

Astronomsko društvo Vega

Izjemni vremenski in podnebni dogodki v luči podnebnih sprememb

Predstavitev za skupino Repatice in kometi

Gregor Vertačnik

Ljubljana, februar 2015



Kazalo



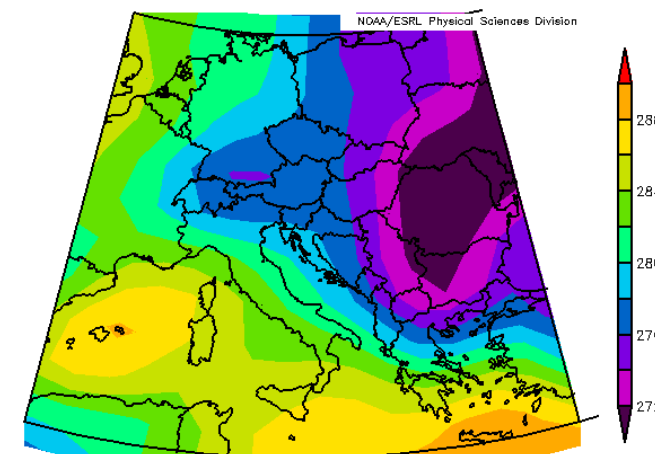
- Podnebne spremembe in vreme
- Izjemni dogodki
- Opažene spremembe vremenskih ekstremov
- Toplo in hladno vreme
- Močni nalivi
- Suša
- Nekatera neurja
- Poletje 2003 v Evropi
- Suša in vročina v Rusiji poleti 2010
- Orkan Sandy
- Jezersko sneženje v ZDA
- Pričakovane spremembe ekstremov

Podnebne spremembe in vreme

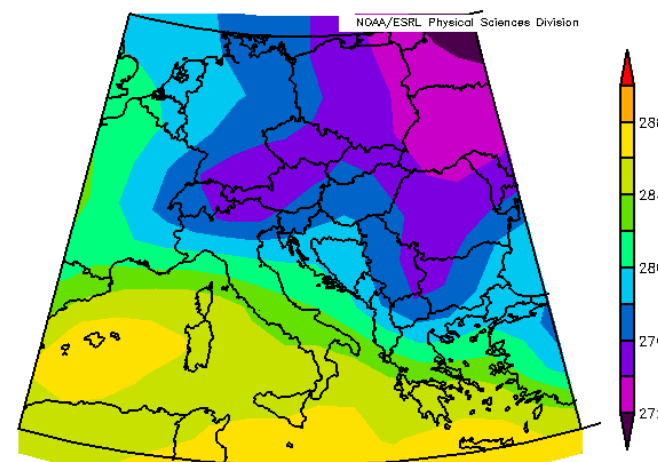


- podnebje: statistični opis vreme skozi daljše obdobje
- vreme se nanaša na dogodek v krajšem obdobju (ista sinoptična situacija: prehod ciklona, nekajdnevno obdobje lepega vremena)

Temperatura zraka pri tleh 11. marca: leto 2012 zgoraj, povprečje 1981-2010 spodaj.
Vir: NOAA ESRL



Surface Air Temperature (degK) Composite Mean
3/11/12 to 3/11/12
20th Century Reanalysis (V2)



Surface Air Temperature (degK) Climatology (1981-2010 Climatology)
3/11 to 3/11
20th Century Reanalysis (V2)



- podnebne spremembe = spremembe pogostosti vremenskih pojavov, vremenske statistike
 - nekateri pojavi bolj, drugi manj pogosti
 - statistično določanje na podlagi meritev in podnebnih modelov
 - tudi nekateri podnebni pojavi vplivajo na ekstreme: el ninjo-južno nihanje, monsuni
- ...

Izjemni dogodki



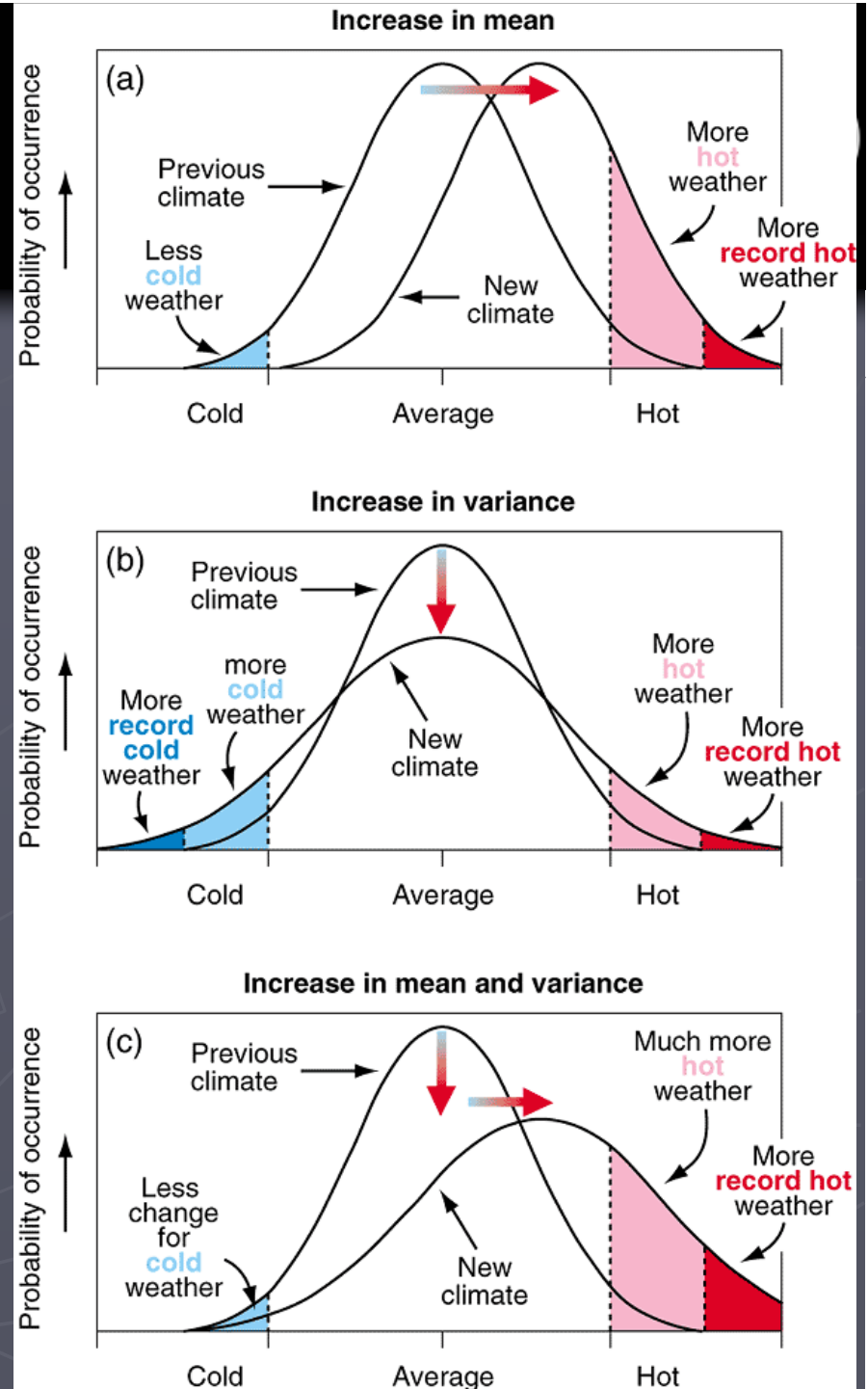
- izredni, ekstremni vremenski (podnebni) dogodek: nekaj, kar je redko za dani kraj in obdobje (letni čas, ura dneva ...):
 - vročinski val, mrzlo obdobje
 - močni nalivi, visok sneg, meteorološka suša
 - močan veter
- izjemnost dogodka ni sorazmerna škodi
- tudi splet posameznih ne posebej izjemnih vremenskih dogodkov lahko sproži katastrofo (recimo visoka temperatura in pomanjkanje padavin)



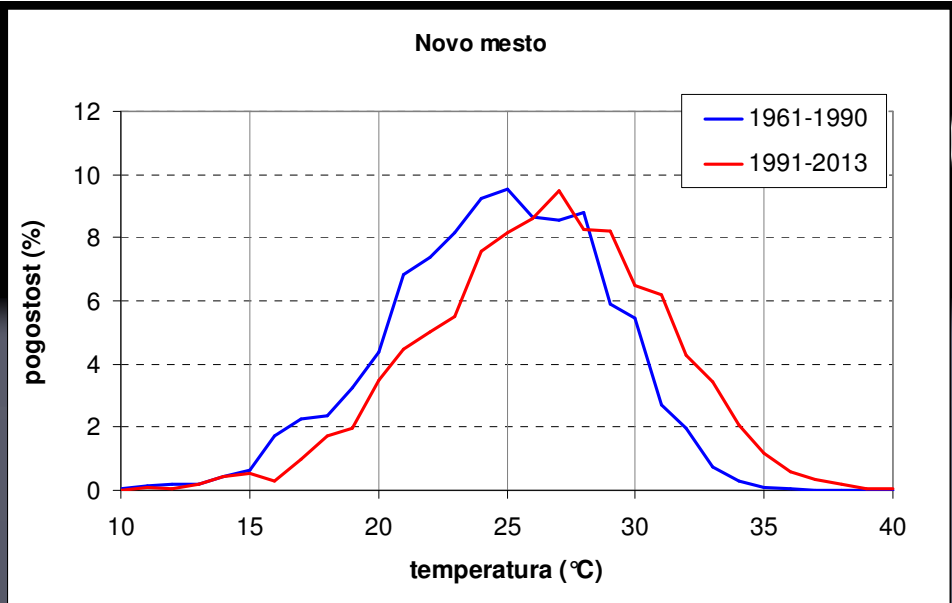
Žled v Postojni februarja 2014. Vir: Reuters

- spremenjeno podnebje → sprememba pogostosti, intenzitete, prostorske razsežnosti, trajanja in časa nastanka vremenskih in podnebnih ekstremov
- povezava med spremembo povprečja in ekstremov ni nujno enostavna

