



Predstavitev knjige

Poudarki: novi scenariji razvoja podnebja in geoinženiring

Lučka Kajfež Bogataj

članica GWP (Global Water Partnership) in IPCC

KAJ SE DOGAJA OKROG NAS ALI GLAVNI OKOLJSKI PROBLEMI NAŠEGA ČASA 13

- ZAKISLIŠEVANJE OCEANOV 16**
- SPREMEMENO KROŽIŠČE DUŠIKA IN FOSFORJA 17**
- STRATOSFERSKI OZON 19**
- PESTROST ŽIVLJENJSKIH OBLIK 20**
- ŽALOSNE PTINE VODE 21**
- KADA TAL V KMETIJSKI NAHEM? 22**
- NALAGANJE AEROSOLOV V OZRAČJU IN KEMIKSKO ONESNAŽEVANJE 23**

ZAKAJ VREME NI PODNEBJE 25

KAKO VEMO, DA SE PODNEBJE SPREMINJA 35

- PODATKI O PRETEKLEM PODNEBJU SO ŠTEVILNI 35**
- PODNEBJNO DOGAJANJE PO ZADNJIŠEDINI DOBI 39**
- ZAKAJ SE PODNEBJE SPREMINJA ZADNJIH DVESOT LET? 42**
- JE KRIVO SONCE? 42**
- VOJKANI IN PODNEBJE 46**

TOPLOGREDNI PLINI 50

- ODNEK TOPLE GREDE 51**
- ŽIVLJENSKA DOBA TOPLOGREDNIH PLINOV V OZRAČJU IN NJIHOV
TOPLOGREDNI POTENCIAL 53**
- KAKO HITRO IN ZAKAJ NARAŠČAJO VSEBNOSTI TOPLOGREDNIH
PLINOV V OZRAČJU? 54**

KAKO SMO USTVARILI ANTROPOCEN 59

- ANTROPOCEN SE ZAČNE S PREMOGOM? 60**
- SPREMEMENE PREBRANSKE NAVADE 62**
- POSREDA GORIVA – PROKLETSTVO ALI BLAGOSLOV? 65**
- PLANET JE PRIMALJEN ZA NAŠO RAST 66**

OPAZOVANE SPREMEMBE PODNEBJA V ZADNJEM STOLETJU 68

- SPREMEMJATA SE PROSTORSKA IN ČASOVNA PORAZDELITVI PADAVIN 71**

KAKO SE ODRAŽAJO PODNEBNE SPREMEMBE V SLOVENIJI 74

- TOPLEJE JE 74**
- SPREMINJA SE VODNI REŽIM 76**
- DA SE EKSTREMI 78**

NAPOVEDI PODNEBJA V PRIHODNJE 81

- RAZLIČNI SCENARIJI RAZVOJA DRUŽBE IN GOSPODARSTVA 83**
- POTREBUJEMO TUDI MODELE 85**
- KAJ LAHKO PRIGARJIVEMO? 87**
- EDGONALNE SPREMEMBE PODNEBJA – KAJ DA EVROPA 90**
- KAKO BO V SLOVENIJI 92**
- PRIVIDNOST PRI INTERPRETACIJI NAPOVEDI 94**

ZAKAJ SE BOJIMO PODNEBNIH SPREMEMB 98

- VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB NA PREHRANSKO VARNOST 98**
- NEKATERI VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB BODO DOBRRODOŠJI 100**
- VEČINA VPLIVOV PODNEBNIH SPREMEMB BO NEUGODNIJI 103**
- VPLIVI NA ČOVI 105**
- VPLIVI NA ŽIVNORENO 106**

VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB NA VODNE VIRE IN OSKRBO Z VODO V SLOVENIJI 108

- ORČUTLJIVA OKROČJA V SLOVENIJI 108**
- DVIG MORSKE GLADINE 116**
- PODNEBNE SPREMEMBE IN EKSTREMNI VRTEMENSKI DOGODKI 117**
- PODNEBNE SPREMEMBE BODO POVEČALE MOČ IN POGOSTOST
VRTEMENSKIH UJAM 119**
- PODNEBNE SPREMEMBE SPOČAJO ORBUNAJŠE PADAVINE
N POPLAVE 120**
- PRU NAS SO POPLAVE ZELO POGOSTE 121**
- BUŠE BODO POGOSTEJŠE 122**
- SUŠA V SLOVENIJI 123**
- POŽARI V NARAVNEM OROLIJU 124**

VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB NA ENERGETIKO 125

- SE BO ENERGIJA DRAŽILA? 125**
- OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE 127**
- VPLIVI NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM KOT CELOTO? 128**
- OBREMNITVE ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA POLETI 129**
- BIOGORIVA – ETANOL IN BIODIZEL 130**
- PODNEBNE SPREMEMBE IN ZDRAVJE 132**
- VEČ VROČINSKIH VALOV 133**
- NOVE ALERGIJE IN BOLEZNI 135**

PODNEBNE SPREMEMBE IN BIOLOŠKA RAZNOVRSTNOST 137

- VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB NA TURIZEM 140**
- TURIZEM KOT GOSPODARSKA DELAVNOST TUDI PRISPEVA IZPUSTI
TOPLOGREDNIH PLINOV 141**
- POTREBNA BO DRUGAČNA TURISTIČNA PONUDBA 143**
- LAHKO PODNEBNE SPREMEMBE SPOČIJO VOJNE? 145**
- KAKO SE IZOGNITI NEOBVADLJIVEMU IN OBLADATI NEIZOGIRNO
BLAŽENJE PODNEBNIH SPREMEMB IN PRILAGAJANJE NANJE 147**
- KAJ JE TREBA STORITI? 149**
- BRZ PRILAGAJANJA NE BO ŠDO 153**

ČAROBNA PALIČICA: GEOINŽENIRING 159

- ZASENČMO SONCE, POSNEMAJMO VULKANE! 160**
- ZNEBIMO SE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA? 162**
- ZAJEM IN SKLADIŠČENJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA 163**
- ČUDEŽNIH REŠITEV NI 167**

MLAČNI ODZIVI DRUŽBE IN POLITIKE 169

- POSNA LERČIJE IZ ZGOONIH SVARIL 170**
- KAJE ZANKAMO KOT DA BI URKOPALI 171**
- POLITIKA ZAVLAČUJE 174**
- KJE SE TAKO ZAPLETE? 175**
- MEDVLADNI ODBOR ZA PODNEBNE SPREMEMBE (POC) 181**
- TRAGEDIA SKUPNEGA 182**

KAKŠEN JE MOJ VPLIV? 185

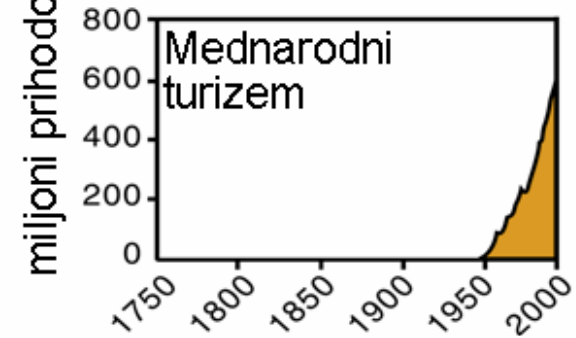
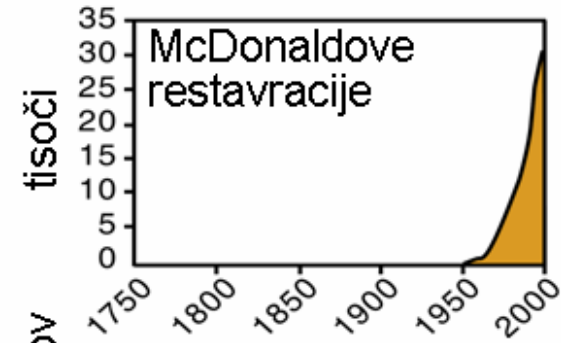
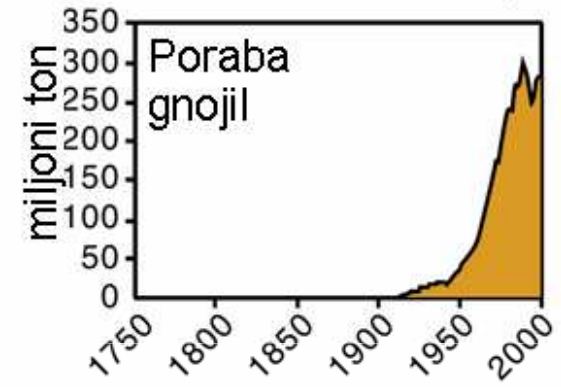
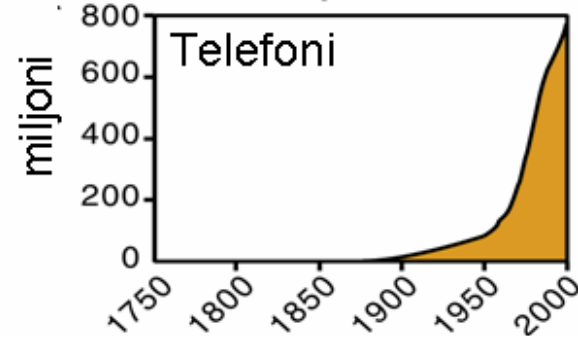
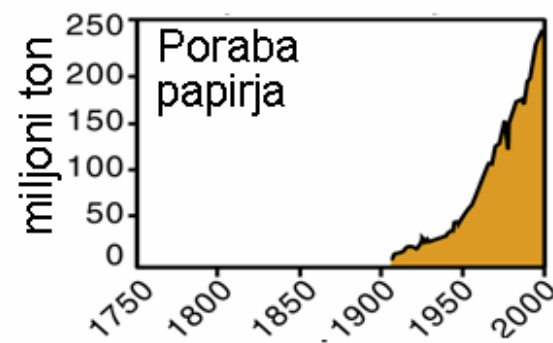
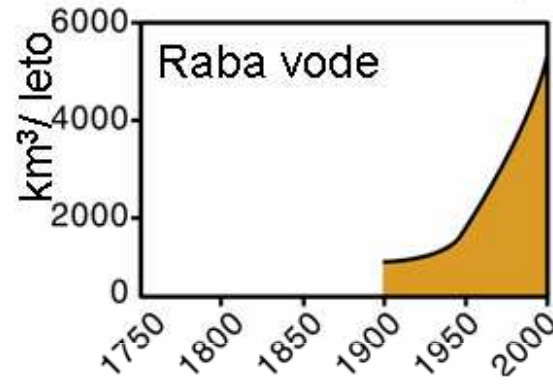
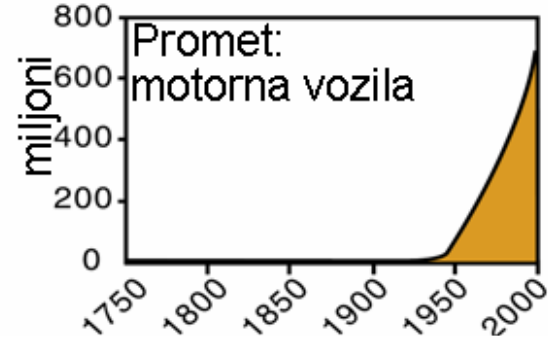
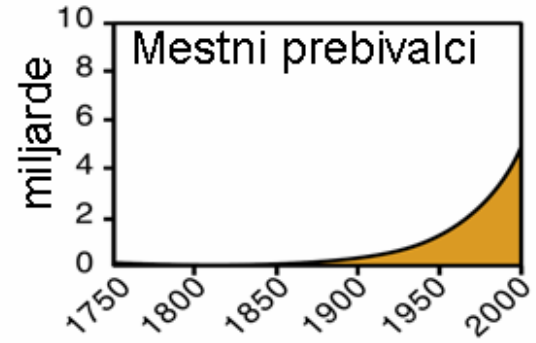
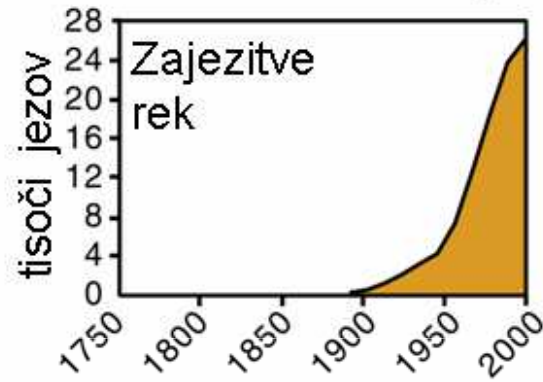
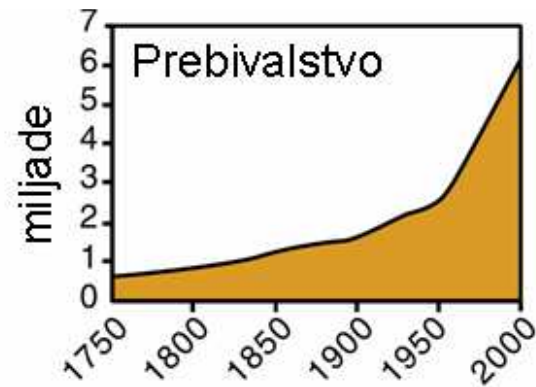
- ZAČNE SE PRI POSABLJENIH KILOVATNIH UKAH? 186**
- KOLIKO ENERGIJE PORABIM NA DAN? 188**
- PREVOZI 188**
- OGREVANJE, SEGREVANJE, FRANJE IN PODOBNO 189**
- HLAJENJE 191**
- RAZSVETLJAVA 192**
- ELEKTRONSKI PRIPOMOČKI 192**
- HRANA IN KMETIJSKO 194**
- STVARI IN LIDELJI 196**
- EMBALAŽA 197**
- RAČUNALNIKI 198**
- ČASOPIS, REVUE IN OSTALA NEŽREVA POŠTA 198**
- VSE JE STVARI 199**
- PRIVAČANJE BLAGA IN TRGOVINA 200**
- JAVNE SLUŽBE 201**
- KOLIKO TOREJ PORABIM ENERGIJE? 202**
- Z VELEKIMI KOBAMI SE PRIDE DALJ KOT Z MALHINIMI 203**

Sprememba kulture in okolje

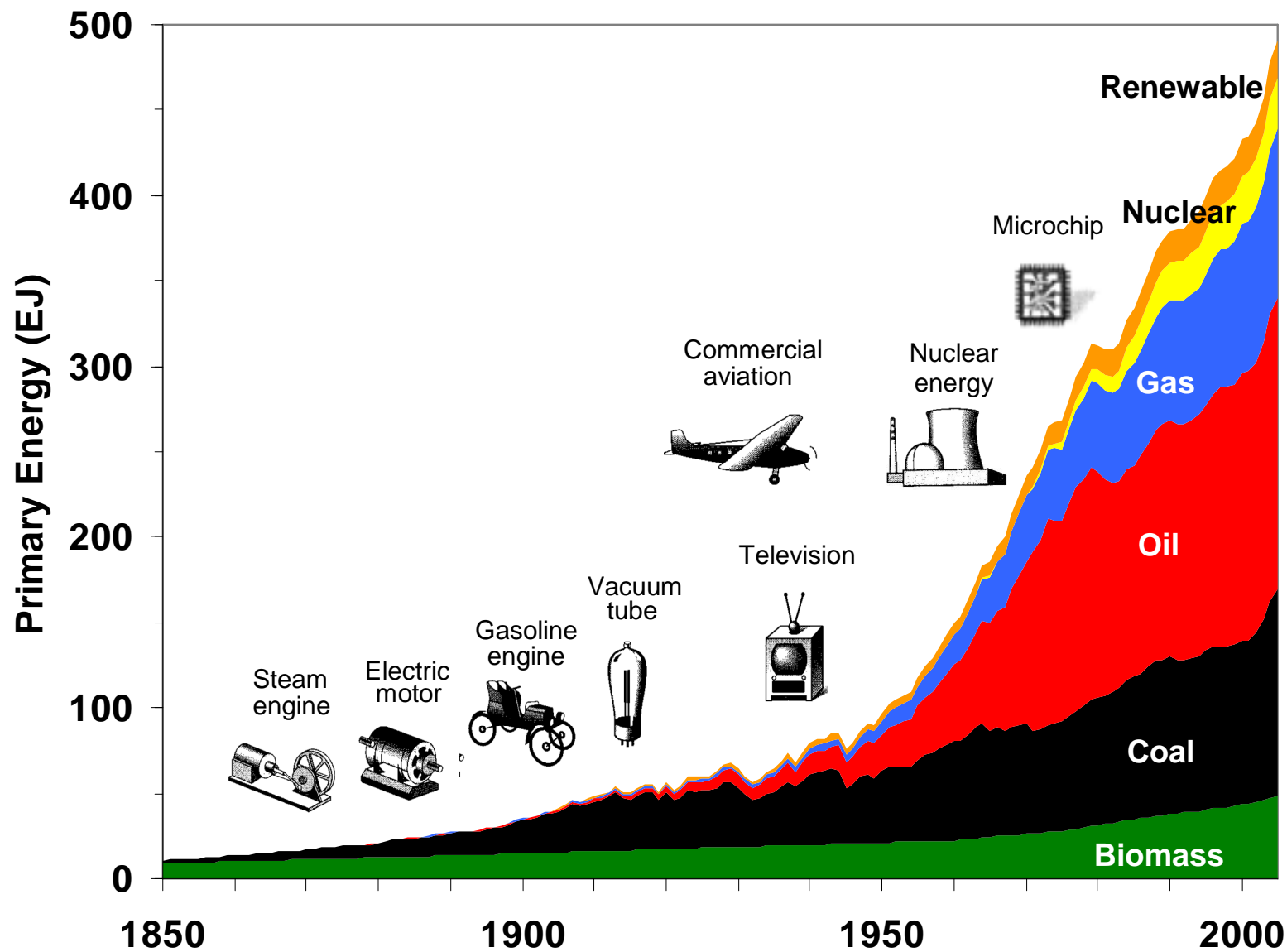
3 velike spremembe

- Kmetijska revolucija
 - Začela pred 10-12 tisoč leti
- Industrijska revolucija
 - Pred 150 leti
- Informacijska in globalizacijska revolucija
 - Pred 50 leti

Na Zemlji nas je vse več in
tudi drugače živimo
kot pred 200 leti...



Svetovna primarna energija



Podnebne spremembe
325 ppm CO₂ < 1W m²
(300 – 350 ppm CO₂ ;
1-1.5 W m²)

Tanjšanje ozonske plasti
< 5 % predindustrijske 290 DU
(0 - 10%)

Biogeokemijsko obremenjevanje ciklov N in P
Omejitev ind. fiksacije N₂ na 35 Tg N leto⁻¹
P < 20 % dotoka v oceane

Antropogeni Atmosferski aerosol
?

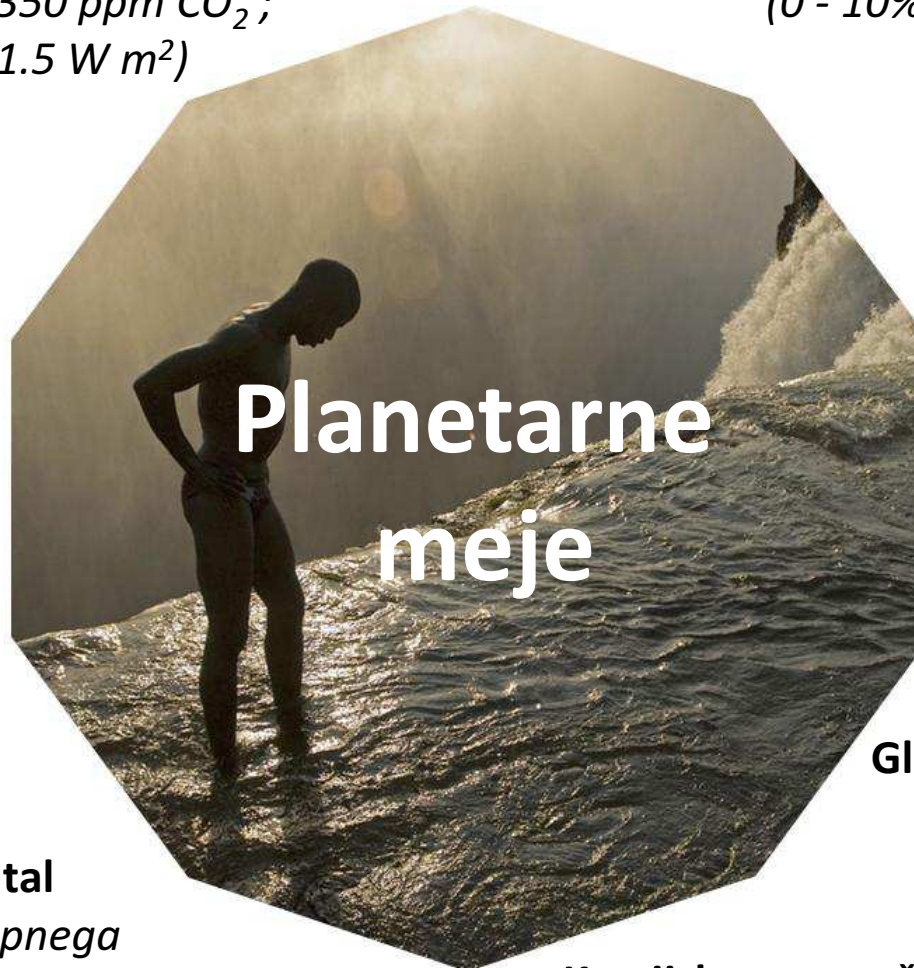
Zakisanje oceanov
Aragonitno razmeje zasičenosti < 20 % pod predindustrijsko ravnjo

Izguba Biodiverzitete
< 10 E/Mio leto

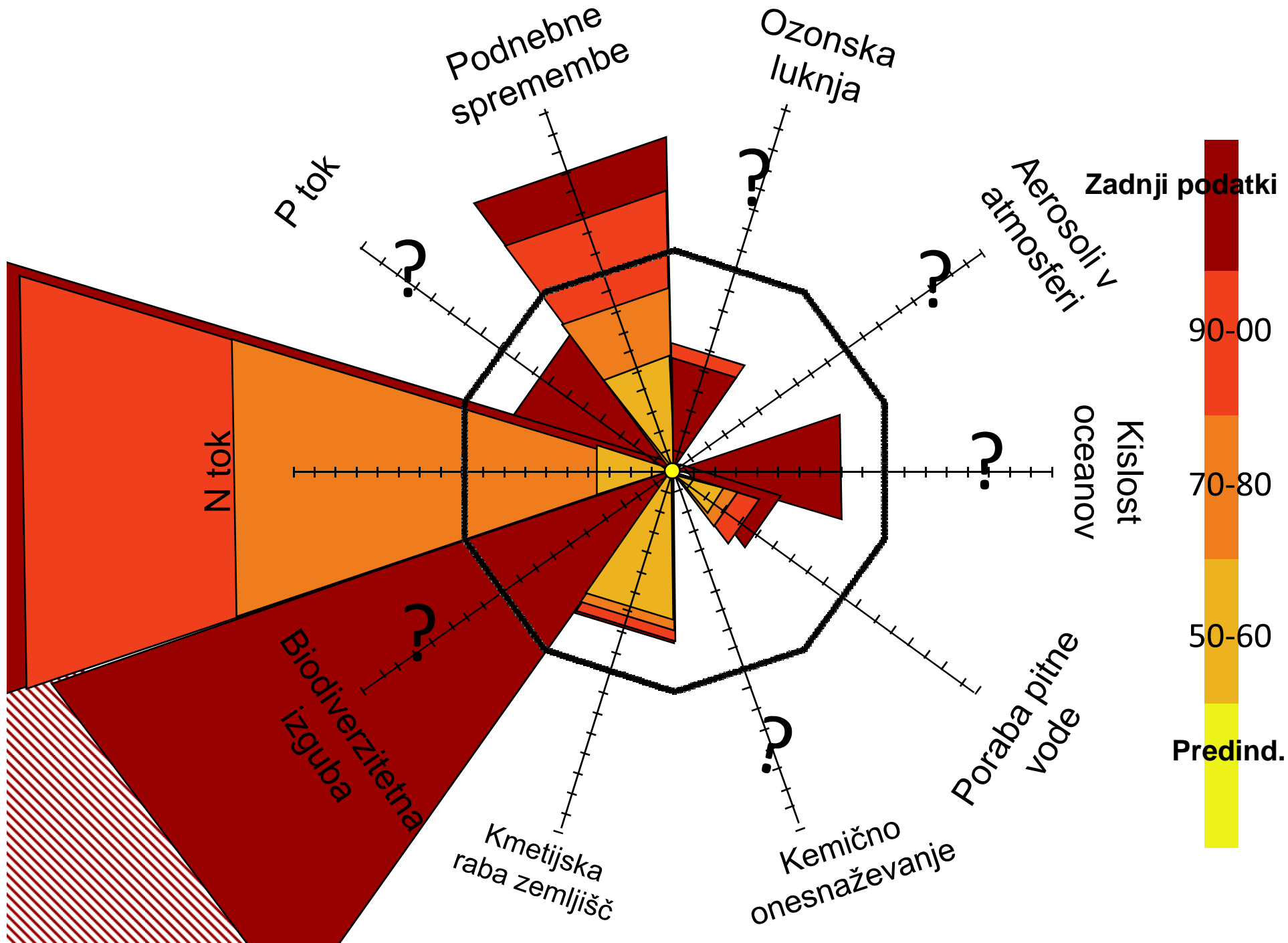
Raba tal
≤15 % kopnega pod poljščinami

Globalna raba sladke vode
<4000 km³/yr
(4000 – 6000 km³/yr)

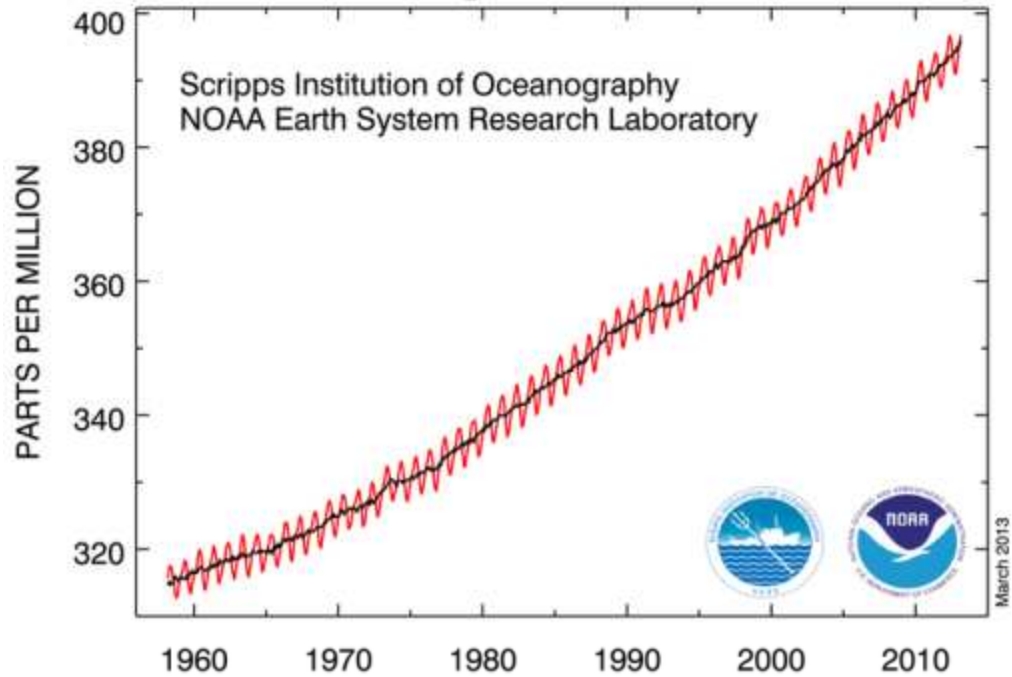
Kemijsko onesnaženje
Plastika, homonski motilci, jedrski odpadki
?



