

Kopenhaška diagnoza - poročilo o stanju znanosti o podnebjju

Za objavo na spletnih straneh SMD pripravili: Mojca Dolinar, Jožef Roškar, Boris Zupancič

Nekaj več od treh let je minilo od objave četrtega poročila Mednarodnega odbora za podnebne spremembe (IPCC). Od takrat do danes se je pojavilo na stotine strokovnih člankov, namenjenih vplivu človeka na klimatske spremembe. Namen Kopenhaške diagnoze je dvojni in sicer: 1. da predstavi analizo razvoja znanosti na tem področju od zadnjega IPCC poročila pred tremi leti, naslednje je predvideno v letu 2013 in 2. da predstavlja priročnik o napredku znanosti od zadnjega IPCC poročila za Kopenhaški vrh v začetku decembra 2009 in osnovo za kreiranje nacionalnih in mednarodnih strategij.

Diagnoza se je osredotočila na teme, ki jih je pri pripravi četrtega IPCC poročila obravnavala 1. delovna skupina. To so teme, ki obravnavajo fizikalne osnove podnebnih sprememb. Diagnoza je namenjena predvsem kot pomoč pri kreiranju razvojnih politik, pa medijem in celotni javnosti. Vsako poglavje ima na začetku poudarke, ki povzemajo vsebino poglavja.

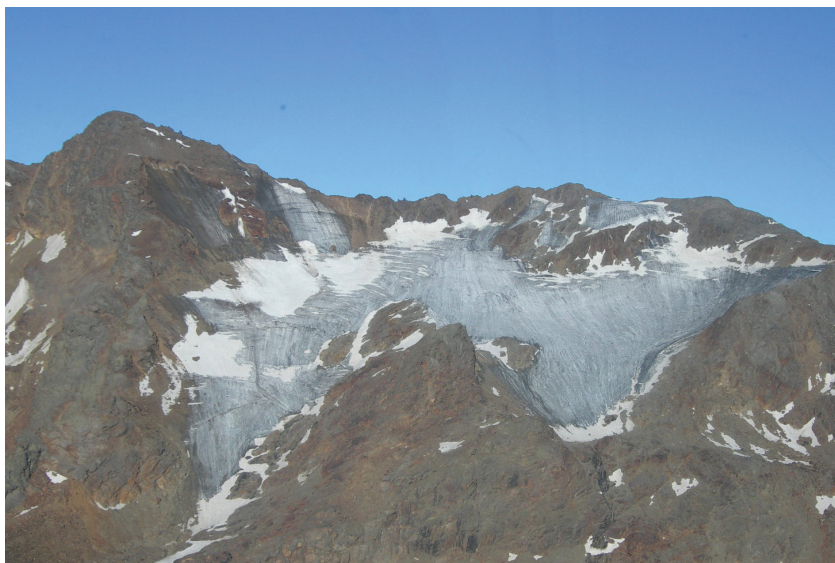
Za predstavitev najširši slovenski javnosti smo prevedli Razširjeni povzetek ter poudarke na začetku vsakega poglavja. Za popestritev smo iz originalnega teksta izbrali nekaj zanimivih slik in grafikonov, na koncu pa dodali še tri grafikone iz Slovenije.

Originalni naslov poročila:

The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the World on the Latest Climate Science.

I. Allison, N.L. Bindoff, R.A. Bindshadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, J.E. Francis, N. Gruber, A.M. Haywood, D.J. Karoly, G. Kaser, C. Le Quéré, T.M. Lenton, M.E. Mann, B.I. McNeil, A.J. Pitman, S. Rahmstorf, E. Rignot, H.J. Schellnhuber, S.H. Schneider, S.C. Sherwood, R.C.J. Somerville, K. Steffen, E.J. Steig, M. Visbeck, A.J. Weaver. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.

©2009 UNSW Climate Change Research Centre
UNSW Sydney NSW 2052
Australia



Slika prikazuje ledenik Weissbrunnferner v italijanskih alpah 18. julija 2006, ki je izgubil svoje telo. Povečane temne površine ledu še pospešujejo hitrost taljenja.

Razširjeni povzetek

Naraščajoče emisije toplo-grednih plinov: leta 2008 so bile emisije ogljikovega dioksida, nastalega pri izgorevanju fosilnih goriv, skoraj 40 % višje kakor leta 1990. Tudi če stabiliziramo izpuste na današnjem nivoju, bo po dvajset letih takih izpustov verjetnost, da se ozračja segreje za več kot 2° C kar 25 % in to tudi v primeru, če po letu 2030 izpuste zmanjšamo na nič. Z vsakim letom zamujanja z aktivnim ukrepanjem povečujemo verjetnost, da bo segrevanje ozračja večje od 2° C.

Zadnje izmerjene globalne temperature dokazujejo, da je segrevanje ozračja tudi posledica človekovega delovanja: Zadnjih 25 let so temperature naraščale po 0.19° C na deset let, kar se lepo ujema z napovedmi, zasnovanimi na povečanju izpustov. Celo zadnjih 10 let se je kljub zmanjšani aktivnosti sonca nadaljeval trend segrevanja. Popolnoma normalno je, da so vrednosti temperature ozračja nihale, toda naraščajoči trend se ni spremenil.

Taljenje ledenikov in z ledom pokritih kopnih površin se nadaljuje: Široka paleta satelitskih in drugih meritev nedvoumno demonstrira, da ledene površine na Grenlandiji in Antarktiki izgubljajo maso z vse večjo hitrostjo. Taljenje ledenikov in ledenih površin po svetu se je po letu 1990 znatno pospešilo.

Hitro krčenje morskega ledu v Arktiki: Taljenje ledu v Arktičnem morju se je povečalo mnogo bolj, kot so napovedovali klimatski modeli. Površina talečega se morskega ledu je bila v obdobju 2007-2009 za 40 % večja od povprečnih napovedi klimatskih modelov, objavljenih v 4. poročilu IPCC.

Podcenjen dvig morske gladine: Zadnja satelitska merjenja globalnega povprečja dviganja morske gladine (3.4 mm/leto v zadnjih 15 letih) kažejo, da je dvig skoraj 80% nad predvidevanji v zadnjem IPCC poročilu. Hitrejši dvig morske gladine se ujema s podvojenim prispevkom zaradi taljenja ledenikov in ledenih površin na Grenlandiji in zahodni Antarktiki.

Popravljen napovedi dviga morske gladine: Povečanje gladine morja bo leta 2100 vsaj dvakrat večje, kot je bilo predvideno v zadnjem poročilu IPCC; v primeru, da bodo emisije ostale na sedanjem nivoju, bo dvig morske gladine krepko višji od 1 m. Predvidena zgornja meja dviga leta 2100 je približno 2 m. Morska gladina se bo dvigovala še stoletja potem, ko bo rast temperature ustaljena. V naslednjih stoletjih je potrebno resno pričakovati dvig morske gladine za nekaj metrov.

