

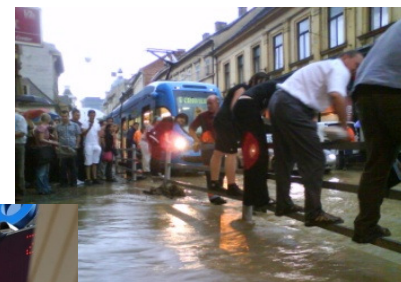
PROJEKCIJE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Državni hidrometeorološki zavod

B. Ivančan-Picek

branka.ivancan-picek@cirus.dhz.hr

*I. Güttler, K. Zaninović, L. Cvitan, A. Bajić, L. Srnec,
K. Cindrić Kalin, M. Perčec Tadić*

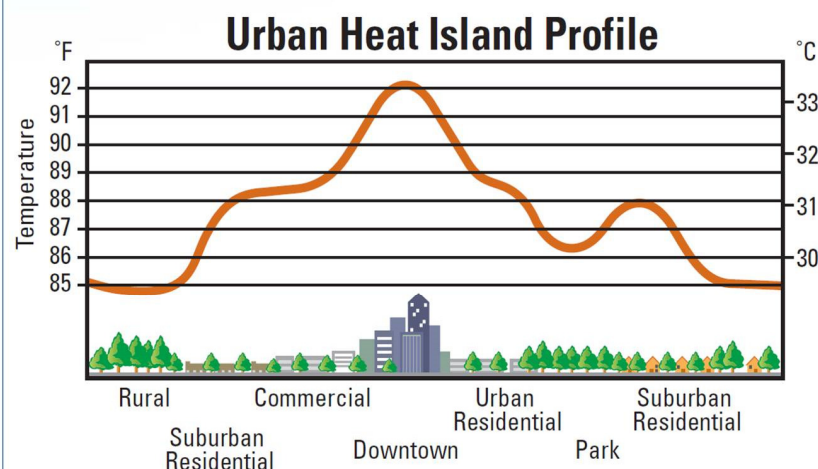
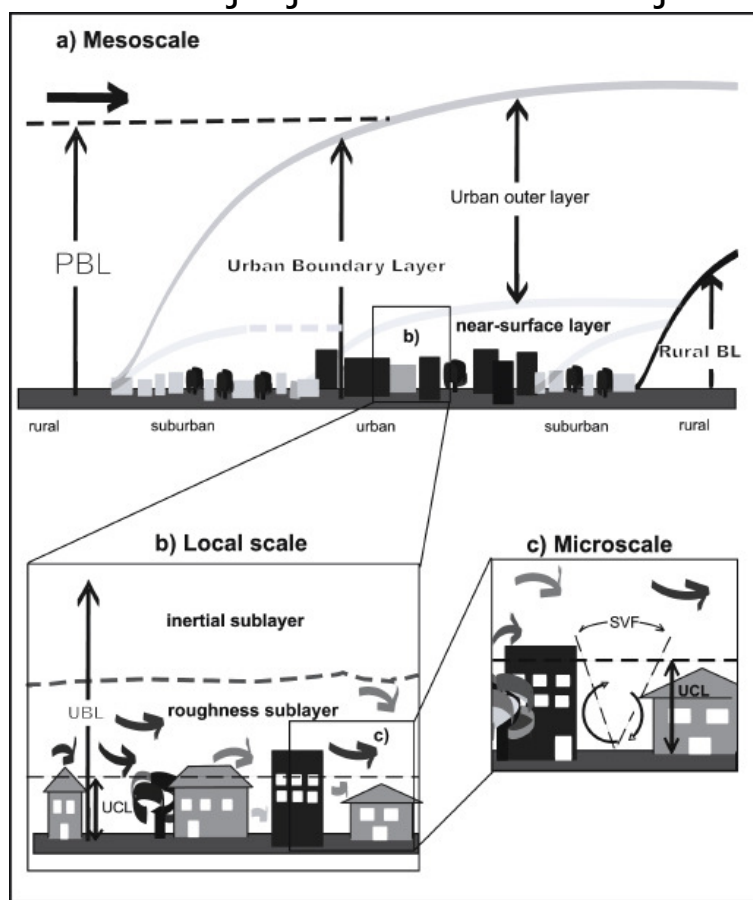




- ✓ *Uvod*
- ✓ *Analiza klimatskih prilika na području Zagreba*
- ✓ *Projekcije klimatskih promjena na području Zagreba*
- ✓ *Moguće posljedice klimatskih promjena*
- ✓ *Moguće strategije prilagodbe na klimatske promjene*
- ✓ *Zaključne napomene*

PRAĆENJE KLIME U GRADOVIMA

- heterogena priroda gradskog okoliša uvjetuje mozaik mikroklimatskih uvjeta (porast temperature zraka u odnosu na okolna područja – povećani toplinski stres; smanjeni albedo; manje vlage u tlu; složena strujanja zraka na lokalnoj i mikro skali ...)



Heat islands are often largest over dense development but may be broken up by vegetated sections within an urban area.

US-EPA (<http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/HIRIbrochure.pdf>)

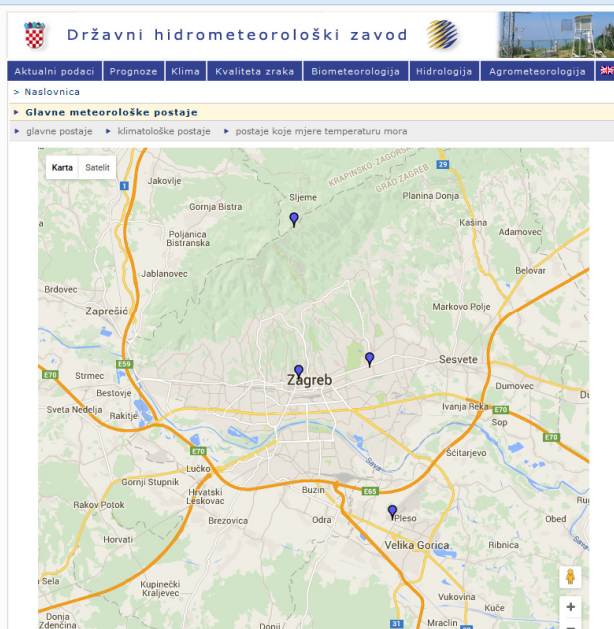
PRAĆENJE KLIME U GRADOVIMA

- mjerenja su nužan doprinos razumijevanju tih procesa i varijacija



• Ali

- ✓ mreža motrenja u okviru državnih meteoroloških službi uglavnom nije dovoljna
- ✓ nerijetko takve mjerne postaje nisu reprezentativne za praćenje urbane klime



