

Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj

Ognjen Bonacci

Ključne riječi

srednja godišnja temperatura zraka, promjena klime, varijacija klime, Hrvatska, nagli porast srednje godišnje temperature zraka

Key words

mean annual air temperature, climate change, climate variation, Croatia, sudden increase in mean annual air temperature

Mots clés

température annuelle moyenne d'air, changement de climat, variation de climat, Croatie, augmentation moyenne de la température d'air

Ключевые слова

средняя годовая температура воздуха, изменение климата, вариация климата, Хорватия, резкий рост средней годовой температуры воздуха

Schlüsselworte

mittlere jährliche Lufttemperatur, Klimaänderung, Klimavariation, Kroatien, sehr schneller Anstieg der mittleren jährlichen Lufttemperatur

O. Bonacci

Izvorni znanstveni rad

Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj

Prikazane su analize nizova srednjih godišnjih temperatura zraka mjerenih na 26 meteoroloških stanica u Hrvatskoj. Cilj rada je bio da se istraže promjene u režimu srednjih godišnjih temperatura zraka tijekom raspoloživog razdoblja mjerenja na pojedinim stanicama u Hrvatskoj. Statistički značajne promjene, tj. nagli porasti temperatura, započeli su 1988. godine, na 57,7 % stanica te 1992. na 34,6 % stanica. Srednje godišnje temperature zraka povećane su prosječno za 0,844 °C.

O. Bonacci

Original scientific paper

Analysis of mean annual air temperature series in Croatia

The analysis of mean annual air temperature series, as measured on 26 weather stations in Croatia, is presented. In this paper, the objective was to study changes in the mean annual air temperature regimen during the available measurement time at individual stations in Croatia. Statistically significant changes, i.e. cases of sudden increase in temperature, first occurred in 1988 on 57.7 percent of stations, and in 1992 on 34.6 percent of the stations. On an average, mean annual air temperatures increased by 0.844°C.

O. Bonacci

Ouvrage scientifique original

Analyse des séries des températures annuelles moyennes d'air en Croatie

L'analyse des séries des températures annuelles moyennes d'air, mesurées sur 26 stations météorologiques en Croatie, est présentée. L'objectif du présent ouvrage a été d'étudier les changements dans le régime de température annuelle moyenne d'air au cours du temps de mesure disponible aux stations individuelles en Croatie. Les changements importants du point de vue statistique, c'est-à-dire les cas d'augmentation soudaine de la température, ont été tout d'abord notés en 1988 sur 57,7 pour cent des stations, et en 1992 sur 34,6 pour cent des stations. En moyenne, les températures annuelles d'air ont augmenté de 0,844°C.

O. Бонацци

Оригинальная научная работа

Анализ рядов средних годовых температур воздуха в Хорватии

Приведены анализы рядов средних годовых температур воздуха, измеренных на 26 метеорологических станциях в Хорватии. Целью работы являлось исследование изменений в режиме средних годовых температур воздуха за имеющийся период измерений на отдельных хорватских станциях. Статистически значительные изменения, т.е. резкий рост температур, были зарегистрированы в 1988 году на 57,7 % станций и в 1992 году - на 34,6 % . Средняя годовая температура воздуха возросла в среднем на 0,844 °C.

O. Bonacci

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

Analyse der Reihen mittlerer jährlicher Lufttemperaturen in Kroatien

Dargestellt sind Analysen der Reihen mittlerer jährlicher Lufttemperaturen gemessen an 26 Wetterstationen in Kroatien. Das Ziel der Arbeit war die Erforschung der Änderungen im Regime der mittleren jährlichen Lufttemperaturen in der Zeitspanne der verfügbaren Messungsperiode an einzelnen stationen in Kroatien. Statistisch kennzeichnende Änderungen, dh. sehr schnelle Anstiege der Temperatur, begannen im Jahr 1988. an 57,7 % der Stationen und 1992. an 34,6 % der Stationen. Mittlere jährliche Lufttemperaturen stiegen durchschnittlich um 0,844 %.

Autori: Prof. dr. sc. **Ognjen Bonacci**, dipl. ing. građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Matice hrvatske 15, Split

1 Uvod

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) [1] ustanovio je da približan porast prosječne globalne temperature zraka na Zemlji, počevši od 1900. godine, iznosi oko $0,8 \pm 0,1$ °C. U istom se izvoru ujedno tvrdi da je ovaj porast glavninom uzrokovan antropogenim utjecajem na povećanje koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi. Mišljenje Američke geofizičke unije (*American Geophysical Union* - AGU) mnogo je opreznije vezano s donošenjem konačnih odluka o čovjekovu utjecaju na klimu. AGU [2] je objavio svoj sljedeći službeni stav: "Složenost klimatskog sustava otežava predviđanje nekih aspekata klimatskih promjena uvjetovanih čovjekovim djelatnostima. To se odnosi na davanje mogućnosti točnih odgovora na sljedeća pitanja: Kako se brzo promjene klime javljaju?; Koliko će dugo one trajati?; Gdje će se one pojaviti na Zemlji?". Brojni znanstvenici [3] smatraju da je zagrijavanje tijekom 20. stoljeća glavninom uzrokovano povećanjem koncentracije stakleničkih plinova, te da je posebno intenzivirano tijekom kasnih osamdesetih godina prošlog stoljeća. Neki autori [4] sugeriraju da je suvremeni antropogeni doprinos globalnom zagrijavanju znatno precijenjen te su proračunali da Sunce uzrokuje najmanje 69 % povećanja prosječne temperature na Zemlji. Leroux [5] smatra da je ideja "klimatskih promjena" postala sinonimom za "globalno zagrijavanje" što nije točno. Isti autor nadalje smatra kako je proturječno da su oba ova fenomena povezana isključivo s negativnim i neizbježno katastrofalnim posljedicama čak i u državama s hladnom klimom. Za daljnje, objektivne i detaljne analize ovoga velikog i globalnoga problema snažna prepreka jest činjenica da je znanost o klimatskim promjenama danas neraskidivo povezana s dnevnim politikom i medijima. Zbog toga je cijeli veliki metež oko globalnog zagrijavanja pretjerano preuveličan [6].

Na osnovi analize približno 1400 stanica za mjerenje temperature zraka u Meksiku [7] zaključeno je da je do zagrijavanja tijekom 20. stoljeća došlo u razdoblju 1970.-2004. Povećanje vrijednosti znatnije je zapaženo kod maksimalnih nego kod minimalnih temperatura te tijekom ljeta nego u ostalim sezonama godine. Analizirajući trendove temperatura zraka u 20. stoljeću na području Baltika [8] tijekom vegetacijskog razdoblja, utvrđeno je da je vegetacijsko razdoblje produljeno od šest pa do više od 20 dana. Međutim, istodobno je ustanovljena tendencija skraćivanja vegetacijskog razdoblja u području Arhangelska (Rusija). Utvrđen je [9] znatan porast prosječne temperature zraka na području sjeverozapadnih Himalaja od oko 1,6 °C. Ustanovljeno je [10] da srednje temperature zraka u Indiji imaju trend porasta od 0,05 °C/10 godina tijekom razdoblja 1901.-2003. U posljednjem podrazdoblju od 1971. do 2003. proces zagrijavanja se ubrzao te iznosi 0,22 °C/10 godina.

Pitanje koje muči, ali istodobno stvara sve veći razdor u znanstvenoj zajednici, jest: Može li se i mora li se povećanje temperature na Zemlji u dvadesetom stoljeću, a osobito u posljednjih nekoliko desetljeća, objasniti kao posljedica globalnog zagrijavanja ili se radi o uobičajenoj varijaciji klime? Nemoguće je dati pouzdan i znanstveno zasnovan odgovor na ovu ključnu dilemu na osnovi postojećih nizova mjerenih klimatskih parametara, a prije svih prizemnih temperatura zraka. Ma kako ovi nizovi bili dugotrajni oni su prekratki da bi omogućili donošenje pouzdanih znanstveno utemeljenih zaključaka. Razlozi su za moguće nehomogenosti u nizovima podataka temperatura zraka, mjerenih tijekom dugog razdoblja na pojedinim stanicama, mnogobrojni. Kreću se od promjene instrumenata za mjerenje, promjene motritelja, preko neizbježnih promjena u lokalnom okolišu (urbanizacije i industrijalizacije) do načina računanja srednjih vrijednosti za različita razdoblja. Posebno se tu misli na određivanja srednjih dnevnih, ali i ekstremnih dnevnih vrijednosti.

