



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

Split, 12. prosinac 2016. (ribarstvo)

Ovaj projekt financira Europska unija

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



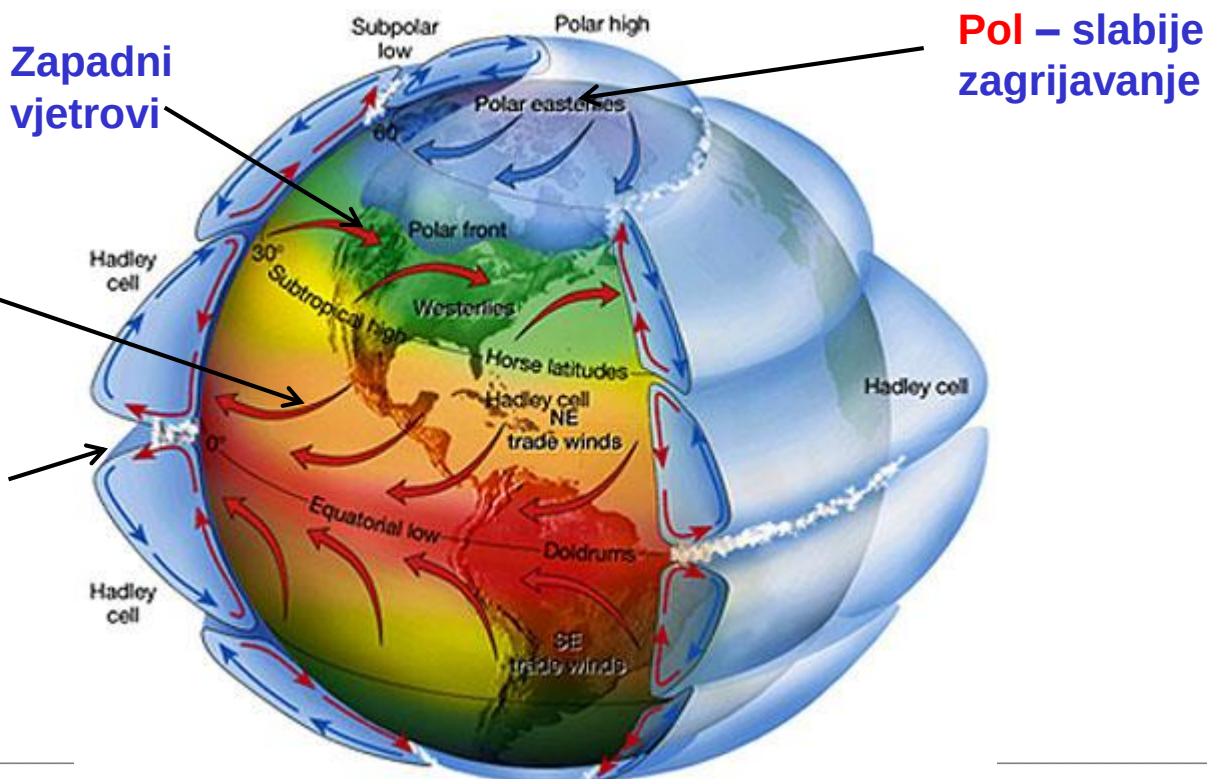
Sadržaj

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.



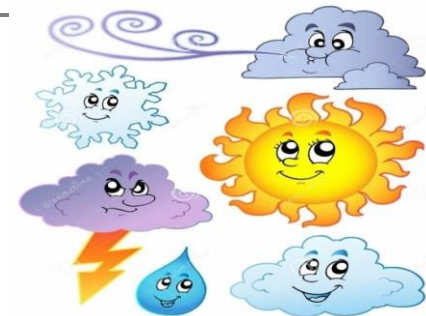
Klima

- * **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 vjetra, 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