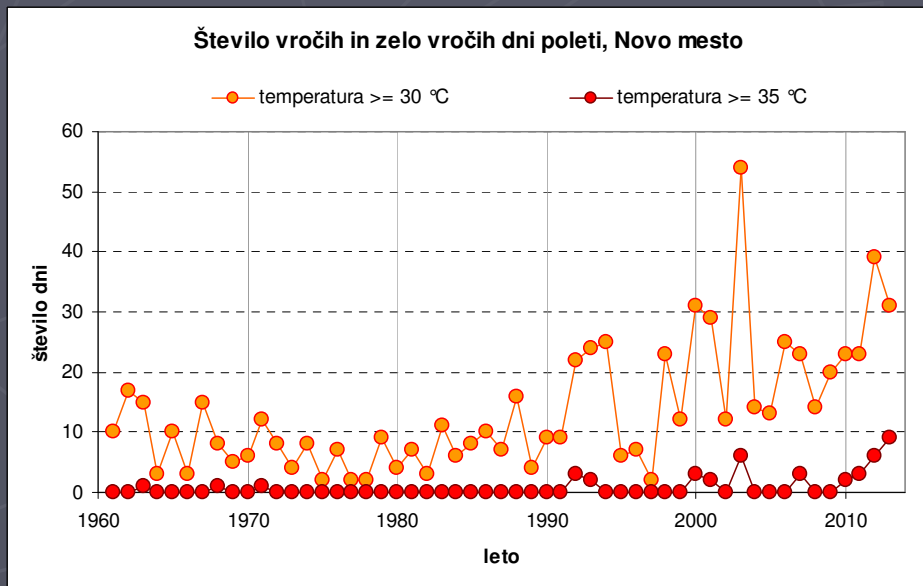
Možne spremembe porazdelitve ob podnebnih spremembah. Vir: Tretje poročilo IPCC



- izredni dogodki so v repu porazdelitve, pod spodnjo ali nad zgornjo mejo (recimo huda vročina, hud mraz)
- izredni lahko postane redni dogodek ob podnebnih spremembah
- vprašanje definicije "izredni" – fizikalno določen stalni prag ali verjetnost glede na pripadajoče podnebje?



Porazdelitev dnevne najvišje temperature poleti za dve obdobji. Vir podatkov: ARSO



Podnebne spremembe kot se kažejo v vročini v Novem mestu. Vir podatkov: ARSO

Opažene spremembe vremenskih ekstremov



- pogostost, jakost in obseg so se za različne spremenljivke različno spremenili v zadnjih desetletjih
- dosegljive precej literature, a težava ostajajo meritve in naravna spremenljivost podnebja
- dokazi, da so nekatere spremembe posledica človekovega vpliva na podnebje: višanje temperaturnih ekstremov in močnih nalivov na svetovni ravni
- posamezen ekstremen vremenski dogodek težko neposredno pripisati vplivu toplogrednih plinov (človeka)
- spremembe v ekstremih (pogostost, intenziteta) pa je včasih možno povezati z vplivom človeka

Toplo in hladno vreme



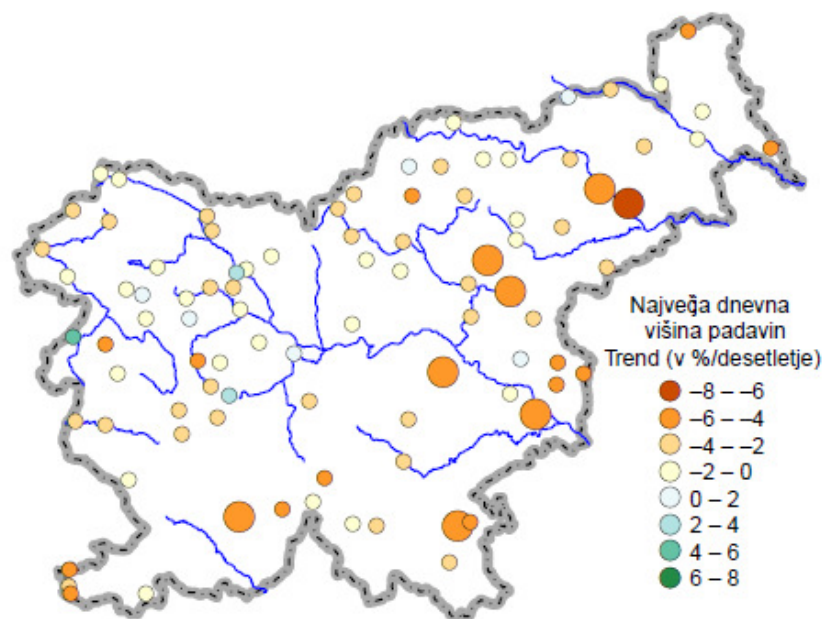
- zelo verjetno se je od leta 1950 na svetovni ravni povečalo (zmanjšalo) število toplih (hladnih) dni in noči, verjetno pa tudi na celinski v Severni Ameriki, Evropi in Avstraliji
- za številna območja sveta je srednja stopnja zaupanja v povečanje števila ali dolžine toplih in vročih obdobj

Močni nalivi

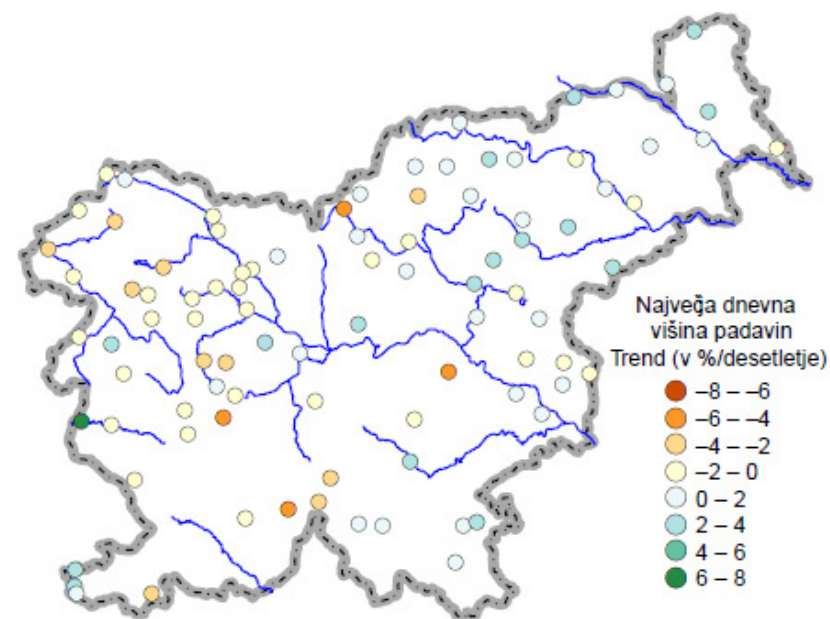


- ponekod po svetu se je statistično značilno spremenilo število močnih padavinskih dogodkov
- verjetno na več območjih povečanje kakor zmanjšanje
- za Slovenijo premalo podatkov ali prevelika spremenljivost za ugotovitev sprememb