• Grad Zagreb – DHMZ postaje

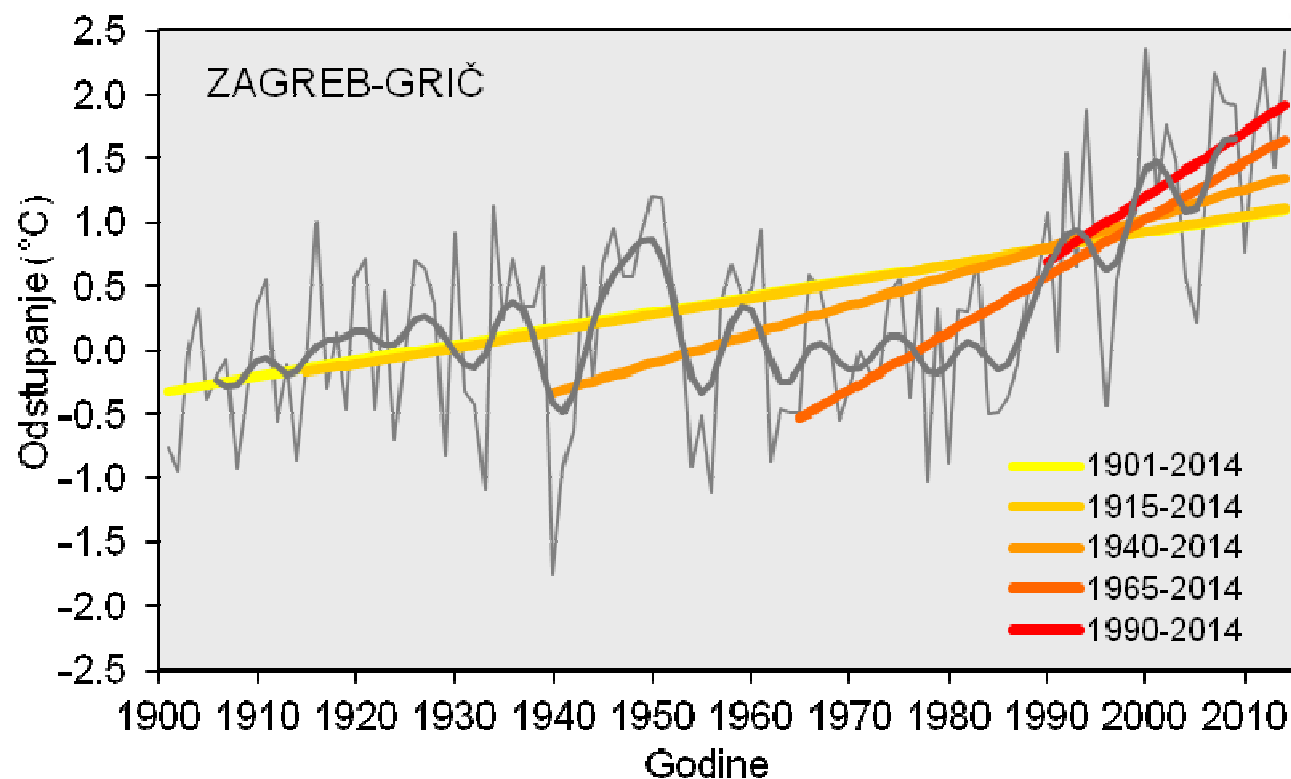
- ✓ 4 glavne meteorološke postaje
- Zagreb Grič, Zagreb Maksimir, Pleso, Puntijarka
- ✓ 2 klimatološke postaje
- Rim, Botinec

• Nije loše, ali

- ✓ još uvijek nedovoljno za prikaz raznolikosti klimatskih uvjeta na području grada
- ✓ potreba za uspostavom gušće mreže meteoroloških postaja u realnom vremenu

ANALIZA KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

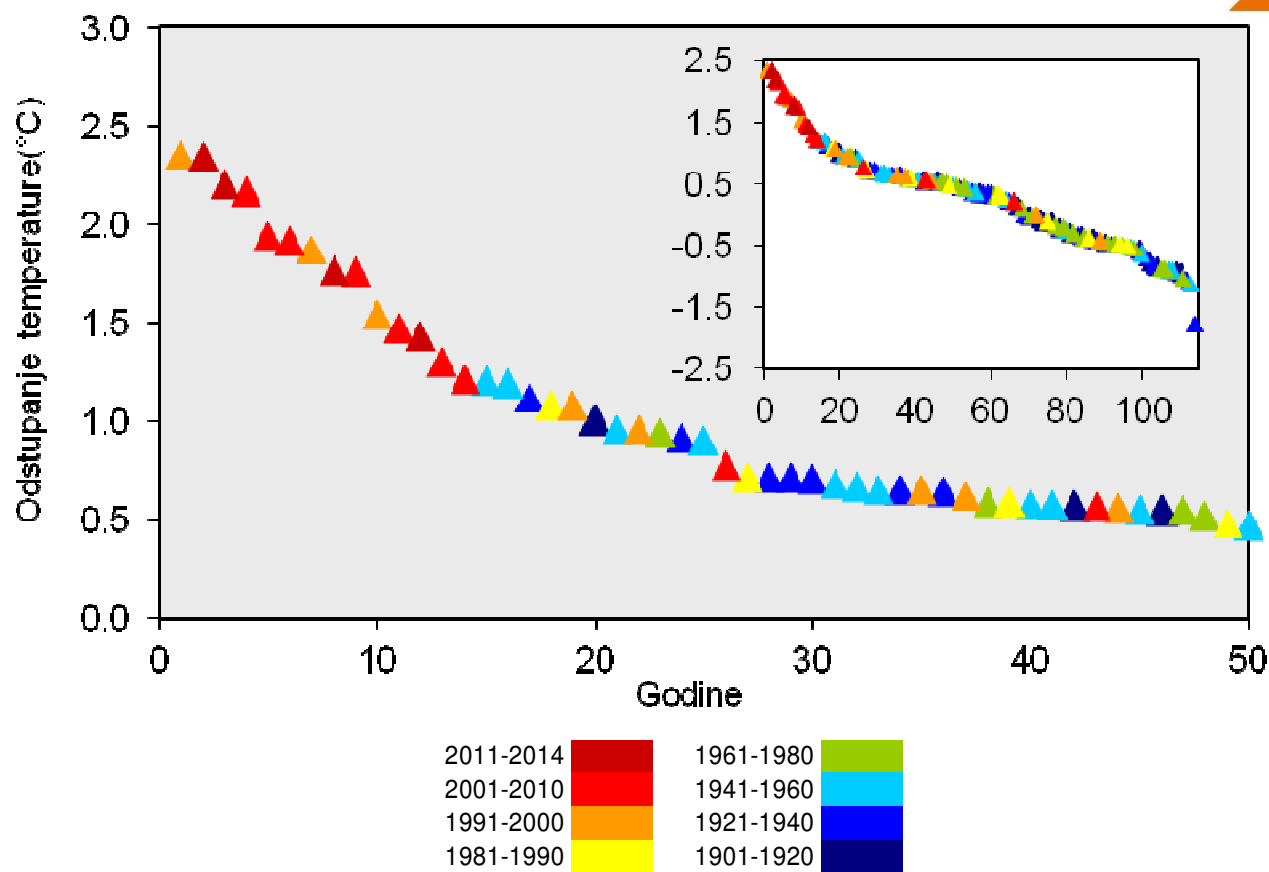
Temperatura zraka



Trendovi srednje temperature zraka u razdoblju 1901.-2014.