Z zamujenimi aktivnostmi tvegamo nepopravljivo škodo: Če se bo segrevanje ozračja zaradi nespremenjenih izpustov nadaljevalo v sedanjem merilu do konca tega stoletja, bo več ranljivih elementov v podnebnem sistemu (na primer ledene površine na kontinentih, deževni gozd ob Amazonki, zahodno-afriški monsun in drugi) skoraj povsem izginilo ali pa se bodo nepopravljivo spremenili. Tveganje prehoda kritične točke s trajanjem antropogenih podnebnih sprememb strmo narašča. Čakanje na več znanstvenih dokazov lahko pomeni, da bodo nekatere kritične točke presežene, preden se bomo dokopali do dokazov.

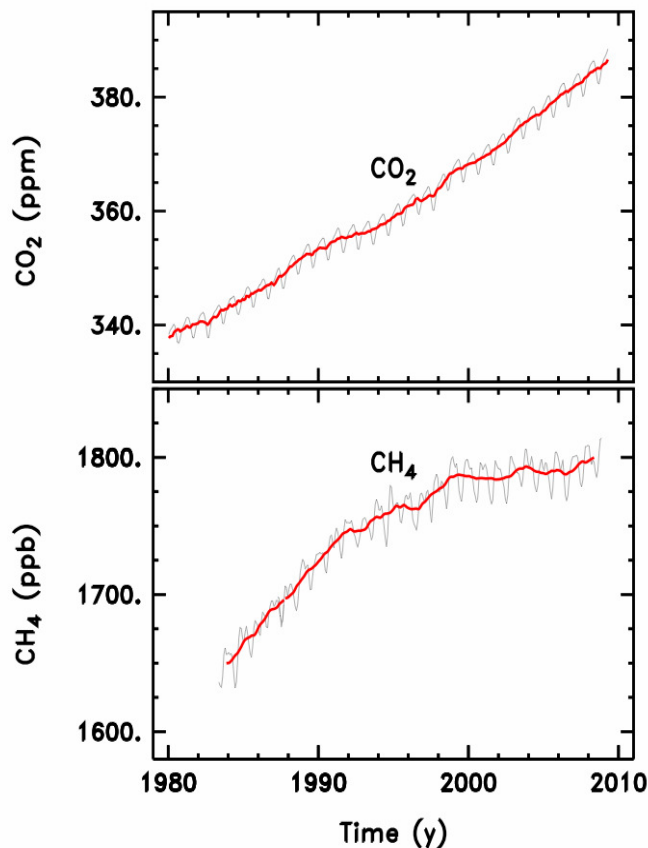
Točko obrata moramo doseči čimprej: Če naj omejimo globalno segrevanje na največ 2° C glede na predindustrijsko dobo, morajo izpusti doseči vrh med letoma 2015 in 2020, nato pa strmo padati. Za stabilizacijo podnebja je še v tem stoletju potrebno preiti na skoraj brez-ogljikno družbo in omejiti izpuste drugih toplo-grednih plinov blizu nič. Bolj natančno, povprečne letne emisije CO₂ na prebivalca se morajo do leta 2050 zmanjšati daleč pod 1 tono.

To je približno 80-95 % manj, kakor so bile emisije na prebivalca v razvitih državah leta 2000.

Povzetki posameznih poglavij analize

Toplo-gredni plini in karbonski cikel

- V letu 2008 so bili globalni izpusti ogljikovega dioksida (CO₂), nastalega zaradi uporabe fosilnih goriv, 40 % večji kakor leta 1990, pri čemer je bila rast v zadnjih 18 letih trikratna.
- Globalni izpusti CO₂, ki nastajajo zaradi uporabe fosilnih goriv, so blizu najvišjega scenarija, ki ga je predvidel IPCC.
- Kljub velikemu med-letnemu nihanju se je del CO₂, ki so ga absorbirala tla ali oceani, zmanjšal za okrog 5 % v zadnjih 50 letih (od 60 na 55 %).



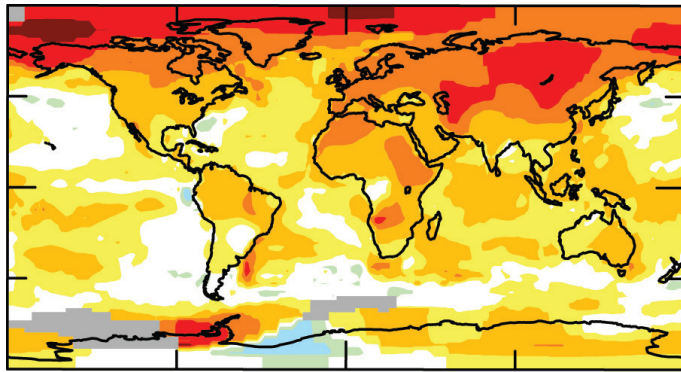
Koncentracije CO₂ in CH₄ (metan). Rdeča črta označuje trend, kjer so odvzeta sezonska nihanja. Oba plina sta najbolj pomembna antropogena toplo-gredna plina. Podatki za CO₂ so globalno povprečni, podatki za CH₄ so za postajo Mauna Loa.

Vir: Earth System Laboratory of the US National and Atmospheric Administration,).

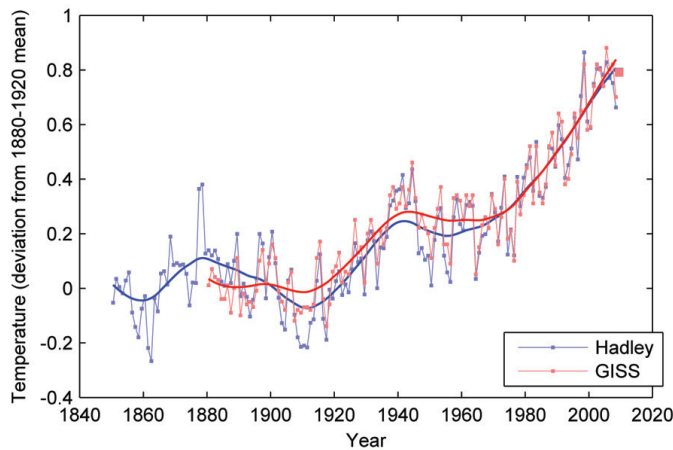
Ozračje

- Vzorci trendov globalne temperature, vlage in padavin kažejo lastnosti, ki jih ne moremo razložiti drugače kakor s povečanimi koncentracijami toplo-grednih plinov.
- Vsako leto v tem stoletju (2001 – 2008) se uvršča med deset najtoplejših let, odkar so se začele instrumentalne meritve in to kljub zmanjšanemu sončnemu obsevanju v preteklih letih.

