

Klimatická změna 1

Jan Hollan



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
ŠANCE PRO VÁŠ ROZVOJ

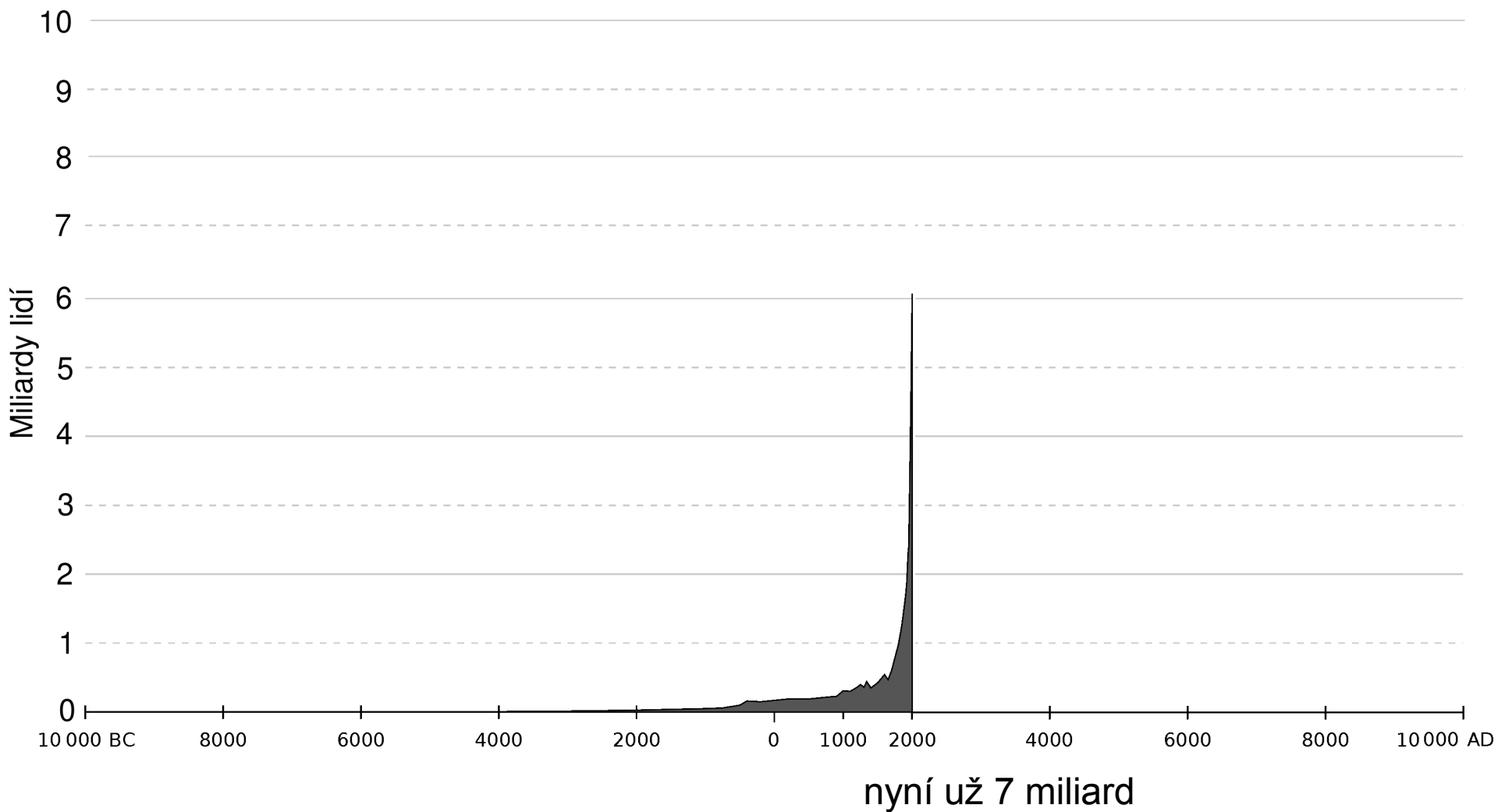
Globální změna

„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 složky jsou provázány, nelze je zcela oddělit

Světová populace (horizont 20 000 let)



Překročení 1 miliardy umožnila...

až civilizace opřená o fosilní paliva

a z ní pocházející

růst zemědělské produkce

lékařská péče

očkování

Je to trvale udržitelný růst?

Čím byl tento růst způsoben?

Jaké má důsledky?

Jak může pokračovat dál?

Můžeme udržet, ba zvyšovat svou evropskou spotřebu?

Může též spotřeby dosáhnout 7 miliard lidí?

Z encykliky Laudato si' papeže Františka

14. Naléhavě vyzývám k obnovení dialogu o způsobu, jímž pojmáme budoucnost planety. Je třeba, abychom se do jednání zapojili všichni, vždyť krize životního prostředí a její lidské kořeny se týkají a dotýkají nás všech. ...

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

Co to je klimatická změna?

Složka *globální změny*. **Proměna klimatického systému (ovzduší, vodstva, kryosféry a biosféry) vlivem lidstva** – hlavně tím, že jsme **změnili složení ovzduší** a tím i toky záření atmosférou.

**Země nyní do vesmíru vrací méně tepla,
než získává od Slunce**

To nazýváme globální oteplování

Klimatická změna je jeho důsledkem

Proč ale Země vrací méně tepla než dříve?

A proč je klimatická změna tak vážná věc, že se ji lidstvo snaží zbrzdit, ba zastavit?

Lidem se daří tam, kde mají dostatek přírodních zdrojů.

Co jsou ale ty hlavní zdroje?

- přiměřené množství vláhy
- příznivý průběh teplot
- počasí s nemnoha drsnými zvraty
- přírodní či lidmi kultivovaná vegetace

V každé klimatické oblasti jsou takové poměry jiné. Ale pokud se nemění, místní příroda i obyvatelé se jim dávno přizpůsobili.

Až když chod počasí zcela vybočuje z někdejších mezí,
začínáme si uvědomovat, že tím

nejcennějším přírodním zdrojem je stabilní klima

– z něj se odvozují ty ostatní

Stabilní klima jsme bohužel už ztratili.

Teď jde o to, jak moc a jak rychle se klima dále změní.

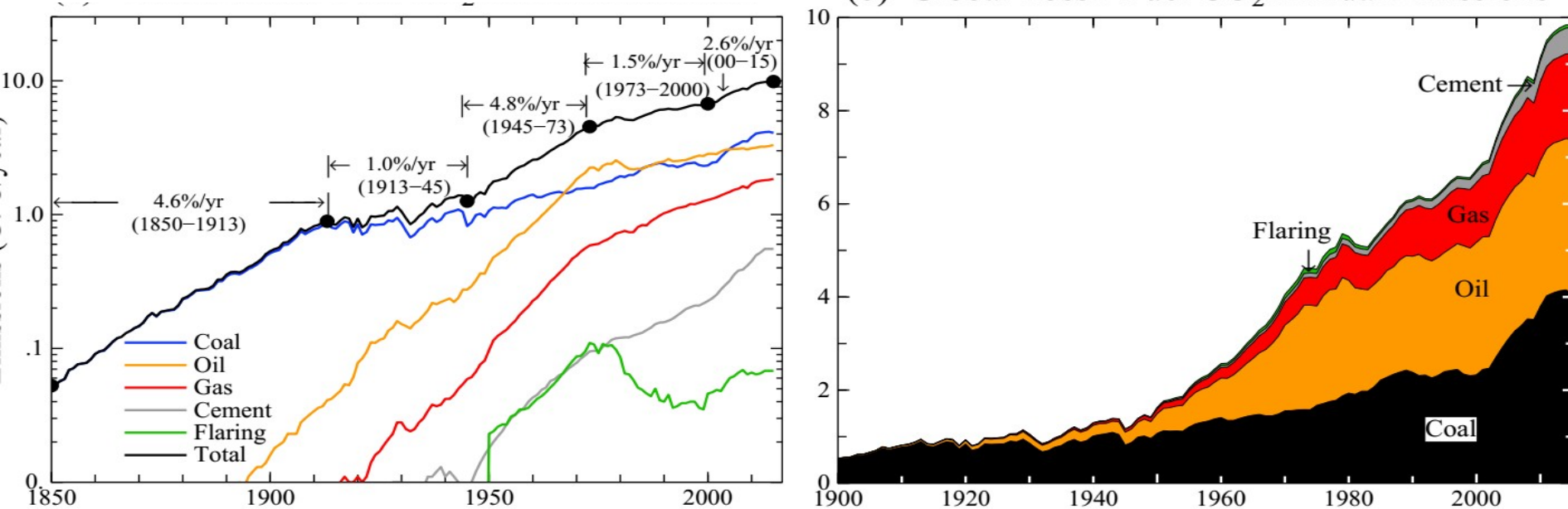
Příčina oteplování

Rostoucí koncentrace skleníkových plynů vinou využívání fosilních paliv.

Tento vliv je zatím do značné míry maskován síranovými aerosoly ze spalování uhlí a nafty.

4. Hlavní roli má oxid uhličitý z fosilních paliv, lidstvo ročně vypouští na čtyřicet miliard tun,...

Kolik gigatun uhlíku z fosilních paliv (a výroby cementu) bylo ročně emitováno do ovzduší ve formě CO₂



Vlevo v logaritmické škále, vpravo lineárně a jen od r. 1900;

hmotnost uvolněného CO₂ je 3,67× vyšší

(Hansen a Sato, <http://www.columbia.edu/~mhs119/CO2Emissions/>)

Ovzduší, které silněji tepelně izoluje

- 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

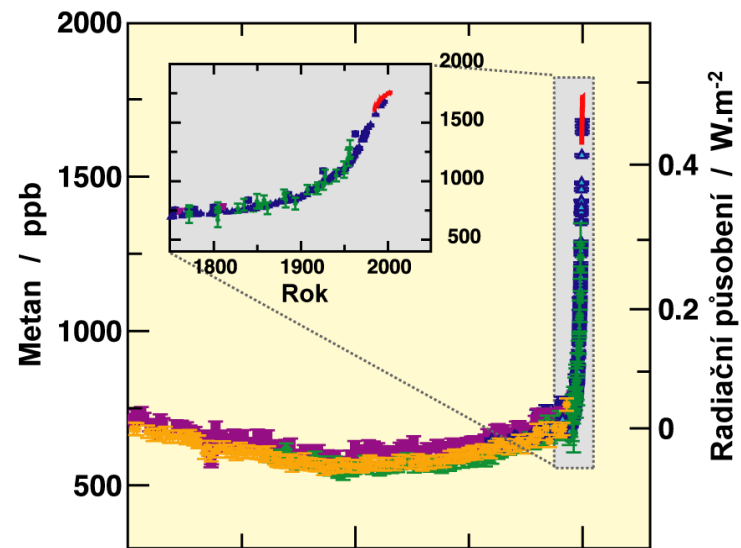
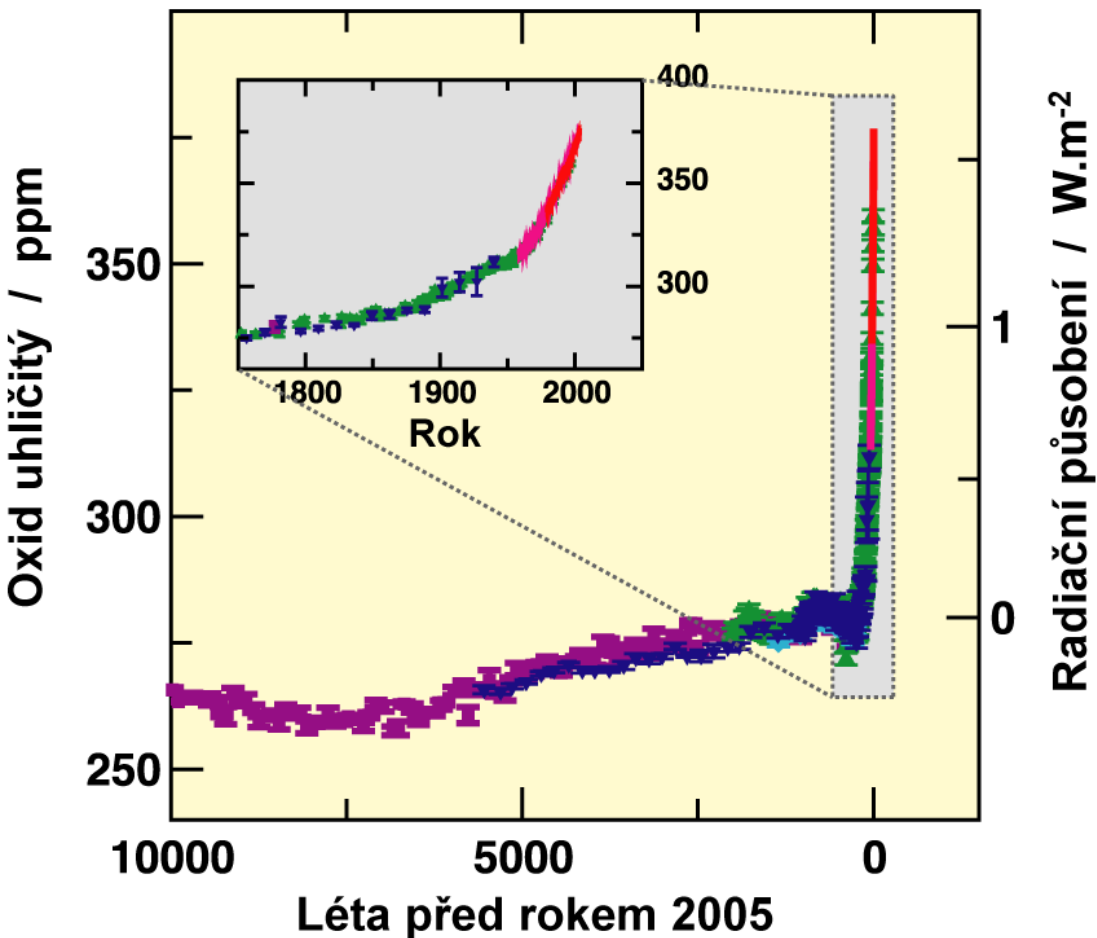
Průměrná teplota je jen nejprostší ukazatel stavu klimatu