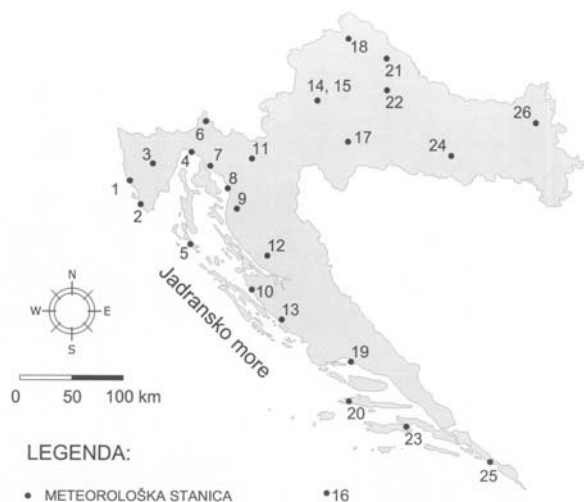
Poseban problem o kojem se u znanstvenoj zajednici sve češće i sve oštrije vode suprotstavljene rasprave jest tvrdnja IPCC-a [1] da je glavni uzrok, prema njihovom mišljenju, sigurnoga globalnog zagrijavanja planeta u antropogenoj emisiji "stakleničkih plinova".

Vrlo često neki znanstvenici, a prije svega mediji povezuju pojavu ekstremnih hidroloških (suša i poplava prije svega) i klimatoloških (uragana, olujnih intenzivnih oborina itd.) događaja s klimatskim promjenama (generalno s globalnim zagrijavanjem). Hisdal i sur. [11] analizirali su više od 600 dugih nizova dnevnih protoka izmjenjenih na teritoriju Europe. Cilj ovih istraživanja bio je određivanje prostornih i vremenskih promjena u pojavi hidroloških suša. Njihov konačni zaključak bio je iznenađujući za onaj dio znanstvene zajednice i javnosti koji sve negativno i neuobičajeno (ekstremno) što se događa na planetu pripisuje fenomenu globalnog zagrijavanja izazvanom antropogenom emisijom stakleničkih plinova. Zaključak doslovno glasi: "Unatoč nizu izvještaja da su u Europi u posljednje vrijeme suše sve češće, provedene statističke analize pokazuju da nije moguće donijeti zaključak da su suše u Europi postale dugotrajnije, intenzivnije i češće". Leroux [5] je istaknuo da efekt staklenika ne kontrolira ni dinamiku vremena ni razvoj i intenzitet meteoroloških uzbuda, te da ne utječe na formiranje oborina i time na pojavu suša ili poplava. Prema njegovu je mišljenju identična situacija na planetu postojala i prije.

Znanstvena zajednica se ipak jednoglasno slaže u zaključku postojanja tzv. "urbanih toplinskih otoka (urban heat islands)". Radi se o činjenici da je temperatura zraka u gradovima (osobito onim velikim) porasla zbog spe-

cifčne koncentracije stanovništva i njihovih djelatnosti (potrošnje energije, grijanja, industrijalizacije, urbanizacije itd.). Ustanovljeno je na primjer da je u središtima Beča i Londona temperatura zraka mnogo viša nego na obližnjim ruralnim lokacijama. Analizom niza temperatura zraka u Firenci (Italija) dugog 110 godina u razdoblju 1889.-1998., ustanovljeno je da su godišnji prosjeci srednjih, najnižih i najviših temperatura zraka znatno veći u posljednjih dvadesetak godina dvadesetog stoljeća u odnosu na temperature zraka prije toga razdoblja [12]. Utvrđeno je da urbanizacijom izazvano zagrijavanje zraka u Kini u razdoblju 1951.-2004. iznosi oko 0,5 °C [13]. Izučavanjem doprinosa urbanizacije na povišenje temperatura u Japanu u posljednjim desetljećima, analizirajući mjerenja temperatura zraka na 561 stanici u razdoblju od 27 godina (ožujak 1979. - veljača 2006.), utvrđeno je postojanje trenda porasta od 0,3-0,4 °C/desetljeću čak i na stanicama na kojima gustoća broja stanovnika nije veća od 100 ljudi na kvadratni kilometar [14].

Osnovni je cilj ovoga članka izučavanje promjenjivosti u prostoru i vremenu isključivo srednjih godišnjih temperatura zraka mjerenih na području Hrvatske. Za tu svrhu analizirani su relativno dugi nizovi srednjih godišnjih temperatura zraka (od minimalno 48 do maksimalno 147 godina) mjereni na 26 meteoroloških stanica. U ra-



Slika 1. Karta Hrvatske s ucrtanim položajima 26 stanica čiji su nizovi srednjih godišnjih temperatura zraka analizirani u ovom radu. Nazivi i ostale karakteristike stanica nalaze se u tablici 1.

du se išlo prvenstveno za tim da se pokuša utvrditi eventualno postojanje procesa globalnog zagrijavanja ili varijacija temperatura zraka na teritoriju naše države. Utvrđivanje uzroka zagrijavanja nije predmet izučavanja ovog rada. Kako su se analize na raspoloživim nizovima podataka razvijale, tako je postajalo sve očiglednije da

Tablica 1. Osnovna svojstva 26 analiziranih stanica

R. BR.	STANICA	GEOGR. DUŽINA	GEOGR. ŠIRINA	NAD. VISINA H (m n. m.)	RASPOLOŽIVO RAZDOBLJE	T _{sr} (°C)	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Rovinj	45° 05'	13° 39'	5	1949.-2008.	13,54	12,10	14,90
2	Pula	44° 52'	13° 51'	30	1961.-2008.	14,10	13,00	15,50
3	Pazin	45° 14'	13° 56'	291	1961.-2008.	11,30	10,30	12,60
4	Rijeka	45° 20'	14° 27'	104	1948.-2008.	13,97	12,70	15,30
5	Mali Lošinj	44° 32'	14° 28'	53	1961.-2008.	15,35	14,50	16,50
6	Parg	45° 36'	14° 38'	863	1951.-2008.	7,26	5,80	9,10
7	Crikvenica	45° 10'	14° 42'	2	1892.-2008.	14,27	12,80	16,00
8	Senj	44° 59'	14° 54'	26	1948.-2008.	14,78	13,30	16,40
9	Zavižan	44° 49'	14° 59'	1594	1954.-2008.	3,71	2,40	5,10
10	Zadar	44° 08'	15° 13'	5	1961.-2008.	14,99	14,10	16,30
11	Ogulin	45° 16'	15° 14'	328	1949.-2008.	10,08	8,70	12,00
12	Gospić	44° 23'	15° 22'	564	1902.-2008.	8,68	7,00	10,50
13	Šibenik	43° 44'	15° 55'	77	1949.-2008.	15,39	14,30	16,50
14	Zagreb - Grič	45° 49'	15° 59'	157	1862.-2008.	11,50	9,70	13,80
15	Zagreb - Maksimir	45° 49'	16° 02'	123	1949.-2008.	10,71	9,30	12,70
16	Palagruža	42° 24'	16° 16'	98	1949.-2008.	16,41	15,60	17,80
17	Sisak	45° 30'	16° 22'	98	1949.-2008.	10,99	9,30	12,90
18	Varaždin	46° 18'	16° 23'	167	1949.-2008.	10,21	8,70	12,10
19	Split	43° 31'	16° 26'	122	1926.-2008.	16,10	14,40	17,40
20	Hvar	43° 10'	16° 27'	20	1929.-2008.	16,49	15,30	17,50
21	Koprivnica	46° 11'	16° 49'	141	1949.-2008.	10,43	8,80	12,20
22	Bjelovar	45° 54'	16° 51'	141	1949.-2008.	10,62	8,70	12,90
23	Korčula	42° 58'	17° 09'	15	1948.-2008.	16,51	15,32	17,90
24	Požega	45° 20'	17° 41'	152	1901.-2008.	10,61	8,40	12,40
25	Dubrovnik	42° 39'	18° 06'	49	1961.-2008.	16,48	15,40	17,80
26	Osijek	45° 32'	18° 44'	89	1899.-2008.	10,96	8,80	12,90

je krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća došlo do naglog skoka srednjih godišnjih temperatura zraka na cijelom državnom teritoriju. Zbog toga je u radu posebna pažnja bila usredotočena na to da se odredi točno vrijeme (godina) pojave, kao i veličina porasta srednjih godišnjih temperatura zraka izražena u °C.