- ✓ **porast srednje godišnje temperature zraka**
- ✓ **najveći porast u posljednjih 25 godina**

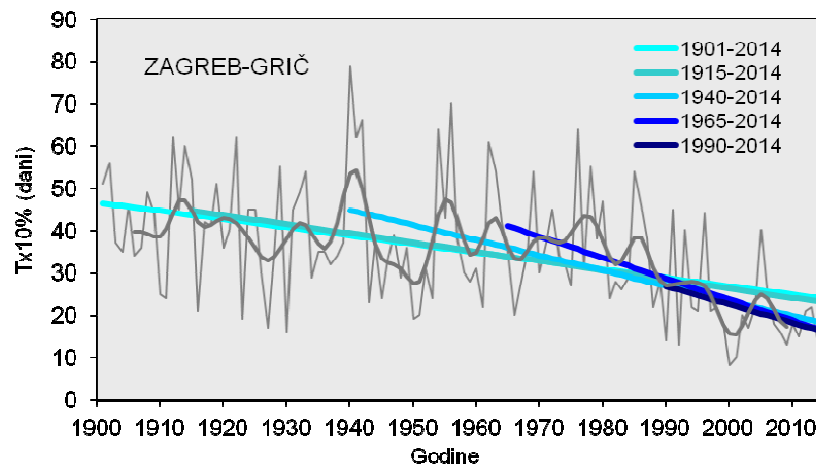
Rangovi srednje godišnje temperature zraka (odstupanja od referentnog klimatskog razdoblja 1961.-1990.)
od najtoplijeg do najhladnijeg.



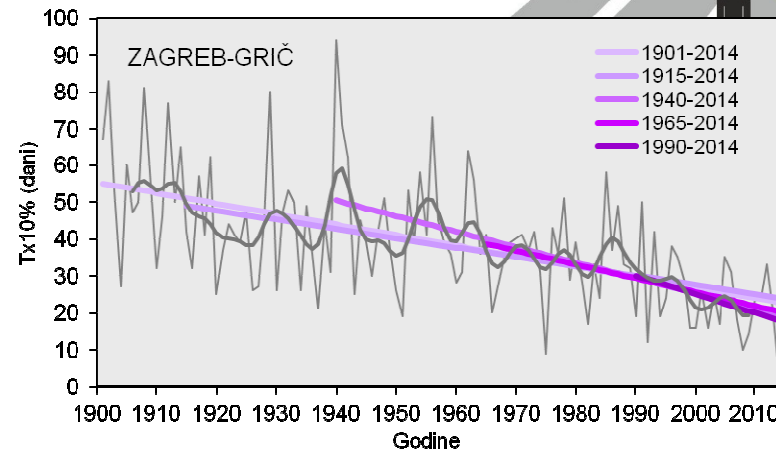
✓ Od 1901. godine 14 najtoplijih godina zabilježeno nakon 1991.

Trendovi temperaturnih indeksa u razdoblju 1901.-2014.

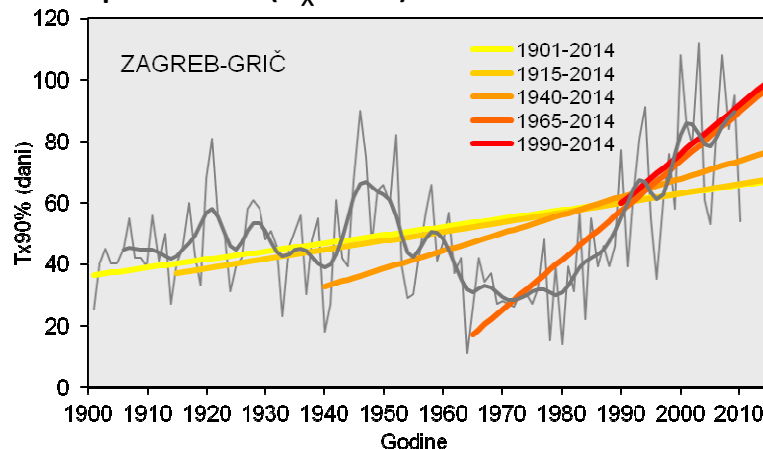
Hladni dani ($T_x10\%$)



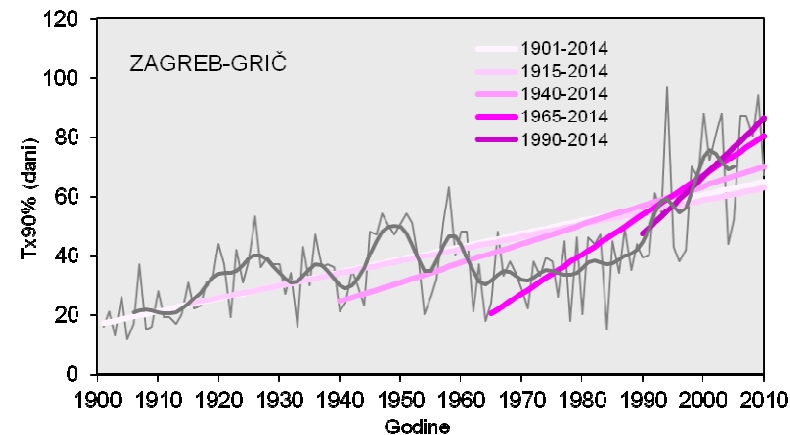
Hladne noći ($T_n10\%$)



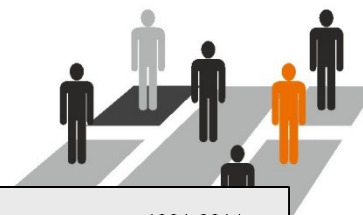
Topli dani ($T_x90\%$)



Tople noći ($T_n90\%$)

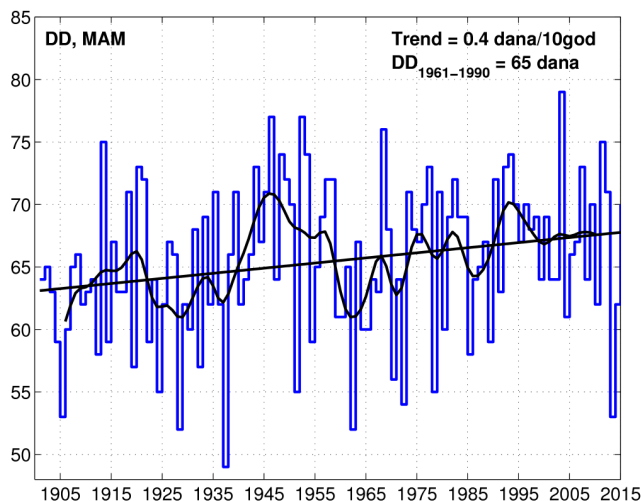
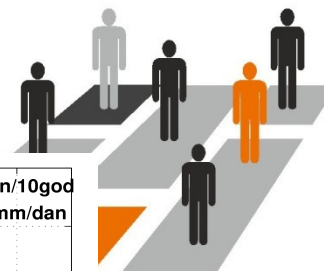


