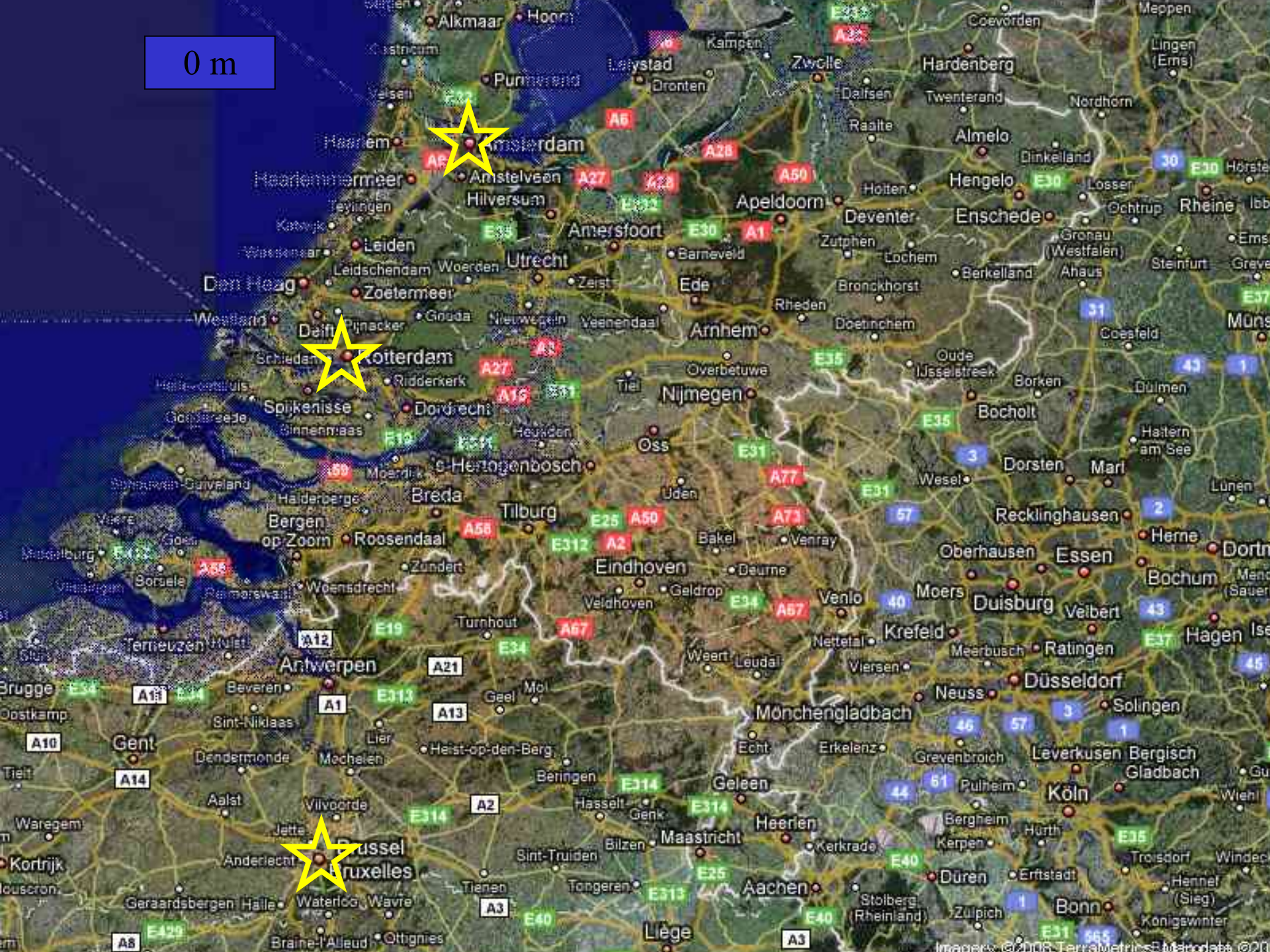
20 km



Minulé odchylky mořské hladiny



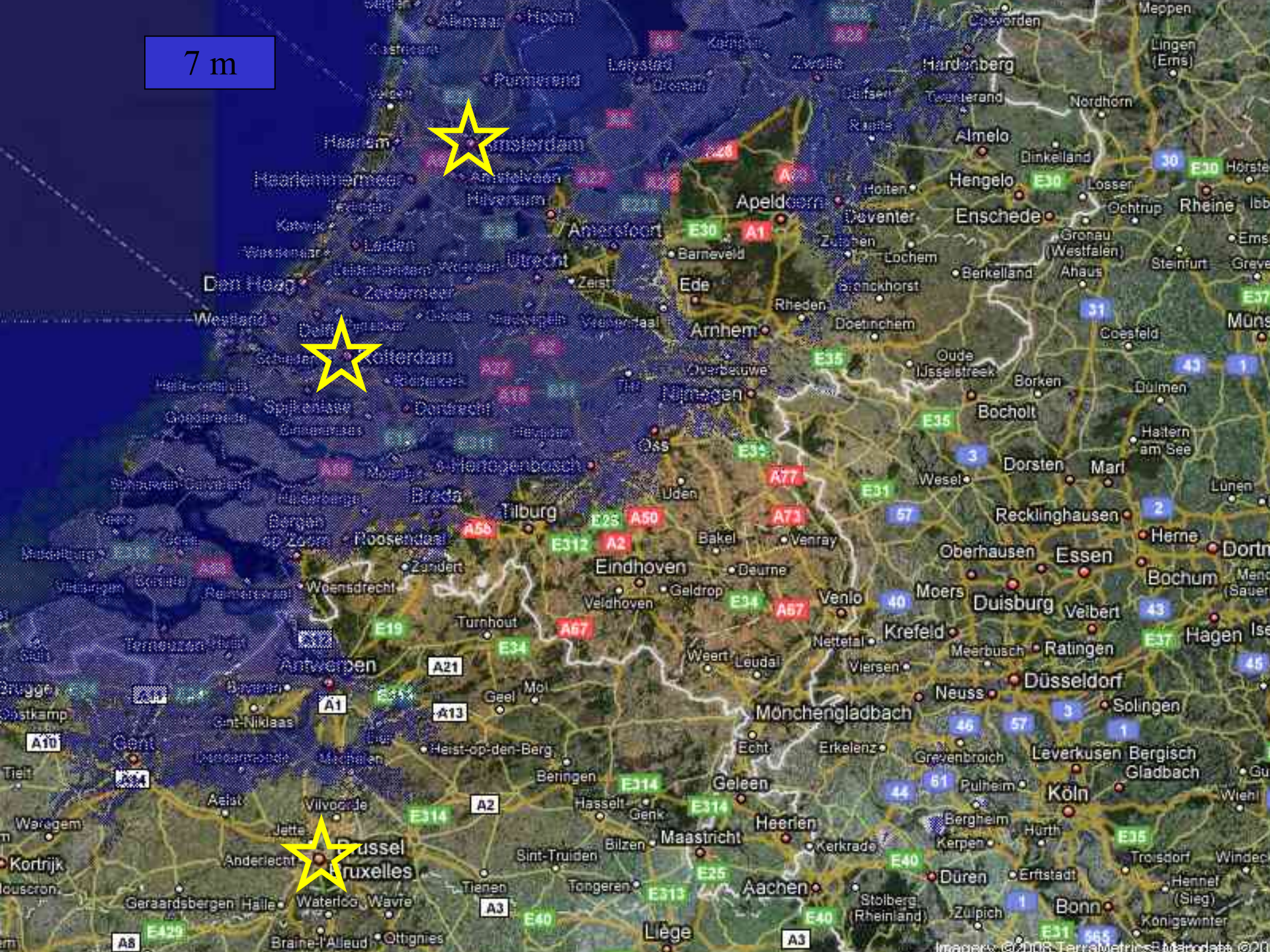
0 m



1 m



7 m



13 m



Holandské krávy připravené na
globální oteplení!



Meze adaptace?

© Bill Hare

Rozměry „nebezpečné“ změny

Vyhynutí živočišných a rostlinných druhů

1. vyhynutí polárních a alpských druhů
2. neudržitelná tempa migrace