Analizirano se područje od oko 50.000 km² (slika 1.) prostire između 46°18' (Varaždin) i 42°24' (Palagruža) sjeverne geografske dužine te 13°39' (Rovinj) i 18°44' (Osijek) istočne geografske širine. Treba naglasiti da je prostorna i vremenska raspodjela srednjih godišnjih temperatura zraka na teritoriju Hrvatske izrazito složena i promjenjiva.

Analizirani vremenski nizovi različitih su duljina što donekle otežava usporedbe rezultata u prostoru i tijekom vremena te donošenje pouzdanih zaključaka. Međutim, zajedničko im je svima da je u izučavanje uključeno razdoblje od 1961. do 2008. godine. Ta je činjenica omogućila donošenje pouzdanih zaključaka o tome što se na području Hrvatske zbivalo s temperaturama zraka barem u posljednjih 47 godina koje su i bitne za utvrđivanje promjena ili varijacija klime. Čini se da je cijelo područje Hrvatske, koje je klimatski vrlo raznoliko, dobro

pokriveno s izabраниh 26 stanica i u prostornom i u visinskom smislu. Najniža stanica Crikvenica nalazi se na nadmorskoj visini od samo 2 m n. m., dok je najviša stanica Zavižan na nadmorskoj visini od 1594 m n.m. U literaturi se navodi [15] da stanice smještene na velikim nadmorskim visinama, udaljene od efekata urbanizacije, mogu dati pouzdane informacije o stvarnoj promjeni klime u regiji.

U tablici 1. upisane su sljedeće osnovne karakteristike svih 26 analiziranih meteoroloških stanica prikazanih na slici 1.: redni broj stanice upisan na slici 1., naziv stanice, sjeverna geografska dužina, istočna geografska širina, nadmorska visina H, raspoloživo razdoblje, prosječna T_{sr}, minimalna T_{min} te maksimalna T_{max} srednja godišnja temperatura zraka u cijelom raspoloživom razdoblju za svaku pojedinu stanicu.

2 Analize trendova

U radu su za svaki od 26 raspoloživih vremenskih nizova srednjih godišnjih temperatura zraka proračunani linearni i nelinearni (parabola) trendovi. Procedura analize trenda pomaže u procjeni ima li vremenski niz srednjih godišnjih temperatura zraka statistički znatan porast ili opadanje tijekom vremena.

Tablica 2 Raspoloživo razdoblje, koeficijent regresije linearnog trenda (parametar nagiba pravca) a, koeficijent linearne korelacije r, koeficijent nelinearne korelacije (parabola) R, i godina početka zagrijavanja izračunati za 26 analiziranih stanica u Hrvatskoj

R. Br.	STANICA	RASPOLOŽIVO RAZDOBLJE	a (°C/god)	r	R	POČETAK ZAGRIJAVANJA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Rovinj	1949.-2008.	0,0096	0,268	0,662	1988.
2	Pula	1961.-2008.	0,0034	0,676	0,786	1992.
3	Pazin	1961.-2008.	0,0248	0,618	0,632	1992.
4	Rijeka	1948.-2008.	0,0073	0,203	0,654	1992.
5	Mali Lošinj	1961.-2008.	0,0233	0,610	0,685	1988.
6	Parg	1951.-2008.	0,0190	0,420	0,551	1989.
7	Crikvenica	1892.-2008.	0,0069	0,331	0,337	1997.
8	Senj	1948.-2008.	0,0131	0,334	0,601	1988.
9	Zavižan	1954.-2008.	0,0161	0,402	0,439	1988.
10	Zadar	1961.-2008.	0,0272	0,684	0,732	1992.
11	Ogulin	1949.-2008.	0,0149	0,323	0,591	1988.
12	Gospić	1902.-2008.	0,0060	0,247	0,353	1988.
13	Šibenik	1949.-2008.	0,0074	0,241	0,557	1988.
14	Zagreb - Grič	1862.-2008.	0,0083	0,424	0,473	1988.
15	Zagreb - Ma.	1949.-2008.	0,0015	0,521	0,707	1988.
16	Palagruža	1949.-2008.	0,0087	0,325	0,596	1992.
17	Sisak	1949.-2008.	0,0198	0,431	0,601	1988.
18	Varaždin	1949.-2008.	0,0181	0,397	0,536	1988.
19	Split	1926.-2008.	0,0076	0,318	0,378	1992.
20	Hvar	1929.-2008.	0,0181	0,397	0,536	1992.
21	Koprivnica	1949.-2008.	0,0241	0,531	0,621	1988.
22	Bjelovar	1949.-2008.	0,0297	0,581	0,700	1988.
23	Korčula	1948.-2008.	0,0180	0,508	0,733	1992.
24	Požega	1901.-2008.	0,0107	0,442	0,496	1988.
25	Dubrovnik	1961.-2008.	0,0153	0,419	0,573	1992.
26	Osijek	1899.-2008.	0,0045	0,195	0,240	1988.

Izraz za linearni trend glasi:

$$T = a \times t + b \quad (1)$$

dok je jednadžba trenda parabole:

$$T = c + d \times t + e \times t^2 \quad (2)$$

pri čemu je T srednja godišnja temperatura zraka u godini t , dok su a i b koeficijenti linearne regresije, a , c , d , e koeficijenti regresije parabole. Svih pet koeficijenata regresije (a , b , c , d , e) definiraju se primjenom metode najmanjih kvadrata. Analitički funkcijski odnos između srednjih godišnjih temperatura zraka T i godina t opisuje generalni trend ili prirodu njihova međuodnosa, tj. ponašanja srednjih godišnjih temperatura zraka tijekom analiziranog razdoblja (u analiziranom vremenskom nizu). Koristeći se ovom procedurom moguće je opisati ponašanje srednjih godišnjih temperatura zraka i tijekom cijeloga analiziranog razdoblja i u pojedinim podrazdobljima.

Ako postoji statistički značajan linearni trend, tada koeficijent linearne regresije a iz izraza 1 (naziva se i parametrom nagiba pravca) mora statistički biti različit od nule ([16]). Upozoreno je da ova metoda ima određenih nedostataka ponajprije stoga što je problematično razdvojiti trend od perzistencije [17]. Između nekoliko statističkih testova za određivanje statističke značajnosti linearnog trenda, u ovom je radu korišten SROC (*Spearman Rank Order Correlation* – Spearmanova rang korelacija) neparametarski test [18].

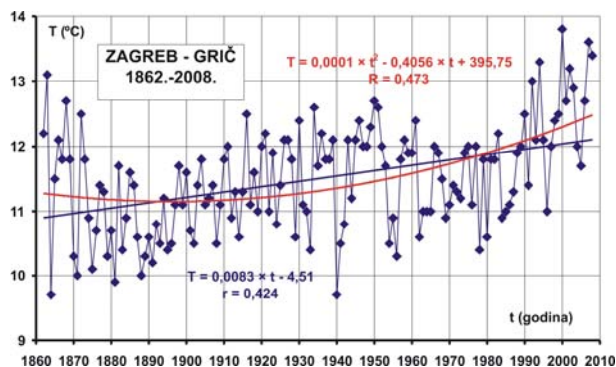
U stupcima 4, 5 i 6 tablice 2. upisani su koeficijenti regresije linearnih trendova (parametri nagiba pravca), linearni koeficijent korelacije r , i koeficijenti nelinearne (parabola) korelacije R , proračunani za sve cjelovite raspoložive nizove 26 analiziranih stanica. Dimenzija parametra nagiba pravca a jest $^{\circ}\text{C}/\text{god}$.

