



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

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

www.prilagodba-klimi.hr



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE

eptisa
Adria d.o.o.



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

Klima i klimatsko modeliranje

Čedo Branković

cedo.brankovic@cirus.dhz.hr

Zagreb, 18. siječanj 2017. (Bioraznolikost)



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

* Vrijeme čine kratkoročni atmosferski procesi – oluje, fronte, ciklone, ...

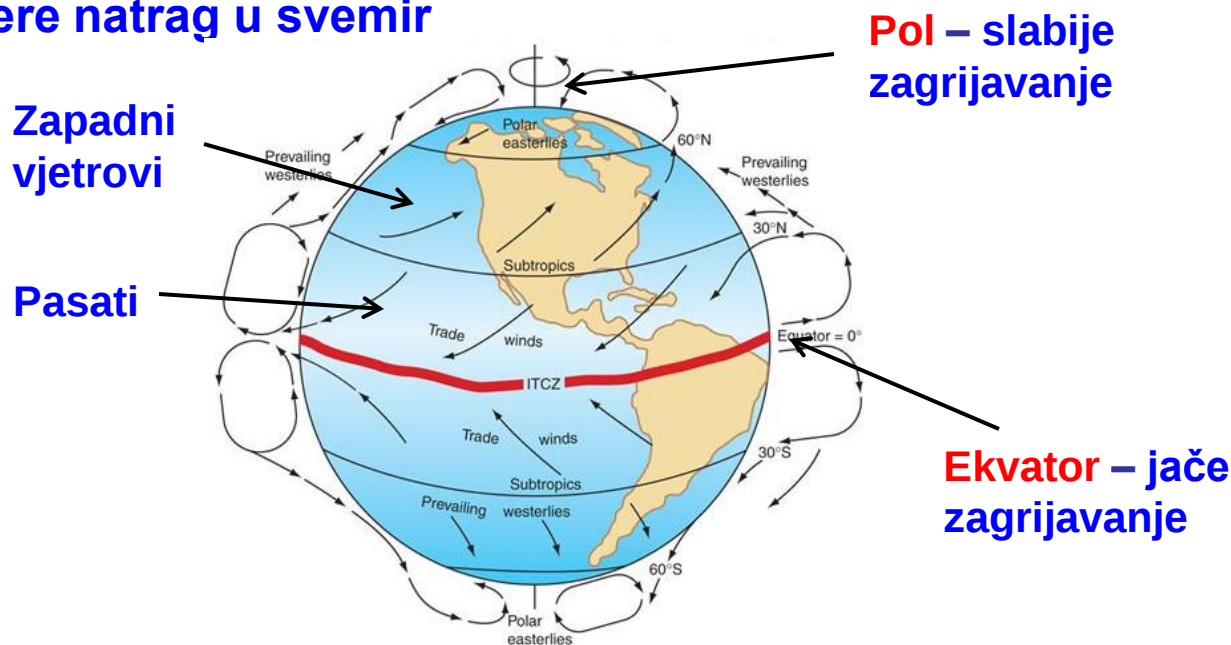


Izvor: Internet

- * **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, pustinjsku, tropsku, monsunsku, arktičku, itd.

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

- * 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

- * Klima je “**vanjska**” manifestacija klimatskih procesa, dinamike i međudjelovanja komponenata klimatskog sustava: atmosfera, oceani, ledeni pokrov, tlo, vegetacija, ...
- * **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**)

