



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

*Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i prirode
za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema
Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama*

www.prilagodba-klimi.hr



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE

eptisa
Adria d.o.o.



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE



eptisa
Adria d.o.o.

Prijelazni instrument, Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i prirode za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama

Klima i klimatsko modeliranje

Čedo Branković

cedo.brankovic@cirus.dhz.hr

Zagreb, 14. prosinac 2016. (energetika)

Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



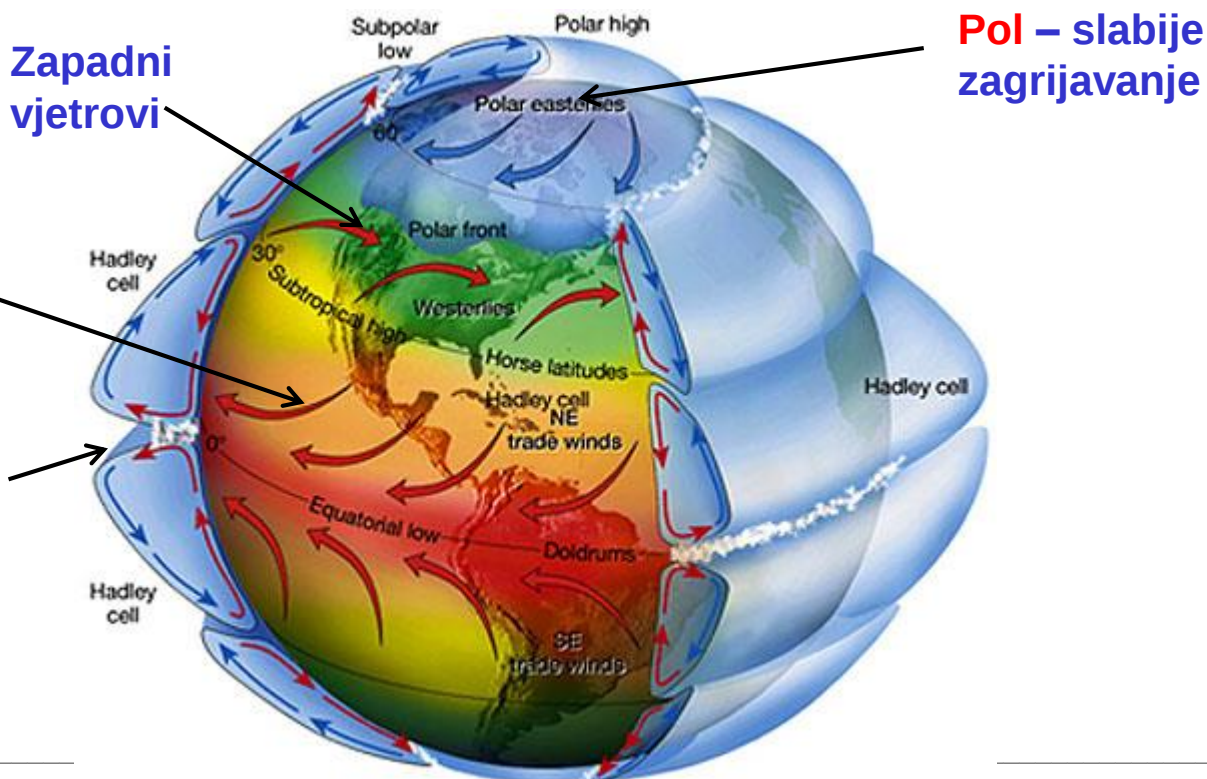
Sadržaj

1. Klima i klimatske promjene
2. Opažene klimatske promjene, klimatska varijabilnost i ekstremi
3. Klimatski modeli i modeliranje klime
4. Neki rezultati klimatskog modeliranja



Klima

- * Klima planeta Zemlje ovisi o **sunčevoj energiji**
- * Atmosfera i oceani raspodjeljuju sunčevo zagrijavanje od ekvatora prema polovima i od površine i niže atmosfere natrag u svemir



Izvor: Internet

Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



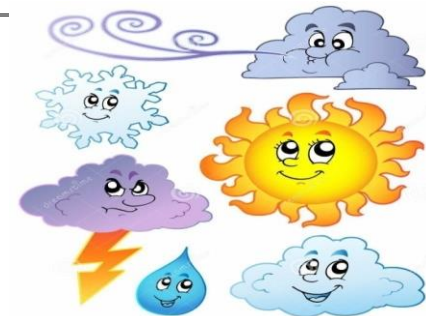
Klima

- * **Klimu** nekog područja u nekom razdoblju definiramo kao skup **srednjih ili očekivanih** vrijednosti meteoroloških elemenata i pojava (**osrednjeno vrijeme**)
- * Klima nekog područja klasificira se prema vrijednostima srednjaka i tipičnog raspona vrijednosti klimatskih elemenata
- * Klimu dijelimo na kontinentalnu, planinsku (gorsku), primorsku (mediteransku), oceansku, pustinjску, tropsku, monsunsku, arktičku, itd.
- * **Na klimu utječu:** Sunčevo, Zemljino i atmosfersko zračenje, oceanske i zračne struje, zemljopisna širina, razdioba kopna i mora, reljef, nadmorska visina, udaljenost od mora ili većih vodenih površina, razdioba kopnenog i morskog leda, sastav tla, biljni pokrov, djelovanje čovjeka
- * Klima je samo **“vanjska”** manifestacija klimatskih procesa, dinamike i međudjelovanja komponenata klimatskog sustava: atmosfera, oceani, ledeni pokrov, tlo, vegetacija, ...



Klima

- * **Elementi klime:** sunčevo zračenje, temperatura zraka, tlak, smjer i brzina vjetrova, vlažnost, naoblaka, oborina, isparavanje, snježni pokrivač, ...
- * Da bi se odredila klima nekog područja potrebno je mjeriti ili opažati meteorološke elemente kroz dulje vremensko razdoblje (**minimum 30 godina**)
- * Mjerenje meteoroloških elemenata vrši se na postajama na kopnu, na morima (brodovi, plutače), te od 1960-ih pomoću meteoroloških satelita