poletje

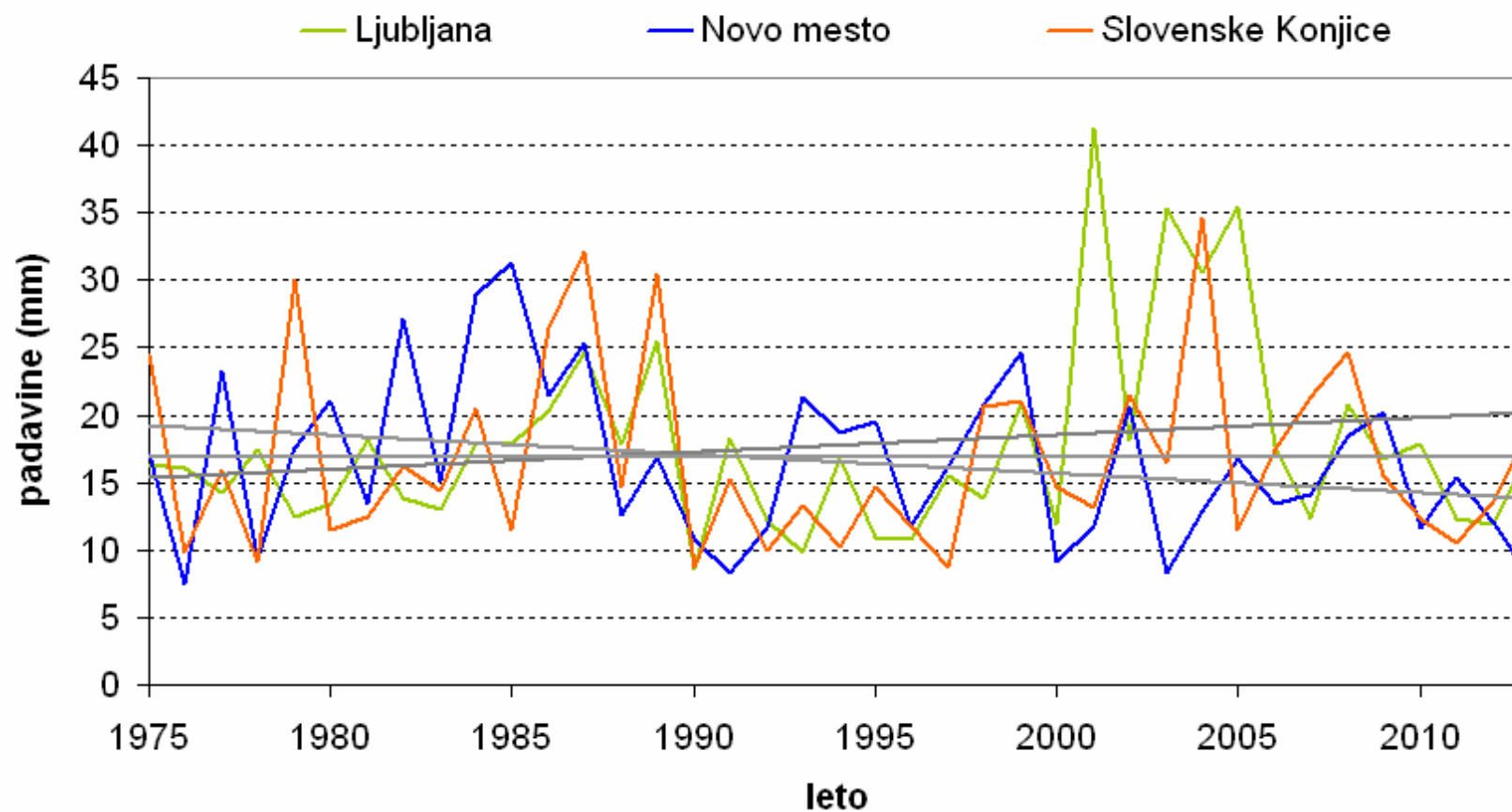


jesen



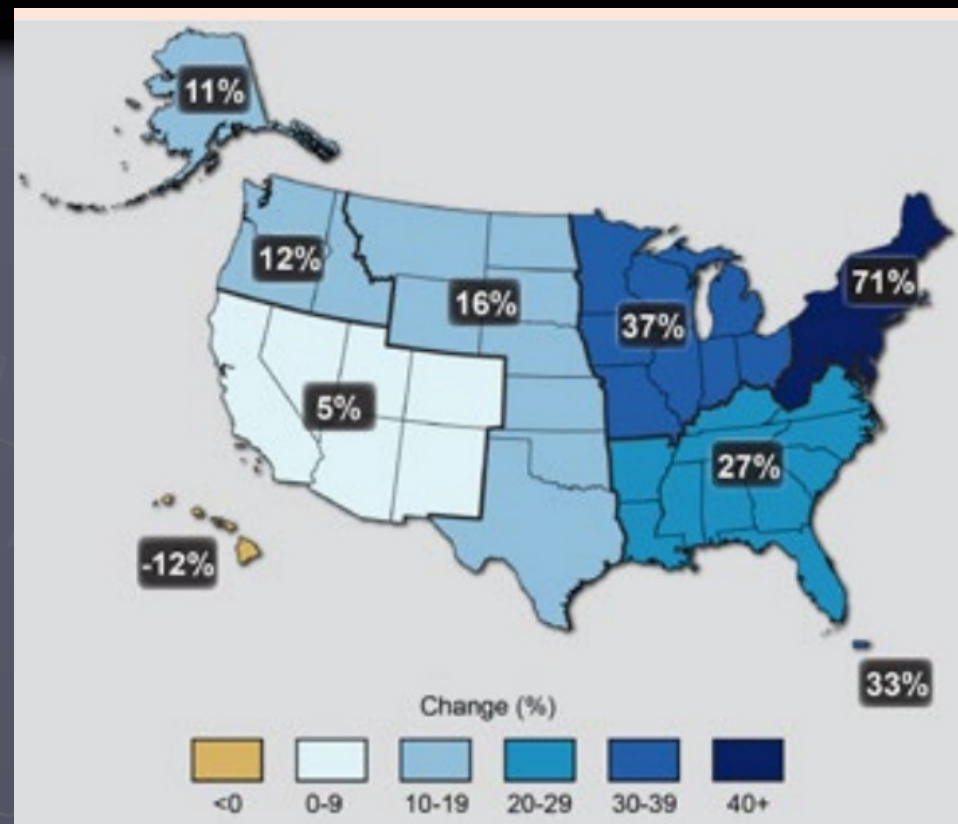
Trend največje 24-urne višine padavin poleti in jeseni v obdobju 1961-2011.
Veliki krogi so statistično značilni trendi pri 5 % stopnji zaupanja. Vir: ARSO

Najmočnejši 15-minutni naliv v letu (surove meritve)



O trendu največje 15-minutne višine padavin v Sloveniji v obdobju 1975-2013 praktično ne moremo govoriti ... Vir podatkov: ARSO

- povečanje moči nalivov (dnevne, dvodnevne padavine) v večjem delu ZDA, zlasti v zadnjih treh do petih desetletjih
- sprememba vezana predvsem na fronte v ciklonih zmernih širin
- v prihodnosti pričakovati nadaljnje povečane moči nalivov, tudi v krajih, kjer naj bi letno padlo manj dežja



Sprememba količine padavin v 1 % največje količine, 1958-2012. Vir: Walsh in sod., 2014

Suša



- srednja stopnja zaupanja, da so se na nekaterih območjih sveta suše okrepile ali podaljšale, zlasti v južni Evropi in zahodni Afriki
- ponekod (osrednji del S. Amerike, SZ Avstralija) suša manj pogosta, izrazita ali krajša

Zmanjševanje količine padavin v Sredozemlju. Vir: Hoerling in sod., 2012

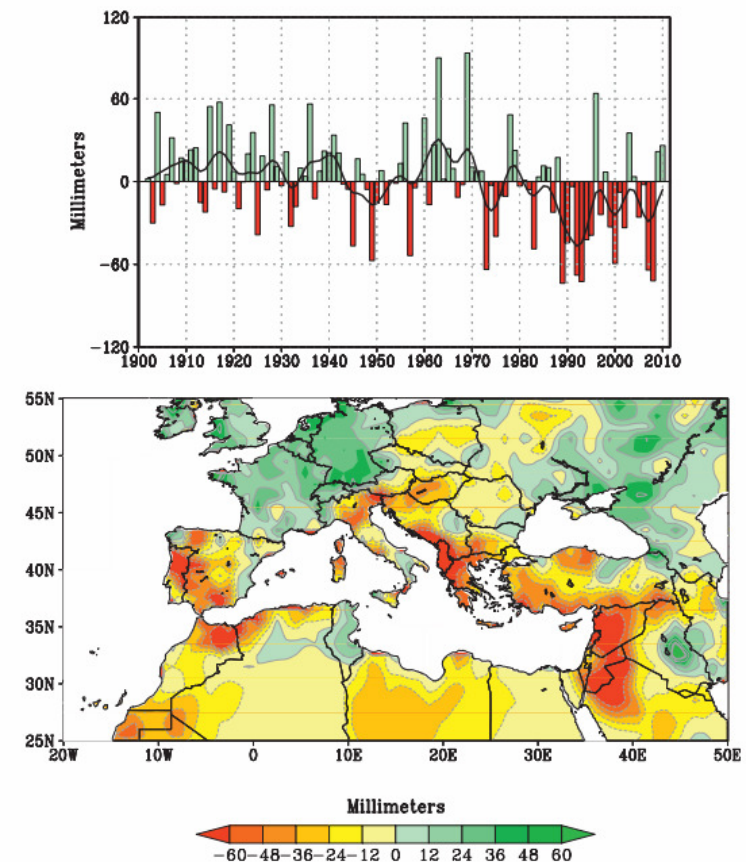


FIG. 1. (top) Observed time series of Mediterranean (30°–45°N; 10°W–40°E) cold season (November–April) precipitation for the period 1902–2010 and (bottom) the observed change in cold season precipitation for the period 1971–2010 minus 1902–70. Anomalies (mm) are relative to the 1902–2010 period. Solid curve is the smoothed precipitation time series using a nine-point Gaussian filter. Data are from the GPCC.

Nekatera neurja



- premalo ali preslabi podatki za statistično zanesljivo določitev trendov tropskih ciklonov, toče in tornadov
- nehomogeni nizi, občutno spreminjanje metod spremljanja
- prekratko obdobje opazovanja in preveliko nihanje iz leta v leto

Orkan Katrina. Vir: Jeff Schmaltz, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC

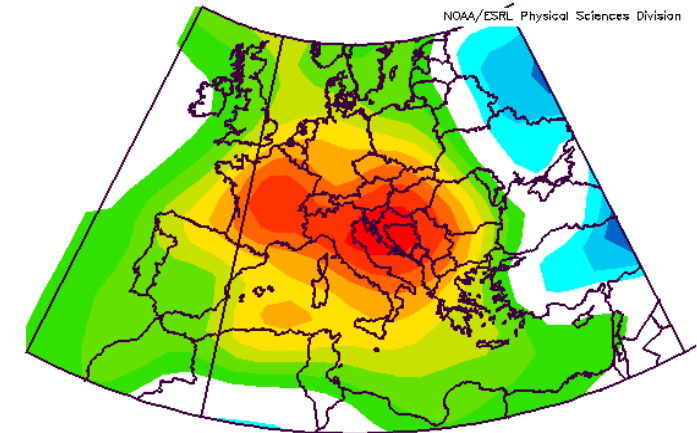


Poletje 2003 v Evropi

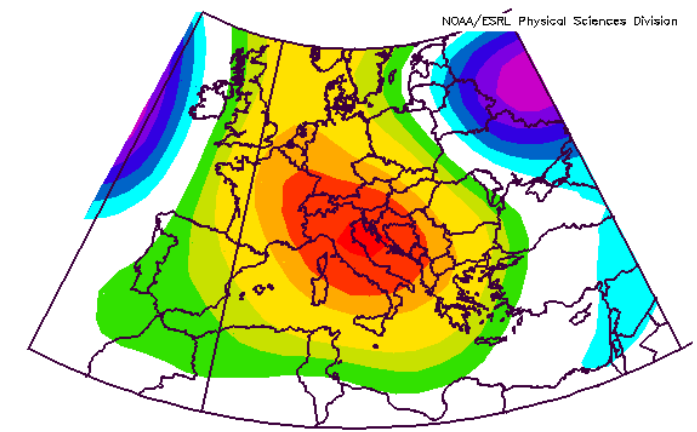
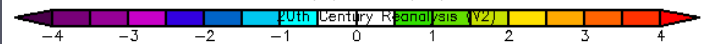


- zelo vztrajno območje "visokega" zračnega tlaka v višinah: jasno vreme, več sončnega obsevanja
- presušena prst → več sončne energije v segrevanju tal kakor izhlapevanje
- zaradi vpliva človeka se je verjetnost tako vročega poletja več kot podvojila

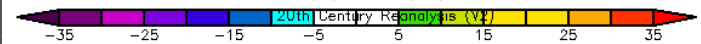
Odklon temperature zraka pri tleh (zgoraj) in višine pritiskove ploskve 700 hPa (spodaj) od junija do avgusta 2003, referenčno obdobje: 1981-2010. Vir: NOAA ESRL



