

Jan Hollan

Co způsobilo klimatickou krizi

srpen 2023

Rychle měníme zemské klima a s ním i mnoho dalších věcí,
je nemorální to ignorovat, to byla kdysi

Inconvenient Truth, čili *Nepohodlná pravda*

Přiléhavý název pro současnou situaci je jak

Klimatický rozvrat

tak i sousloví, které zahrnuje vnímání a reakci společnosti:

Klimatická krize

<http://amper.ped.muni.cz/gw/CoVime.html>

Stav vědeckého poznání o klimatické změně a role Česka – 8 hesel pro každého

1. Globální oteplování má už jen antropogenní příčiny
2. Přírodní vlivy působily spíše opačně
3. Země si ponechává **skoro watt na metr čtvereční**.
4. Hlavní roli má **oxid uhličitý** z fosilních paliv.
5. Růst koncentrace CO₂ a oteplování jsou nyní **rychlé jako během vymírání na konci prvohor**
6. To vede ke **změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu**
7. Pařížská dohoda chce zabrzdit oteplování, jak je jen možné
8. **České emise na obyvatele patří k nejvyšším**

- tolik stručně, podrobně s odkazy viz

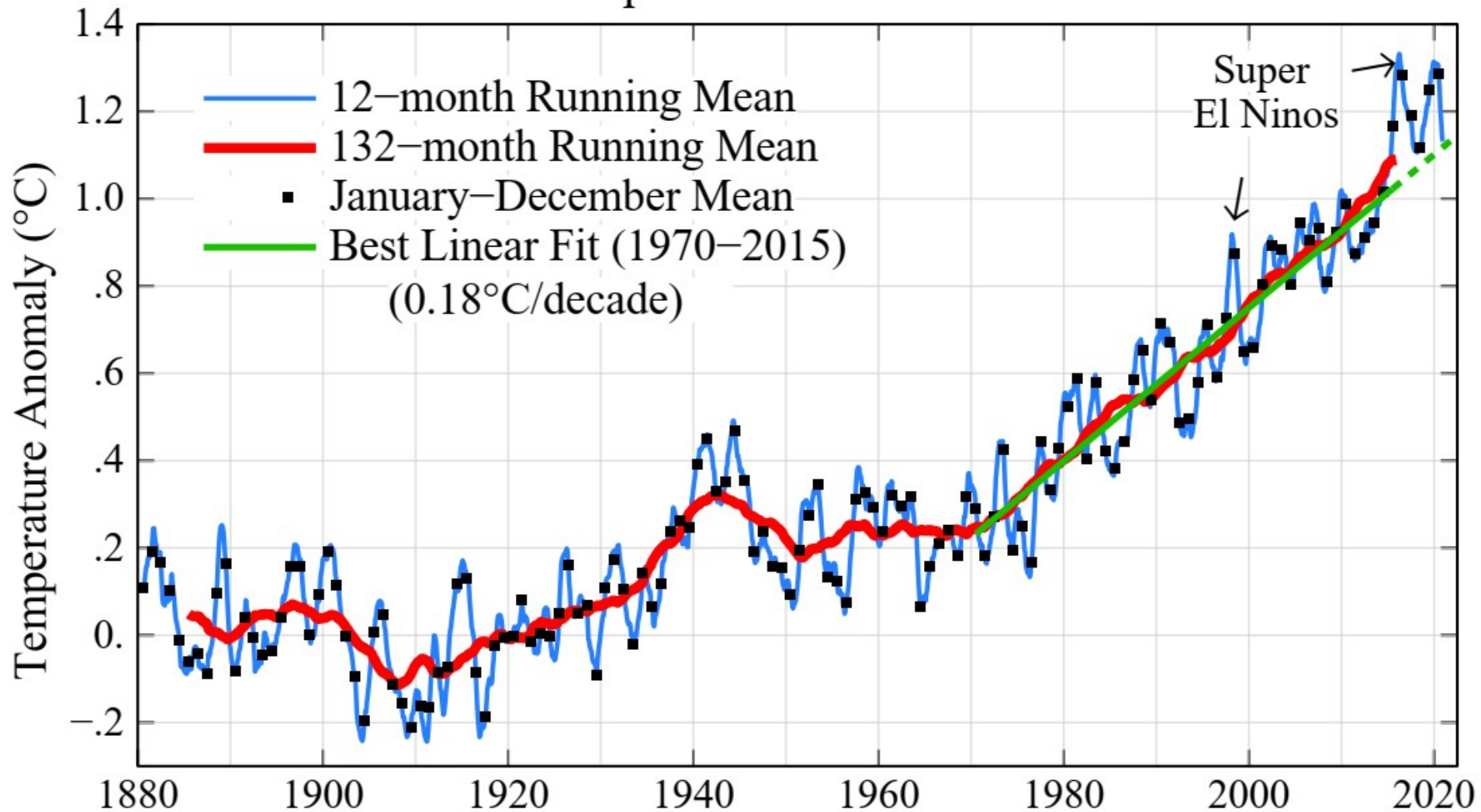
<http://amper.ped.muni.cz/gw/CoVime.html>

1. Globální oteplování...

Rozumí se tím obvykle jen **nárůst teplotních odchylek** měření z pozemních stanic a z povrchu moří, braný jako průměr pro celou Zemi.

Později si ukážeme, že naprostá většina tepla jde jinam.

Global Surface Temperature Relative to 1880–1920 Mean



Velikost globálního oteplení, o níž se mluví, je odchylka od úrovně 2. poloviny 19. stol., což je zhruba totéž jako od období 1880-1920

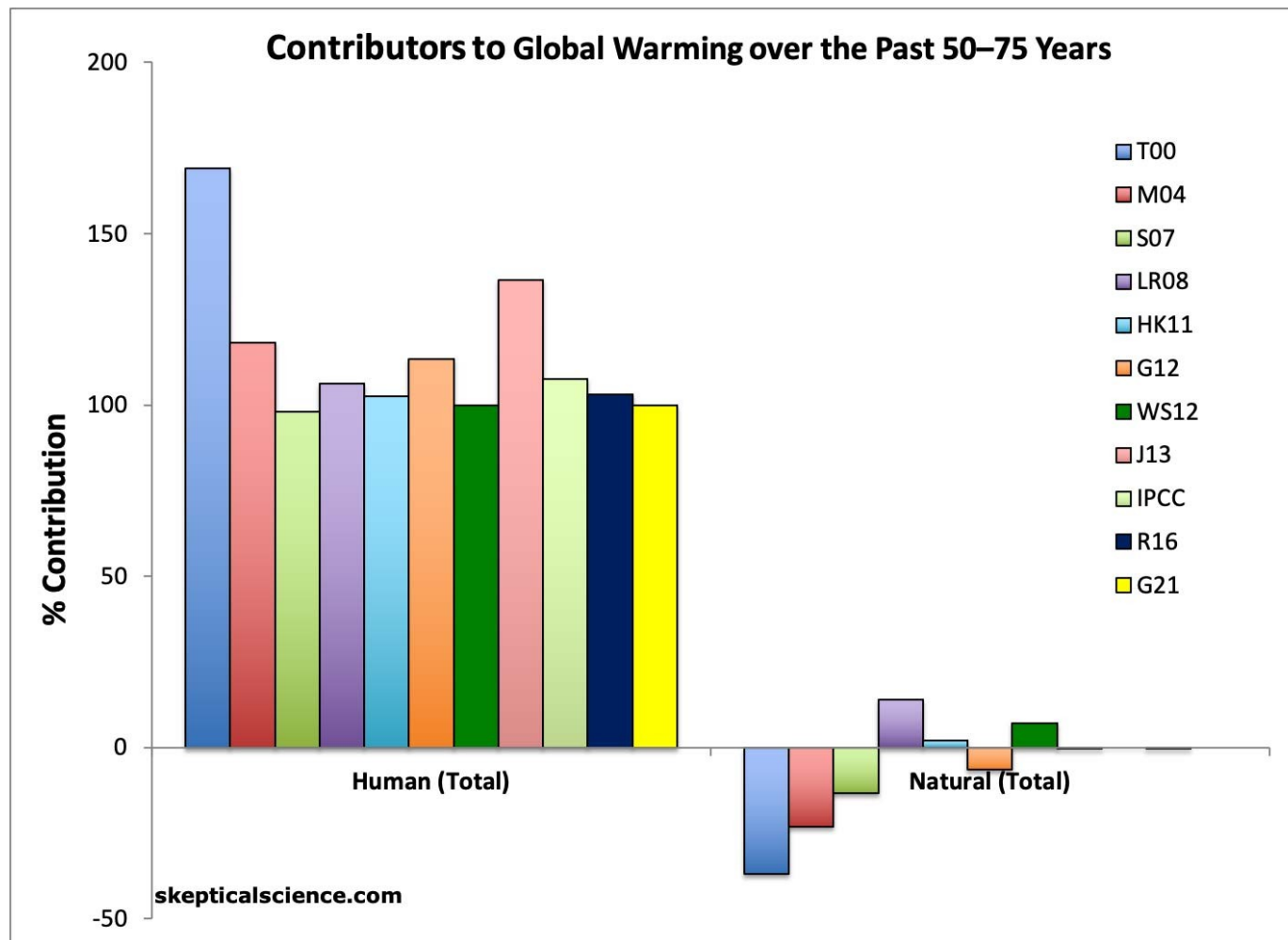
(<http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/> - J. Hansen a M. Sato z NASA GISS)

1. Globální oteplování má už jen antropogenní příčiny ...

Bohužel, i mnozí vědci na otázku, jestli nynější oteplování způsobilo lidstvo, odpovídají vyhýbavě, např. „tak napůl“.
Nikdy si o tom nic solidního nepřečetli...

Pravda ovšem je, že žádný přírodní popud, který by v posledním půlstoletí vedl k oteplování, nebyl nalezen, a že oteplení probíhá tempem bohužel očekávaným.