Podebljanim crvenom bojom označenim brojevima pisanim italicom, u stupcu 4. tablice 2. označene su tri (11,5 %) stanice (od ukupno 26) kod kojih se koeficijent linearne korelacije r statistički znatno ne razlikuje od nule na razini ($p < 0,05$). To znači da se prema SROC neparametarskom testu statistički značajni linearni trend pojavljuje kod svih preostalih 23 (88,5 %) analiziranih stanica. Važno je uočiti da je kod svih 26 stanica linearni trend pozitivan, što bi se moglo objasniti postojanjem trenda porasta srednjih temperatura zraka tijekom analiziranih razdoblja na cijelom području Hrvatske. Vrijednosti parametra nagiba pravca a kreću se od najmanje $0,0015 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{god}$ do najveće $0,0297 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{god}$, uz srednju veličinu za svih 26 stanica od $0,0140 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{god}$.

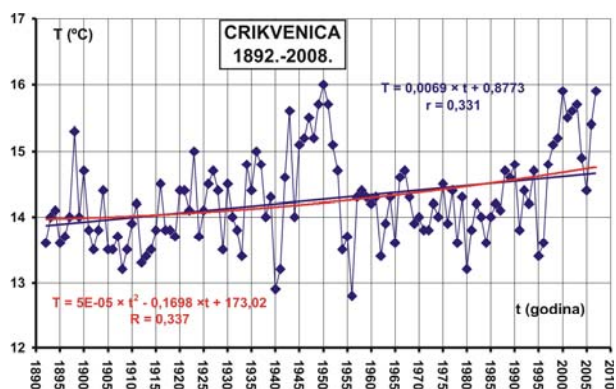
Važno je uočiti da su na svih 26 analiziranih stanica koeficijenti nelinearne korelacije (parabola) R bitno veći od koeficijenata linearne korelacije r . Prosječna vrijednost 26 koeficijenata linearne korelacije r iznosi $0,426$

(kreću se u rasponu od $0,203$ do $0,684$), dok prosječna vrijednost 26 koeficijenata nelinearne korelacije R iznosi $0,568$ (kreću se u rasponu od $0,240$ do $0,786$). Testiranjem t -testom dokazano je da se navedene prosječne vrijednosti $R_{sr} = 0,568$ i $r_{sr} = 0,426$ međusobno statistički znatno razlikuju na razini ($p < 0,01$). Ova činjenica pokazuje na to da se ponašanje vremenskih nizova srednjih godišnjih temperatura ne može objasniti uporabom isključivo linearnog modela te da je proces promjena srednjih temperatura zraka tijekom razmatranog vremena znatno složeniji.

U nastavku ovog poglavlja bit će prikazano i komentirano osam od 26 analiziranih nizova srednjih godišnjih temperatura zraka s ucrtanim linijama linearnog i nelinearnog trenda. Izneseni su samo karakteristični primjeri, dok je na svih preostalim 18 analiziranih stanica ponašanje vrlo slično ili čak potpuno jednako.

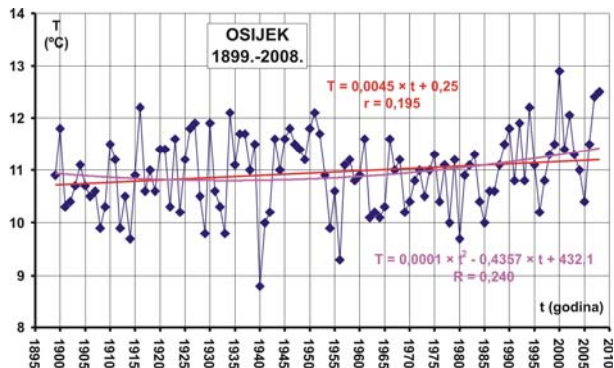


Slika 2. Niz srednjih godišnjih temperatura zraka Zagreb-Grič (R. br. 14 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1862.-2008. s ucrtanim linijama linearnog i nelinearnog trenda

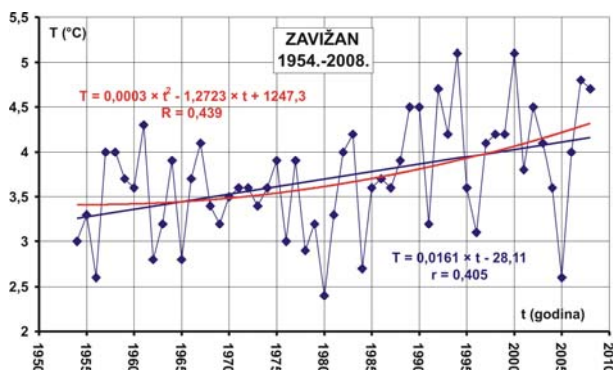


Slika 3. Niz srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice (R. br. 7 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1892.-2008. s ucrtanim linijama linearnog i nelinearnog trenda

Slike 2. do 5. prikazuju nizove srednjih godišnjih temperatura zraka izmjerene na sljedeće četiri kišomjerne stanice: 1) Zagreb-Grič u razdoblju 1862.-2008.; 2) Crikvenica u razdoblju 1892.-2008.; 3) Osijek u razdoblju 1899.-2008.; 4) Zavižan u razdoblju 1954.-2008. Na slikama su ucrtane linije linearnog i paraboličnog trenda.



Slika 4. Niz srednjih godišnjih temperatura zraka Osijeka (R. br. 26 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1899.-2008. s ucrtanim linijama linearnog i nelinearnog trenda



Slika 5. Niz srednjih godišnjih temperatura zraka Zavižana (R. br. 9 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1954.-2008. s ucrtanim linijama linearnog i nelinearnog trenda

Bitno je uočiti da je u svih 26 analiziranih slučajeva nelinearnog trenda oblik parabole konkavan. To znači da su na početku svih raspoloživih razdoblja srednje godišnje temperature zraka bile nešto više nego u srednjim dijelovima analiziranih razdoblja. Razlog pojavi manje ili više izraženoga konkavnog oblika nelinearnih trendova kao i različitim rezultatima među analiziranim nizovima dijelom je i u njihovim različitim duljinama. Bez obzira na taj nedostatak, koji onemogućava potpuno objektivno uspoređivanje svih provedenih analiza, očito je da linearni trend ne može biti prihvaćen kao pouzdano ili barem jedino objašnjenje ponašanja vremenskih nizova srednjih godišnjih temperatura zraka analiziranih stanica s područja Hrvatske. Proces varijabiliteta srednjih godišnjih temperatura zraka tijekom vremena u 26 analiziranih vremenskih nizova očito imaju mnogo složeniju strukturu ponašanja koju je nužno izučiti složenijim i osjetljivijim metodama, što će biti načinjeno u sljedećem poglavlju.