- ✓ smanjenje broja hladnih dana i hladnih noći
- ✓ povećanje broja toplih dana i toplih noći

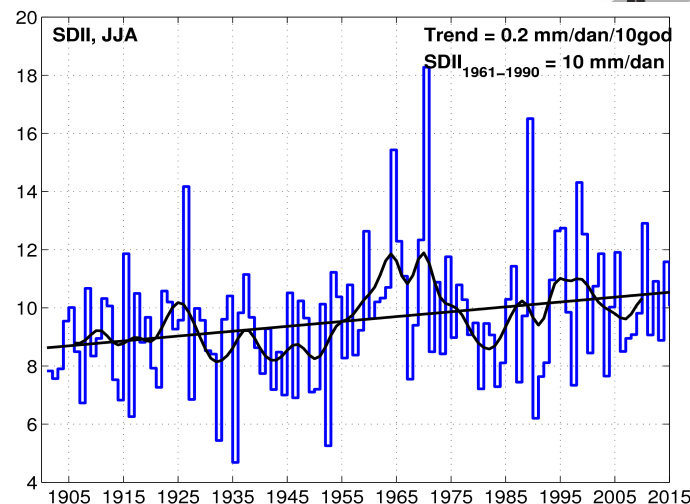


ANALIZA KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

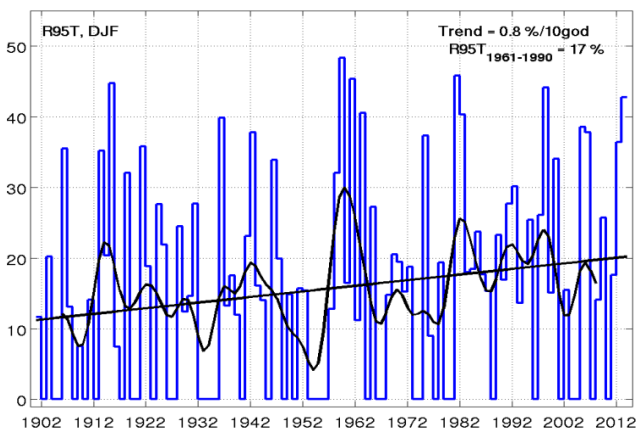
Oborina: Razdoblje 1901.-2015.



Značajan porast suhih dana u **PROLJEĆE**



Značajan porast standardnog dnevnog inteziteta
oborine **LJETI**



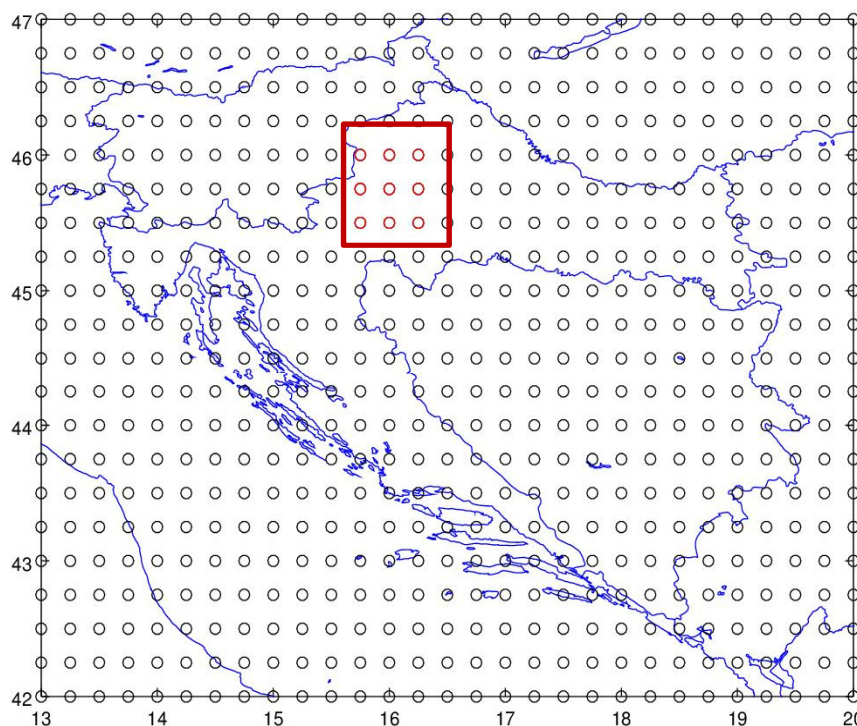
Značajan porast udjela oborine u vrlo vlažne
dane **ZIMI**

DD: Broj dana s dnevnom količinom oborine $R_d < 1.0$ mm

SDII: sezonska količina oborine / sezonski broj oborinskih dana ($R_d \geq 1.0$ mm)

R95T : udio sezonske količine oborine $\Sigma R_d / R_v$ gdje je ΣR_d suma dnevnih oborina većih od 95. percentila oborine u vrlo vlažne dane $R_{95\%}$ u referentnom razdoblju 1961-1990.), a R_v je ukupna sezonska količina oborine

PROJEKCIJE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA



Analiziran je signal klimatskih promjena u 18 regionalnih klimatskih modela koji su sudjelovali u EU FP6 projektu ENSEMBLES.

Scenarij koncentracija stakleničkih plinova: IPCC SRES A1B.

Prikazana je razlika između:
P0 (1961.-1990.) te
P1 (2011.-2040.),
P2 (2041.-2070) i
P3 (2071.-2099.)
za **DJF (zima)** i **JJA (ljetno)**
za odabrano područje za temperaturu
zraka na 2m (T_{2m}) i ukupnu količinu
oborine (R).

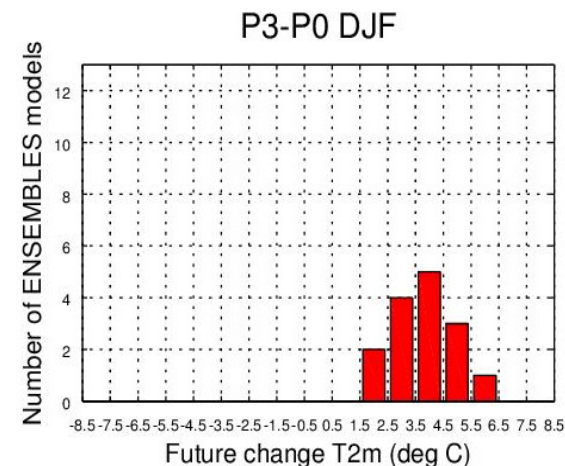
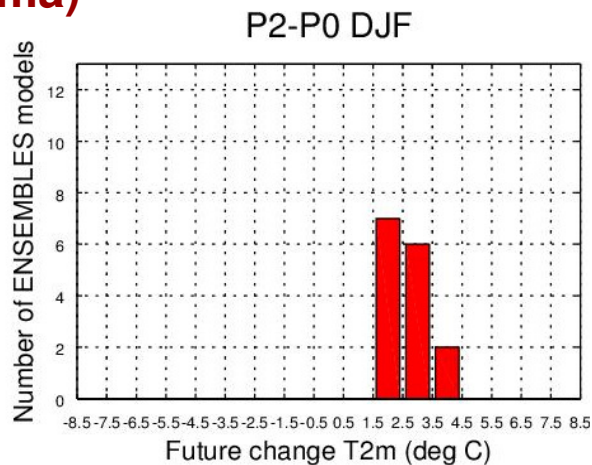
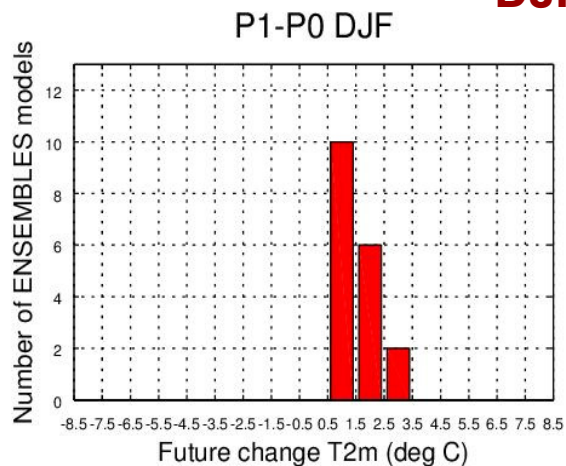
Više detalja o metodologiji: http://www.climrun.eu/news_data/236/is38precipitationclimcroatia.pdf