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

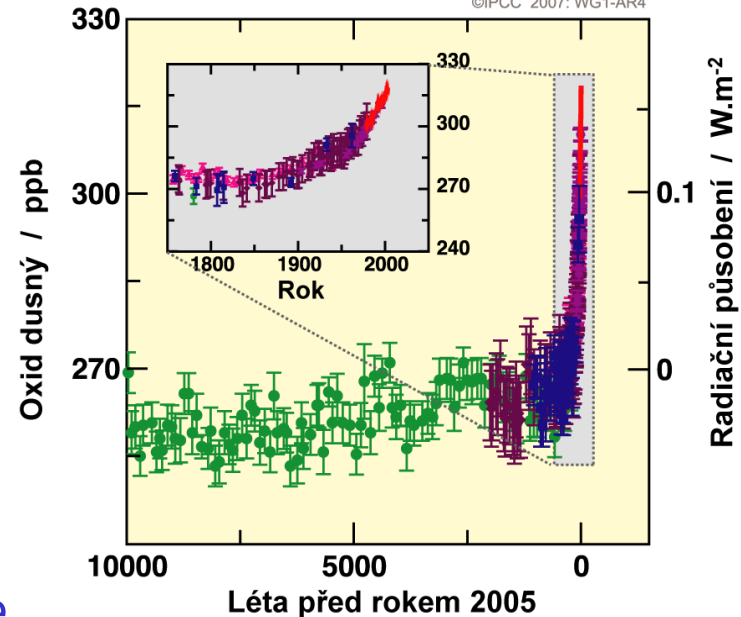
- horka a zimy,
- nebe zataženého a jasného,
- vlhka a sucha
- sněžení, sněhové pokrývky a tání
- vánků, vánic, tornád a tajfunů

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

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

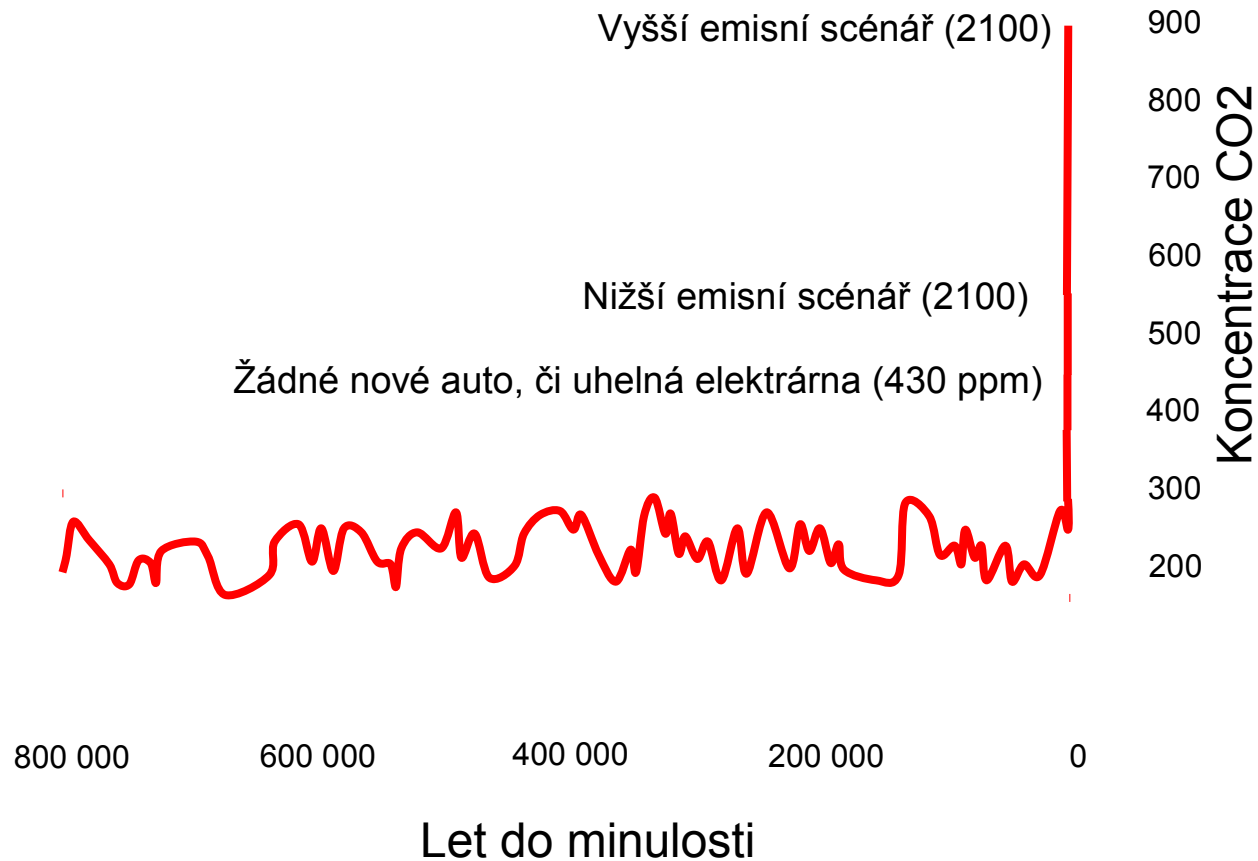


©IPCC 2007: WG1-AR4



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

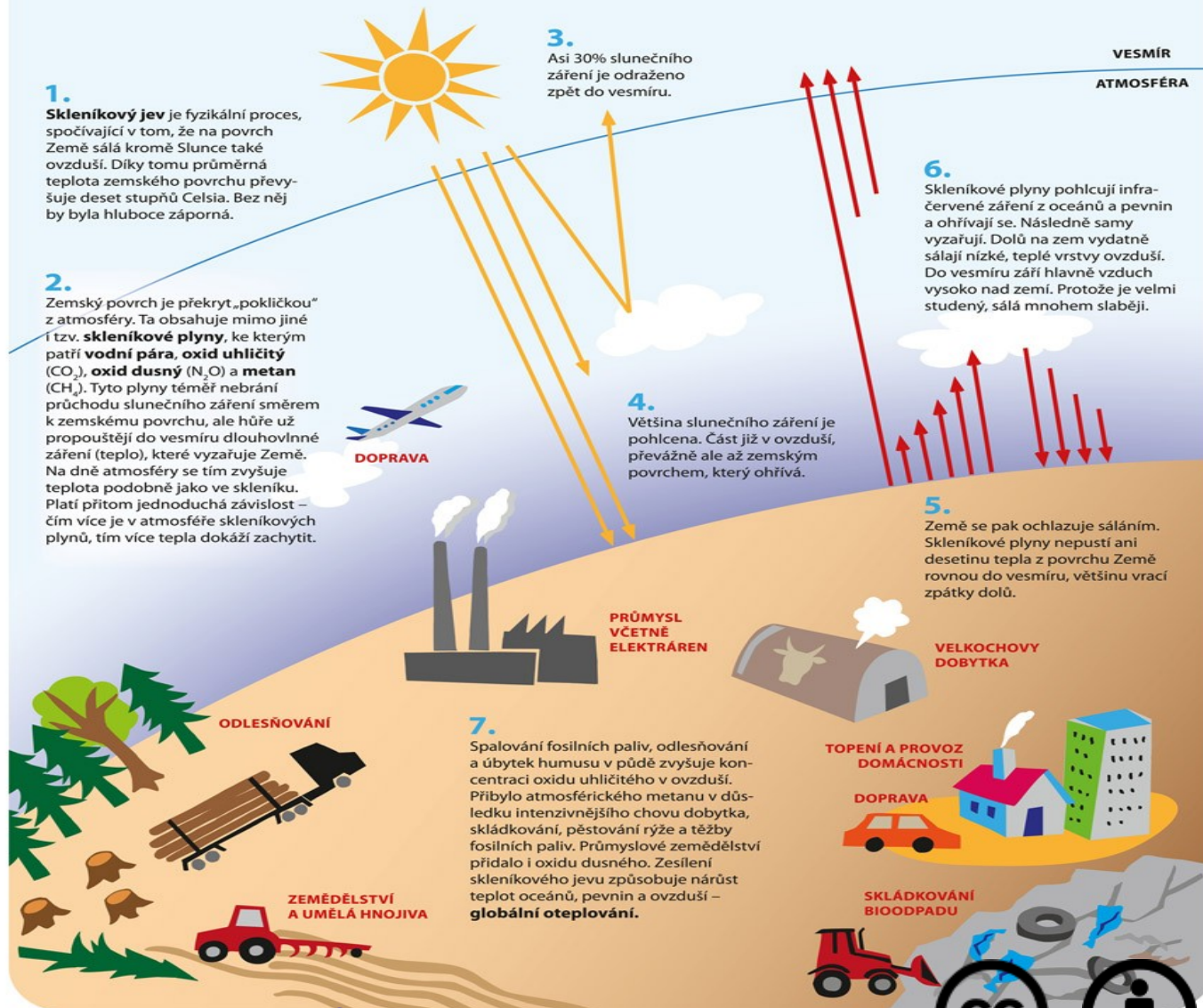
Trochu historické perspektivy



Jak člověk přidává uhlík do atmosféry a jak s tím přestat



Schéma skleníkového efektu a zdroje skleníkových plynů z lidské činnosti



zdroj: Veronica, kreslila Olga Pluháčková

Proč se Země otepluje?

Protože se zesílil **skleníkový jev**... což je:

Fyzikální proces, v němž

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 μm) **než pro sálání zemského povrchu a ovzduší samého** (převážně nad 3 μm).

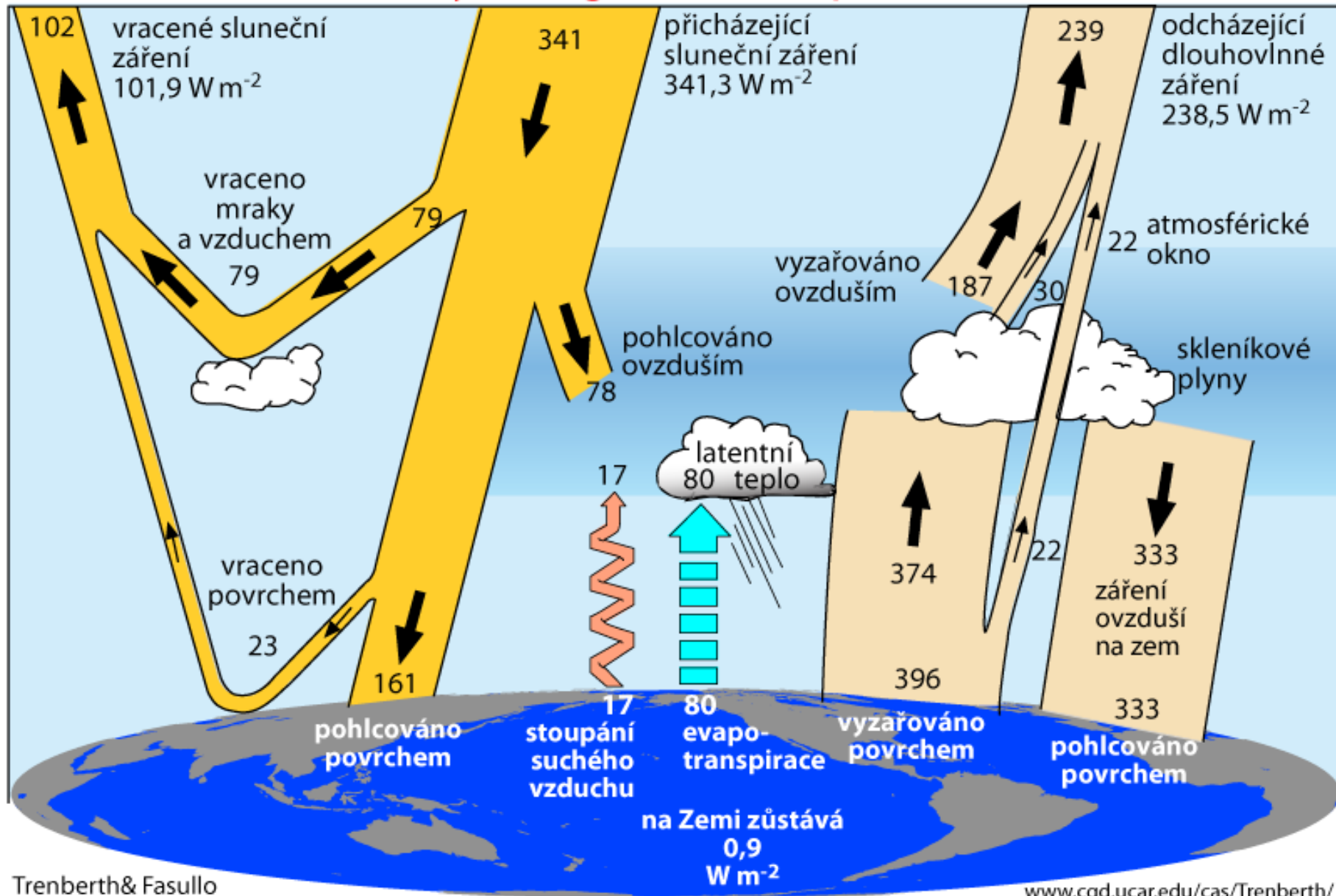
V případě skleníku sálá na zem sklo či plast propustný pro sluneční záření. V ovzduší jsou to **příměsi, jejichž molekuly jsou tvořeny více než dvěma atomy - skleníkové plyny**