Planetarne meje

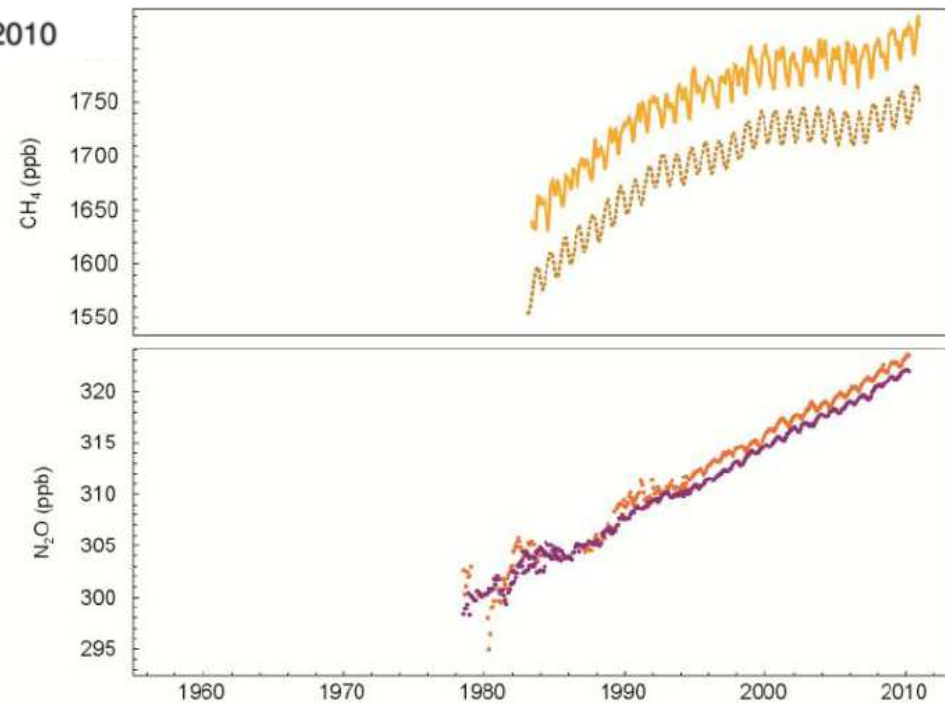


Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory

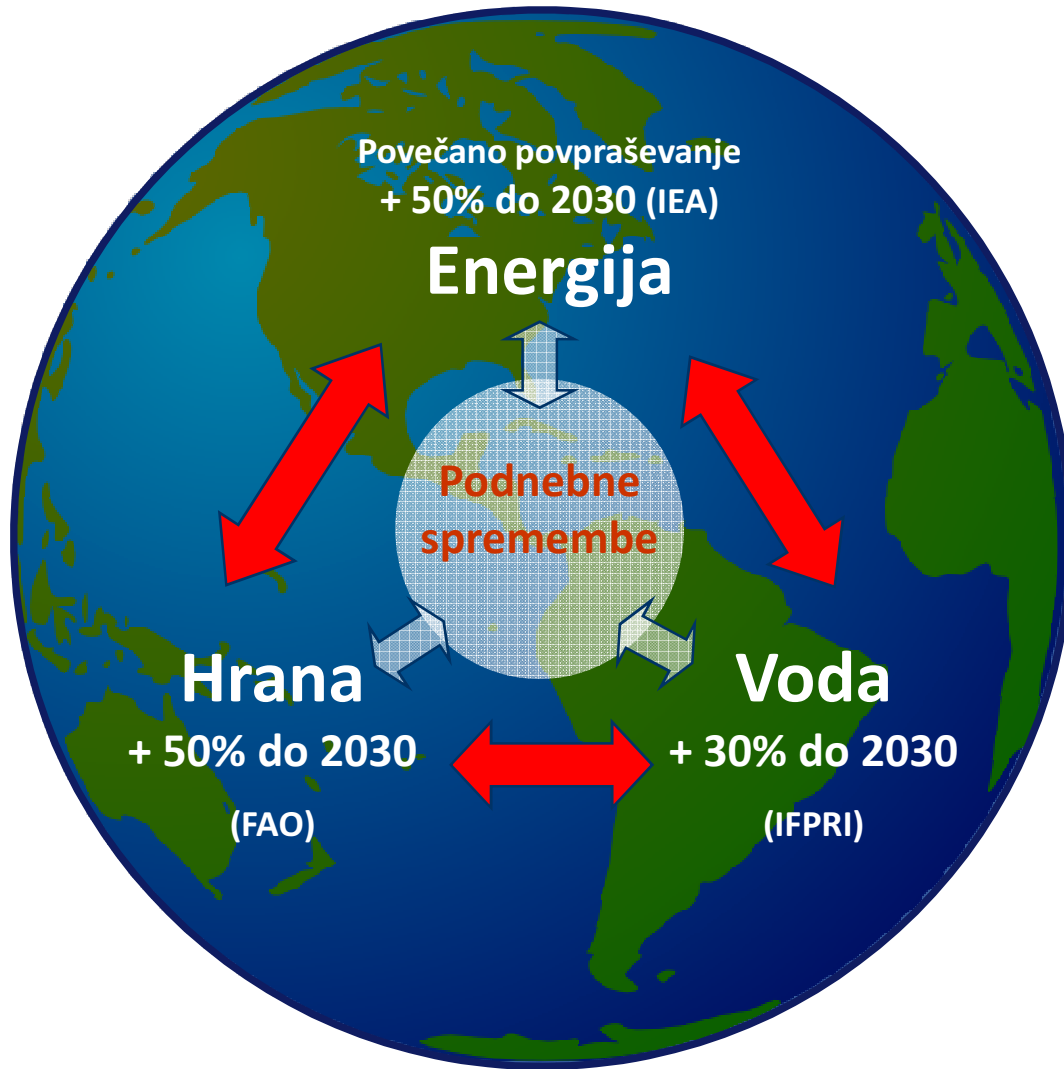


February 2013	396.80
February 2012	393.54
February 2011	391.82

Vsebnost TGP v ozračju narašča

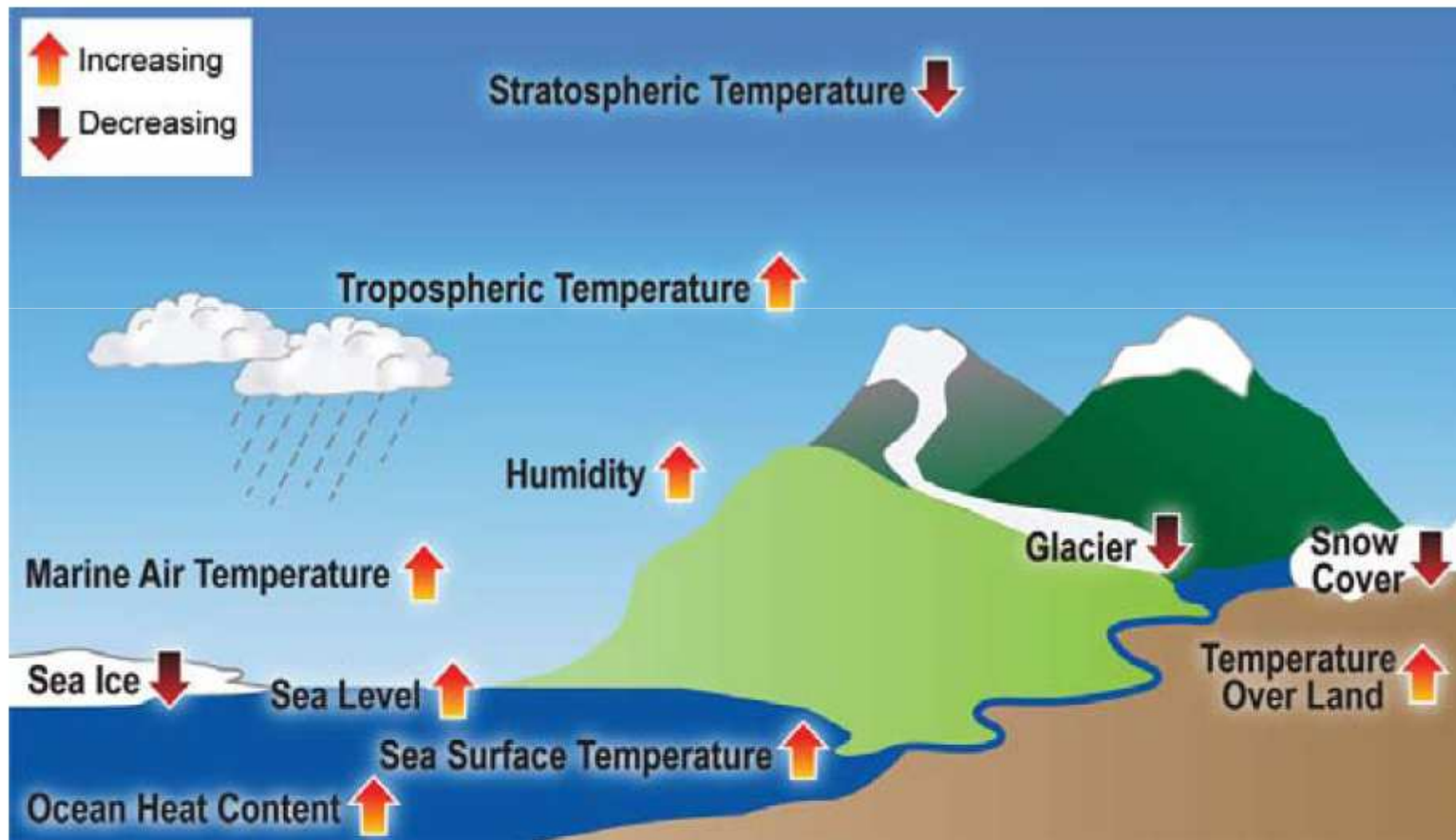


Ključna vprašanja prihodnosti



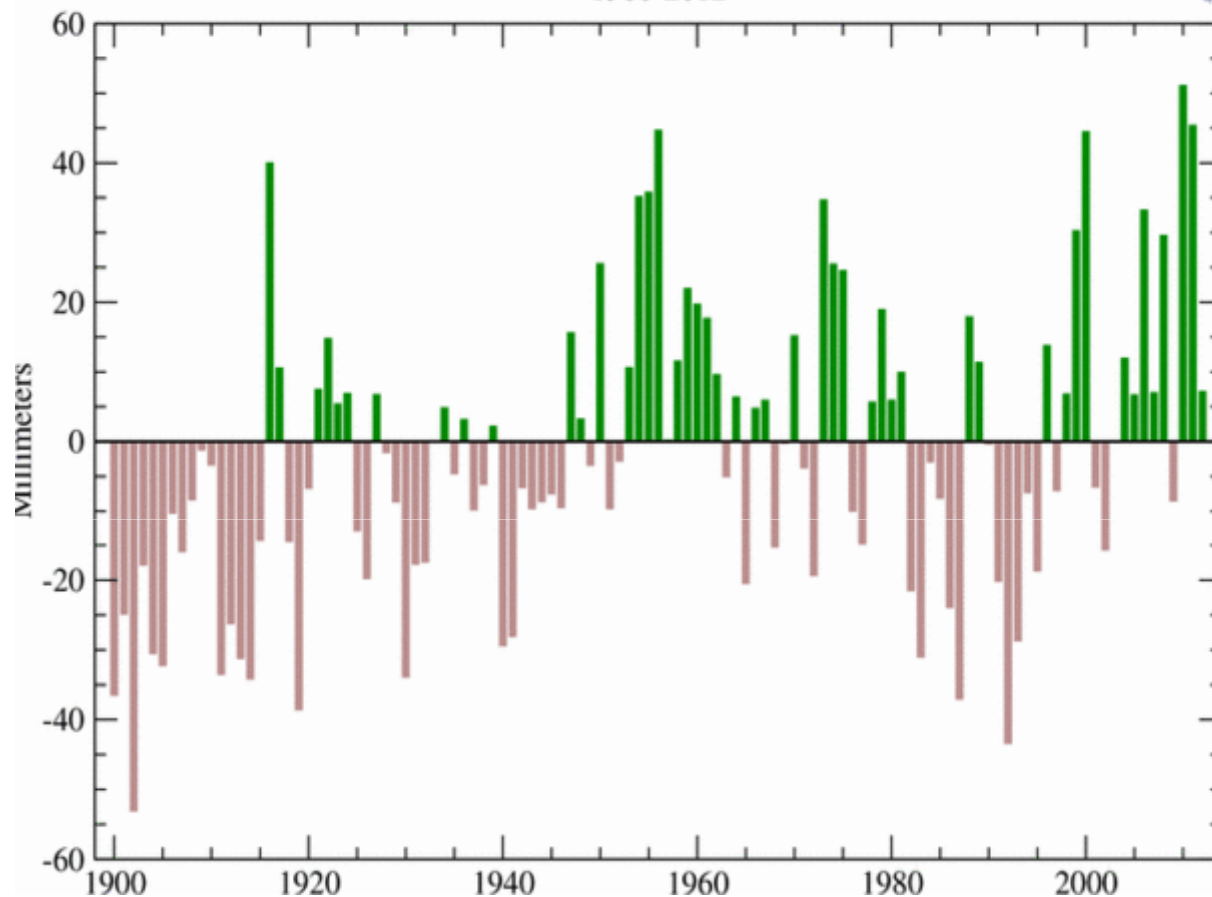
Beddington, 2009

Smer opazovanih sprememb podnebja



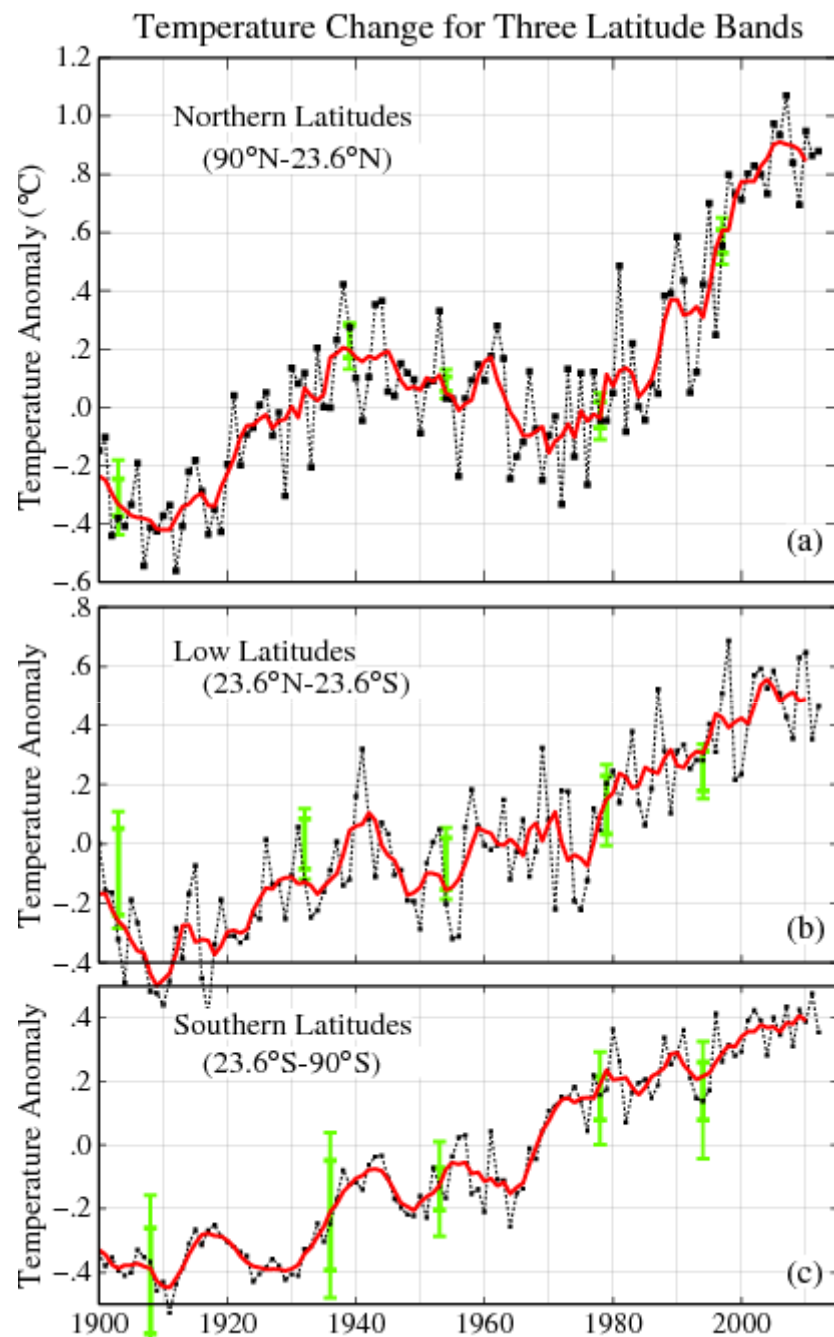
January-December Precipitation Anomalies

1900-2012



Globalna
količina padavin
nekoliko
narašča, nad
kopnim pa
upada.

Vir: NOAA, 2013

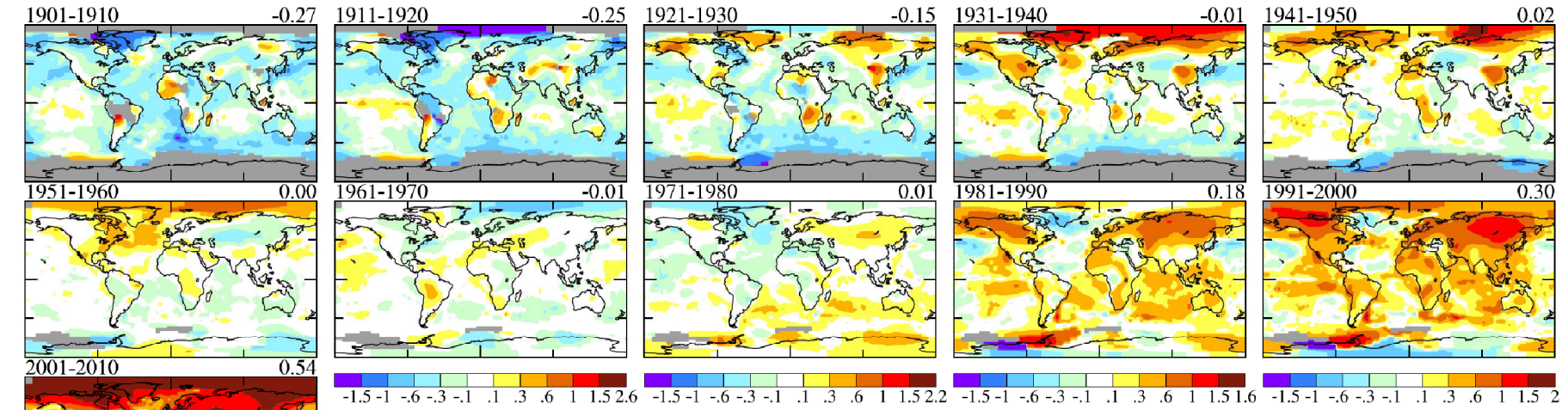


Ogrevanje planeta ni
povsod enako veliko,
najmočnejše je na
severni polobli

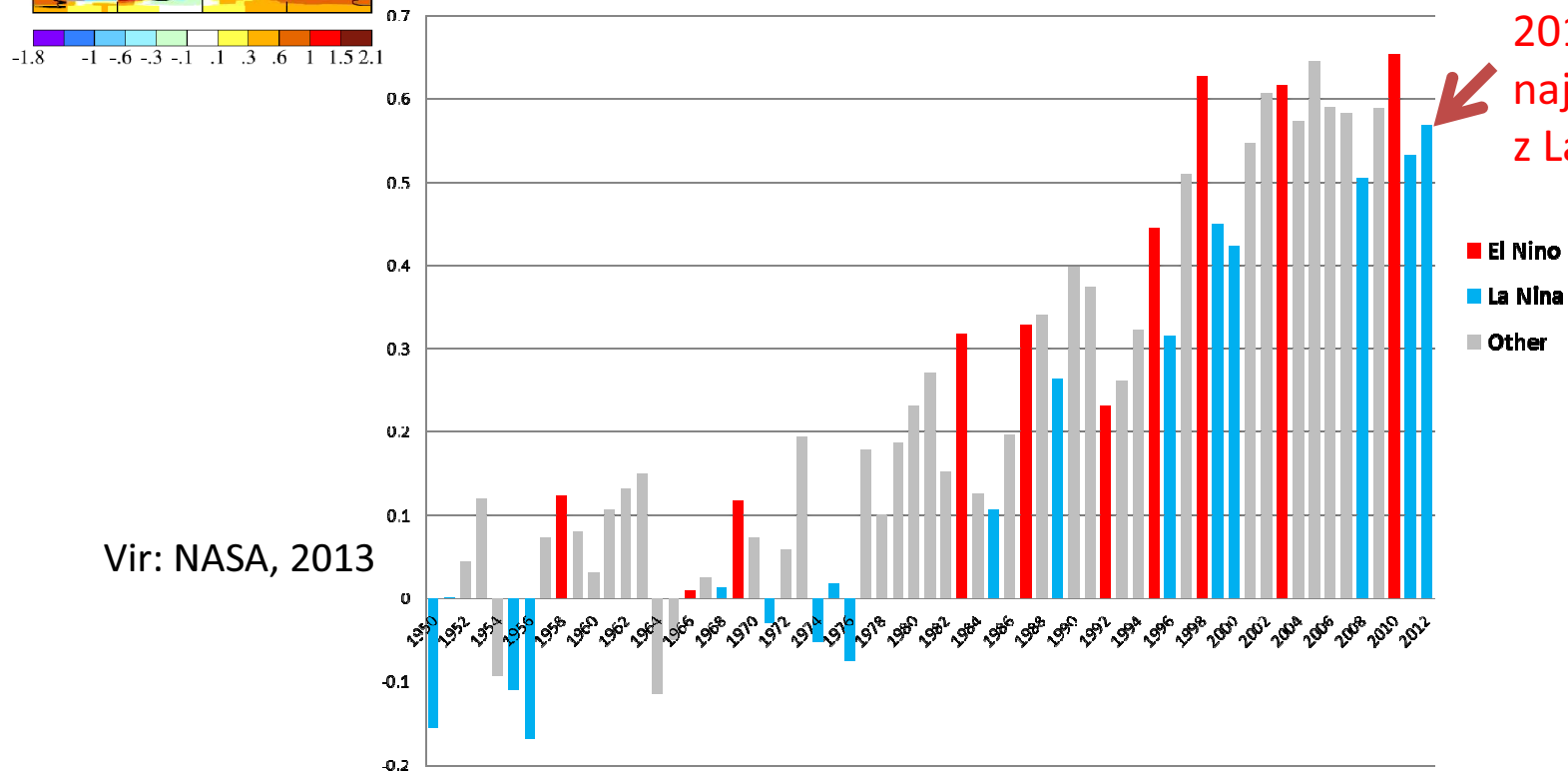
Vir: NASA, 2013

[http://data.giss.nasa.gov/gistemp/
graphs_v3/](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/)