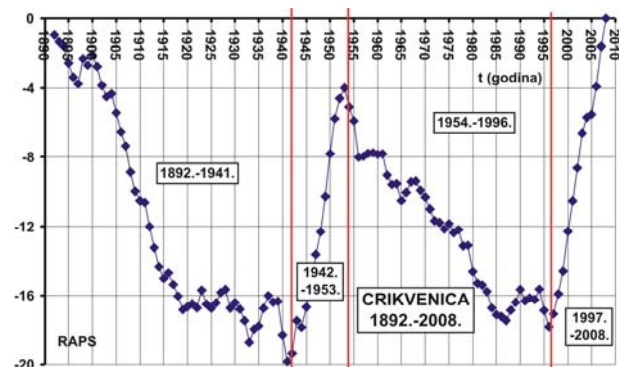
3 Analize strukture nizova i definiranje pojave naglog skoka temperature

Analizom vremenskog niza moguće je, osim postojanja općeg trenda (misli se na trend unutar cijelog vremenskog niza), odrediti i detaljnije fluktuacije unutar ispitiva-

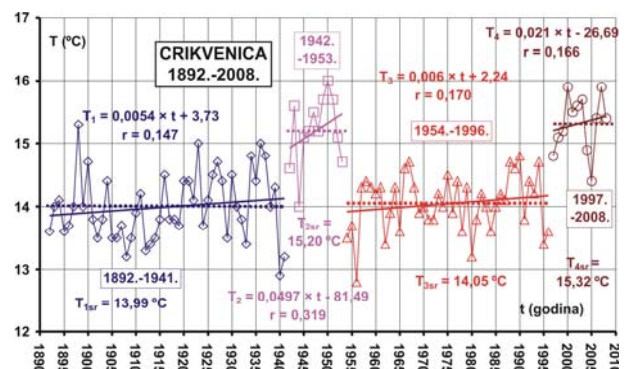
vanog niza. U ovom je radu za tu svrhu uporabljena RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) metoda [19], [20]. Vizualni grafički prikaz zasnovan na RAPS transformaciji pogodan je stoga jer omogućava prevladavanje malih sustavnih i slučajnih promjena, grešaka i varijabilnosti u analiziranom vremenskom nizu. Grafički prikaz RAPS-a sposoban je da ukaže na postojanje više podrazdoblja sa sličnim karakteristikama, većeg broja trendova, naglih skokova ili padova vrijednosti, neregularnih fluktuacija, postojanje periodičnosti u analiziranom vremenskom nizu itd. Izraz za proračun RAPS-a jest:

$$RAPS_k = \sum_{t=1}^k \frac{Y_t - \bar{Y}}{S_Y} \quad (3)$$

pri čemu je \bar{Y} prosječna vrijednost cijeloga razmatranog vremenskog niza, S_Y je standardna devijacija istog niza, n je broj podataka u vremenskom nizu, dok ($k = 1, 2, \dots, n$) predstavlja brojač tijekom sumiranja. Grafički prikaz $RAPS_k$ vrijednosti tijekom vremena očito i nedvosmisleno ukazuje na postojanje pravilnosti u fluktuacijama analiziranog parametra Y_t , koji je u ovome članku srednja godišnja temperatura zraka u godini t .



Slika 6. Prikaz RAPS-a (Rescaled Adjusted Partial Sums) srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice (R. br. 7 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1892.-2008.



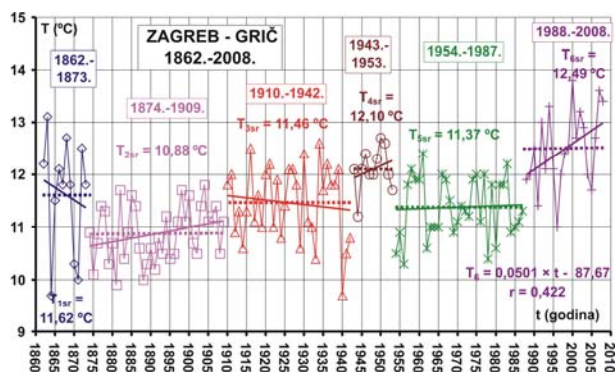
Slika 7. Prikaz četiriju podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice (R. br. 7 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1892.-2008. određenih primjenom RAPS metode dane na slici 10

Na slici 6. prikazan je RAPS srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice u razdoblju 1892.-2008. Iz grafičkog prikaza uočava se da u cjelokupnom raspoloživom vremenskom razdoblju postoje sljedeća četiri podrazdoblja sa znatno različitim svojstvima: 1) 1891.-1941.; 2) 1942.-1953.; 3) 1954.-1996.; 4) 1997.-2008. Na slici 7. prikazana su spomenuta četiri podniza srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice definirana primjenom RAPS metode prikazane na slici 6. Na slici 7. upisane su i ucrtane vrijednosti prosječnih temperatura zraka, pravci linearnih trendova s njihovim analitičkim izrazima i koeficijentima linearne korelacije svakog podniza. Uporabom F -testa i t -testa utvrđeno je da se prosječne vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka između susjednih podnizova međusobno statistički znatno razlikuju na razini ($p < 0,01$). Rezultati dvaju spomenutih testova ujedno su i osnovni kriteriji za prihvaćanje hipoteze o postojanju ili nepostojanju podrazdoblja unutar cjelovitoga vremenskog niza. U slučaju niza srednjih godišnjih temperatura zraka Crikvenice, važno je uočiti da su u drugom (1942.-1953.) i četvrtom (1997.-2008.) podrazdoblju prosječne srednje godišnje temperature zraka bile gotovo istovjetne te su iznosile 15,20 °C i 15,32 °C. Isto je tako važno naglasiti da je do naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka na stanici Crikvenica došlo tek 1997. godine. Kako će kasnije analize pokazati, radi se o stanici na kojoj je najkasnije opažen nagli (statistički značajan) skok srednjih godišnjih temperatura zraka u usporedbi s ostalih 25 analiziranih stanica.

Već iz prethodno opisanog slučaja može se zaključiti da ne postoji linearni trend porasta srednjih godišnjih temperatura zraka, već da se radi o varijacijama temperatura u određenim podrazdobljima, tj. da dolazi do smjene toplijih i hladnijih podrazdoblja što je tipična karakteristika varijacije klime. Visoke vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje su se pojavile u posljednjih dvadesetak godina javljale su se i prije, ali u nešto kraćem razdoblju 1942.(1943.)-(1952.)1953. U nastavku će biti prikazani primjeri za još 4 kišomjerne stanice, ali zbog ograničenog prostora neće biti dane slike RAPS-ova već samo podnizova.

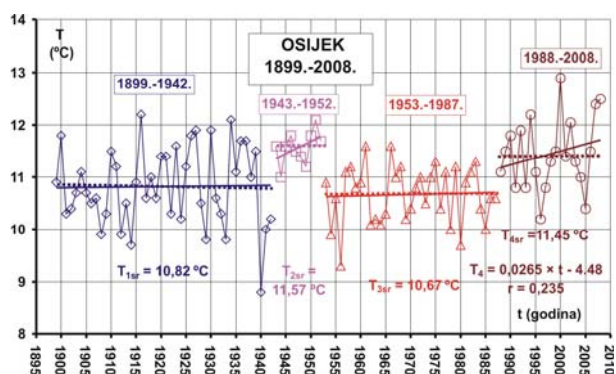
Na slici 8. prikazano je sljedećih šest podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Zagreb-Grič u razdoblju 1862.-2008. određenih primjenom RAPS metode: 1) 1862.-1873.; 2) 1874.-1909.; 3) 1910.-1942.; 4) 1943.-1953.; 5) 1954.-1987.; 6) 1988.-2008. Na slici su upisane i ucrtane vrijednosti prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka svakog podniza te su ucrtani pravci linearnih trendova. Analitički izraz za linearni trend i koeficijent linearne korelacije navedeni su samo za posljednji (šesti) podniz u razdoblju 1988.-2008. Upotrebom F -testa i t -testa utvrđeno je da se prosječne vrijed-

nosti srednjih godišnjih temperatura zraka između susjednih podnizova međusobno statistički znatno razlikuju na nivou ($p < 0,01$). I u slučaju Zagreb-Grič moguće je uočiti da je podrazdoblje 1943.-1953. s prosječnom srednjom godišnjom temperaturom zraka od 12,10 °C bilo po toplini slično posljednjem i najtoplijem podrazdoblju 1988.-2008. čija je prosječna srednja godišnja temperatura bila samo 0,39 °C viša te je iznosila 12,49 °C. Valja istaknuti da je i na ovoj stanici nagli porast srednjih godišnjih temperatura zraka započeo 1988. godine.