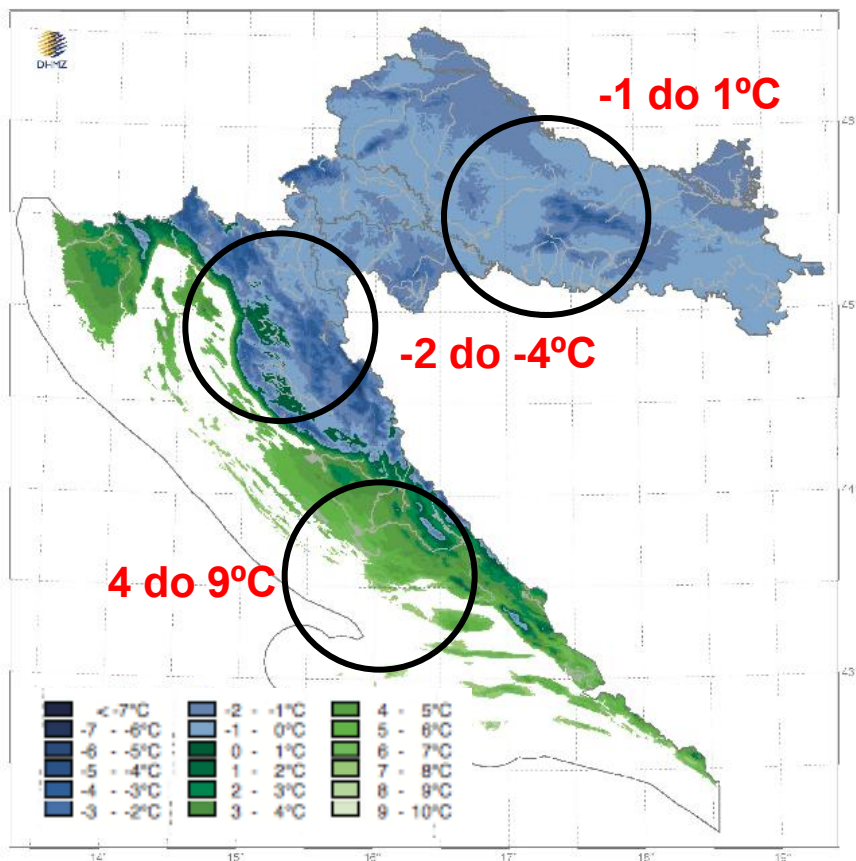


Izvor: Internet

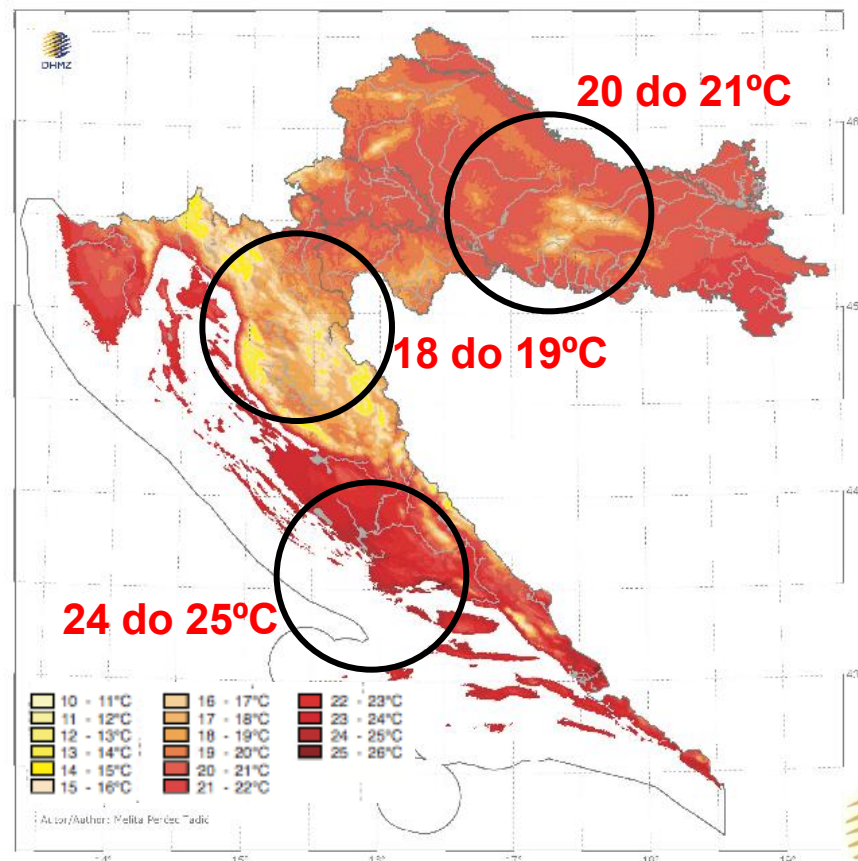


Klima Hrvatske za razdoblje 1961-1990

Srednja temperatura u siječnju



Srednja temperatura u srpnju

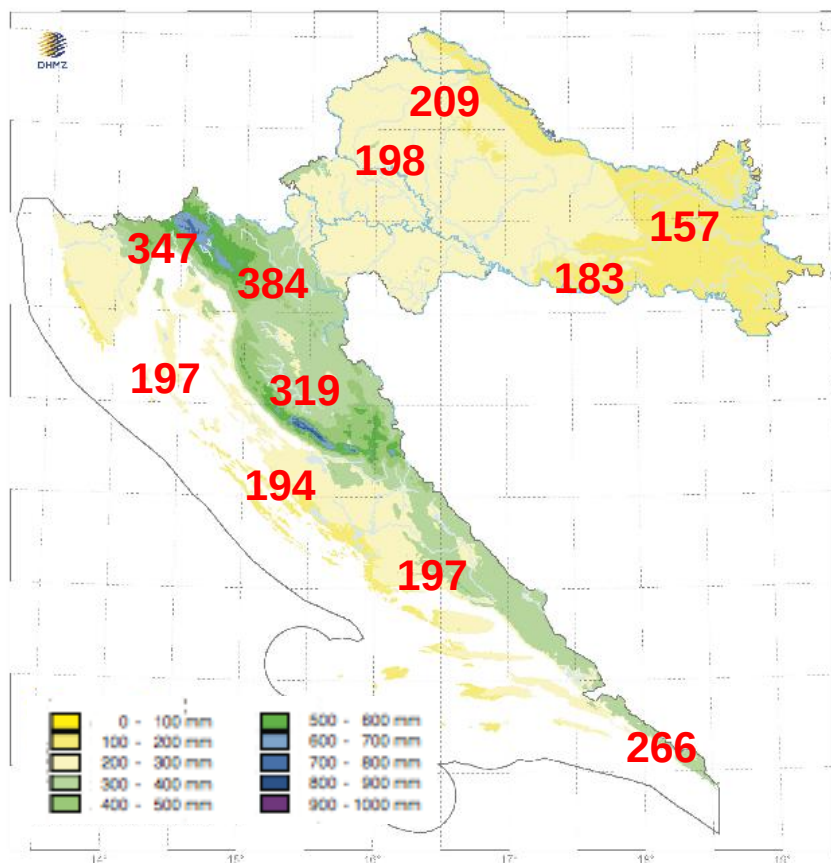


Izvor: Zaninović i sur., Atlas klime Hrvatske (2008, DHMZ)

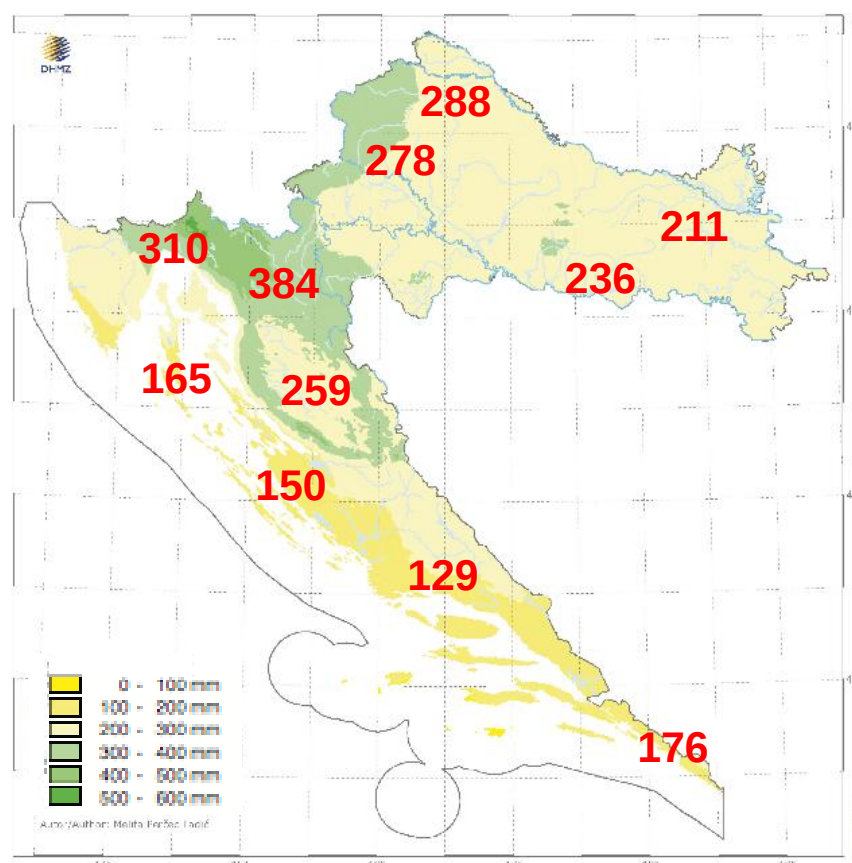


Klima Hrvatske za razdoblje 1961-1990

Srednja količina oborine u proljeće



Srednja količina oborine u ljeto



Izvor: Zaninović i sur., Atlas klime Hrvatske (2008, DHMZ)