Decadal Mean Surface Temperature Anomaly (°C): Base Period = 1951-1980

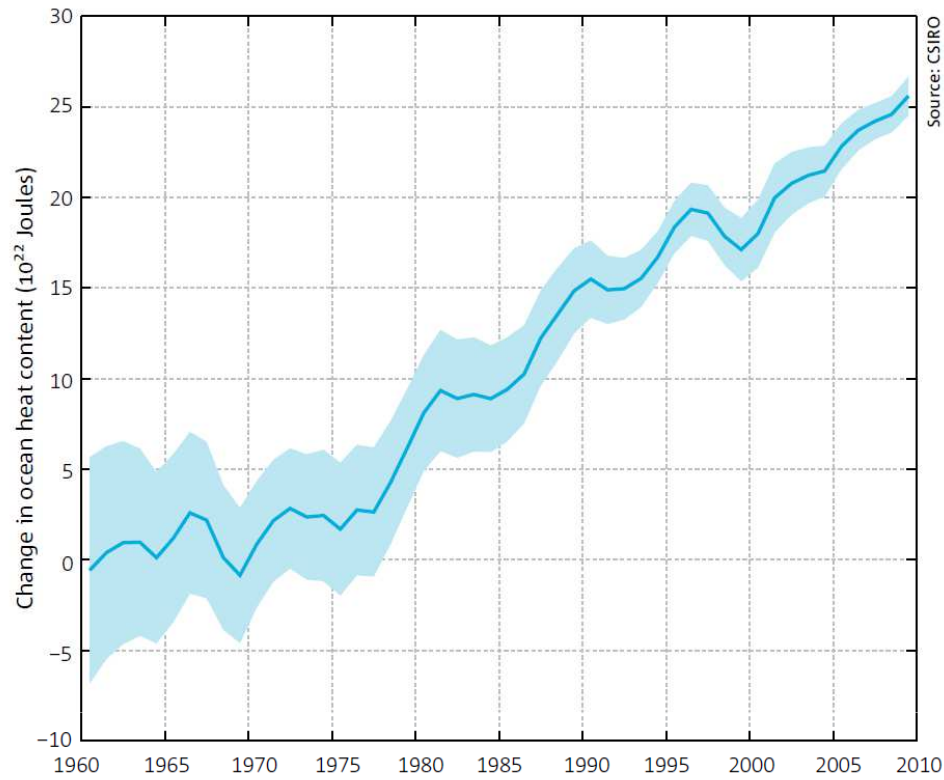


Annual Global Temperature Anomalies
1950 - 2012

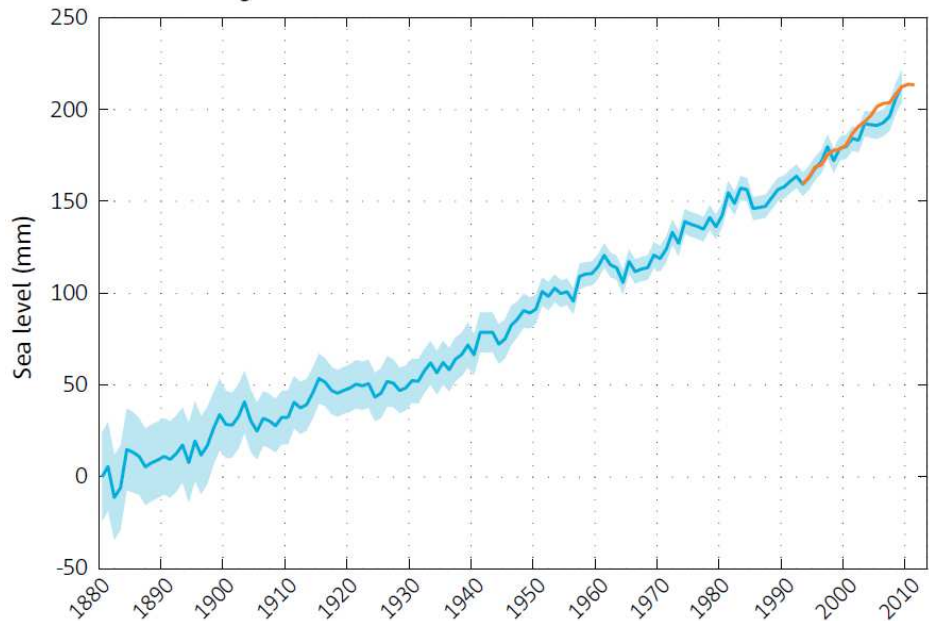


2012 je bilo najtoplejše leto z La Ninjo

Vir: NASA, 2013

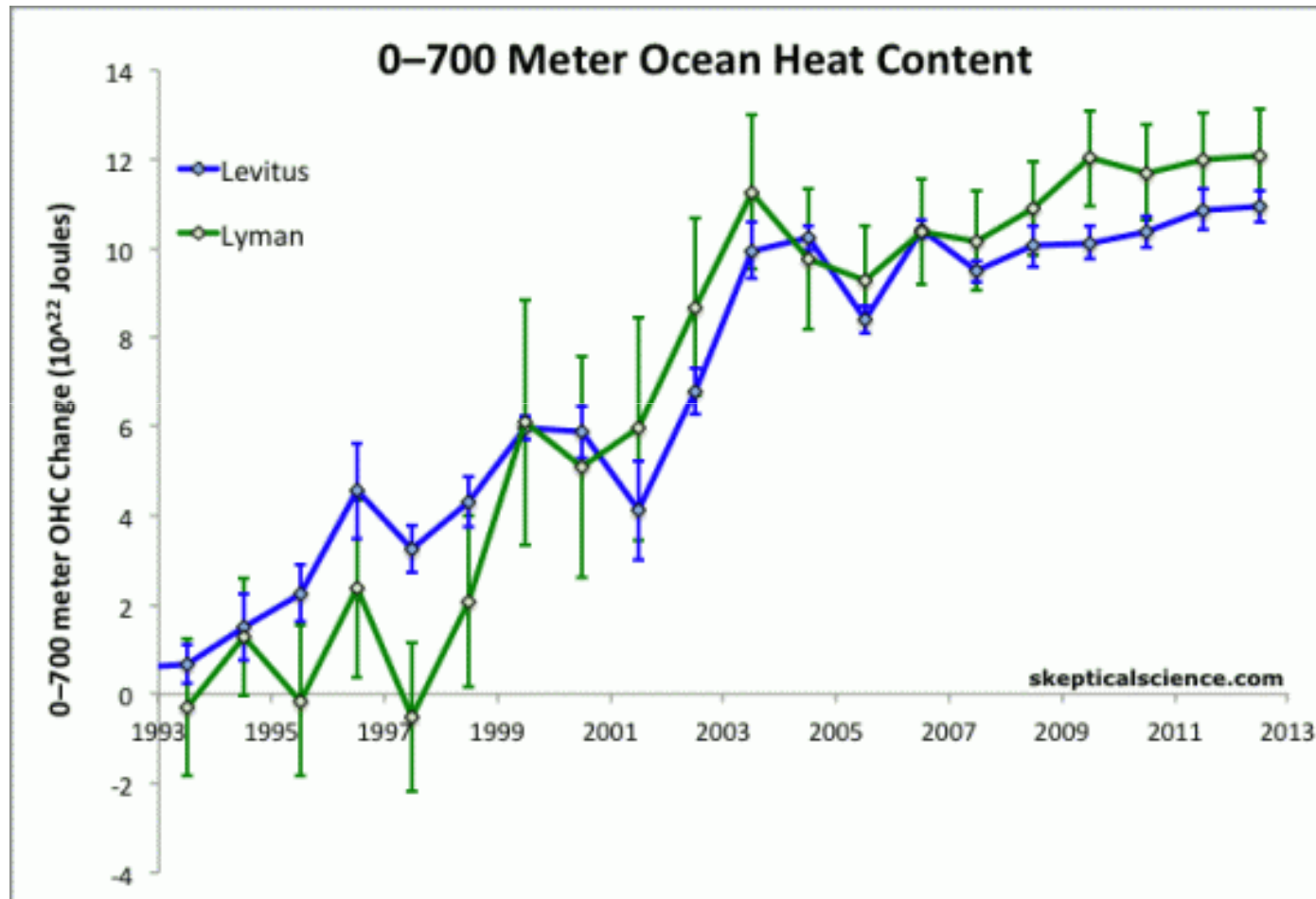


Ocean heat-content change
1960 - 2009, relative to 1970.



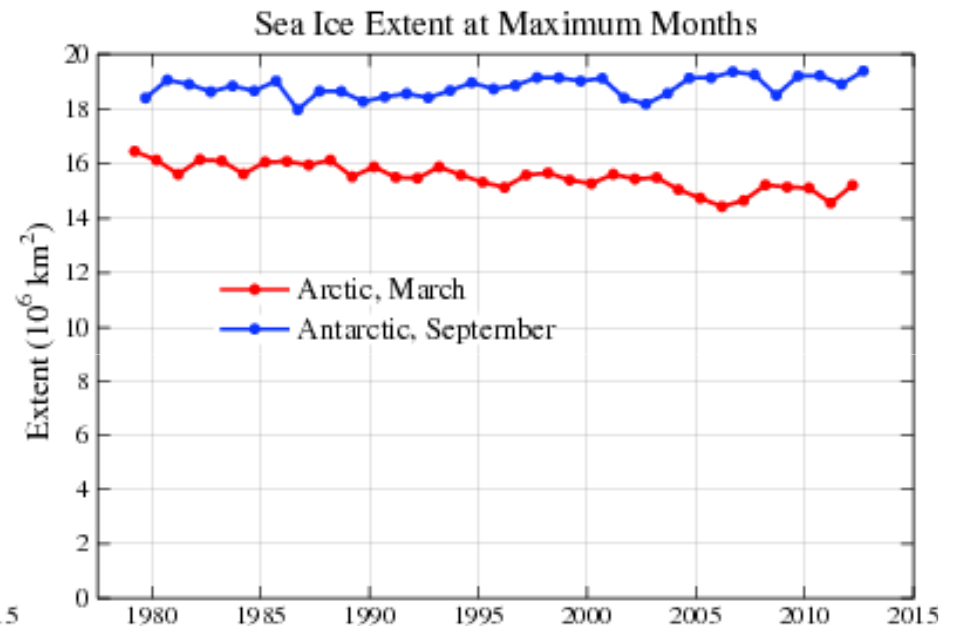
Global-average MSL
1880 - 2011

The Levitus methodology fills data gaps with the averaged value of the available data, which has the tendency to underestimate any anomalies. The Lyman methodology infills the data gaps with anomalies from nearby grids.

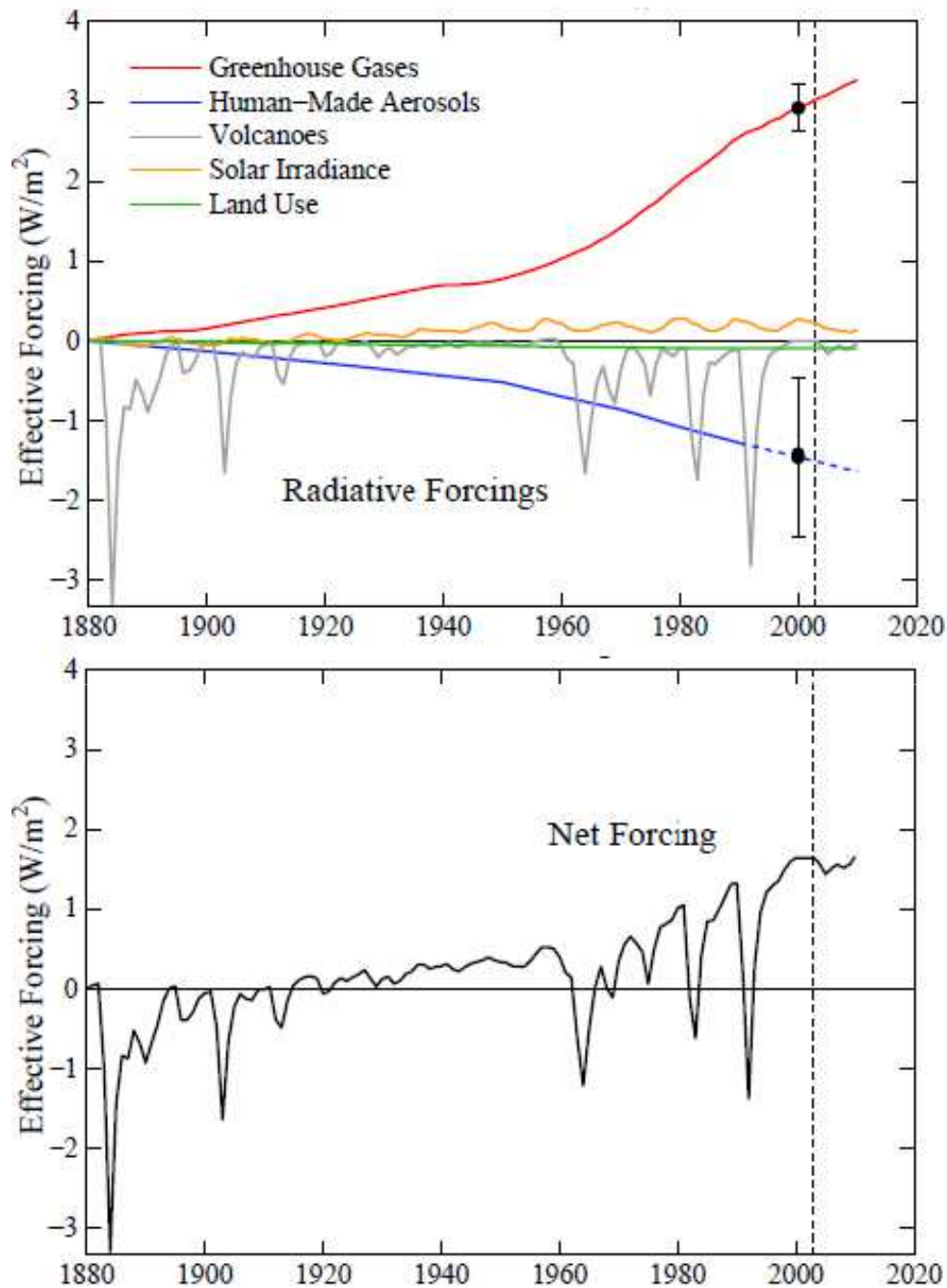


<http://thinkprogress.org/tag/climate-change-deniers/?mobile=nc>

Dogajanje na Arktiki in Antarktiki (morski led)



Vir: NASA, 2013

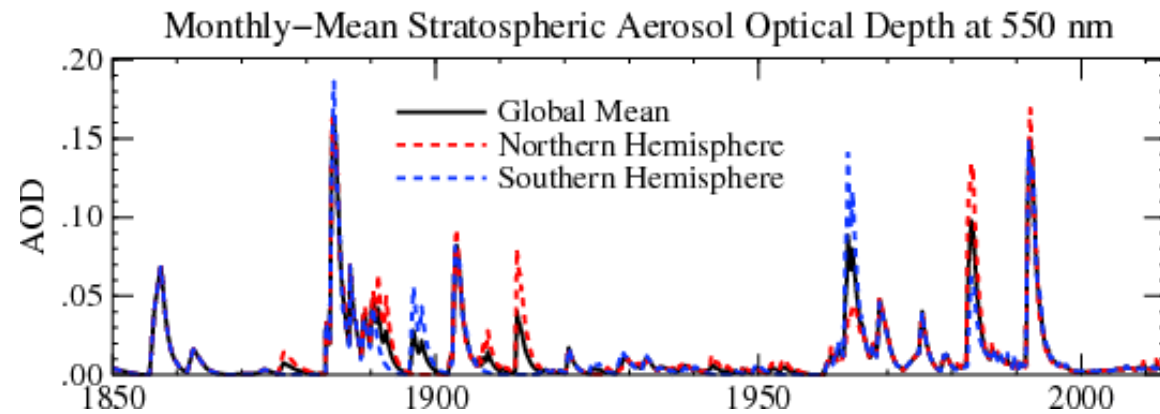


K spremembam globalne energijske bilance planeta vedno prispeva več dejavnikov hkrati

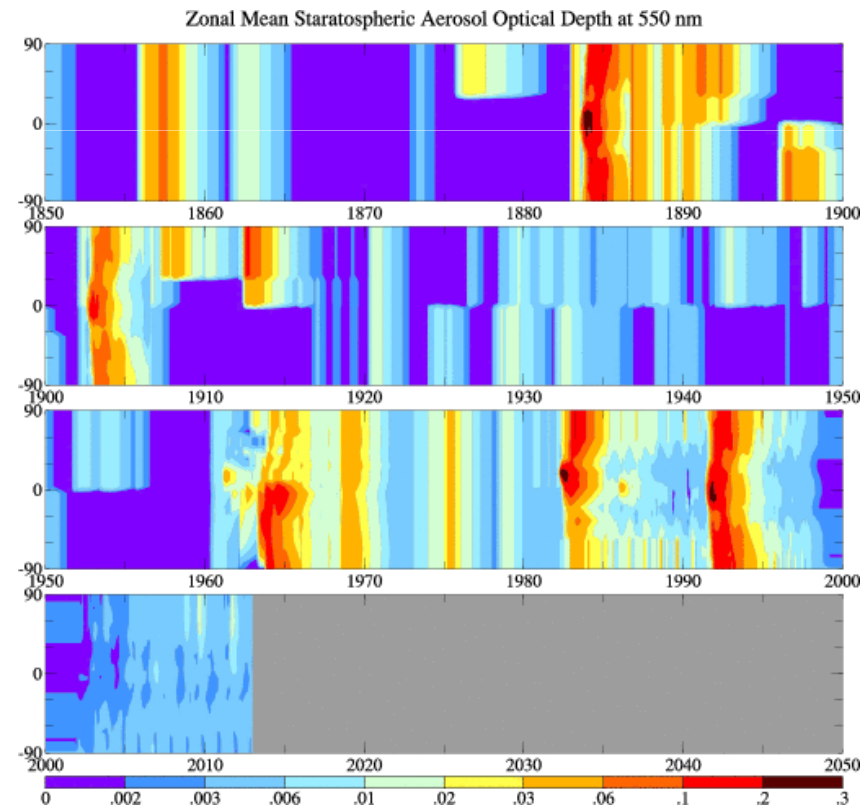
Vir: NASA, 2013

http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/

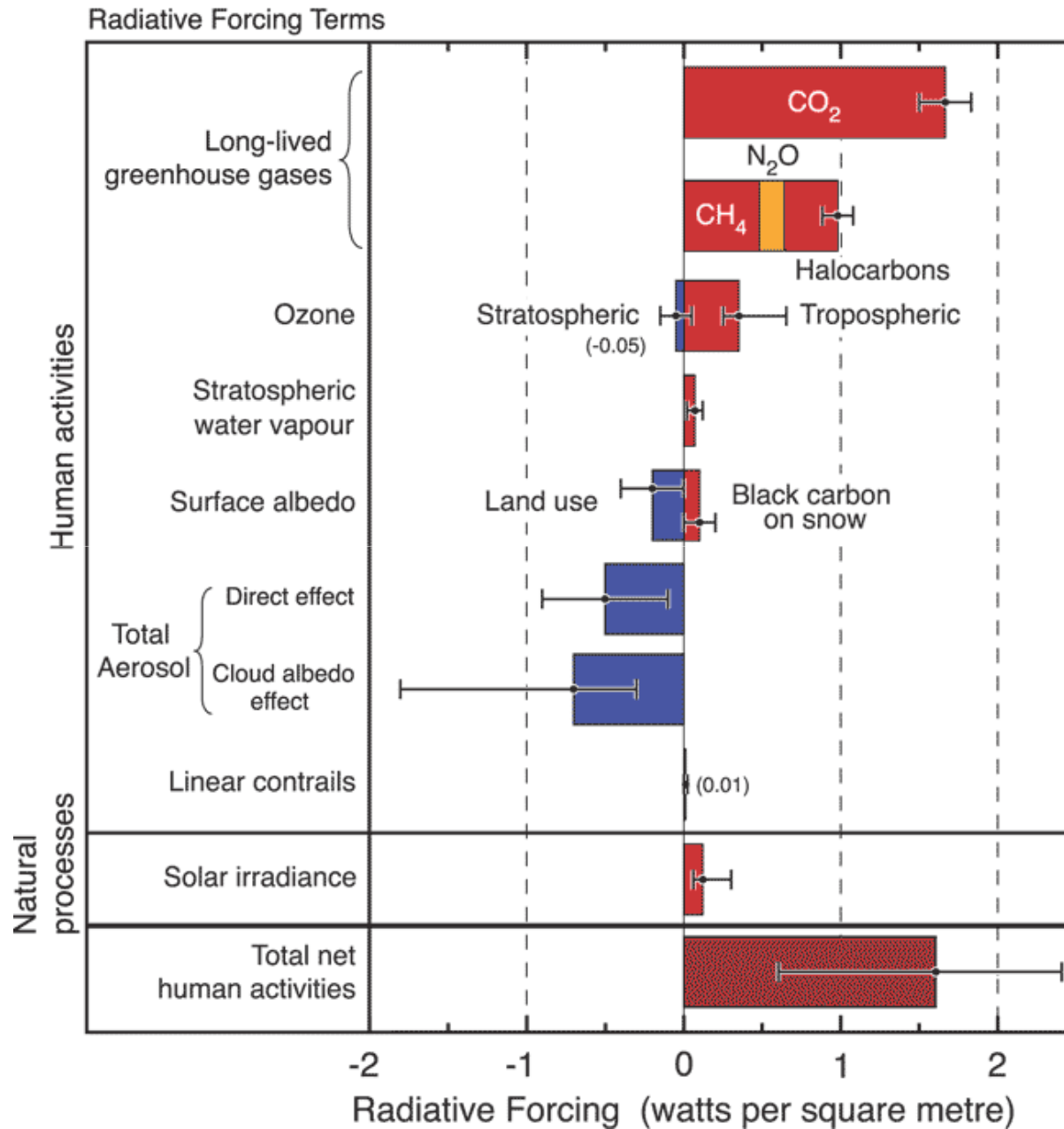
Vpliv vulkanov na stratosferski aerosol



www.columbia.edu/~mhs119/StratAer/



Radiative forcing of climate between 1750 and 2005



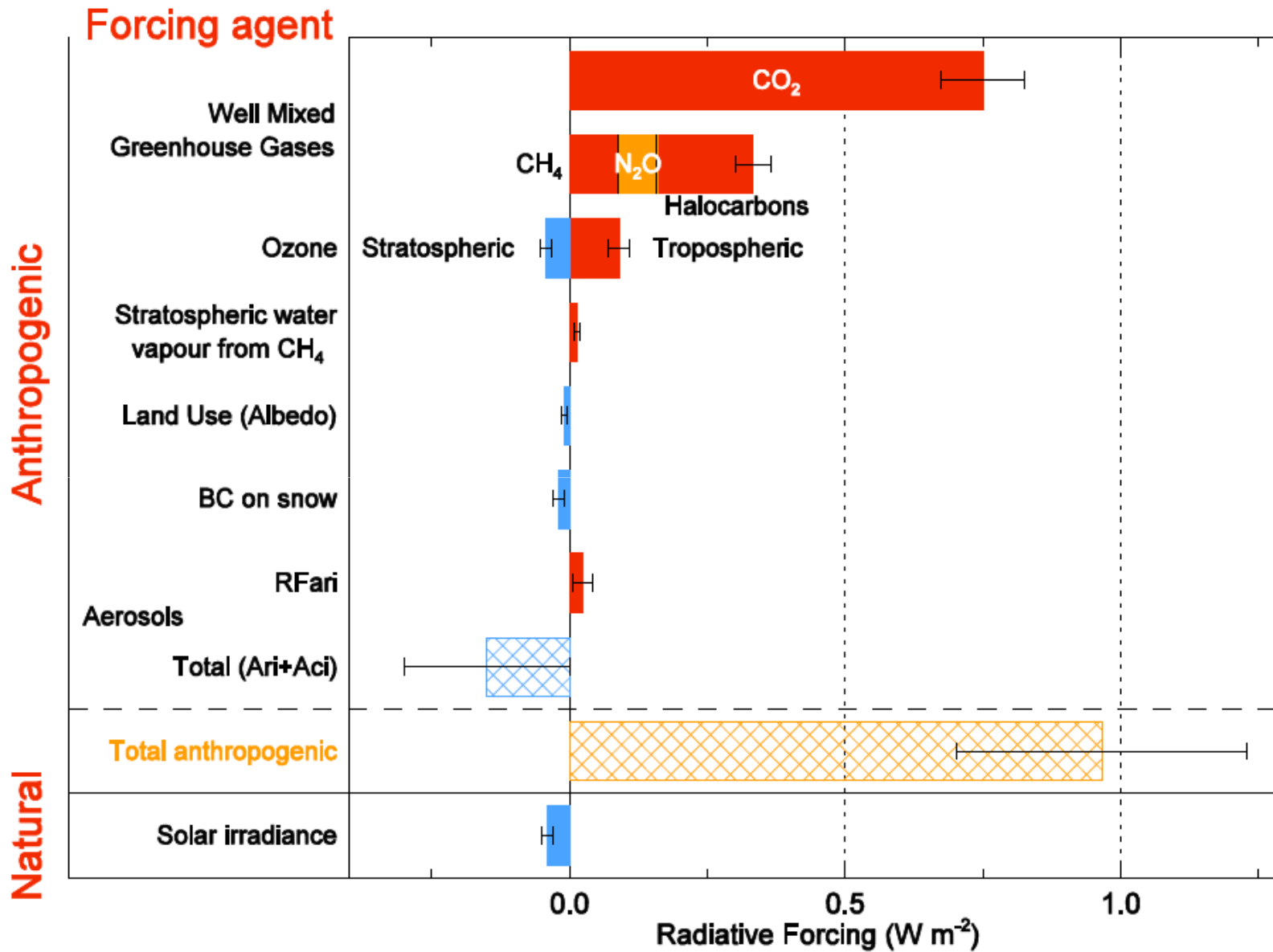
IPCC AR4, 2007

Enačbe za računanje sevalnega prispevka (radiative forcing)

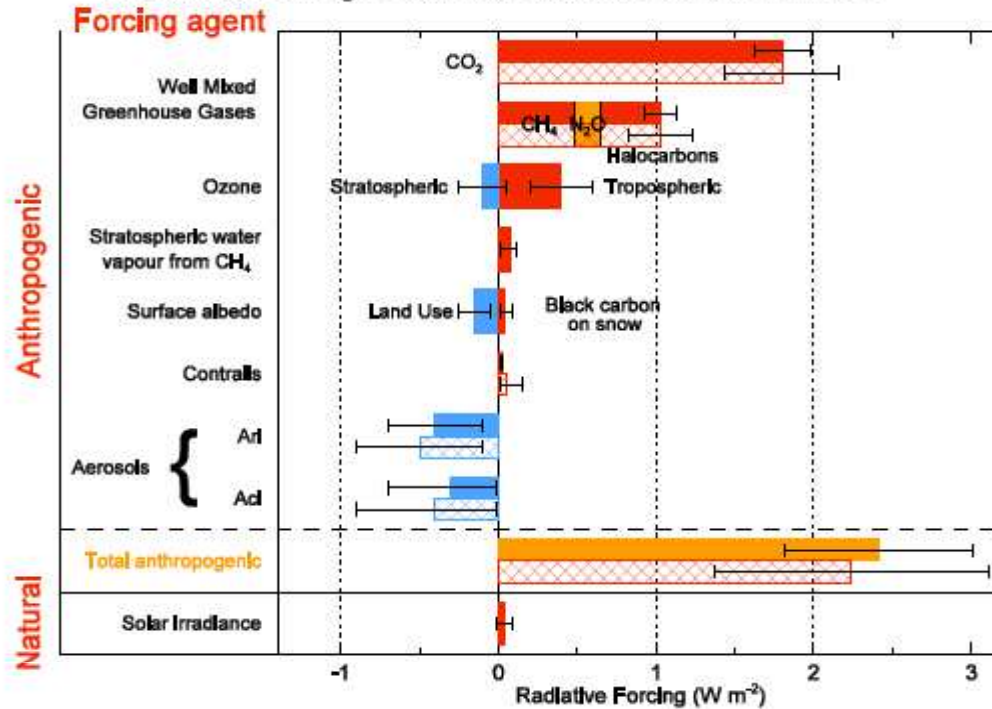
Table 1: Equations to calculate radiative forcing relative to a preindustrial (1750 A.D.) reference concentration (C_0). The overlap in absorption bands between N_2O and CH_4 is taken into account using the overlap function $f(M,N)=0.47 \ln(1+2.01 \times 10^{-5} (MN)^{0.75} + 5.31 \times 10^{-15} M(MN)^{1.52})$. For many practical purposes, this correction term can be neglected. Formulations for additional greenhouse gases can be found in [Joos *et al.*, 2001; Ramaswamy *et al.*, 2001]

agent	equation	C_0
CO_2	$RF = 5.35 \text{ W m}^{-2} \ln(CO_2/CO_{2,o})$	278 ppm
CH_4	$RF = 0.036 \text{ W m}^{-2} (\sqrt{CH_4} - \sqrt{CH_{4,o}}) - (f[CH_4, N_2O] - f[CH_{4,o}, N_2O])$	742 ppb
N_2O	$RF = 0.12 \text{ W m}^{-2} (\sqrt{N_2O} - \sqrt{N_2O_0}) - (f[CH_{4,o}, N_2O] - f[CH_{4,o}, N_2O_0])$	272 ppb
CFC-11	$RF = 0.25 \text{ W m}^{-2} (CFC-11 - CFC-11_0)$	0 ppt
CFC-12	$RF = 0.32 \text{ W m}^{-2} (CFC-12 - CFC-12_0)$	0 ppt

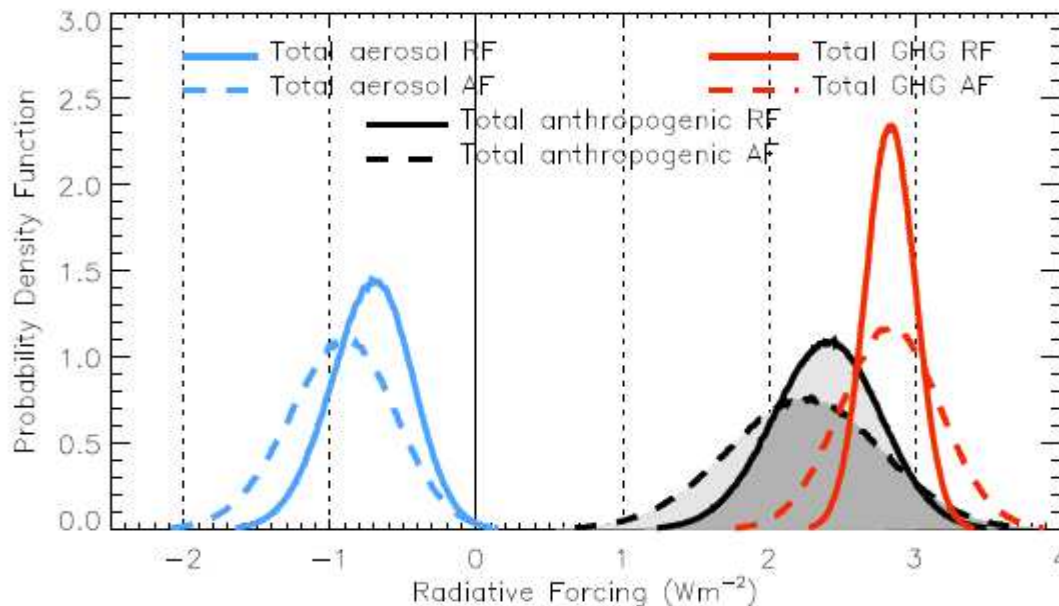
Radiative forcing of climate between 1980 and 2011