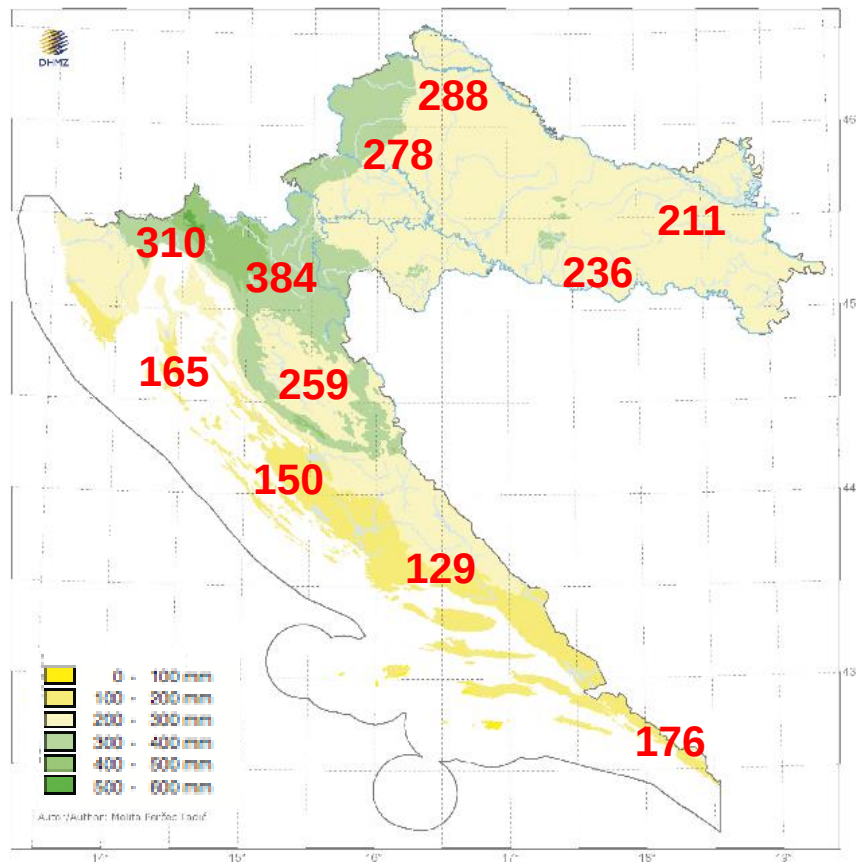
Izvor: Internet



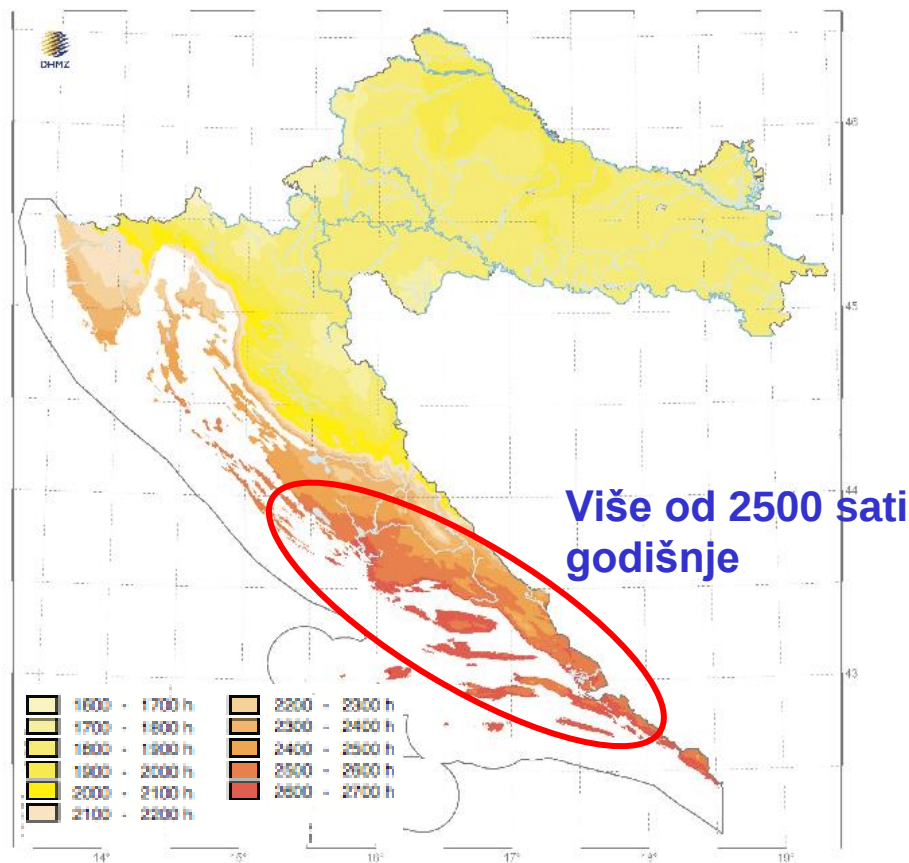


Klima Hrvatske za razdoblje 1961-1990

Srednja količina oborine za ljetu (mm)



Srednje godišnje osunčavanje (sati)



Izvor: Zaninović i sur., Klimatski atlas Hrvatske (2008, DHMZ)

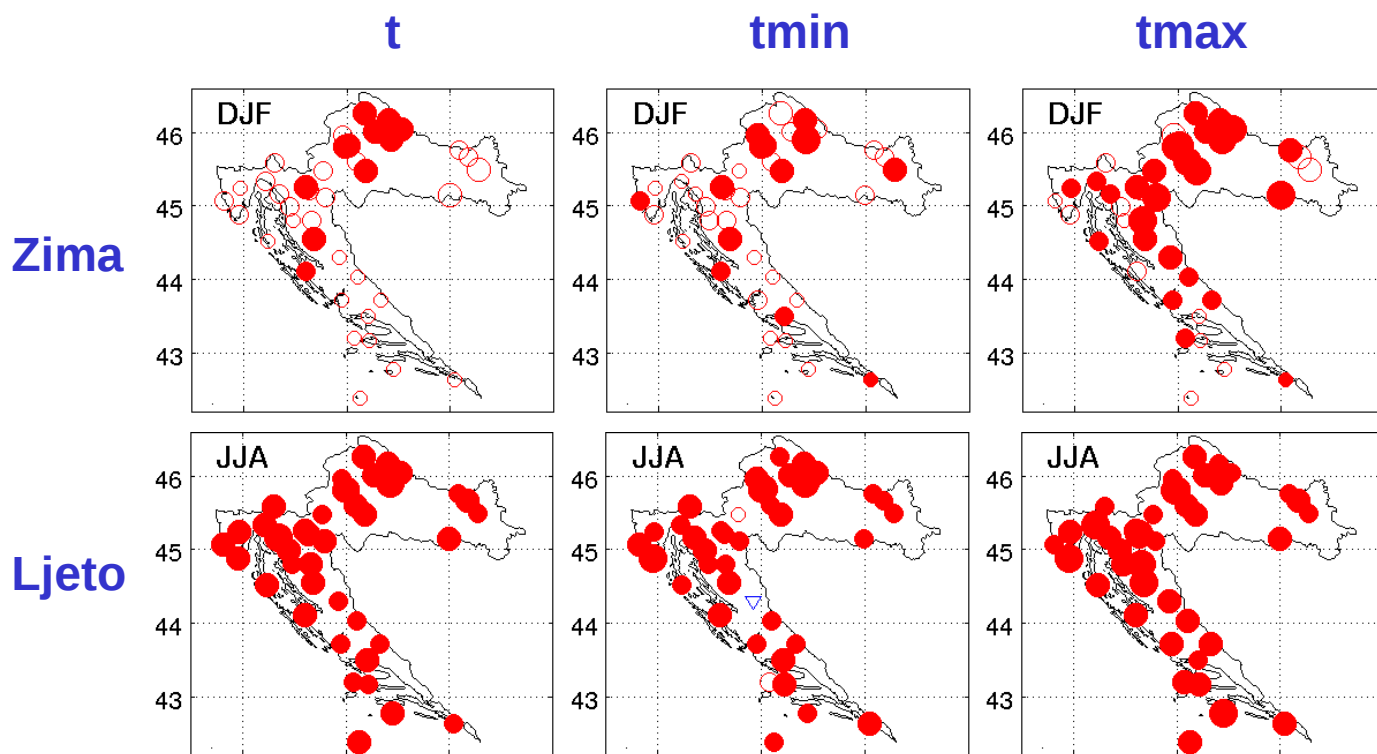
Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.