Surface Air Temperature (degK) Composite Anomaly (1981-2010 Climatology)
6/1/03 to 8/31/03



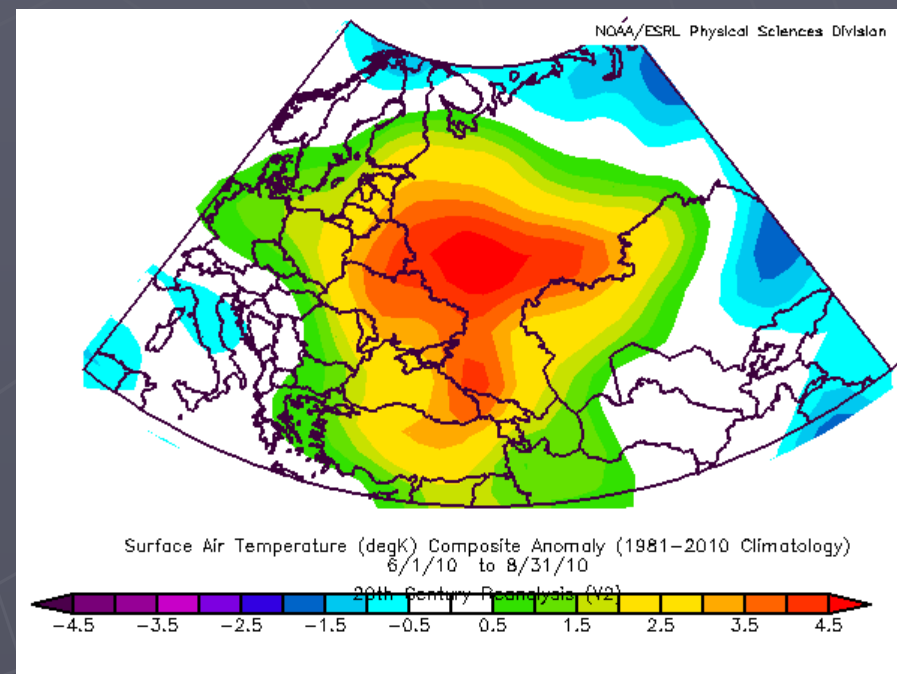
700mb Geopotential Height (m) Composite Anomaly (1981-2010 Climatology)
6/1/03 to 8/31/03



Suša in vročina v Rusiji poleti 2010



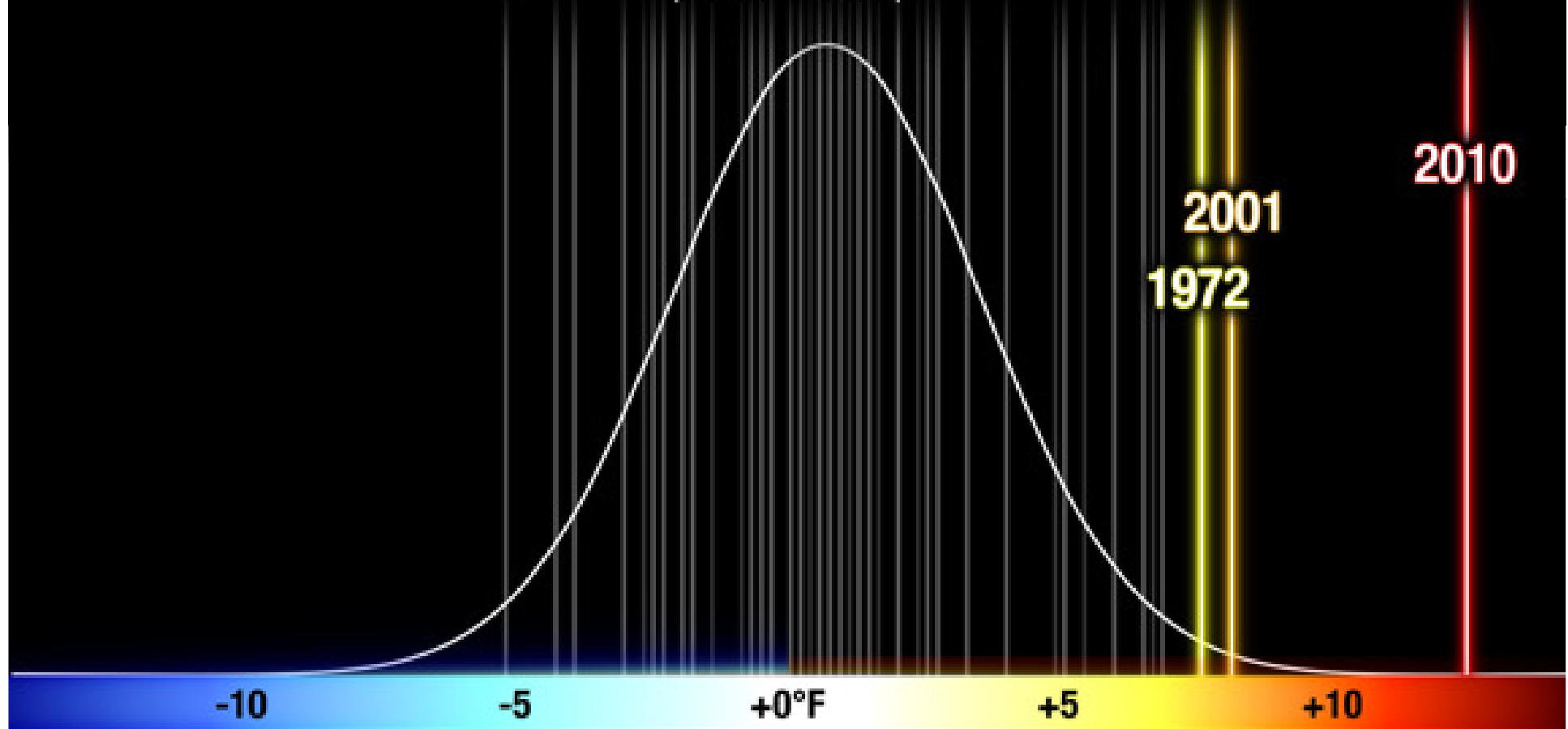
- v številnih krajih 40 °C, najbolj vroče poletje v zgodovini meritev
- različno mnenje znanstvenikov glede vzroka
- po eni študiji večinoma posledica naravne podnebne spremenljivosti (slučajne "anticiklonalne blokade")
- po drugi študiji 80 % verjetnost, da se julijska vročina v Moskvi ne bi zgodila brez vpliva človeka
- po tretji študiji si ta dva rezultata nista v nasprotju, ker drugače gledata na vročinski val



Temperaturni odklon poleti 2010 glede na povprečje obdobja 1981-2010. Vir: NOAA ESRL

July Temperature Anomalies in Moscow since 1950

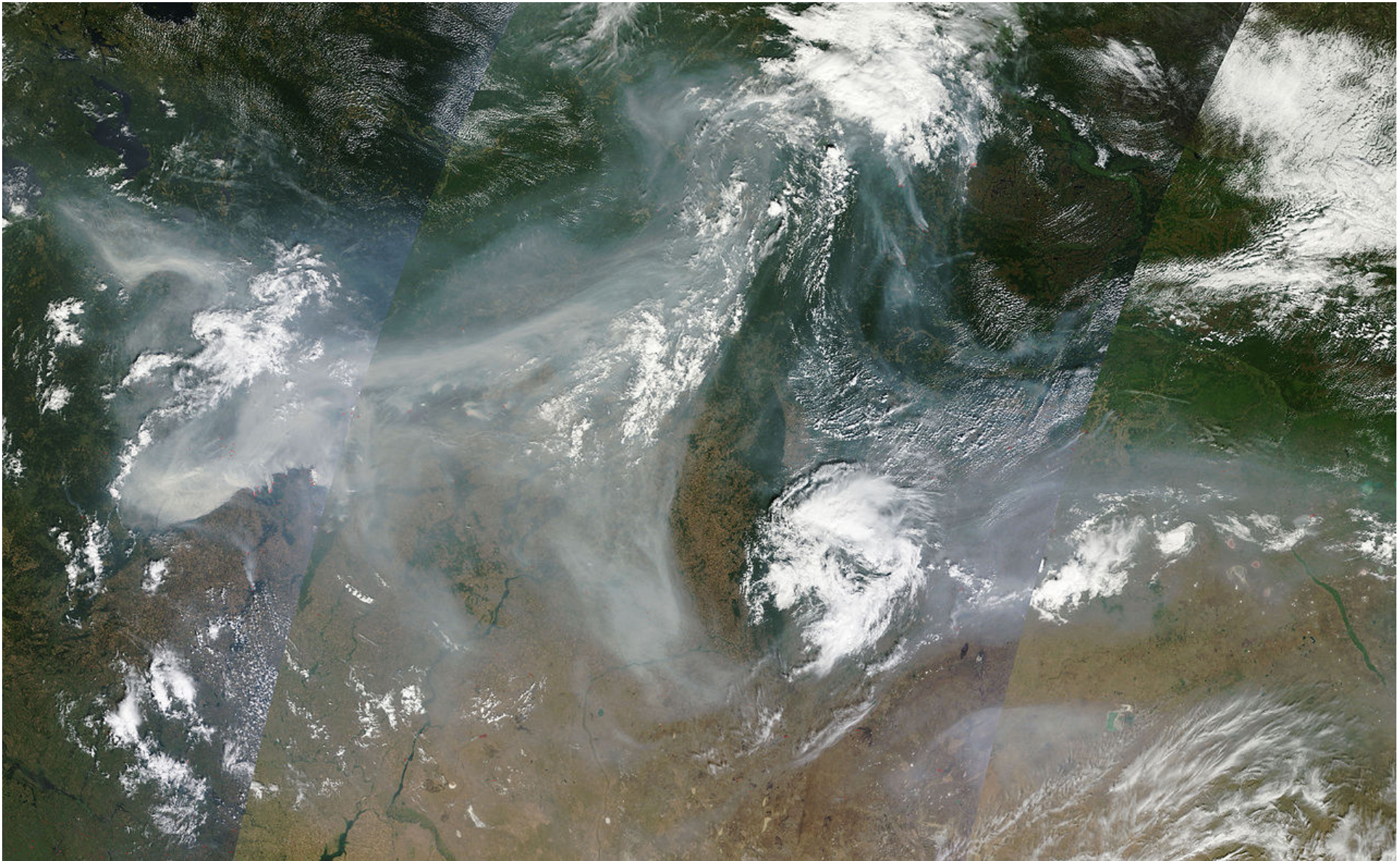
(baseline 1970-2000)