REPUBLIKA HRVATSKA

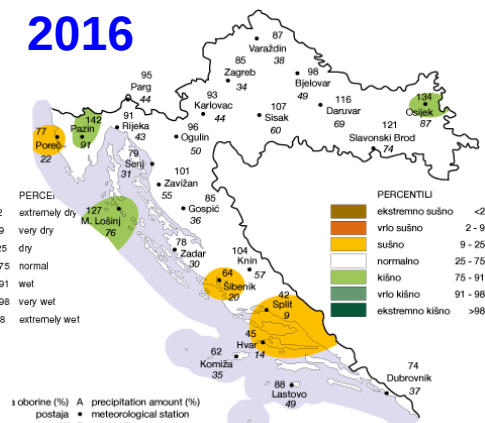
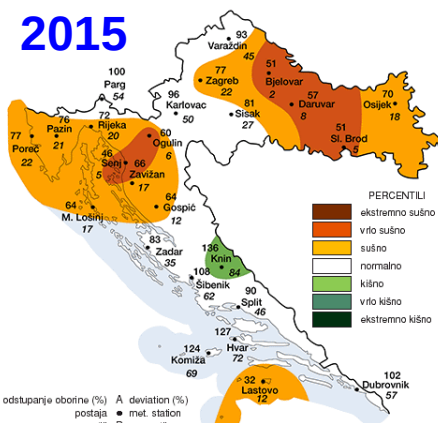
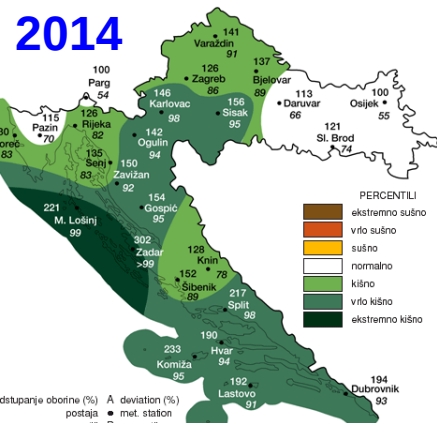
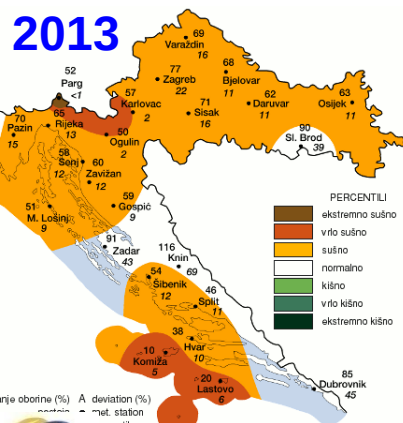
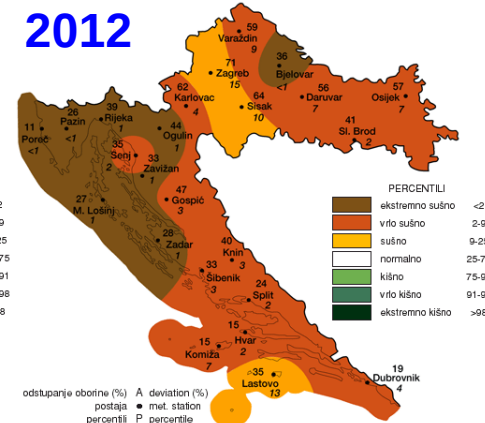
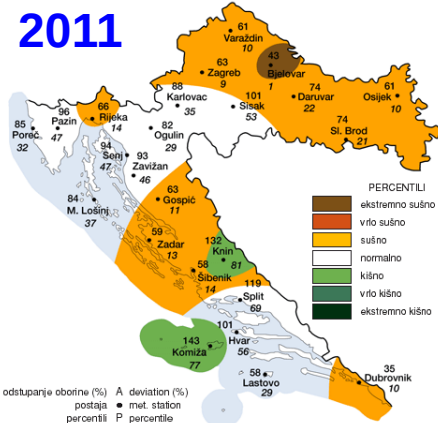
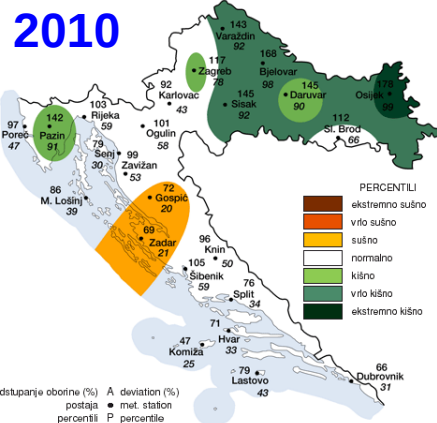
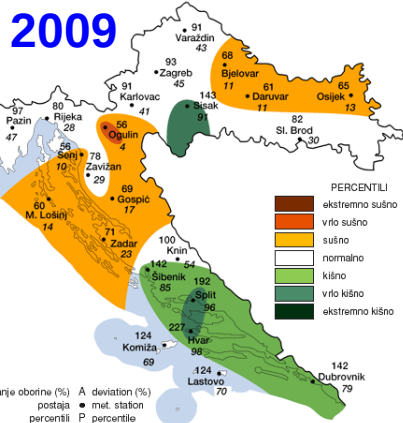
MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

Klimatska varijabilnost

Ljetna oborina u Hrvatskoj 2009-2016



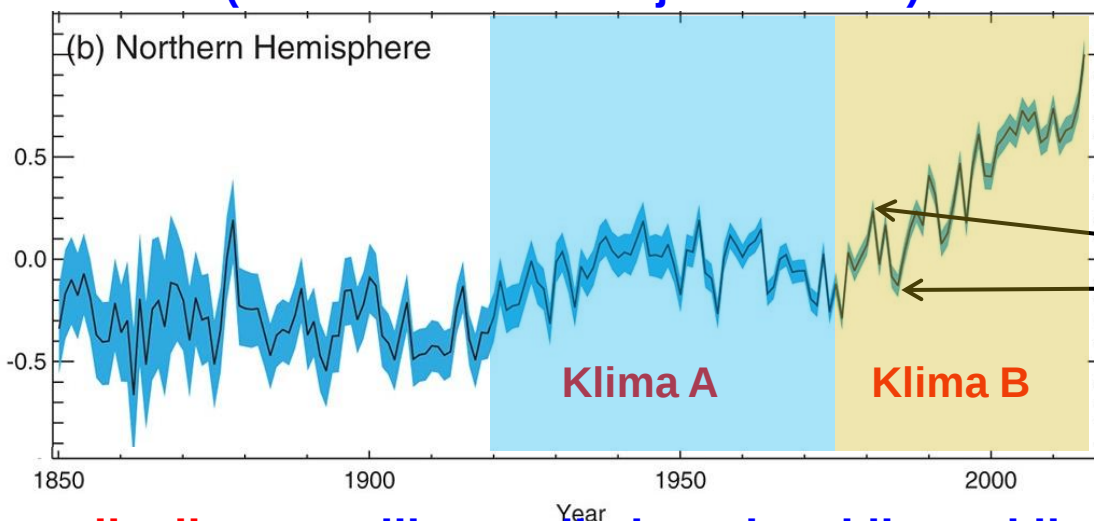
DHMZ



Klimatske promjene i klimatska varijabilnost

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

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



Klimatske
varijacije

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
- * Detekcija klimatske promjene u nekom kraćem razdoblju je otežana



Opažene klimatske promjene u razdoblju 1961-2010

Trendovi temperature u Hrvatskoj

t

tmin

tmax

Trendovi:
(°C/10 god)