Rozpad ledových příkrovů: hladina oceánu

1. dlouhodobá změna dle paleodat
2. reakční doba ledových příkrovů

Regionální poruchy klimatu

1. častější extrémní události
2. posun vegetačních pásem / nouze o vodu

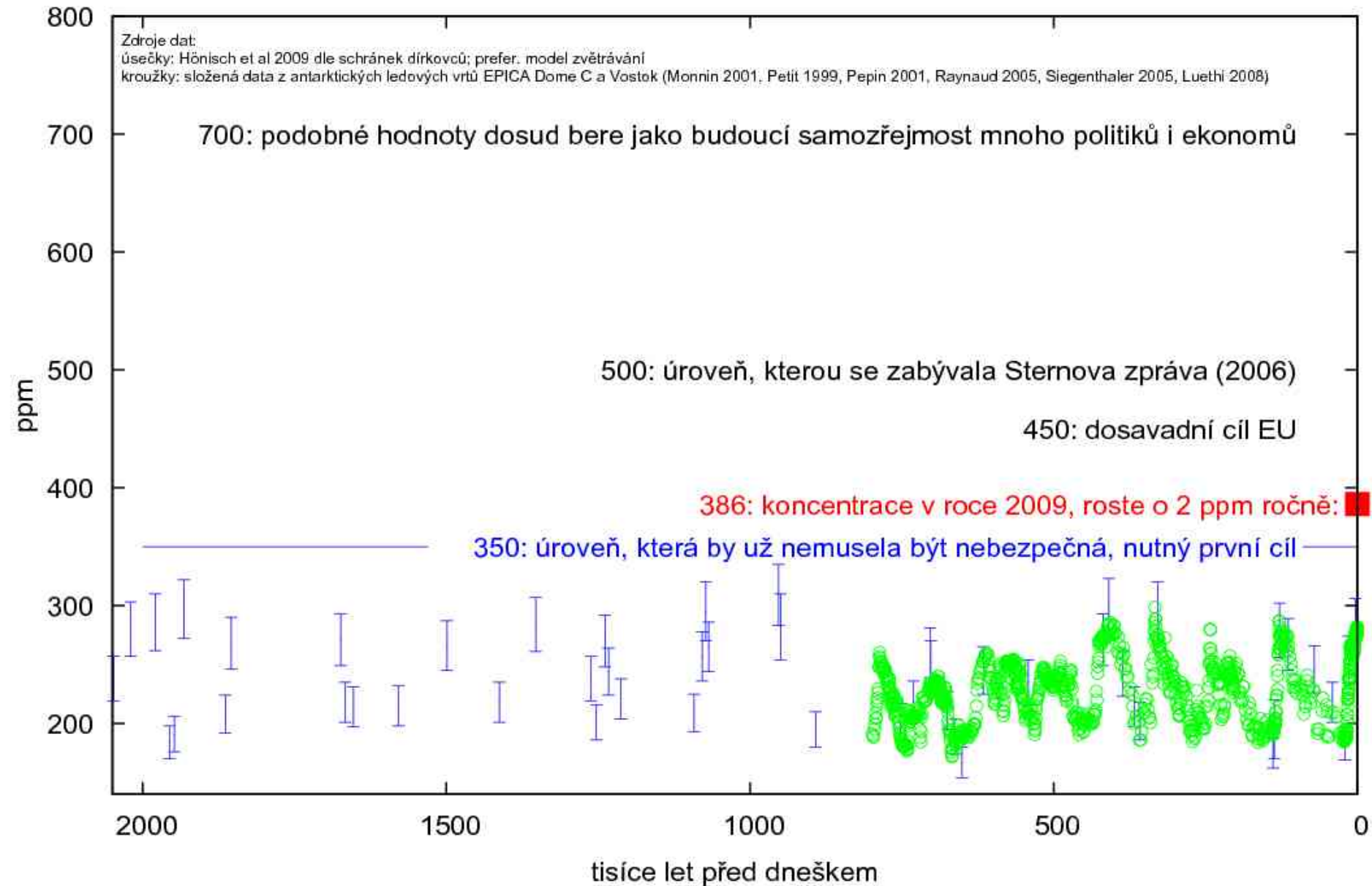
Stabilizovat „na úrovni, která zamezí
nebezpečnému lidskému zásahu do
klimatického systému“