Klimatske promjene

* **Klimatske promjene** su značajne i trajne promjene u statističkoj razdiobi vremenskih pojava (dekade do milijuni godina)

Opažene klimatske promjene u razdoblju 1961-2010



Trendovi:

0.3 - 0.4 °C/10 god

0.2 - 0.3

0.1 - 0.2

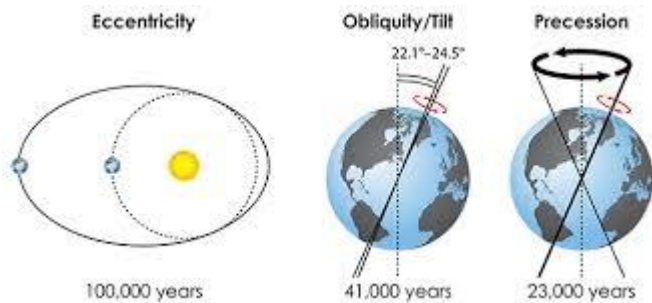
0 - 0.1

Izvor: 6. nacionalno
izvješće RH prema
Okvirnoj konvenciji
UN o promjeni klime

Klimatske promjene

* **Uzroci klimatskih promjena** su promjene u energetskej ravnoteži Zemlje

* **Prirodni uzroci:** varijacije u sunčevom zračenju
varijacije u rotaciji i orbiti Zemlje
vulkanske erupcije ...



Izvor: Internet

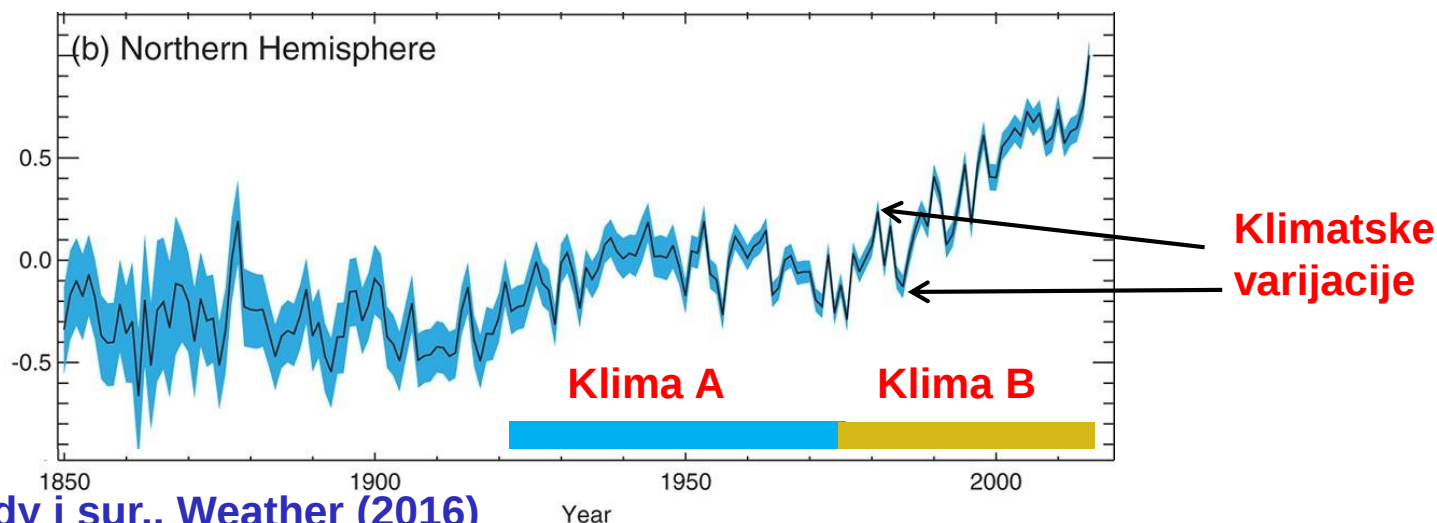


* **Ljudski utjecaj:** deforestacija
korištenje zemljišta
izgaranje fosilnih goriva ...

Zbog ljudskog utjecaja dolazi do povećanje razine plinova staklenika, aerosola, promjene u ozonskom omotaču, ...

Klima i klimatska varijabilnost

Godišnje anomalije temperature na sjev. hemisferi
(u odnosu na razdoblje 1961-1990)



Izvor: Kennedy i sur., Weather (2016)

- * Klimatske varijacije su razlike u vrijednostima klimatskih elemenata unutar razdoblja koja su kraća od klimatskog razdoblja
- * Klimatske varijacije ne ukazuju da je došlo do klimatske promjene
- * Zbog prirodne klimatske varijabilnosti detekcija klimatske promjene u nekom kraćem razdoblju je otežana



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE



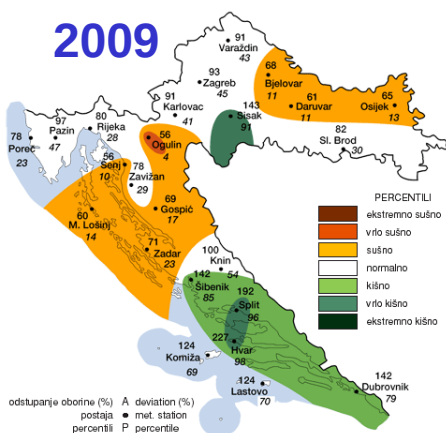
eptisa
Adria d.o.o.