0.3 - 0.4

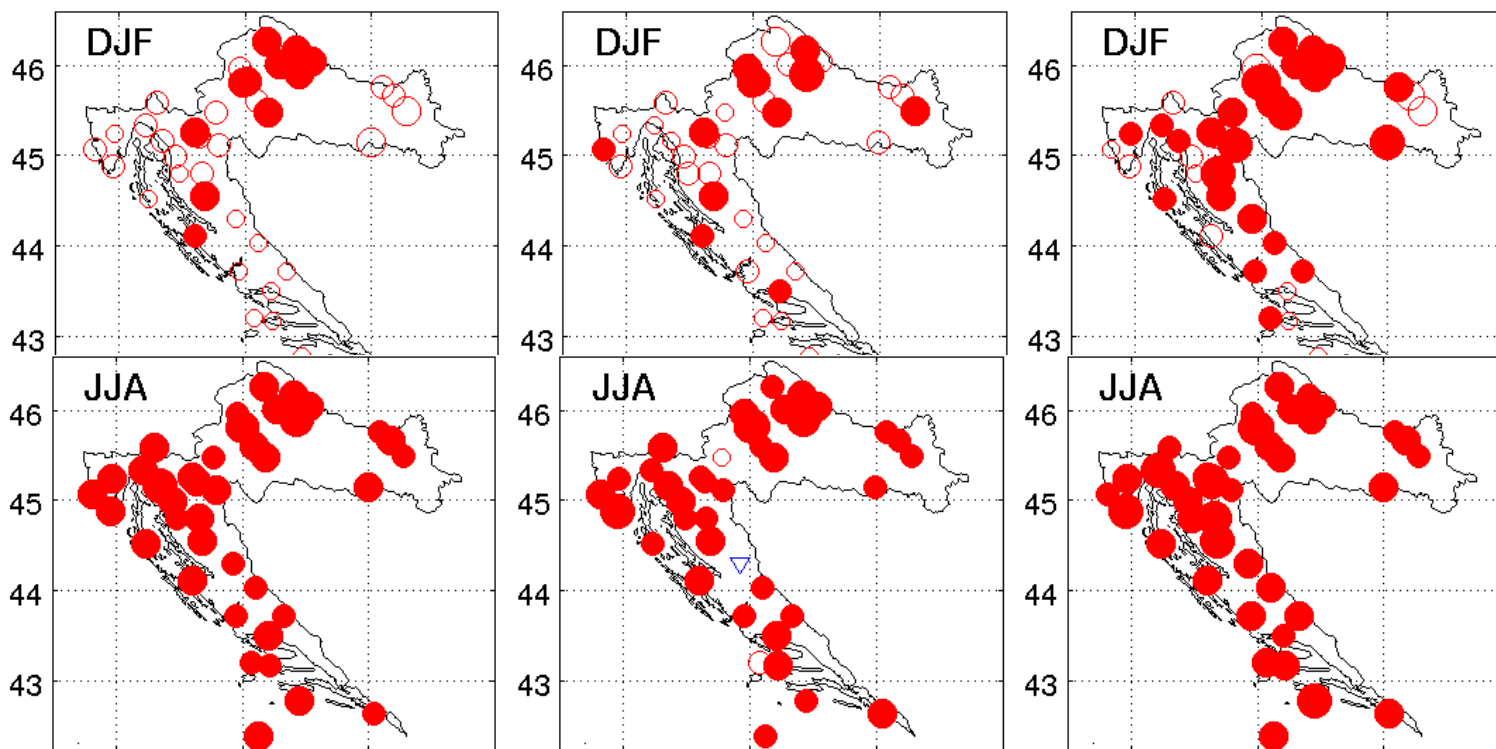
0.2 - 0.3

0.1 - 0.2

0 - 0.1

Zima

Ljeto

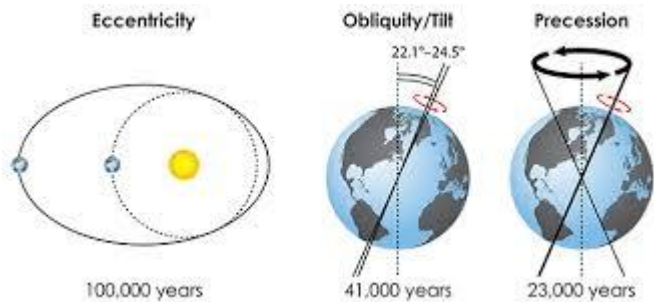


Izvor: 6. nacionalno izvješće RH prema Okvirnoj
konvenciji UN o promjeni klime

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



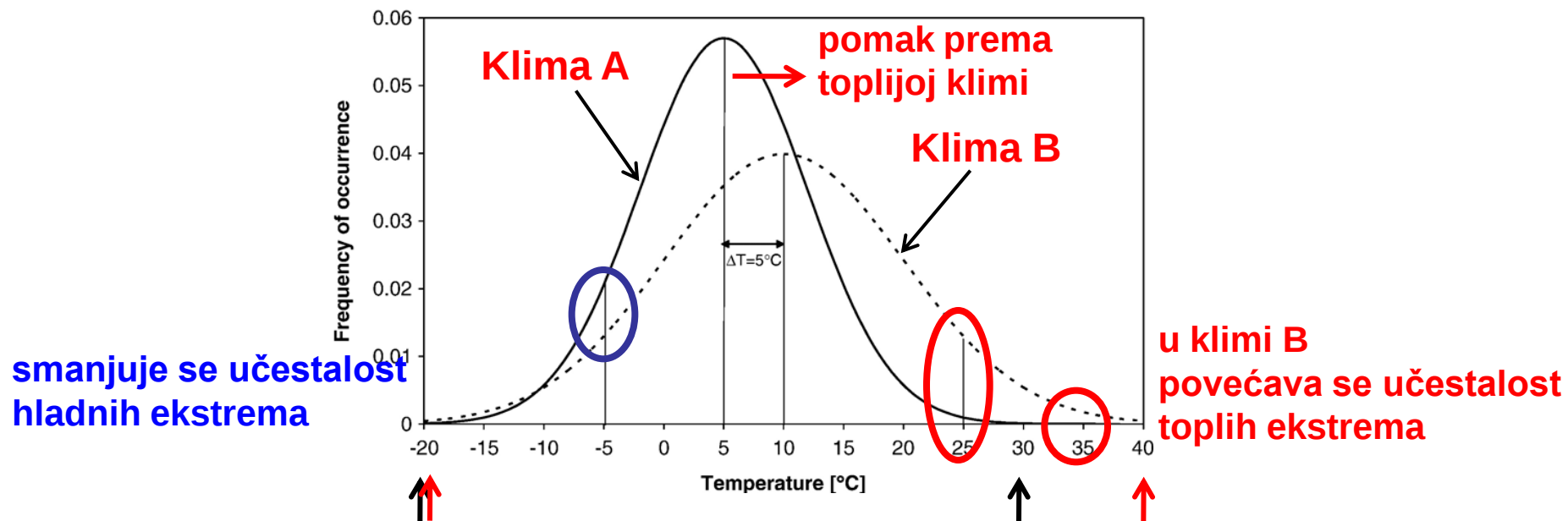
* **Ljudski utjecaj:** deforestacija
korištenje zemljišta
izgaranje fosilnih goriva ...