**Lokalna klima: 1961-1990 vs. 1971-2000**

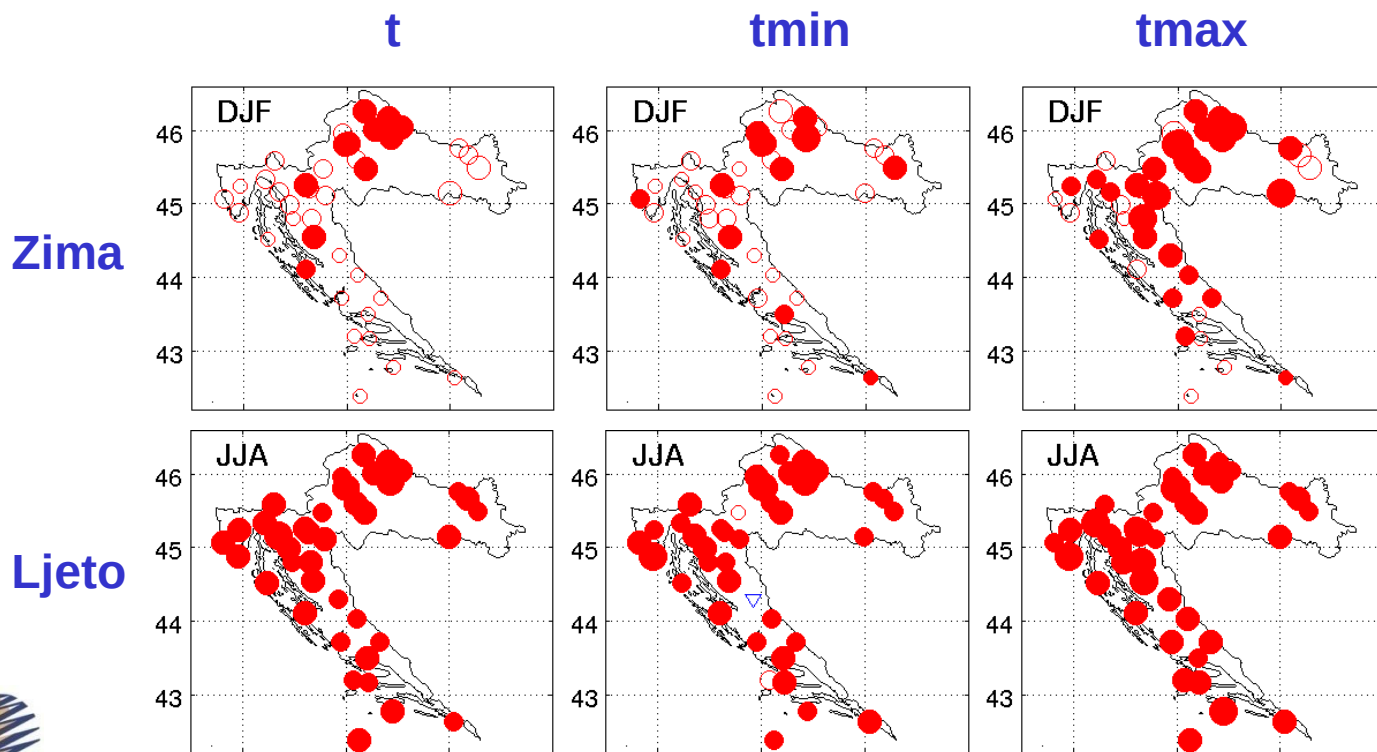
Split		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Z	P	Lj	J	G
tmax (°C)	1961-1990	10.0	11.0	13.6	17.4	22.4	26.5	29.8	29.2	25.1	20.0	14.9	11.2	10.8	17.8	28.5	20.0	19.3
	1971-2000	10.4	11.2	13.8	17.2	22.7	26.8	30.0	29.7	24.9	19.9	14.7	11.4	11.0	17.9	28.8	19.8	19.4
tmin (°C)	1961-1990	5.1	5.5	7.6	10.8	15.1	18.6	21.4	21.1	18.0	14.1	9.7	6.4	5.7	11.1	20.4	14.0	12.8
	1971-2000	5.6	5.7	7.8	10.6	15.4	18.9	21.7	21.7	18.0	14.1	9.6	6.7	6.0	11.3	20.8	13.9	13.0
tmax≥30° C (d)	1961-1990					0.1	4.7	15.7	13.9	1.6					0.1	34.4	1.6	36.0
	1971-2000					0.1	5.0	16.5	15.7	1.1					0.1	37.2	1.1	38.3
tmin≥20° C (d)	1961-1990					1.3	10.1	22.5	20.6	8.5	0.4				1.4	53.2	9.0	63.5
	1971-2000					1.6	11.3	23.7	22.5	7.9	0.8				1.6	57.4	8.8	67.8
R (mm)	1961-1990	82.8	68.5	75.3	65.5	56.6	50.9	28.3	50.2	60.6	78.7	108.4	99.6	252.8	197.4	129.3	247.7	825.3
	1971-2000	73.7	61.2	63.4	61.9	61.6	47.3	25.5	44.8	68.9	82.1	101.7	90.8	226.8	186.8	117.6	252.7	782.8
Rd≥1mm (d)	1961-1990	8.9	8.2	8.5	7.8	6.4	6.2	3.4	4.2	5.2	7.2	9.6	9.5	26.2	22.8	13.8	22.0	85.1
	1971-2000	7.9	7.2	7.5	7.7	6.6	5.7	3.3	3.8	5.8	7.6	9.1	8.6	23.8	21.8	12.8	22.5	80.9

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

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

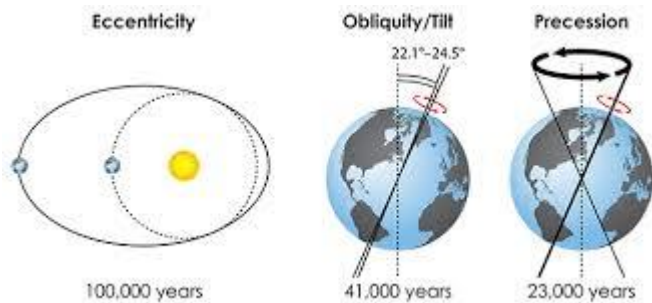
0 - 0.1

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

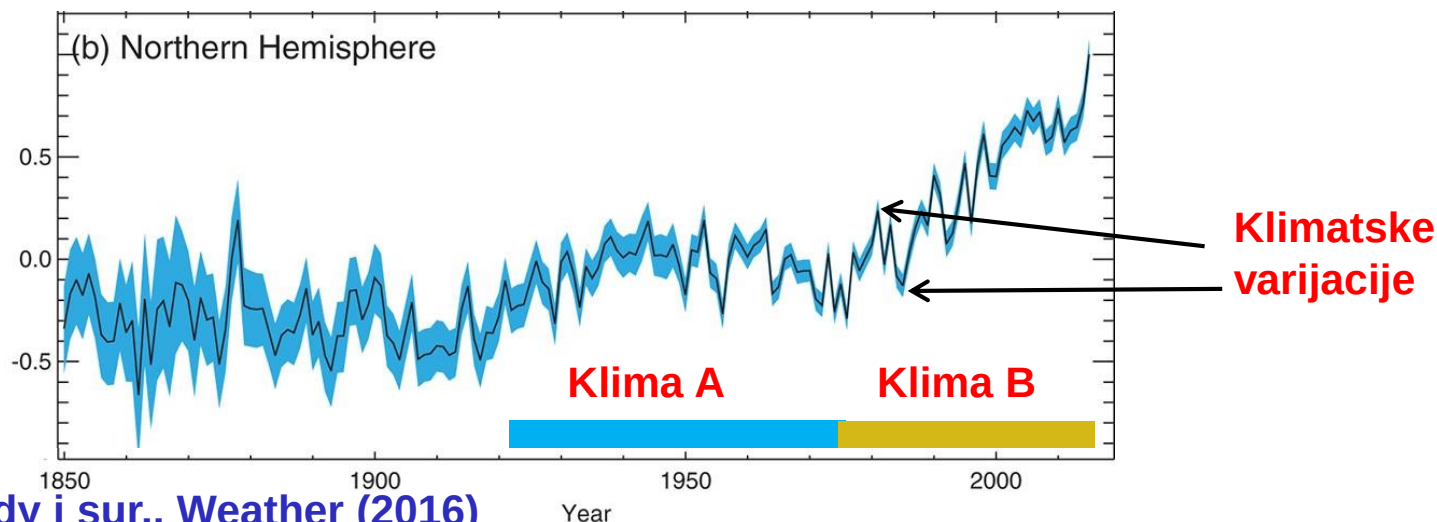


* **Ljudski utjecaj:** deforestacija
korištenje zemljišta
izgaranje fosilnih goriva ...