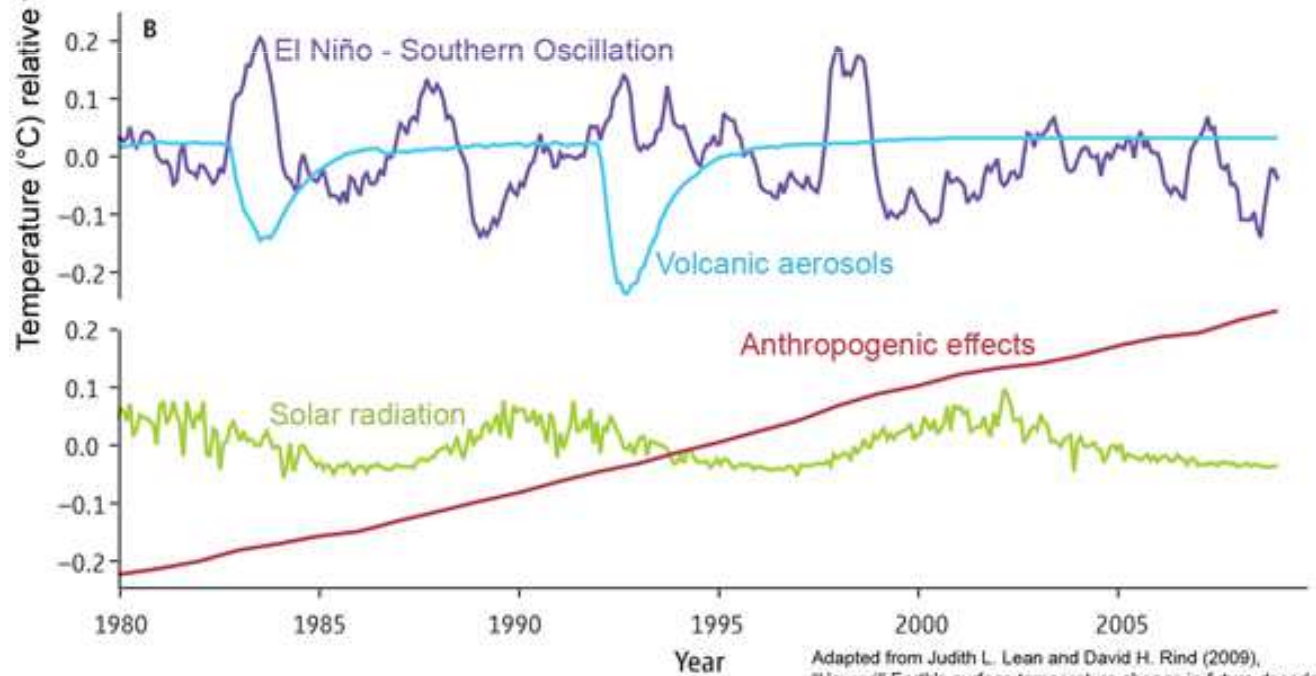
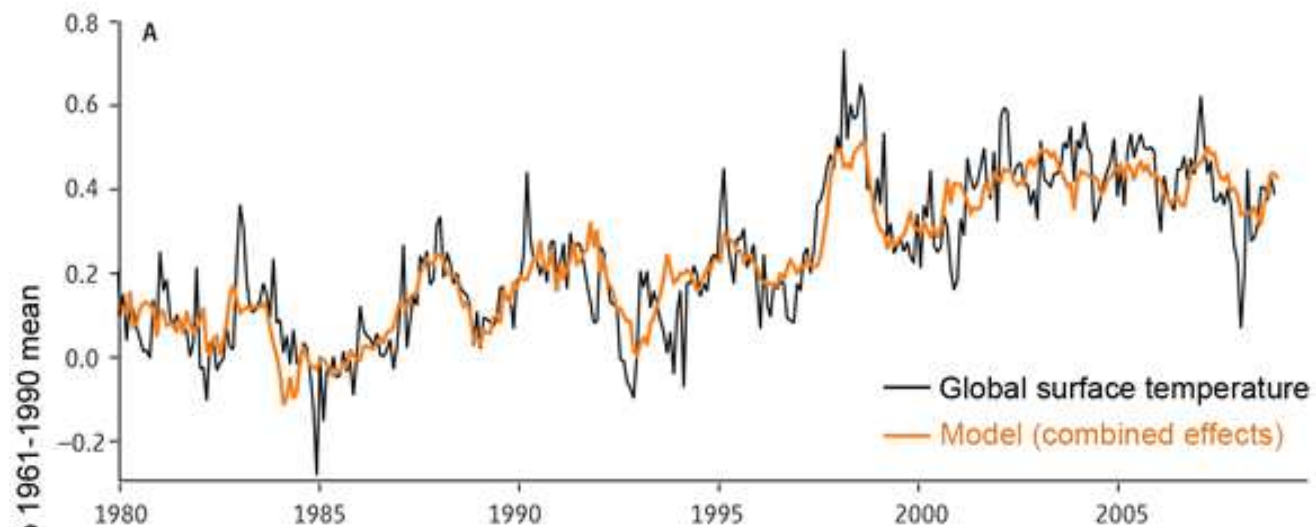


Radiative forcing of climate between 1750 and 2011



- Radiative Forcing for the well-mixed greenhouse gases depend on how their concentration have evolved, and are very well understood.
- Aerosoli ustvarjajo “negativni” sevalni prispevek (radiative forcing)

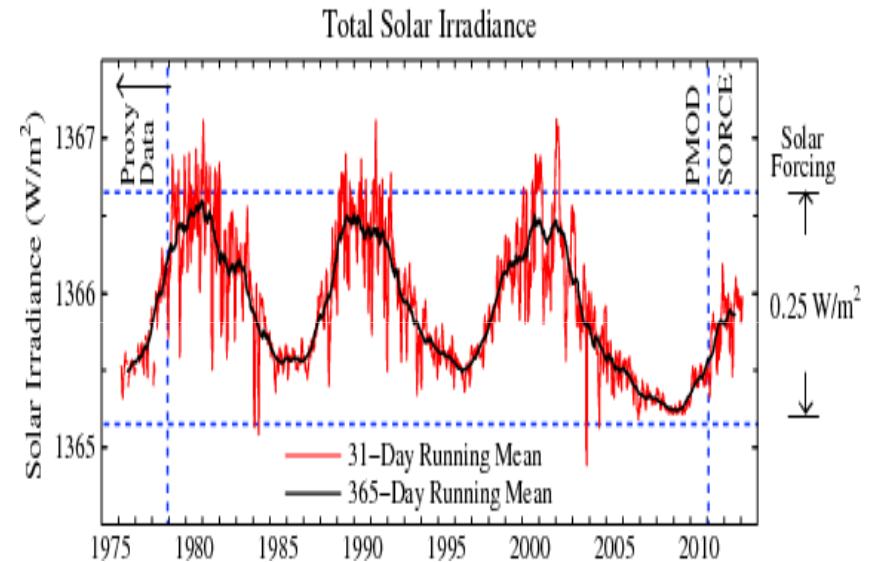
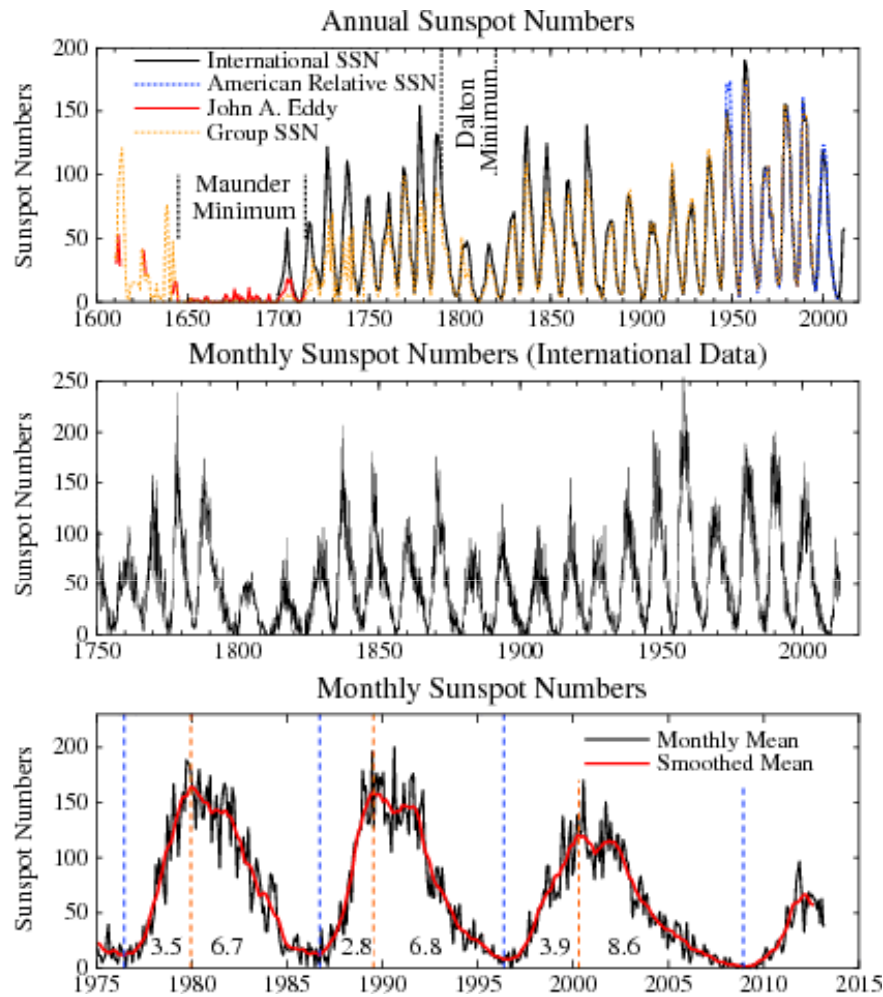




Adapted from Judith L. Lean and David H. Rind (2009),
 "How will Earth's surface temperature change in future decades?",
Geophysical Research Letters 36, L15708.

Tudi k spremembam
 globalne
 temperature pri tleh
 vedno prispeva več
 dejavnikov hkrati

Obnašanje Sonca postaja nepredvidljivo?



<http://www.columbia.edu/~mhs119/Solar/>

A1

B1

Hyper individualism

Business class

Markets first

Creative societies

Global sustainability

Market World

Changing course

'The end of history'

New global age

'Our Common Future'

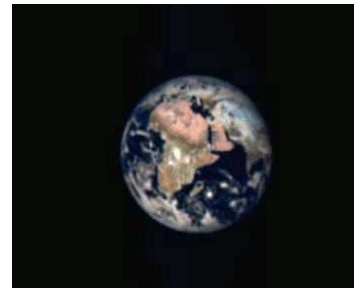
Cybertopia

Policy first

Just do it

Shared responsibilities

The hundred flowers



Ecologically driven

Have & have-nots

Sustainability first

Over the edge

Regional stewardship

Security first

New Empires

Prism

Transformed World

Provincial enterprise

Cultural pluralism

'No Logo'

'Clash of civilizations'

Great transitions

Turbulent neighbourhoods

Change without progress

B2

Fortress World

Battlefield

Voluntary simplicity

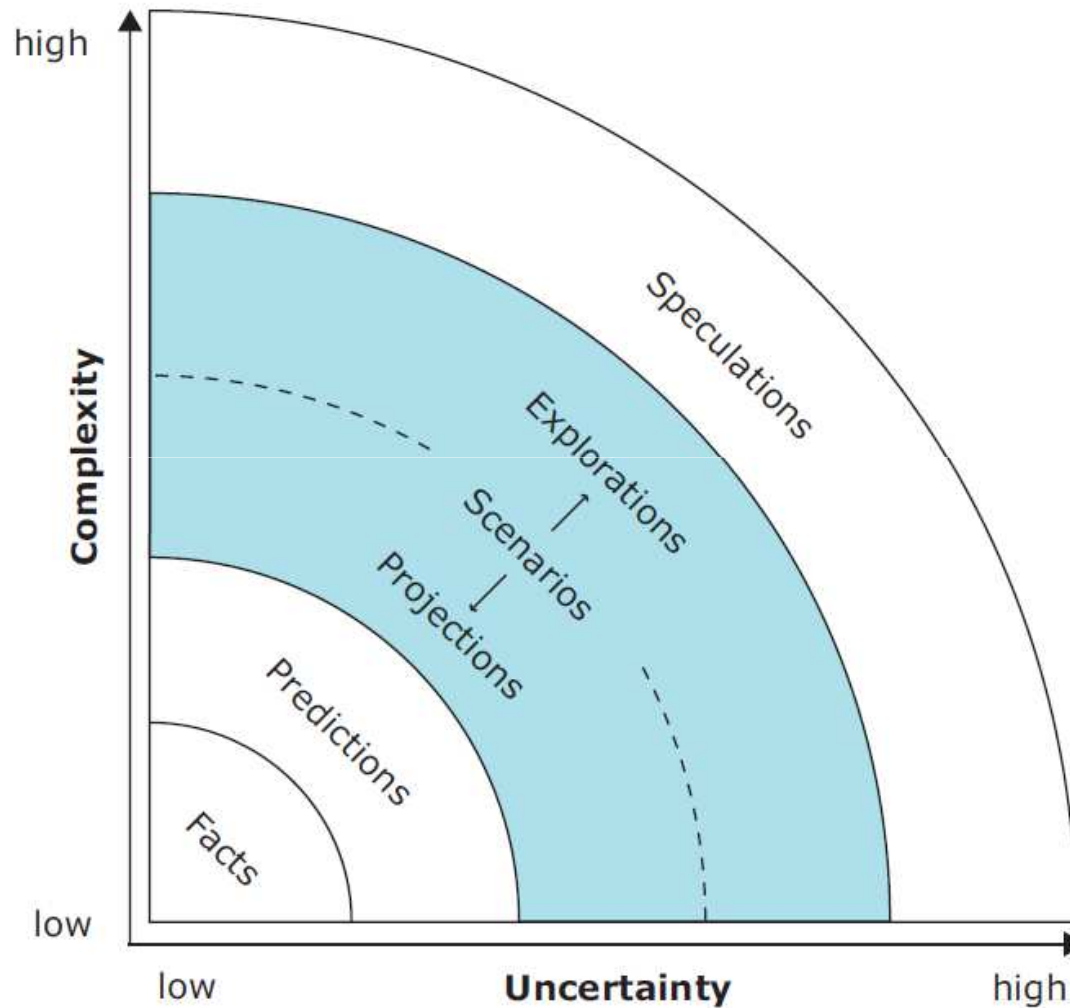
A2

Barbarization

Tribal society

Local stewardship

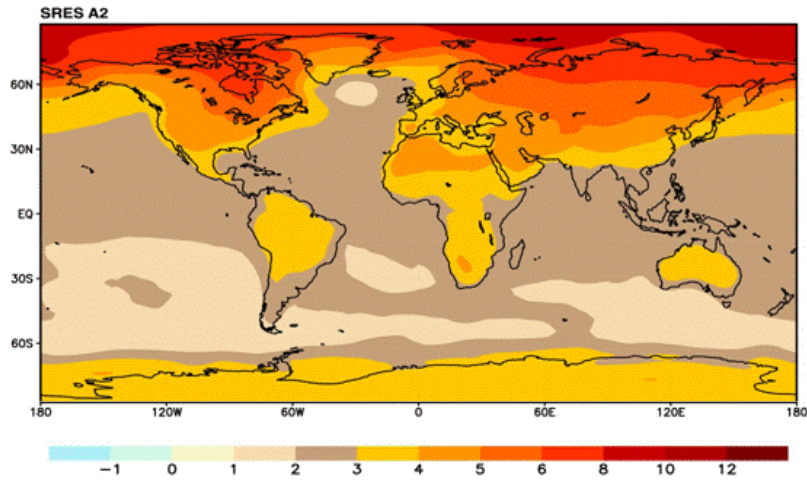
Razlike v kompleksnosti ter negotovosti pri dejstvih, napovedih, projekcijah, scenarijih in ekstrapolacijah



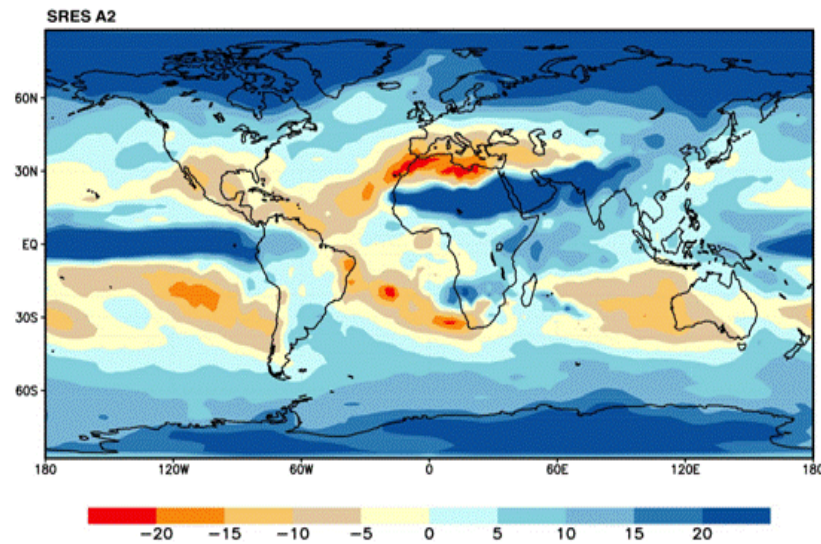
EEA, 2008

Climate and IPCC Socio-economic Scenarios (SRES)

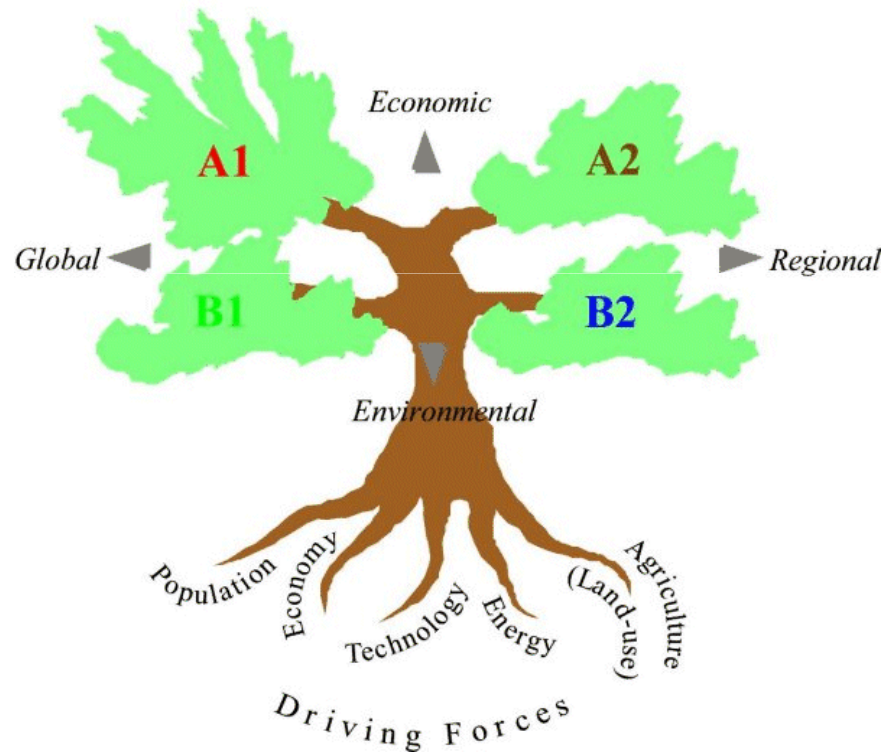
Climate model Had CM2 2050 Temperature change



Precipitation change

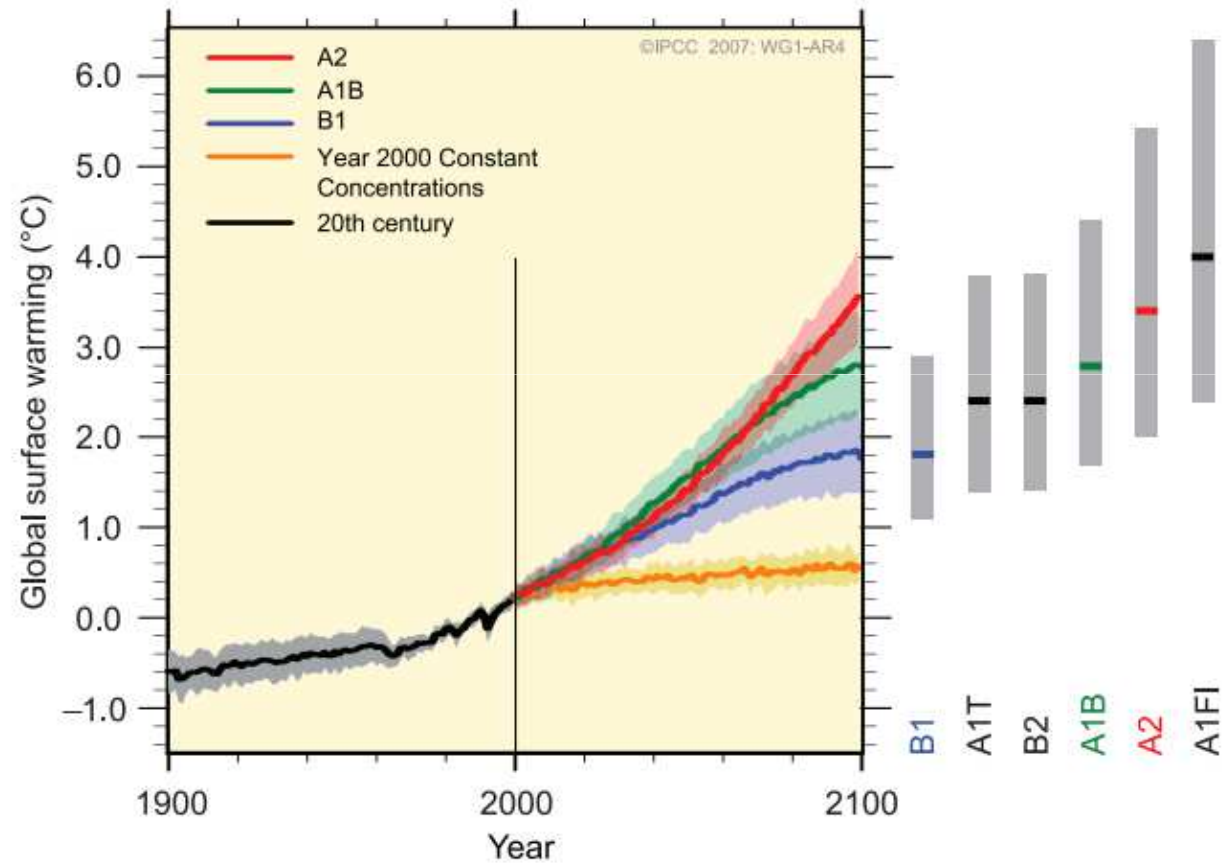


SRES Scenarios



Nakicenovic and Swart, 2000

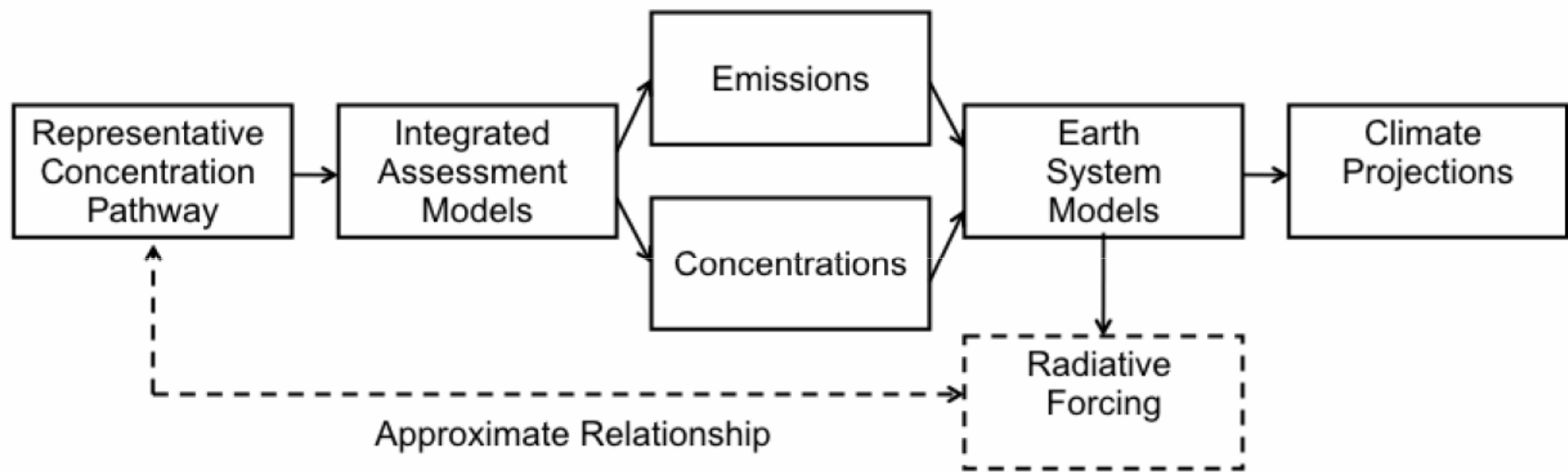
“Stari” scenariji



2013 Novi scenariji

Representative Concentration Pathways

- Zamenjali bodo SRES scenarije, ki so se uporabljali v četrtem IPCC poročilu (AR4)
- Interpretacija RCP scenarijev
 - Scenarij visokih izpustov (RCP 8.5)
 - Scenarij srednjih izpustov (RCP 6.0)
 - Scenarij nizkih izpustov (RCP 4.5)
 - Scenarij učinkovitega blaženja (RCP 2.6)