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

Klimatske promjene i ekstremni događaji

* Učestalost nekog događaja (primjer za temperaturu zraka)

Promjena učestalosti događaja uz
povećanu klimatsku varijabilnost



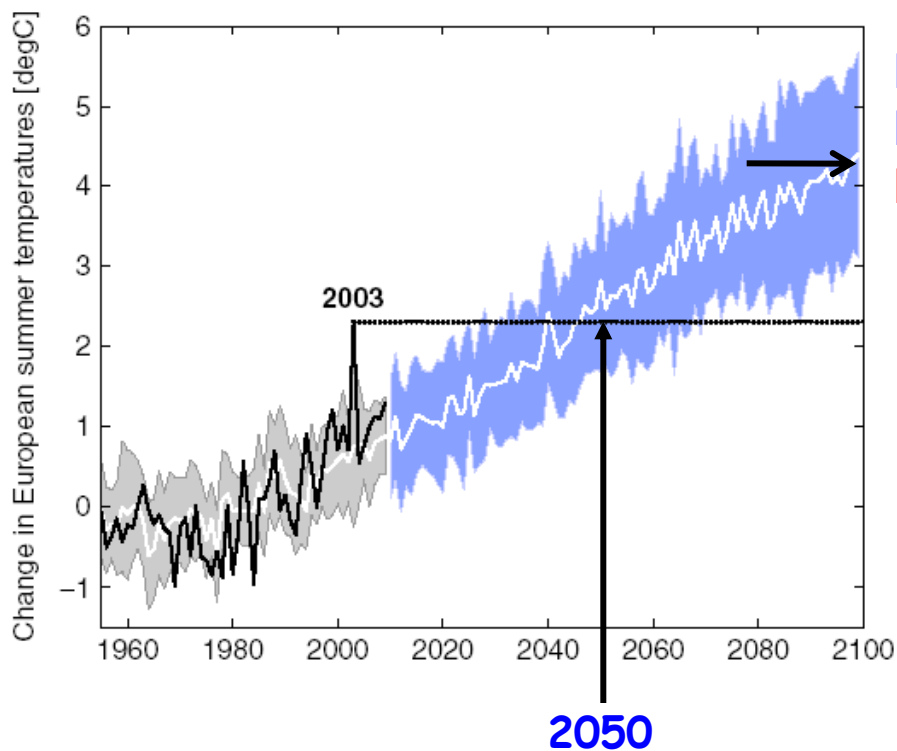
Izvor: Beniston & Goyette, Global and Planetary Change (2007)



Varijabilnost i ekstremni događaji u budućoj klimi

* Varijabilnost kao analog za budućnost

Promjena ljetne temperature u Europi



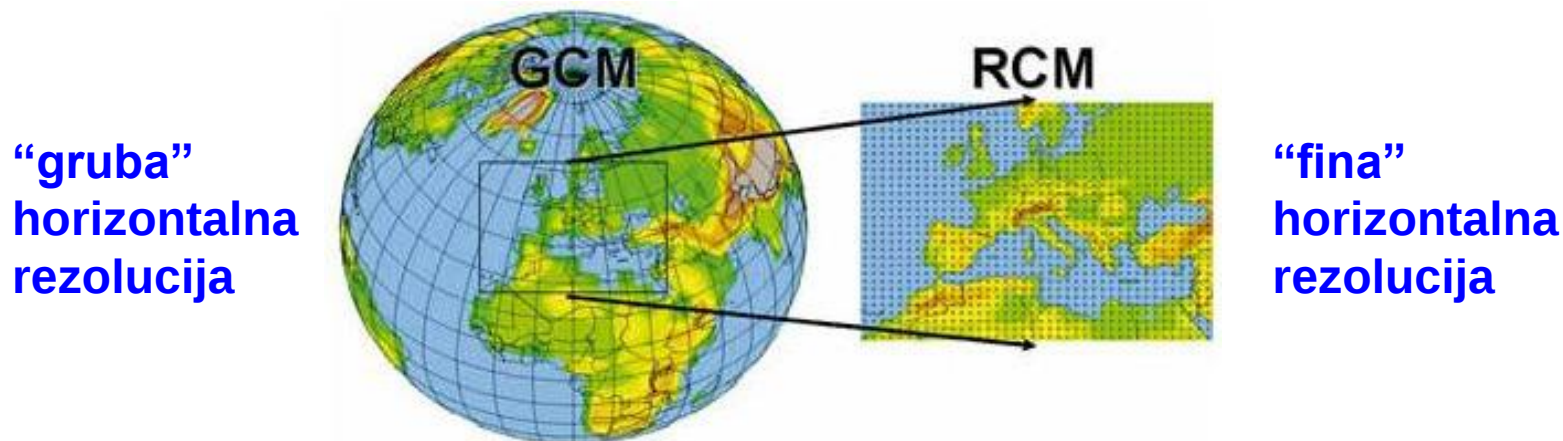
Koncem stoljeća ljeta u
Europi neće biti tako
hladna kao ljeto 2003

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)



- * 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)**



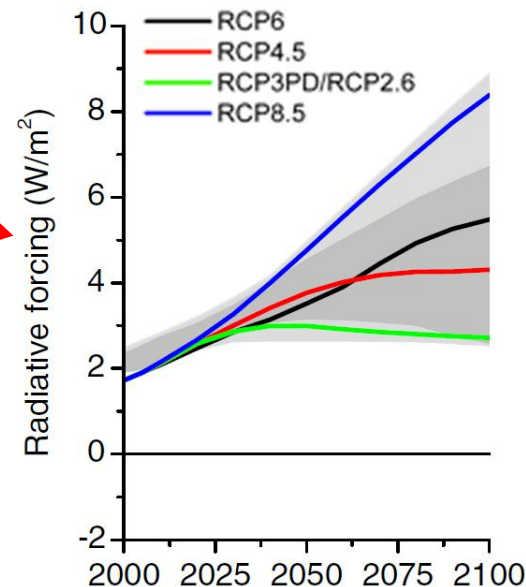
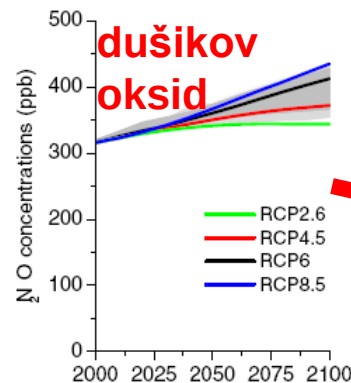
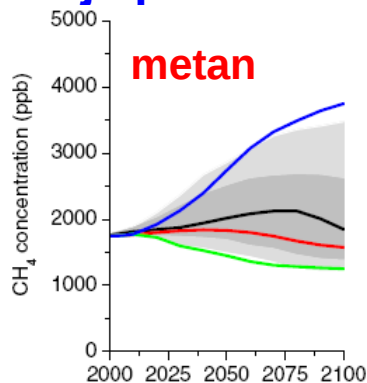
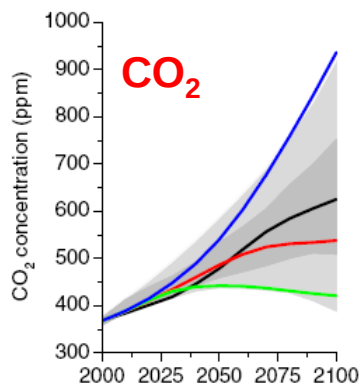
Modeliranje klime i klimatskih promjena - Klimatski modeli