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)



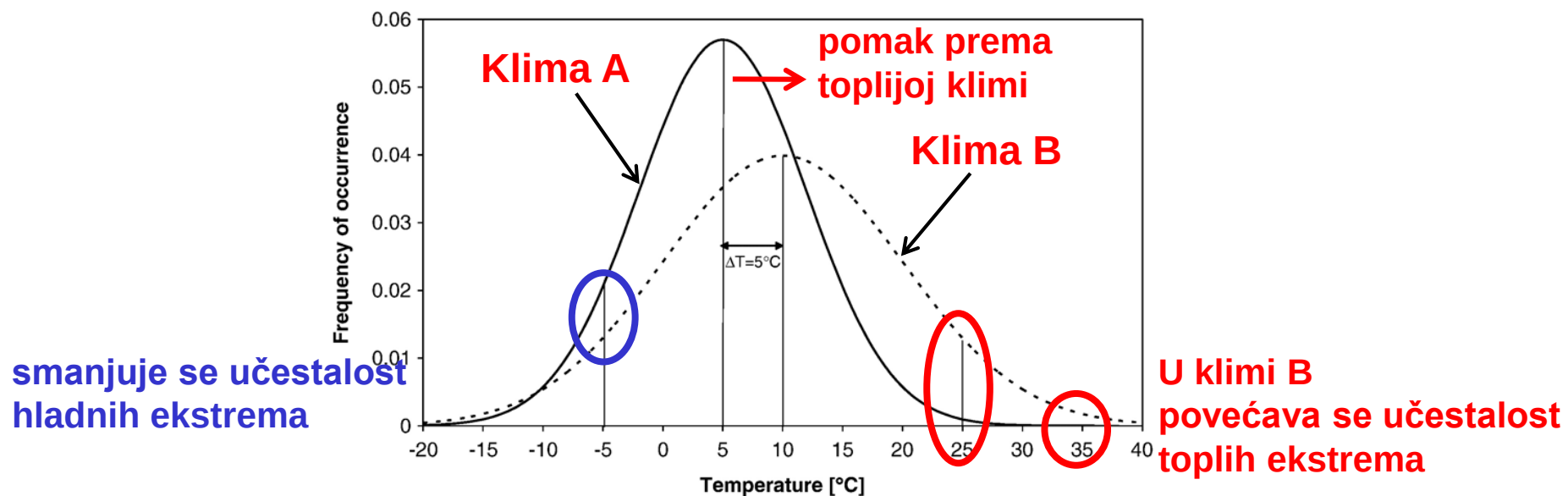
Izvor: Kennedy i sur., Weather (2016)

- * 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

Klimatske promjene i ekstremni događaji

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

Pomak u učestalosti događaja uz
povećanu klimatsku varijabilnost



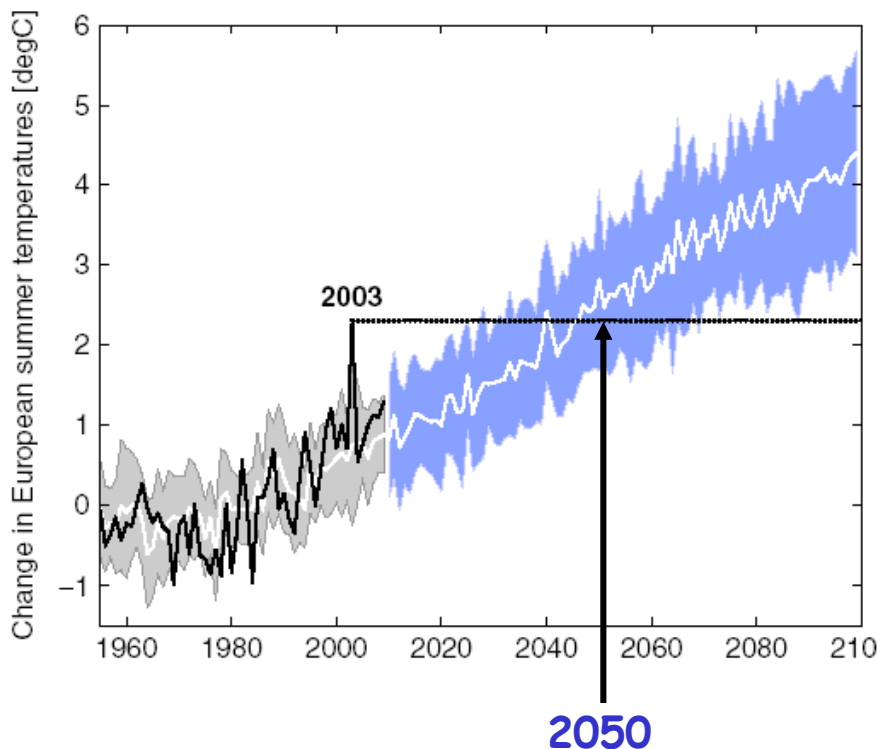
Izvor: Beniston & Goyette, Global and Planetary Change (2007)



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**

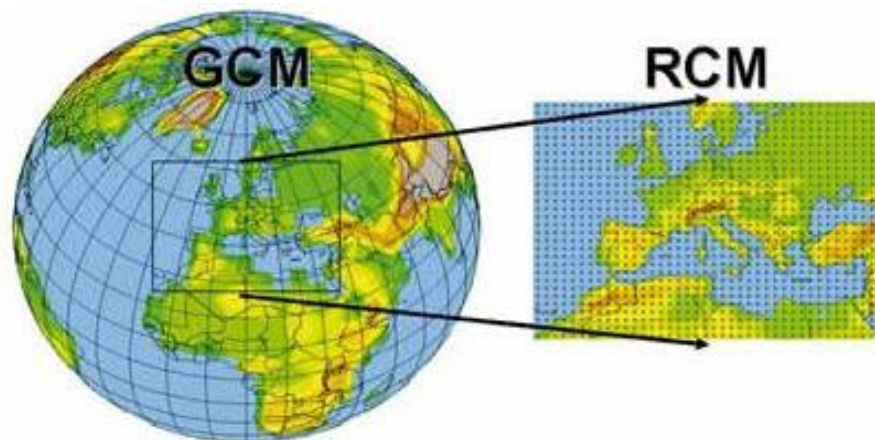
Izvor: Hawkins, Weather (2011)

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)