Klimatska varijabilnost

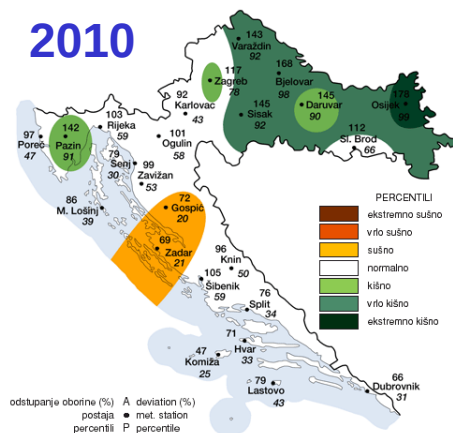
Ljetna oborina u Hrvatskoj 2009-2016



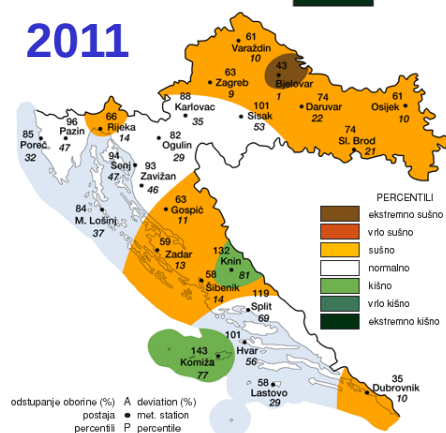
2009



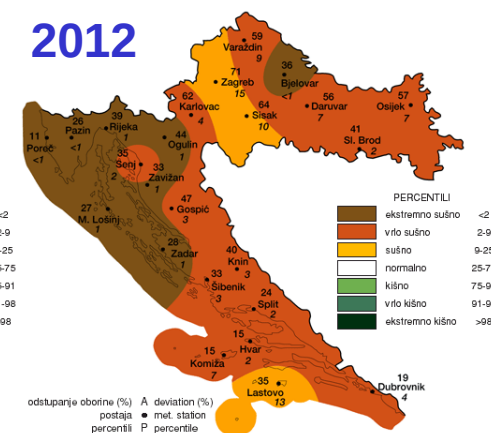
2010



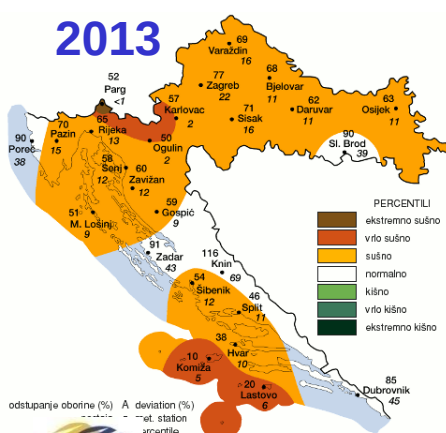
2011



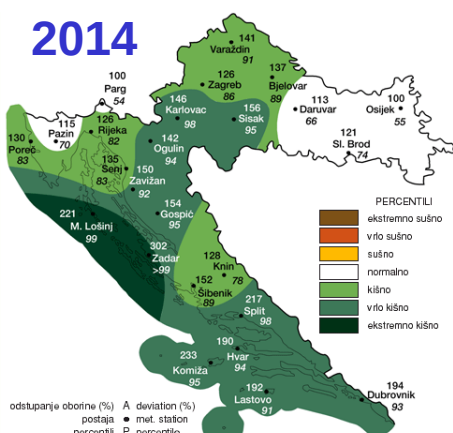
2012



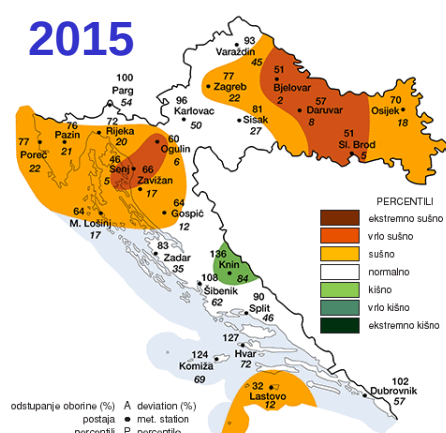
2013



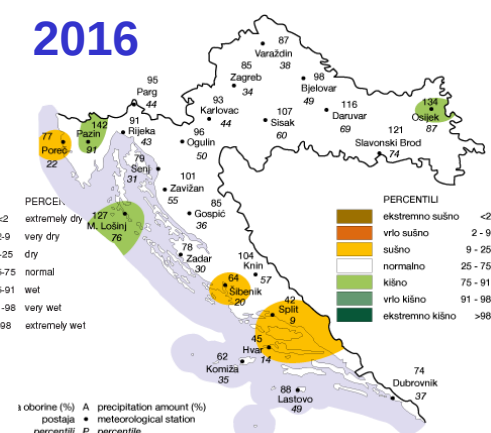
2014



2015



2016



DHMZ

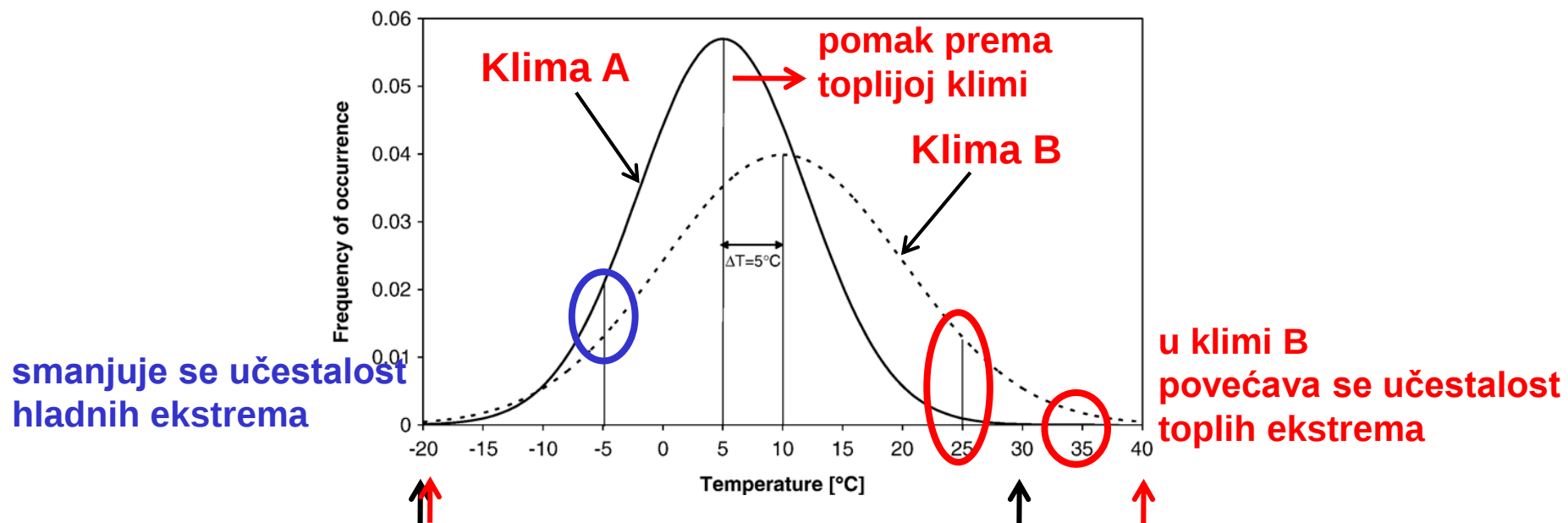
Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.

Klimatske promjene i ekstremni događaji

* Učestalost nekog događaja (primjer za **temperaturu zraka**)

Promjena učestalosti događaja uz
povećanu klimatsku varijabilnost

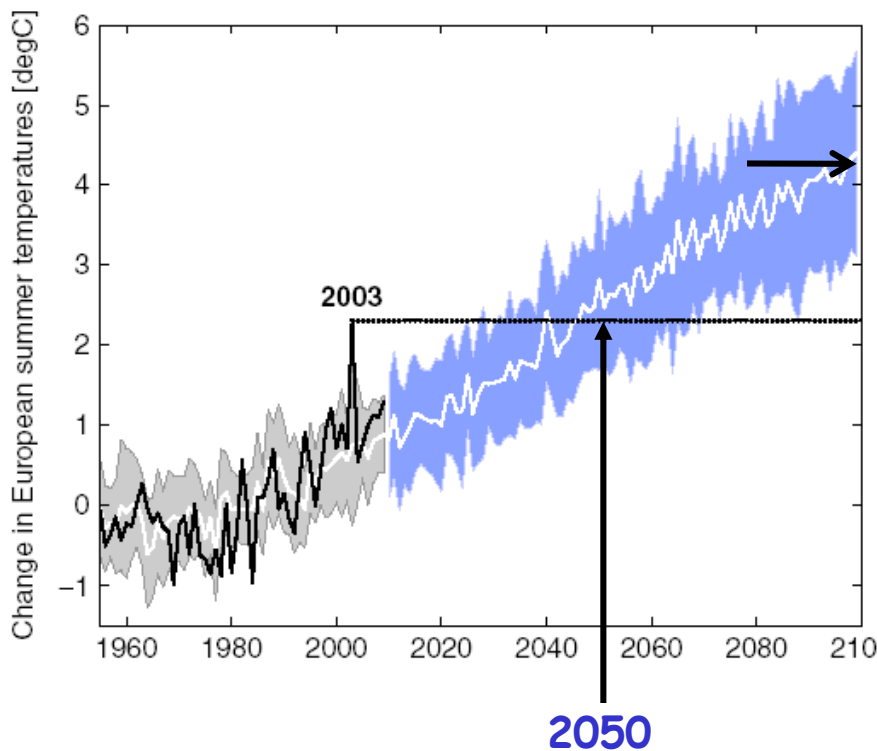


Izvor: Beniston & Goyette, Global and Planetary Change (2007)