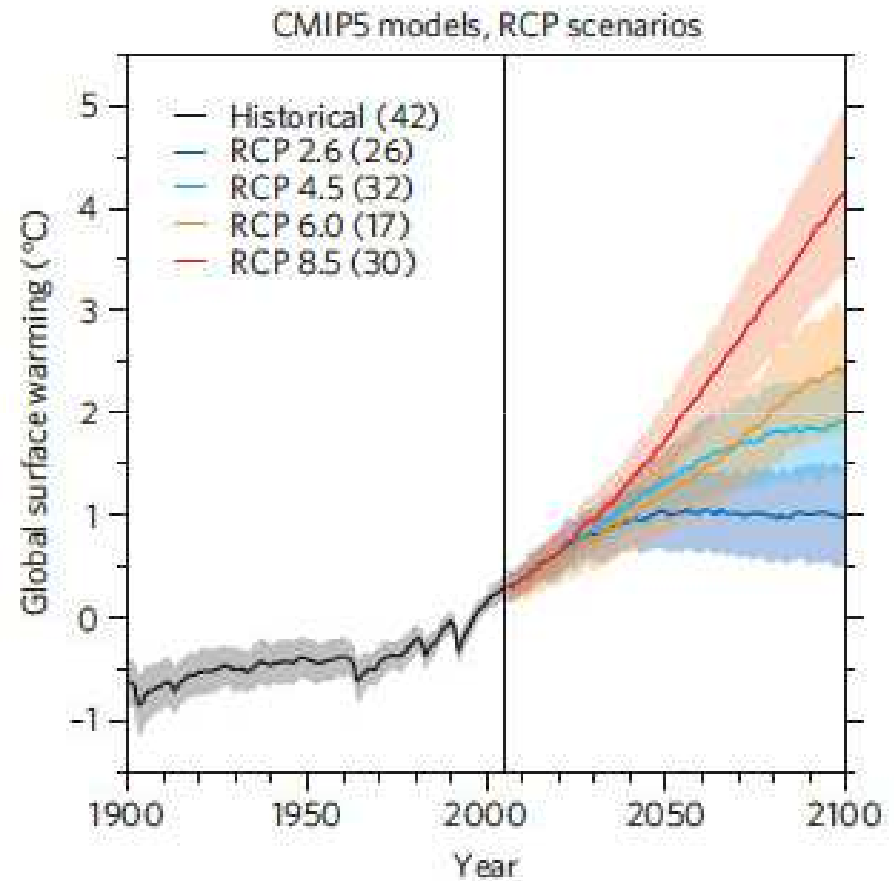
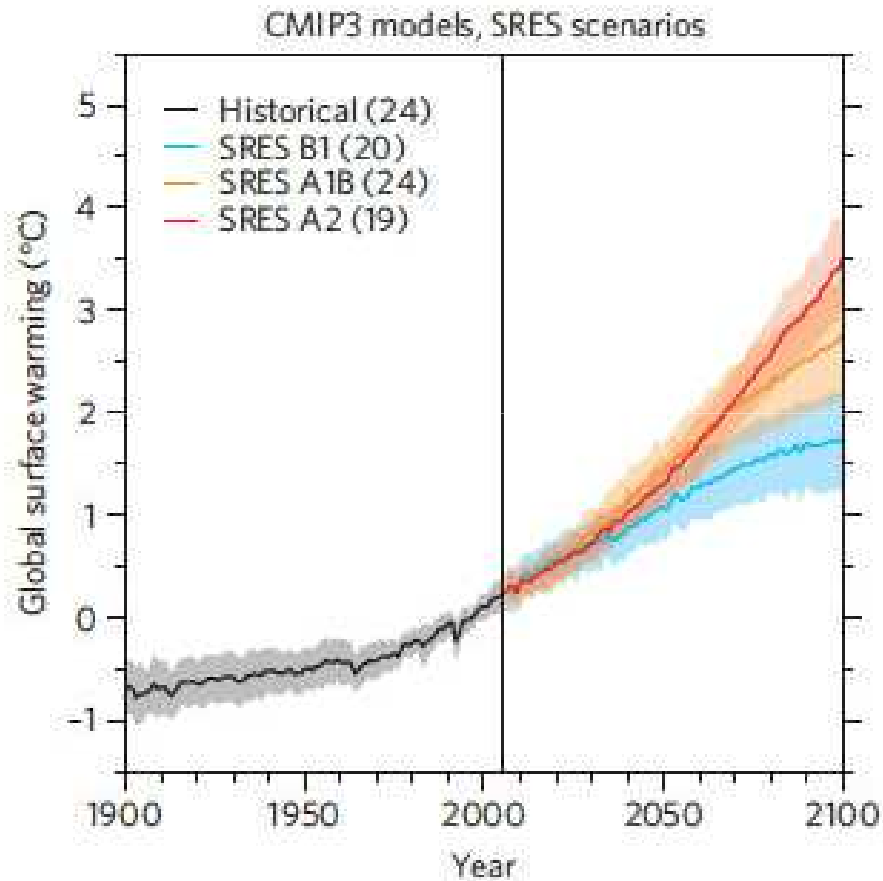


Representative Concentration Pathways

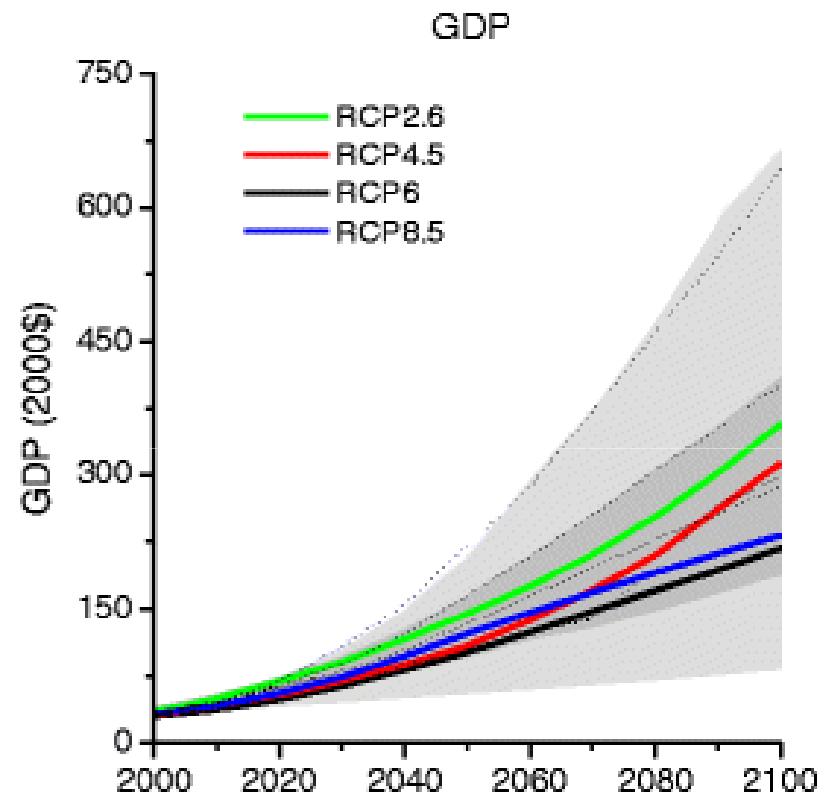
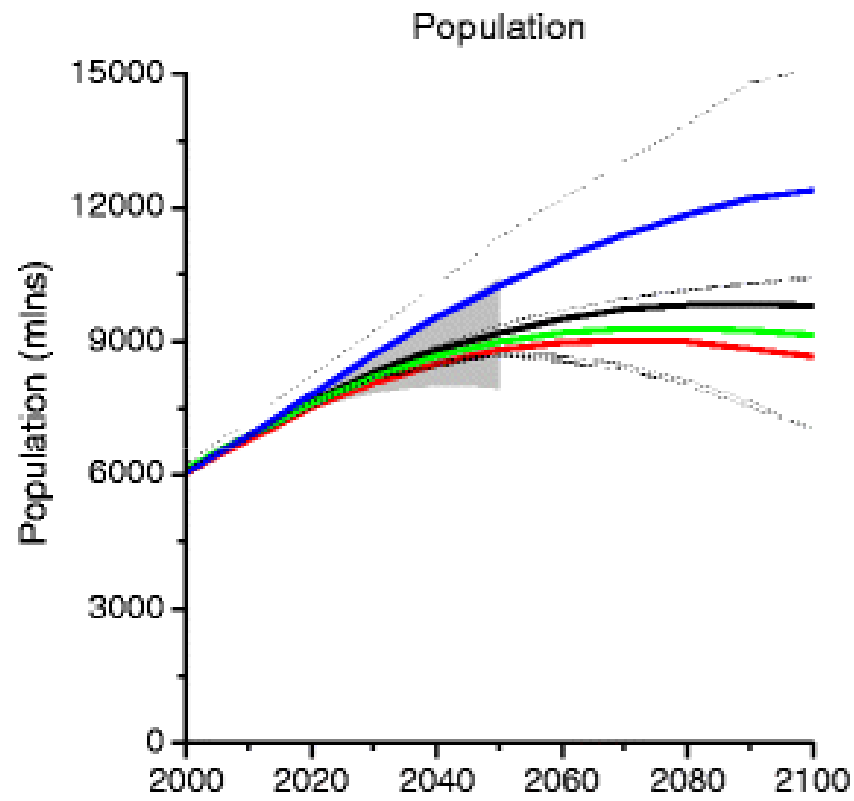
- RCP8.5 Rising radiative forcing pathway leading to 8.5 W/m^2 ($\sim 1370 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) by 2100.
- RCP6 Stabilization without overshoot pathway to 6 W/m^2 ($\sim 850 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) at stabilization after 2100
- RCP4.5 Stabilization without overshoot pathway to 4.5 W/m^2 ($\sim 650 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) at stabilization after 2100
- RCP2.6 Peak in radiative forcing at $\sim 3 \text{ W/m}^2$ ($\sim 490 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) before 2100 and then decline (the selected pathway declines to 2.6 W/m^2 by 2100).

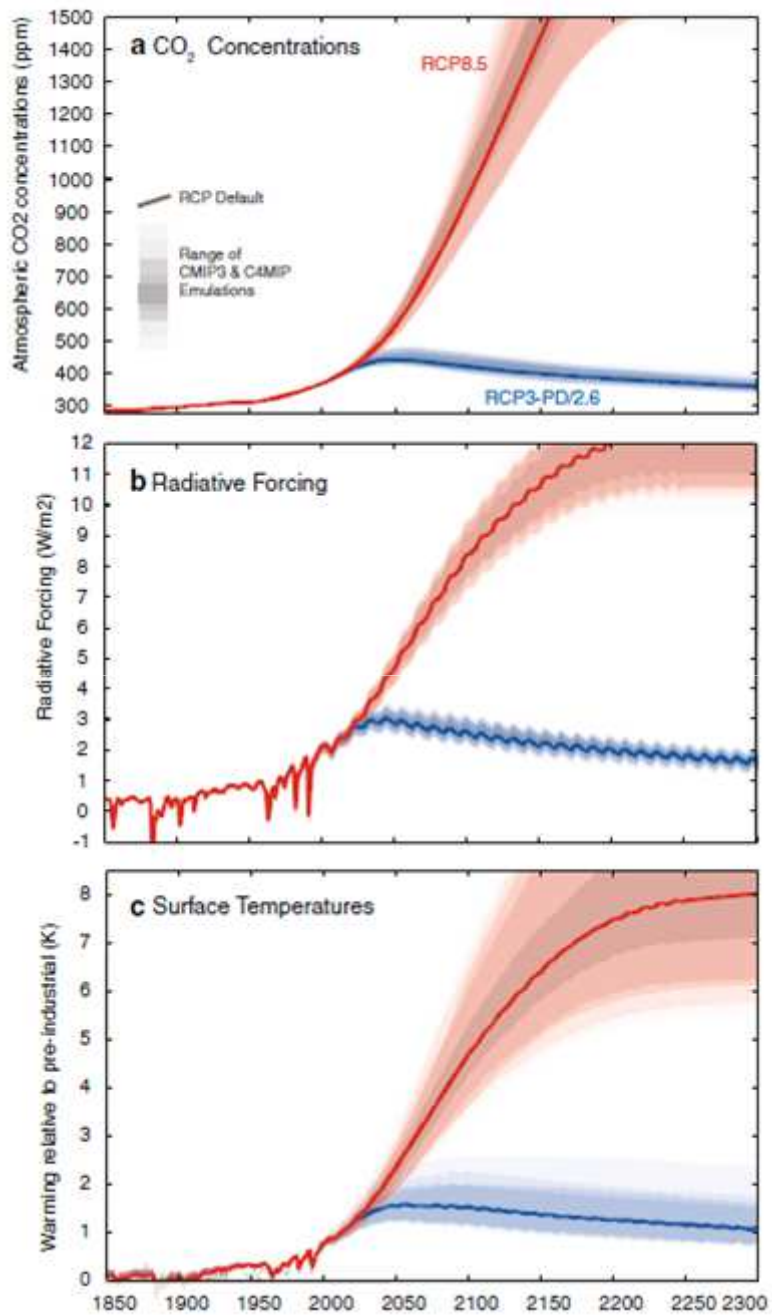
Vir: Van Vuuren et al (2011) The representative concentration pathways: an overview.
Climatic Change DOI 10.1007/s10584-011-0148-z

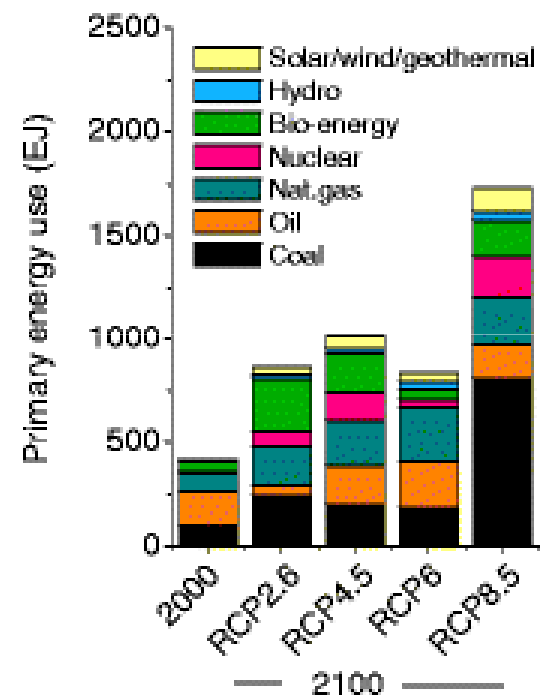
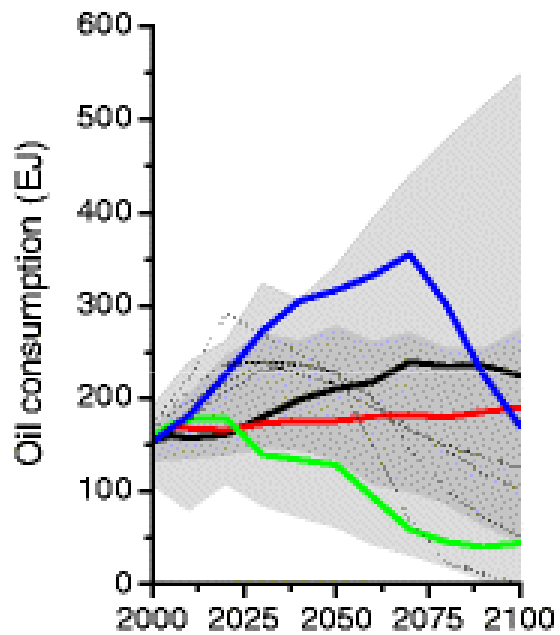
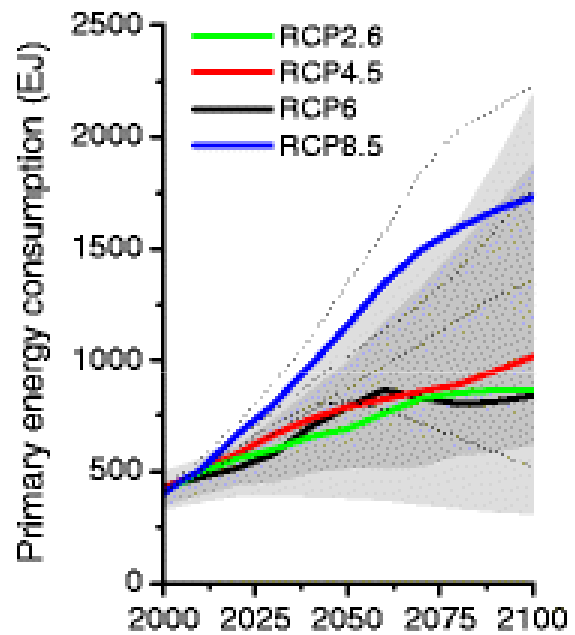
Stari in “novi” scenariji (RCP-ji)



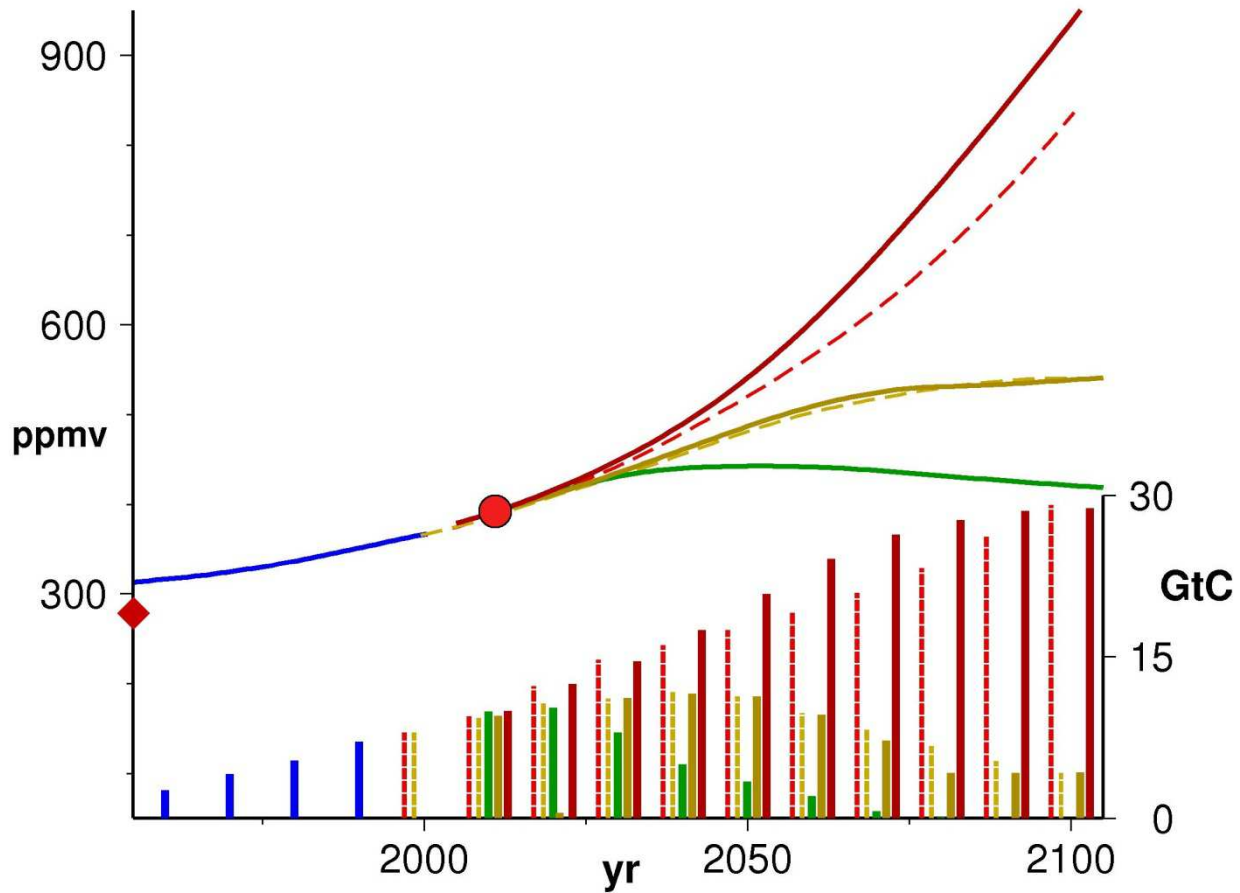
Knutti & Sedlacek (2012)





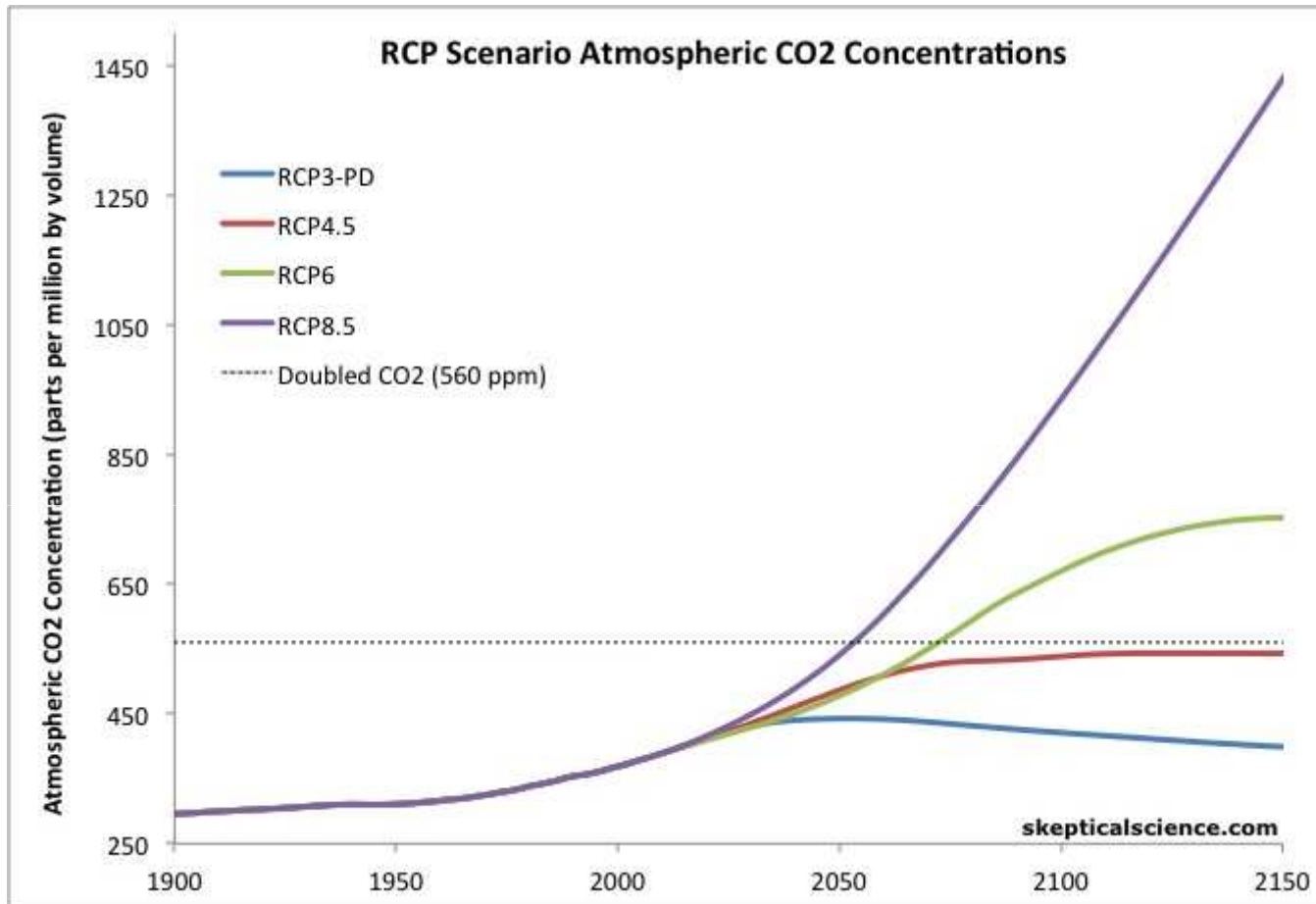


Global Atmospheric CO2 Concentration (ppmv) and Carbon Emissions (GtC)



- RCP 8.5
- RCP 4.5
- RCP 2.6
- - SRES A2
- - SRES B1
- historical

- 2011 (392ppmv; 2011 Mauna Loa)
- ◆ pre-industrial (280ppmv)



KLIMATSKA OBČUTLJIVOST

Energijska enačba

$$\Delta Q = C \frac{\Delta T}{\Delta t} + \frac{1}{\lambda} \Delta T$$

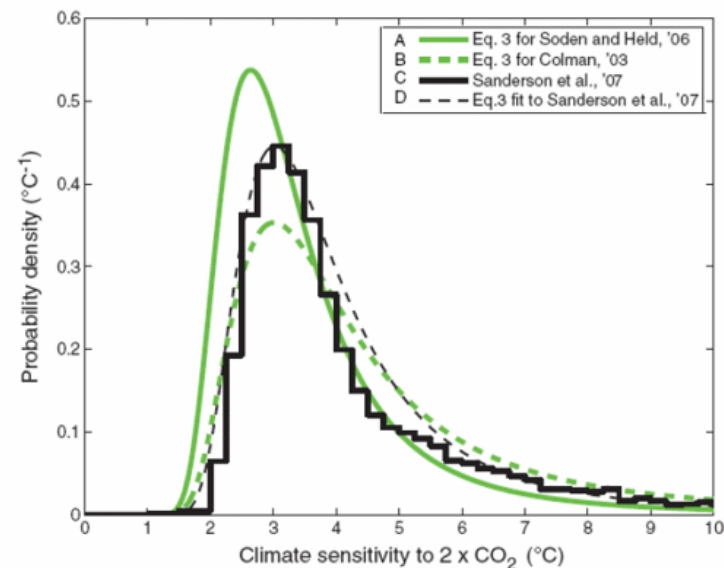
Sprememba = Vskladiščena + Izgubljena
En. bilance toplota toplota