1. Globální oteplování má už jen antropogenní příčiny...
2. Přírodní vlivy v posledním půlstoletí působily spíše opačně



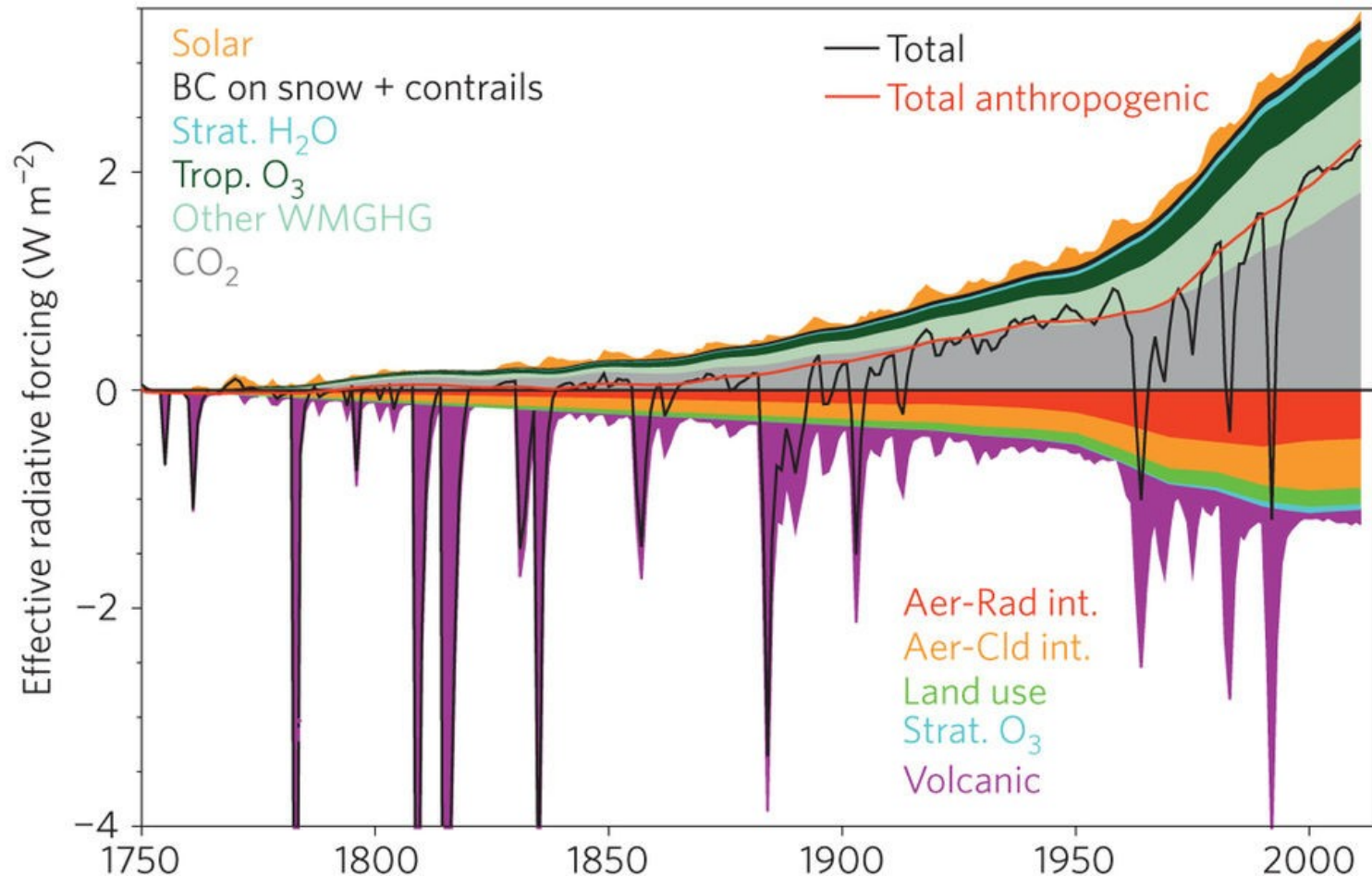
[Human vs. Natural Contributions to Global Warming](#), čili **příspěvky lidstva a příspěvky přírodní ke globálnímu oteplování**, za posledních 50 až 65 let, dle různých prací – převzato ze Skepticalscience.com. Vliv lidstva (vlevo) je kolem 100 %.

2. Přírodní vlivy v posledním půlstoletí (růst vulkanických emisí oxidů síry a pokles výkonu Slunce) **působily spíše opačně** a (velmi malou) část oteplení tak kompenzovaly.

Emise z lidské činnosti zcela dominují jako hybatelé změn teplot. K oteplování v první půli 20. století přispěl ale i pokles ochlazujícího vlivu vulkanických emisí oxidů síry a tehdejší mírný nárůst výkonu Slunce.

Proti oteplujícímu vlivu skleníkových plynů stojí ochlazující vliv lidských emisí SO_2 ze spalování sirnatých paliv. Ten ale už neroste.

1. ...jen antropogenní příčiny, emise skleníkových plynů (a černých částic z nedokonalého spalování)...
2. ...vulkanické emise oxidů síry byly v posledním půlstoletí větší než v tom minulém



Jednotlivé vlivy lidstva a přírodní vlivy na oteplování od r. 1750 – [obr. 1](#) ze článku „An imperative to monitor Earth's energy imbalance“ v časopise Nature Climate Change, 2016 ([doi:10.1038/nclimate2876](https://doi.org/10.1038/nclimate2876)). Antropogenní aerosoly mají v úhrnu velký vliv ochlazující, menší má i antropogenní změna krajiny. Vlnky nahoře: proměnlivost Slunce; „rampouchy“ dole: ochlazující vliv sopečných erupcí.

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

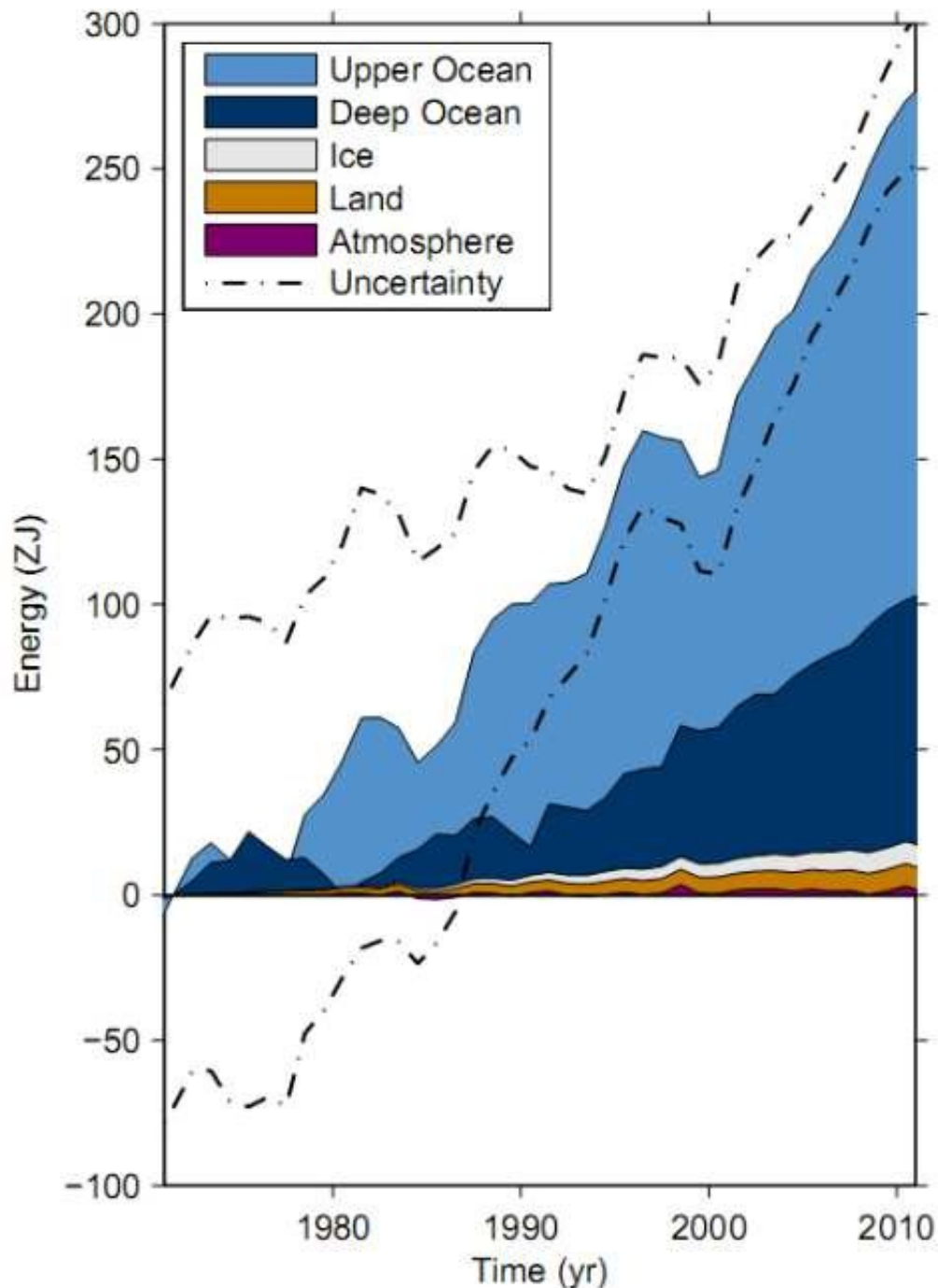
To víme díky měření teplot oceánu, dříve do hloubek 2 km, nyní zčásti až do 6 km (projekt [Argo](#)).

3. ... Na ohřev ovzduší připadá jen 1 % tepla, které Země nevrací do vesmíru.

Obrázek ukazuje nárůst
entalpie Země, především
oceánu (ale bez hloubek pod
2000 m). Několik procent
připadá na tání ledu a
prohřívání pevnin.

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

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



potřebná odbočka:

Proč se ale vlastně 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).