United Nations Framework Convention on Climate Change

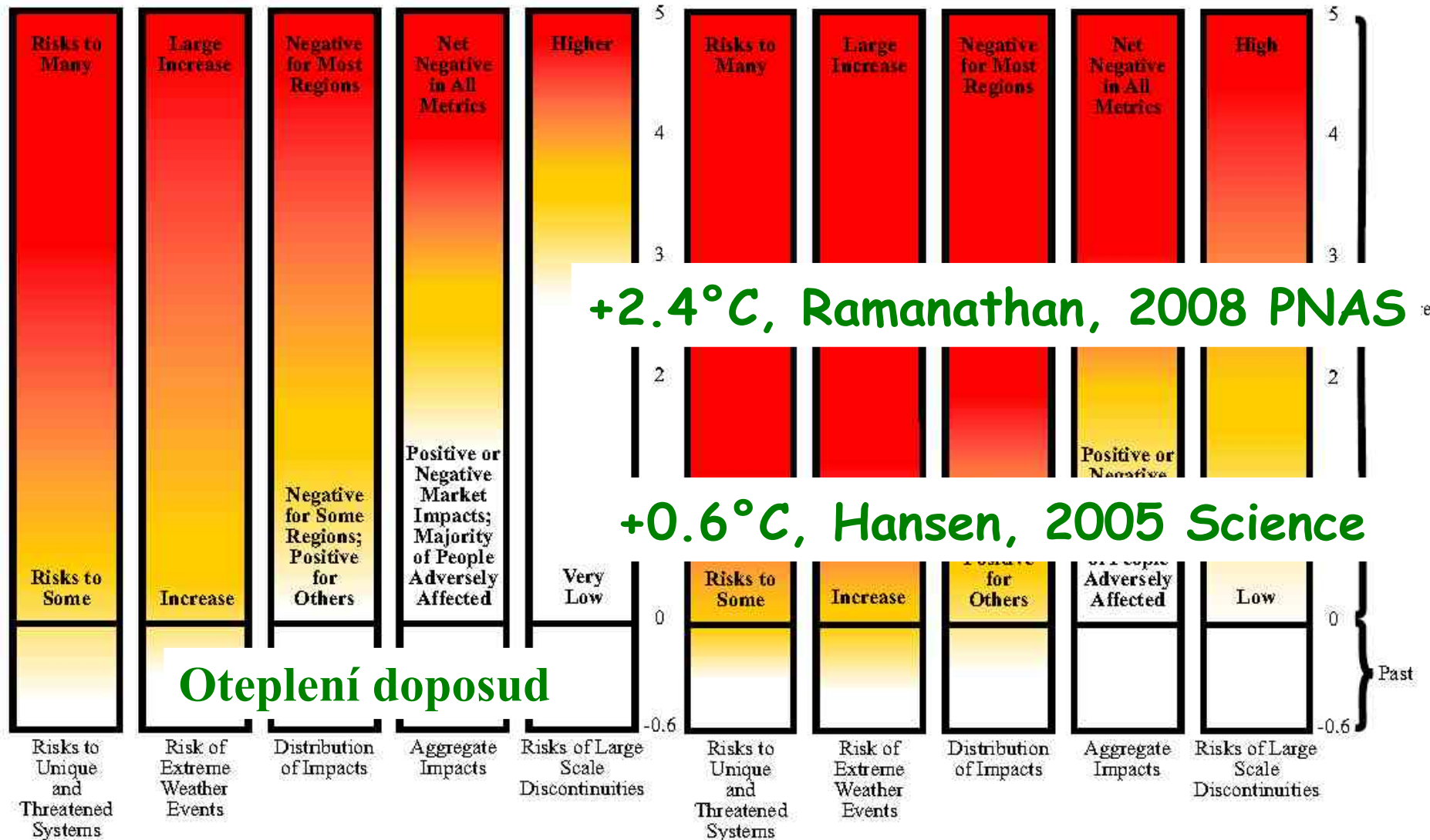
Aim is to stabilize greenhouse gas emissions...