- Od leta 1970 ima globalna temperatura izrazit trend naraščanja ($\sim 0.6^\circ\text{C}$), kar se ujema s pričakovanim segrevanjem, povzročenim s toplo-grednimi plini.

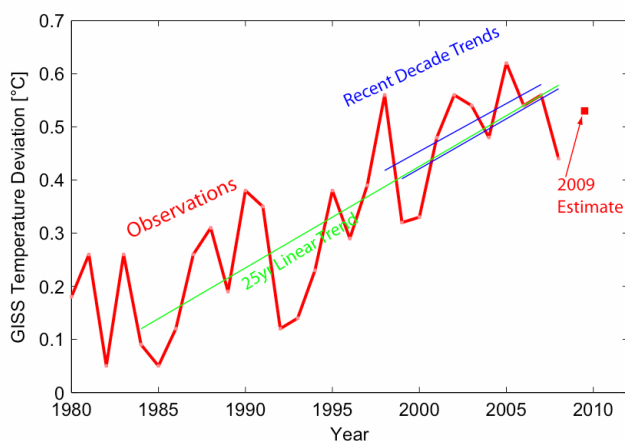


Odstopanje povprečne temperature površja v časovnem obdobju 2001 – 2007 glede na referenčno obdobje 1951 – 1980.



Odstopanje globalne povprečne temperature v obdobju 1850 – 2009 glede na obdobje 1880 – 1920.

Vir podatkov: NASA/GISS in Hadley.

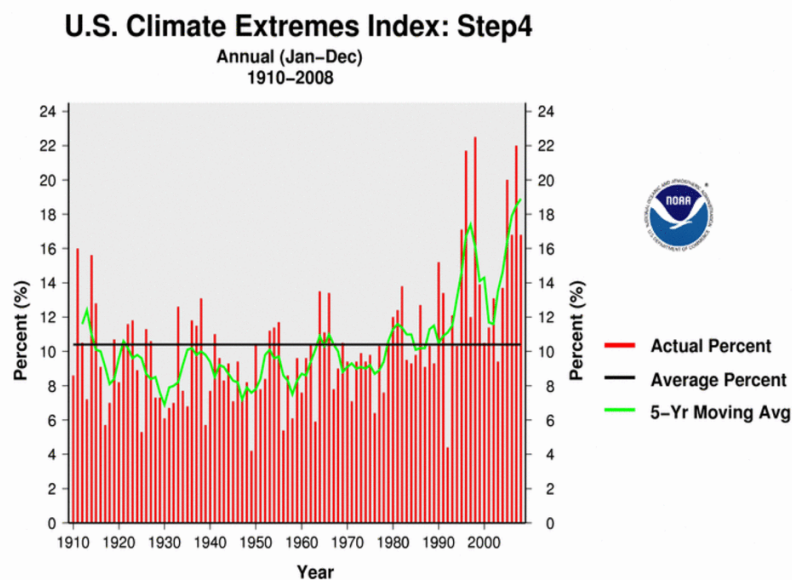


Globalna temperatura po letu 1980 po NASA GISS podatkih. Rdeča črta predstavlja letne podatke, rdeči kvadrat pa preliminarno vrednost za leto 2009, izračunano na osnovi podatkov od januarja do avgusta 2009. Zelena črta predstavlja 25. letni linearni trend (0.19°C na desetletje). Modri črti predstavljata dva zadnja desetletna trenda (0.18°C za desetletje 1998 – 2007, 0.19 za desetletje 1999 – 2008) in potrjujeta, da se zadnji desetletni trendi v celoti ujemajo z dolgoročnim

trendom in napovedmi IPCC. Napačna interpretacija trendov segrevanja se lahko pojavi le, če uporabimo samo izbrana časovna obdobja, na primer 1998 – 2008, tako da povežemo končne točke (leto 2008 je bilo hladnejše od leta 1998).

Ekstremni dogodki

- Trend višjih toplih ekstremov in nižjih hladnih se bo nadaljeval.
- Antropogene klimatske spremembe bodo povzročile nadaljnjo večanje števila padavinskih ekstremov in sicer oboje, povečevanje obilnih padavin, pa tudi daljšanje trajanja suš.
- Čeprav zaenkrat še ne moremo modelirati bodočih sprememb aktivnosti tropskih ciklonov, najnovejše analize opazovanj potrjujejo, da se je v zadnjih treh desetletjih njihova aktivnost povečala, kar je v skladu z naraščajočo temperaturo oceanov v tropskih področjih.



Slika potrjuje, da se v ZDA srečujejo z vedno večjimi področji, ki jih prizadenejo obilne dnevne padavine. Prikazuje letne vrednosti procenta površine ZDA, ki jih prizadenejo obilne dnevne padavine, ki so mnogo večje od povprečnih vrednosti (90-100 percentil).
Vir: Gleason et al. (2008) updated by NOAA at [/www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/cei/cei.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/cei/cei.html).

Tla

- Sprememba pokrivnosti tal, posebno zmanjševanje gozdnih površin, ima lahko pomemben vpliv na regionalno podnebje, toda na globalni skali ima največji vpliv sproščanje CO₂, ki nastaja pri teh procesih.
- Opazovanja suše leta 2005 na področju Amazonke nakazujejo, da lahko tropski gozd postane pomemben izvor CO₂, če se bo količina padavin zmanjševala.
- Spremembe ogljikovega dioksida med malo ledeno dobo nakazujejo, da lahko segrevanje povzroči sproščanje CO₂ s tal; to je proces, ki lahko še pospeši segrevanje podnebja v tem stoletju.
- Vzdrževanje obsega tropskega gozda lahko za 20% zmanjša količine CO₂, ki jih je povzročil človek, in tako pomaga vzdrževati biotsko raznovrstnost.

Permafrost in hidrtati

- Najnovejša dognanja v zvezi s permafrostom (trajno zmrznjena tla) na severni polobli nakazujejo, da lahko le-ta ob otoplitvi postane velik dodatni vir CO₂ in CH₄ (metan), kar bi dodatno pospešilo segrevanje.
- Zadnjega globalnega povečanja koncentracij metana ne moremo pripisati degradaciji permafrosta.
- Pod morskim dnom globokih oceanov in pod permafrostom obstaja dodaten pomemben vir metana v obliki hidratov; nedavno so ocenili, da sproščanje tega metana v tem stoletju ni verjetno.