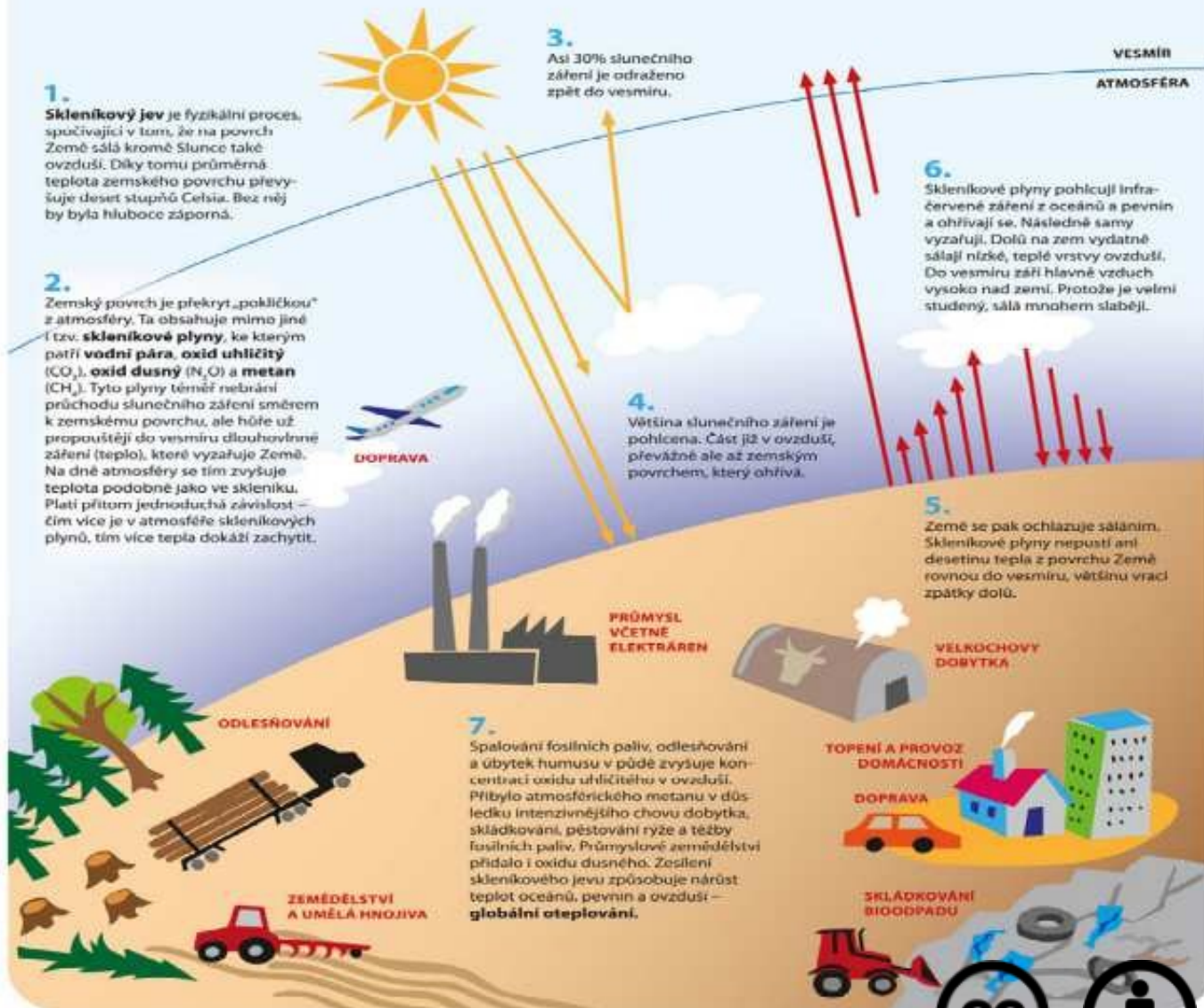
V případě skleníku sálá na zem sklo či plast propustný pro sluneční záření. V ovzduší jsou to **příměsi, jejichž molekuly jsou tvořeny více než dvěma atomy - skleníkové plyny**

Nebo jinak, při pohledu „zvenčí“:

do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu.

(sálání = emise záření vlivem teploty tělesa)

Schéma skleníkového efektu a zdroje skleníkových plynů z lidské činnosti



zdroj: Veronica, kreslila Olga Pluháčková; [prostudujte si prosím plně čitelnou pdf verzi plakátu](#)



Jak silné je sálání ovzduší dolů?

Na metr čtvereční povrchu dopadá tohoto infračerveného záření v průměru **třetina kilowattu**

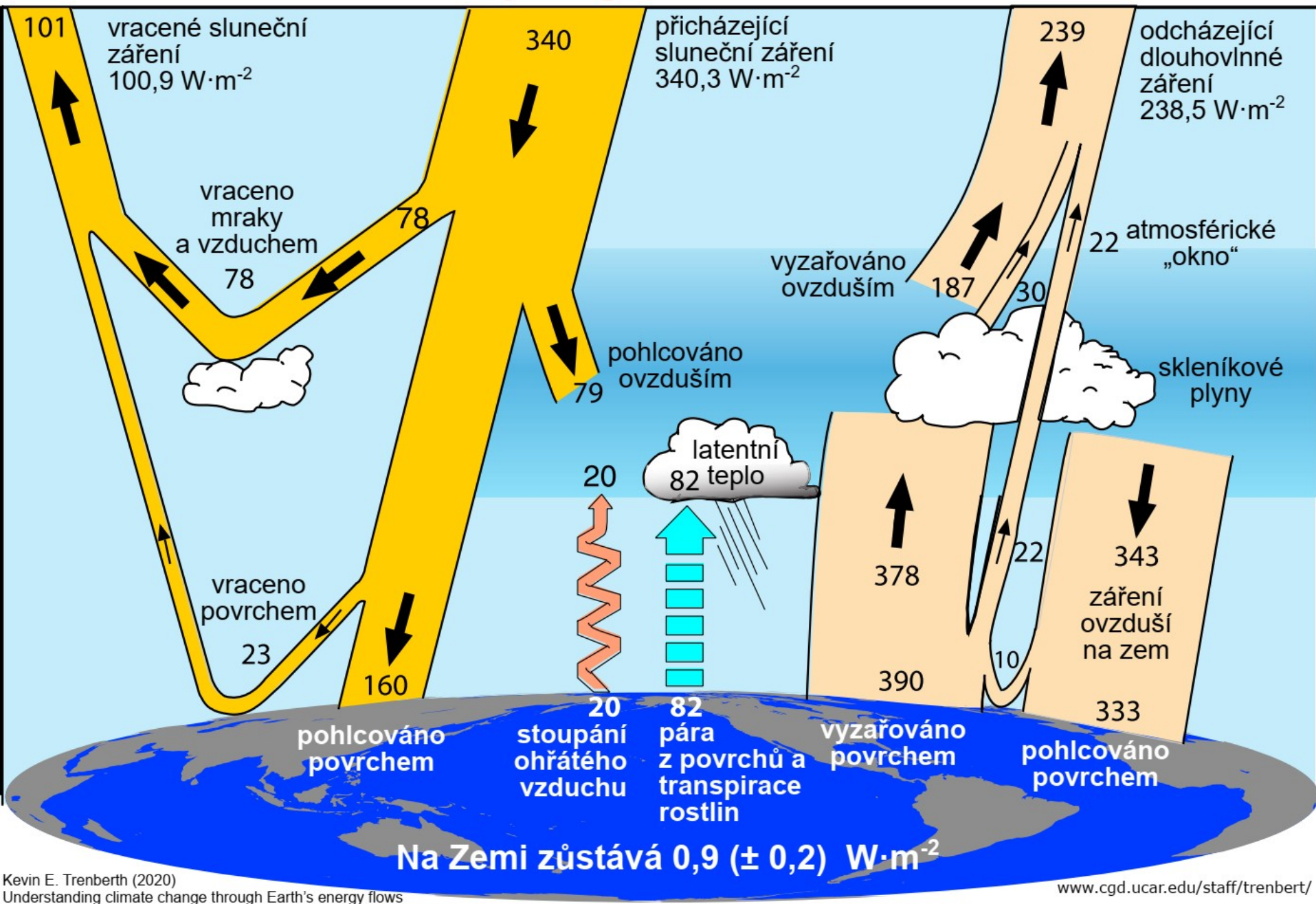
Slunečního záření získává povrch Země **dvakrát méně**

Přírodní skleníkový jev je ohromně silný:

**dvakrát silnější než sluneční záření
pohlcované zemským povrchem**

**a proto jeho, vlastně jen malé, jednaprocentní zesílení,
které jsme způsobili přidáním skleníkových plynů
(hlavně oxidu uhličitého z fosilních paliv) do ovzduší,
vede k nevídanému ohřívání planety**

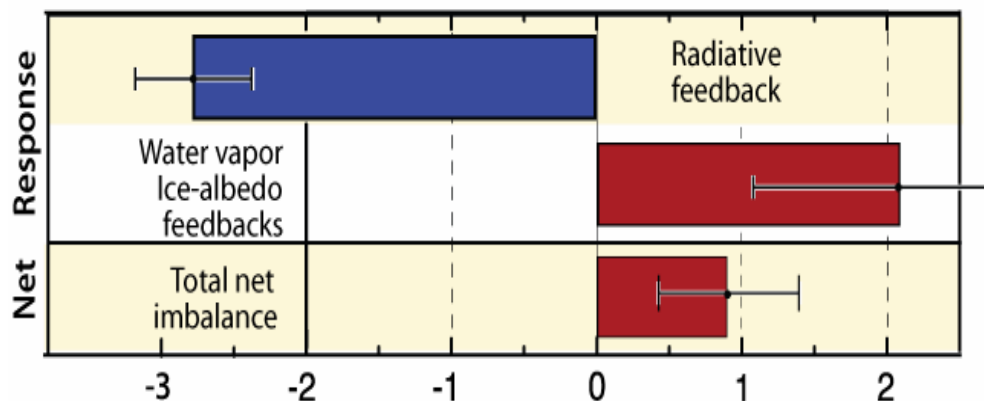
Globální toky energie 2000-2020 / $W \cdot m^{-2}$