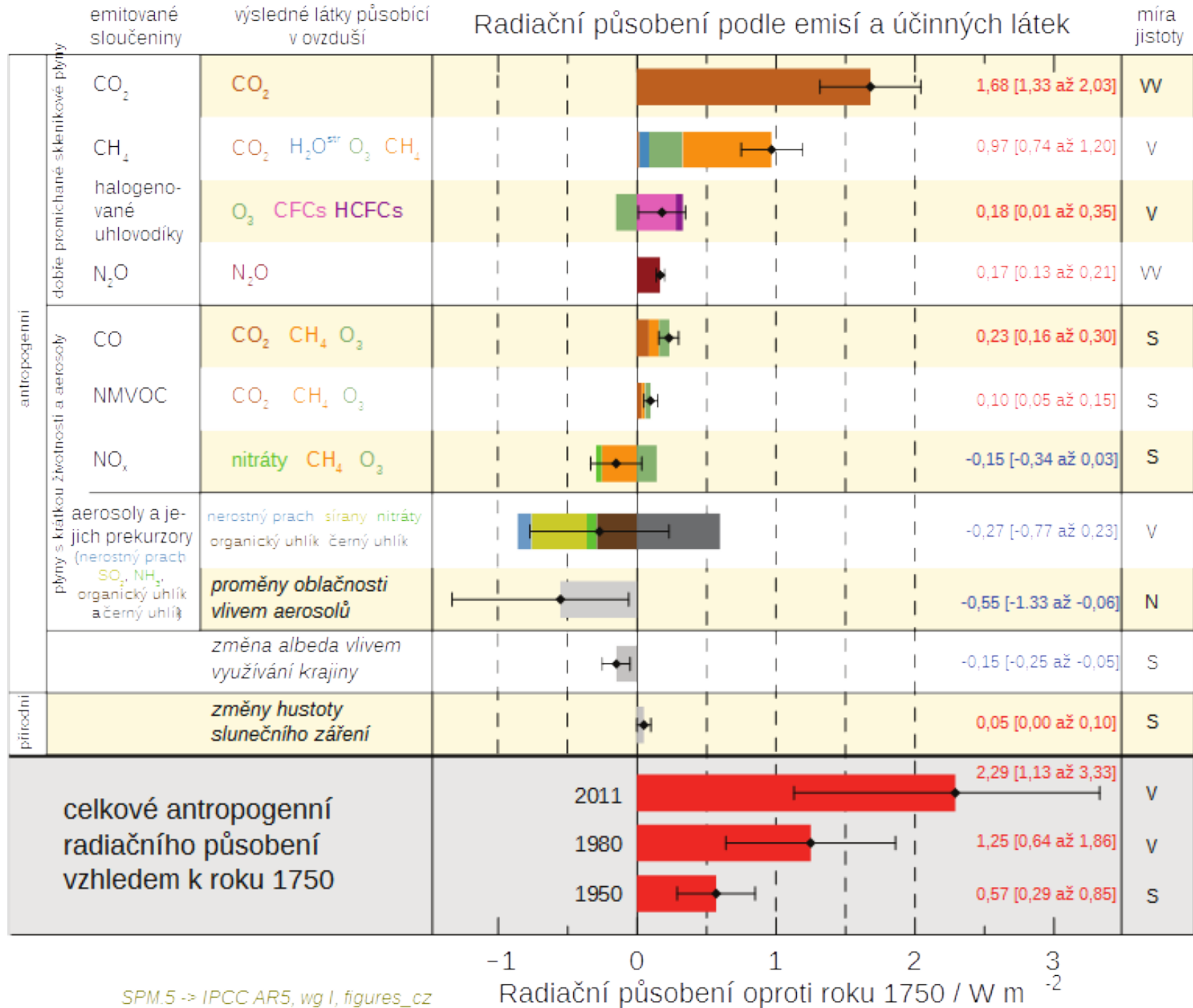
Nebo jinak, při pohledu „zvenčí“:

do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu.

(sálání = emise záření vlivem teploty tělesa)

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

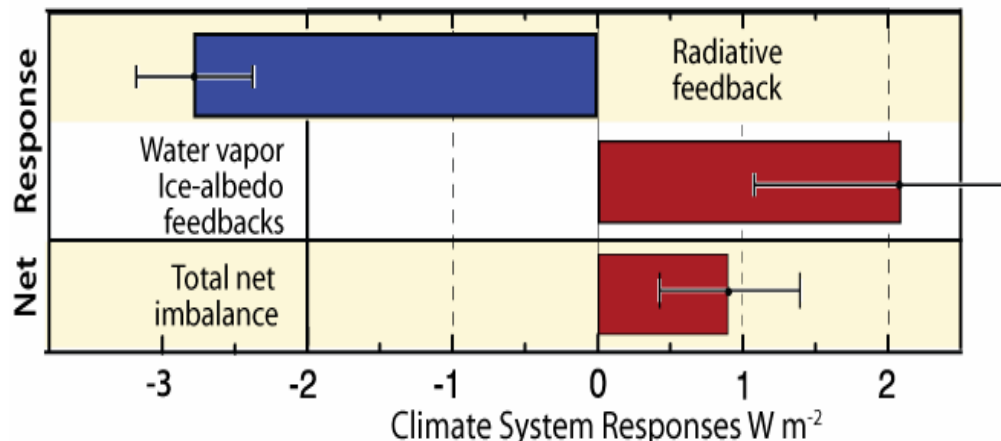




Popud k oteplování („radiační působení“) činí, v soupeření
přidaných skleníkových plynů a aerosolů, 2 W/m^2 .

Proč je tedy nerovnováha mezi příjmem a výdejem energie
Země „jen“ necelý 1 W/m^2 ?

Je to proto, že se Země už ohřála, takže i ovzduší více sálá.
Už by se neoteplovalo, kdyby vlivem oteplení nepřibylo
v ovzduší vodní páry a povrch neztmavil úbytkem sněhu a ledu



Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné jako "Energy Diagnostics..."

v seznamu autorových publikací

Zopakujme:

Příčinou oteplování je

**rostoucí koncentrace
skleníkových plynů**

vinou využívání fosilních paliv

Tento vliv je zatím do značné míry maskován
síranovými aerosoly ze spalování uhlí a nafty

(odkaz vede na animovaný graf koncentrací CO₂

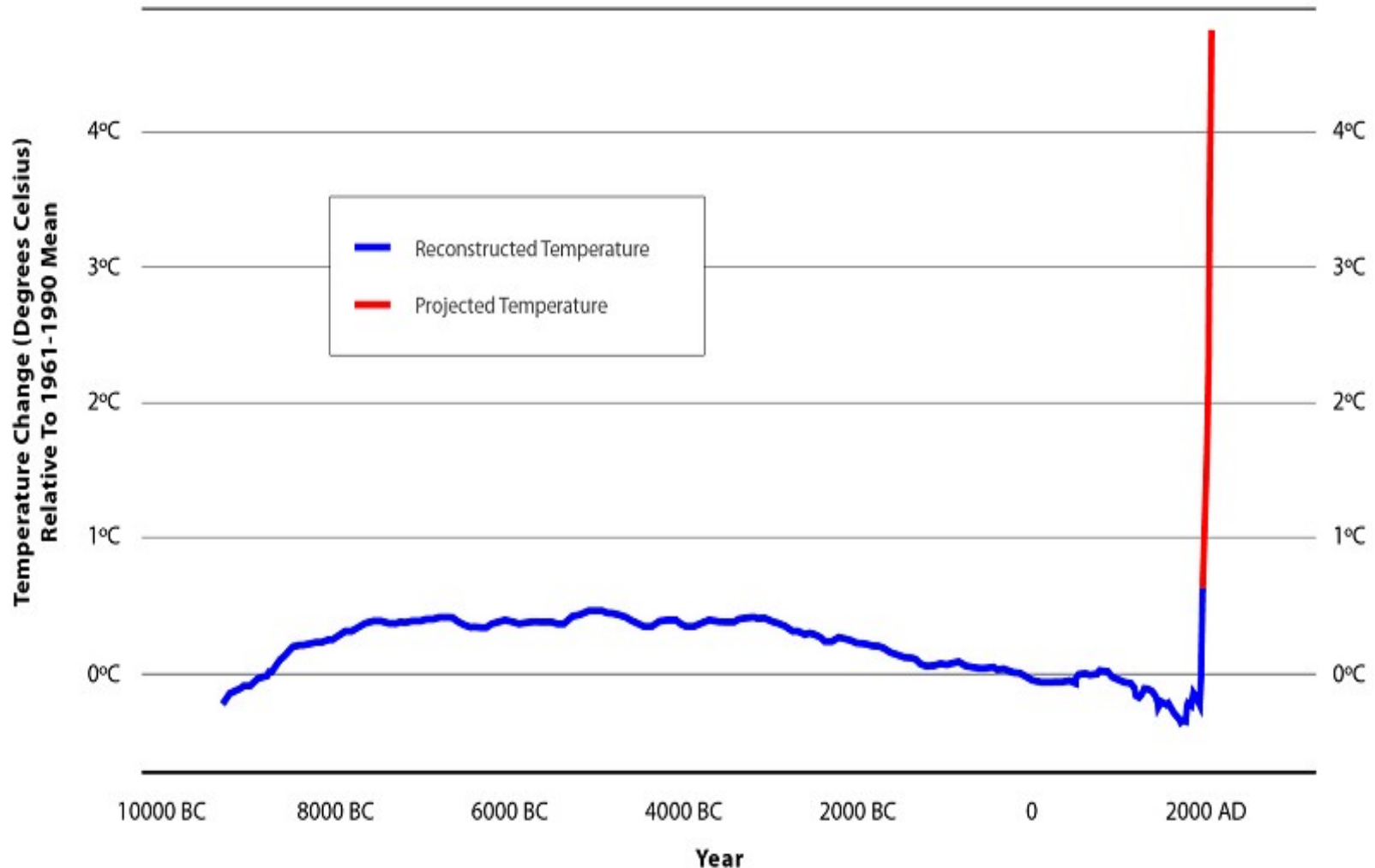
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>, –
Kellingovu křivku prodlouženou díky antarktickému ledu až 0,8 Ma do
minulosti)

Projevy

23. Klima je obecným dobrem všech a pro všechny. Na globální úrovni jde o složitý systém, jenž v sobě propojuje mnoho pro lidský život podstatných podmínek. Existuje velmi silný vědecký konsenzus, který poukazuje na znepokojující oteplování klimatického systému. ...

Globální teplota se v holocénu měnila pomalu, nyní úprkem

Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate



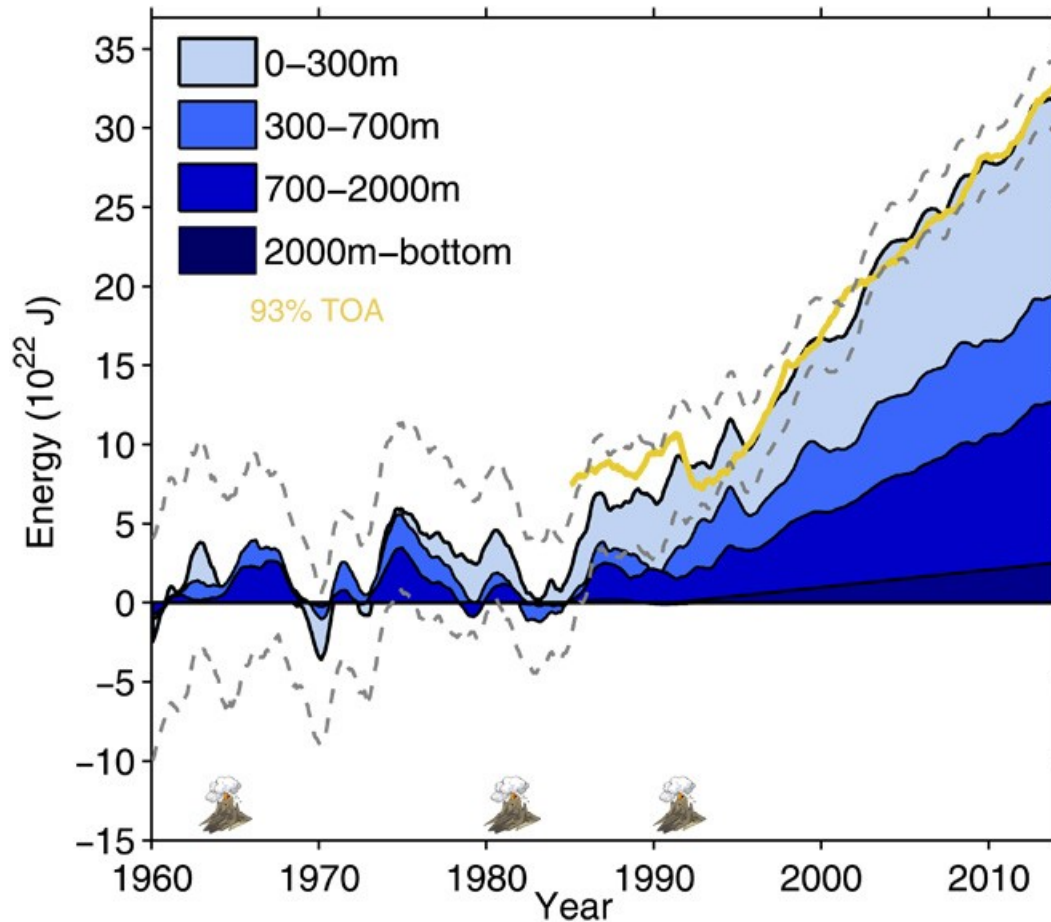
3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si **skoro watt na metr čtvereční**. Většina jde do oceánů, kde je dobře změřena, na ovzduší připadá jedno procento.

To víme díky měření teplot oceánu, dříve do hloubek 2 km, nyní zčásti až do 6 km (projekt [Argo](#)).

První graf ukazuje nárůst energie globálního oceánu, celkový i rozdělený na různé hloubky. Z tempa nárůstu vyplývá, kolik slunečního tepla si vlivem zesíleného skleníkového jevu Země ponechává.

Druhý, starší graf demonstruje, že na ohřev samého povrchu oceánů a ovzduší připadá jen malinká část, a že se na pozadí trendu oteplování občas i ochlazují. To závisí na tom, jak se mění proudění v oceánech.

3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si skoro watt na metr čtvereční. Většina jde do oceánů...