Sources: NOAA NCEP CPC CAMS DATA - FROM IRIDL/DEO ONLINE DATA LIBRARY

 climatecentral.org

Julijski temperaturni odklon v Moskvi v obdobju 1950-2010 glede na povprečje 1970-2000

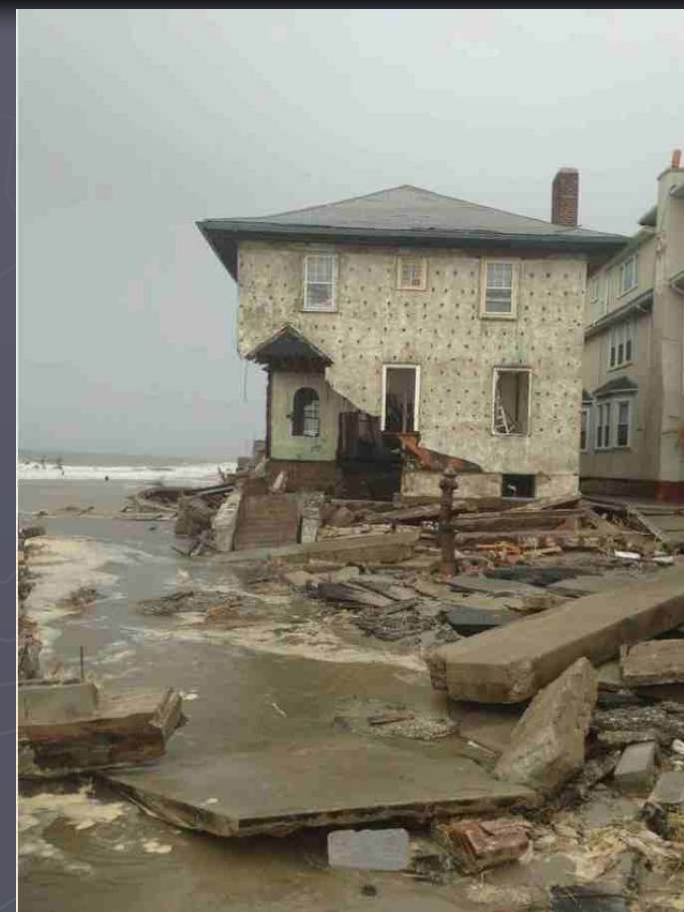


Požari na zahodu Rusije 4. avgusta 2010. Vir: Jeff Schmaltz - NASA Earth Observatory

Orkan Sandy

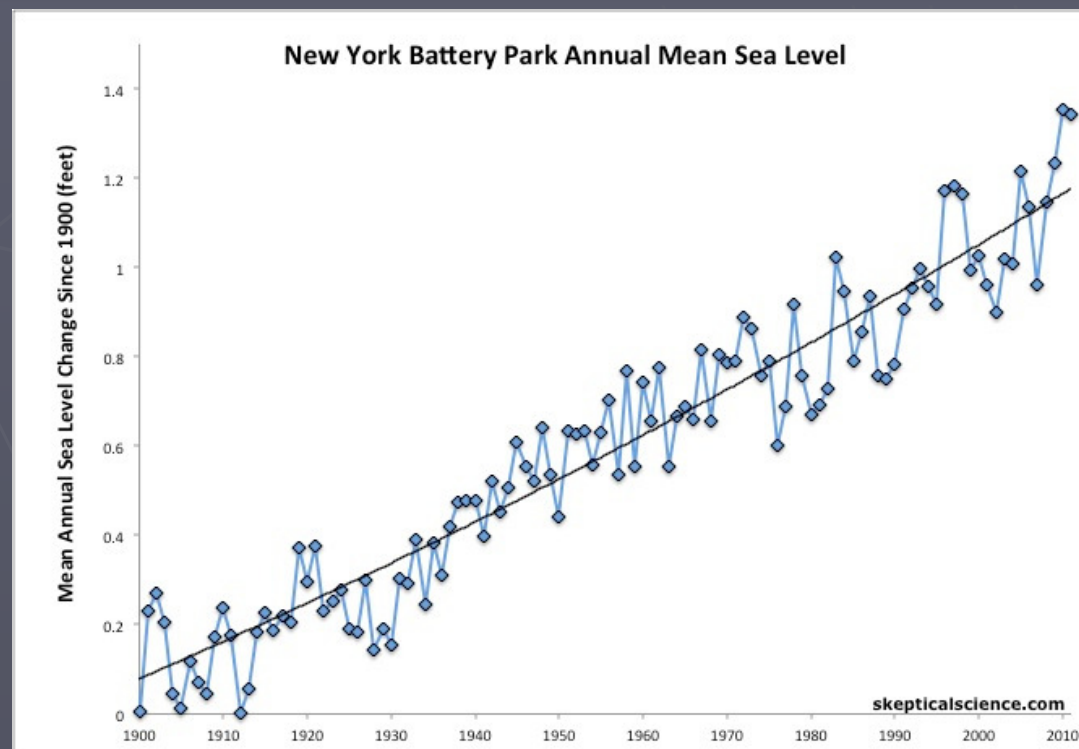


- orkan, ki je oktobra in novembra 2012 opustošil del Karibov in vzhodno obalo ZDA
- 3,5-krat toliko kinetične energije kot hirošimska atomska bomba
- odkod izjemno velike posledice – 70 milijard dolarjev škode in 233 mrtvih?



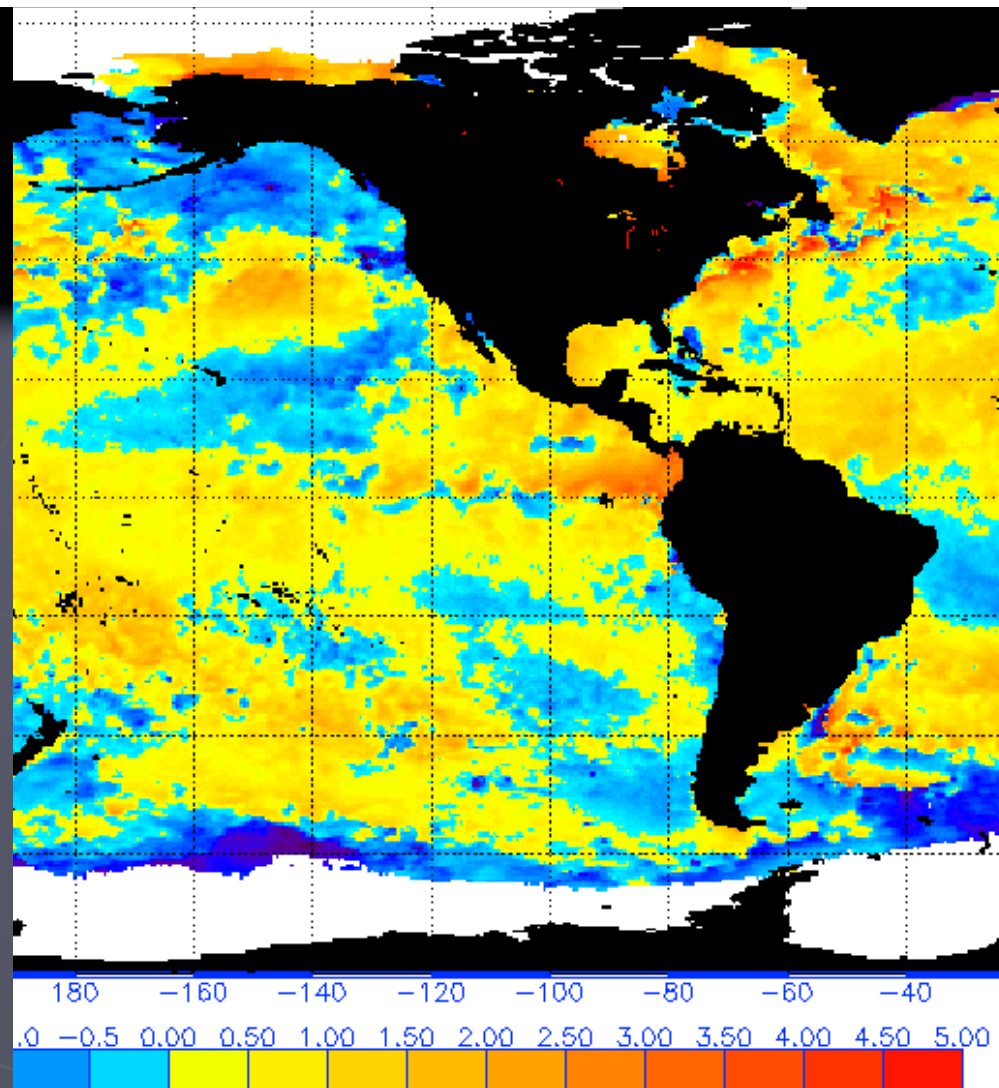
Opustošenje v Brooklynu, New York. Avtor: "Proud Novice", http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Sandy

- dvigovanje morske gladine v zadnjem stoletju zaradi ogrevanja morij in taljenja ledu, okoli 30 cm v New Yorku
- povprečni dvig gladine za 1 meter pomeni v New York 100-letna poplava → 3-20 letna poplava



Dvig povprečne morske gladine v New Yorku (Battery Park) od 1900 do 2010. Vir: <http://www.skepticalscience.com/hurricane-sandy-climate-connection.html>

- segrevanje Atlantika skladno z globalnim segrevanjem + dodatno pretoplo morje v času orkana (tudi za 3 °C)
- toplejše morje → večje izhlapevanje, potencial za močnejši orkan
- toplejše ozračje, več vodne pare → okoli 4 % na °C → močnejši nalivi



Odklon temperature površja morja 29. oktobra 2012. Vir:
<http://www.ospo.noaa.gov/data/sst/anomaly/2012/anomnight.10.29.2012.gif>