PROJEKCIJE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

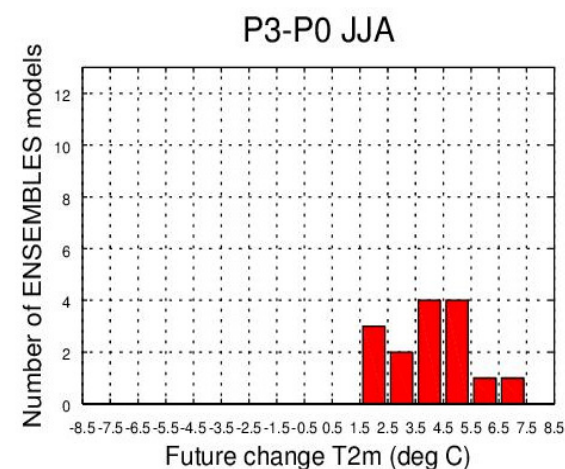
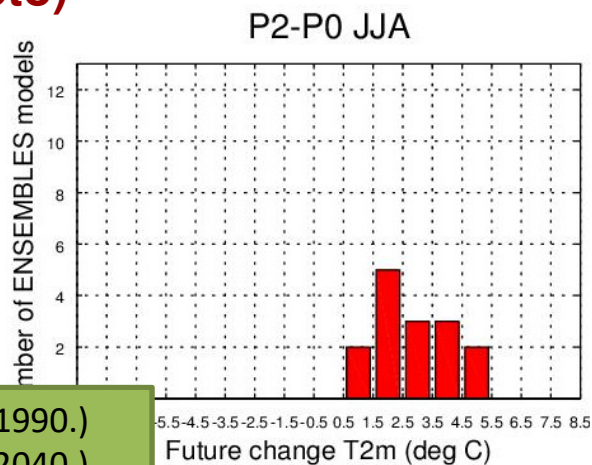
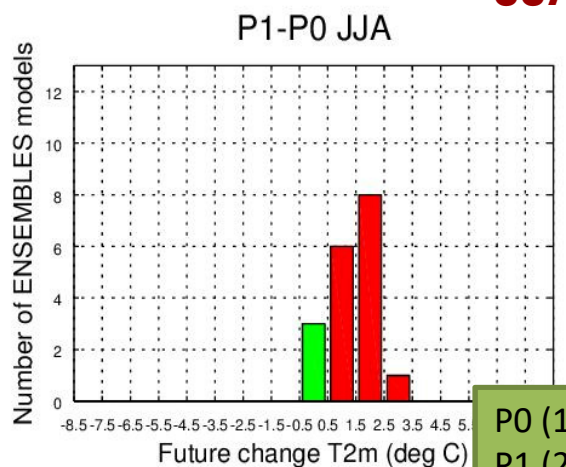
Temperatura zraka



DJF (zima)



JJA (ljetno)



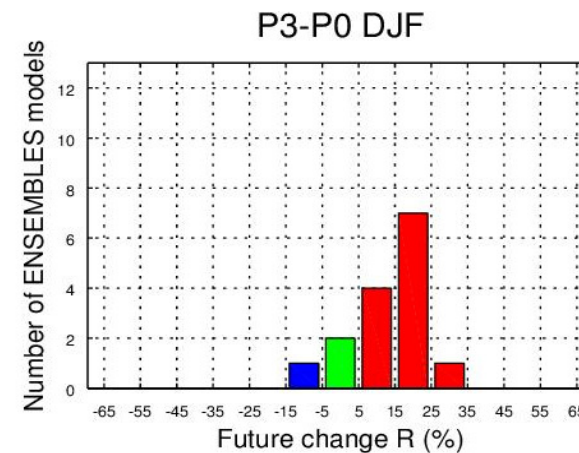
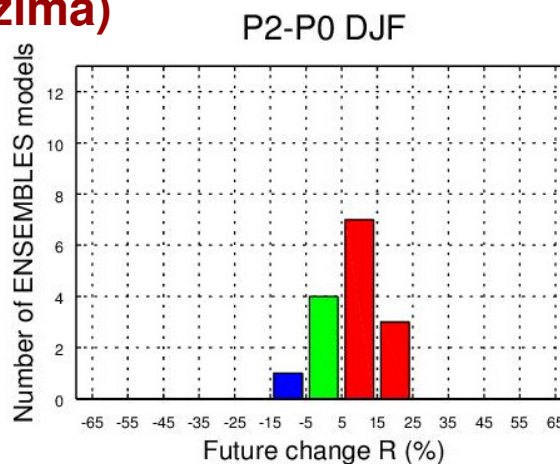
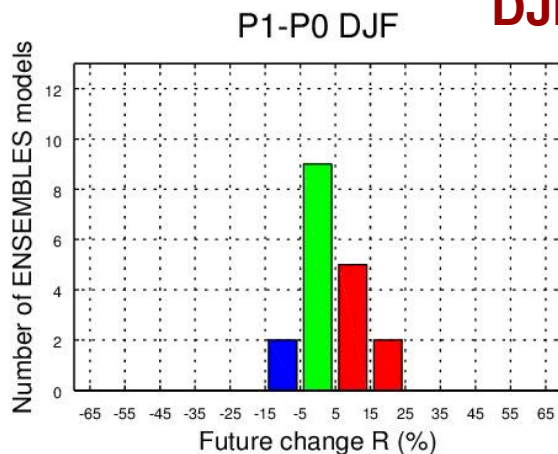
P0 (1961.-1990.)
P1 (2011.-2040.)
P2 (2041.-2070.)
P3 (2071.-2099.)