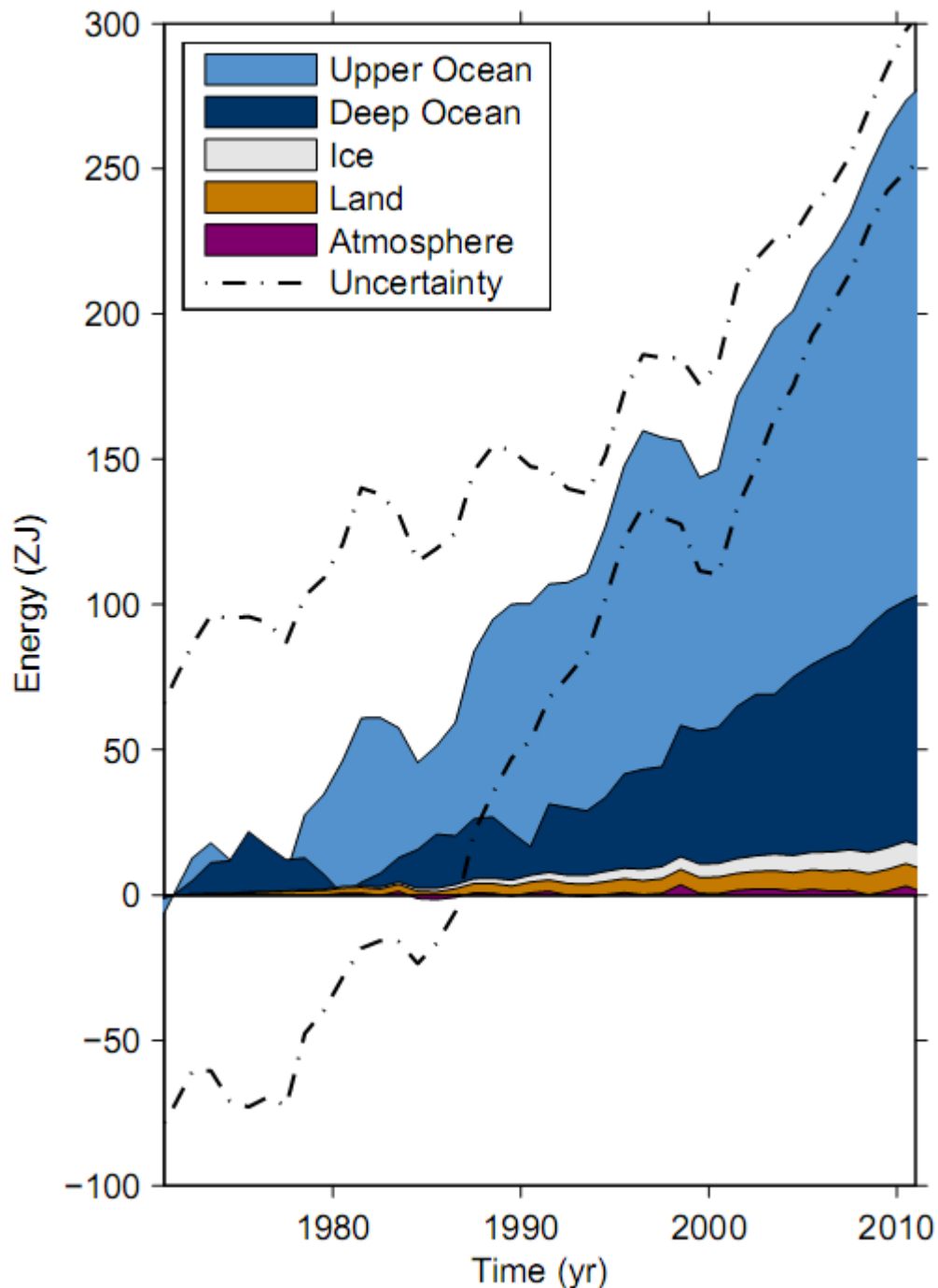


Modře jsou vyznačené změny entalpie oceánu vypočtené z měření teplot v různých hloubkách. Žlutá křivka je odvozena z měření změn radiace Země do vesmíru a navázána na bilanci entalpie oceánu v letech 2013 až 2014. Čárkovaně jsou vyznačeny meze, v nichž se změna entalpie nachází s jistotou 95 %. Podělíme-li změnu entalpie dobou, za níž nastala, a obsahem Země, dostaneme výsledek nahoře. Jde o obr. 6 ze článku [Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015](https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545) (doi: 10.1126/sciadv.1601545)

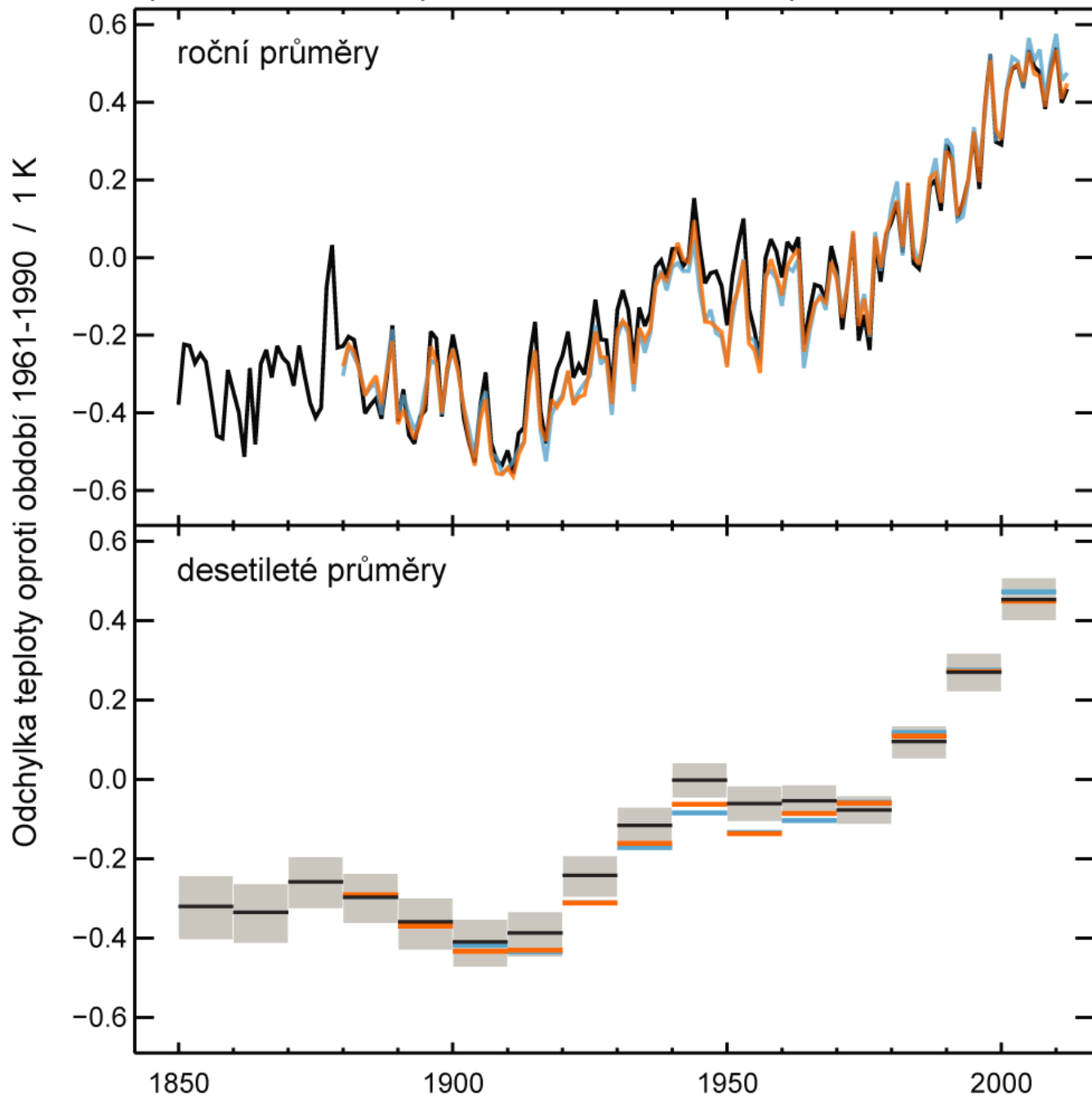
Nárůst entalpie Země, pomineme-li hloubky větší než 2000 m

(v zetajoulech,
1 ZJ = 1000 EJ = 10^{21} J)

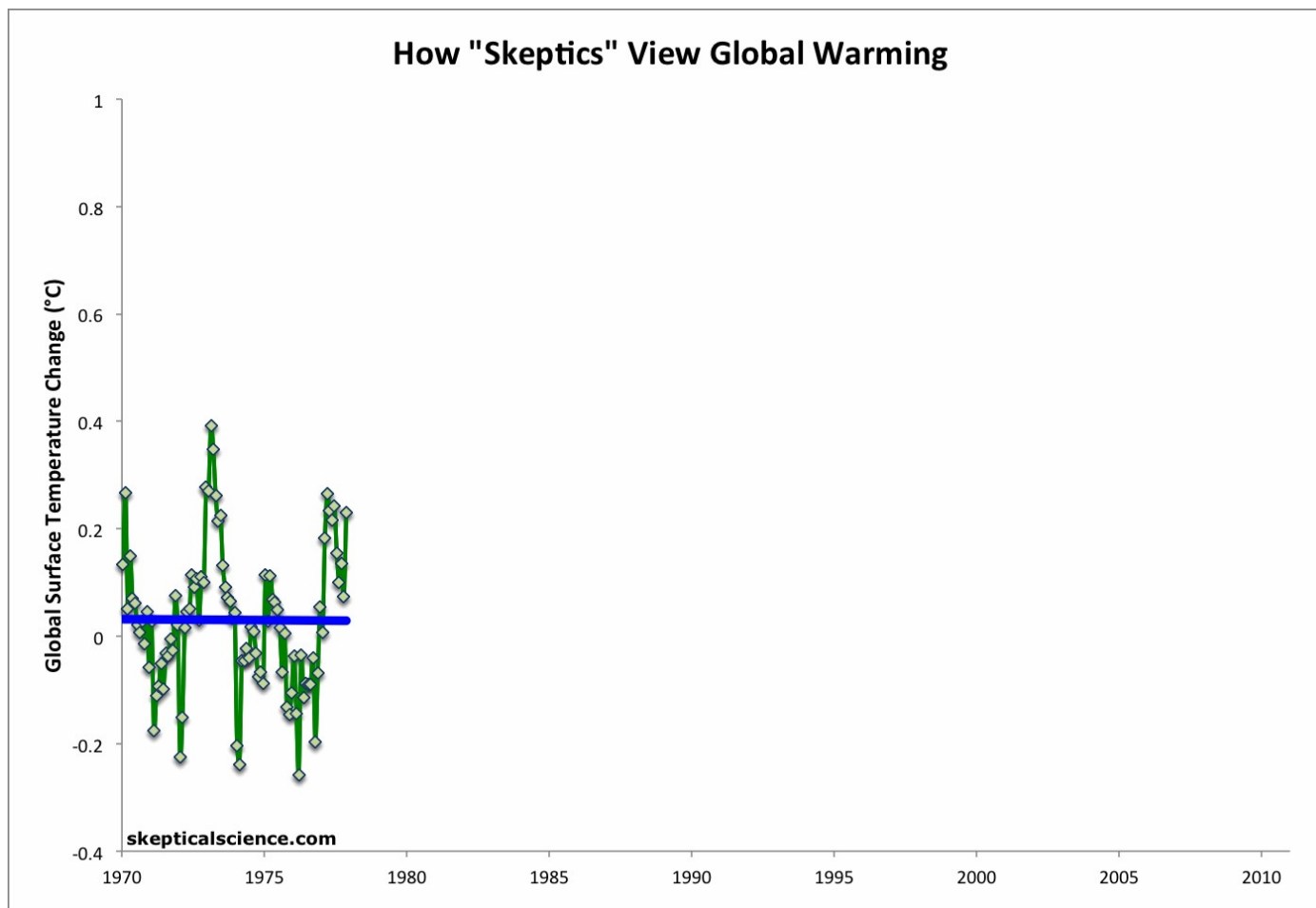
zdroj:
IPCC, AR5, první díl – The
Physical Science Basis;
Box 3.1, Figure 1



Pozorovaná globálně zprůměrovaná teplotní odchylka
povrchu oceánů a přízemního vzduchu nad pevninou 1850-2012



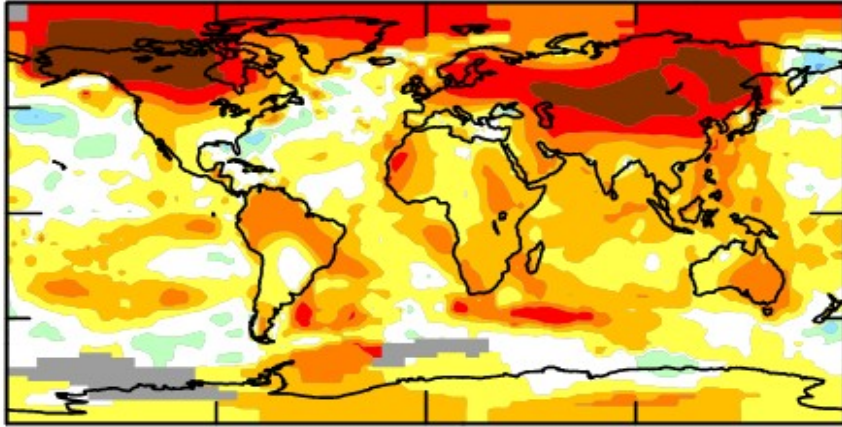
Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli, <http://www.skepticalscience.com/still-going-down-the-up-escalator.html>



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/>

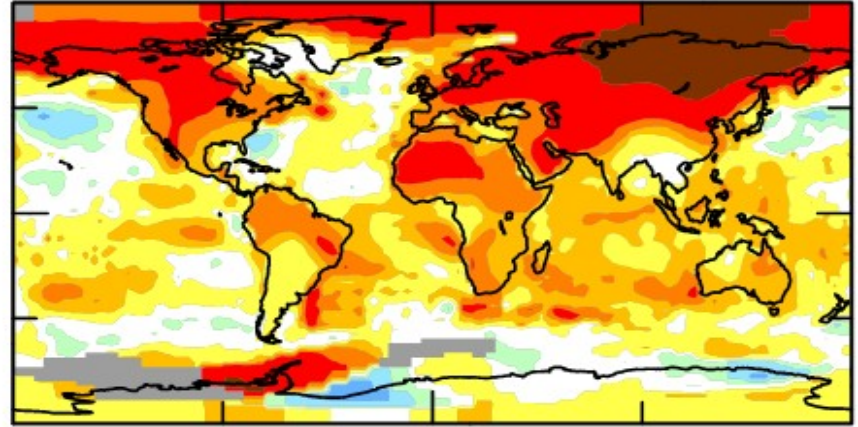
1950-2011

0.70



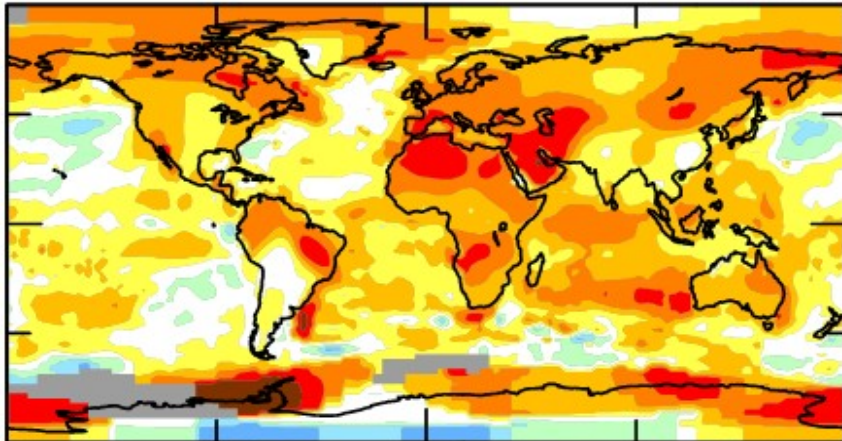
-2.6 -1.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 5.9