- taljenje morsklega ledu na severu vpliva na spremembo cirkulacije v ozračju
- več blokadnih situacij
- možno, da je bil nenaden levi zavoje orkan zaradi tega bolj verjeten
- kako močno točno pa so podnebne spremembe vplivale na Sandy pa je težko reči



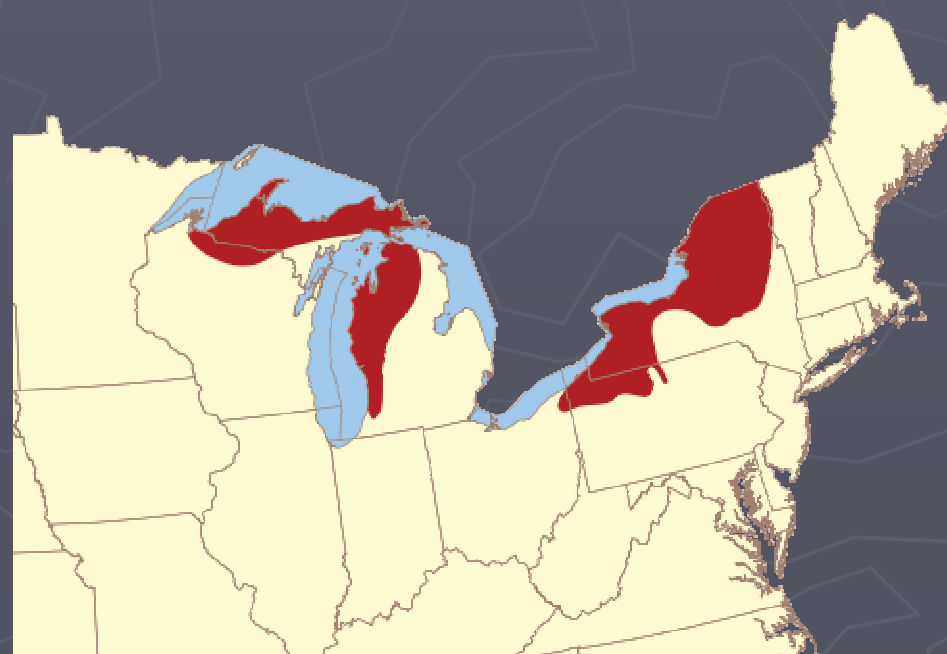
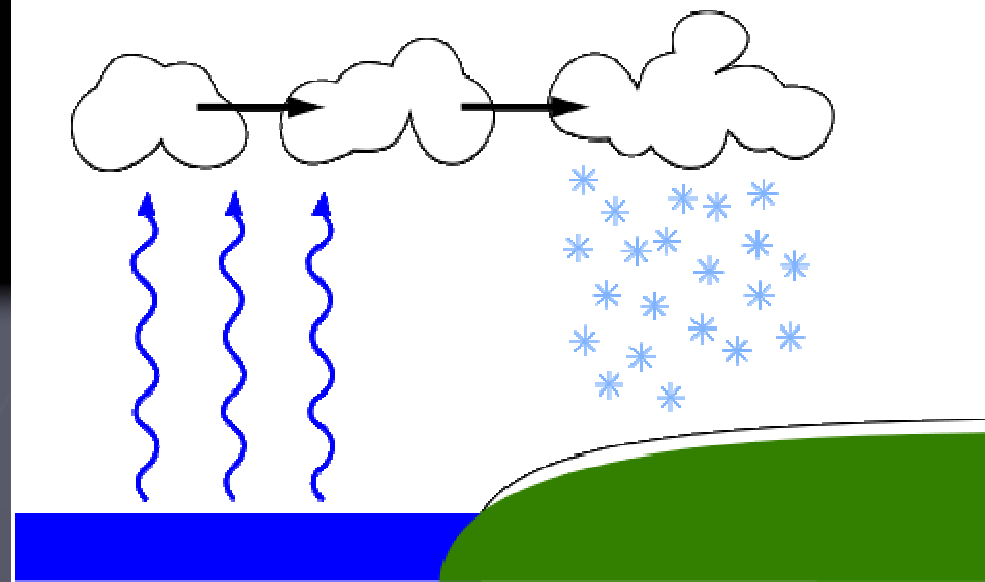
Pot orkana Sandy. Vir:
http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Sandy

Jezersko sneženje v ZDA



- angleški izraz "lake-effect snow"
- ponekod po svetu pade veliko snega zaradi dotoka mrzlega zraka nad nezamrznjeno jezero ali morje:
 - južne in vzhodne obale Velikih jezer v ZDA in Kanadi
 - prefekturi Niigata in Nagano na Japonskem
 - južna in vzhodna obala Črnega morja
 - del obale Baltika
 - italijanska obala Jadrana
 - ...
- na nekaterih območjih tudi pet metrov ali več snega letno zaradi tega procesa

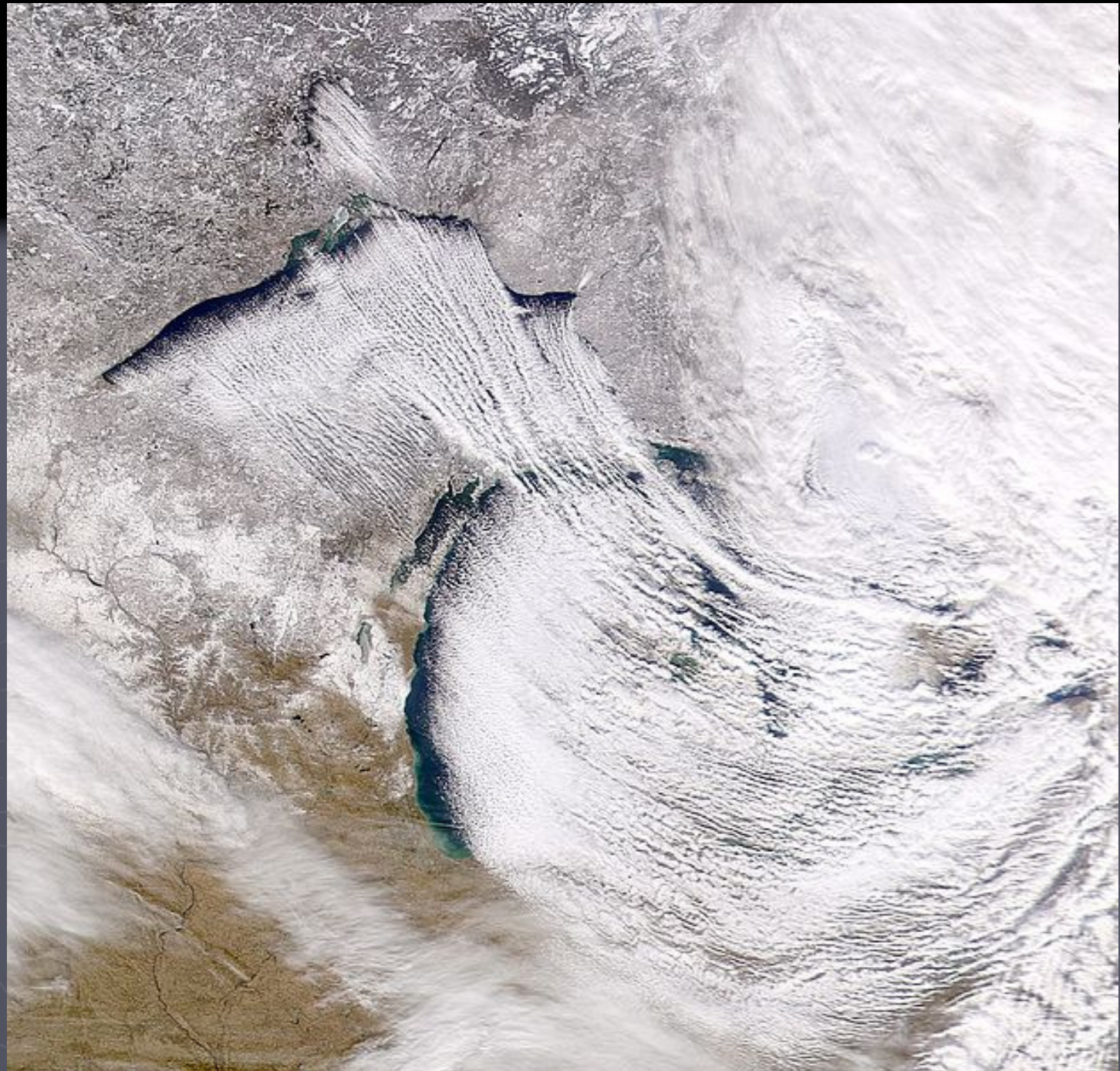
- zrak okoli 1500 m nad jezerom vsaj 13 °C hladnejši od jezerske ali morske površine
- običajno potrebna vsaj 100 km dolga pot nad vodno gladino
- kvečjemu majhna sprememba smeri vetra z višino
- večja vlažnost zraka in bolj strm relief na odvetrni strani jezera → močnejše sneženje
- zaledenele površine običajno ne vodijo v tovrstno sneženje



Shema nastanka (zgoraj) in območje z jezerskim sneženjem v ZDA. Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Lake-effect_snow

Pasovi obláčnosti
ob jezerskem
sneženju na
obalah jezer
Michigan in
Superior, 5.
december 2000.