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

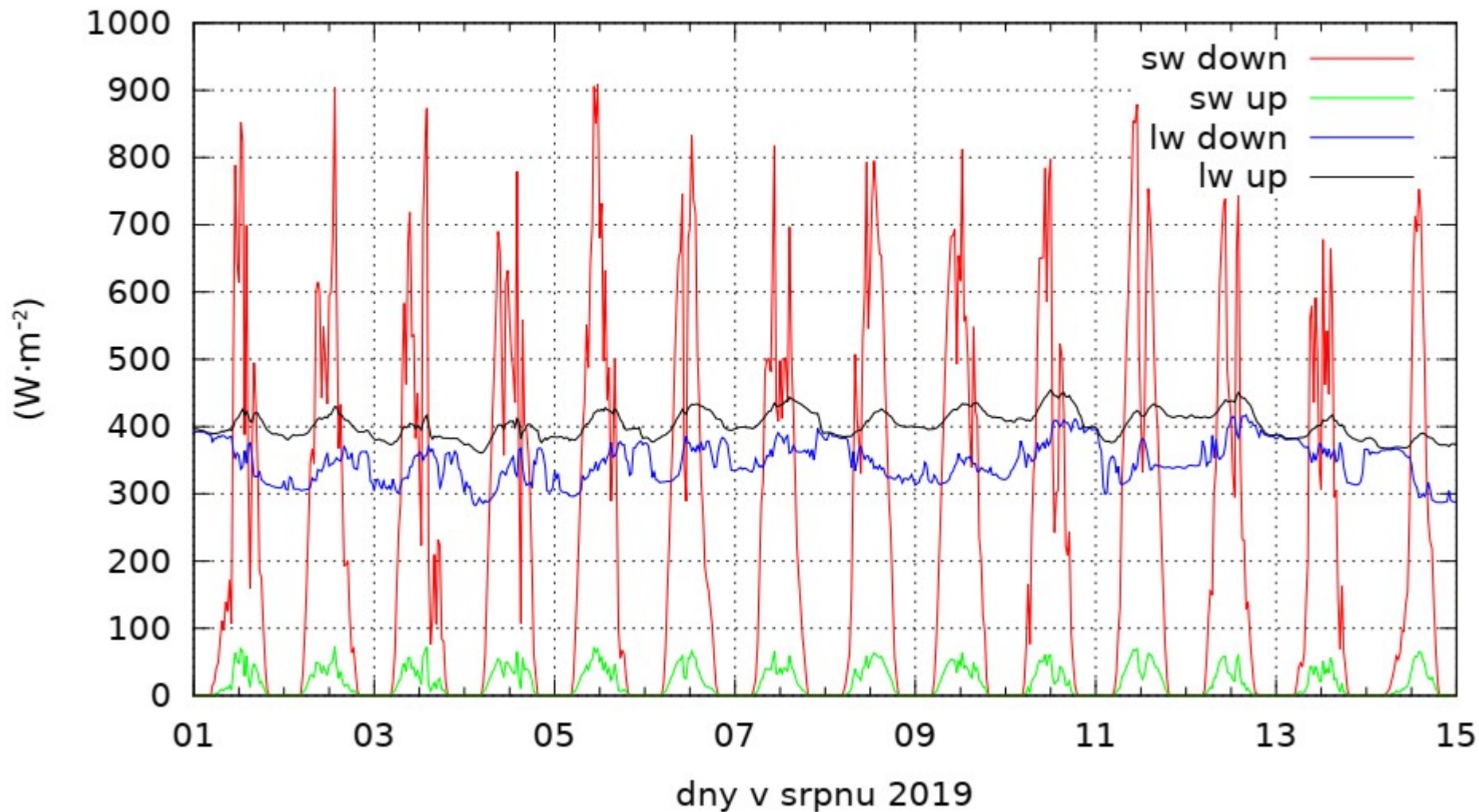
Proč je tedy nerovnováha mezi příjmem a výdejem energie Země „jen“ necelý 1 W/m^2 ?

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

záření na smrkový porost a z něj - Bílý Kříž



4. Hlavní roli má **oxid uhličitý** z fosilních paliv,
lidstvo ročně vypouští na 40 Gt,
vulkanismus 100× méně.

Vliv CO₂ byl spočítán už na konci 19. století.

Zopakujme:

Příčinou oteplování je

rostoucí koncentrace

skleníkových plynů

vinou využívání fosilních paliv

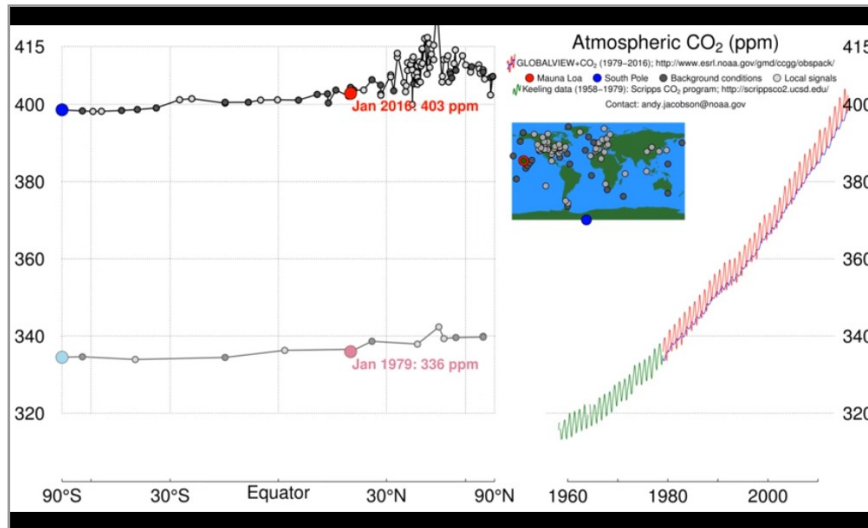
Tento vliv je zatím do značné míry maskován
síranovými aerosoly ze spalování uhlí a nafty

(odkaz vede na animovaný graf koncentrací CO₂

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>, –

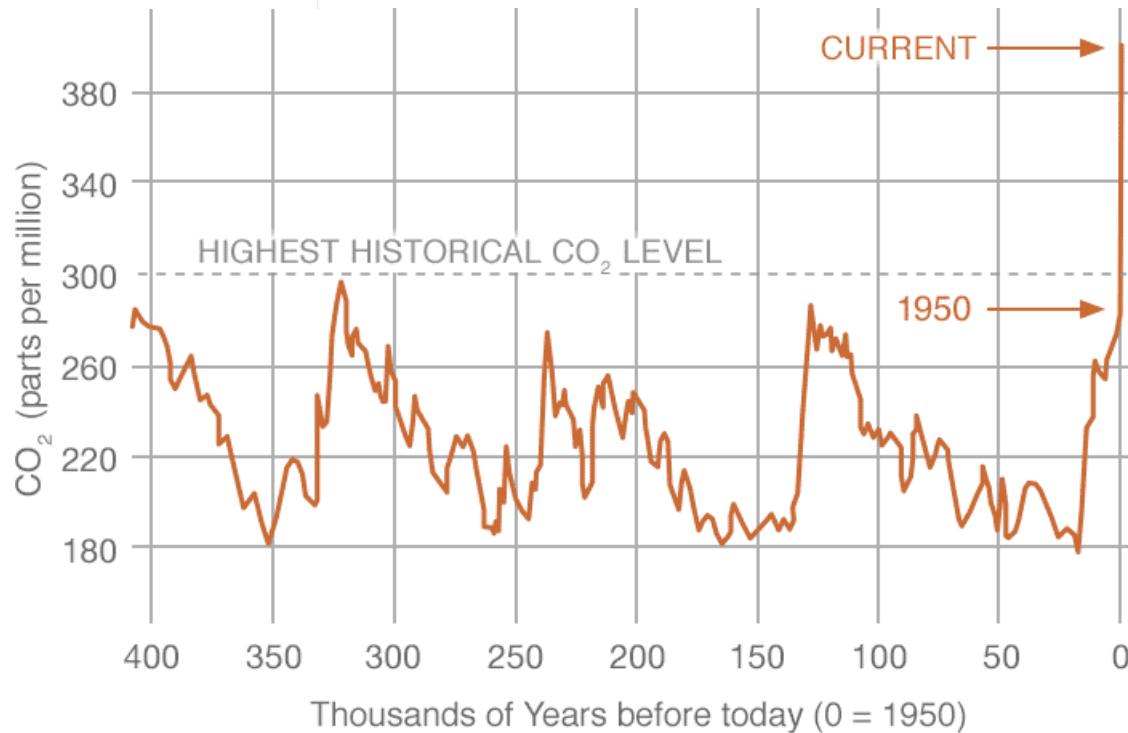
Kellingovu křivku prodlouženou díky antarktickému ledu až 0,8 Ma do
minulosti)

History of atmospheric carbon dioxide from 800,000 years ago until January, 2010.



[Download full-resolution version of this animation](#) (warning: large file, ~50 MB)

Koncentrace CO₂ byla před staletími 0,28 ‰, nyní již přesáhla laťku 0,4 ‰
Ve čtvrtohorách byla vždy pod 0,30 ‰

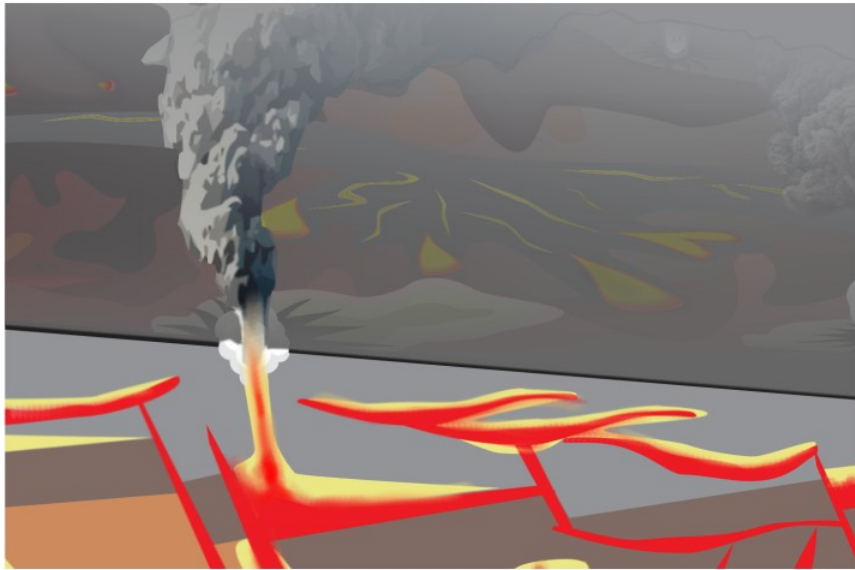


5. Růst koncentrace CO₂ a tím vyvolané oteplování jsou nyní

rychlé jako během vymírání na konci prvohor a druhohor (tehdy šlo o gigantický vulkanismus) a řádově rychlejší než na konci doby ledové.