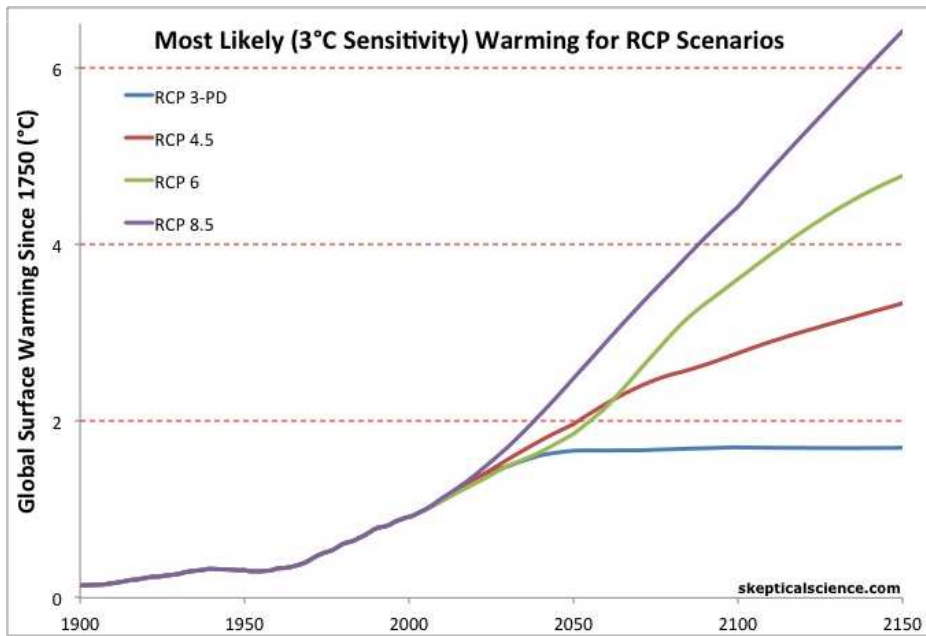
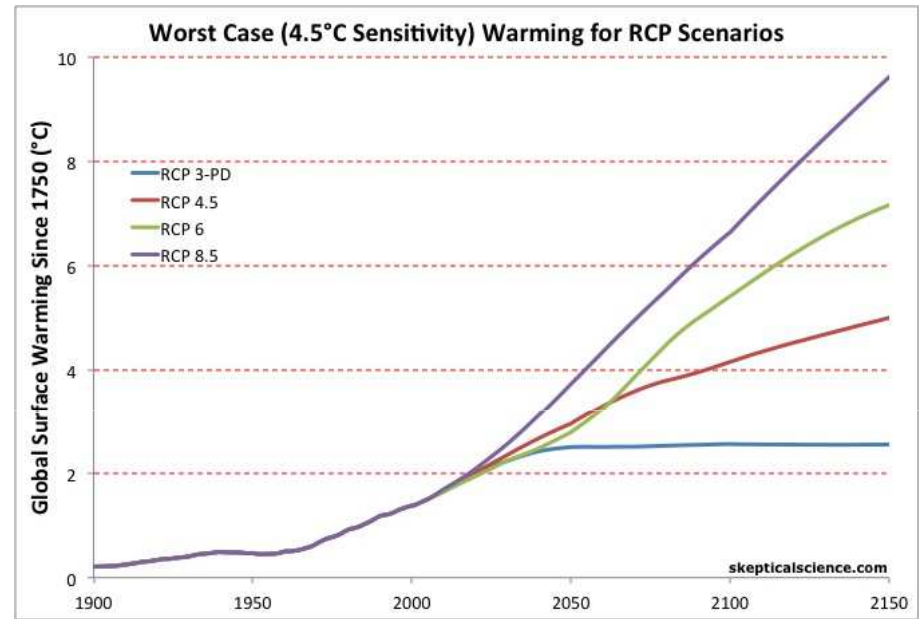
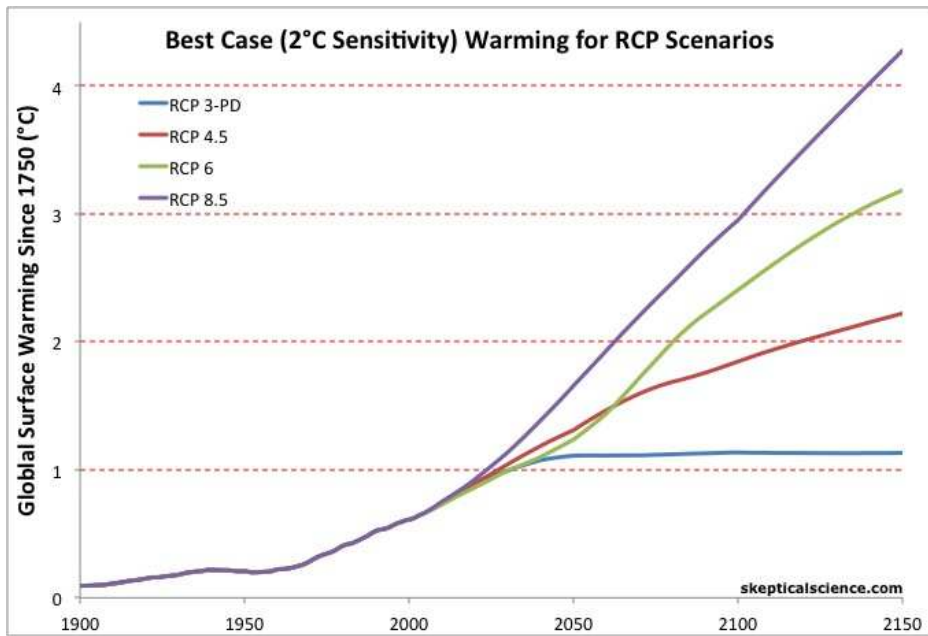
V ravnovesju je temperatura v času stalna (prvi člen=0) torej

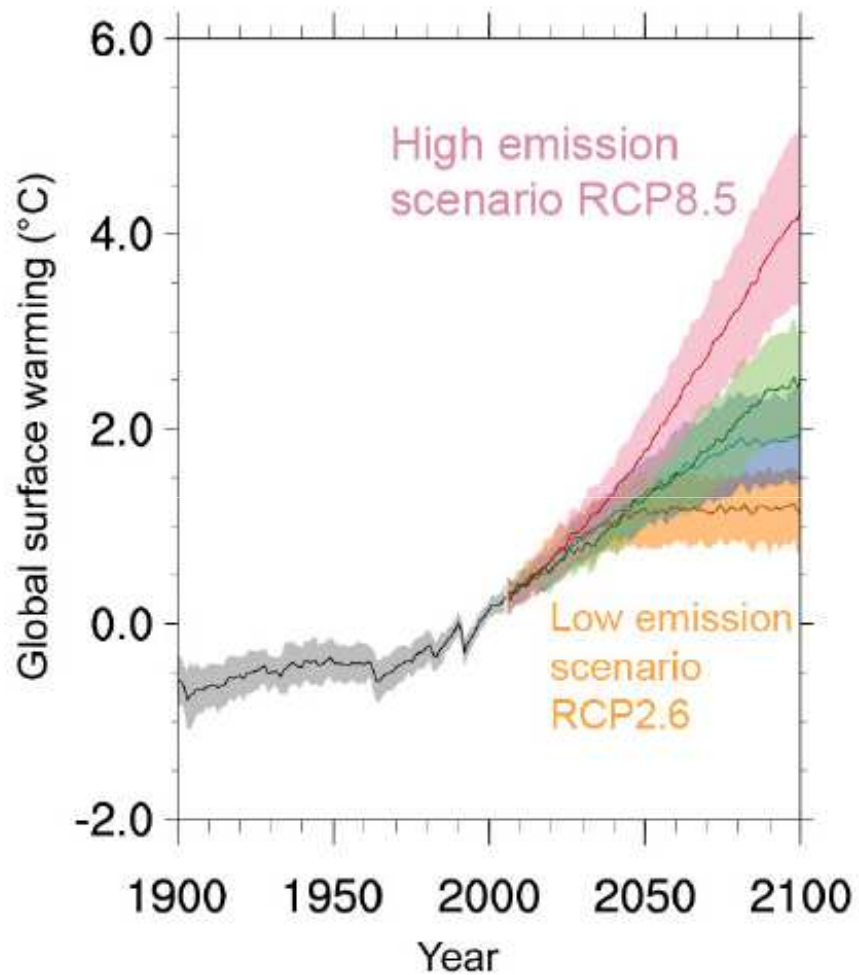
$$\Delta T = \lambda \cdot \Delta Q$$

λ Mera klimatske občutljivosti;
K (ali °C) na Wm^{-2}
sevalnega prispevka ali kar RF

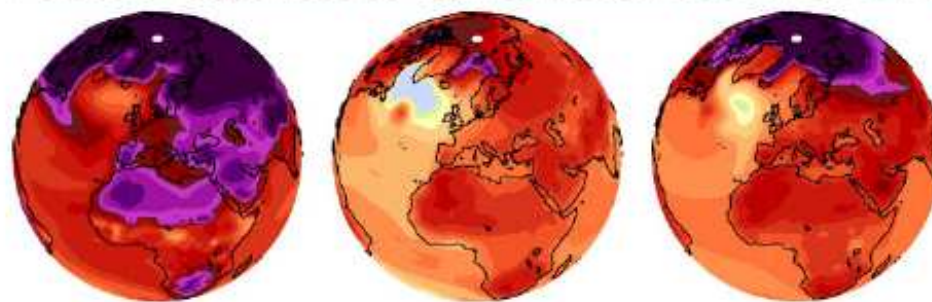
Intrinsic uncertainty in climate sensitivity



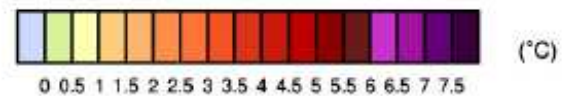
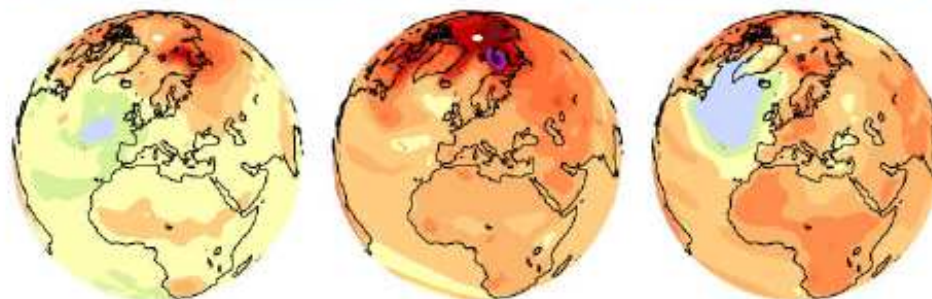


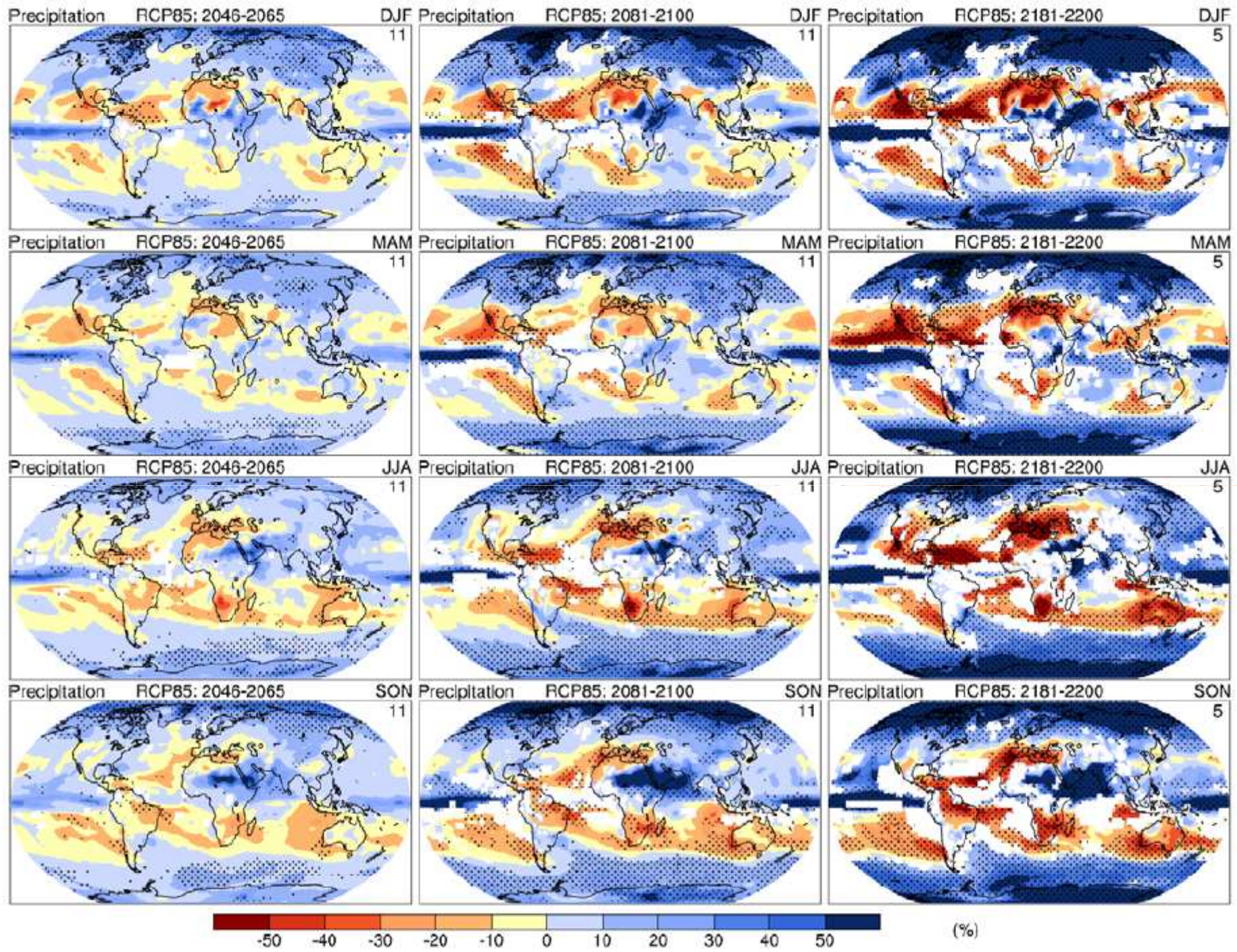


Possible responses to high emission scenario RCP8.5



Possible responses to low emission scenario RCP2.6







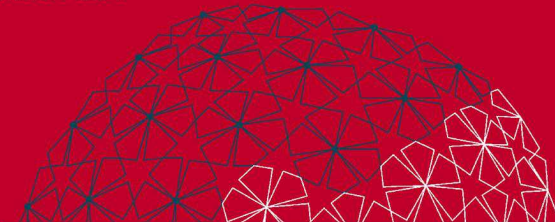
GEOINŽENIRING

Geoengineering the climate

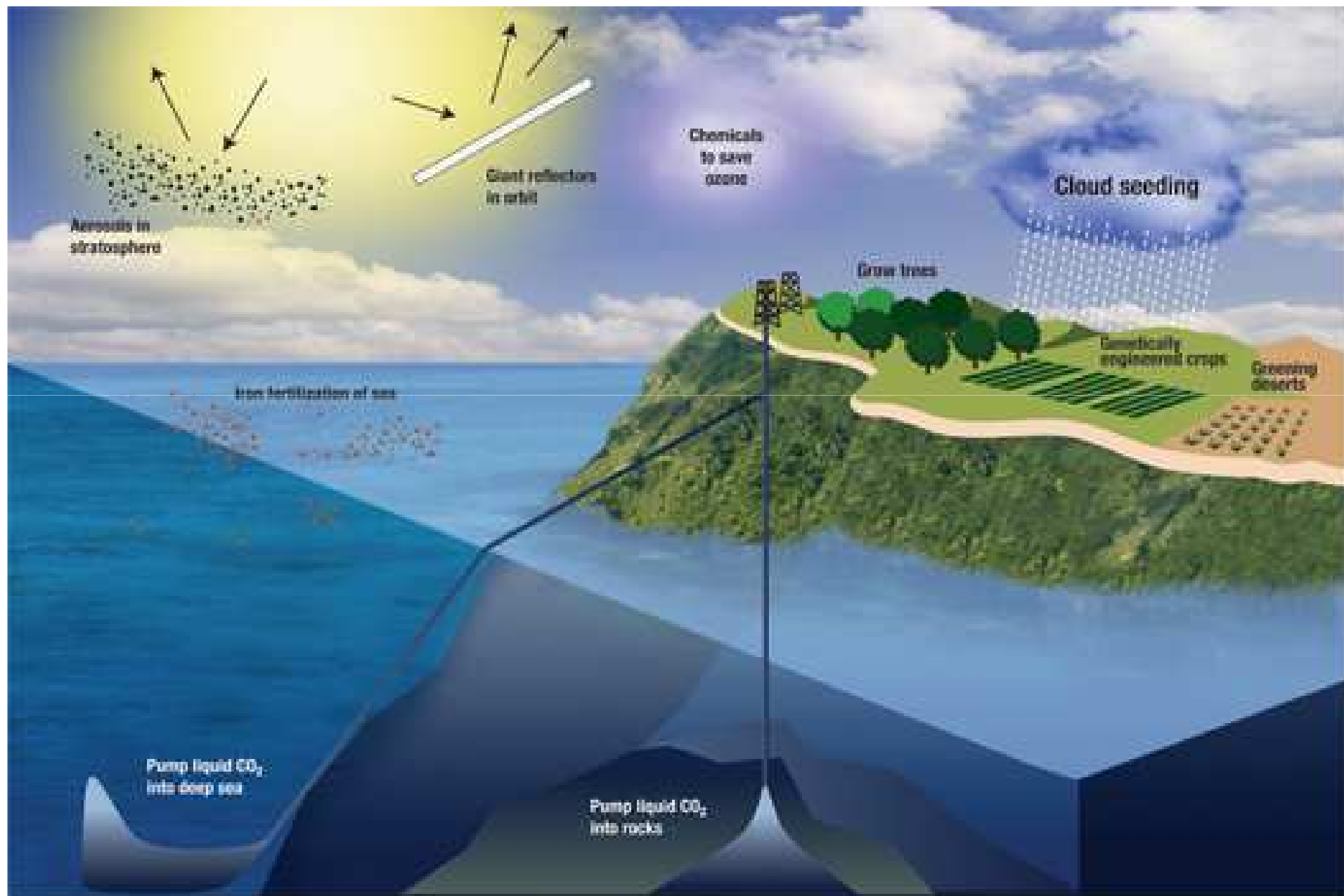
Science, governance and uncertainty

September 2009

THE ROYAL SOCIETY



NAS LAHKO REŠI GEO-INŽENIRING?



Nekaj predlogov shem geoinženiringa

A. VESOLJE

Modifikacija sončnega sevanja

B. STRATOSFERA

Stratosferski aerosoli (sulfatni, saje, prah)

Stratosferski baloni ali ogledala

C. TROPOSFERA

Modifikacija skupnega albeda nad morji z stratusii

D. POVRŠJE

Povečevanje albeda puščav

Spreminjanje albeda oceanov

Reforestacija (CO₂ učinek, problemi z albedom...)

Direktna absorbcija CO₂

Gnojenje oceanov

2 osnovna načina geoinženiringa v zvezi z podnebnimi spremembami

Zmanjšati vsebnost toplogrednih plinov v ozračju ali zmanjšati absorbtivnost atmosfere za DV sevanje

- gnojenje oceanov
- ekstrakcija iz zraka
- povečanje ponorov

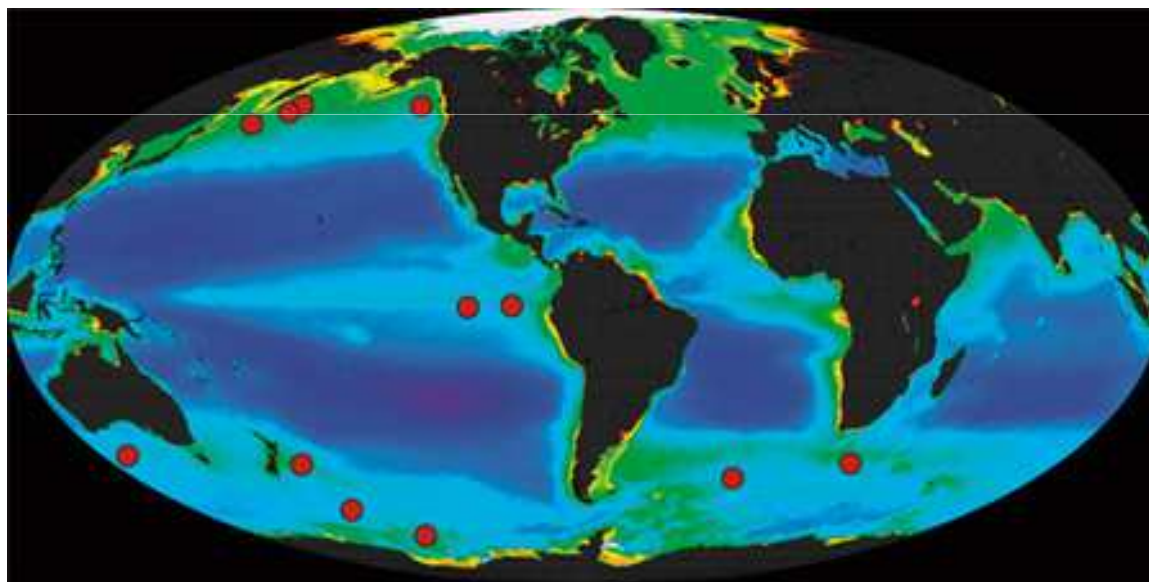
Spremeniti klimatski sistem

- zmanjšanje solarne konstante (nad ozračjem)
- povečevanje odbojnosti KV sevanja (albeda)

Gnojenje oceanov



- HNLC (high-nutrient low-chlorophyll zones)
- 1 tona dodanega železa veče 30,000-110,000 t ogljika iz atmosfere



<http://earthtrends.wri.org/updates/node/282>

http://www.eco-groove.com/index.php?option=com_content&view=article&id=152:fertilizing-oceans-to-save-the-planet&catid=39:rokfeature&Itemid=112

Koliko CO₂ bi lahko torej na ta način shranili v oceane na J polobli?

- Če bi ves nitrat v zgornji premešani plasti (~150 m) spremenili v biomaso planktona,
- In če bi vsa ta biomasa potonila na dno
- In če bi se ves nastali deficit CO₂ kompenziral z odvzemom iz ozračja

POTEM

Največja količina CO₂ ki bi jo tako zajeli bi bila

1 (ena) Gigatona CO₂

- to je ~15 % letnega človekovega vnosa v klimatski sistem
- Ta “maksimum bi lahko odstranili le vsake 4 leta.

Vir: V. Smetacek

Atmosferski zajem CO₂ (Umetna drevesa)



http://www.thebreakthrough.org/blog/2008/03/from_synthetic_trees_to_carbon.shtml

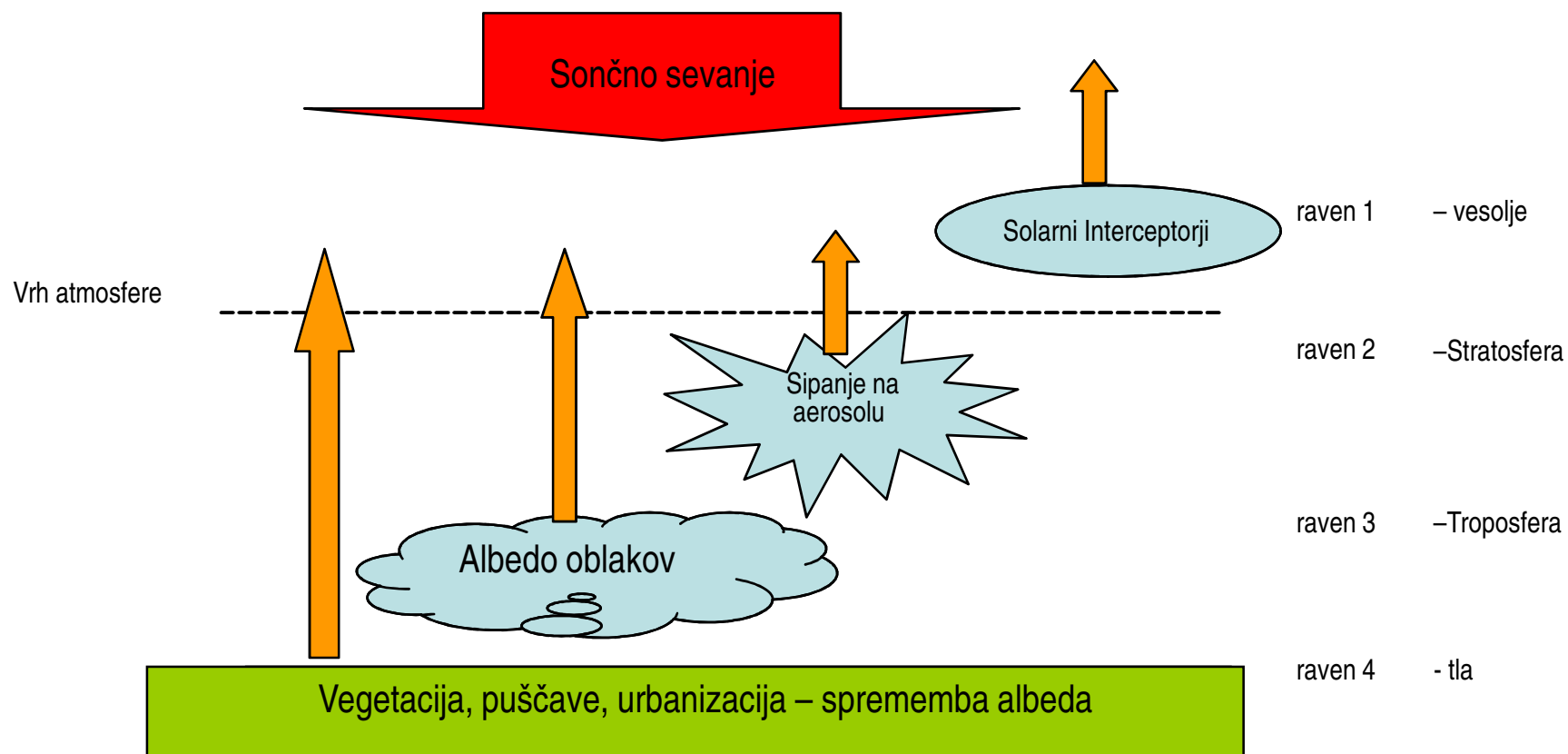


<http://www.earth.columbia.edu/news/2007/story04-24-07.php>

- Zrak s CO₂ se prečrpa preko filtrov (ionski izmenjevalci),
- Filtri vežejo CO₂, čist zrak pa se prečrpa ven.
- Filtri se nato sperejo z vlažnim zrakom, ki odstrani CO₂ iz filtra.
- Ta CO₂ se tako lahko potem skladišči ali drugače porabi.