0.72



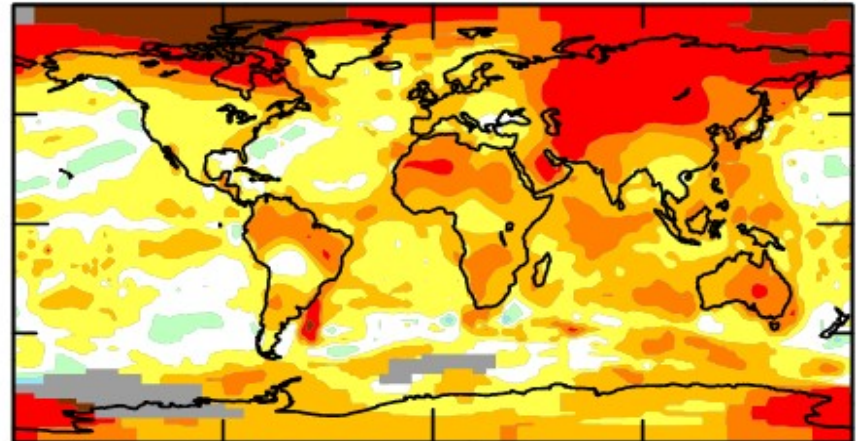
-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 3.6

0.65



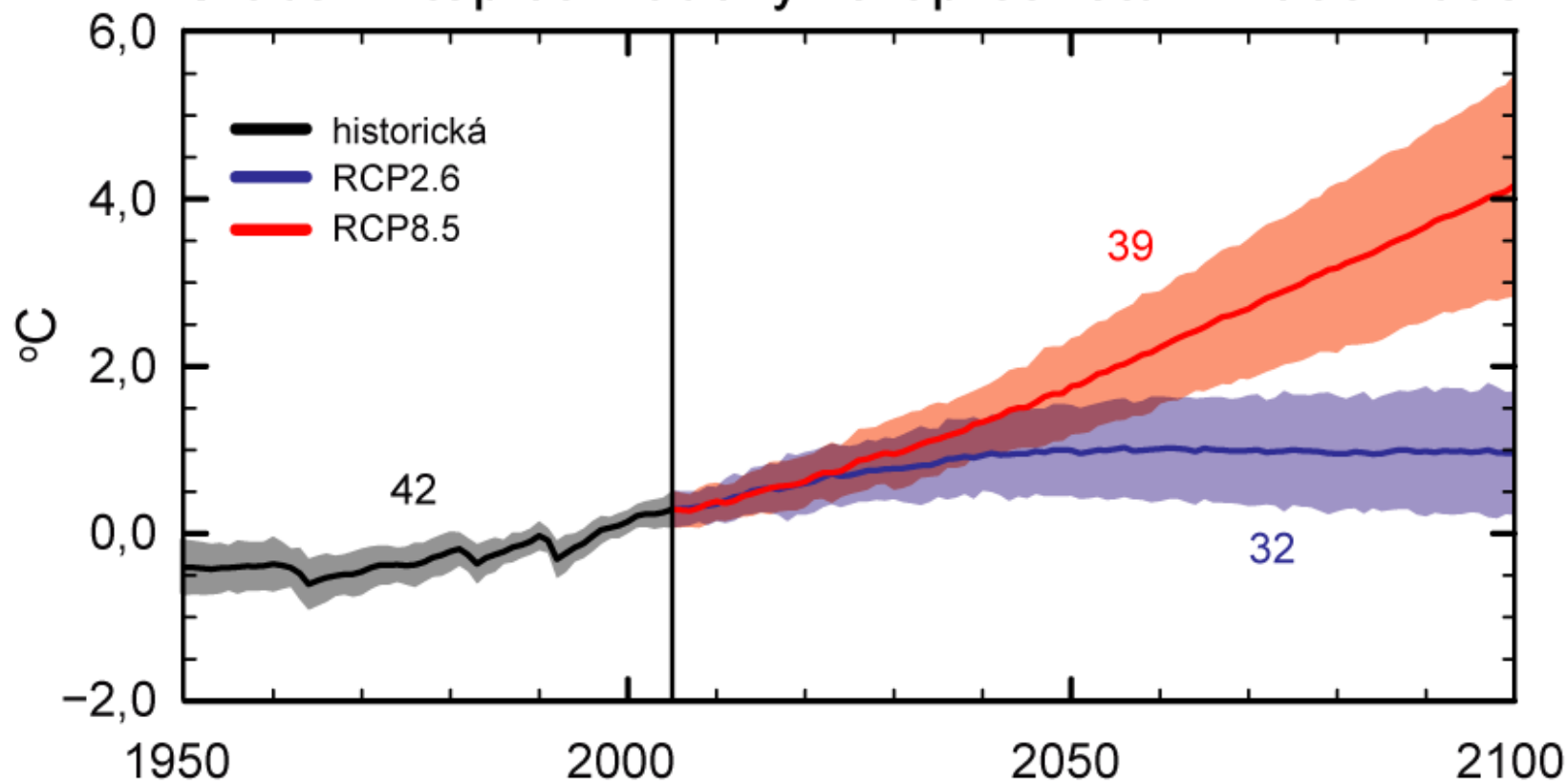
-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 4.6