Slika 8. Prikaz šest podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Zagreb-Griča (R. br. 14 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1862.-2008. određenih primjenom RAPS metode

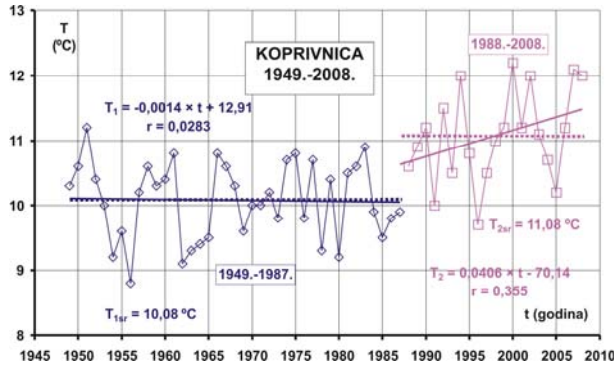
Na slici 9. prikazana su sljedeća četiri podniza srednjih godišnjih temperatura zraka Osijeka u razdoblju 1899.-2008. određenih primjenom RAPS metode: 1) 1899.-1942.; 2) 1943.-1952.; 3) 1953.-1987.; 4) 1988.-2008. Na slici su upisane i ucrtane vrijednosti prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka svakog podniza te su ucrtani pravci linearnog trenda s njihovim analitičkim izrazima i koeficijenti linearne korelacije za sva četiri podniza definirana u cijelom razdoblju 1899.-2008.



Slika 9. Prikaz četiriju podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Osijeka (R. br. 26 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1899.-2008. određenih primjenom RAPS metode

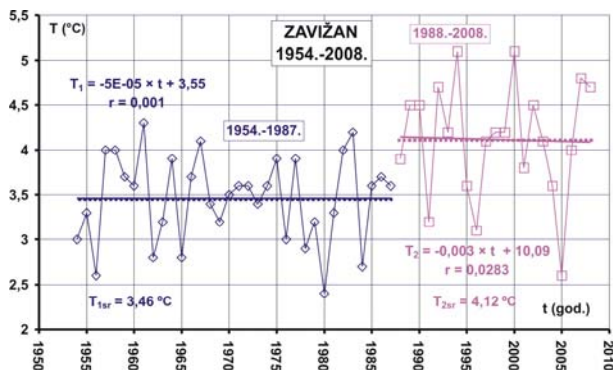
Uporabom F -testa i t -testa utvrđeno je da se prosječne vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka između susjednih podnizova međusobno statistički znatno razli-

kuju na razini ($p < 0,01$). I u slučaju Osijeka moguće je uočiti da je prosječna srednja godišnja temperatura zraka od $11,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ u podrazdoblju 1943.-1952. bila viša nego u posljednjem podrazdoblju 1988.-2008., čija je prosječna srednja godišnja temperatura iznosila $11,45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Treba naglasiti da je i na ovoj stanici nagli porast srednjih godišnjih temperatura zraka započeo 1988. g.



Slika 10. Prikaz dvaju podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Koprivnice (R. br. 21 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1949.-2008. određenih primjenom RAPS metode

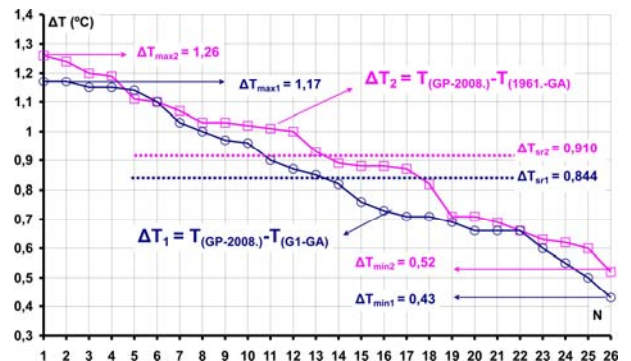
Na slici 10. prikazana su dva podniza srednjih godišnjih temperatura Koprivnice u razdoblju 1949.-2008. određena primjenom RAPS metode: 1) 1949.-1987.; 2) 1988.-2008. Na slici su upisane i ucrtane vrijednosti prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka, te pravci linearnih trendova s njihovim analitičkim izrazima i koeficijenti linearne korelacije obaju podnizova. Na ovoj stanici RAPS metoda pokazuje da postoje samo dva podrazdoblja te da nagli skok srednjih godišnjih temperatura zraka započinje 1988. godine.



Slika 11. Prikaz dvaju podnizova srednjih godišnjih temperatura zraka Zavižan (R. br. 9 na slici 1. i u tablici 1.) u razdoblju 1954.-2008. određenih primjenom RAPS metode

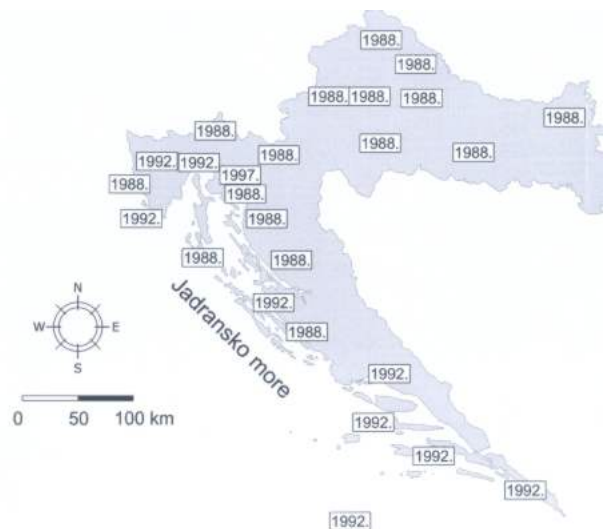
Na slici 11. prikazana su sljedeća dva podniza srednjih godišnjih temperatura Zavižana u razdoblju 1954.-2008. određena primjenom RAPS metode: 1) 1954.-1987.; 2) 1988.-2008. Na slici su upisane i ucrtane vrijednosti prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka, te pravci linearnih trendova s njihovim analitičkim izrazima i

koeficijenti linearne korelacije obaju podnizova. Na ovoj stanici RAPS metoda pokazuje da postoje samo dva podrazdoblja te da se nagli skok pojavio 1988. godine.



Slika 12. Dvije krivulje trajanja razlika ΔT_1 i ΔT_2 između prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka u dva podrazdoblja proračunane za svih 26 analiziranih stanica u Hrvatskoj (G1 – prva raspoloživa godina na stanici; GA – godina prije početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura na stanici; GP – godina početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura na stanici)

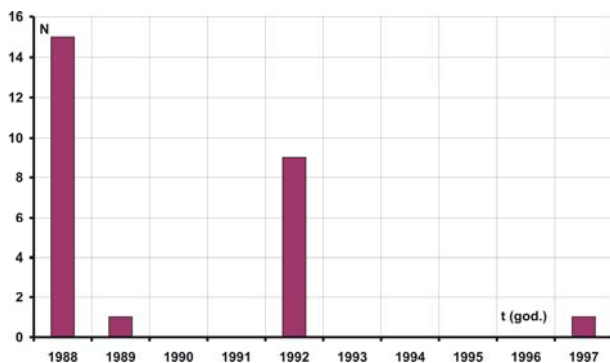
Na slici 12. ucrtane su dvije krivulje trajanja razlika $\Delta T_1 = (T_{(GP-2008.)} - T_{(G1-GA)})$ i $\Delta T_2 = (T_{(GP-2008.)} - T_{(1961.-GA)})$ između prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka u dva podrazdoblja na svih 26 analiziranih stanica (G1 – prva raspoloživa godina na stanici; GA – godina prije početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura na stanici; GP – godina početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura na stanici; 1961. prva godina u nizu za određivanje razlike ΔT_2 ; 2008. - posljednja godina analize u oba slučaja). Kako su duljine vremenskih nizova različite, a da bi se omogućila pouzdanija usporedba rezultata među stanicama na području Hrvatske, vrijednosti



Slika 13. Karta Hrvatske na kojoj je na svakoj od 26 analiziranih stanica označena godina početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka

ΔT_2 su proračunate kao razlike između prosječnih srednjih godišnjih temperatura zraka posljednjeg podrazdoblja od početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka do 2008. godine i prethodnog podrazdoblja koje započinje s 1961. godinom, a traje do godina prije početka naglog povišenja srednjih godišnjih temperatura zraka na stanici. Važno je uočiti da su rezultati za obje razlike slični. Prosječne vrijednosti svih 26 razlika iznose kako slijedi: 1) $\Delta T_{sr1} = 0,844$ °C (kreće se u rasponu od 0,430 do 1,17); 2) $\Delta T_{sr2} = 0,910$ °C (kreće se u rasponu od 0,520 do 1,25).