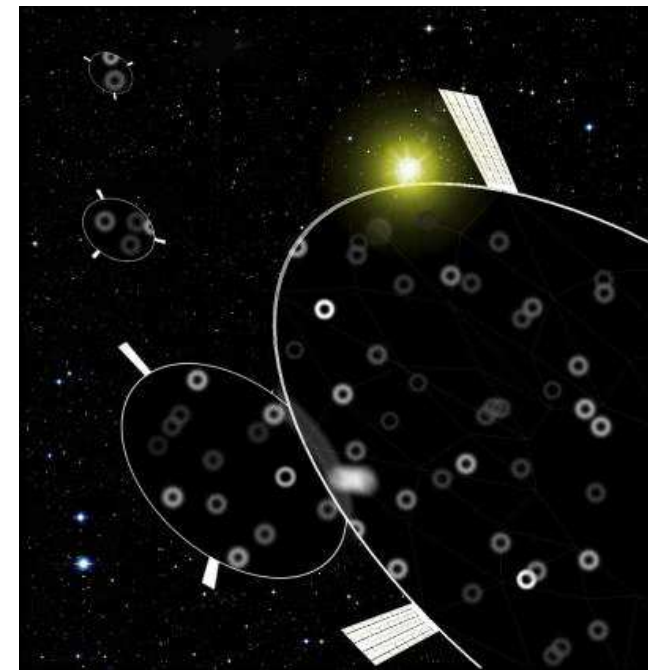
- Razlika od CCS je, da ni vezanosti na industrijski obrat

Spreminjanje neto sončnega sevanja: možno na štirih višinskih ravneh



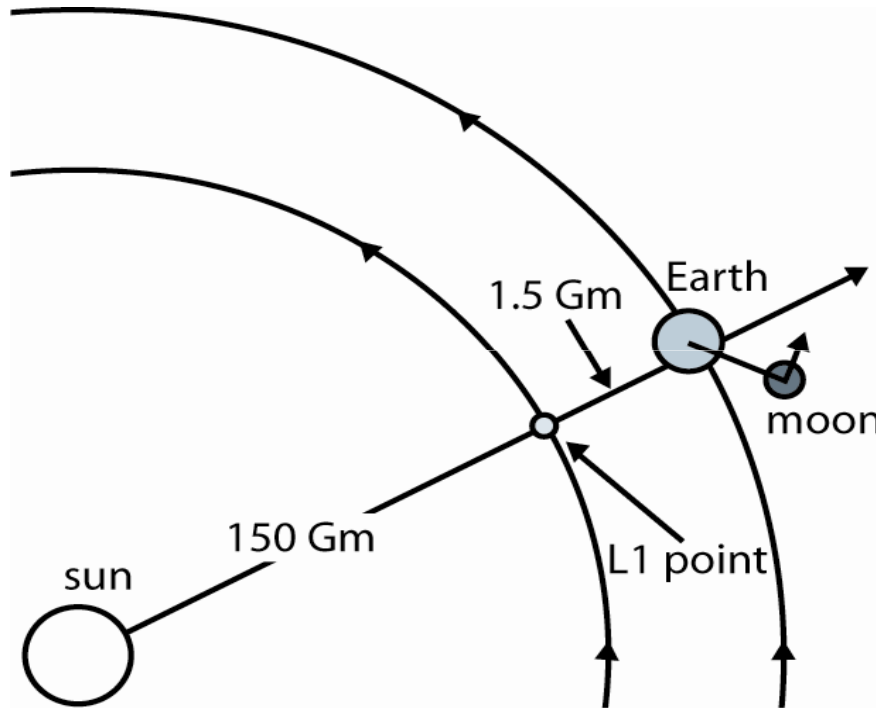
Zmanjšanje solarne konstante - zasenčevanje (1)

- Med Sonce in Zemljo bi namestili 16 milijard tankih silicijevih transparentnih diskov (premera 60 cm).
- Z njimi bi za 1,8 % zmanjšali sončevo sevanje, ki pride na Zemljo.
- Prozorne diske bi zložili v pakete po milijon kosov in jih z elektromagnetnimi, tirnimi topovi izstrelili v vesolje.
- Daljinsko vodenje bi napajali z mini sončnimi paneli
- Cena: cca 100 Milijard \$ letno

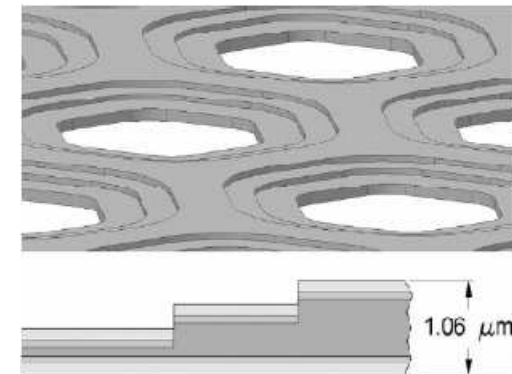


Roger Angel, University of Arizona

Solarni interceptorji (zasenčevanje)



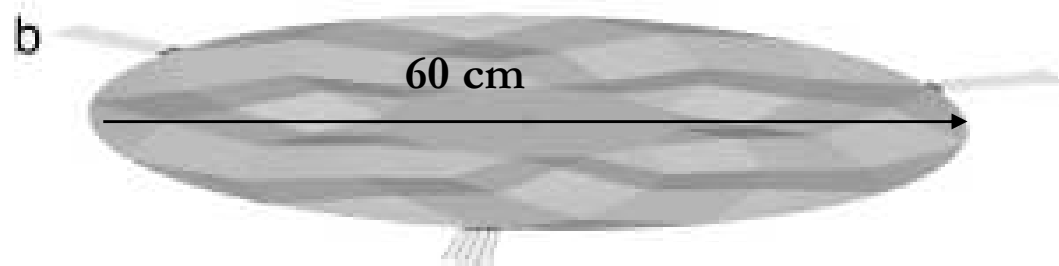
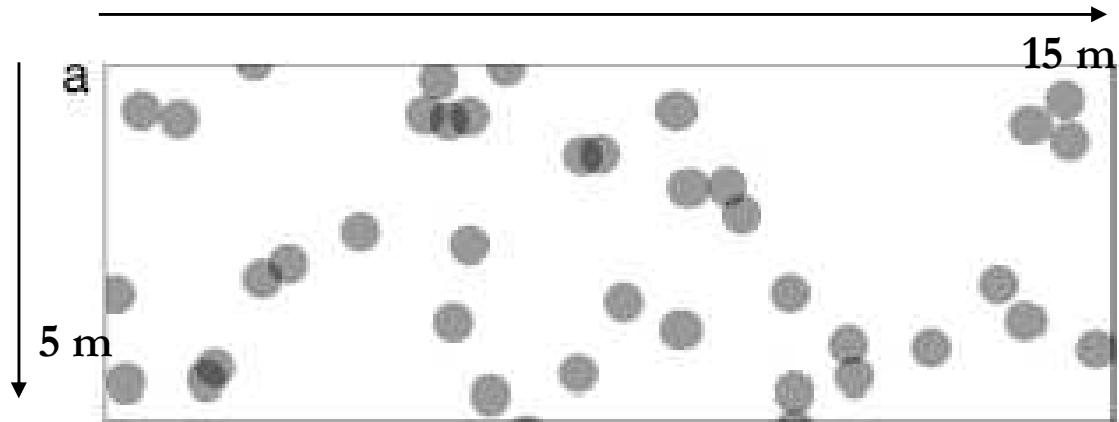
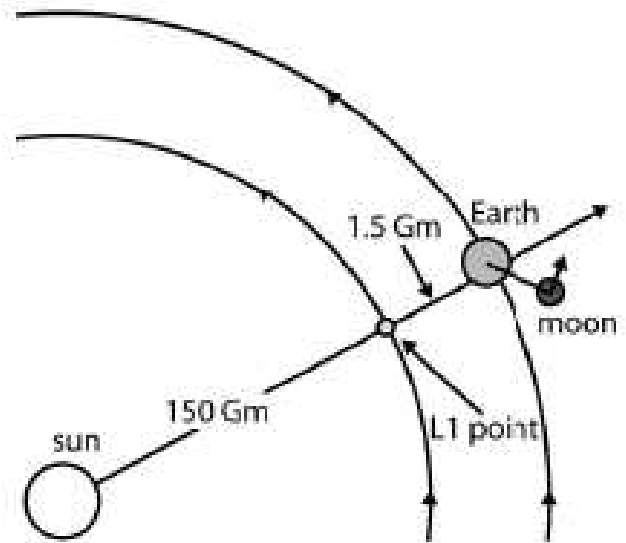
Točka, kjer so v ravnovesju gravitacijske in centrifugalne sile (Lagrange-va točka)



Oblak zelo majhnih plovil (Angell, 2007)

Ali

Velika ogledala

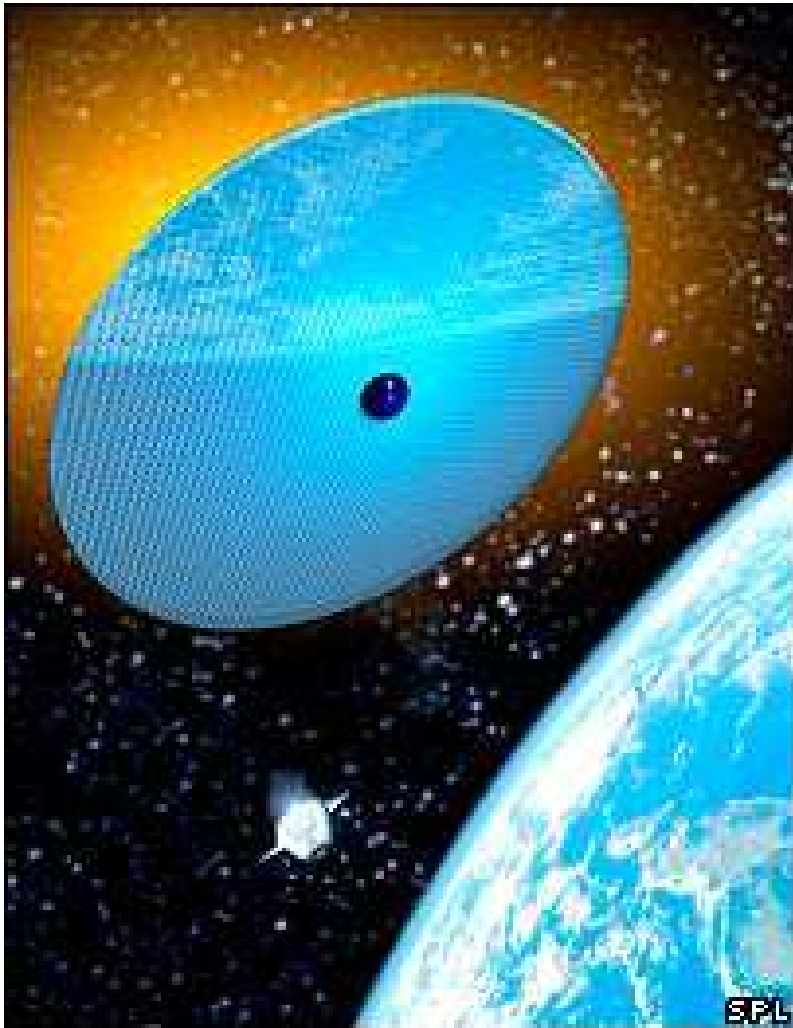


Masa vsake plošče **cca 1 gram**
 ~**15 trillijonov** kosov v obliki **100,000 km**
 “**oblaka**”.

“It seems feasible that it could be developed and deployed in 25 years at a cost of a few trillion dollars”

[Angel, PNAS, 2006]

Zmanjšanje solarne konstante - zasenčevanje (2)



US National Academy of Sciences

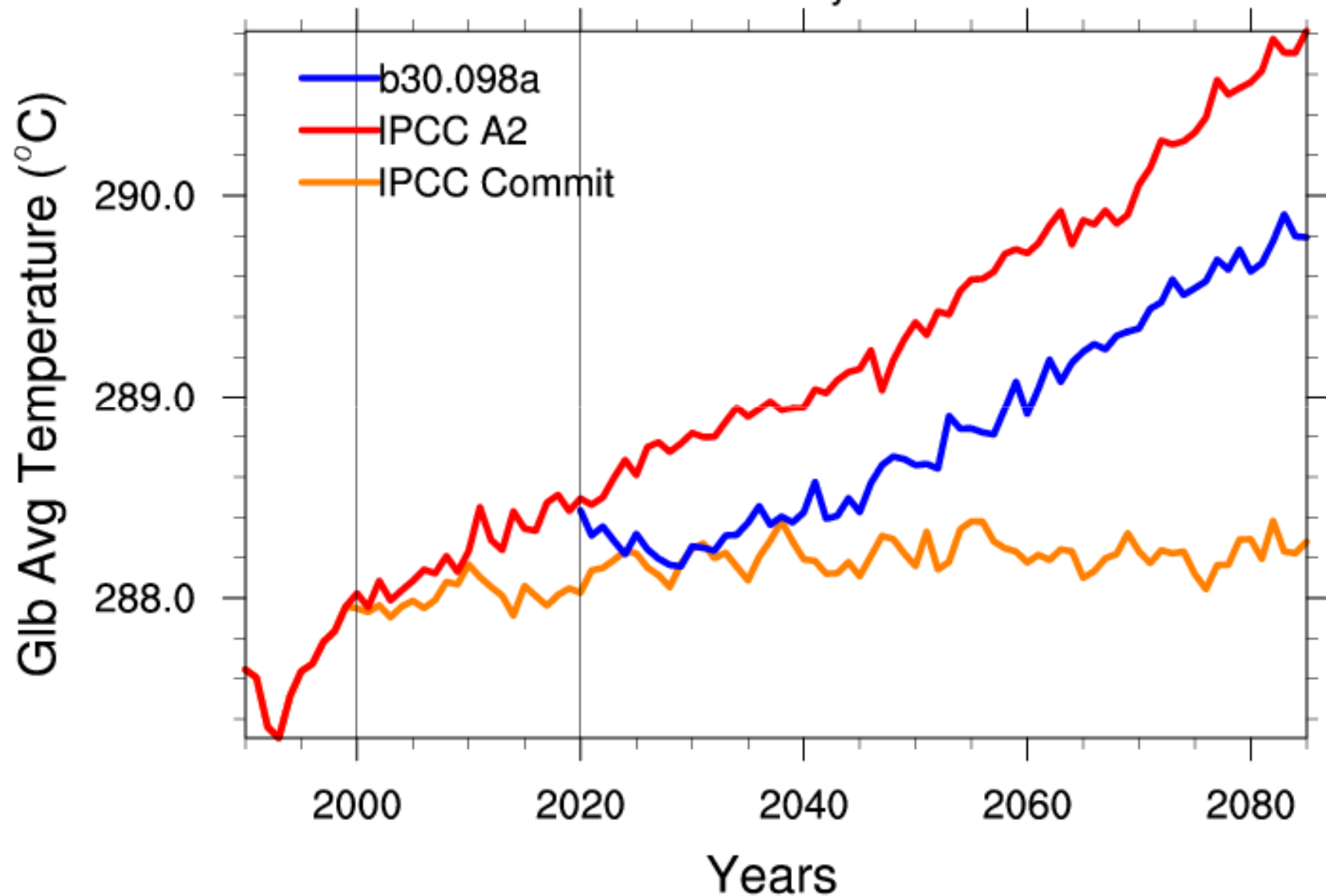
55,000 orbitalnih ogledal
bi zmanjšalo toplotno
bilanco planeta in
kompenziralo polovico
učinka podvojitve
vsebnosti CO₂

Ampak vsako ogledalo bi bilo
velikosti 10 x 10 km!!

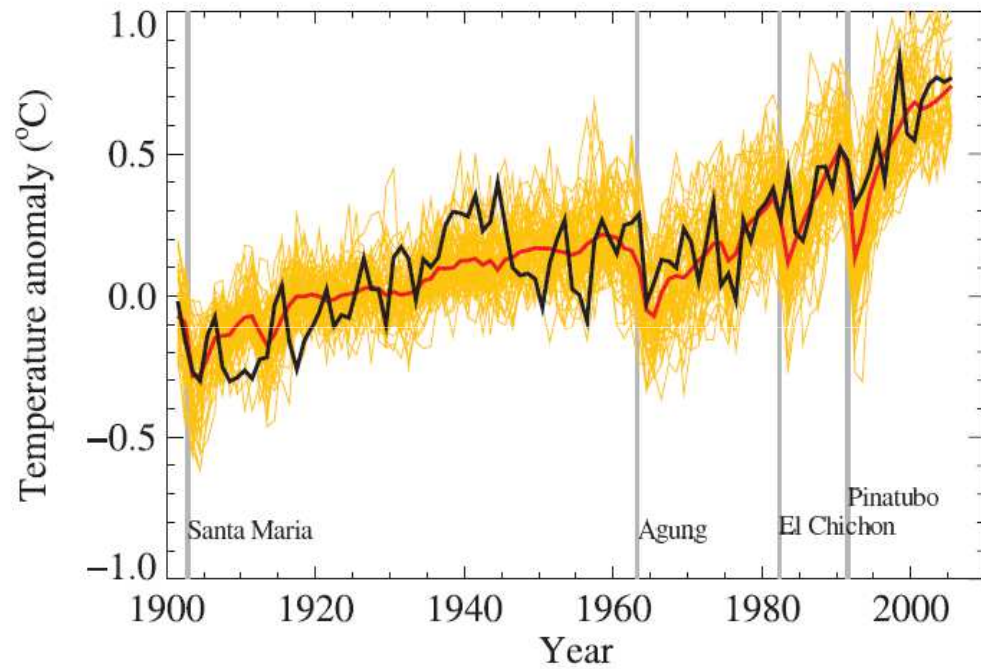
CCSM3 Geoengineering Run

decrease solar

by 0.3% since 2020



Stratosferski aerosoli



KAKO DEJANSKO SPRAVITI SULFATNI AEROSOL V STRATOSFERO?

Artilerija?

Letala?

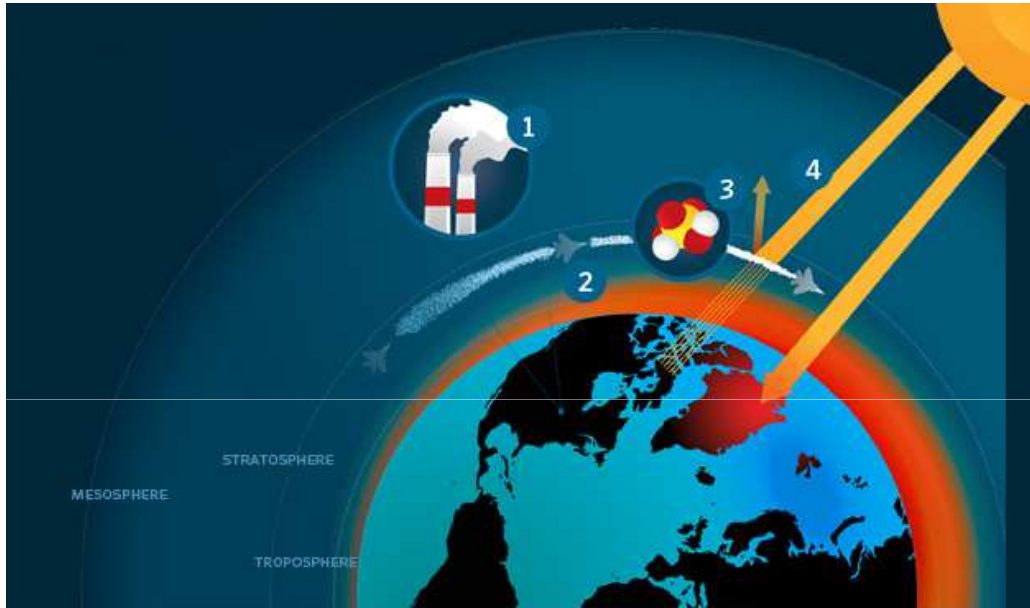
Izstrelki?

Baloni?

Privezani baloni z cevmi za
brizganje?



Stratosferski aerosoli



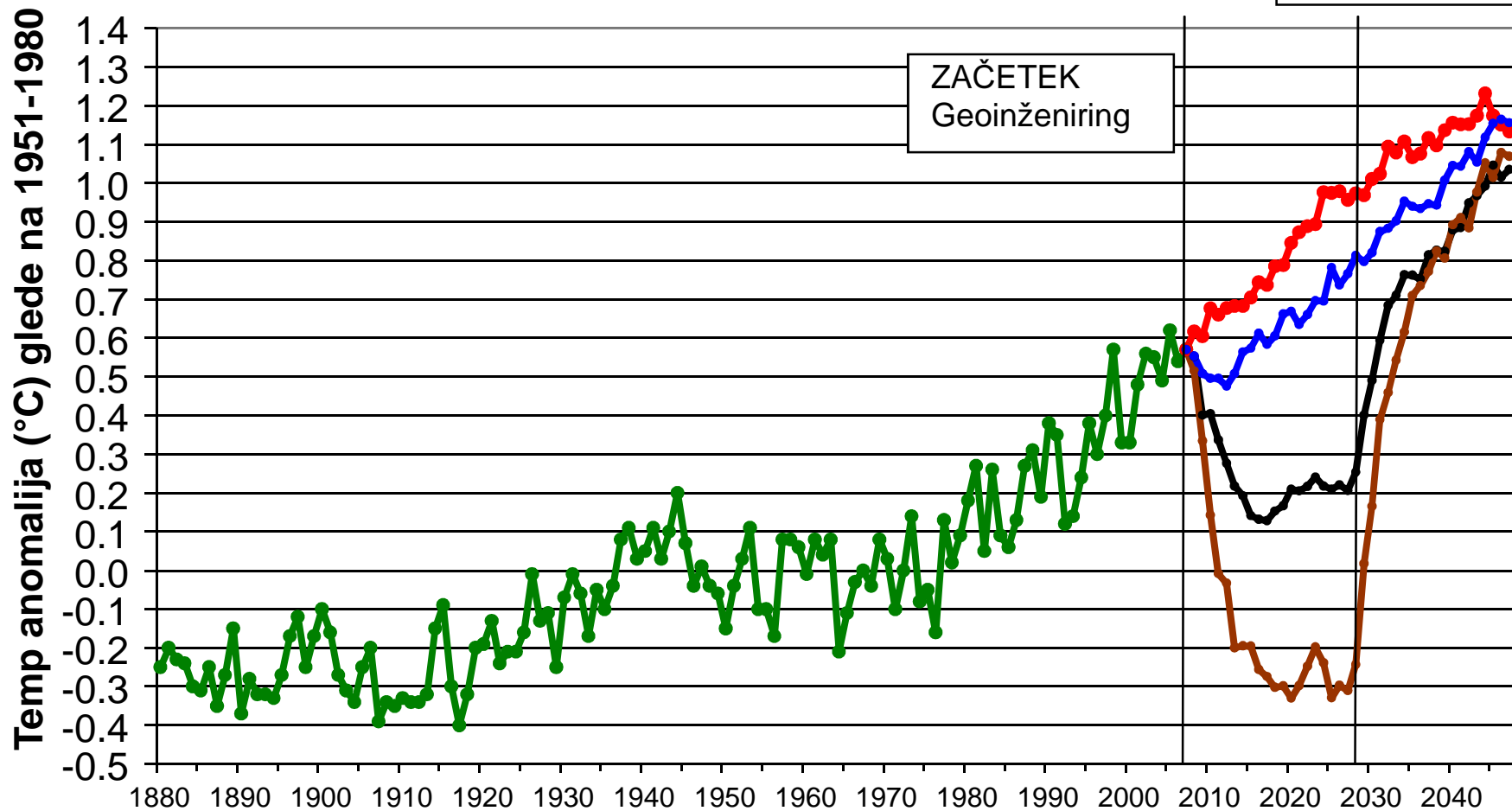
http://www.wired.com/print/science/planetearth/magazine/16-07/ff_geoengineering

- SO₂ iz industrijskih obratov, ki uporabljajo premog
- Vnos v stratosfero (baloni, letala,...)
- Hitri rezultati

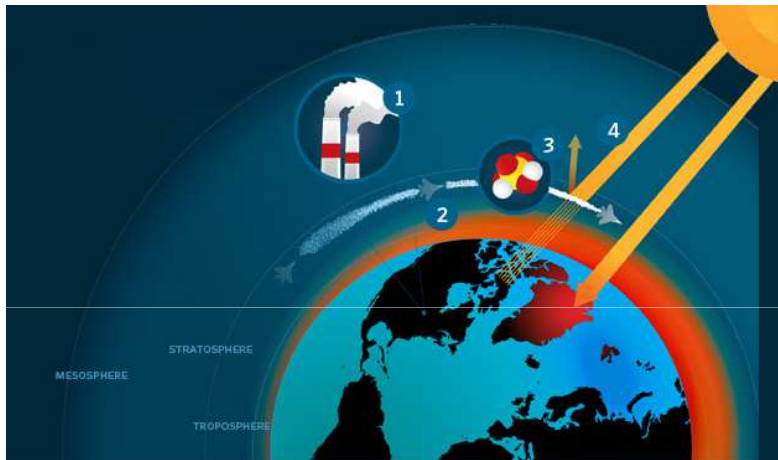
- Kemijske reakcije: $\text{SO}_2 + \text{druge molekule} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ kapljice z aerosoli
- Te absorbirajo/odbijejo 1-3 % sončnih žarkov nazaj v vesolje

GISS Globalna povprečna T anomalija
+ človekov vpliv,
3 Mt/yr nad Arktiko, 5 Mt/yr v tropih, 10 Mt/yr v tropih

Geoinženiring
KONEC



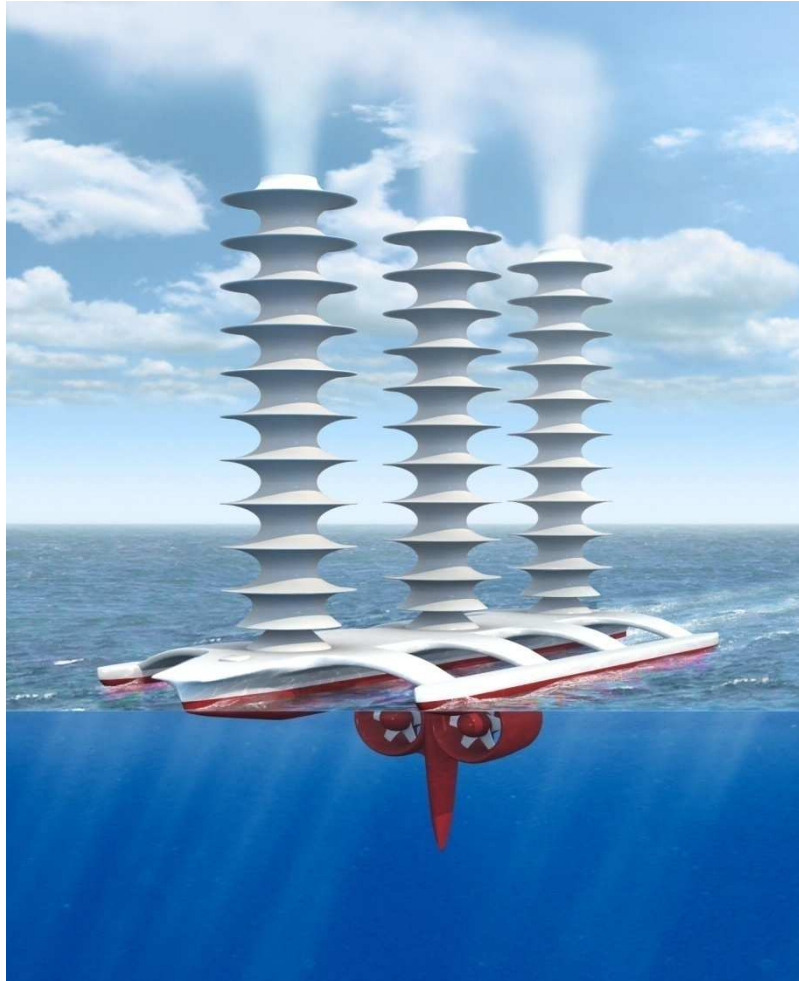
Stratosferski aerosoli – nezaželjeni stranski učinki



- Povečanje ozonske luknje
- Kisel dež
- Značilna modra barva neba

http://www.wired.com/print/science/planetearth/magazine/16-07/ff_geoengineering

Povečevanje oblačnosti



Naprave za produkcijo
30 kg/sec aerosola
0.8 mikronskih
kondenzacijskih jeder iz
morske vode.