Vir:
<http://apod.nasa.gov/apod/ap041130.html>

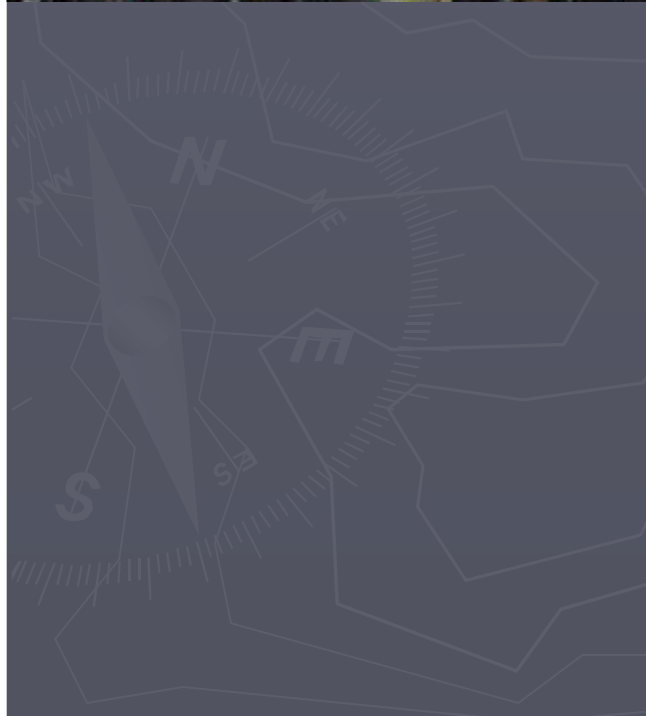




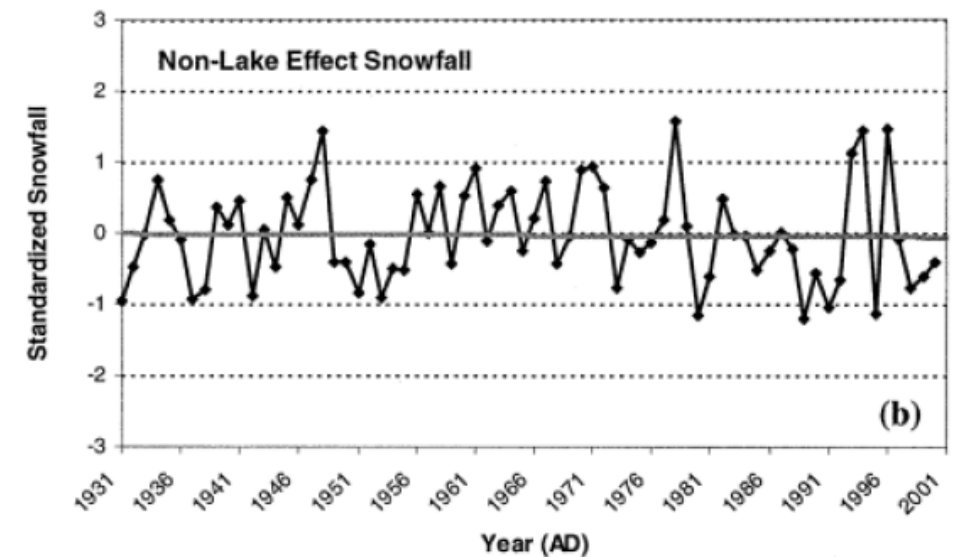
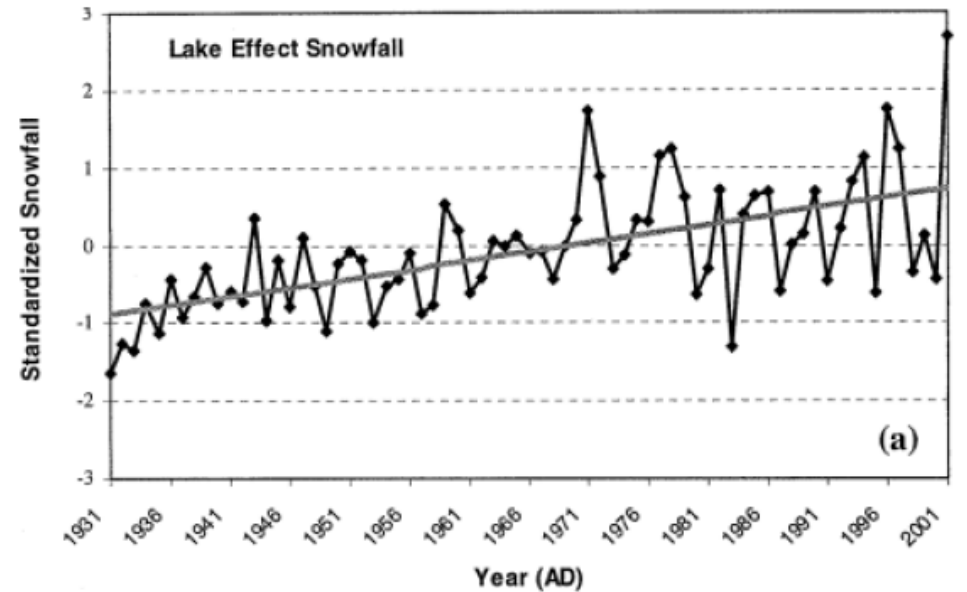
Ostra meja sneženja v
Buffalu. Foto: Snopes.com



Po dveh dneh sneženja v kraju West
Carthage, 8. januar 2014. Vir:
[http://www.wunderground.com/wximage/
viewsingleimage.html?mode=singleimag
e&handle=HaHaHeather&number=0](http://www.wunderground.com/wximage/viewsingleimage.html?mode=singleimage&handle=HaHaHeather&number=0)



- precej negotovosti pri dolgoročnem spreminjanju količine jezerskega snega v ZDA
- skupna količina snega ob jezerskem sneženju odvisna tudi od dolžine zamrznjenosti jezera
- vpliv cikla el ninjo-la ninja, sinoptičnih situacij
- ob segrevanju se je (zlasti ob jezerih Superior in Michigan) in se bo nemara še nekaj časa povečevala količina snega ob Velikih jezerih



Količina novega snega po letih, povprečje 15 krajev (večinoma v zvezni državi New York).
Vir: Burnett in sod., 2003

Pričakovane spremembe ekstremov



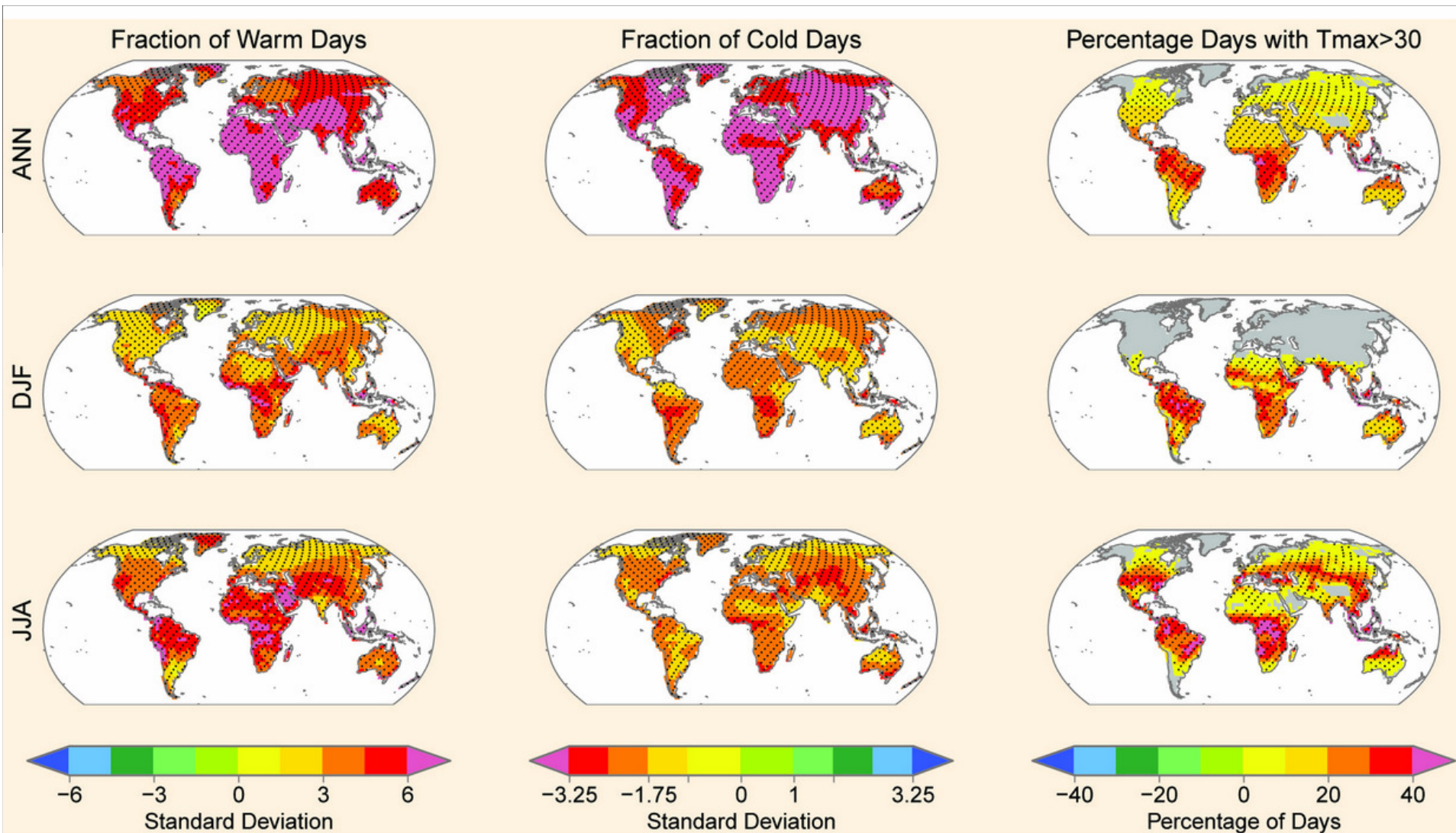
- podnebni modeli za 21. stoletje napovedujejo številne spremembe v podnebnih in vremenskih ekstremih
- negotovost "napovedi" naravna spremenljivost podnebja, projekcije izpustov toplogrednih plinov ipd.
- mogoči nepričakovano dramatični oziroma vplivni dogodki
- povratne zanke v podnebnem sistemu!