Slika 13. predstavlja kartu Hrvatske na kojoj su upisane godine početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka na svih 26 analiziranih stanica. Ista informacija navedena je u stupcu 7. tablice 2. Na osnovi pažljivog pregleda slike 13. moguće je zaključiti da je u priobalnom pojasu općenito došlo kasnije do naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka nego u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Na slici 14. je grafički prikaz odnosa broja N (čestina) i godina početka naglog povišenja srednjih godišnjih temperatura zraka na 26 analiziranih stanica u Hrvatskoj. Statistički značajne promjene, tj. nagli porasti srednjih godišnjih temperatura zraka započeli su 1988. godine na 15 ili 57,7 % analiziranih stanica te 1992. na 9 ili 34,6 % analiziranih stanica, dok je 1989. i 1997. nagli porast primijećen na po jednoj stanici.



Slika 14. Prikaz odnosa broja N (čestina) i godina početka naglog porasta srednjih godišnjih temperatura zraka na 26 analiziranih stanica u Hrvatskoj

U literaturi je moguće sve češće naići na slične zaključke o postojanju naglih statistički značajnih skokova u mjerenim nizovima temperatura zraka, ali i nekih drugih klimatskih parametara, krajem osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Dio je bio objašnjen u uvodnom izlaganju. Levi ([21]) naglašava da su brojni znanstvenici analizirajući vremenske nizove različitih klimatskih varijabli uočili postojanje naglih promjena koje su se pojavile sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća. Repapis i sur. [22] istraživali su nagovještavaju li nagli porasti temperature zraka opaženi u nacionalnom observa-

toriju u Ateni posljednjih godina globalne klimatske promjene ili se radi o pojavi naglog skoka vezanog s urbanim ili nekim drugim razlozima. Zaključili su da temperature zraka opažane u posljednjih desetak godina treba tretirati posebno oprezno te ih se ne treba dovoditi u izravnu vezu s eventualnim dugotrajnim trendom temperatura tijekom prošlog stoljeća. Čini se da na isti zaključak navode i rezultati obrada provedenih u ovome radu.

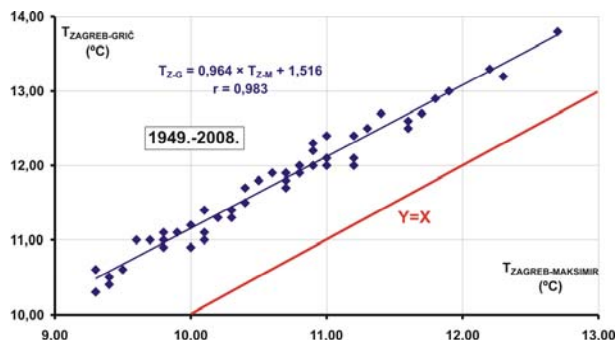
4 Utjecaj urbanizacije

Među 26 analiziranih stanica pet ih se nalazi u većim gradovima s otprilike 200.000 stanovnika ili više (Zagreb-Grič, Zagreb-Maksimir, Split, Rijeka i Osijek). Posljedice urbanizacije na porast temperatura zraka mogle bi se očekivati ne samo na ovih pet stanica, već možda i u nekim drugim manjim gradovima. Vrlo je vjerojatno da je porast srednje godišnje temperature zraka ustanovljen u ovome radu na nekim stanicama, posebno onima koje se nalaze u središtima gradova, dijelom uzrokovan i procesima urbanizacije. Međutim, da bi se taj učinak mogao točno kvantificirati, tj. za vršenje pouzdane analize te vrste potrebne su mnogobrojne i detaljne informacije (ne samo meteorološke naravi) i podaci kojima se ne raspolaže. Zbog toga takvu analizu nije u ovom trenutku moguće provesti.

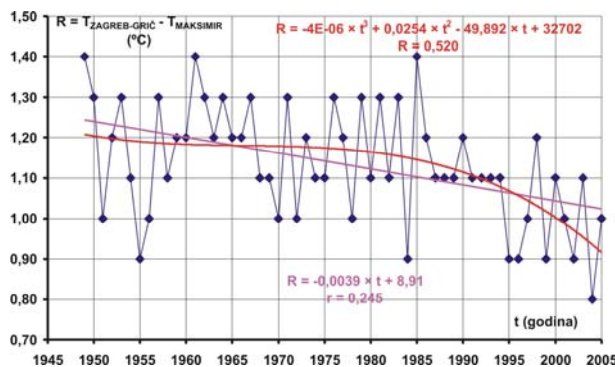
Za izučavanje efekta urbanizacije u okviru raspoloživih podataka u ovome radu ostala je jedina mogućnost usporedbe srednjih godišnjih temperatura zraka mjerenih istodobno na dvije stanice u gradu Zagrebu, koje su međusobno udaljene oko 4 km. Dok se stanica Zagreb-Grič nalazi u samom središtu grada, stanica Zagreb-Maksimir dugo je vremena (do prije dvadesetak godina) bila na rubu grada u slabo urbaniziranom području, tj. u klasičnom predgrađu. Danas je i ona sve gušće okružena urbanim sadržajima iako znatno manje od stanice Zagreb-Grič. U razdoblju kad su obje stanice bile istodobno aktivne, dakle od 1949. do 2008., prosječna srednja godišnja temperatura zraka izmjerena na stanici Zagreb-Grič iznosila je 11,84 °C, dok je na stanici Zagreb-Maksimir bila čak 1,13 °C niža te je iznosila 10,71 °C. Navedena je razlika od 1,13 °C statistički značajna na nivou ($p < 0,01$) te jasno svjedoči o utjecaju urbanizacije na srednje godišnje temperature na stanici Zagreb-Grič.

Na slici 15. prikazan je odnos srednjih godišnjih temperatura zraka izmjerenih na stanicama Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir u razdoblju 1949.-2008. Koeficijent linearne korelacije $r = 0,983$ vrlo je visok te time svjedoči o čvrstoj vezi srednjih godišnjih temperatura zraka mjerenih na obje stanice. Na slici 16. grafički su prikazane razlike srednjih godišnjih temperatura zraka izmjerene na stanicama Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir u razdoblju 1949.-2008. Razlike se kreću od najniže vrijednost

od 0,80 °C do najviše od 1,4 °C s prosječnom vrijednosti od 1,13 °C. Važno je uočiti da je počevši od 1987. godine započelo smanjivanje vrijednosti razlike R, što bi se moglo objasniti povećanim efektom urbanizacije na području stanice Zagreb-Maksimir.



Slika 15. Odnos srednjih godišnjih temperatura zraka izmjenjenih na stanicama Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir u razdoblju 1949.-2008. s ucrtanim i analitički definiranim pravcem regresije te koeficijentom linearne korelacije $r = 0,983$



Slika 16. Grafički prikaz razlika srednjih godišnjih temperatura zraka R izmjenjenih na stanicama Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir u razdoblju 1949.-2008.

5 Zaključci

Sve prethodno iznesene analize (kao i one koje zbog ograničenog opsega rada nisu navedene) nedvosmisleno navode na zaključak da na području Hrvatske postoji nagli porast srednjih godišnjih temperatura zraka u razdoblju poslije 1988. godine. Drugi značajan zaključak jest da su u podrazdoblju 1942.(1943.)-(1952.)1953. srednje godišnje temperature zraka bila visoke i vrlo slične (ponegdje i više) onima koje su se pojavile u posljednjih dvadesetak godina. Ako je ta tvrdnja točna te ako se analizom ostalih stanica u Hrvatskoj ona potvrdi, postaje upitna teza IPCC-a [1] o postupnom zagrijavanju tijekom cijelog 20. stoljeća, barem što se područja Hrvatske tiče.