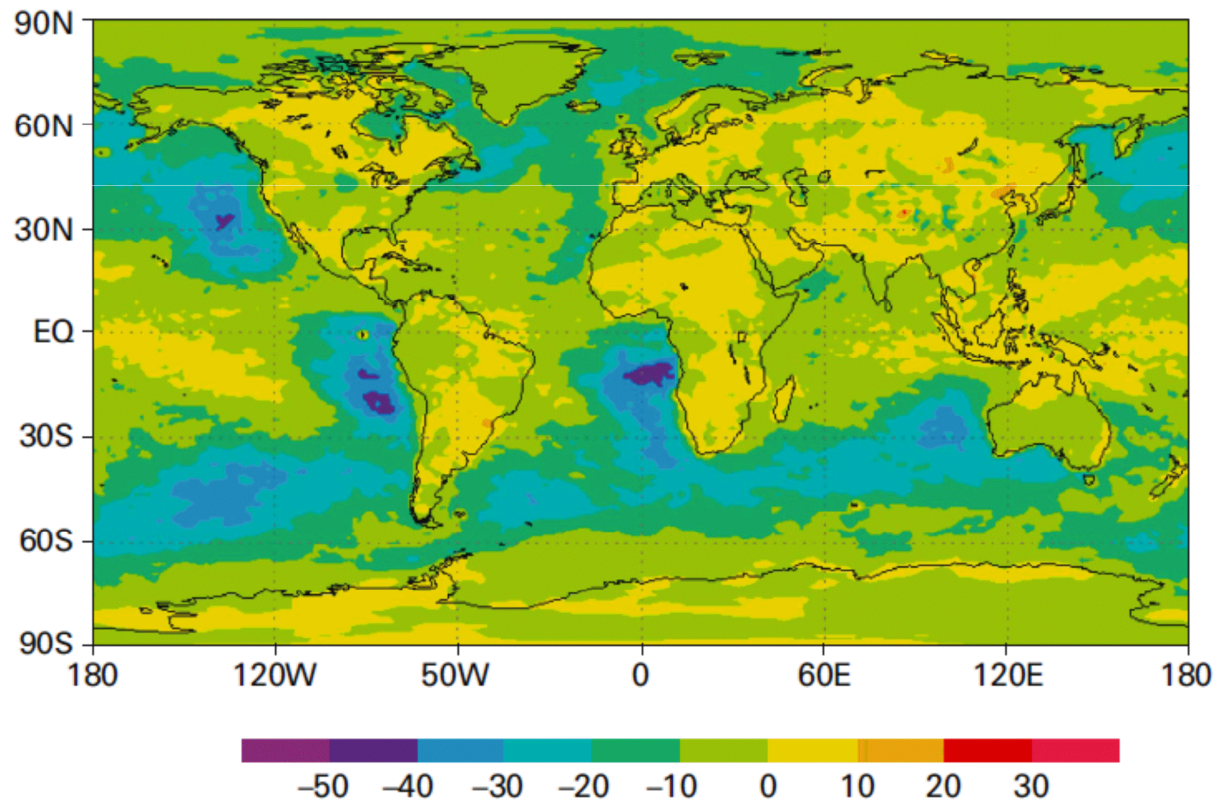
Odboj sončnega
sevanja na stratusnih
oblakih nad morjem
bi hladil Zemljo.



Morsko beljenje oblakov

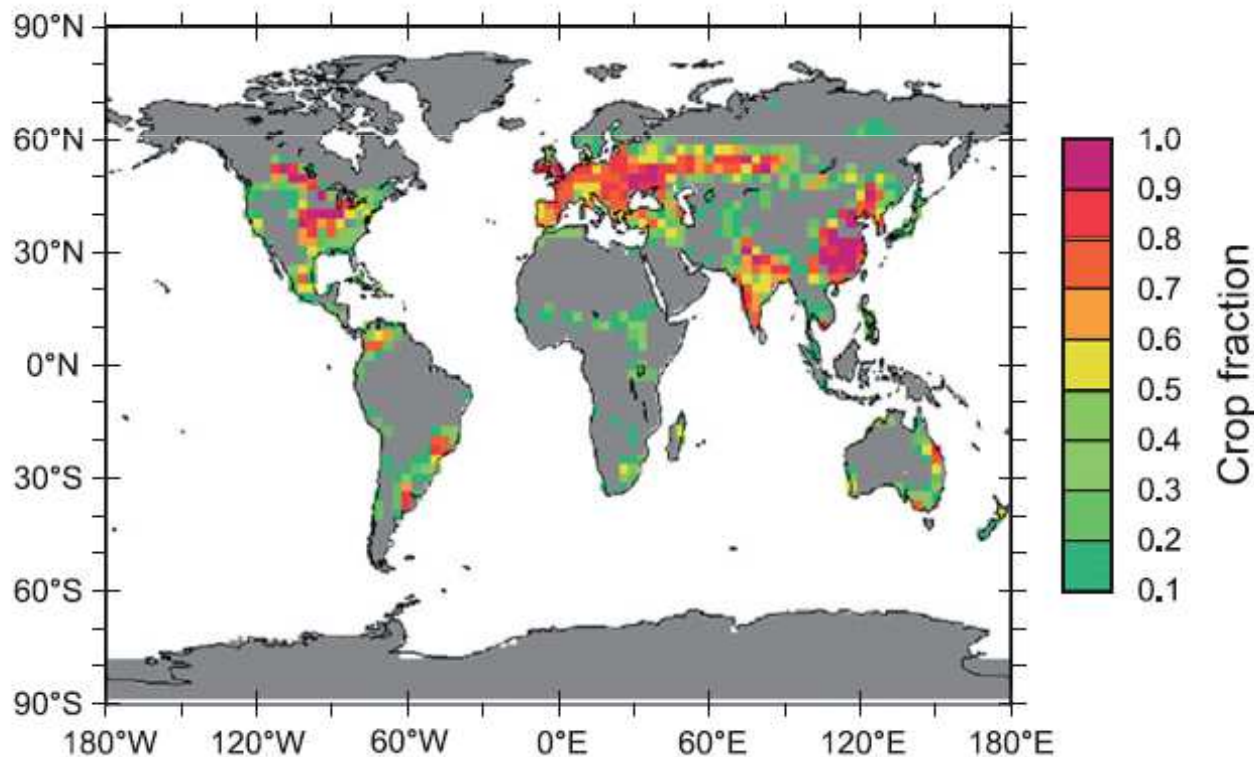
- Močni, a lokalizirani učinki hlajenja

Figure 3.2. Five-year mean difference (W/m^2) in radiative forcing at the top of the atmosphere between a control simulation (with CCN of $100/cm^3$) and a test run with CCN of $375/cm^3$ in regions of low-level maritime cloud (an extension of results from Latham et al. 2008).



Spreminjanje albeda kmetijskih površin

(povečan odboj – tudi gensko spremenjene rastline?)

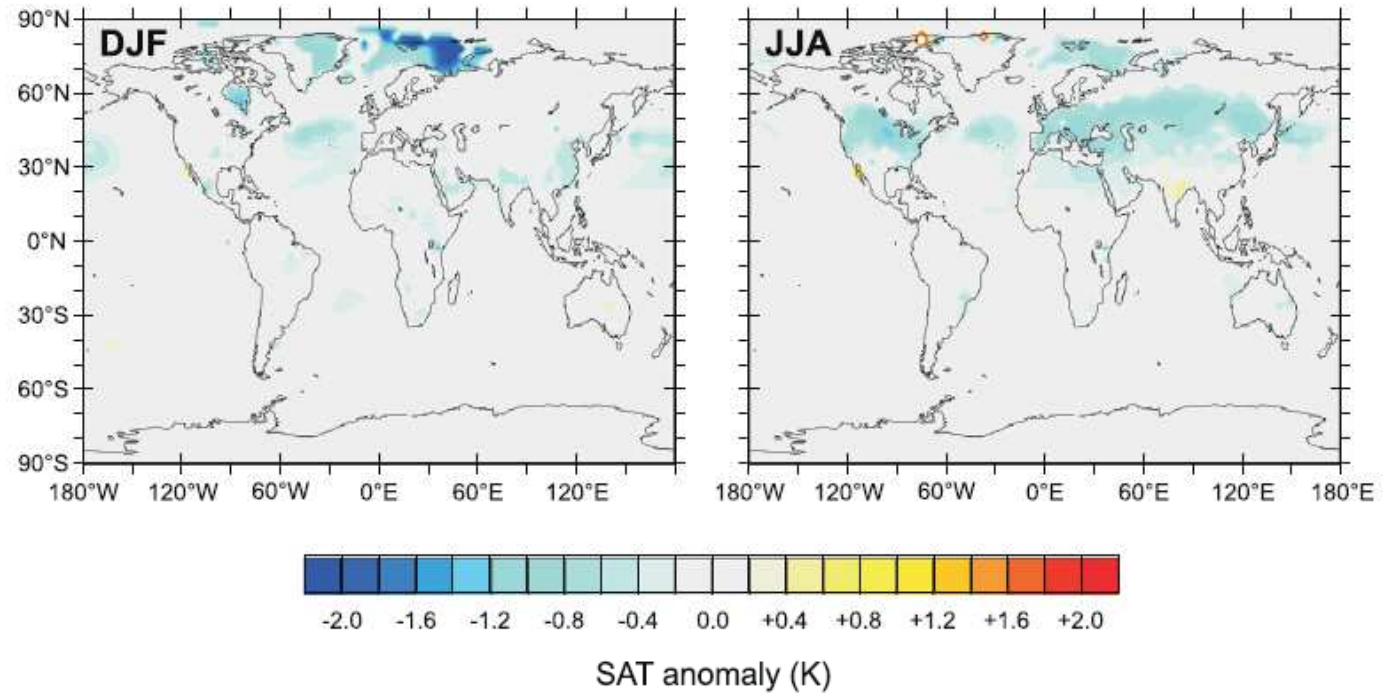


World Cropland Area

Global distribution of croplands, transformed onto the HadCM3 global climate model land surface grid.

Only C3 (taken to represent crops such as rice, wheat, and soybeans) and C4 (e.g., maize, sorghum, sugarcane, and millet) grasses are allowed to grow in the model within areas designated as cropland (if vegetation is predicted to be present at all).

Spreminjanje albeda kmetijskih površin



Global anomalies of summer (JJA) and winter (DJF) surface air temperature resulting from a **+0.04 increase in maximum crop canopy albedo** and an elevated atmospheric CO₂ concentration of 700 ppm, calculated relative to the (700 ppm CO₂) control experiment.

Ocene za površine povezane z spreminjanjem albeda

- ▣ Sevalni prispevek $2xCO_2 = 4 \text{ W m}^{-2}$
 - ▣ Površina Zemlje = $5 \times 10^{14} \text{ m}^2$
 - Skupni sevalni prispevek = $2 \times 10^{15} \text{ W}$
-
- ▣ Sprememba albeda tal (računano na vrhu atm. = 0.1
 - ▣ Sončno sevanje na vrhu atmosfere = 340 W m^{-2}
 - Potrebna površina = $0.6 \times 10^{14} \text{ m}^2$
-
- ▣ Površina kopnega skupno = $1.6 \times 10^{14} \text{ m}^2$
 - Odstotek površin, ki bi jih potrebovali za spremembo albeda = 37%

Bi pa ne bilo zelo drago, ipd.

Ocene za stratosferske aerosole

- Sončno sevanje na vrhu atmosfere = 340 W m^{-2}
 - Površina, da bi blokirali sevanje $2 \times 10^{15} \text{ W} = 6 \times 10^{12} \text{ m}^2$
-

- Velikost delcev = 10^{-7} m
 - Volumen, ki je potreben = $6 \times 10^5 \text{ m}^3$
-

- Življenski čas delcev v ozračju - stratosferi = $3 \times 10^7 \text{ s}$
 - Jakost injiciranja = $0.02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
-

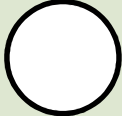




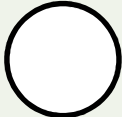
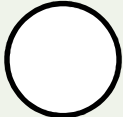

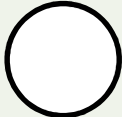






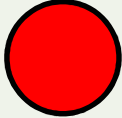



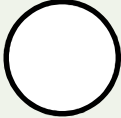
Težava : mednarodno soglasje, kako upravljati?

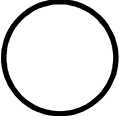
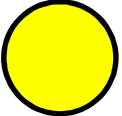
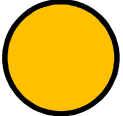
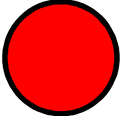


Velika
tveganja

Velik
potencial

Subjektivna mnenja na temo sončnega odboja

Pristop	Primernost prostorske skale	Hitrost razvoja	Tveganje na enoto učinka	Denarna učinkovit ost	Mednaro dno upravljan je
Reflektorji v vesolju					
Stratosferski aerosoli					
Pristopi beljenja oblakov					
Pristopi beljenja kopnega					

boljše     slabše

Caldeira, 2009

Geoinženiring - premisleki

		Gnojenje oceanov	Aerosoli v stratosferi	Ustvarjanje oblakov	Atmosfersk ogljik	Geokemični ogljik
UČINKOVITOST	Utemeljitev	Light	Light	Light	Light	Light
	Stopnja testiranja	Light	Light	Light	Light	Light
DOSTOPNOST	Začetna cena	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue
	Zajeti stranski učinki	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue
VARNOST	Stranski učinki	Red	Red	Red	Red	Red
	Kompleksnost sistema	Red	Red	Red	Red	Red
	Preverjenost	Red	Red	Red	Red	Red
ČAS	Stopnja blažitve	Light Red	Light Red	Light Red	Light Red	Light Red
	Nujne ustavitve	Light Red	Light Red	Light Red	Light Red	Light Red

KAKO OBVLADATI OKOLJSKE PROBLEME npr. EMISIJE TGP?

$$C = P \times (BDP / P) \times (E / BDP) \times (C / E)$$



vsebnost ogljika v emisijah CO₂

4 glavne
spremenljivke

P	populacija
BDP / P	gospodarska aktivnost na osebo
E / BDP	energijska intenzivnost gospodarstva
C / E	ogljikova intenzivnost vira energije

$$C = P \times (BDP / P) \times (E / BDP) \times (C / E)$$

P = populacija, osebe

BDP / P = gospodarska aktivnost na osebo, \$/osebo

E / BDP = energijska intenzivnost gospodarstva, GJ/\$

C / E = ogljikova intenzivnost vira energije, kg/GJ

Leto 2005

$$6.4 \times 10^9 \text{ oseb} \times \$6500/\text{osebo} \times 0.012 \text{ GJ}/\$ \times 15 \text{ kgC}/\text{GJ} \\ = 7.5 \times 10^{12} \text{ kgC} = \underline{7.5 \text{ milijard ton C}}$$

IZBIRE ZA ZMANJŠEVANJE EMISIJ

Zmanjšati rast rabe energije z...

- zmanjšanjem rasti prebivalstva
- zmanjšano rastjo BDP na prebivalca

Zmanjšati energijsko intenzivnost gospodarstva

- Povečana učinkovitost pri pretvarjanju energije v končno obliko
- Povečana učinkovitost končne rabe energije
- Sprememba sestave gospodarskih aktivnosti

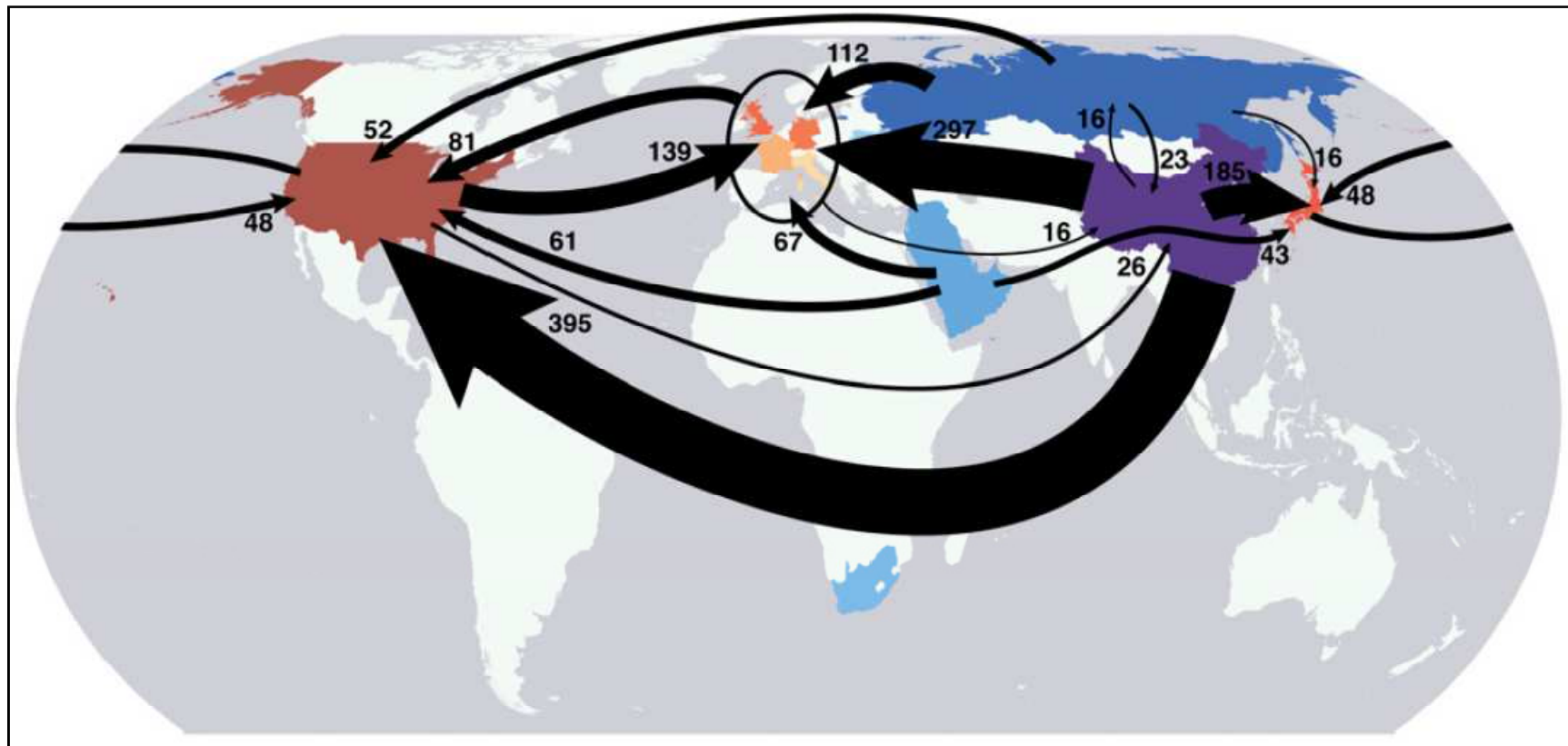
Zmanjšati ogljikovo intenzivnost vira energije z zamenjavo...

- nafte in premoga s plinom
- fosilnih goriv z obnovljivimi
- fosilnih goriv z jedrsko

ZAKAJ SO GLOBALNI DOGOVORI (SKORAJ) NEMOGOČI

Uvoz/izvoz ogljika (Mt CO₂ y⁻¹)

2004



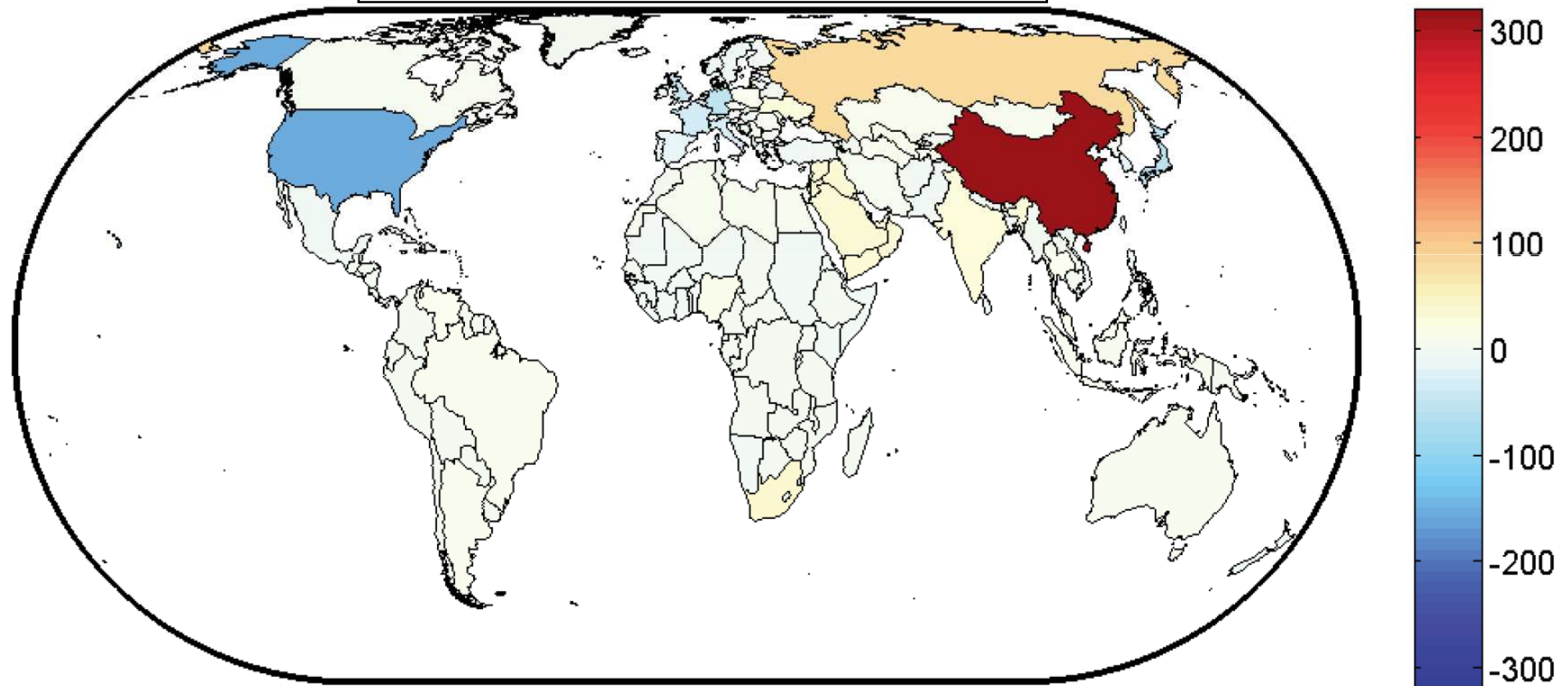
Države, ki izvažajo emisije (modro) in uvoznice (rdeče)

Davis & Caldeira 2010, PNAS; See also Peters & Hertwich 2008, Environ, Sci & Tech.

Balance of Emissions Embodied in Trade (BEET)

Year 2004

Warm colors → Net exporters of embodied carbon
Cold colors → Net importers of embodied carbon



Primer VB

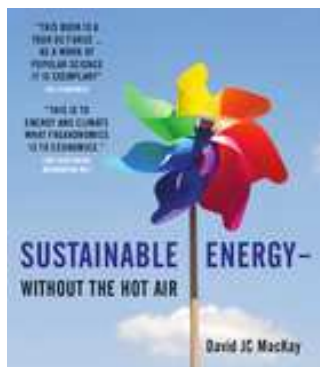
Britanski URADNI ogljični odtis
11 ton CO₂e na leto na osebo

+

Vgrajeni CO₂ v uvoženih izdelkih

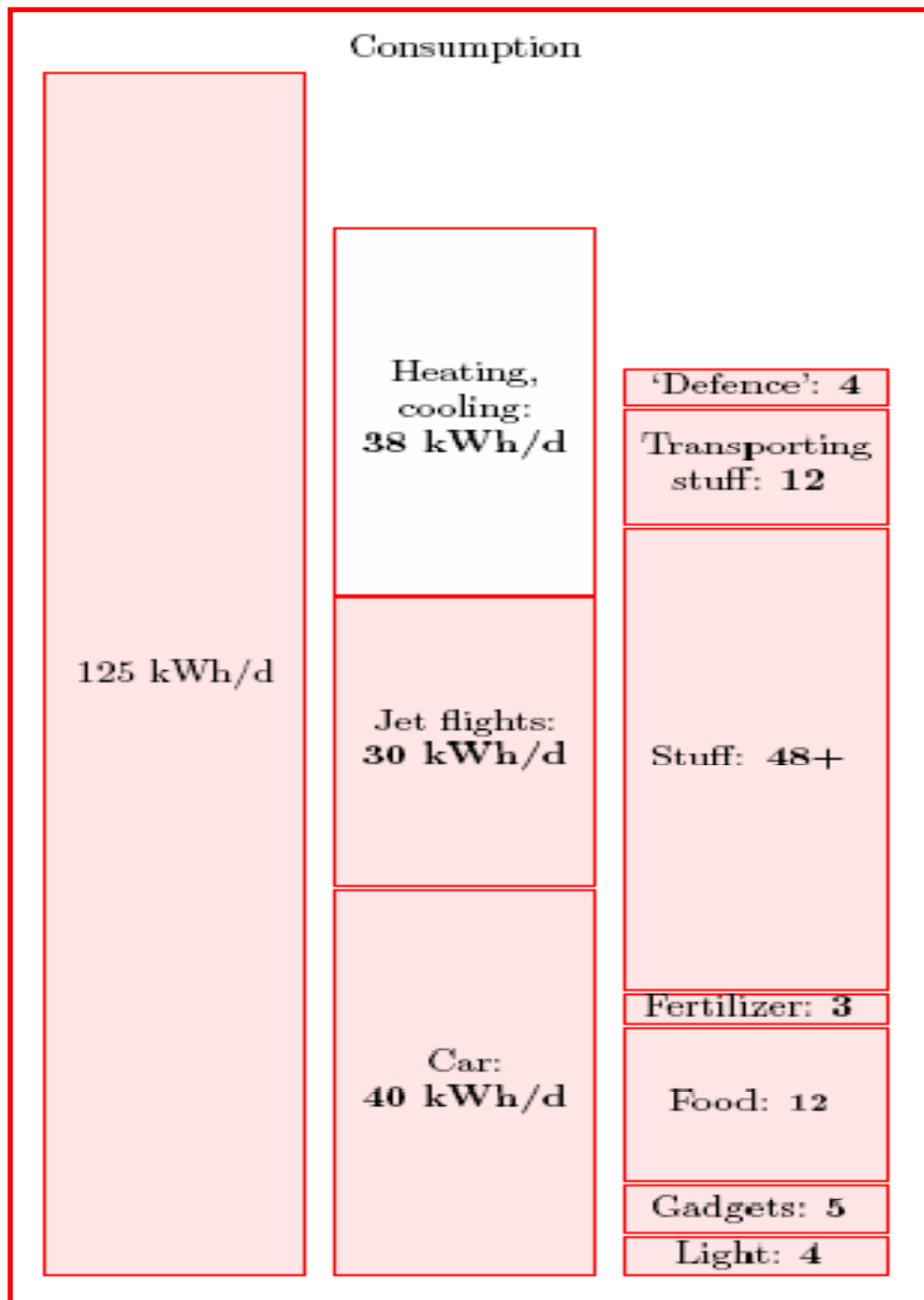
6.2 ton CO₂e na leto na osebo

(najvišja ocena 16 ton CO₂e letno na osebo)



MacKay, 2008

DEFRA, 2008



- Povprečni Evropejec 125 kWh/dan
- Povprečje za ZDA 250 kWh/dan
- Povprečni Slovenec ???

125 kWh/dan \approx 12,5 t CO₂/leto

MacKay, 2008



140 kWh/d
peak 25 kW

rating photovoltaic by Amonix - Photo by David

ali



1,2 ha na
osebo

126
kWh/dan

	Before	What you can do	After
1,5 ton CO ₂ na leto	Food: 15kWh/d	<i>eat vegetarian, six days out of seven</i>	5 kWh/d
4 tone CO ₂ na leto	Heating: 40kWh/d (keeping a leaky home and workplace at 20 °C)	<i>put on a sweater, be creative with the thermostats, read your meters</i>	20kWh/d
3,5 ton CO ₂ na leto	Flying: 35kWh/d (London to Los Angeles, Rome, and Malaga, yearly)	<i>video-conference instead</i>	1 kWh/d
4 tone CO ₂ na leto	Car: 40kWh/d (averaging 30 miles per day)	<i>join a car club, cycle, walk, and use public transport</i>	5 kWh/d
13 ton CO₂ na leto			3,1 tone CO₂ na leto