- * Buduće stanje atmosfere (prognoze vremena, projekcije buduće klime) izračunava se pomoću atmosferskih (klimatskih) modela na **super-računalima** (HPC)
- * Regional Climate Model – **RegCM** (na DHMZ-u od 2003)
- * Super-računalo (klaster) **VELEbit** (SRCE):
 - 64 radna čvora s ukupno 1792 procesorske jezgre
 - 6 spremišnih čvorova
 - 220 TB standardnog spremišta
 - 12 TB brzog spremišta (SSD diskovi)
 - 44.4 TFLOPS-a
 - potrošnja energije 28 kW
- * DHMZ tim – Ivan Güttler, Lidija Srnec, Tomislav Stilinović



Modeliranje klime - Scenariji klimatske budućnosti

Trendovi koncentracije plinova staklenika u budućoj klimi



* RCP – representative concentration pathways:
2.6, 4.5, 6.0, 8.5

* Kumulativna mjera ukupne čovjekove emisije plinova staklenika u 2100.

* U RCP8.5 kontinuirani porast koncentracija plinova staklenika

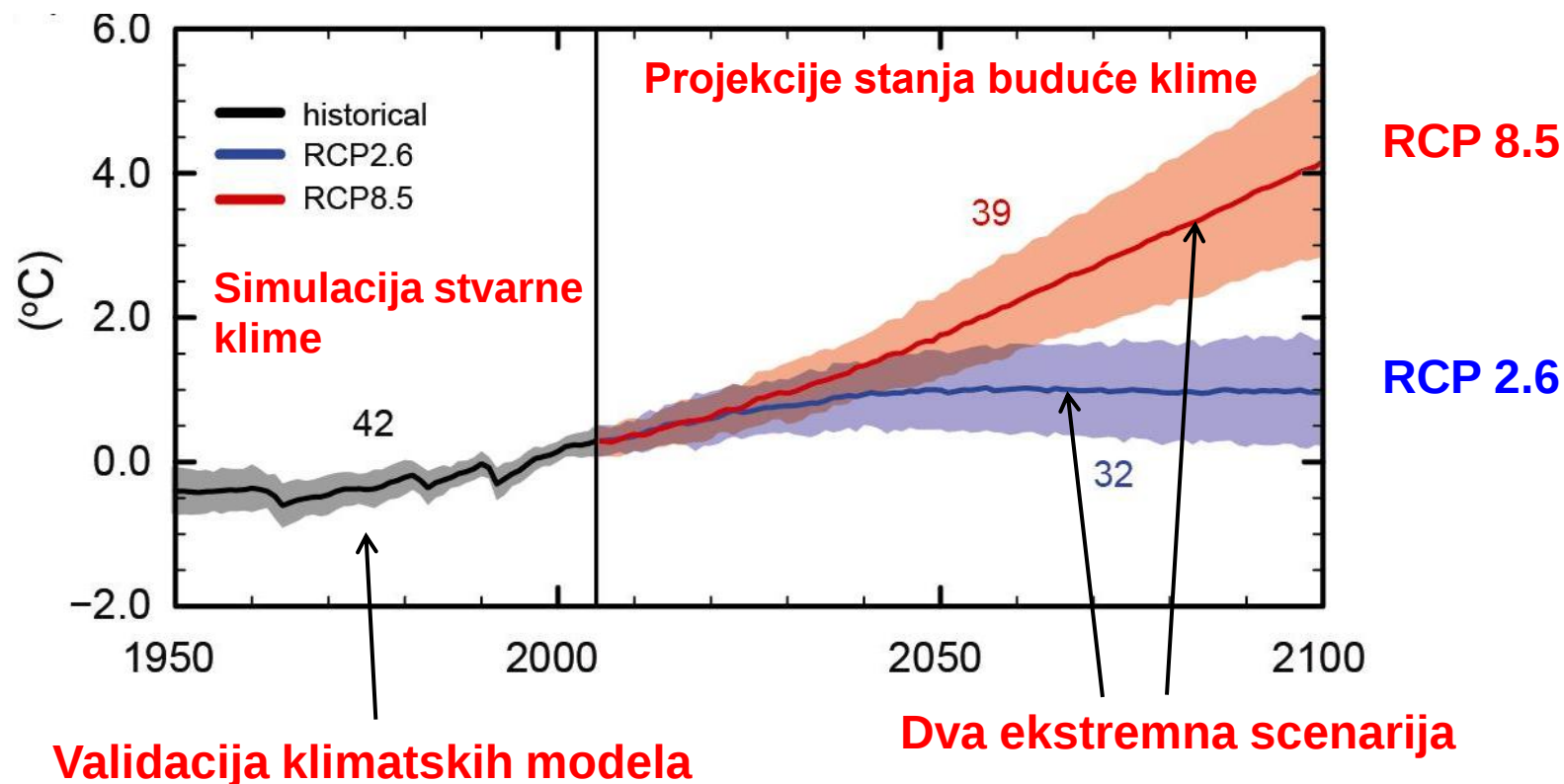
* U RCP4.5 i RCP6.0 stabilizirajući trend za koncentracije CO₂

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



Modeliranje klime i klimatskih promjena

Globalna promjena srednje temperature





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



Modeliranje klime i klimatskih promjena - neizvjesnosti



- * Svi detalji topografije i (heterogeni) fizikalni procesi reducirani na jednu točku tipične rezolucije GCM
- * Oblaci nad južnim Pacifikom





REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

Temperatura zraka (srednjak ansambla)