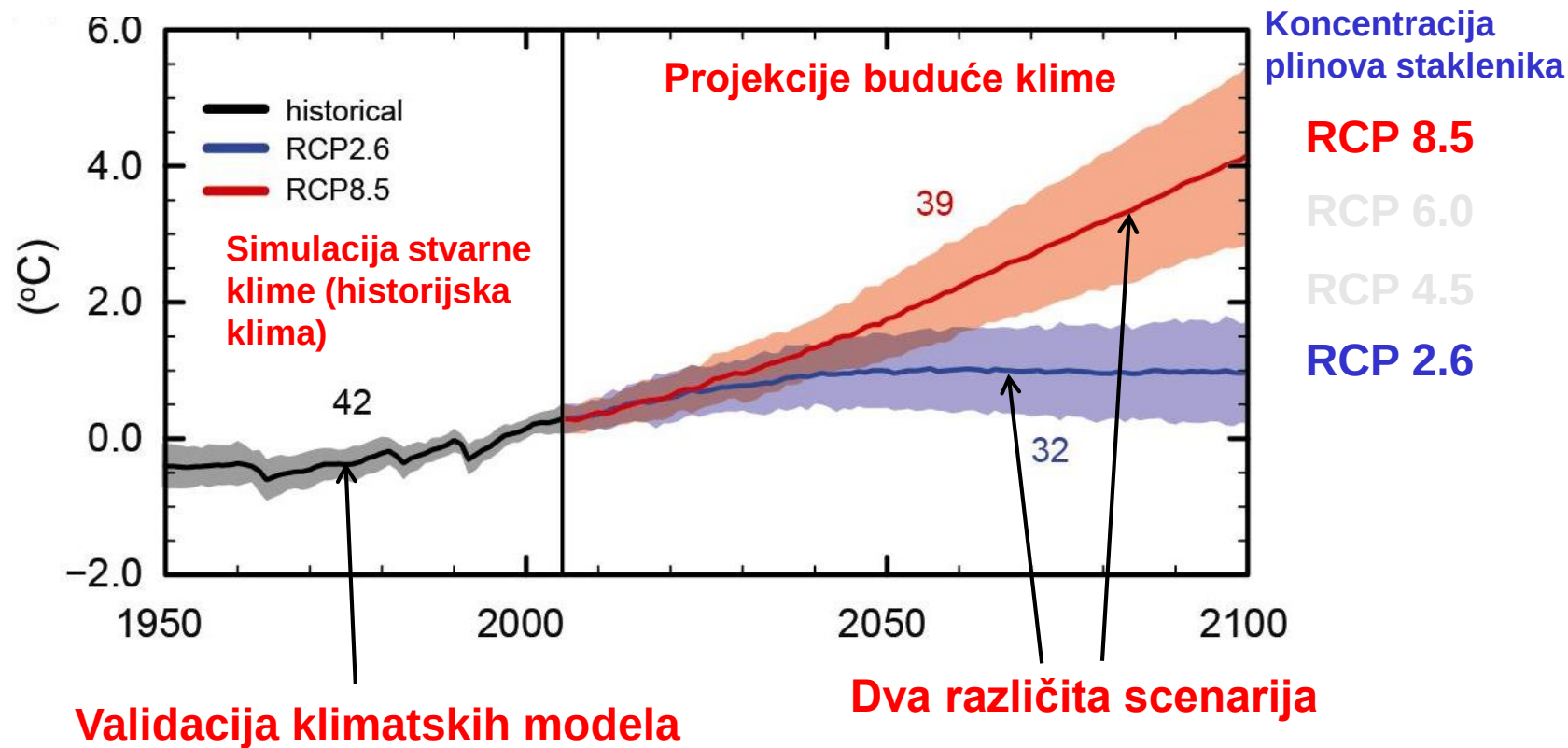
Ovaj projekt financira Europska unija

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)

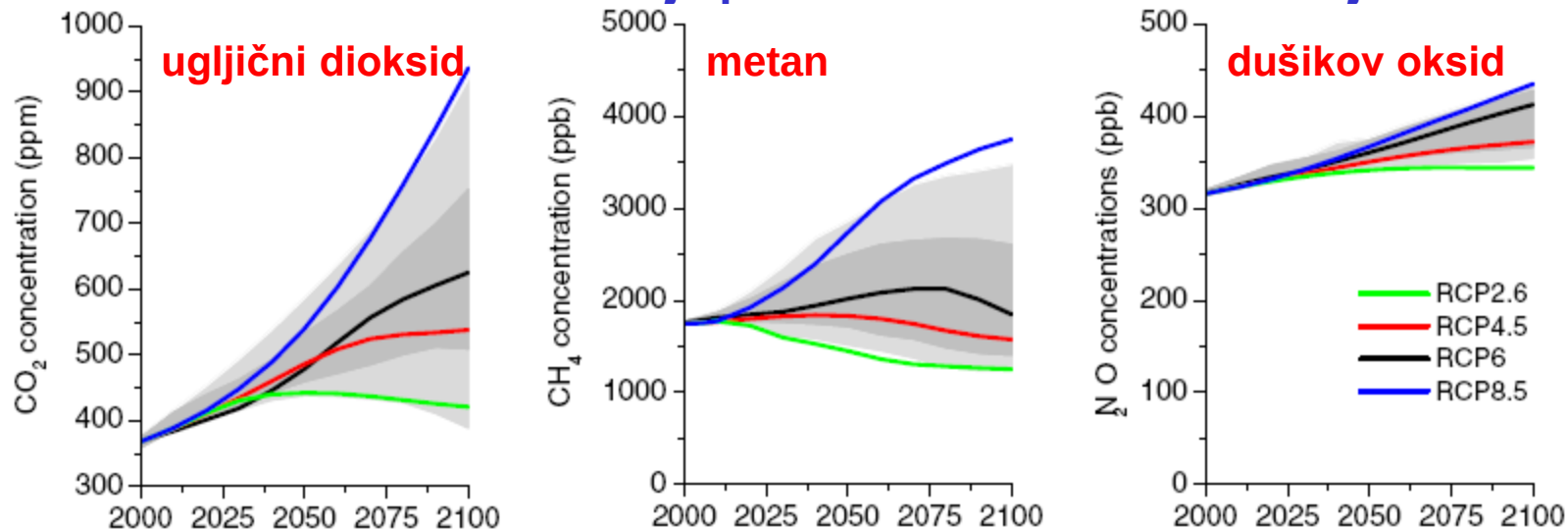
RCP – representative concentration pathway