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

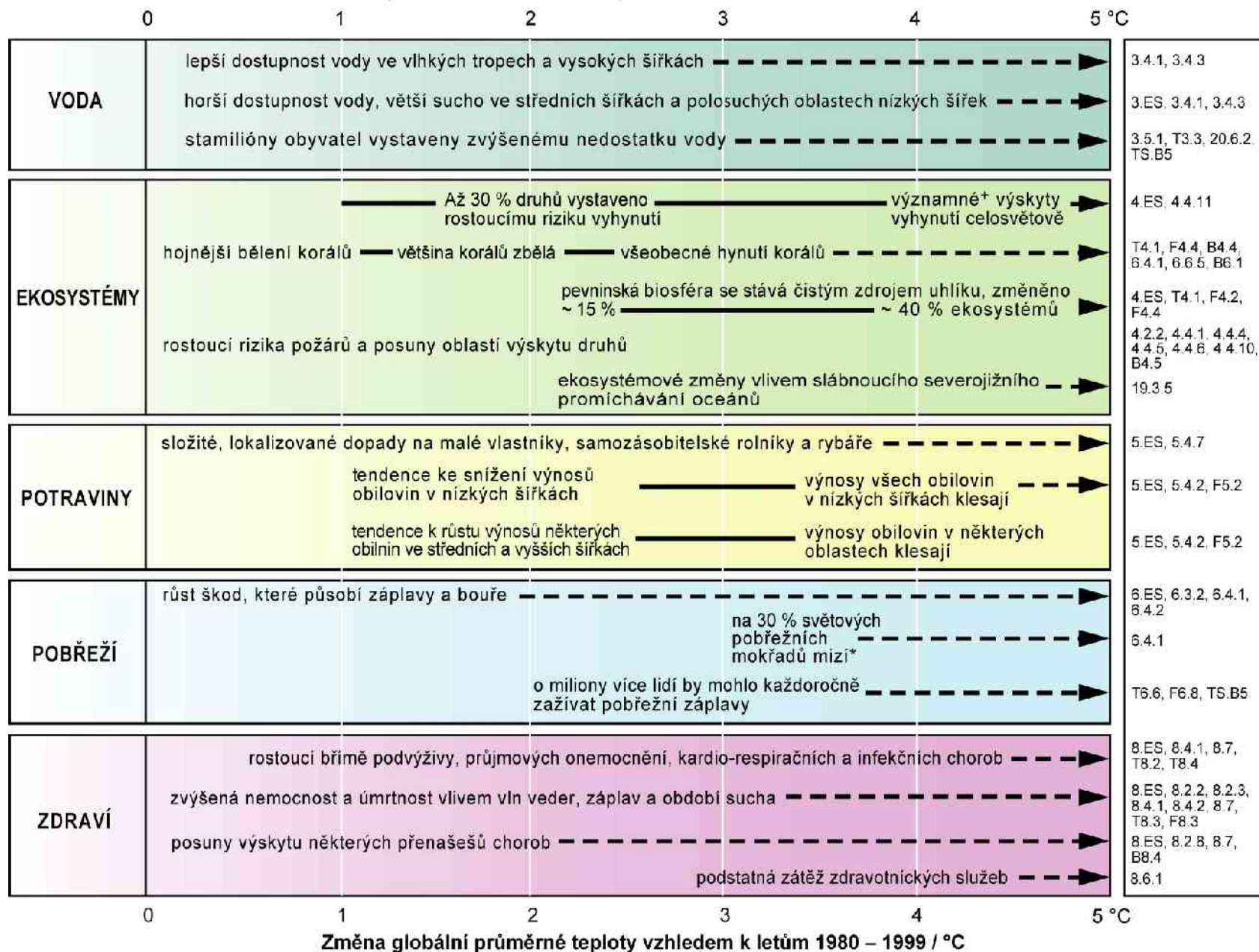
Koncentrace CO₂ během čtvrtohor, dnes a ...zítra?



Dopady změn podnebí



Změna globální průměrné teploty vzhledem k letům 1980 – 1999 / °C



+Významné je zde chápáno jako více než 40 %.

*Při růstu výše mořské hladiny 4,2 mm ročně od r. 2000 do 2080.

Obsah uhlíku ve světových půdách



Global Temperature Relative to 1800-1900 (°C)