Častou námitkou je, že klima se měnilo vždycky, že se nemáme čeho bát... Jenže **takovým tempem jako nyní se klima neměnilo už desítky, ne-li stovky miliónů let.**

5. Růst koncentrace CO₂ a tím vyvolané oteplování jsou nyní aspoň tak rychlé jako během vymírání na konci prvohor ...



Then



Now

...které bylo způsobeno gigantickým vulkanismem v místech dnešní Sibiře. Rozhodující emise CO₂ ale nebyly z magmatu, nýbrž z uhelných slojí, které byly magmatem zahřáty. Ohřev poskytly tzv. ložní žíly magmatu (sills), které pronikaly mezi vrstvy sedimentů. Maximální tempo růstu koncentrace oxidu uhličitého bylo pravděpodobně nižší než dnes, ale trvání delší.

Ze článku [Earth's worst extinction "inescapably" tied to Siberian Traps, CO₂, and climate change](#), na [skepticalscience.com](#); další info viz článek (a odkazy z něj) [Underground magma triggered Earth's worst mass extinction with greenhouse gases](#).

6. Prudké oteplování vede ke **změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu;**

tím byla porušena [Rámcová úmluva OSN](#) (stabilizovat koncentrace na úrovni, která předejde nebezpečnému narušení klimatického systému), již jsme r. 1993 ratifikovali.

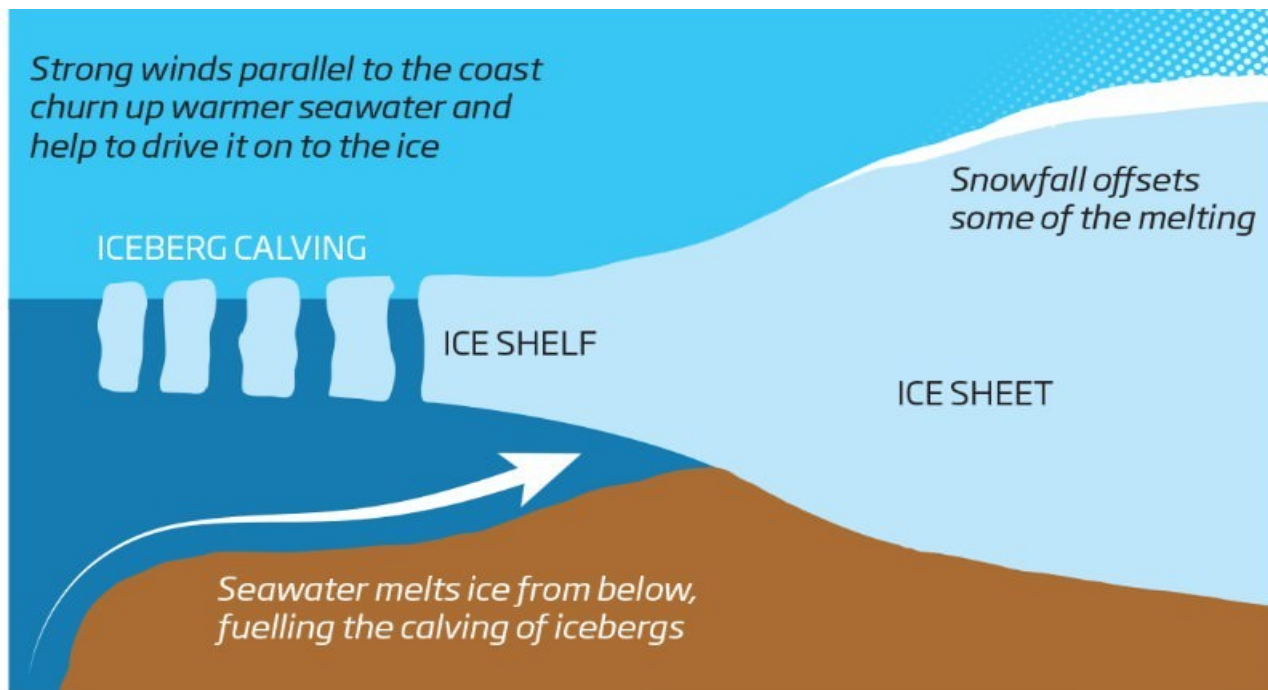
O dopadech globálního oteplování, které je příčinou klimatické změny, slycháme už skoro pořád. Ona změna je už v mnoha regionech velmi škodlivá a dále roste a poroste.

**Neodvratný se už jeví rozpad většiny ledového příkrovu
Západní Antarktidy a možná i Grónska**

6. Prudké oteplování vede ke změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu

...rozpad příkrovu Západní Antarktidy a možná i Grónska:

vlivem příliš teplé mořské vody; jen z tamního ledu, který předtím byl opřen o pevninu, může hladina oceánu do konce století stoupnout o 1 m



Problém dělá ale i tání v Alpách...

Teplejší atmosféra může pojmout více vodní páry

Mohou tak nastávat **mohutnější srážky**

(jako monzunové povodně a záplavy v Nepálu, Indii a Bangladéši v létě 2017).

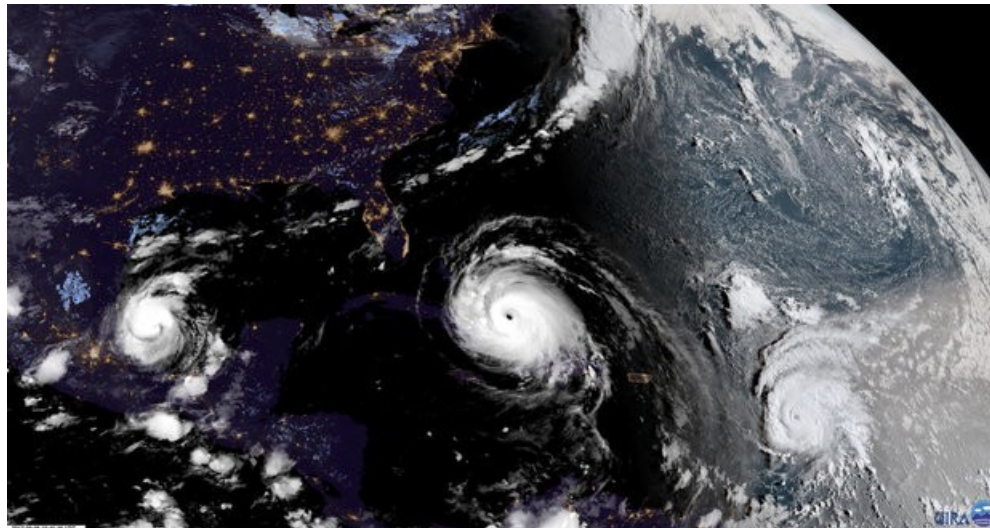
Ale přijde-li nebývale teplý vzduch, který je suchý, **vysuší krajinu** mnohem více než vzduch chladný *(jako se to dělo od r. 2015 – důsledkem byl pokles hladin spodních vod a rozpad lesů).*

Nebývale teplý, do hloubky prohřátý oceán

umožňuje rozvoj tropických cyklónů do té největší rychlosti větru: „5“

a jejich pokračování v ohromném rozsahu
a s ohromnými srážkami

(Florida měla r. 2017 štěstí... hurikán Irma se zeslabil kontaktem s Kubou a pak průchodem nad pevninou místo nad mořem)



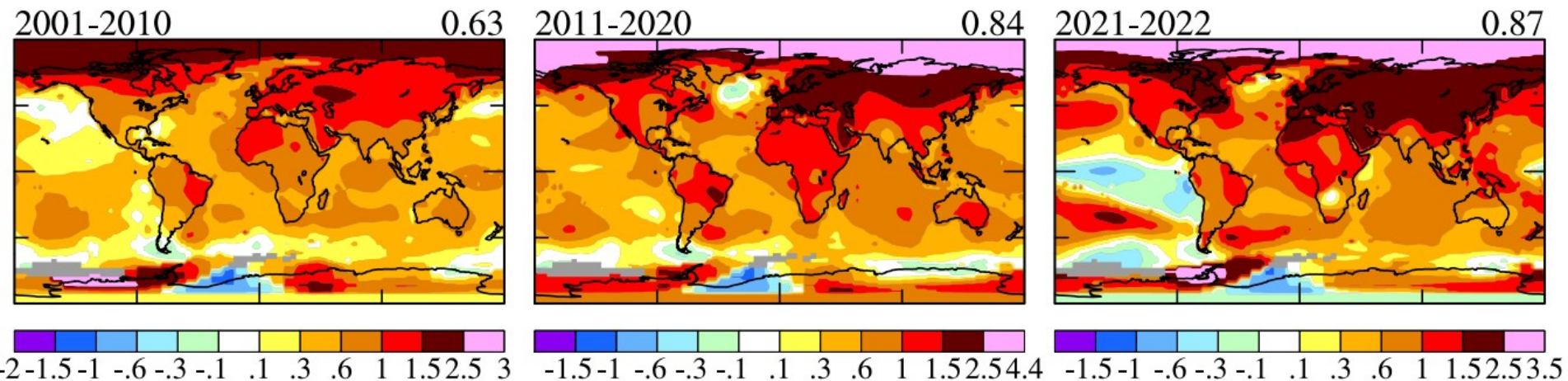
A u nás?

Teplá Arktida

=>

Ztráta **našeho** mírného podnebí

(v USA a Kanadě je to mnohem horší...)



Teplotní odchylky pro první a druhou dekádu našeho tisíciletí,
a pro roky 2021 až 2022, oproti rokům 1951 až 1980.
Arktida se oteplila daleko nevíce.