Varijabilnost i ekstremni događaji u budućoj klimi

* Varijabilnost kao analog za budućnost

Promjena ljetne temperature u Europi



Koncem stoljeća ljeta u Europi neće biti tako **hladna** kao ljeto 2003

U 2050 će ljetna temperatura iz 2003 biti **normalna**

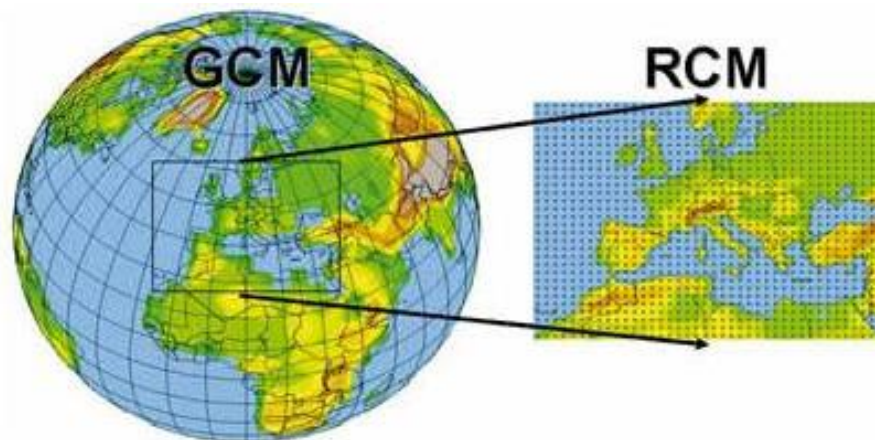
Izvor: Hawkins, Weather (2011)

Modeliranje klime i klimatskih promjena

Klimatski modeli

- * Atmosfera je fluid u kojem vladaju zakoni fizike koji se mogu opisati matematičkim jednažbama
- * Primjena skupa takvih jednadžbi u praksi naziva se **model atmosfere**
- * Klimatski modeli mogu biti **globalni (GCM)** ili **regionalni (RCM)**

“gruba”
horizontalna
rezolucija



povećanje
rezolucije

Modeliranje klime i klimatskih promjena

Klimatski modeli

- * Zbog razmjerno grube rezolucije (150-250 km) **globalni modeli su neprikladni za istraživanje klime na lokalnim i regionalnim skalama**
- * Regionalni klimatski modeli dobivaju početne i rubne uvjete od globalnih modela – **dinamička prilagodba (downscaling)**
- * Buduće stanje atmosfere (prognoze vremena, projekcije buduće klime) izračunava se pomoću atmosferskih (klimatskih) modela na **super-računalima (HPC)**

Cray XC40
super-računalo
(ECMWF)



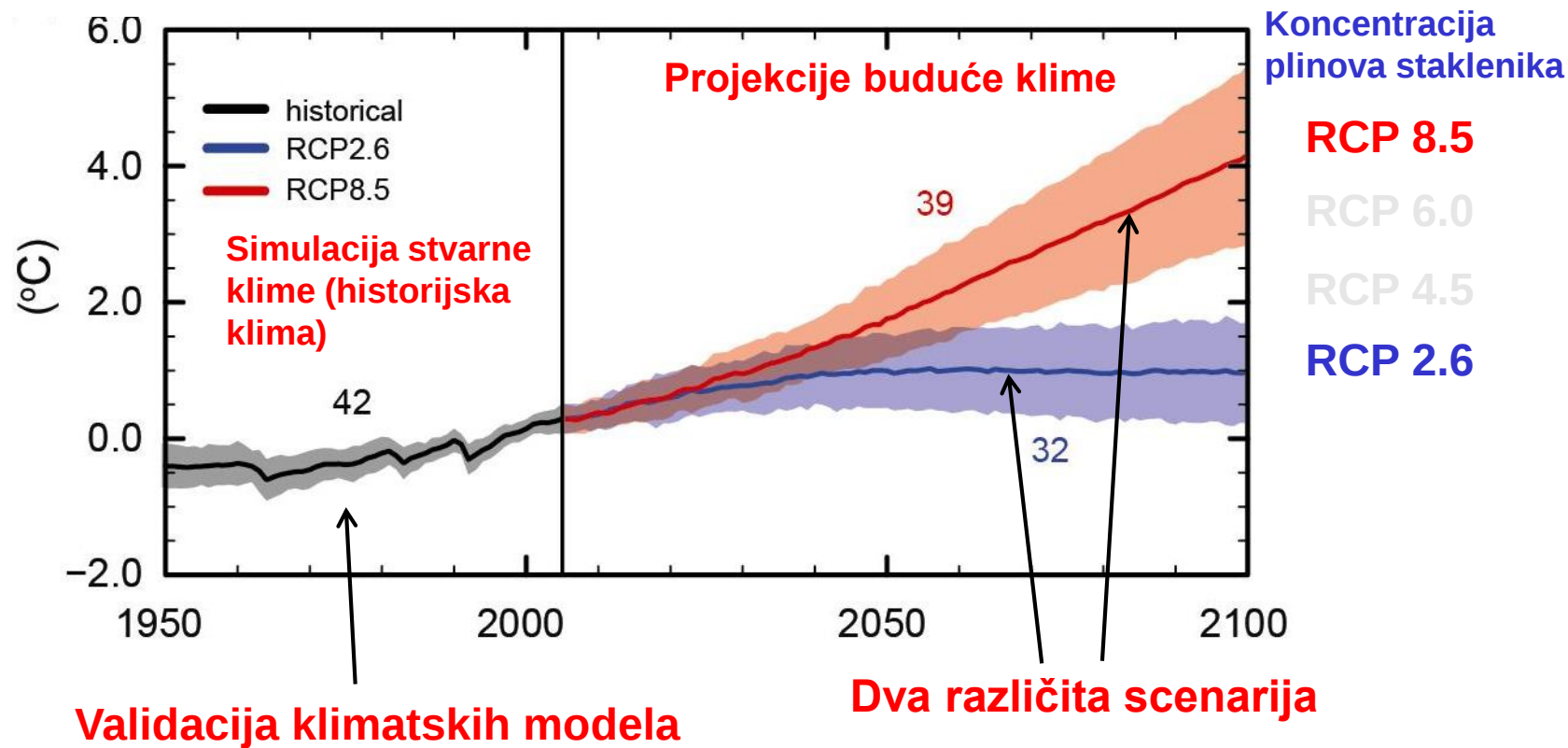
Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