PROJEKCIJE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

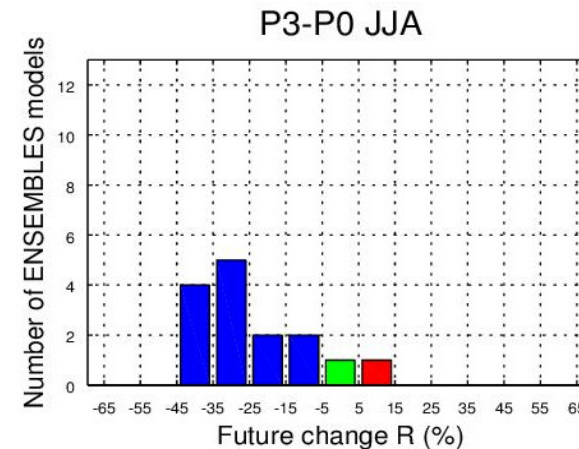
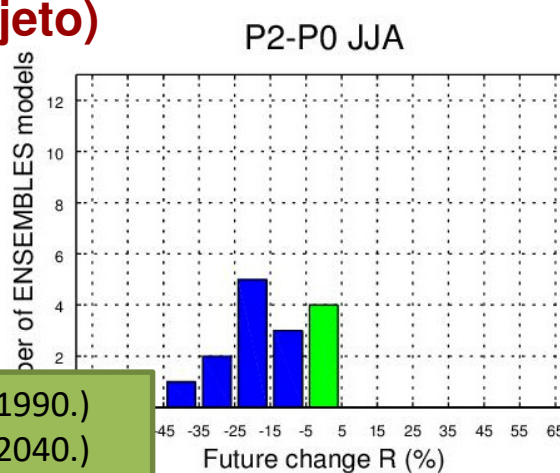
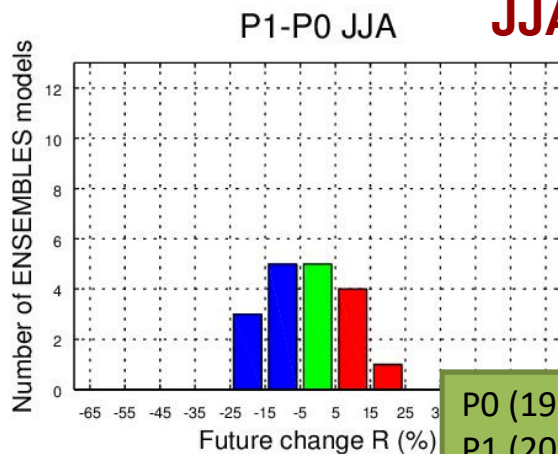
Oborina



DJF (zima)

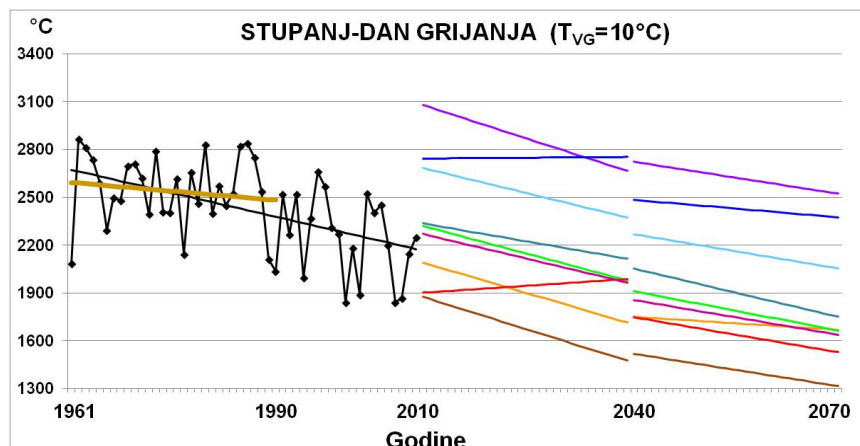


JJA (ljetno)

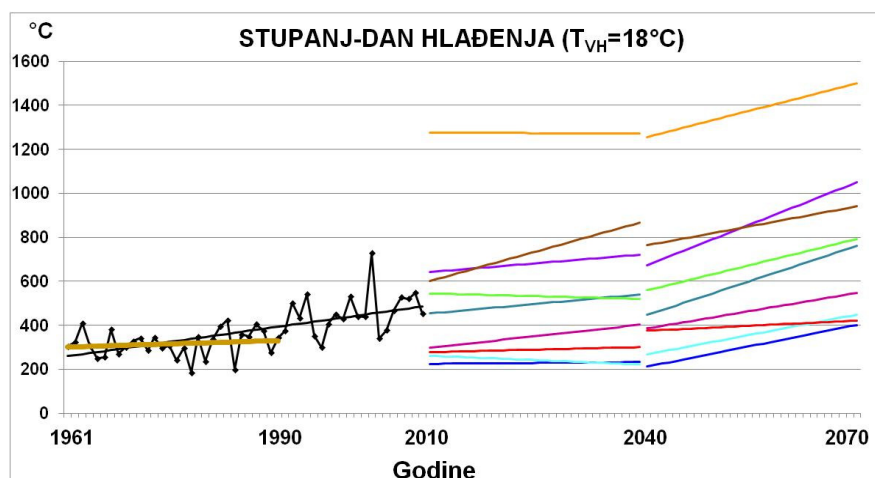


P0 (1961.-1990.)
P1 (2011.-2040.)
P2 (2041.-2070)
P3 (2071.-2099.)

MOGUĆE POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA



◆ MJERENO 1961-2010 — TREND MJER. 1961-1990 — TREND MJER. 1961-2010
 — CNRM — DA1B — D ARP
 — D ECH — ICTP — KNMI
 — MPI — S BCM — S ECH



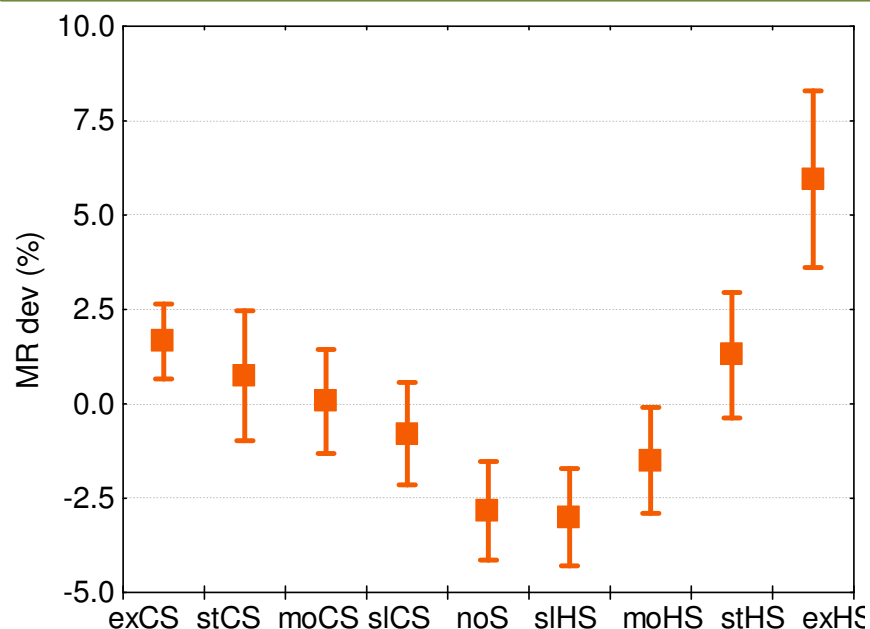
**STUPANJ-DANI
GRIJANJA I HLAĐENJA**
 u Zagrebu
 u razdoblju 1961.-2010.
 i trendovi u razdobljima
 sadašnje klime:
 1961.-1990. i 1961.-2010.
 i buduće klime:
 2011.-2040. i 2041.-2070.
 utemeljeni na devet
 klimatskih modela iz
 EU FP6 ENSEMBLES
 (Cvitan et al. 2015)