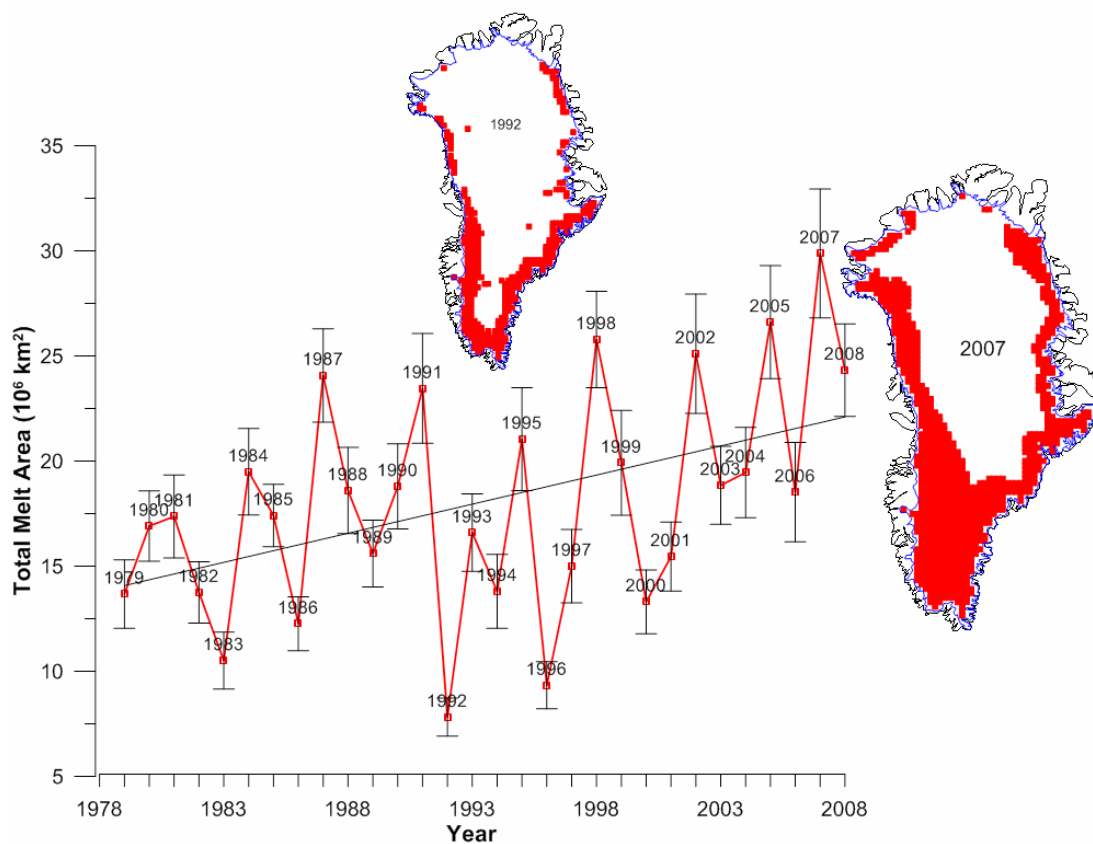
Ledeniki in ledeniške kape

- Obstaja precej dokazov o povečanem taljenju ledenikov od sredine 1990. tih let.
- Prispevek taljenja ledenikov k povečevanju morske gladine se je povečal od 0.8 mm na leto v 1990.tih na 1.2 mm danes.
- V kolikor bi se podnebje ustalilo na današnjem nivoju, bo taljenje ledenikov prispevalo k povišanju nivoja morja dodatnih 18 cm. Če pa se bo segrevanje nadaljevalo z nezmanjšano intenzivnostjo bo ta prispevek približno 55 cm leta 2100.



Ledeni pokrovi Grenlandije in Antarktike

- Površina ledu na Grenlandiji, ki se tali, je od leta 1979 narasla za 30 %. Poleti 2007 se je talilo rekordnih 50 % celotne ledene površine.
- Zaradi povečanega taljenja in pospešenega toka ledu se je neto izguba ledene mase na Grenlandiji pospešeno povečevala od sredine 1990.tih let in zdaj prispeva letno 0.7 mm k dvigu morske gladine.
- Izguba ledene mase na Antarktiki se zaradi povečanega ledenega toka prav tako povečuje, največ na zahodnem delu Antarktike. Trenutno prispeva Antarktika k dvigu morske gladine približno enako kot Grenlandija.



Na osnovi pasivnih mikrovalovnih satelitskih podatkov se je površina taljenja ledu med leti 1979 in 2008 povečala za 30 %, največ leta 2007. V splošnem nastane 33 – 55 % celotne izgube ledene mase na Grenlandiji zaradi taljenja ledu in odtokov. Leta 2007 je površina talečega se ledu dosegla 50 % celotne ledene površine. Vulkanski aerosoli iz Mt. Pinatubo so bili leta 1992 vzrok za kratkotrajno globalno ohladitev in posledično manjše taljenje.

Vir: Steffen et al. 2008.

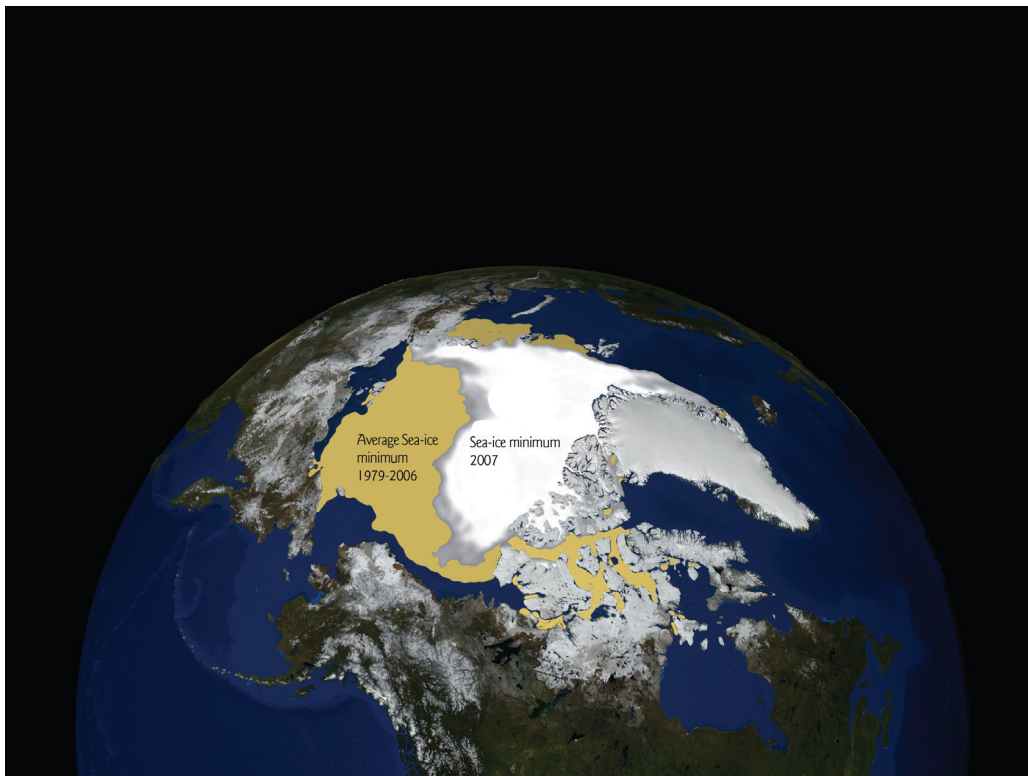
Ledene police

- Ledene police povezujejo ledene pokrove na kopnem z morjem. Destabilizacija ledenih polic je bila na Antarktičnem polotoku v zadnjih 20 letih obširna; podrla se je 7 polic.