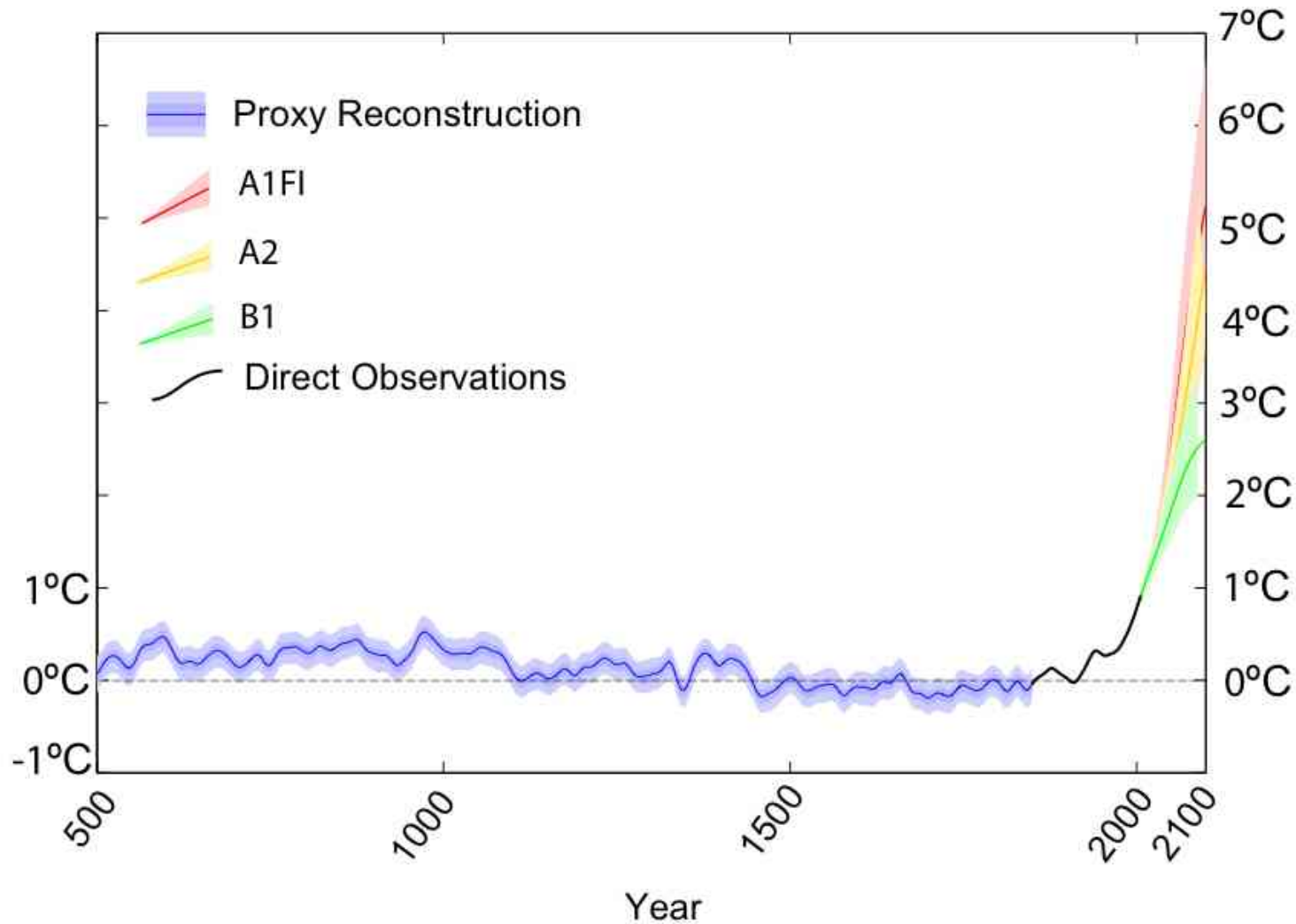
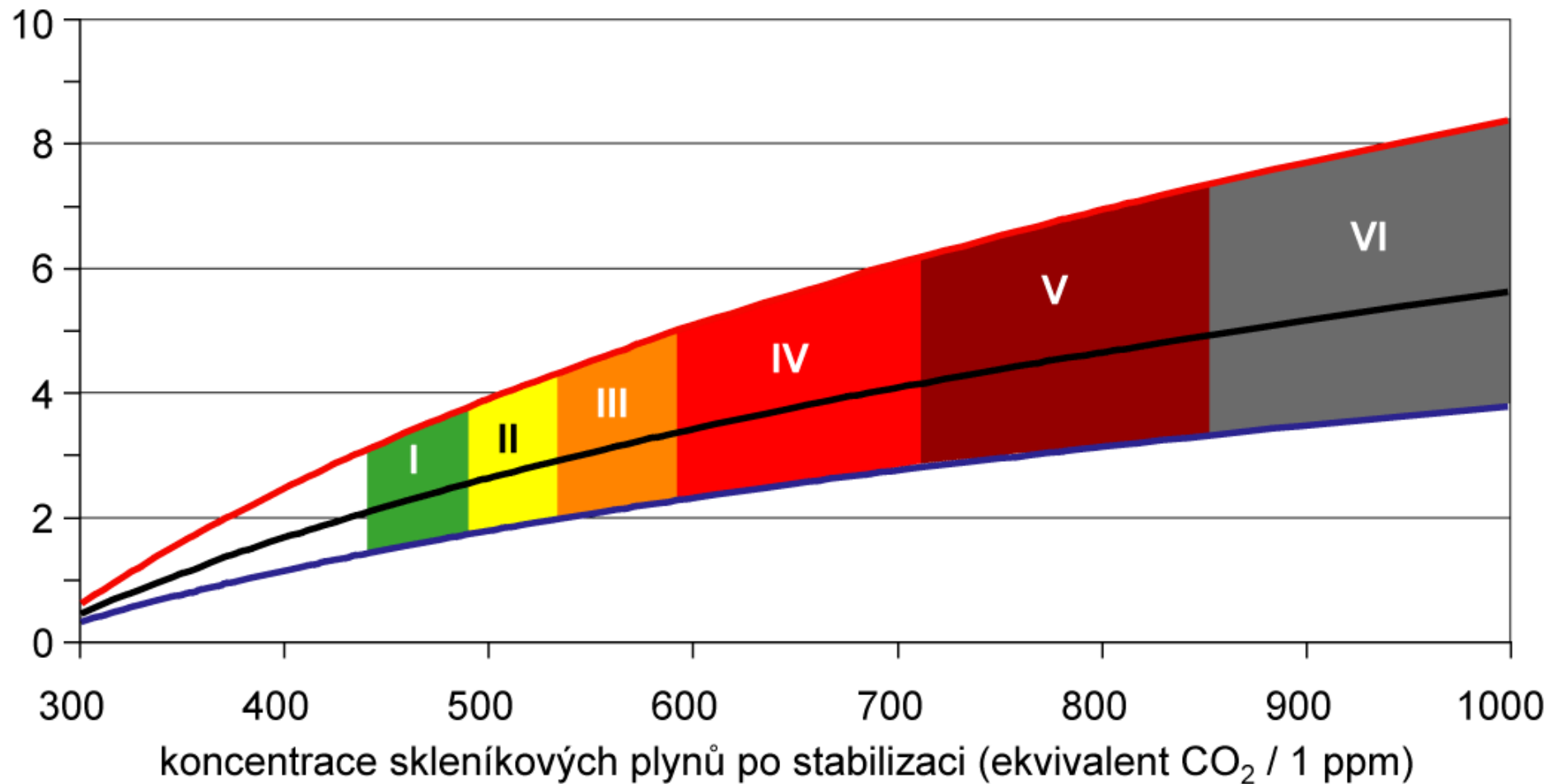