Modeliranje klime i klimatskih promjena

Globalna promjena srednje temperature



Izvor: IPCC (2013)

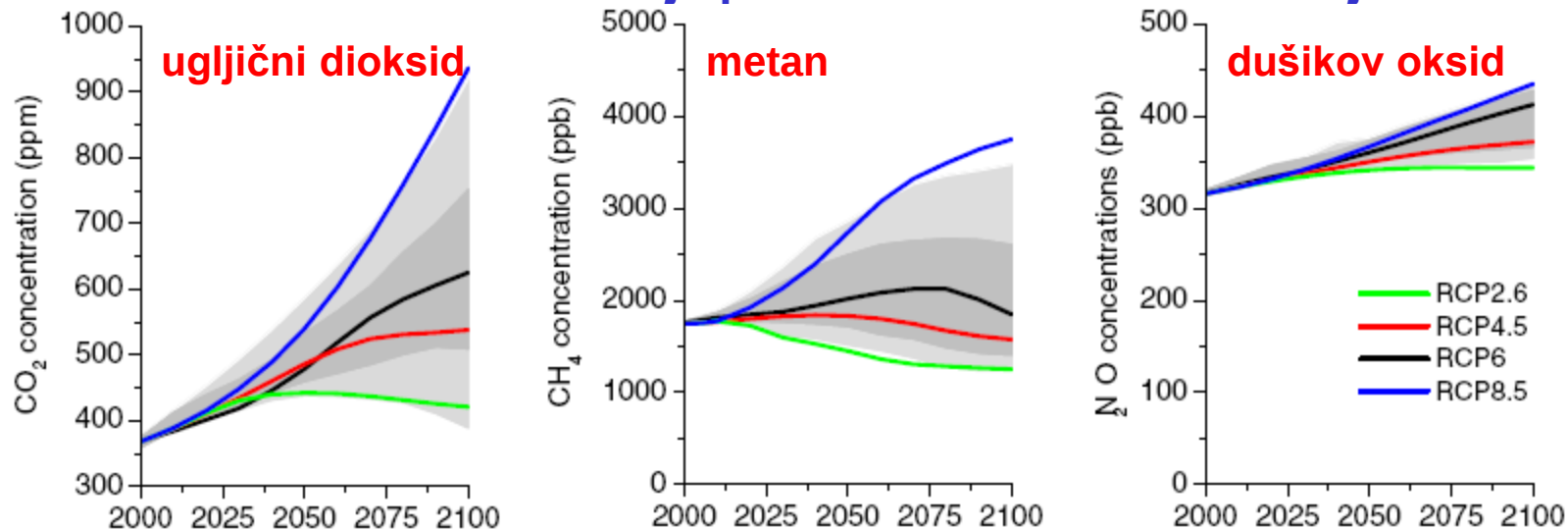
RCP – representative concentration pathway

Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.

Modeliranje klime i klimatskih promjena

Trendovi koncentracije plinova staklenika u budućoj klime



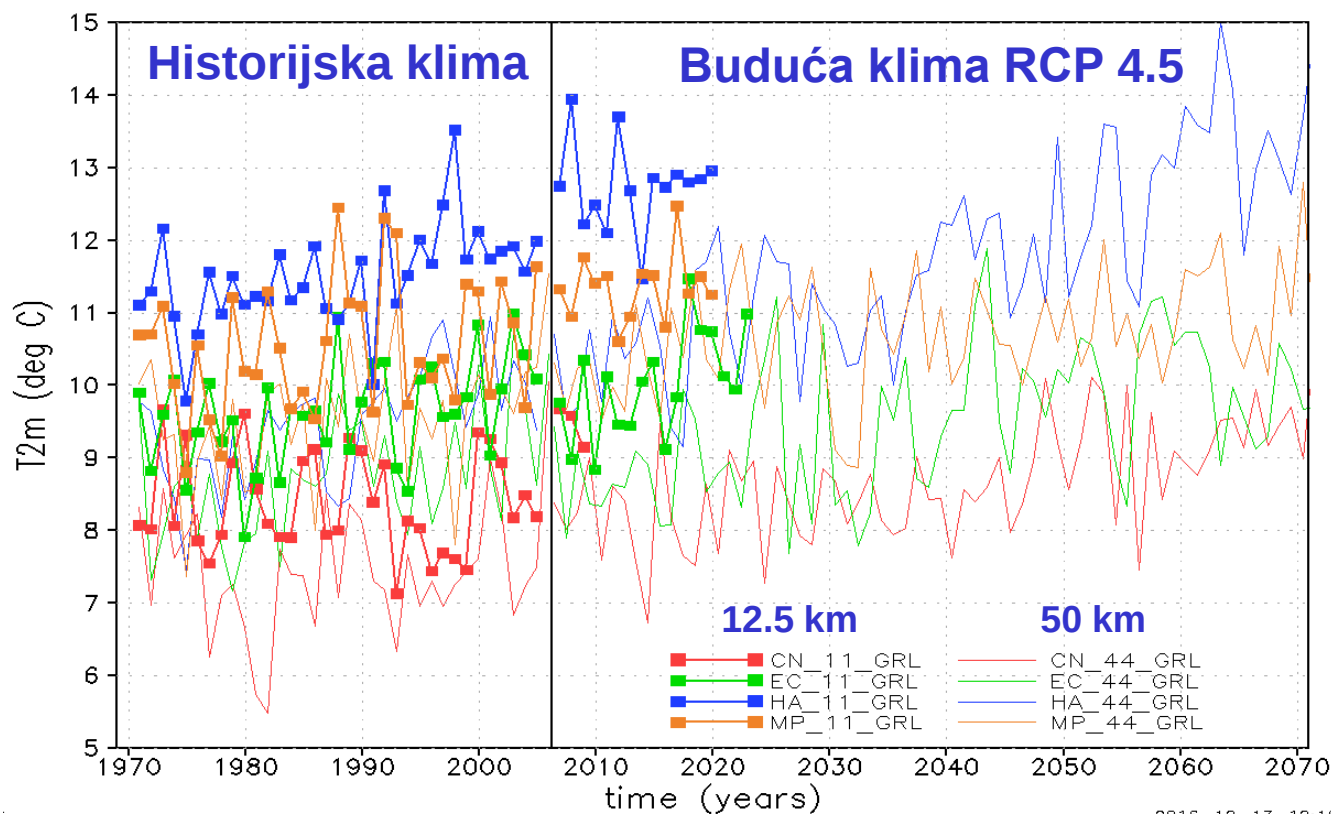
- * Kontinuirani porast koncentracija u RCP8.5
- * Stabilizirajući trend za koncentraciju CO₂ u RCP4.5 i RCP6.0
- * Kombinacija plinova staklenika i polutanata (aerosola)

Izvor: van Vuuren i sur., Climatic Change (2013)



Modeliranje klime i klimatskih promjena

Regional climate model (RegCM) i VELEbit HPC (SRCE)



2016-12-13-12:10





Modeliranje klime i klimatskih promjena

- * Klimatski modeli su jedini “alat” kojim možemo **predvidjeti** buduće klimatske promjene
- * Uz modeliranje klime i klimatskih promjena vezane su mnoge **neizvjesnosti** (nesigurnosti)
 - **prirodna varijabilnost klimatskog sustava**
 - **nesavršenost klimatskih modela**
 - **nepoznavanje buduće koncentracije plinova staklenika - RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5**
- * Neizvjesnost u klimatskom modeliranju može se donekle ublažiti višestrukim ponavljanjem simulacija: više modela
više scenarija
više različitih početnih uvjeta