0.69

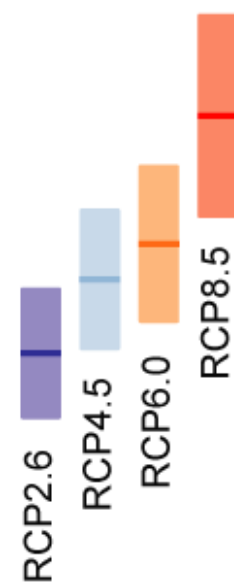


-2.5 -1 -0.6 -0.2 .2 .6 1 1.5 2.5 3.3

Globální teplotní odchylka oproti letům 1986-2005



průměr pro
2081-2100





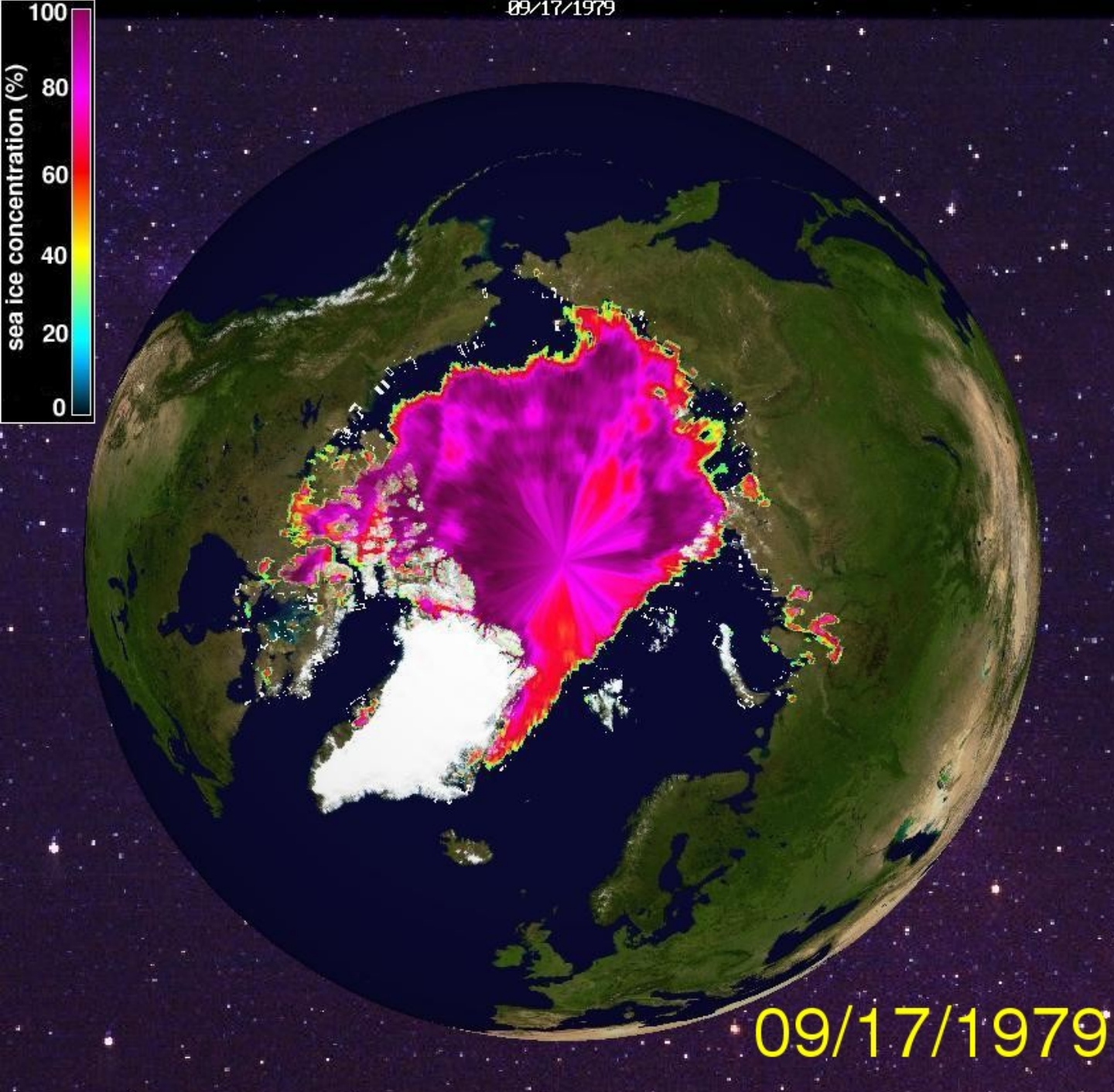
Švýcarsko

Rhone Glacier



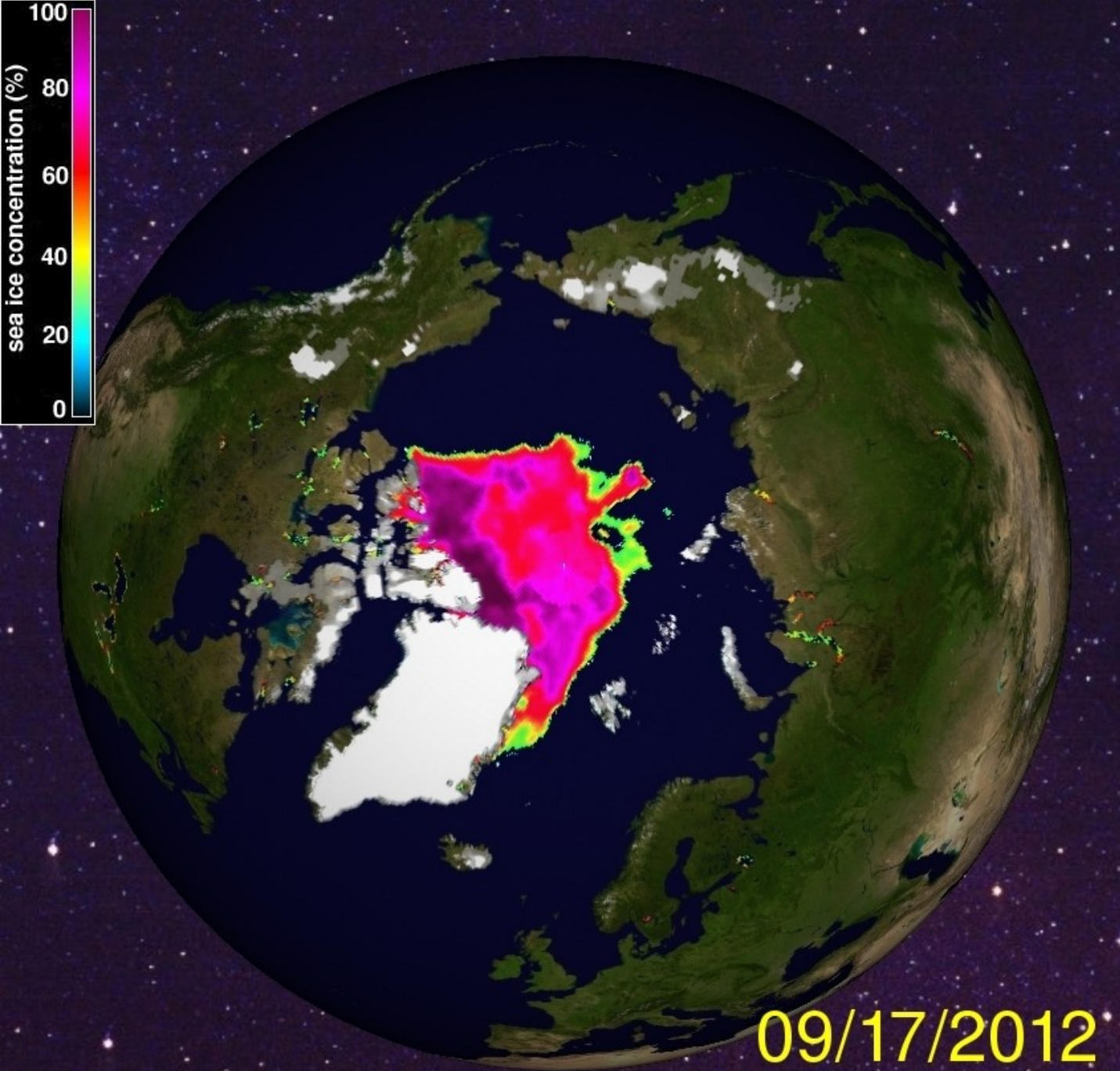
Ztmavnutí povrchu

velká zesilující zpětná vazba



1979
17. září

Arktický
mořský led



2012
17. září

Arktický
mořský led

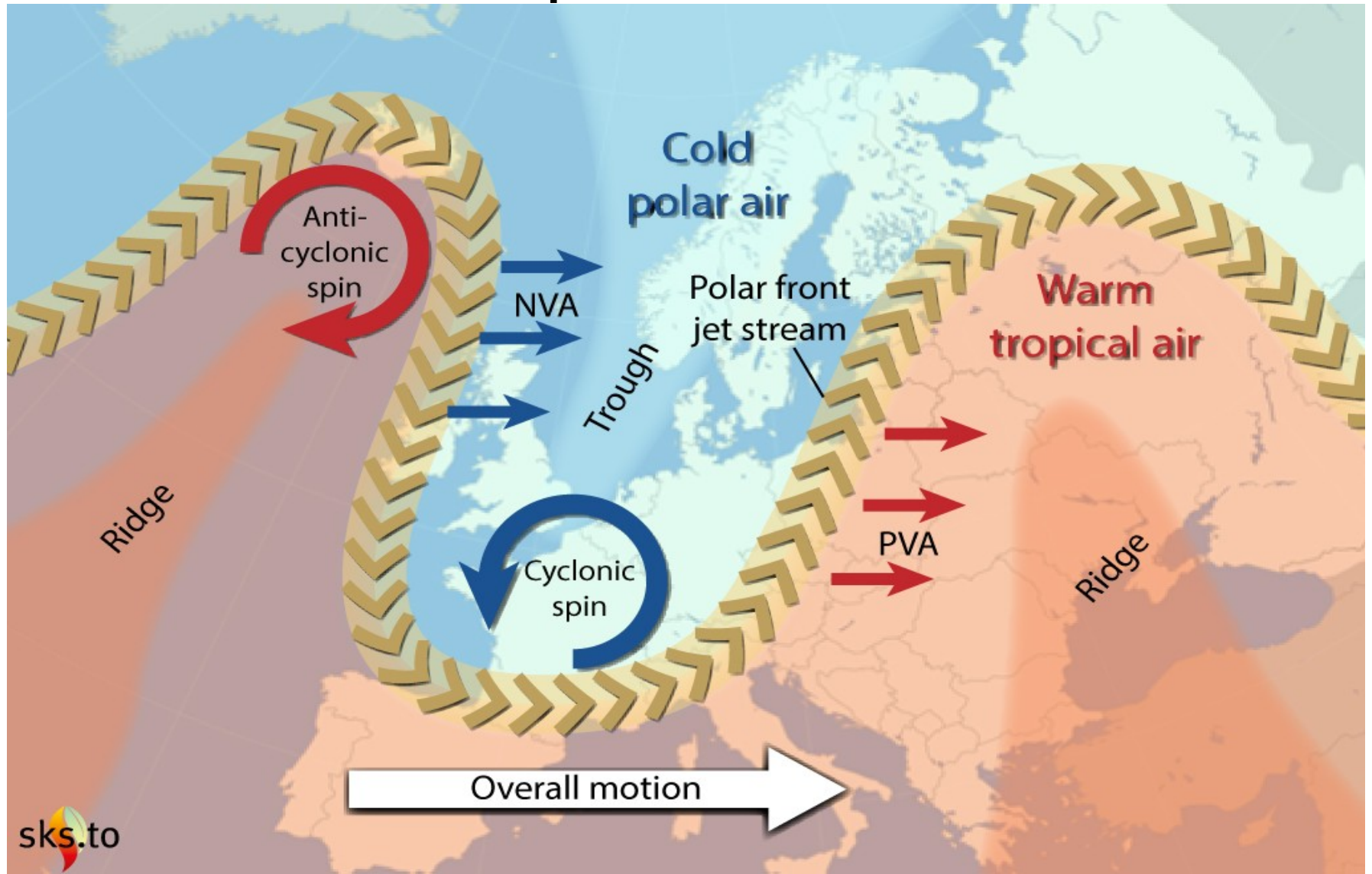
09/17/2012

Teplá Arktida

=>

Ztráta našeho mírného podnebí

Teplejší Arktida vede k pomalejšímu **jet streamu**, s většími vlnami a pomalejším posunem



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)*

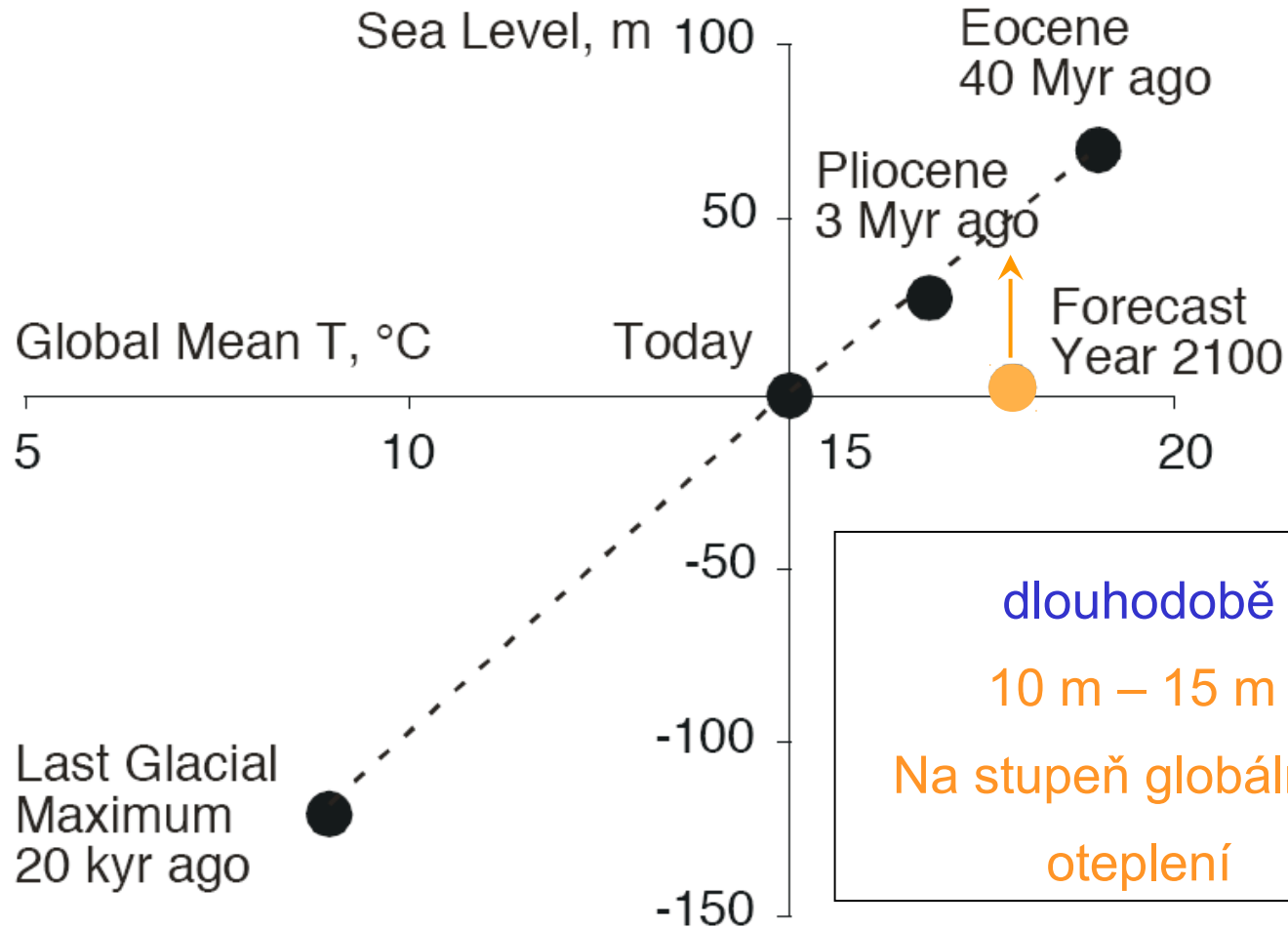
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