RegCM, 50 km, RCP4.5

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

Zima

Proljeće

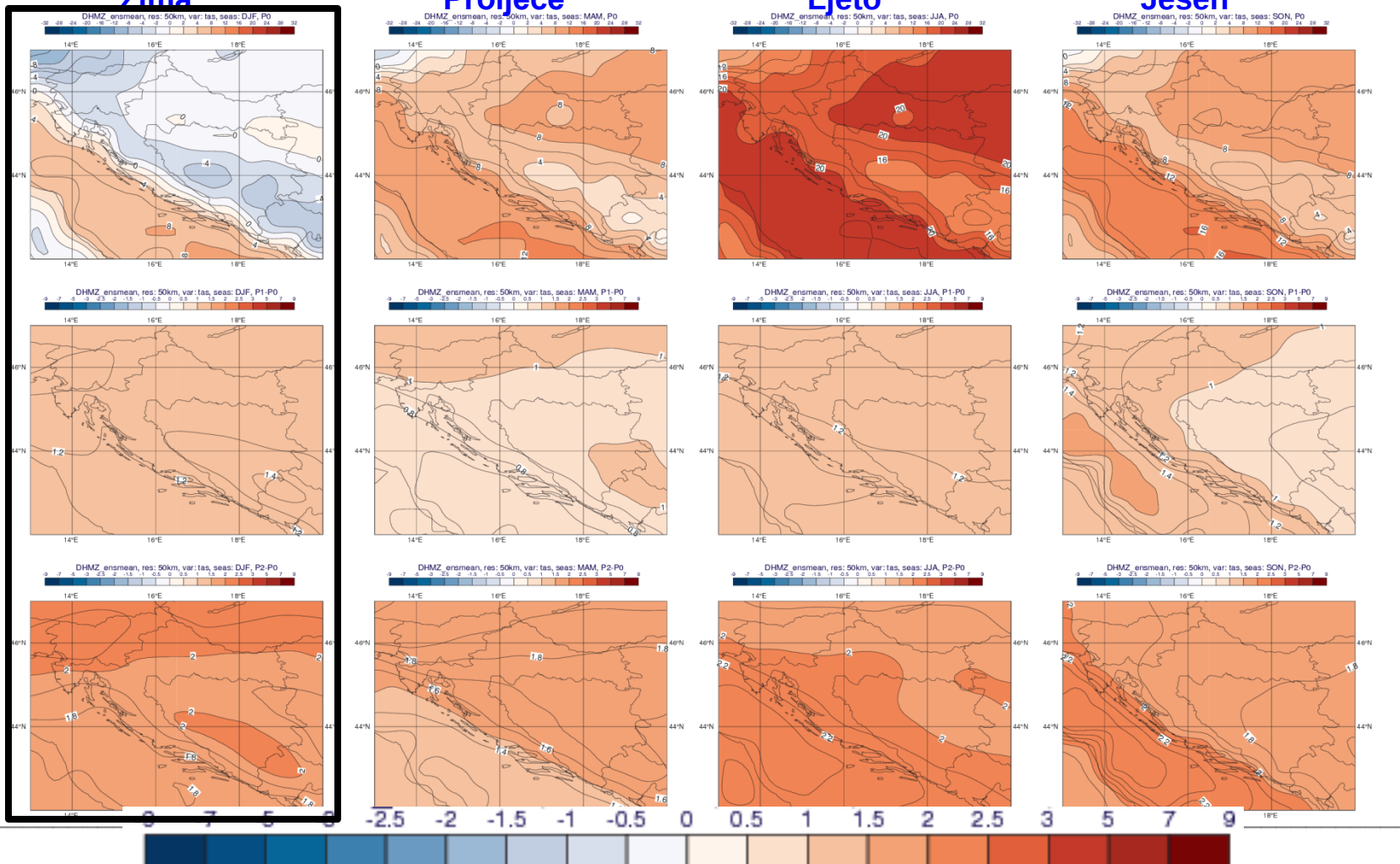
Ljeto

Jesen

P0

P1-P0

P2-P0





REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

Temperatura zraka (individualne realizacije)