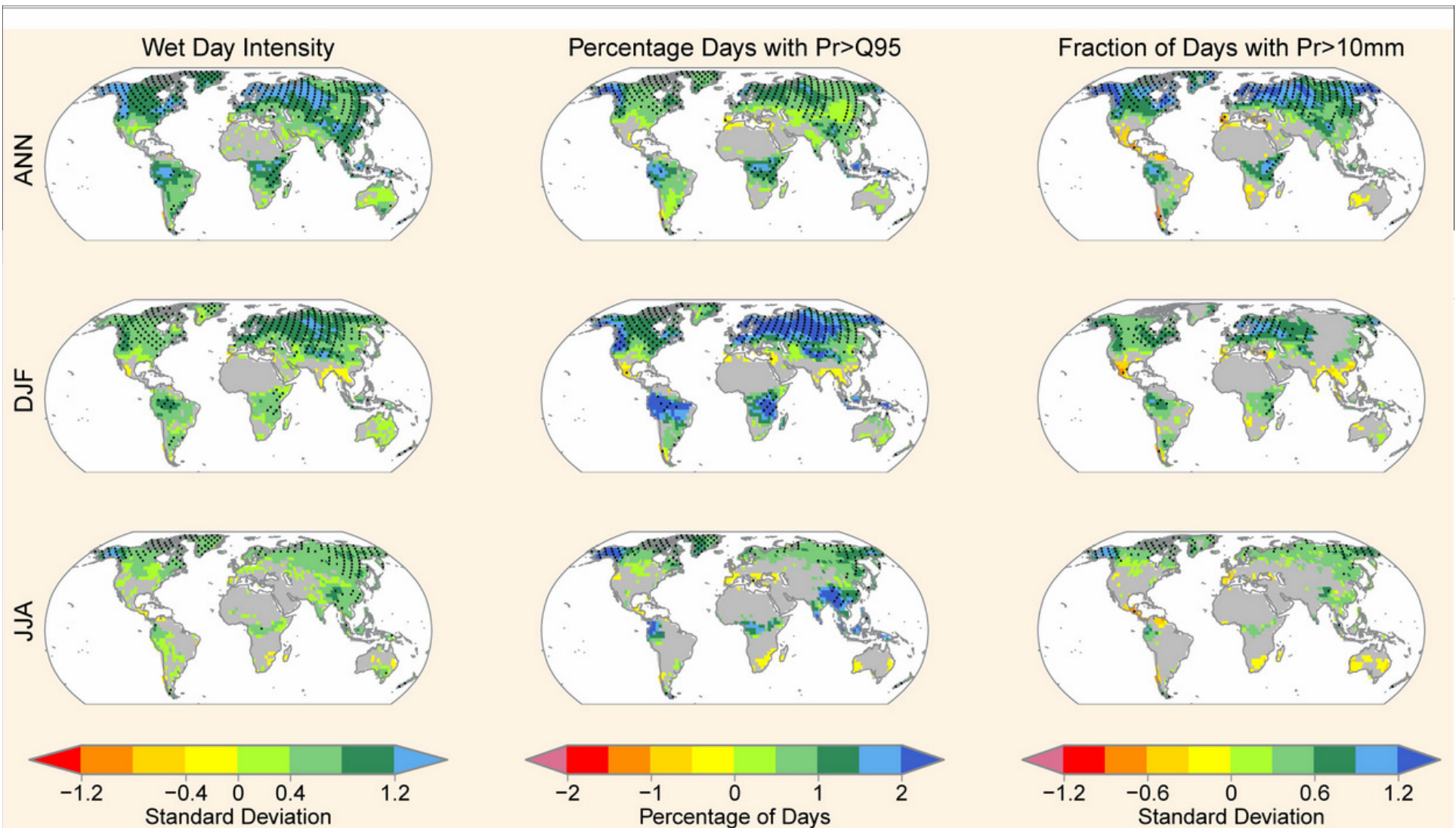
- skoraj zanesljivo povečanje pogostosti in intenzitete toplih dnevnih ekstremov in zmanjšanje hladnih ekstremov na svetovni ravni
- zelo verjetno povečanje toplih obdobj in vročinskih valov na večini kopenskih območij
- 20-letni ekstremi nekajkrat bolj pogosti ob koncu stoletja
- verjetno povečanje deleža močnih padavin v skupni količini na številnih območjih po svetu



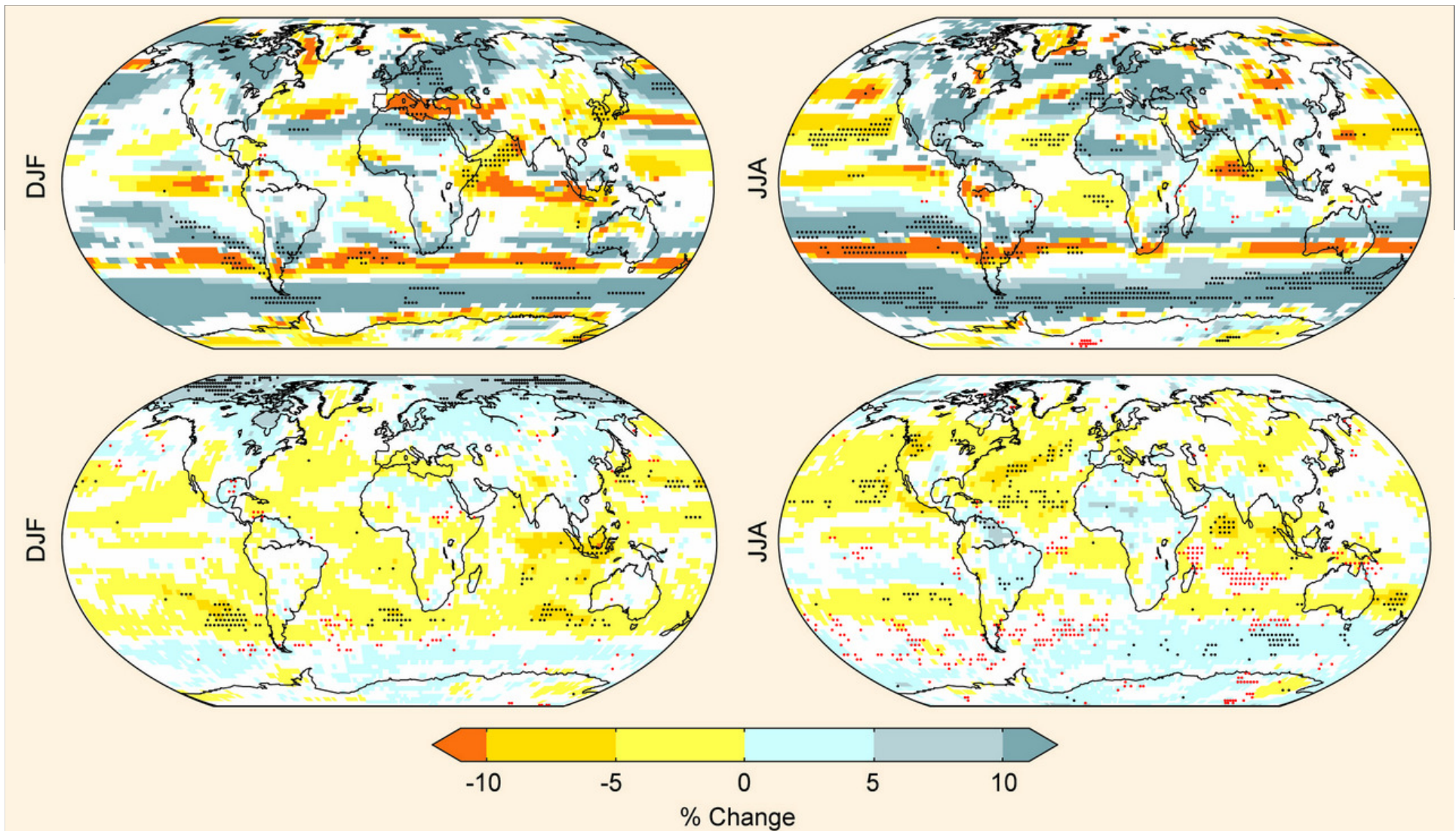
- v splošnem nezanesljive projekcije za ekstremni veter
- verjetno povečanje povprečne najvišje hitrosti vetra v tropskih ciklonih
- srednja stopnja zaupanja v regionalno okrepitev suše: južna in srednja Evropa, Sredozemlje, osrednji del S. Amerike, J. Amerika, Mehika ...



Povprečne projekcije spremembe števila toplih dni od konca 20. do konca 21. stoletja. Vir: IPCC SREX, slika 3.3.



Povprečne projekcije spremembe treh dnevni padavinskih indeksov od konca 20. do konca 21. stoletja. Vir: IPCC SREX, slika 3.6.



Povprečne projekcije spremembe hitrosti vetra 10 m nad tlemi od konca 20. do konca 21. stoletja. Zgoraj sprememba povprečne hitrosti vetra in spodaj 99. percentila dnevne povprečne hitrosti vetra. Vir: IPCC SREX, slika 3.6.



Viri in literatura

- <http://www.climatecommunication.org/new/features/extreme-weather/overview/w>
- <http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/>
- <http://www.wri.org/publication/impacts-hurricane-sandy-and-climate-change-connection>
- <http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n1/full/nclimate2468.html>
- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012JD018020/pdf>
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/tao.zhang/2010GL046582.pdf>
- <http://www.pnas.org/content/108/44/17905.short>
- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011GL050422/abstract>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Lake-effect_snow
- <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282003%29016%3C3535%3AIGLSDT%3E2.0.CO%3B2>
- http://s3.amazonaws.com/nca2014/low/NCA3_Full_Report_02_Our_Changing_Climate_LowRes.pdf?download=1
- Walsh, J., D. Wuebbles, K. Hayhoe, J. Kossin, K. Kunkel, G. Stephens, P. Thorne, R. Vose, M. Wehner, J. Willis, D. Anderson, S. Doney, R. Feely, P. Hennon, V. Kharin, T. Knutson, F. Landerer, T. Lenton, J. Kennedy, and R. Somerville, 2014: Ch. 2: Our Changing Climate. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 19-67. doi:10.7930/J0KW5CXT.
- <http://www.skepticalscience.com/hurricane-sandy-climate-connection.html>
- Martin Hoerling, Jon Eischeid, Judith Perlwitz, Xiaowei Quan, Tao Zhang, and Philip Pegion, 2012: On the Increased Frequency of Mediterranean Drought. *J. Climate*, **25**, 2146–2161.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Sandy
- Adam W. Burnett, Matthew E. Kirby, Henry T. Mullins, and William P. Patterson, 2003: Increasing Great Lake–Effect Snowfall during the Twentieth Century: A Regional Response to Global Warming?. *J. Climate*, **16**, 3535–3542.