- Znaki slabljenja ledenih polic se kažejo tudi drugod na Antarktiki, kar nakazuje mnogo večji vpliv segrevanja podnebja in oceanov na ledeni pokrov, kot so prvotno mislili.
- Obstaja zelo velik vpliv segrevanja oceanov na stabilnost in masno bilanco ledenih polic.

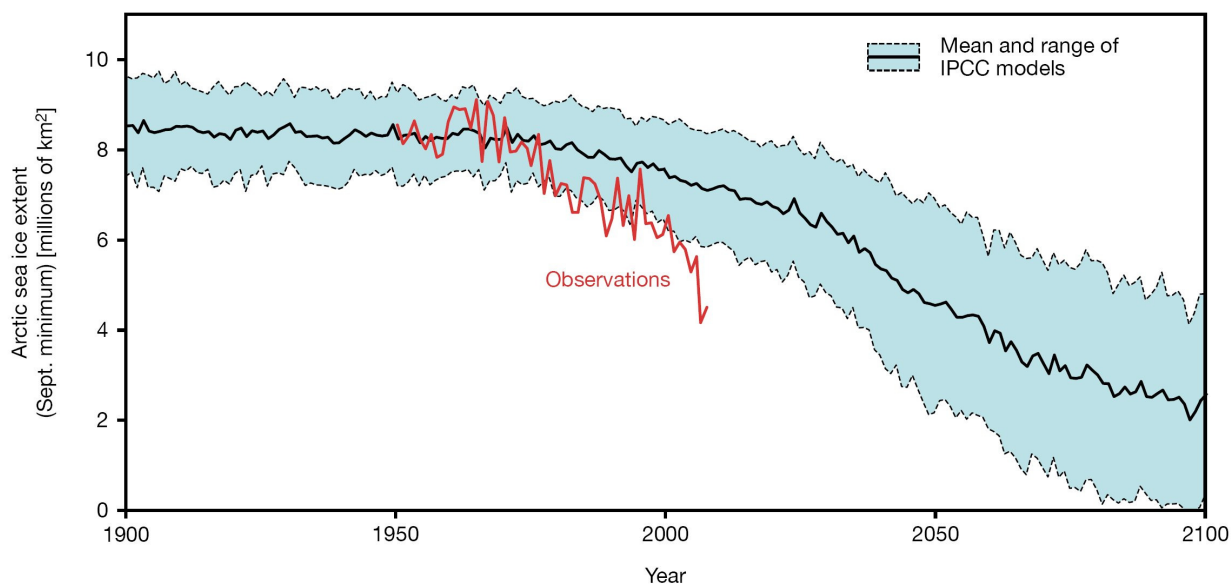
Morski led

- Poletno taljenje morskega ledu v Arktičnem morju je daleč presešlo najslabše projekcije podnebnih modelov, ki jih je IPCC predvidel v četrtem poročilu.
- Čeprav je časovna napoved dogodka še zmeraj nezanesljiva, segrevanje ozračja, ki ga povzročajo sedanje koncentracije toplo-grednih plinov, pomeni, da bo v prihajajočih desetletjih Arktično morje brez ledu.
- Satelitska opazovanja kažejo rahlo povečanje morskega ledu na Antarktiki in spremembe slanosti. Najverjetneje je to posledica spremembe vetrov v Južnem oceanu, ki so nastale zaradi degradacije stratosferske ozonske plasti.



Minimalna površina Arktičnega morskega ledu 16. septembra 2007 in povprečna minimalna površina v obdobju 1979 – 2006.

Vir: NASA Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio



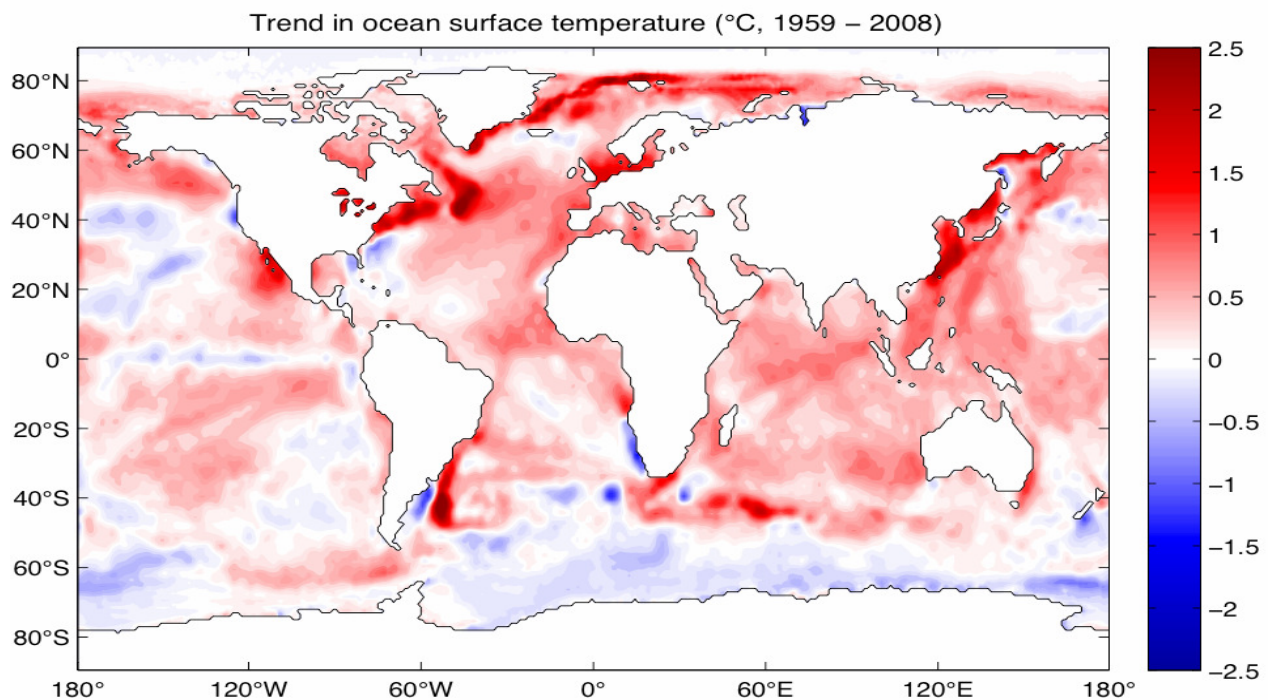
Na zgornjem grafu je površina Arktičnega morskega ledu v septembru, opazovana (rdeča črta) in modelirana (črna črta). Neprekinjena črna črta predstavlja povprečje rezultatov iz 13 modelov, ki jih je uporabil IPCC v četrtem poročilu. Črtkana črna črta predstavlja spodnjo in zgornjo mejo območja simulacij. Modelske izračune so ponovili, da so vključili podatke za leto 2008. Nedavno so izračunali minimum za leto 2009, ki znaša 5.10 milijonov km², kar je tretja najmanjša izmerjena površina, daleč izpod najslabšega IPCC scenarija.