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



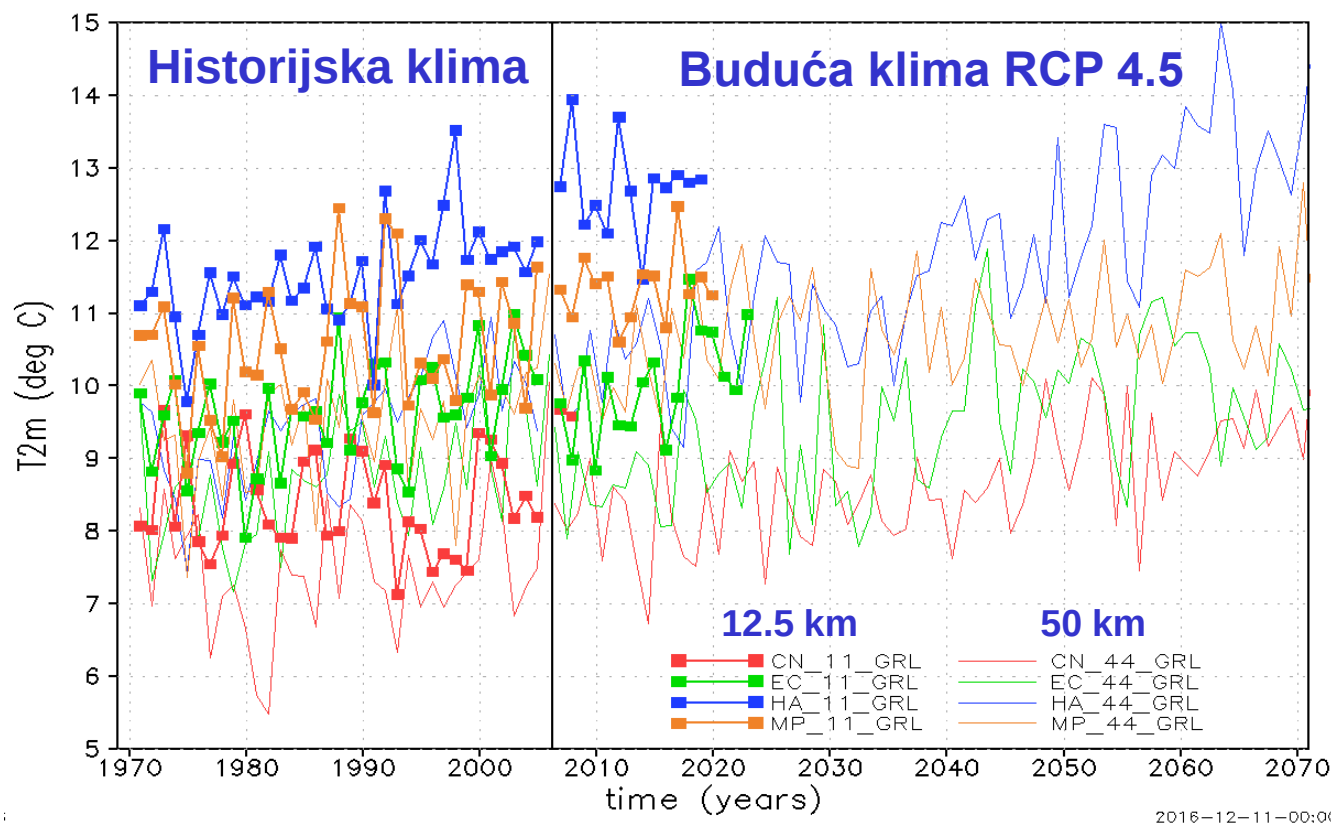
- * Kontinuirani porast koncentracija u RCP8.5
- * Stabilizirajući trend za koncentraciju CO₂ u RCP4.5 i RCP6.0
- * Kombinacija plinova staklenika i polutanata (aerosola)

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



Modeliranje klime i klimatskih promjena

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





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



Promjena ljetne temperature

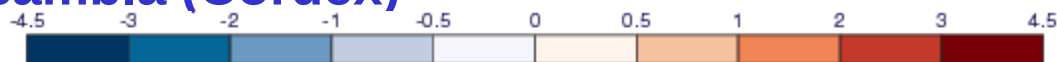
P0 = 1971-2000

P1 = 2011-2040

P2 = 2041-2070

P3 = 2071-2100

Srednjak ansambla (Cordex)



P1-P0

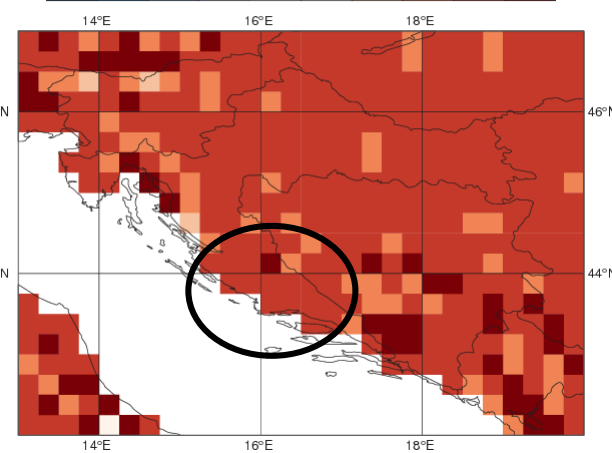
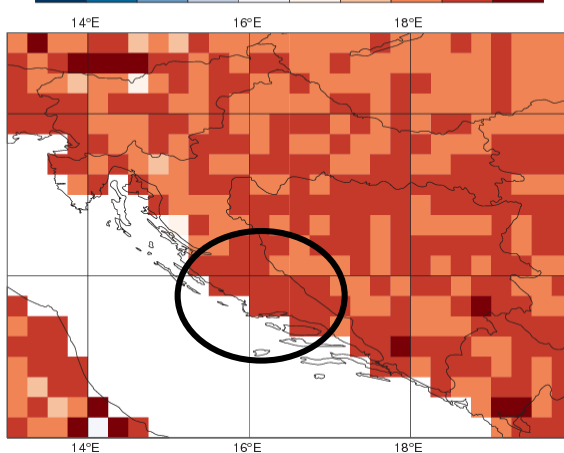
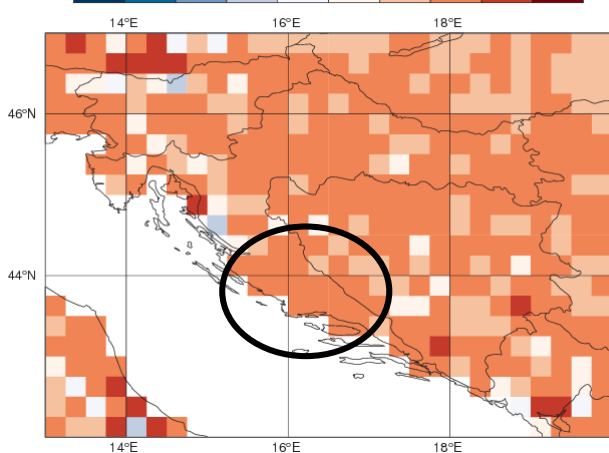
P2-P0