RegCM, 50 km, RCP4.5

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

Zima

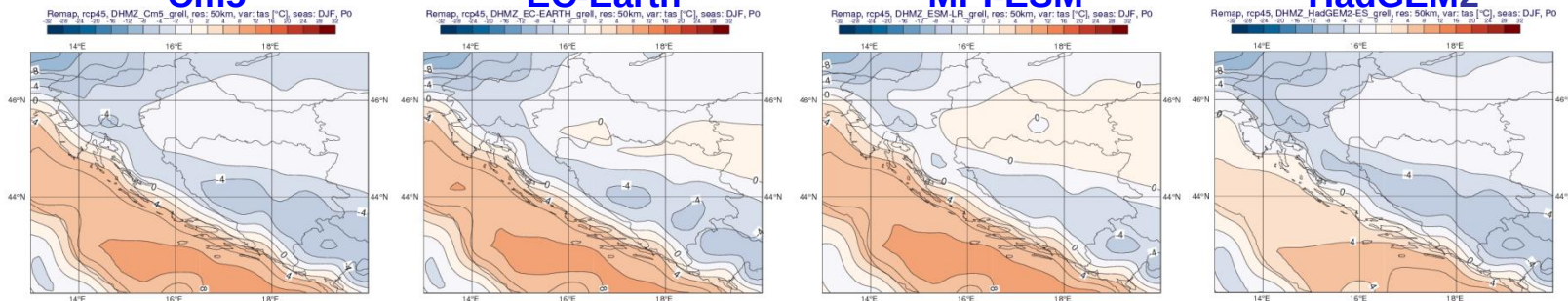
Cm5

EC-Earth

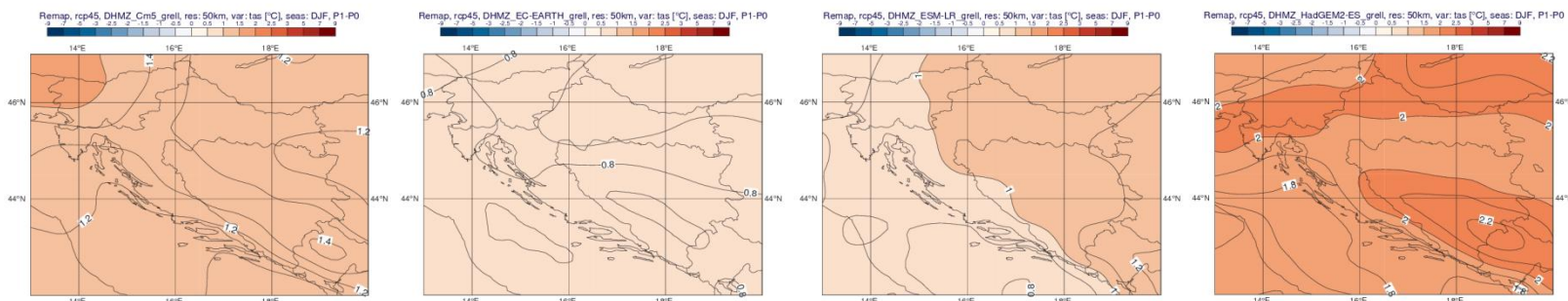
MPI-ESM

HadGEM2

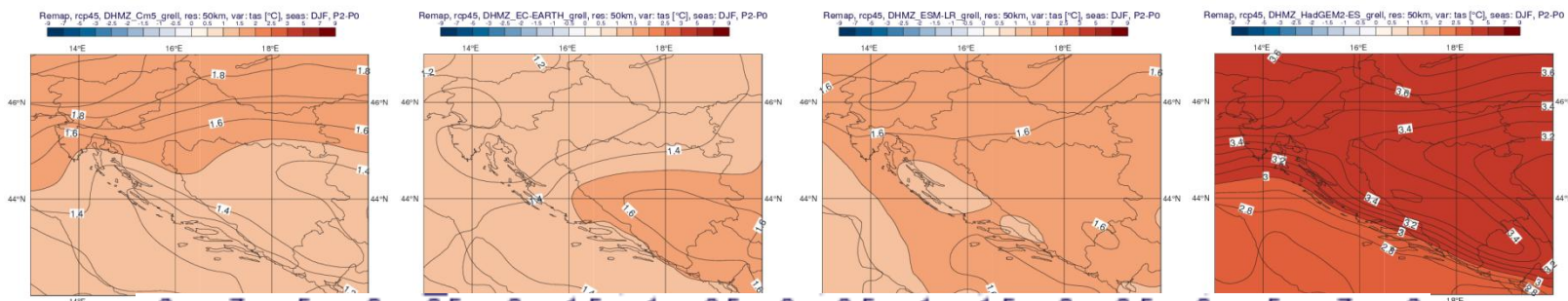
P0



P1-P0



P2-P0





REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

Oborina (zima)

RegCM, 50 km, RCP4.5

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

ansambl

Cm5

EC-Earth

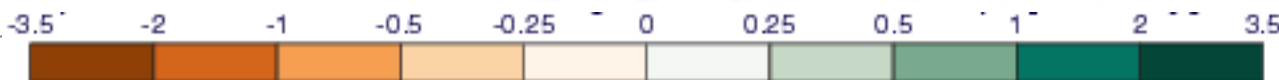
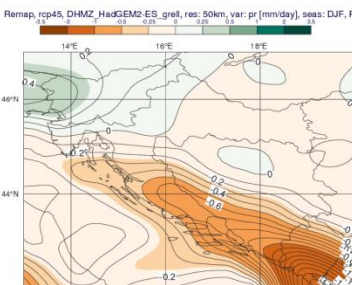
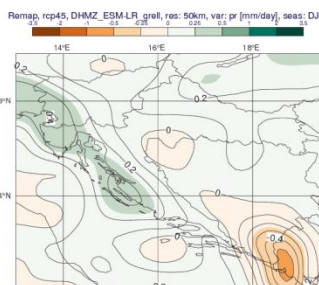
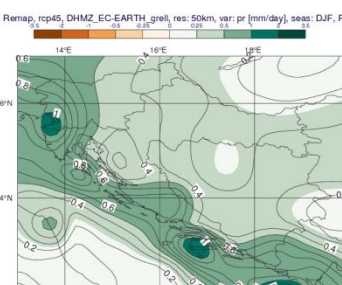
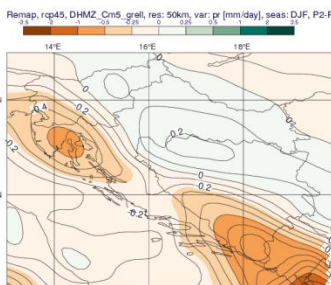
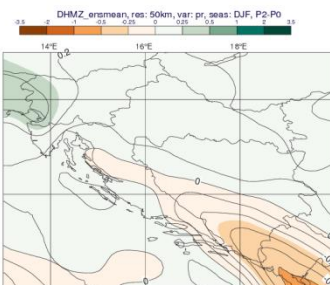
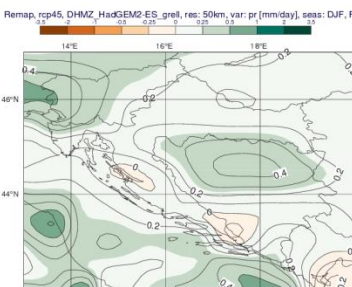
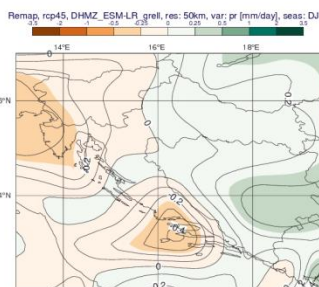
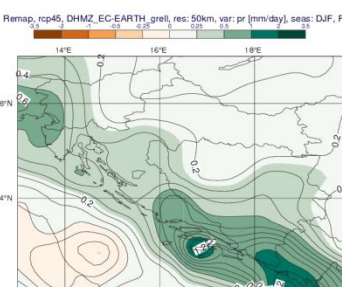
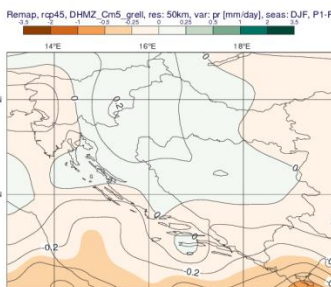
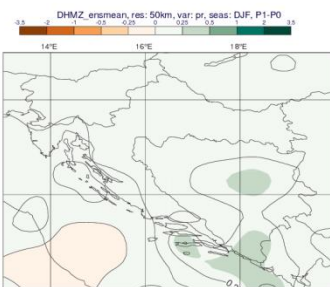
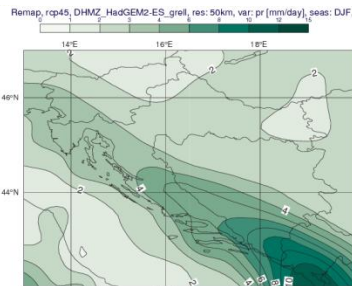
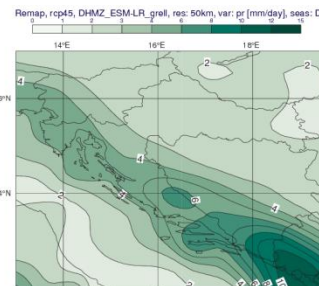
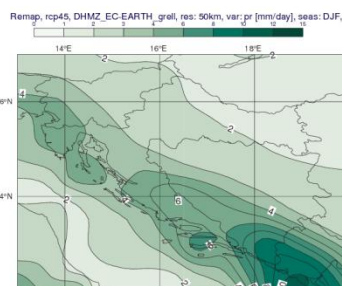
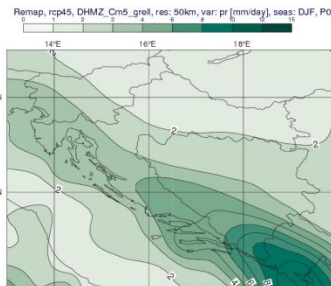
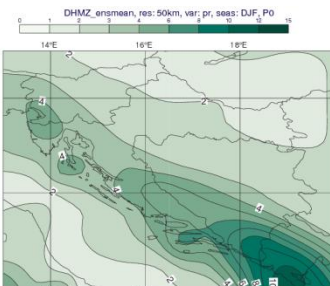
MPI-ESM

HadGEM2

P0

P1-P0

P2-P0



mm/dan



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

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

www.prilagodba-klimi.hr



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE

eptisa
Adria d.o.o.