Vir: Stroeve et al. (2007)



Oceani

- Ocene segrevanja oceanov konvergirajo in so 50 % višje, kakor so bile predhodno ocenjene.
- Globalna temperatura morske površine je v juniju, juliju in avgustu leta 2009 dosegla najvišje vrednosti, izmerjene doslej.
- Kislost in zmanjševanje kisika v oceanih sta identificirani kot potencialna pogubna grožnja za velik del morskega ekosistema.

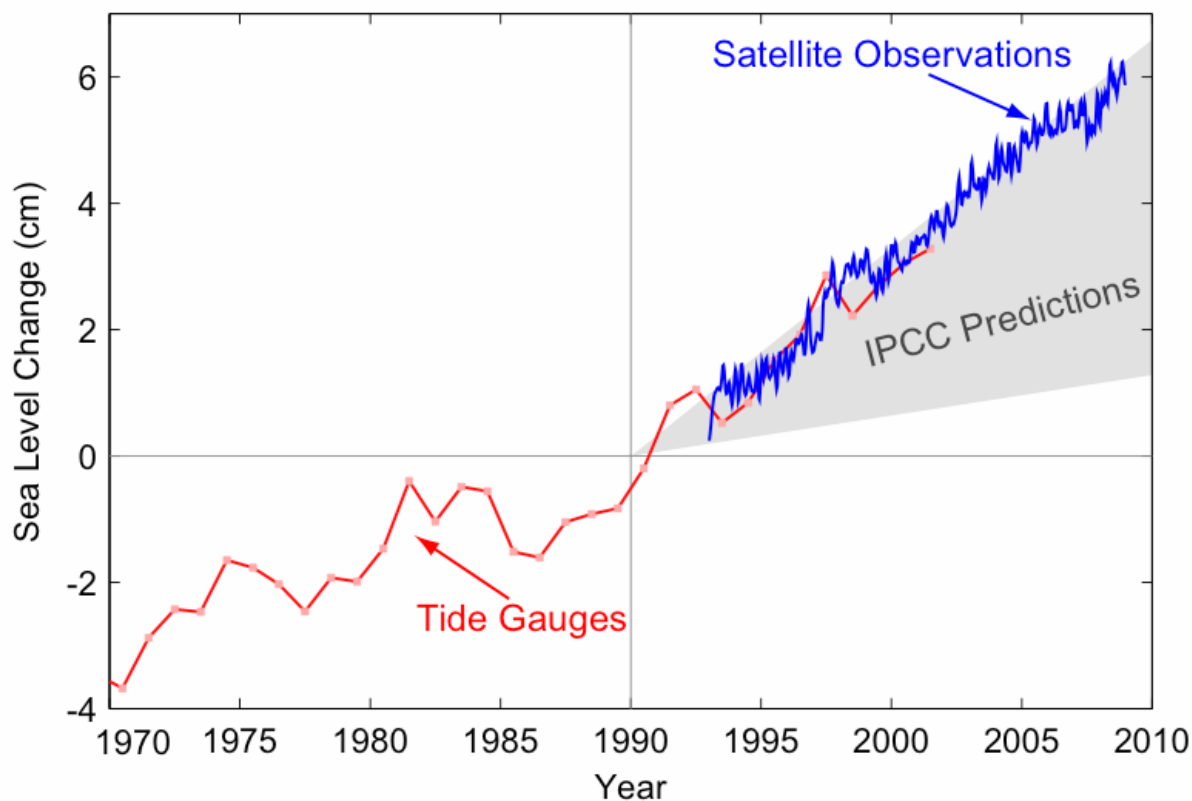


50-letna sprememba temperature morske površine v obdobju 1959-2008.

Vir: Hadley Centre, Rayner et al. (2006)

Globalni nivo morske gladine

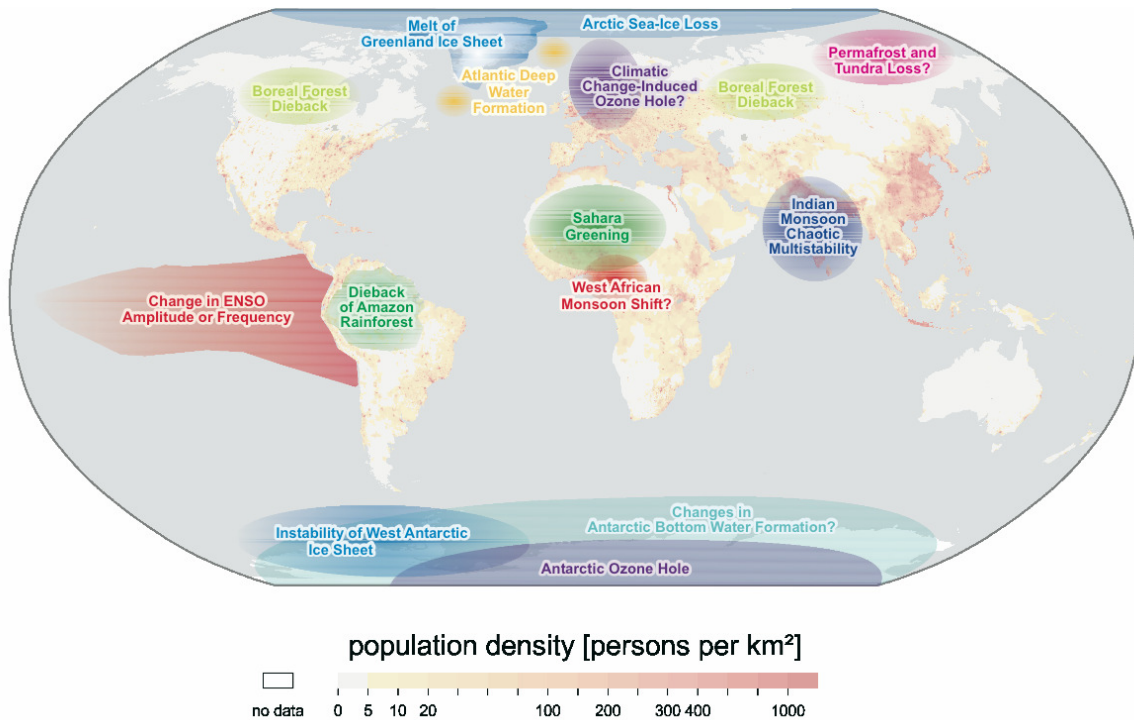
- Satelitske meritve kažejo, da se morska gladina od leta 1993, odkar obstajajo tovrstne meritve, dviguje 3.4 mm na leto. To je 80 % hitrejše dvigovanje morske gladine, kot je bilo ocenjeno v tretjem poročilu IPCC-ja za isto časovno obdobje.
- Upoštevajoč zmanjševanje mase ledenih pokrovov, je verjetno, da bo dvig morske gladine leta 2100 najmanj dvakrat večji, kot je bilo predvideno v četrtem IPCC poročilu. Zgornja meja dviga bo okrog 2 m.