Očito je da na osnovi analiza provedenih u okviru ovog rada nije moguće potvrditi zaključak IPCC [1] o prosječnom porastu globalne temperature zraka od $0,8 \pm 0,1$ °C počevši od 1900. godine. Čini se da se ne radi o postup-

nom porastu srednjih godišnjih temperatura zraka tijekom dvadesetog stoljeća, nego o naglom skoku srednjih temperatura zraka koji je započeo krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća. Razlike u prosječnim srednjim godišnjim temperaturama zraka na svih 26 analiziranih stanica od $\Delta T_{sr1} = 0,844$ °C i $\Delta T_{sr2} = 0,910$ °C u podrazdobljima prije i poslije naglog porasta treba pokušati objasniti ne samo antropogenim utjecajem na povećanje koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi, već i drugim lokalnim i regionalnim geofizičkim, ali i antropogenim utjecajima koji mogu biti različiti od stanice do stanice. Naglo povećanje srednjih godišnjih temperatura zraka na našim prostorima (ali i velikom dijelu cijelog planeta) trebalo bi na nov način zaokupiti znanstvenu pažnju. Cilj ovog rada jest upravo u tome da bude poticaj tom važnom procesu. U ovom trenutku ne zna se ni približno pouzdan odgovor na ovo izazovno i vrlo važno pitanje. Čini se da treba prihvatiti preporuku da se s posebnom pažnjom i na nov interdisciplinarni i holistički način počnu analizirati dugi nizovi svih klimatoloških podataka te da se na dublji (ne formalistički) način treba pristupiti analizama trendova [22].

U zaključcima treba naglasiti i činjenicu da je na dijelu analiziranih stanica podrazdoblje 1942.(1943.)-(1952.)1953. imalo slične (čak i više) prosječne srednje godišnje temperature zraka u usporedbi s onima opaženim u posljednjem podrazdoblju poslije naglog povišenja srednjih godišnjih temperatura zraka. Prethodno iznesena činjenica pokazuje da pri donošenju odluke o tome radi li se o promjeni klime ili samo njezinoj varijaciji značajnu ulogu imaju duljine analiziranih vremenskih nizova. Ono što u kraćim vremenskim nizovima izgleda da nosi svojstvo promjene u duljim nizovima se pokaže kao varijacija jer se u njima naide na podrazdoblja s još ekstremnijim karakteristikama. Nažalost, činjenica da dio ovog podrazdoblja pripada vremenu Drugog svjetskog rata i kraćem poslijeratnom razdoblju uzrokom je da nema dosta mjerenja te da su ona nepouzdana, što onemogućava pouzdanije elaboriranje teze o visokim srednjim godišnjim temperaturama zraka sredinom dvadesetog stoljeća istovjetnim onima s kraja istog stoljeća.

Analize provedene u ovome radu upućuju na potrebu detaljnijeg izučavanja fenomena zagrijavanja i na našim prostorima i šire. Čini se da nije vrijeme za donošenje konačnih zaključaka već za intenzivno, neometano i potanko znanstveno izučavanje ove krajnje složene i jednako tako značajne problematike za budućnost života na planetu. Za osiguravanje održivog razvoja od presudne je važnosti stvoriti uvjete za davanje pouzdanih znanstveno zasnovanih odgovora na pitanje radi li se o globalnom zagrijavanju izazvanom prvenstveno antropogenom emisijom stakleničkih plinova kako to tvrdi IPCC [1]

ili je riječ o uobičajenoj varijaciji klime kako tvrdi sve veći broj nezavisnih znanstvenika. Bez obzira na to koji je stvarni razlog povišenja temperatura u posljednjim

desetljećima ne smije se zanemariti čovjekova odgovornost za okoliš, a vezano s tim i neophodnost smanjivanja emisija stakleničkih plinova u atmosferu.

Zahvala

Ovim putem istinski i najtoplije se zahvaljujem mr. sc. Janji Milković iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske iz Zagreba na ustupljenim podacima na osnovi kojih je izrađen ovaj članak.

LITERATURA

- [1] IPCC: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, New York, 2007.
- [2] AGU: *AGU position statement on human impacts on climate*. EOS 84 (2003) 51, 374
- [3] Ma, X. Y.; Guo, Y. F.; Shi, G. Y.; Yu, Y. Q.: *Numerical simulation of global temperature change during the 20th century with the IAP/LASG GOALS model*. Advances in Atmospheric Sciences 21 (2004) 2, 227-235
- [4] Scafetta, N.; West, B. J.: *Is climate sensitive to solar variability?* Physics Today 61 (2008) 3, 50-51
- [5] Leroux, M.: *Global Warming – Myth or Reality? The Erring Ways of Climatology*. Springer-Verlag, Berlin and Praxis Publishing, Chichester, 2005.
- [6] Galvin, C.: *On AGU's position statement "Human impacts on climate"*. EOS 89 (2008) 46, 459
- [7] Pavia, E. G.; Graef, F.; Reyes, J.: *Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico*. International Journal of Climatology 29 (2009) 9: 1324-1329
- [8] Linderholm, H. W.; Walther, A.; Chen, D. L.: *Twentieth-century trends in the thermal growing season in the Greater Baltic Area*. Climatic Change 87 (2008) 3-4, 404-419
- [9] Bhutiyani, M. R.; Kale, V. S.; Pawar, N. J.: *Long-term trends in maximum, minimum and mean annual air temperatures across the Northwestern Himalaya during the twentieth century*. Climatic Change 85 (2007) 1-2, 159-177
- [10] Kothawale, D. R.; Kumar, K. R.: *On the recent changes in surface temperature trends over India*. Geophysical Research Letters 32 (2005) 18, L18714
- [11] Hisdal, H.; Stahl, K.; Tallaksen, L. M.; Demuth, S.: *Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent?* International Journal of Climatology 21 (2001) 3, 317-333
- [12] Kumar, P. V.; Bindi, M.; Crisci, A.; Maracchi, G.: *Detection of variations in air temperature at different time scales during the period 1889-1998 at Firenze, Italy*. Climatic Change 72 (2005) 1-2, 123-150
- [13] Jones, P. D.; Lister, D. H.; Li, Q.: *Urbanization effect in large-scale temperature records, with an emphasis on China*. Journal of Geophysical Research-atmospheres 113 (2008) (d16), D16122
- [14] Fujibe, F.: *Detection on urban warming in recent temperature trends in Japan*. International Journal of Climatology 29 (2008) 12, 1811-1822
- [15] Pepin, N. C.; Lundquist, J. D.: *Temperature trends at high elevations: Patterns across the globe*. Geophysical Research Letters 35 (2008) 14, L14701
- [16] Adeloye, A. J.; Montaseri, M.: *Preliminary streamflow data analyses prior to water resources planning study*. Hydrological Sciences Journal 47 (2002) 5, 679-692
- [17] Hameed, T.; Marino, M. A.; DeVries, J.; Tracy, J. C.: *Method for trend detection in climatological variables*. Journal of Hydrologic Engineering ASCE 2 (1997) 4, 154-160
- [18] McGhee, J. W.: *Introductory Statistics*. West Publishing Company, St Paul and New York, 1985.
- [19] Garbrecht, J.; Fernandez, G. P.: *Visualization of trends and fluctuations in climatic records*. Water Resources Bulletin 30 (1994) 2, 297-306
- [20] Bonacci, O.; Trninić, D.; Roje-Bonacci, T.: *Analysis of the water temperature regime of the Danube and its tributaries in Croatia*. Hydrological Processes 22 (2008) 7, 1014-1021
- [21] Levi, B. G.: *Trends in the hydrology of the western US bear the imprint of manmade climate change*. Physics Today 61 (2008) 4, 16-18
- [22] Repapis, C. C.; Philandras, C. M.; Kalabokas, P. D.; Zanis, P.; Zerefos, C. S.: *Is the last abrupt warming in the National Observatory of Athens record a climate change manifestation?* Global Nest Journal 9 (2007) 2, 107-116