Figure 21: Rekonstruované a pozorované změny teplot a projekce do budoucna

Vzrůst rovnovážné globální střední teploty
nad úroveň před nástupem průmyslu / 1 °C



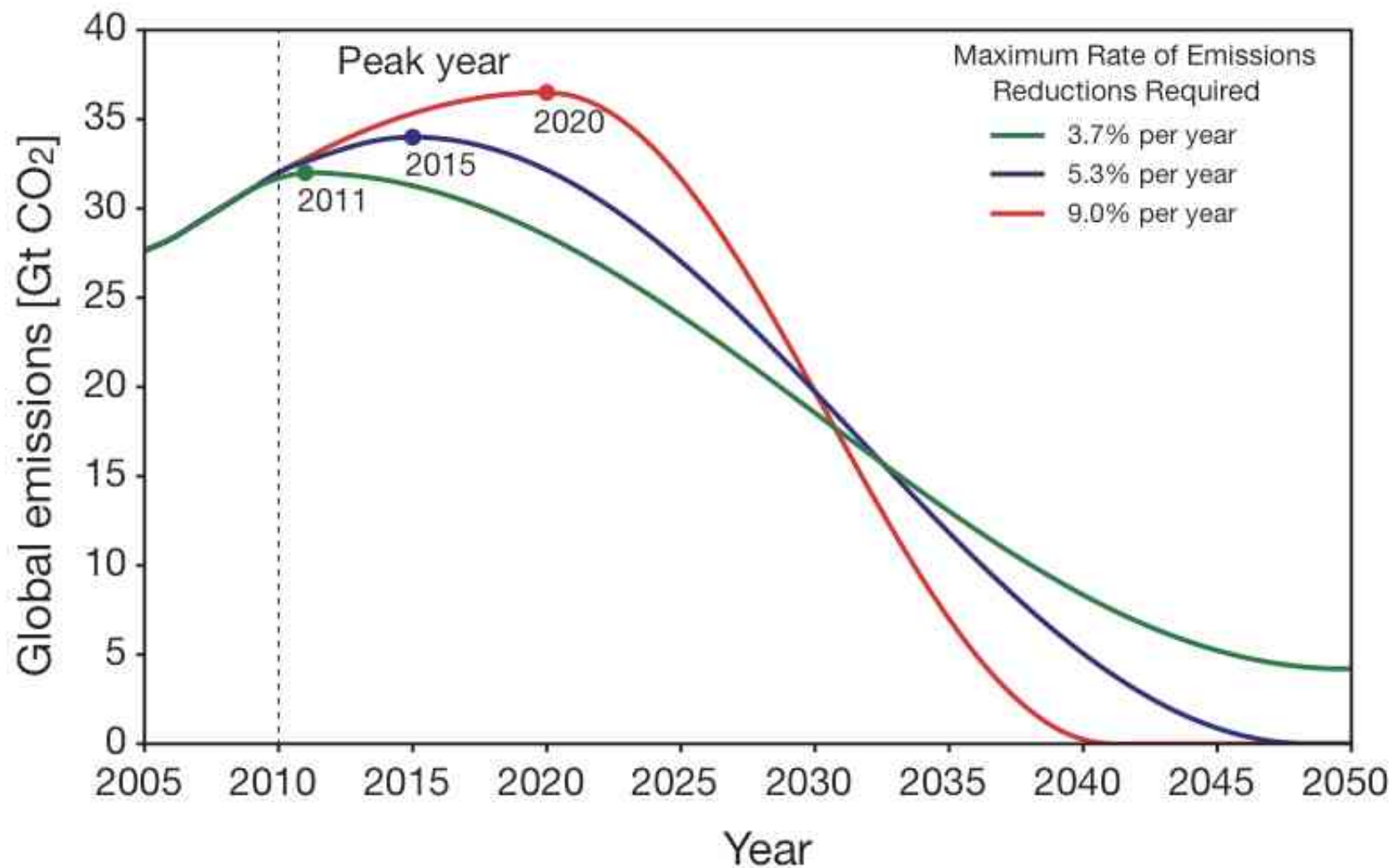


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C

Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

**Pro záchranu světa, planety,
na níž se vyvinula civilizace**

Posouzení cílové koncentrace CO₂

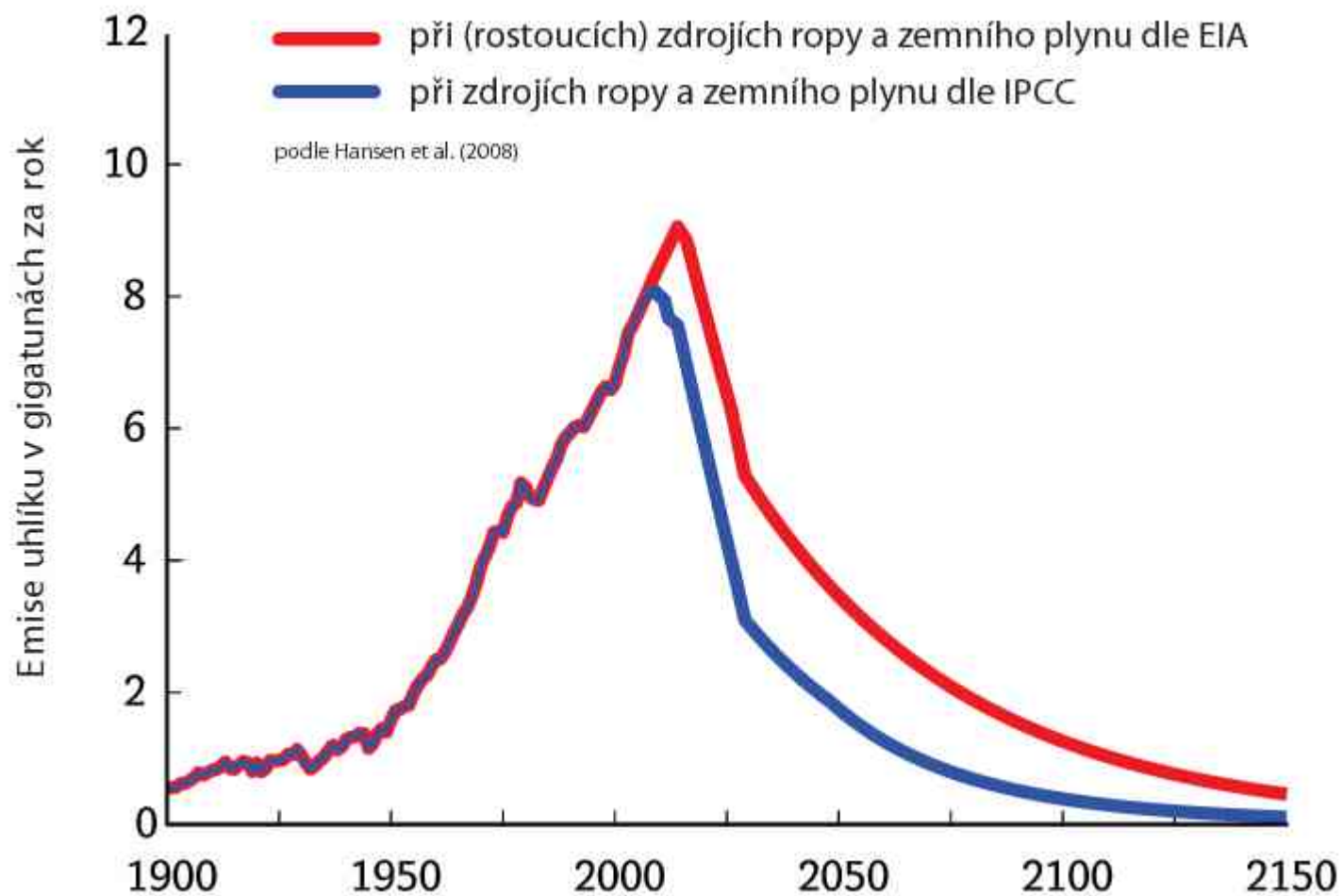
Jev či úkol

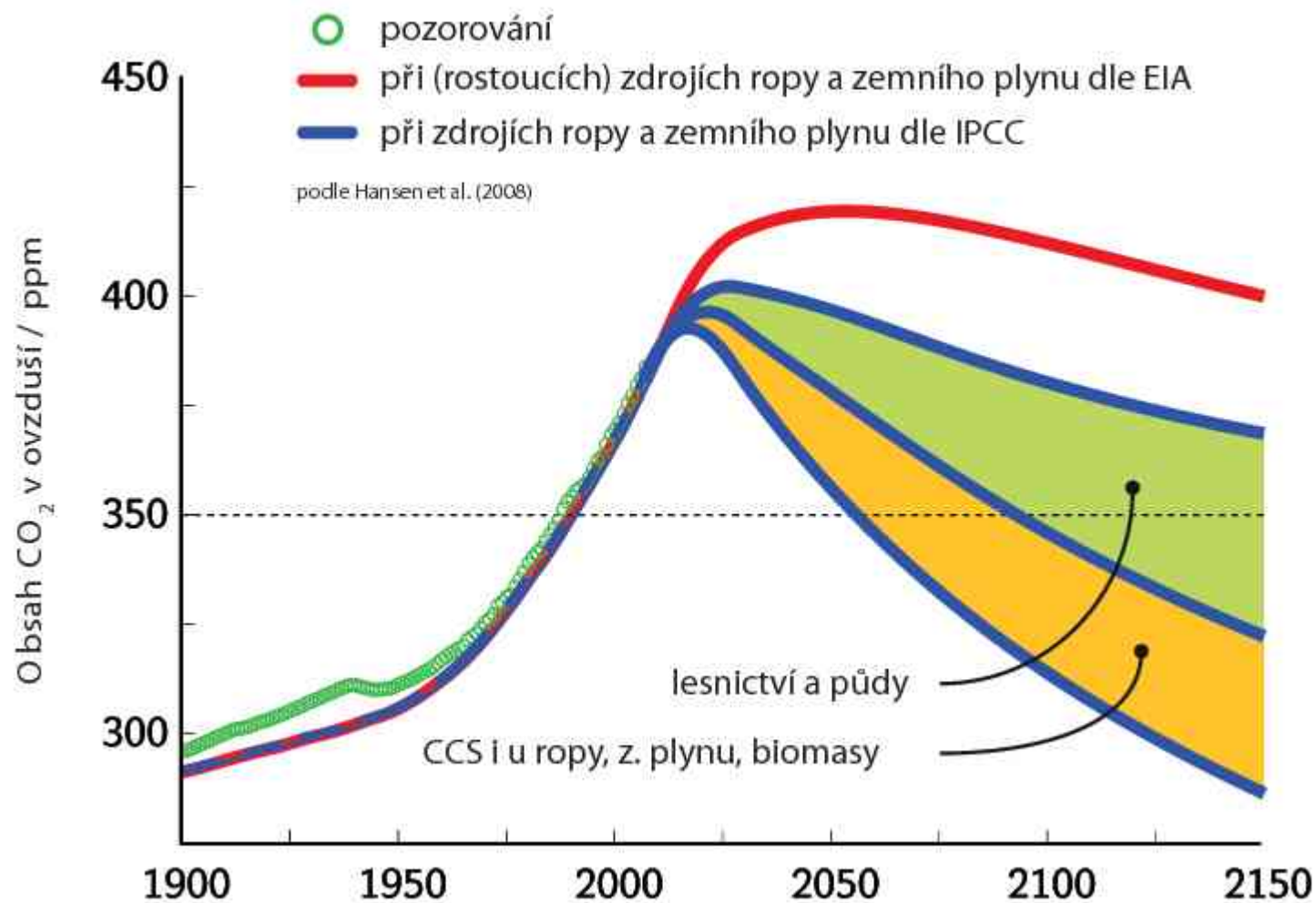
Cíl pro CO₂ / ppm

- | | |
|--------------------------------|---------|
| 1. Arktický mořský led | 300-325 |
| 2. Ledové štíty / hladina moří | 300-350 |
| 3. Posun klimatických zón | 300-350 |