P3-P0

Remap, ensemble bias, res: 25km, var: tas, seas: JJA, P1-P0

Remap, ensemble bias, res: 25km, var: tas, seas: JJA, P2-P0

Remap, ensemble bias, res: 25km, var: tas, seas: JJA, P3-P0

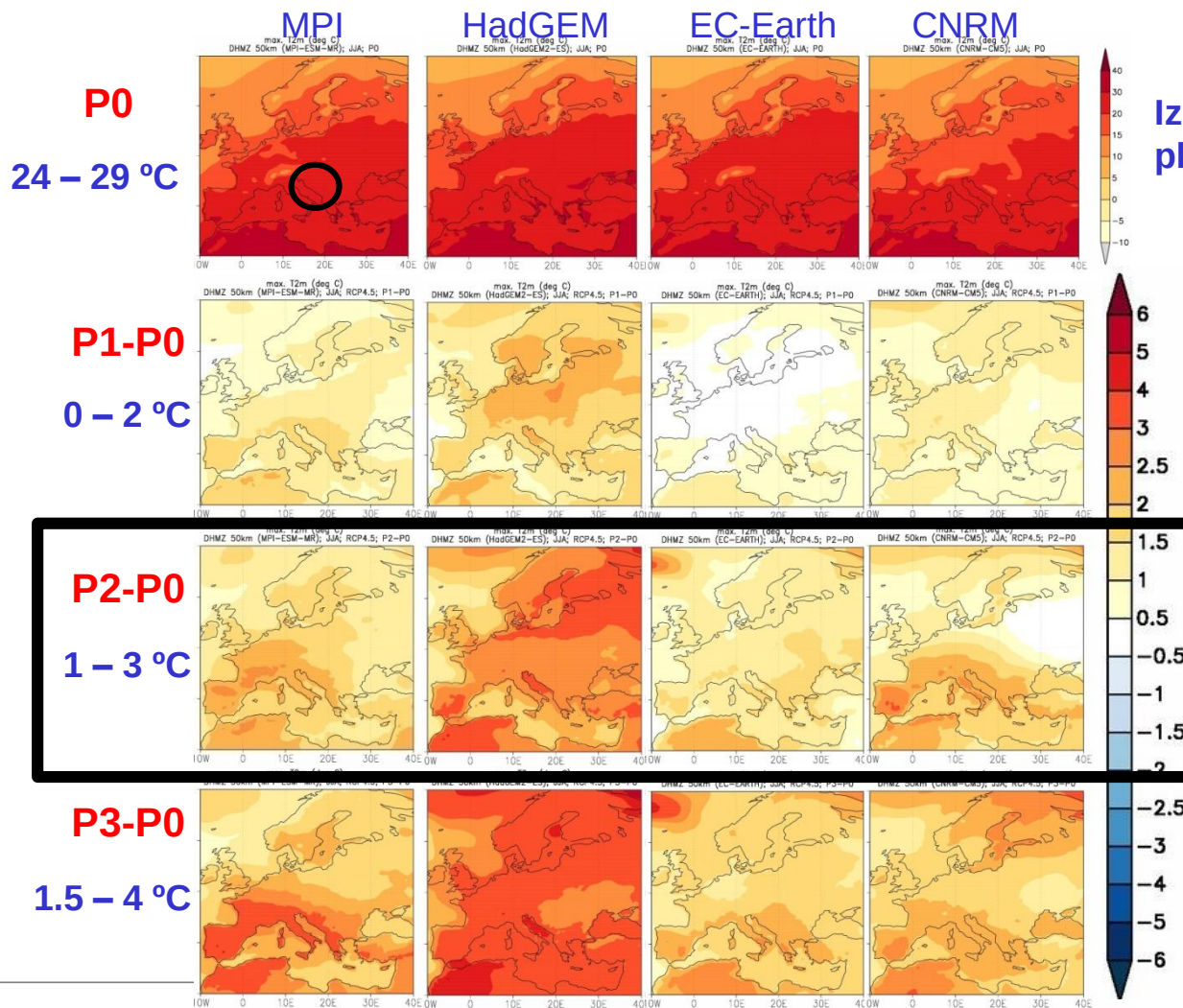


Projicirani porast temperature zraka do konca ovog stoljeća za veći dio Hrvatske od oko **2-3 °C**





Maksimalna temperatura u ljeto: P0=1971-2000, P1=2011-2040, P2=2041-2070, P3=2071-2100 RegCM-DHMZ, 50 km, RCP4.5