Ansambl (*ensemble*) simulacijâ i raspon mogućih stanja buduće klime



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE



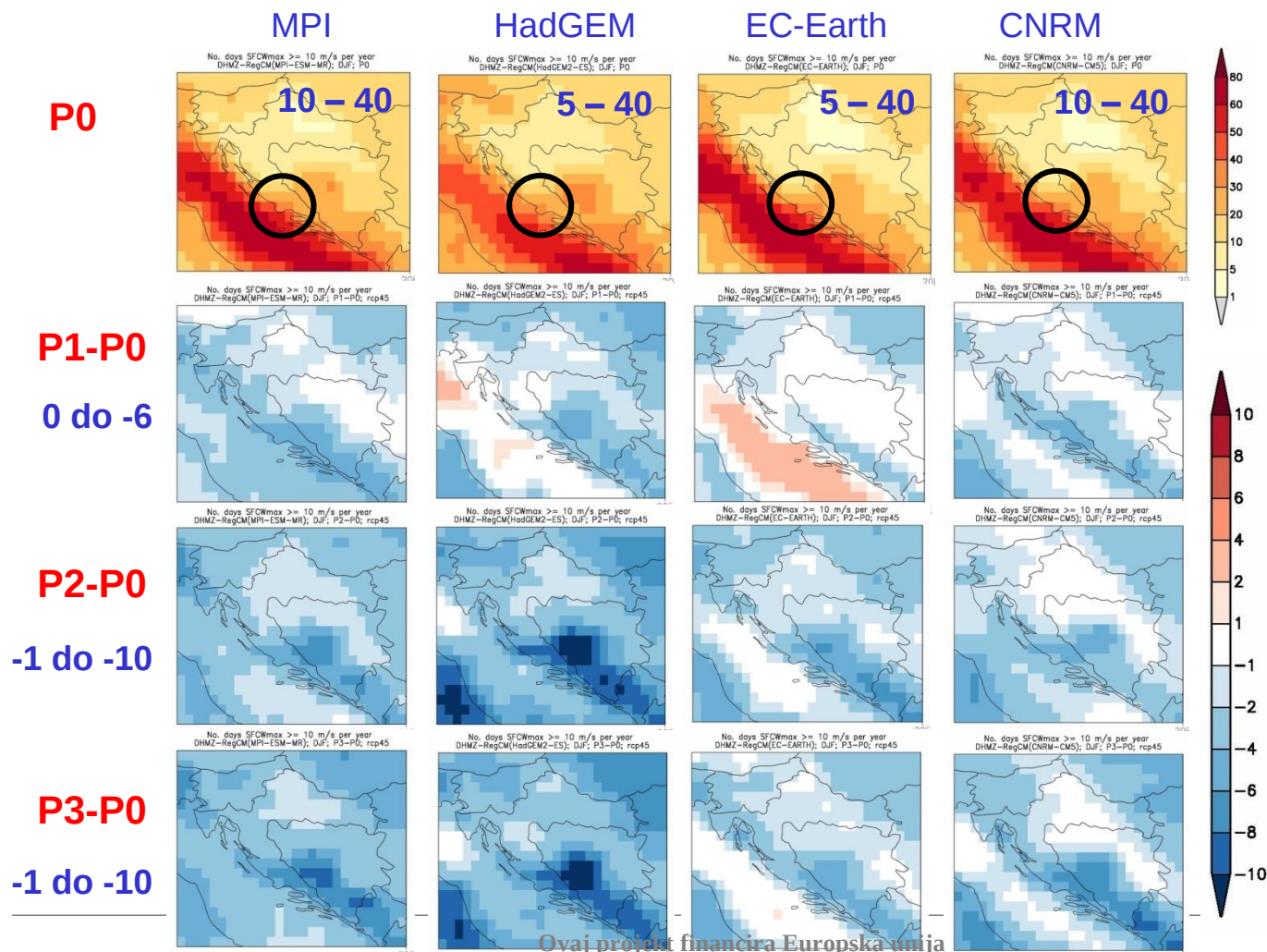
eptisa
Adria d.o.o.

Broj dana zimi kad je max vjetar ≥ 10 m/s

RegCM-DHMZ 50 km RCP4.5

P0=1971-2000, P1=2011-2040, P2=2041-2070,

P3=2071-2100



Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



Broj dana kad je max satna oborina ≥ 10 mm P0=1971-2000, P2=2041-2070

RegCM-DHMZ 50 km RCP4.5 P2-P0

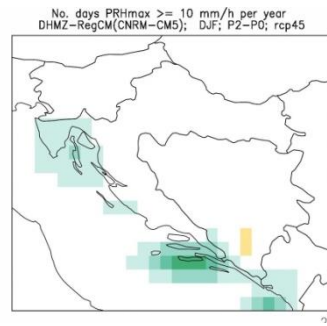
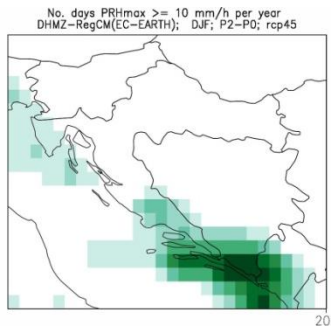
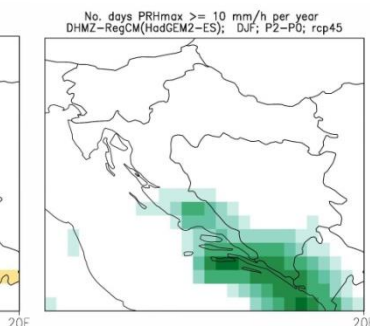
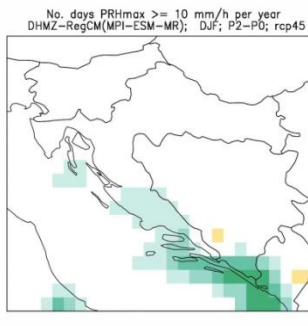
MPI

HadGEM

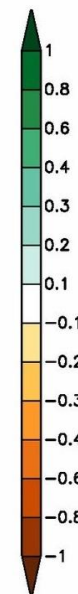
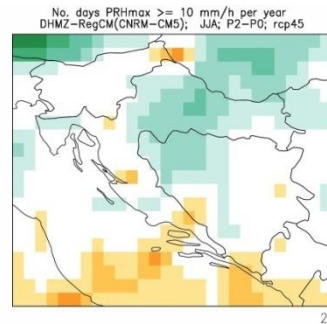
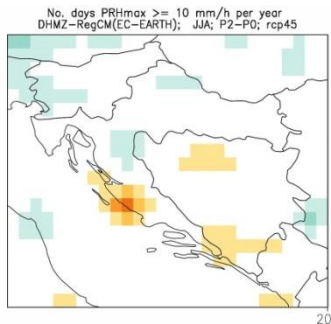
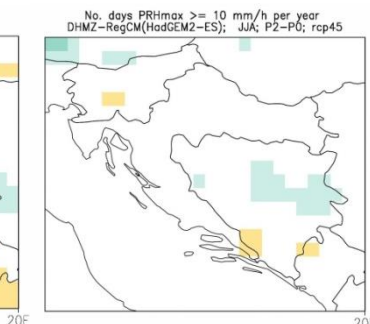
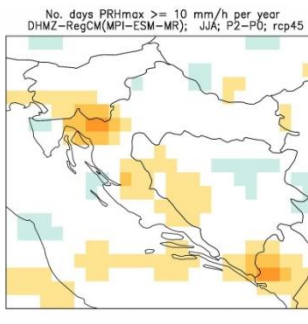
EC-Earth