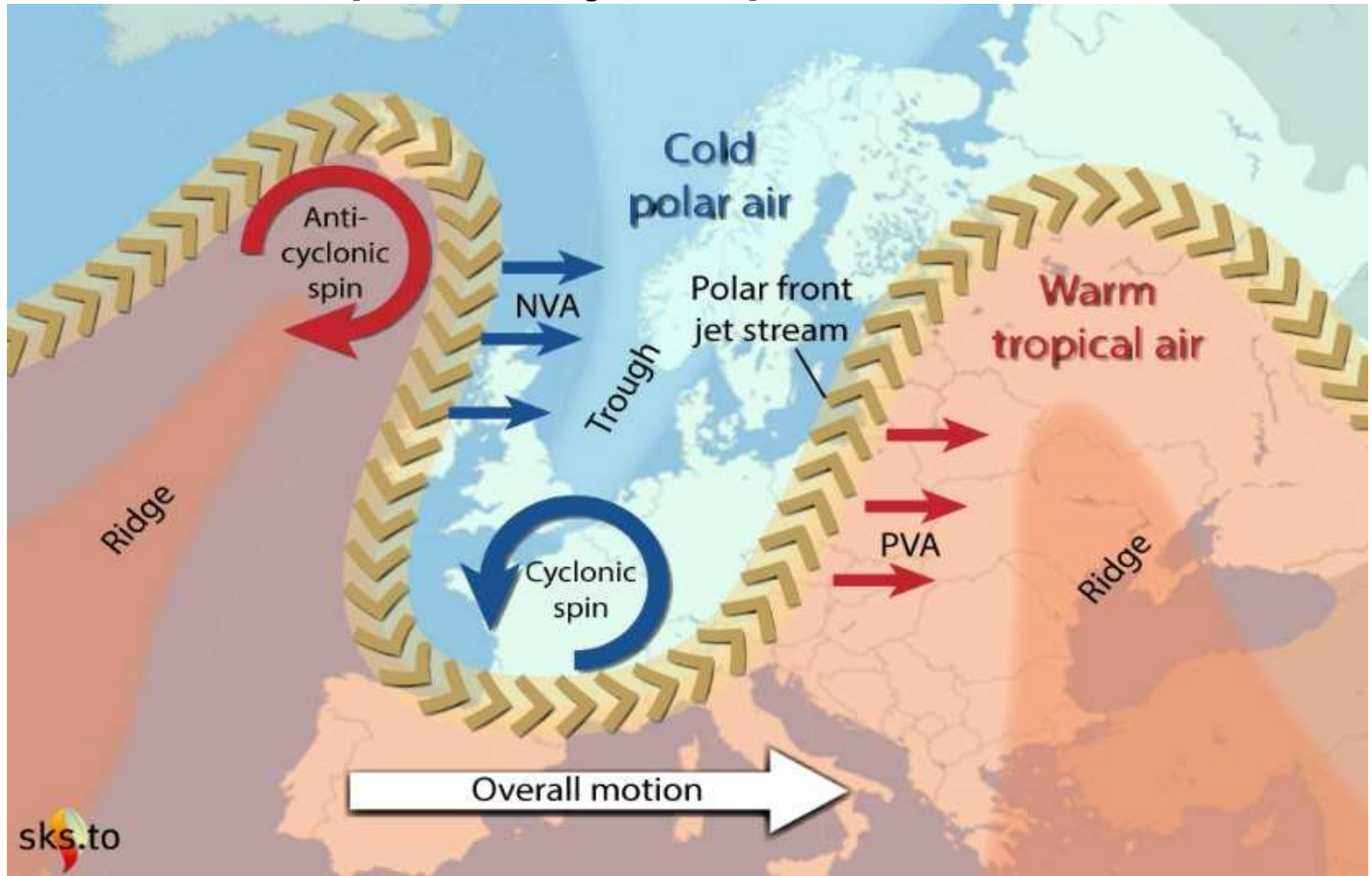
Z webu http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/T_moreFigs/
(Updated on 2023/01/12, with GHCN v4 and ERSST v5),

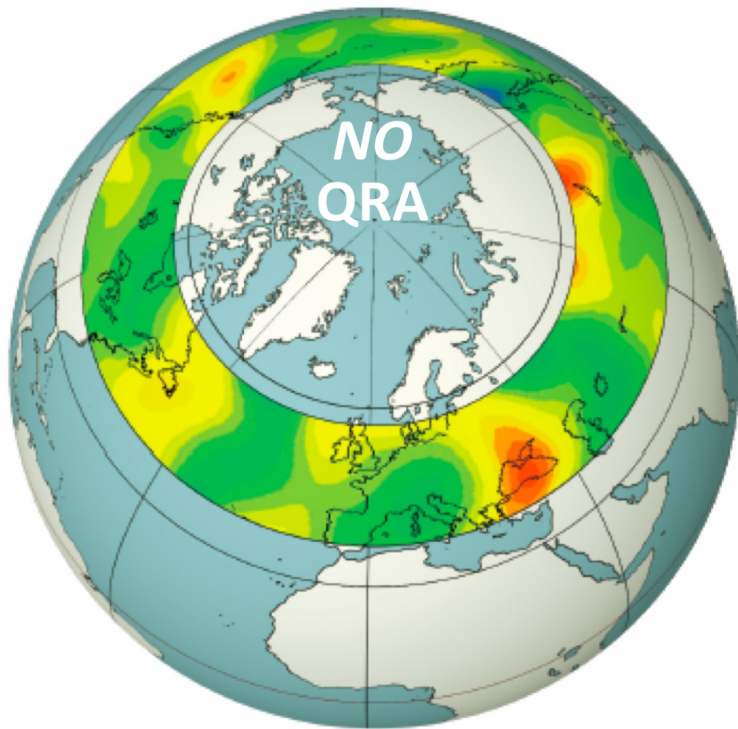
kam lze dojít ze stránky <http://www.columbia.edu/~mhs119/> :

Updating the Climate Science
What Path is the Real World Following?

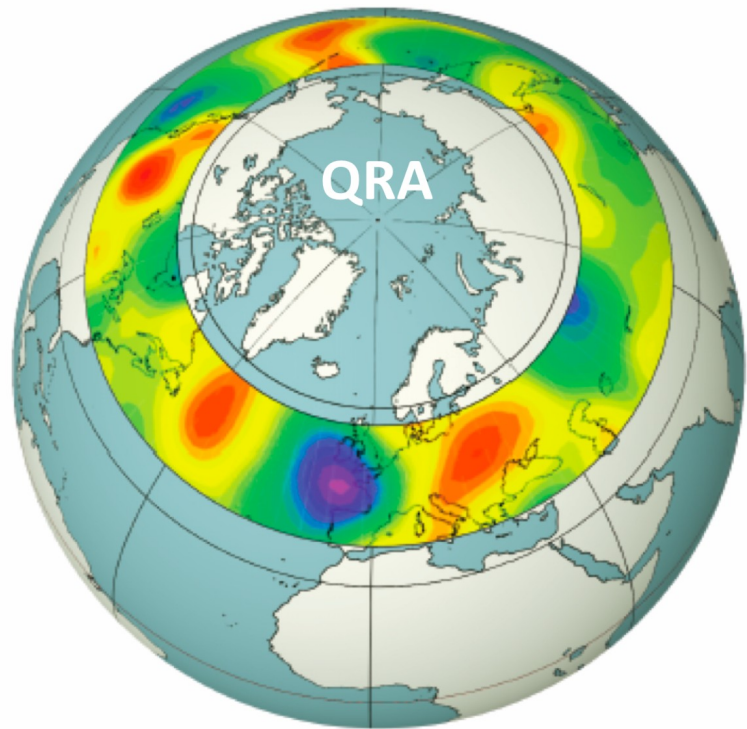
Makiko Sato & James Hansen

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





Normal: July 1980



Extreme: May 2013

Wind speed along the lines of longitude (m/s)



Vlivem menšího teplotního rozdílu mezi Arktidou a našimi šířkami proudí jet stream častěji, dále a déle podél některých poledníků k severu, podél jiných k jihu („stojaté vlnění“). To vede k dlouhodobým typům jednoho, extrémního stavu počasí, jako v létě 2018. Viz [článek realclimate.org](http://realclimate.org) ze 31. října 2018.

6. ...změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu;
tím byla porušena Rámcová úmluva OSN:

1992: Stabilizovat složení ovzduší „na úrovni, která zamezí nebezpečnému lidskému zásahu do klimatického systému“

- **United Nations Framework Convention on Climate Change**

Jenže: **ten zásah už dávno probíhá...**

povodně



Teplejší atmosféra pojme více
vlhkosti

(~7%/°C)

➤ Větší srážky v přívalech !

➤ horší povodně

➤ horší sucha

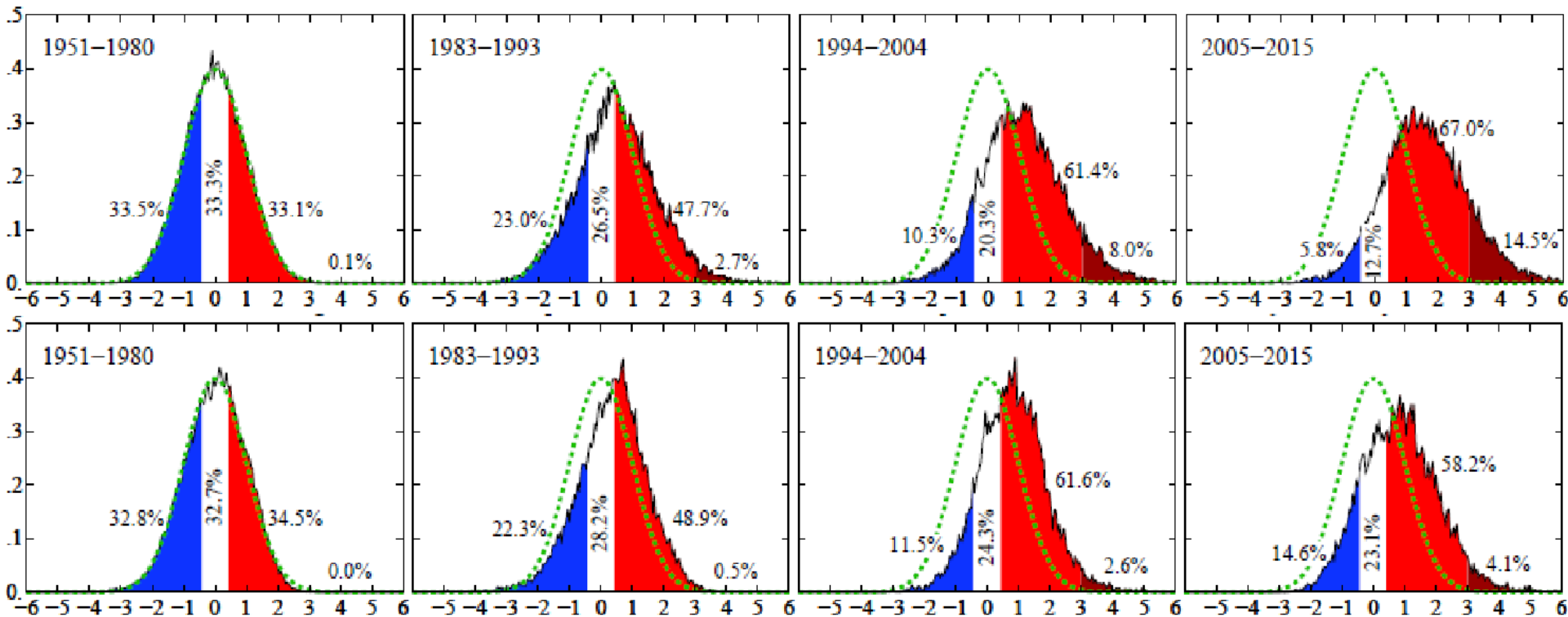
➤ a požáry



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

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

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.