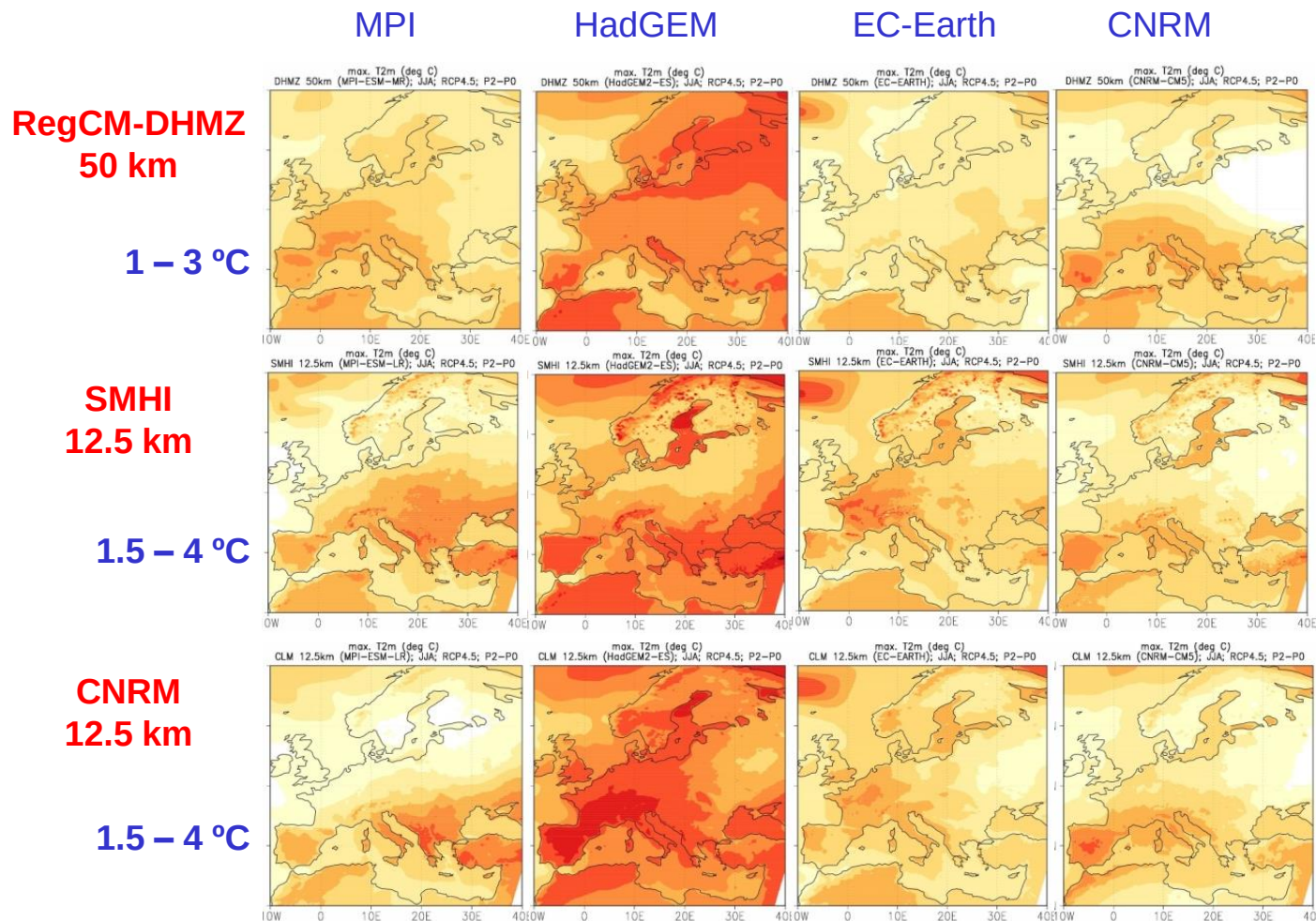
Izmjerene koncentracije
plinova staklenika