CNRM

zima



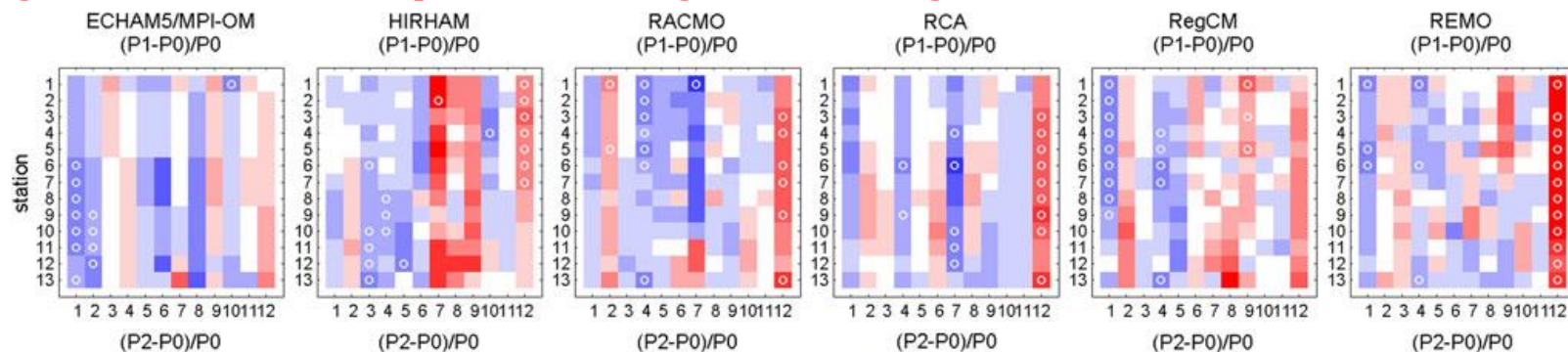
ljetno



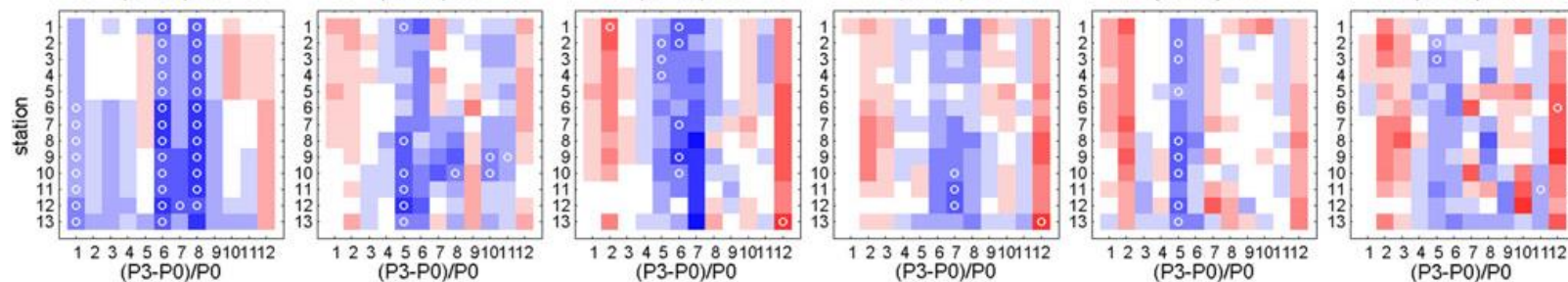


Promjena oborine po lokacijama i mjesecima

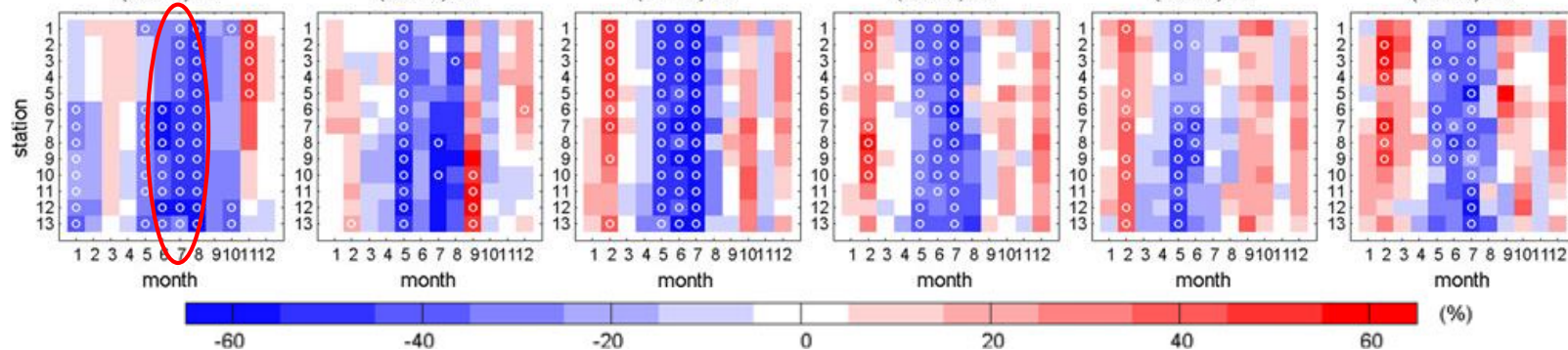
P1-P0



P2-P0



P3-P0



Izvor: Branković, Güttler, Gajić-Čapka; Climate Dynamics (2013)

Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



Klimatske promjene i obnovljivi izvori

Izvor: Pašičko, Branković, Šimić (2012) Renewable Energy

* Fotovoltaici:

- porast temperature → smanjuje se efikasnost i proizvodnja energije
- smanjenje količine oborine → mali pozitivni utjecaj
- povećanje sunčevog zračenja → manji porast u proizvodnji energije
- smanjenje broja dana sa snijegom → povećanje proizvodnje energije
- povećanje brzine vjetra → povećanje troškova održavanja
- ekstremni vremenski uvjeti (šumski požari, oluje) → oprezan izbor lokacija

* Vjetro-elektrane

- povećanje brzine vjetra → povećanje proizvodnje energije
- ekstremni vremenski uvjeti → negativan utjecaj vrlo jakih vjetrova
- promjena varijabilnosti brzine vjetra → veća varijabilnost manja proizvodnja
- promjena smjera vjetra → može imati znatan utjecaj

* Hidro-elektrane

- porast temperature → veća evaporacija iz akumulacija
- smanjenje količine oborine → smanjenje proizvodnje energije
- ekstremni vremenski uvjeti → sušna razdoblja - smanjenje proizvodnje



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

*Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i prirode
za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema
Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama*

www.prilagodba-klimi.hr



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE

eptisa
Adria d.o.o.