7. Pařížská dohoda reflektuje vážnost situace, chce
zabrzdit oteplování, jak je jen možné, odvrátit
dopady ještě horší:

2015: „udržení nárůstu průměrné globální teploty
výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před
průmyslovou revolucí a úsilí o to, aby nárůst teploty
nepřekročil hranici 1,5 °C“

Pařížská dohoda je konsensem, že oteplování je potřeba co nejdříve zastavit. **Hranice 1,5 K samozřejmě není bezpečná**, ale měla by méně hrozná důsledky než oteplení o celé dva kelviny, natož větší.

Závazky všech států jsou jejich, dobrovolné. Když je nebudou plnit, budou z toho mít jen hanbu. **Dosavadní závazky zdaleka na zastavení oteplování pod laťkou 2 K nestačí.**

1 K už máme za sebou

Společný závazek dávat *100 miliard \$ ročně zemím chudším, zvláště postiženým, na snižování emisí a adaptaci* ([Green Climate Fund](#)), není nijak silný. Je to 2200 miliard korun – *jen dvojnásobek rozpočtu Česka a polovina jeho HDP... Fond má přitom pomáhat asi pěti miliardám lidí.*

Historická odpovědnost českých zemí, bráno na osobu, není menší než německá nebo britská.

citát prince Charlese:

„Snahy snížit množství skleníkových plynů pomocí mezinárodních dohod lze jen uvítat, přicházejí však bohužel o deset let pozdě.“

a ještě citát prince Charlese:

„Snahy snížit množství skleníkových plynů pomocí mezinárodních dohod lze jen uvítat, přicházejí však bohužel o deset let pozdě.“

- tento citát je uveden v letáku Skleníkový efekt, vytvořeného rakouským Ökologie-Institutem roku...

1991

Každá spotřeba, je-li opřená o fosilní paliva a není-li nezbytná, je nemravná

- A to je naprostá většina **topení, cestování, elektřiny**
- a také **výroba** čehokoliv (kolik fosilního uhlíku na ni bylo spotřebováno, leckdy dobře odráží cena výrobku).
- Výrobu posiluje **zahazování a opětovné nakupování**.

Dodatek:

nemluvili jsme o **emisích metanu** a oxidu dusného.
K jejich snížení je nutná **veliká redukce spotřeby mléčných výrobků a masa**, tedy mnohem větší podíl potravy rostlinného původu. *K tomu může přímo přispět každý, kdo není vegan...*

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/
tinyurl.com/LaudatoSi-cz](http://amper.ped.muni.cz/gw/encyklika/tinyurl.com/LaudatoSi-cz)

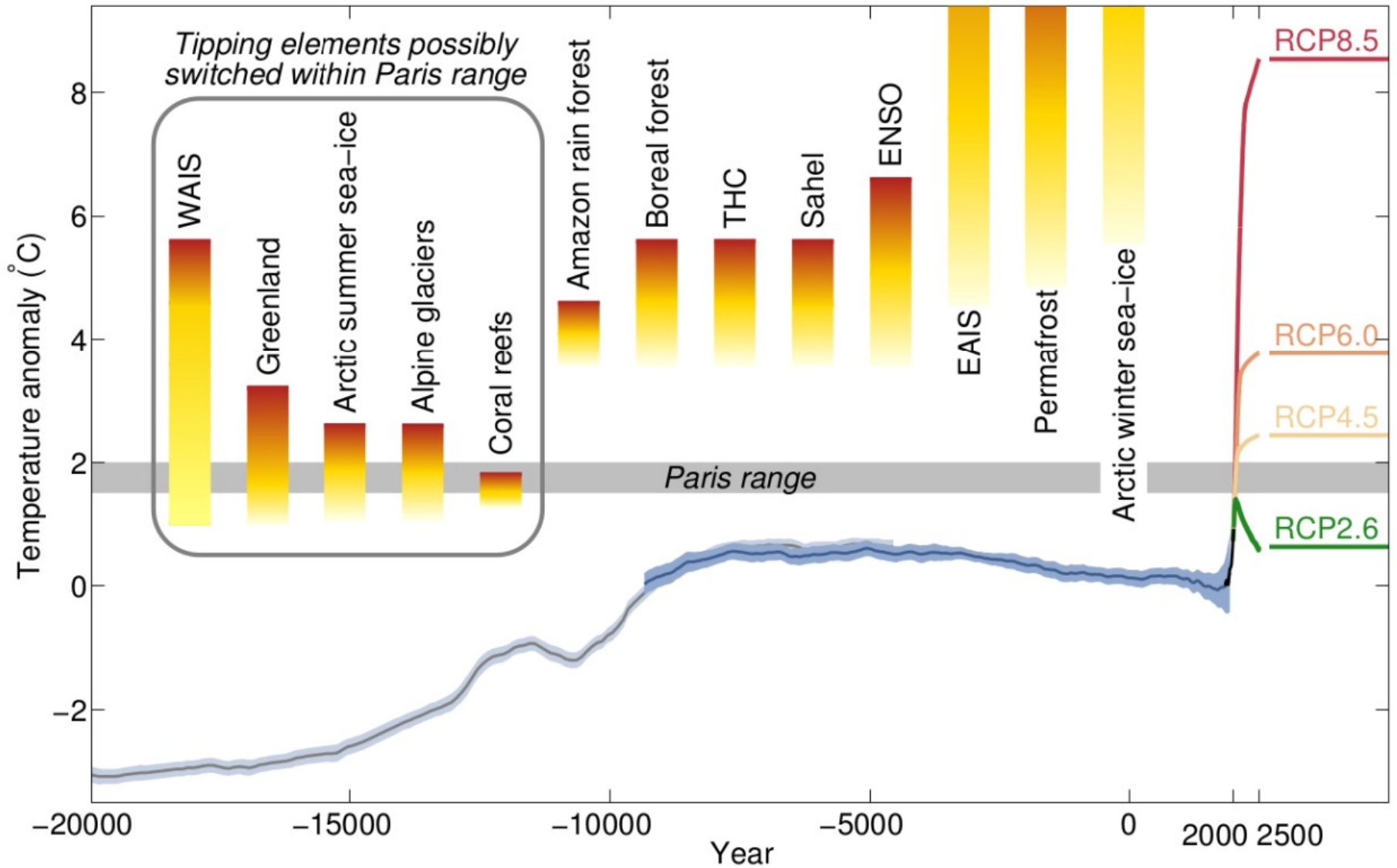
(stačí ale zadat „*encyklika hollan*“ :-)

51. ...Zvláště je třeba počítat s užíváním ekologického prostoru celé planety při **ukládání plynného odpadu**, který se během dvou století naakumuloval a vytvořil situaci, která nyní postihuje všechny země světa. **Oteplování, způsobené enormní spotřebou některých bohatých zemí, se odráží na těch nejchudších místech světa,** zvláště v Africe, kde má zvyšování teploty spojené se suchem katastrofální účinky na úrodu. ...

Ztráta živobytí vede

- ke konfliktům, příp. až k občanské válce
- rozpadu státní struktury
- migraci uvnitř regionu
- emigraci nejsilnějších nebo těch, na něž se příbuzenstvo složí, aby snad časem dokázali finančně podporovat jejich přežití v původní zemi

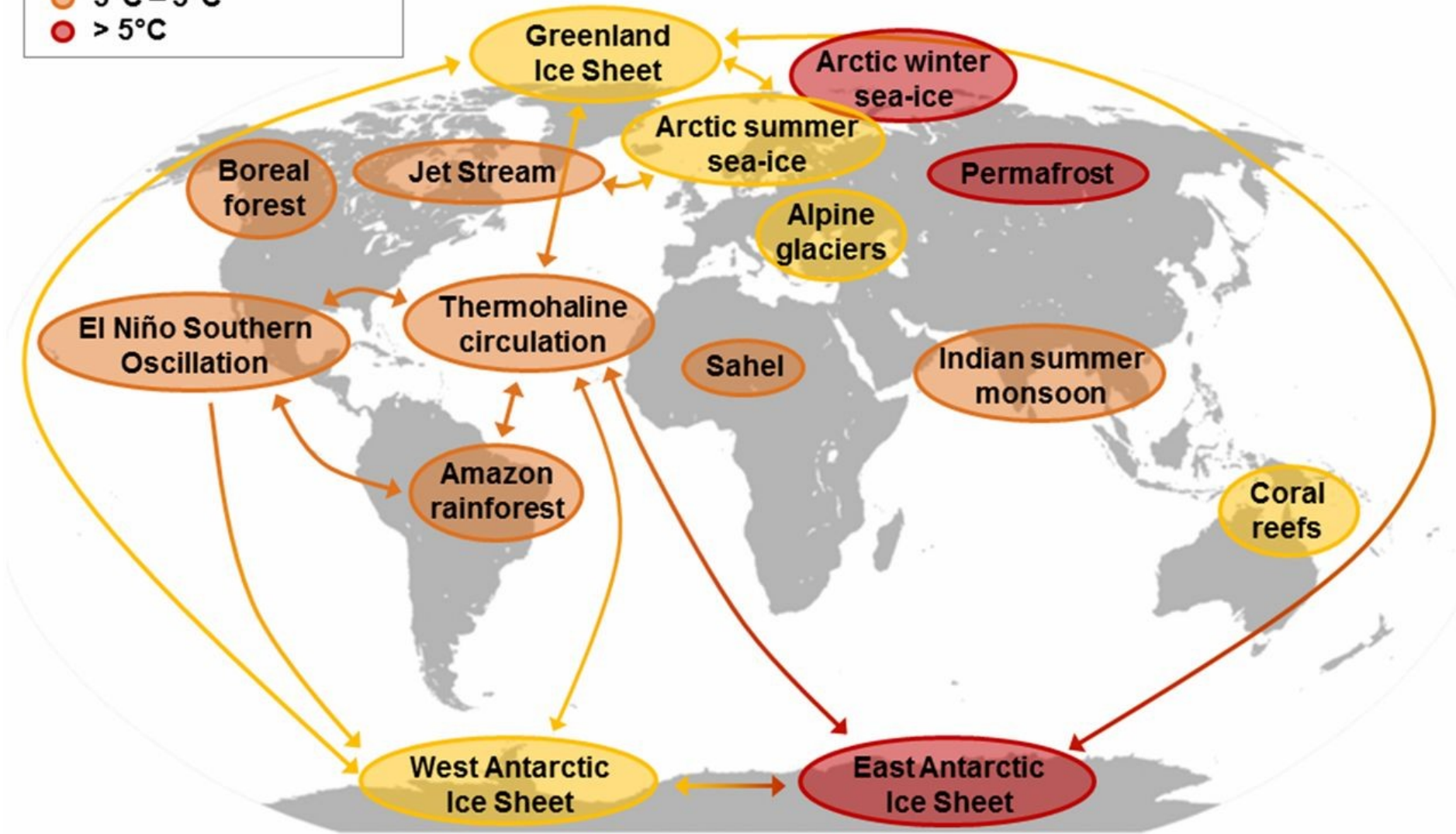
Tipping Points Related to 2°C-Guardrail








Global Map of Potential Tipping Cascades

Tipping elements at risk:

- 1°C – 3°C
- 3°C – 5°C
- > 5°C

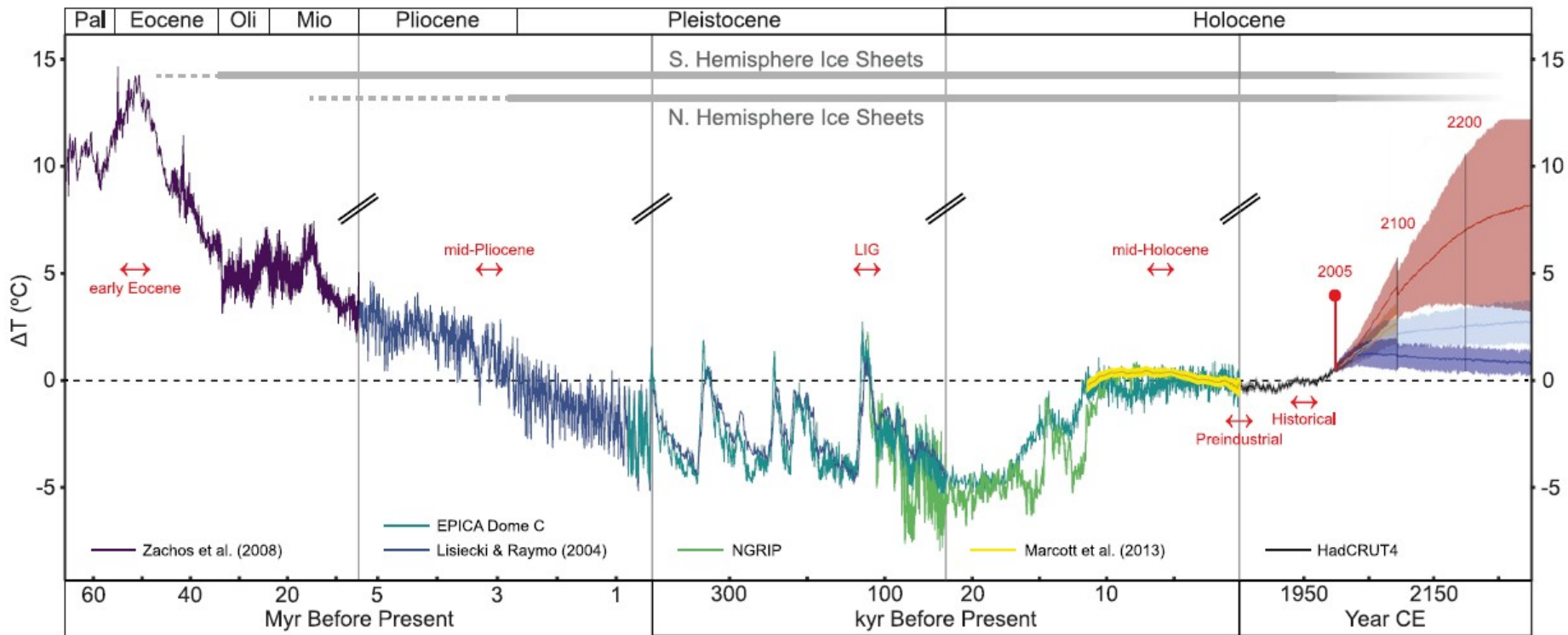


Where on Earth are We Heading: Pliocene or Miocene?

Climate State	CO ₂ (ppm)	Temperature vs Pre-Industrial (°C)	Sea Level vs Now (m)	Likelihood of stabilizing near these conditions in the Anthropocene
Current (2017)	400	+1.0	N/A	 <p>Stability not possible: further temperature, CO₂ and sea level rises are locked in.</p>
Mid-Holocene 6,000–7,000 years ago	260	+0.6–0.9	N/A	 <p>State not accessible: system moving away from these conditions</p>
Eemian 125,000 years ago	280–300	+1.0–1.5	+6–9	 <p>State not accessible: CO₂ now much higher and still rising; temperature likely to stabilize at higher-than-Eemian level; sea-level rise probably this high or higher</p>
Mid-Pliocene 3–4 million years ago	400–450	+2.0–3.0	+10–22	 <p>State may be accessible: only if Paris 2° C target is met (a best case scenario)</p>
Mid-Miocene 15–17 million years ago	300–500	+4.0–5.0	+10–60	 <p>State likely with high emissions scenario: Our current trajectory</p>



Temperature Trends for the Past 65 Ma and Potential Geohistorical Analogs for Future Climates



Z encykliky papeže Františka, [o péči o společný domov](#),
z odstavce 52:

... Je nezbytné, **aby rozvinuté země přispěly k řešení tohoto dluhu zásadním omezením spotřeby energie z neobnovitelných zdrojů a tím, že nejpotřebnějším zemím poskytnou prostředky k podpoře politiky a programů udržitelného rozvoje.** ... Neexistují politické či sociální hranice a bariéry, které nám dovolují se izolovat, a proto také neexistuje prostor pro globalizaci lhostejnosti.

Co dělat a co nedělat u nás

- Vrátit se k rozumným teplotám v zimních interiérech (jaké to jsou?)
- Nestavět hůře než v pasivním standardu
- Neopravovat domy méně kvalitně
- Klást překážky růstu automobilové dopravy, podporovat její alternativy (jaké?)
- Nelétat (proč?)
- Jíst o moc méně masa a mléčných potravin (proč?)
- A taky např. nesvítit silněji, než je vskutku nutné (kolik světla potřebujeme? kdy?)
- Podílet se na rychlém budování nefosilních zdrojů energie

211. ... K tomu, aby právní norma působila relevantní a trvalé účinky, je nezbytné, aby ji většina společnosti na základě vhodných motivací přijala a reagovala osobní proměnou. Pouze na základě kultivace solidních ctností je možné darovat se v nasazení za životní prostředí.

Jestliže se někdo – ačkoli mu jeho ekonomické podmínky umožňují spotřebovat a utrácet víc – radši lépe oblékne místo toho, aby zapnul topení, znamená to, že si osvojil přesvědčení a způsoby prospěšné ochraně životního prostředí. ...

Když ze svého hlubokého přesvědčení radši opětovně použijeme nějakou věc místo toho, abychom se jí rychle zbavili, může to být skutek lásky, který vyjadřuje naši důstojnost.

193. ... Víme, že chování těch, kteří stále více konzumují a ničí, je neúnosné, zatímco jiní nemohou žít v souladu s vlastní lidskou důstojností. **Proto nastal čas přijmout jistý úbytek v některých částech světa, čímž se zajistí zdroje, aby bylo možné zdravě růst v jiných částech. ...**

Jak nepřesáhnout další kelvin, natož půl kelvinu

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**

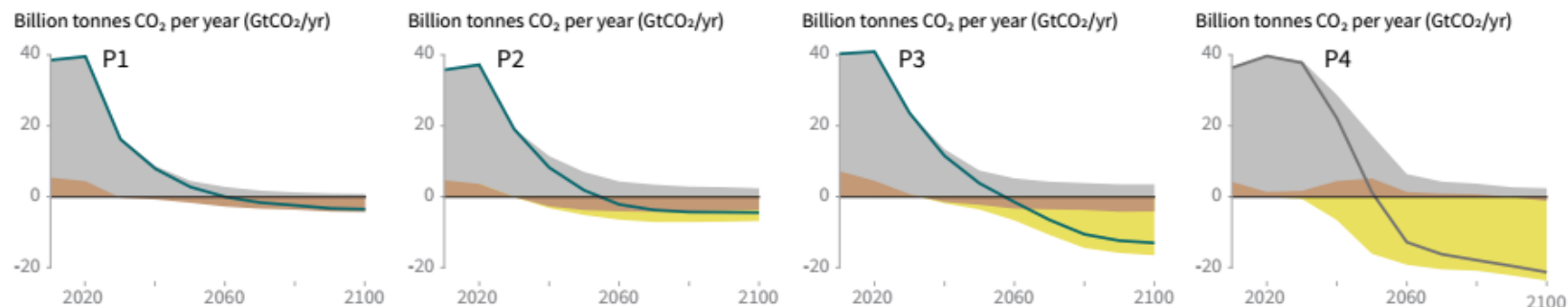
Deploy, deploy, deploy, research, develop, **deploy**

Characteristics of four illustrative model pathways

Different mitigation strategies can achieve the net emissions reductions that would be required to follow a pathway that limits global warming to 1.5°C with no or limited overshoot. All pathways use Carbon Dioxide Removal (CDR), but the amount varies across pathways, as do the relative contributions of Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) and removals in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector. This has implications for emissions and several other pathway characteristics.

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



P1: A scenario in which social, business and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A downsized energy system enables rapid decarbonization of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

P2: A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

P3: A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

P4: A resource- and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas-intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

Global indicators

	P1	P2	P3	P4	Interquartile range
Pathway classification	No or low overshoot	No or low overshoot	No or low overshoot	High overshoot	No or low overshoot
CO ₂ emission change in 2030 (% rel to 2010)	-58	-47	-41	4	(-59,-40)
↳ in 2050 (% rel to 2010)	-93	-95	-91	-97	(-104,-91)