MOGUĆE POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Zdravlje ljudi



Ovisnost smrtnosti o toplinskim prilikama s povećanom smrtnošću u hladnom i toplom dijelu skale



Ustanovljeno je da je uz jaki i ekstremni topli stres smrtnost povećana i stoga bi bilo realno očekivati da će češća pojava jakog i ekstremnog toplog opterećenja uzrokovati povećanje smrtnosti.

Srednje odstupanje relativne smrtnosti za različite stupnjeve toplinskog stresa prema PET (fiziološka ekvivalentna temperatura) u 14h s uvažavanjem kratkotrajne prilagodbe, Zagreb, razdoblje 1983-2008.
(*ex* – ekstremni, *st* – jaki, *mo* – umjereni, *sl* – lagani, *HS* – topli stres, *CS* – hladni stress, *noS* – bez toplinskog stresa)

MOGUĆE POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Zdravlje ljudi

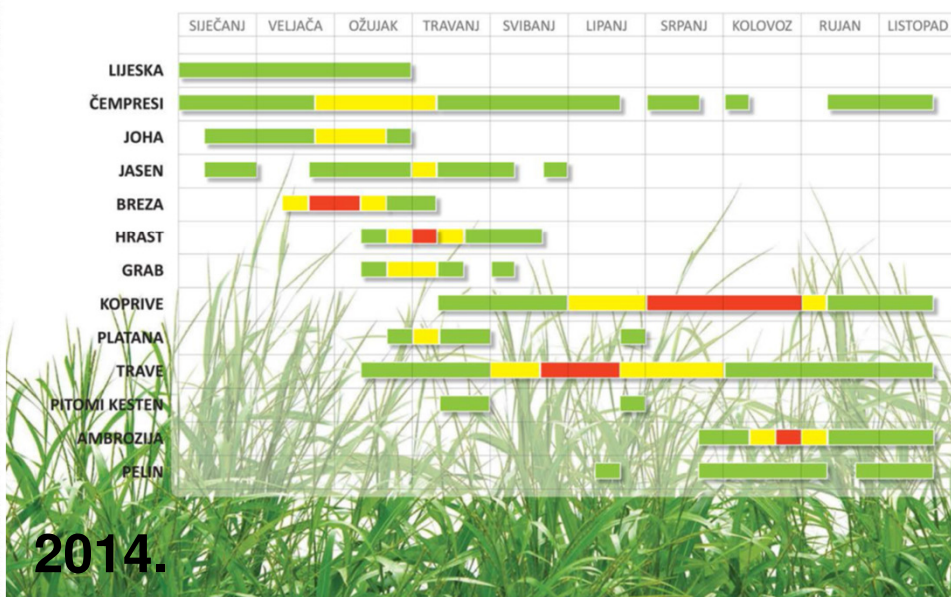
Porast temperature produžuje peludnu sezonu (raniji početak ali i dulje trajanje), dok suša potpomaže intenzivniju polinaciju peludi, rezultat toga su vjerojatnije češće alergije.



Nastavni zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar"
Mirogojska cesta 16, 10000 Zagreb
www.stampar.hr | www.zdravljezasve.hr

PELUDNI KALENDAR ZA KONTINENTALNU HRVATSKU

Peternel i sur. – AAEM 2008.



KONCENTRACIJA PELUDI: NISKA - samo iznimno osjetljive osobe će imati tegobe; UMJERENA - većina će alergičnih osoba imati tegobe; VISOKA - sve će al

Table 3. Age and sex distribution of respiratory allergy patients according to different pollen type

Sensitized to pollen	Patients (Skin Prick Test Positive) age					
	18-30 (mean age 24)		31-50 (mean age 38)		51+ (mean age 58)	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>Ambrosia</i>	11	6	13	29	4	11
<i>Ambrosia, Artemisia</i>	2	6	12	8	8	4
<i>Ambrosia, Betulaceae</i>	6	5	12	11	6	7
<i>Ambrosia, Poaceae</i>	22	13	8	11	5	3
<i>Ambrosia, Artemisia, Betulaceae</i>	0	1	5	8	2	2
<i>Ambrosia, Artemisia, Poaceae</i>	7	7	5	10	3	5
<i>Ambrosia, Betulaceae, Poaceae</i>	18	10	8	9	2	1
<i>Ambrosia, Artemisia, Betulaceae, Poaceae</i>	10	6	8	8	3	4
Total	76	54	71	94	33	37
% (age)	35.62		45.2		19.18	

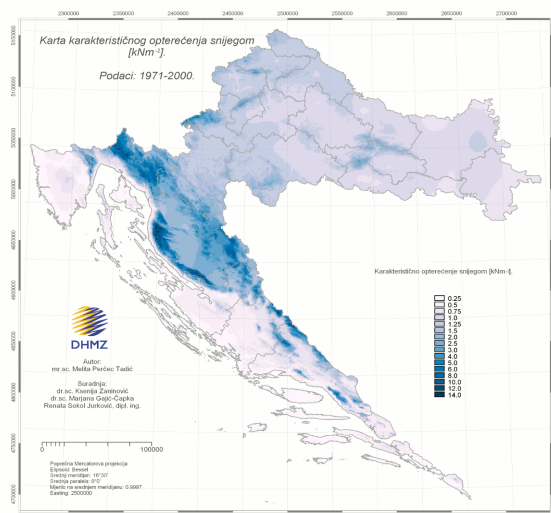
MOGUĆE POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Više prirodnih prijetnji

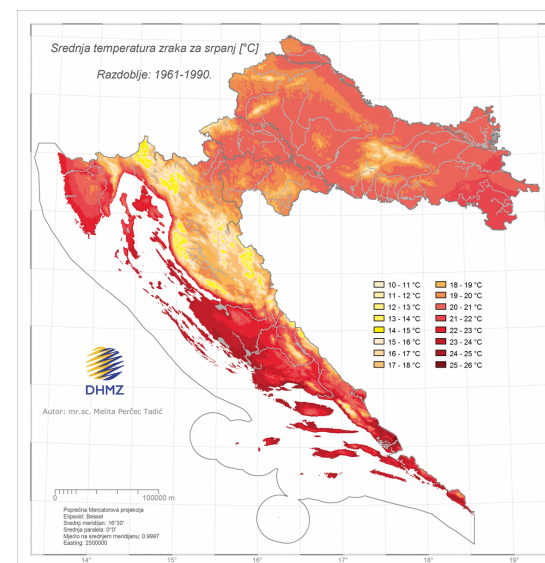


- Iako Zagreb po klimatskim uvjetima ne pripada područjima najugroženijim nepovoljnim vremenskim prilikama, ipak se i zimi i ljeti gradske službe i građani suočavaju s nepovoljnim i neugodnim situacijama.
- Hitne situacije izazvane vremenskim uvjetima u gradu Zagrebu zimi su često uzrokovane velikim visinama snijega ili poledicom, a ljeti vrlo visokim temperaturama zraka.
- U zimskim situacijama s puno snijega ili poledicom dolazi do poteškoća ili prekida u odvijanju prometa što negativno utječe na rad gradskih službi, na građane u dolasku i odlasku s posla kao i na školsku djecu.