Dvig gladine morja v obdobju 1970-2010. Rdeča črta ponazarja meritve na tleh (Church and White 2006), plava pa satelitske meritve (Cazenave et al. 2008). Sivo polje je projekcija dviga morske gladine, kakor jo je IPCC predvidel v tretjem poročilu.

Nenadne spremembe podnebja in kritične točke

- V podnebnem sistemu je kar nekaj elementov, ki zaradi človekovega vpliva še v tem stoletju lahko dosežejo kritično točko, ko se bodo nenadno nepovratno spremenili.
- Globalno ogrevanje ozračja za 1 °C nad povprečje 1980-1999 pomeni zmerno tveganje, da dosežemo nekaj globalnih kritičnih točk. Ogrevanje ozračja za 3 °C pa to tveganje še močno poveča.
- Približevanje nekaterim kritičnim točkam bomo lahko opazili in na to tudi opozorili, ko bomo blizu prehoda te kritične točke. Vendar če bomo čakali toliko časa, da bomo prehod lahko opazili, bo v nekaterih primerih za ukrepanje in preprečitev prehoda kritične točke, prepozno.

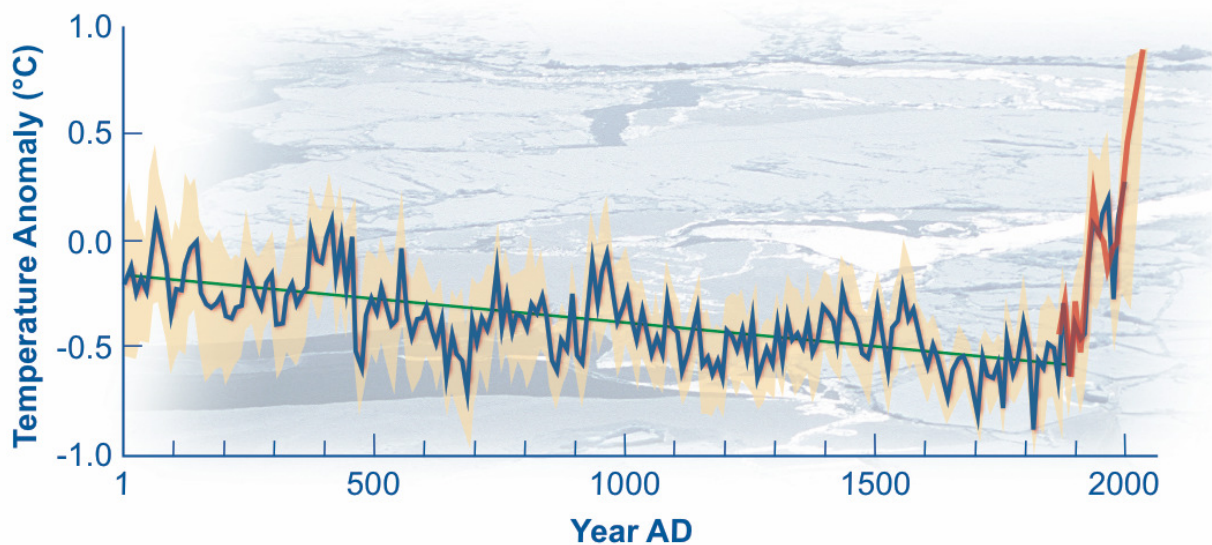


Slika prikazuje nekaj potencialnih kritičnih točk v klimatskem sistemu; dodana je gostota prebivalstva. Take točke so na primer: sprememba amplitude in pogostosti ENSO-a (Change in ENSO Amplitude and frequency), izginotje Amazonškega deževnega gozda (Dieback of Amazon Rainforest), pomik zahodno-afriškega monsuna (West African Monsoon Shift), ozelenitev Sahare (Sahara Greening), izginotje tundre na severu Evrope in Amerike (Boreal Forest Dieback), izguba permafrosta (Permafrost Loss) itd. Z znakom vprašaja so označeni sistemi, katerih status je še posebej negotov. Razen označenih na liki so še druge kritične točke, kot na primer propad koralnih grebenov v plitvinah itd.



Lekcije iz preteklosti

- Rekonstrukcija preteklih podnebnih razmer kaže, da je nedavno segrevanje v Arktiki in generalno na severni polobli izjemno v zadnjih 2000 letih glede na naravno klimatsko spremenljivost.
- Zadnji podatki, dobljeni iz ledene skorje, potrjujejo pomen toplo-grednih plinov za temperaturo na Zemlji v preteklosti in kažejo, da so sedanje koncentracije CO₂ višje, kot so bile kdaj koli v zadnjih 800 000 letih.