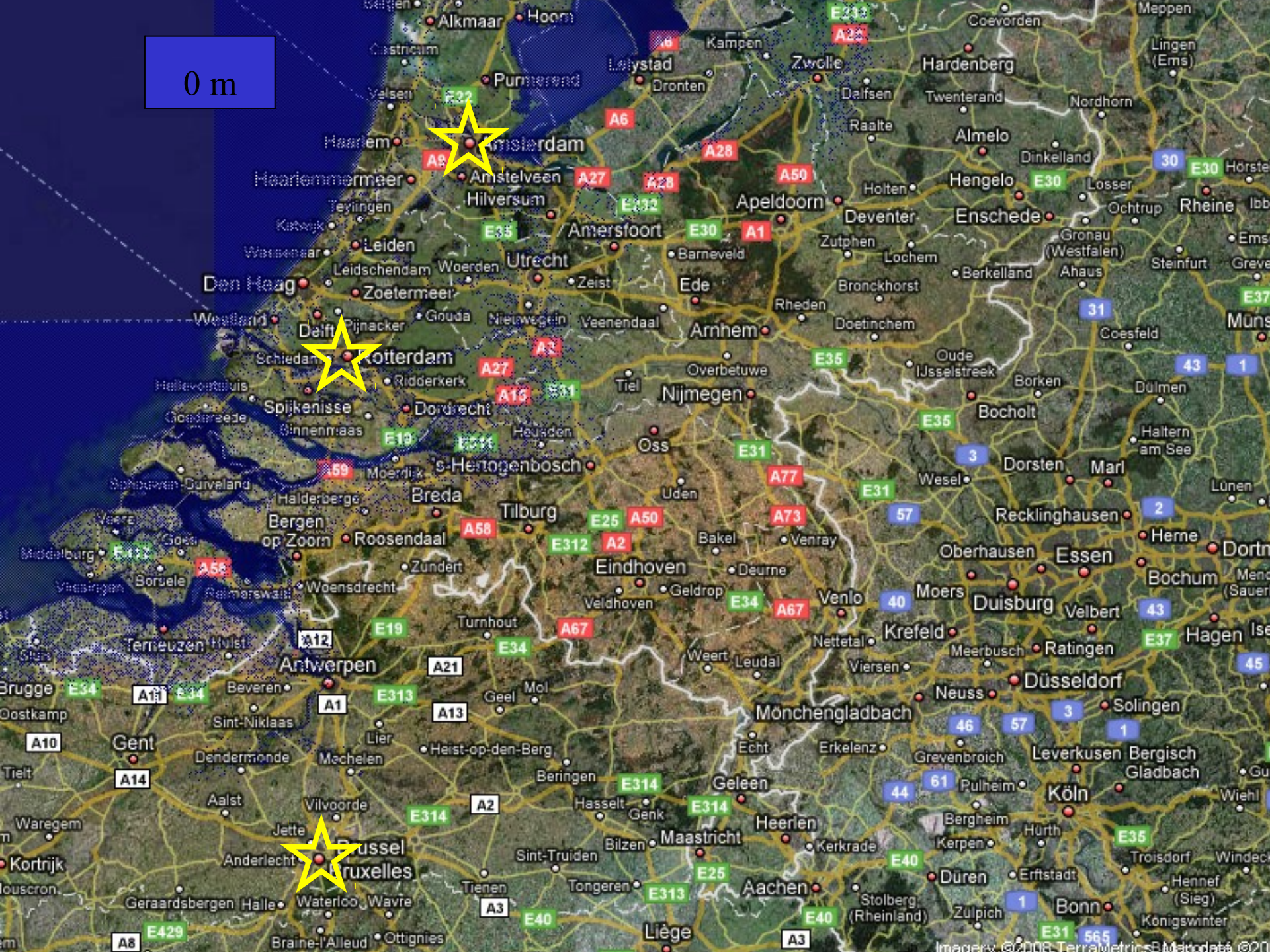


*Zdroj: Prof. Konrad Steffen,
Univ. of Colorado*

Minulé odchylky mořské hladiny



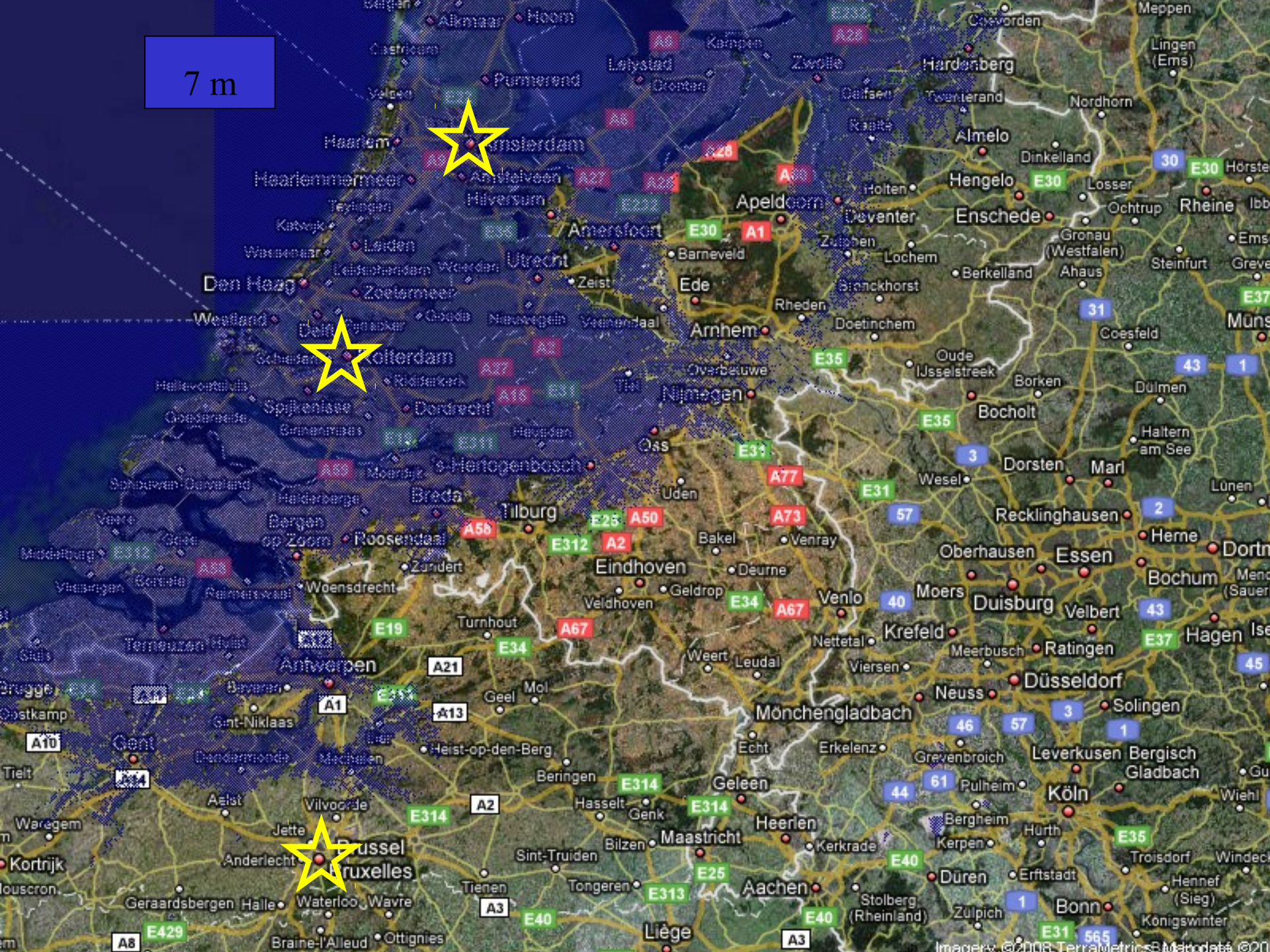
0 m



1 m



7 m



13 m

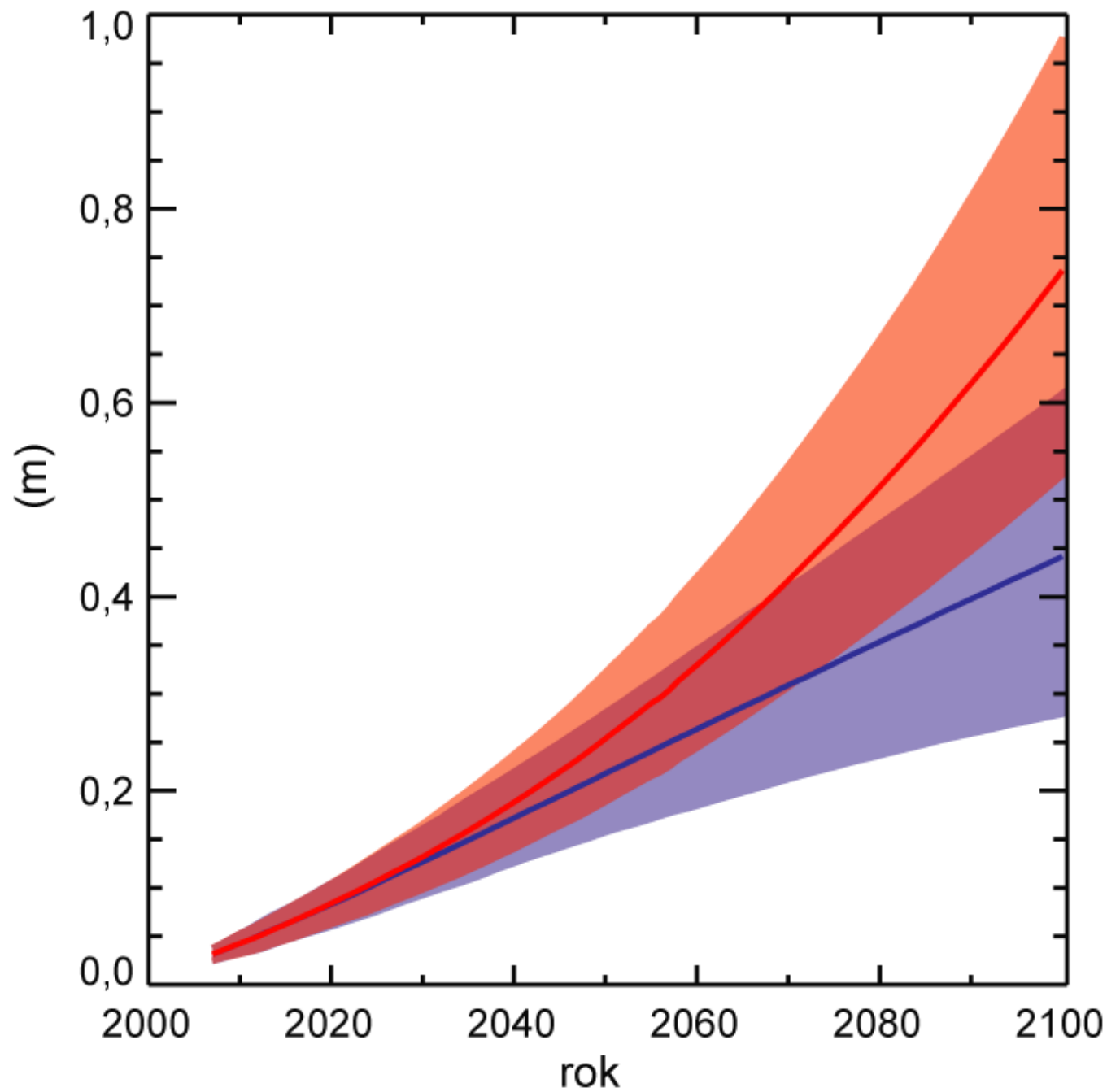
Holandské krávy připravené na globální oteplení!



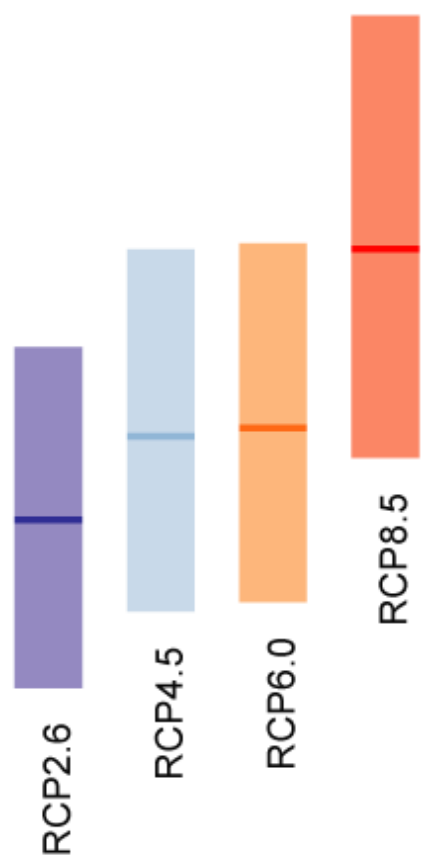
Meze adaptace?

©Bill Hare

Průměrný globální vzestup hladiny moře



průměr pro
2081–2100



„Malý“ posun střední hodnoty
ale ohromný nárůst extrémů

povodně



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

➤ Větší srážky v přívalech !

➤ více povodní ?

➤ více such ?

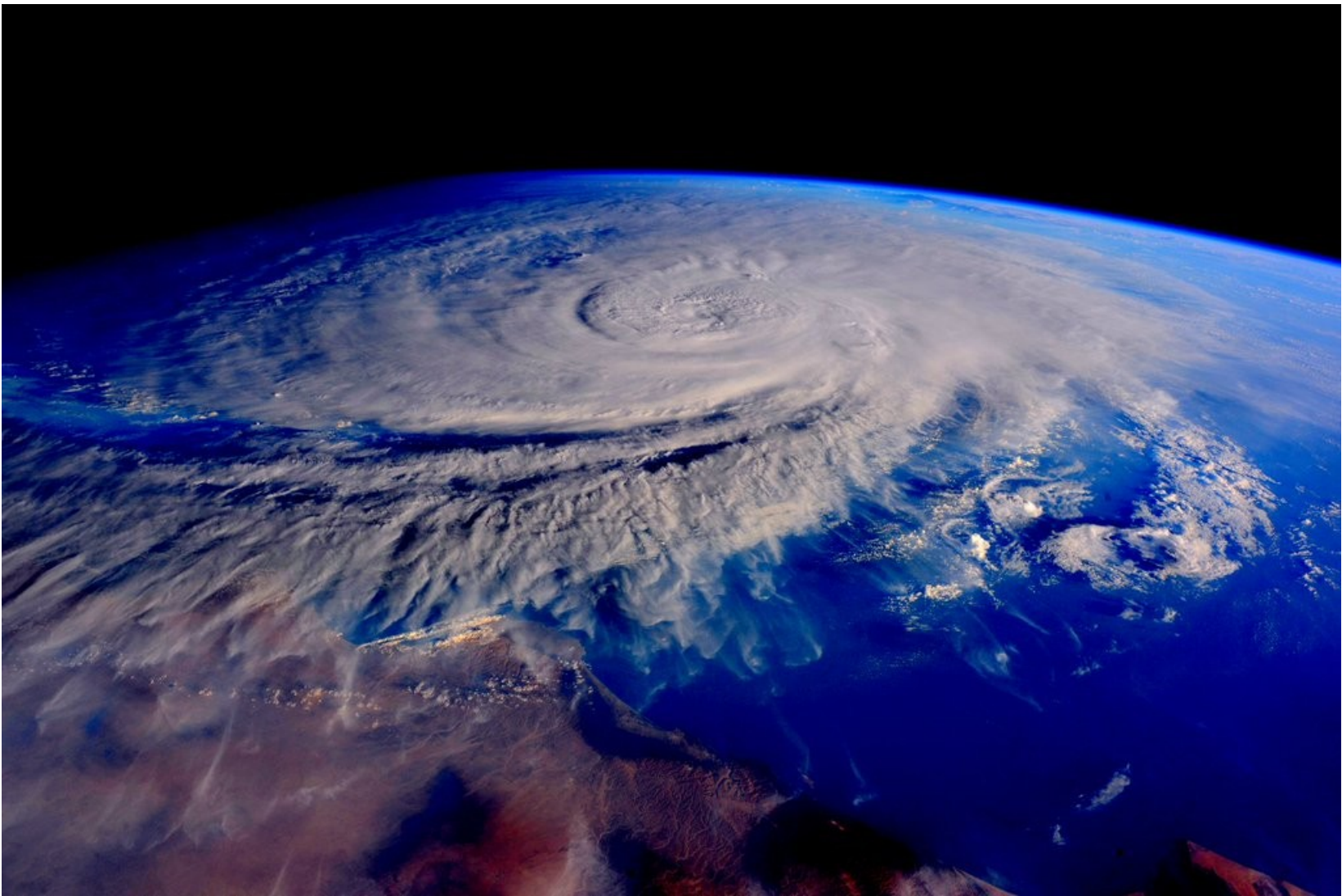




Jane Novak

@JNovak_Yemen

Waist high flood coastal Mukallah, vid: <https://youtu.be/kksXFEJLpcE>
as debris flows race through interior toward coast

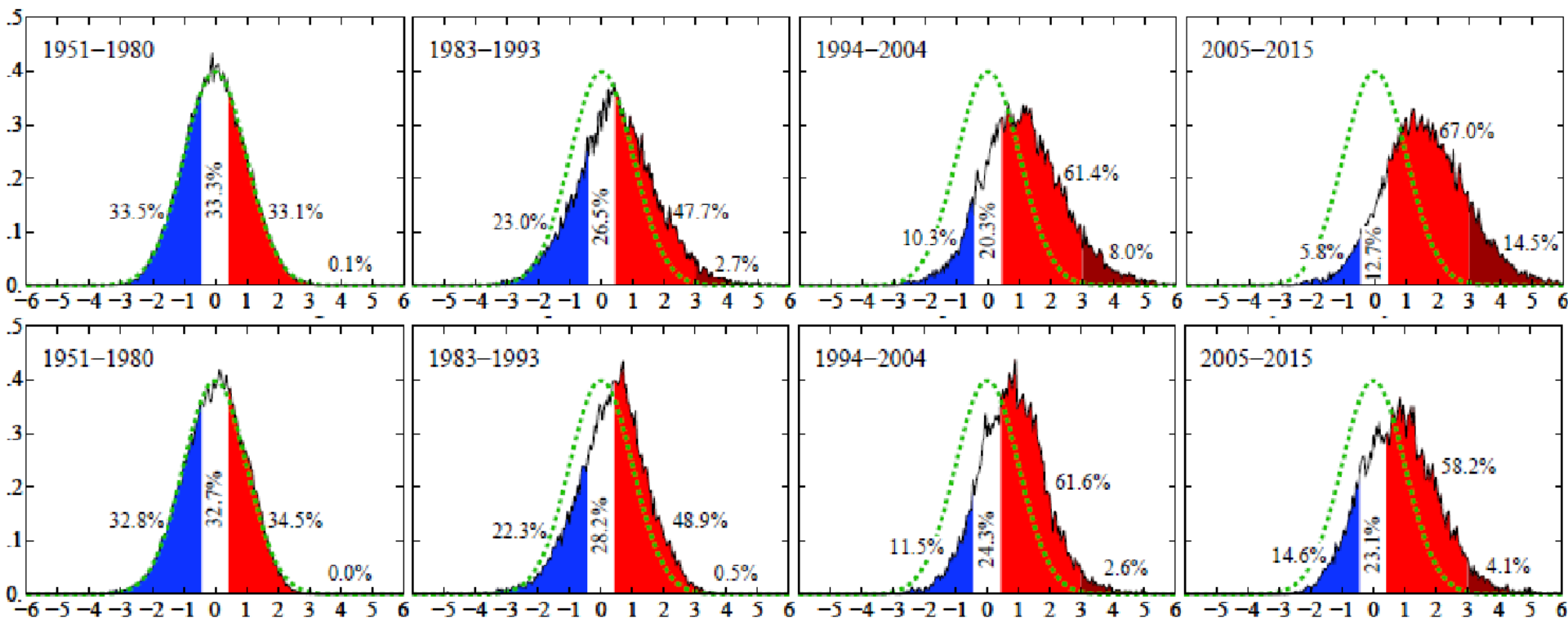


Tropical Cyclone Chapala as seen from the International Space Station at sunset on Halloween evening, October 31, 2015. At the time, Chapala was a Category 4 storm with 135 mph winds. The coast of Oman/Yemen is visible at the bottom of the image. Image credit: Commander Scott Kelly.

Teploty na pevnině severní polokoule: horní řada 3 letní měsíce (červen, červenec, srpen), dolní 3 zimní měsíce (prosinec, leden, únor).