Maksimalna temperatura u ljeto: tri modela, RCP4.5

P0=1971-2000, P2=2041-2070



Promjena broja dana s $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$

Ljeto

Zagreb 11/14

Varaždin 9/11

Sl. Brod 19/22

Osijek 22/23

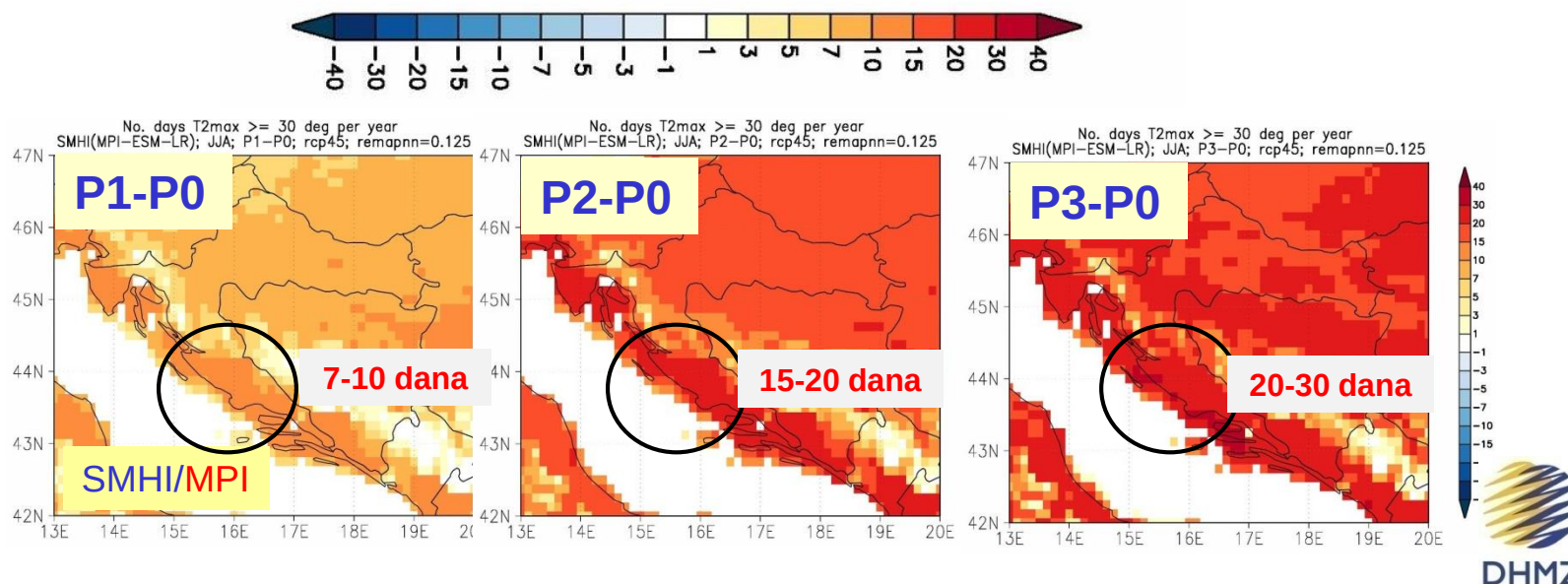
Rijeka 16/20

Zadar 11/16

Split 34/37

Dubrovnik 13/19

1961-1990/1971-2000

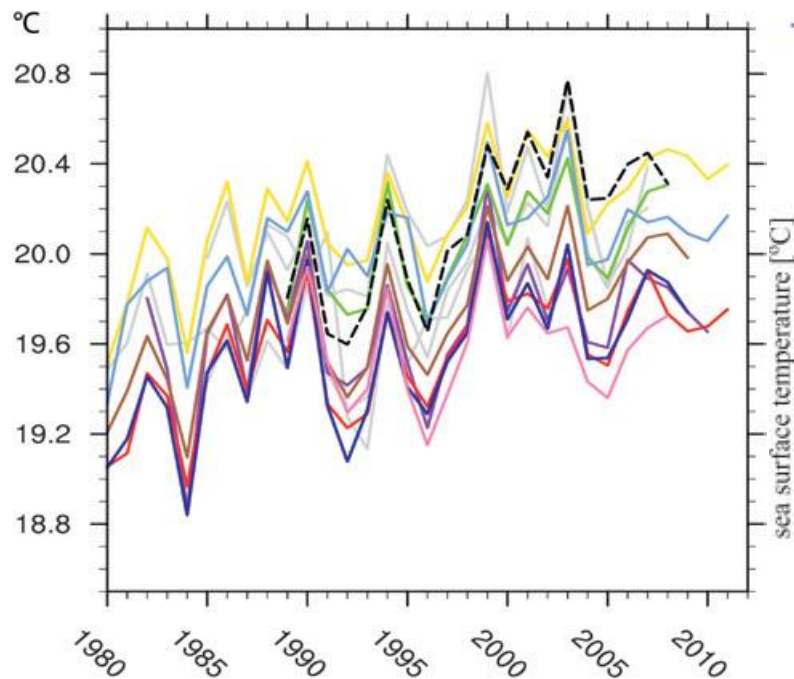


Ovaj projekt financira Europska unija

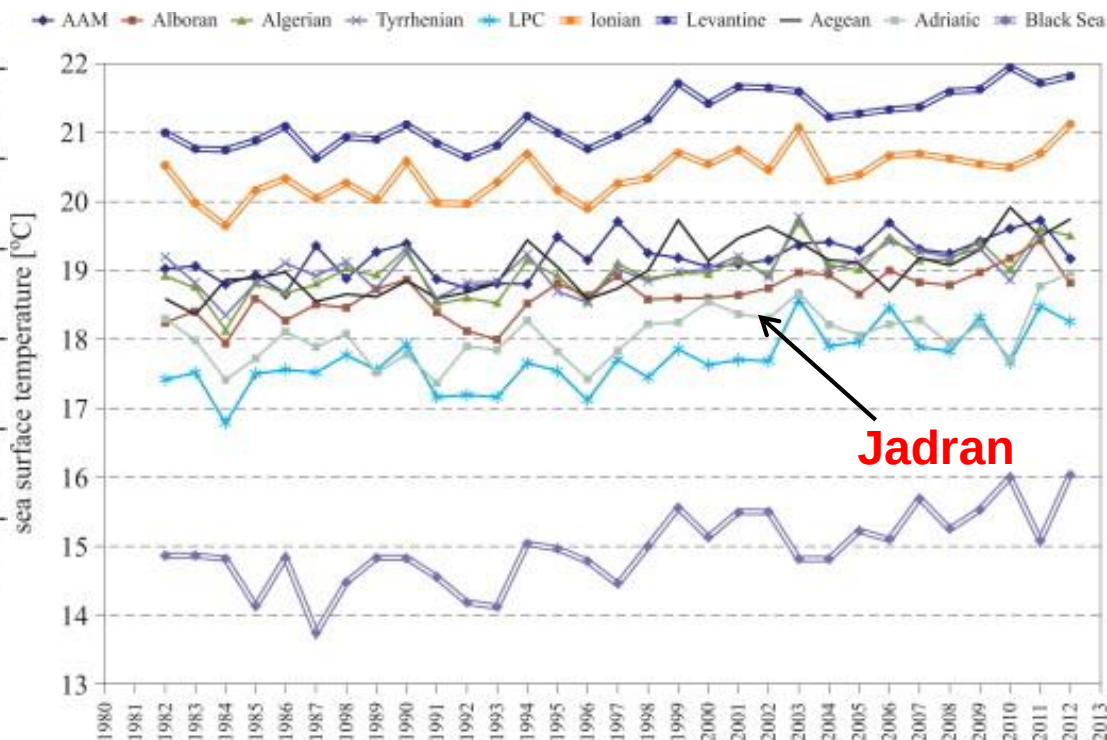
Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



Temperatura površine mora



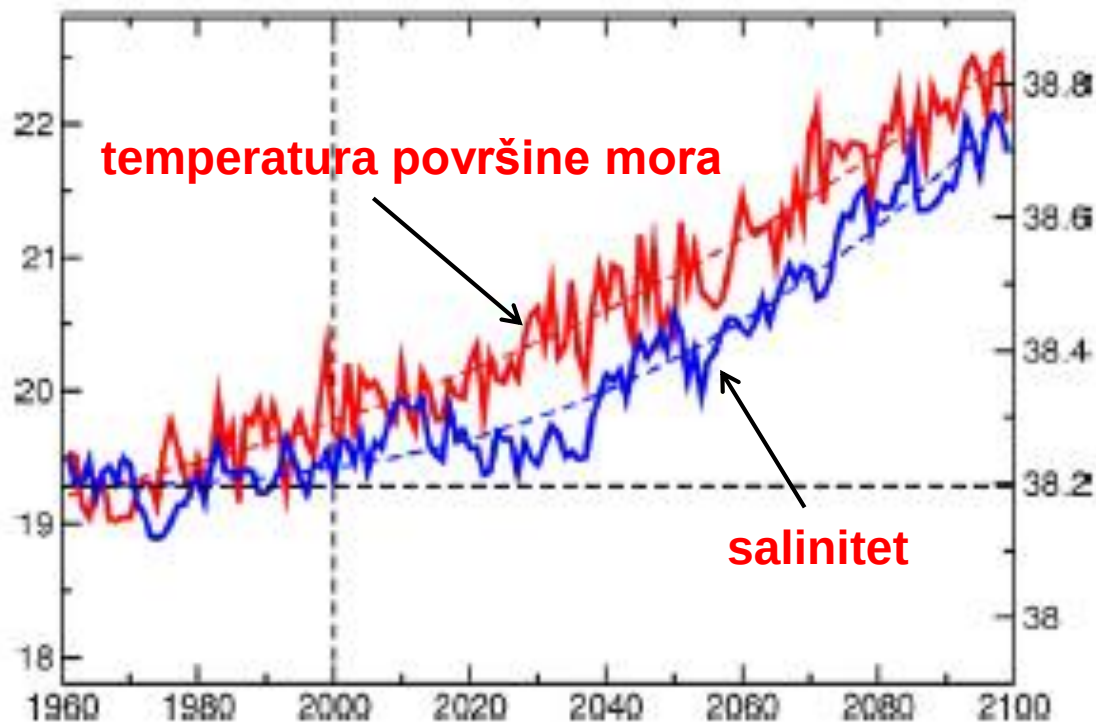
Izvor: Ruti i sur., BAMS (2016)
Klasična mjerenja, reanaliza i
modeli



Izvor: Shoultout i Omstedt, Oceanologia (2014)
AVHRR

*** Porast temperature površine mora u zadnjih 30-ak godina**

Temperatura površine mora i salinitet u budućoj klimi



Izvor: Planton i sur., The climate of the Mediterranean region (2012)



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.