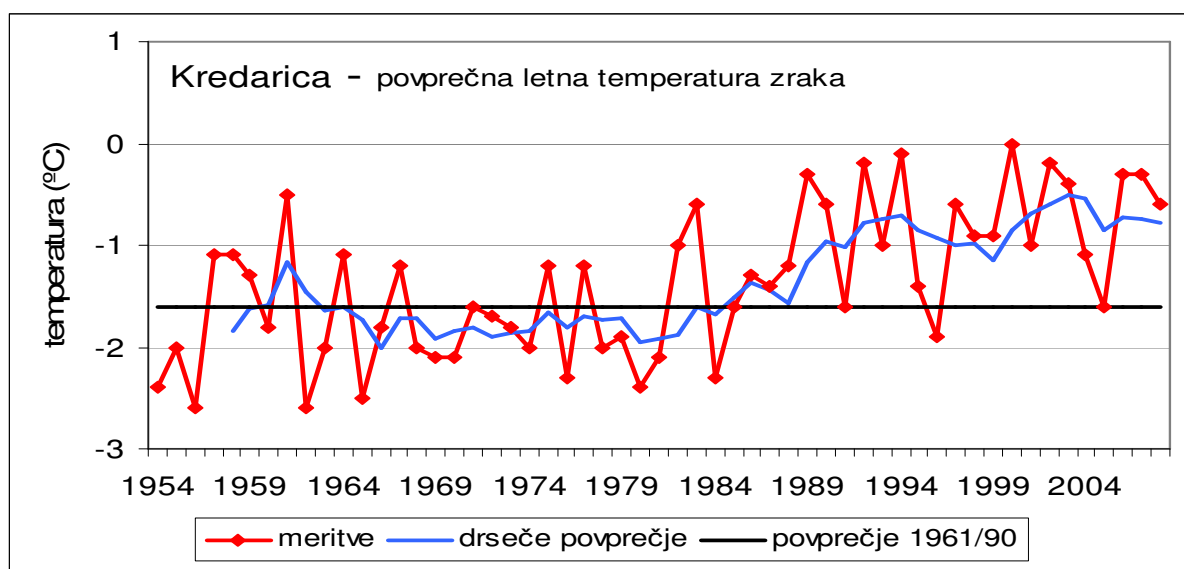


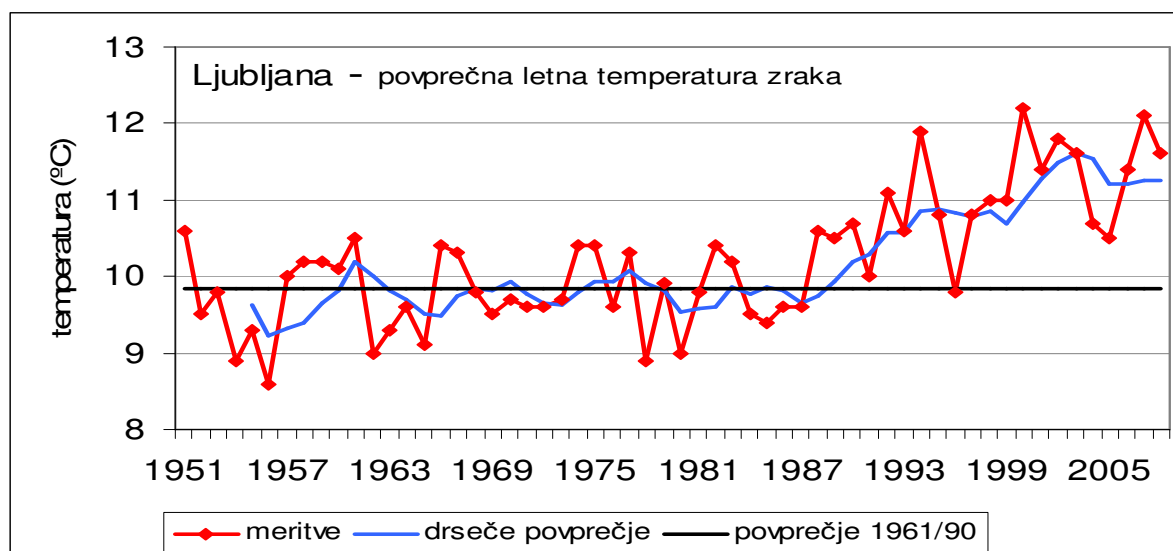
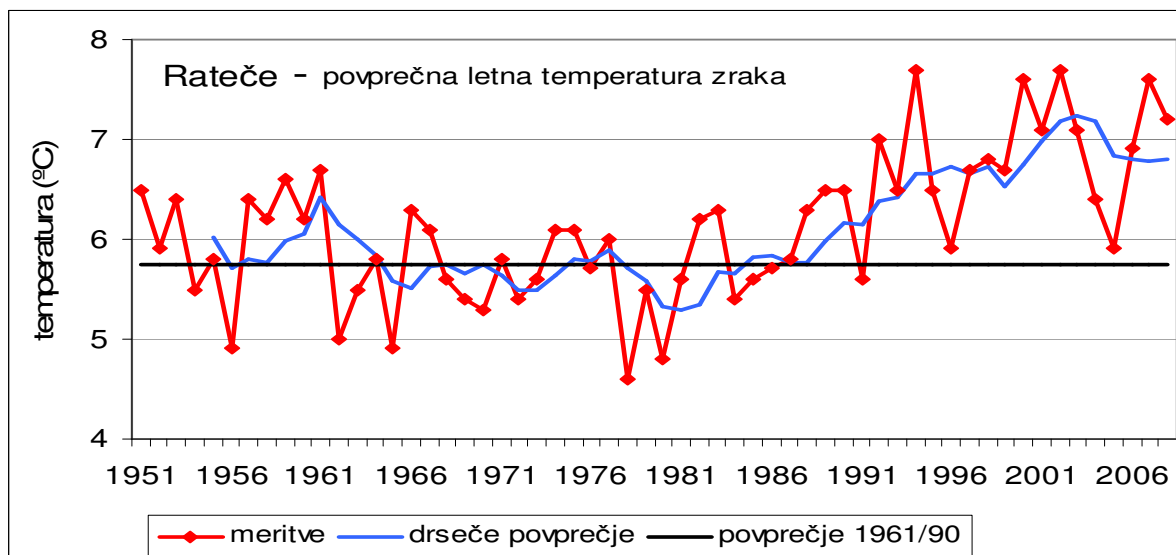
Na sliki so ocenjene temperature zraka v Arktiki v zadnjih 2000 letih. Podatki so rekonstruirani na osnovi sedimentov jezer, ledene skorje in drevesnih letnic. Zelena črta prikazuje dolgoročni trend ohlajanja, ki se je končal okrog leta 1900. Rdeča črta prikazuje nedavno segrevanje, ki temelji na izmerjenih podatkih.

Vir: Courtesy Science, modified by the University Corporation for Atmospheric Research

Primeri meritev v Sloveniji

Pa še rezultati meritev temperature na višini 2 m v Ratečah, Ljubljani in na Kredarici. Podobno kot v globalni skali, tudi v Sloveniji opažamo, da je sredi osemdesetih let prejšnjega stoletja temperatura zraka začela hitro naraščati. Od leta 1954 do 2008 se je povprečna letna temperatura na Kredarici zvišala za 1,41 °C. V Ratečah je bil dvig povprečne letne temperature nekoliko nižji: od leta 1951 do 2008 se je ogrelo za 1,30 °C. Najbolj se je ogrelo v Ljubljani, od leta 1951 do 2008 za točno 2 °C.





Gornji grafikoni kažejo, da podatki izmerjeni na meteoroloških postajah v Sloveniji prav tako potrjujejo ugotovitve IPCC-ja, pa tudi Kopenhaške diagnoze.