- Ugroženo je i zdravlje građana uglavnom uslijed ozljeda na kliskim površinama pločnika i prometnica. Mogući su i problemi u opskrbi uslugama (grijanje, struja).
- Visoke ljetne temperature otežavaju radove na otvorenom i stvaraju zdravstvene teškoće posebno starijim osobama i onima posebnog zdravstvenog statusa (trudnice, bolesnici,..).
- Znatno su povećani zahtjevi za opskrbom pojedinim energentima i uslugama, posebno strujom i vodom.



Zaninović K, Gajić-Čapka M, Perčec Tadić i dr.
(2008) [Klimatski atlas Hrvatske / 1961-1990., 1971-2000.](#) Zagreb, Državni hidrometeorološki zavod



MOGUĆE STRATEGIJE PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA



Ublažavanje toplinskog opterećenja u urbanom planiranju:

- **Zeleni grad:** više vegetacije, manje pločnika, povećanje parkova, zeleni prometni prolazi, zeleni centar umjesto zelenih stambenih četvrti
- **Bijeli grad:** povećanje albeda krovova i zidova
- **Zasjenjeni grad:** više zgrade umjesto niskih zgrada
- **Plavi grad:** više vodenih površina, jezera umjesto parkova
- **Sivi grad:** promjena gustoće zgrada

Primjer Beč: zeleni grad

Kombinacija različitih mjera na ciljanim područjima

Udio zgrada -10%

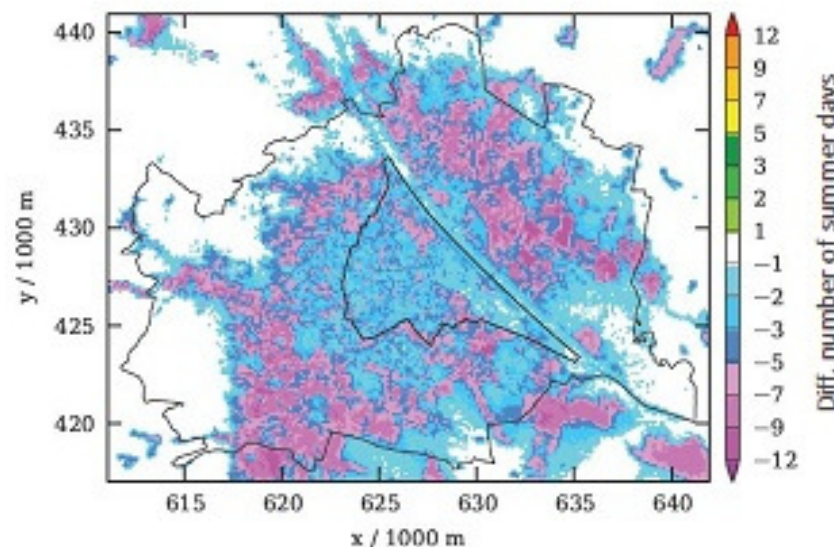
Udio niske vegetacije +20%

Udio pločnika -20%

Udio drveća +20%

→jaki utjecaj na ohlađivanje

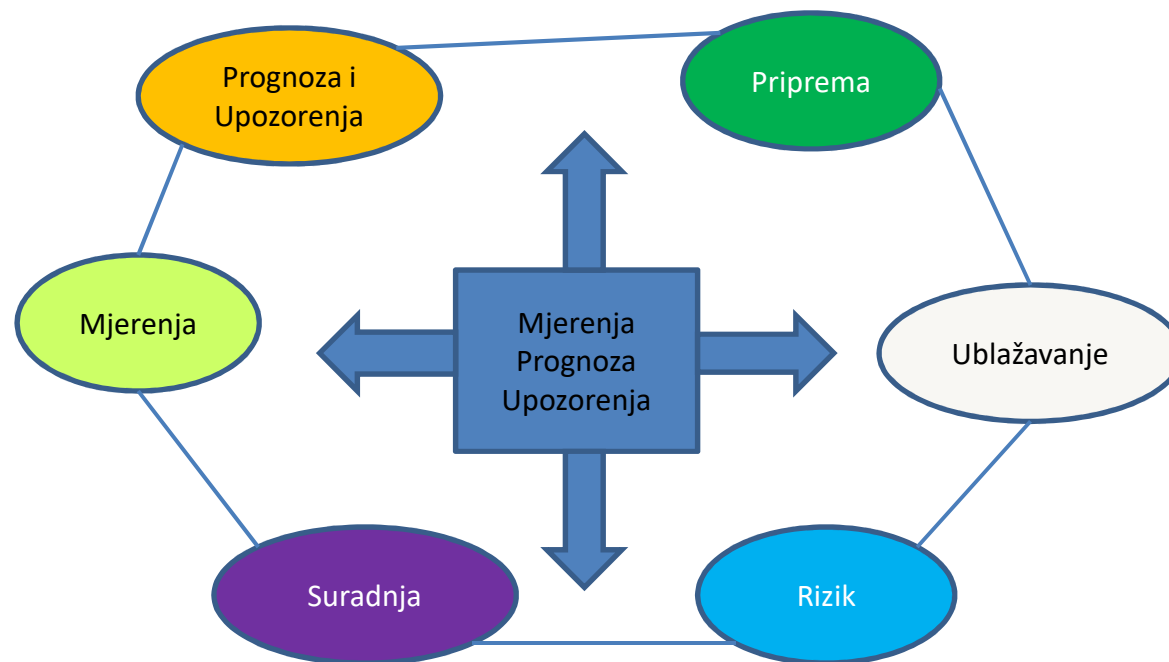
Žuvela-Aloise, Koch, Früh: Cities in climate Change, Modelling urban climate and possible heat load mitigation strategies for sustainable urban development, Meteorološki izazovi 3, 2014.



ZAKLJUČNE NAPOMENE



- ✓ klimatske promjene su stvarnost i gradovi se nužno moraju njima prilagoditi
- ✓ povećati broj meteoroloških mjerenja u realnom vremenu
- ✓ uspostaviti modeliranje na urbanoj skali i povećati točnost lokalnih prognoza (na svim skalama od vrlo kratkoročnih do klimatskih projekcija)
- ✓ uspostaviti učinkovit sustav za rana upozorenja na opasne vremenske pojave



HVALA!