| 4. Zásobování vodou z hor | 300-350 |
| 5. Zabránit okyselení oceánu | 300-350 |

→ Počáteční cíl pro CO₂ = 350* ppm

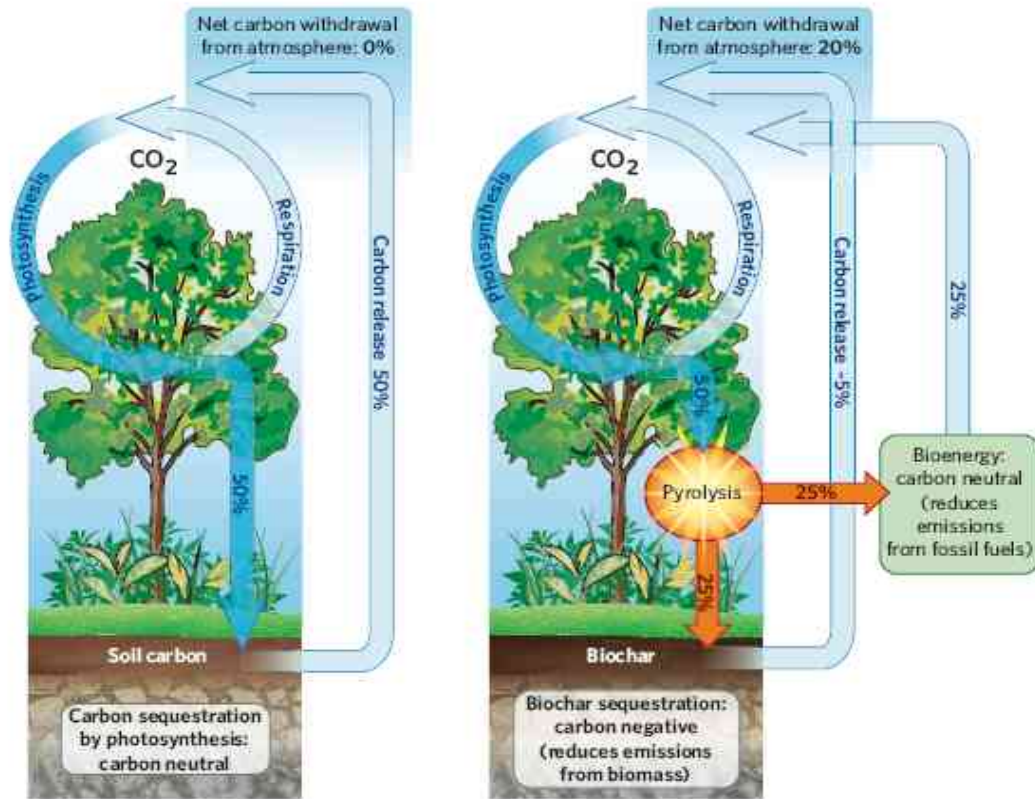
*pokud ubude CH₄, O₃ a sazí





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 uhl z biomasy ponechávaný v biosféře, nazýváme jej biouhel (z angl. biochar).



Počáteční cíl CO₂: 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)

Uplatnění „svobodné vůle“

1. Opuštění uhelných emisí CO₂

- do 2025 / 2030 pro rozvinuté / rozvojové země

2. Stoupající cena uhlíku

- působí proti využití nekonvenčních fosilních paliv a vytěžení veškeré ropy (v Arktidě atd.)

3. Ukládání CO₂ v půdě a biosféře

- zlepšené postupy zemědělské a lesnické

4. Snížení non-CO₂ radiačních působení

- úbytek CH₄, O₃, stopových plynů, sazí

Výzva

**Můžeme se vyhnout zničení světa
(+ čistší planeta, + užitečná práce)**

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

Proč ne teď?

Odkazy

- www.veronica.cz/klima
- www.zmenaklimatu.cz
- amper.ped.muni.cz/gw
 - www.ipcc.ch



Zdroje obrázků a textů

Alexander Ač

James Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies

Kevin Trenberth, National Center for Atmospheric
Research

Yvonna Gailly

Anders Levermann, Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung (PIK)

Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC)

The Copenhagen Diagnosis, 2009

Jan Hollan

a původně i jiné (viz popisky pod obrázky)