Problémem jsou >3 -sigma extrémní, dnes už i 5 , ba i 6σ

Z komentáře Regional Climate Change and National Responsibilities, Hansen&Sato 1. března 2016,
<http://csas.ei.columbia.edu/2016/02/29/regional-climate-change-and-national-responsibilities/>

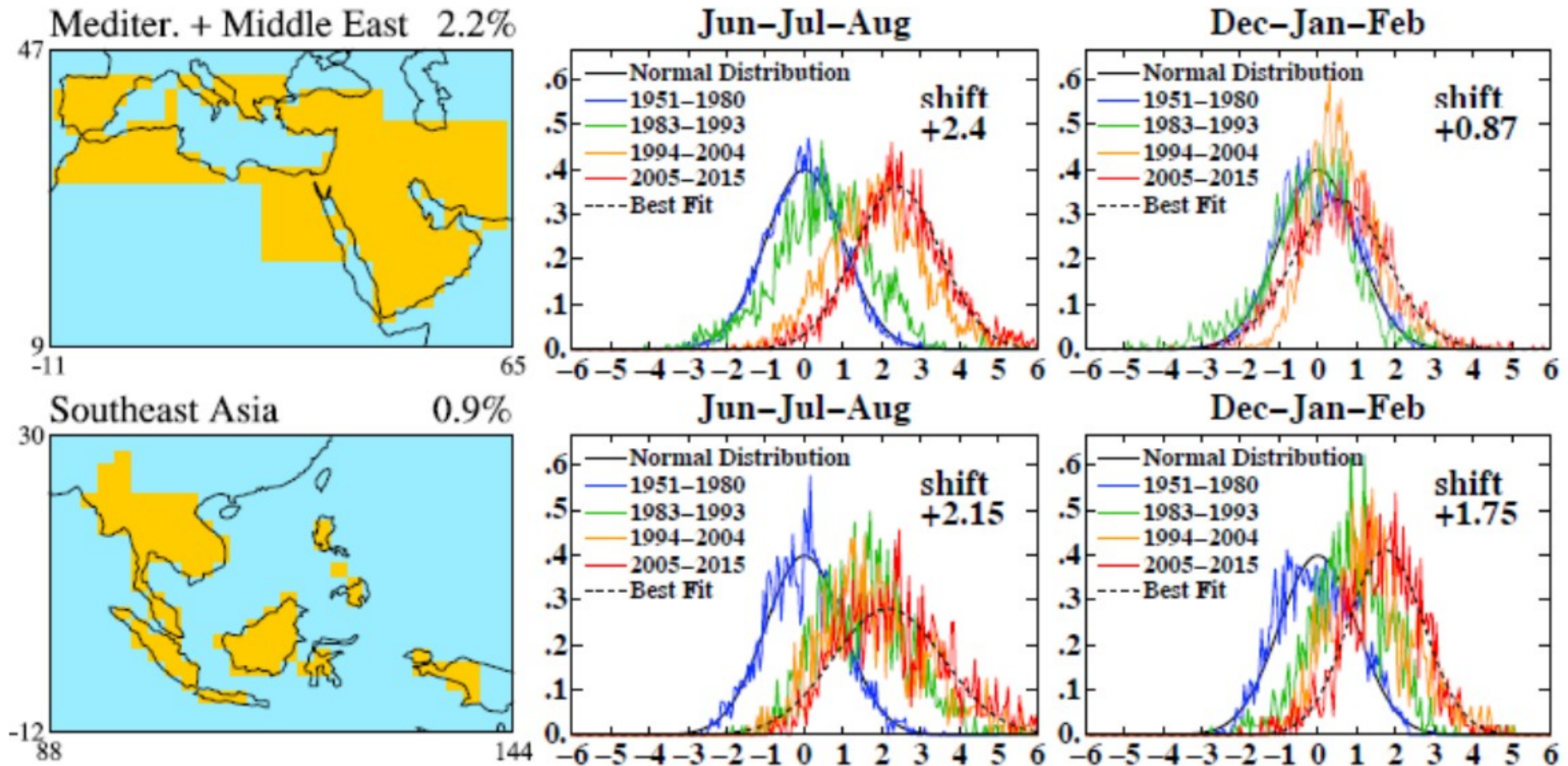


Výskyt místních teplotních odchylek vztažený k období 1951-1980. Teplotní odchylky jsou dělené tehdejší místní standardní deviací. Obsah ploch pod všemi křivkami je jednotkový.

Regional climate change and national responsibilities

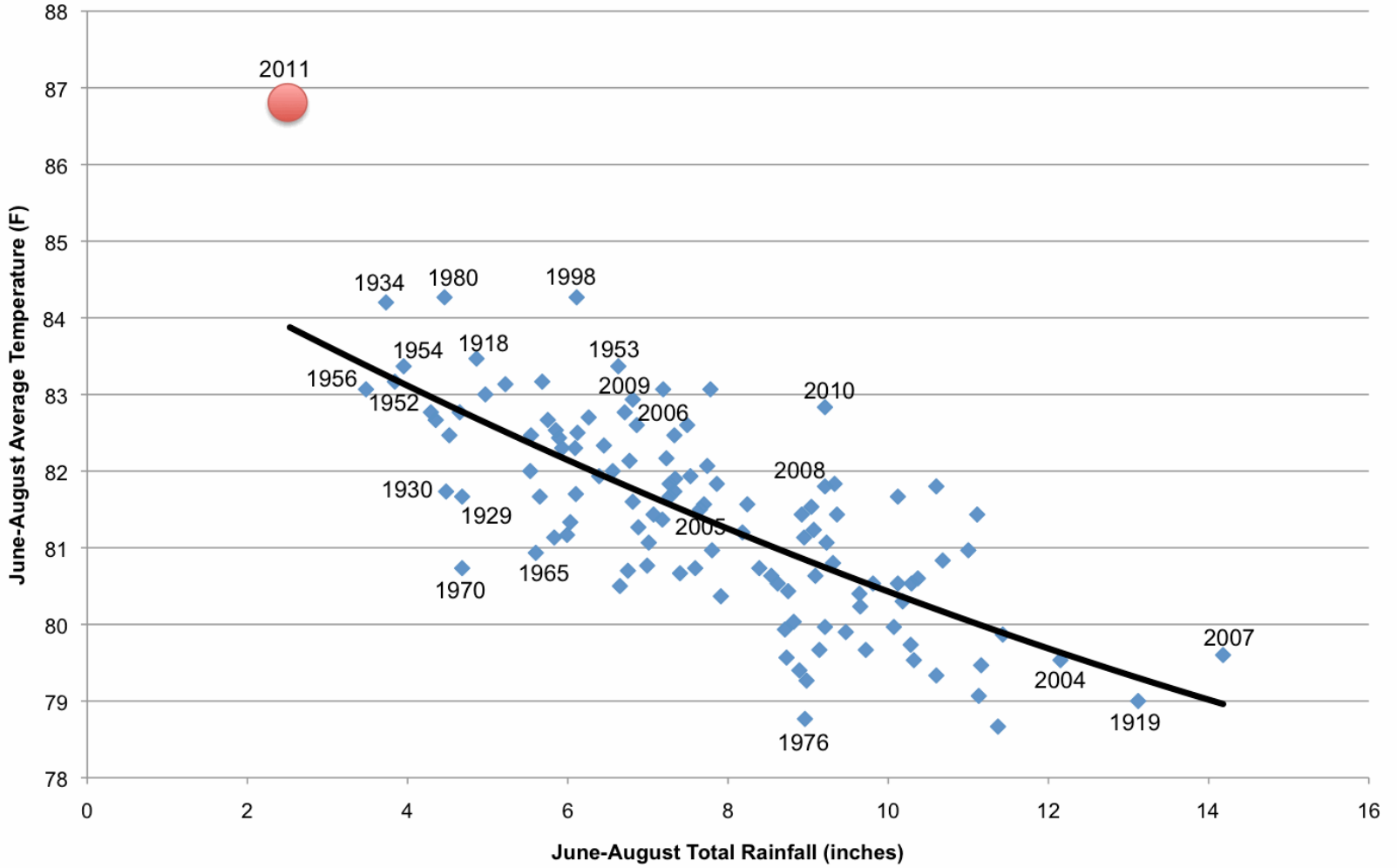
James Hansen and Makiko Sato

Published 2 March 2016 • © 2016 IOP Publishing Ltd • Environmental Research Letters, Volume 11, Number 3
(open access, vč. videa s abstraktem)



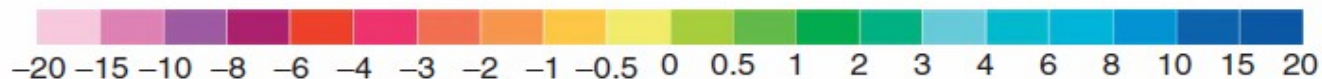
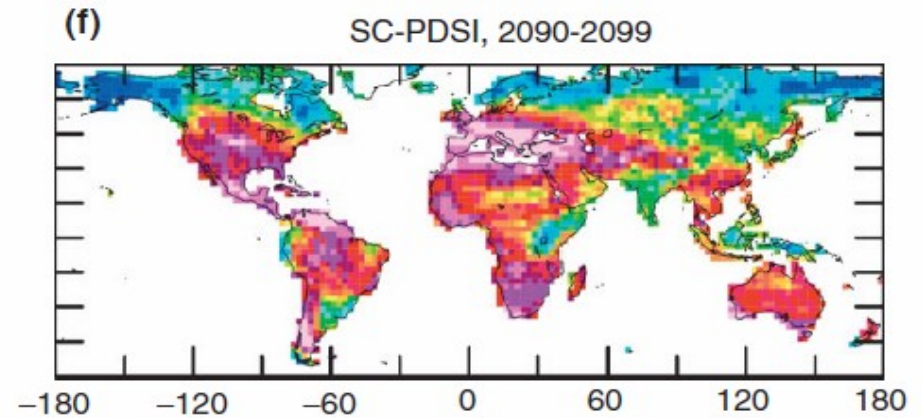
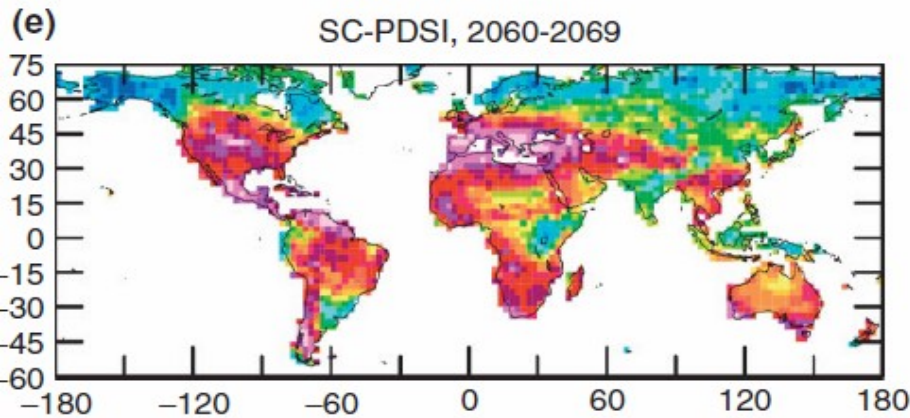
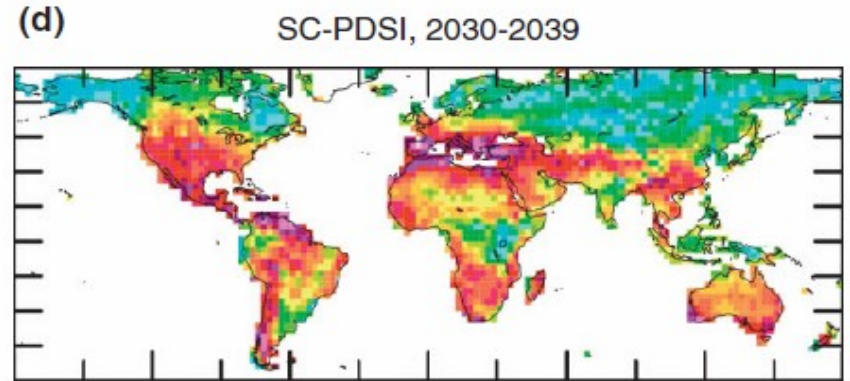
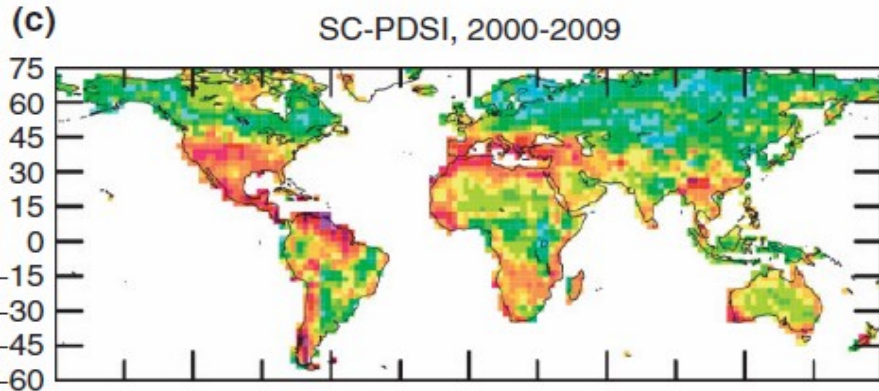
Četnost místních teplotních odchylek vztažená k období 1951-1980. Odchylyky jsou dělené tehdejší místní standardní deviací, plocha pod každou křivkou má obsah 1. Číslo nad mapou ukazuje relativní velikost oblasti vzhledem k obsahu Země, „shift“ se týká posunu čárkované křivky („gaussovka“ pro poslední dekádu) oproti referenčnímu období.

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)



25... nejchudších, kteří jsou nuceni rovněž migrovat, přičemž trpí velkou nejistotou ohledně budoucnosti svého života i života svých dětí. Tragicky se zvyšuje počet migrantů, kteří utíkají před bídou umocněnou devastací životního prostředí, nedostává se jim statutu uprchlíků podle mezinárodních konvencí a nesou tíži vlastního života zbaveného jakýchkoli ochranných norem. Vůči těmto tragédiím, ke kterým doposud dochází v různých částech světa, panuje bohužel všeobecná lhostejnost. Chybějící reakce na tato dramata našich bratří a sester je znamením ztráty smyslu pro odpovědnost za naše bližní, na kterém stojí každá civilizovaná společnost.

Sýrie – dlouholeté sucho (2007-2010)

2 miliony lidí na venkově ztratilo obživu,
aby unikli hladu, uchýlili se na periferie
měst...

Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

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

Jak toho docílit

Zastavit růst osobní spotřeby v bohatých zemích
Snížit ji na polovinu té dnešní

Investovat do jejího snížení
a pokrytí obnovitelnými zdroji

Být tak modelem pro země chudé
A také jejich donorem

(Skoro) všechny **technologie už máme**
Žádné překvapivé už se **nenajdou**

Deploy, deploy, deploy, research, develop, deploy,
deploy...

Výzva

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

(a mít čistší planetu a užitečnou práci).

Trvale udržitelný

je jen takový vývoj,

kdy spotřeba neroste, ale klesá.

**Spotřeba opřena o fosilní paliva,
není-li nezbytná, je nemravná**

Odkazy

<http://www.veronica.cz/?id=128&i=109> :

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

Vzdělávání pro udržitelný rozvoj pro jihomoravská centra EVVO

reg. č. CZ.1.07/3.2/04/05/0084

Vzdělávací modul:
Ochrana klimatu

Vzdělávací materiál pro učastnice a účastníky



Připravil:
ZO ČSOP Veronica

ZO ČSOP Veronica
Brno 2015

Projekt je spolufinancován z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.



Masarykova univerzita
Pedagogická fakulta

Klima a koloběhy látek

Jak funguje klimatický systém Země,
proč a jak se klima mění



Tomáš Milář
Jan Hollan

Brno 2014

Zdroje obrázků a textů

Alexander Ač; James Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies; NASA JPL; 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)

