

ANALIZA TEMPERATURE ZRAKA ZA ZAGREB GRIČ I SPLIT MARJAN - KONTEKST STANDARDNIH KLIMATSKIH NORMALA

dr. sc. Ognjen Bonacci, prof. emerit.
Sveučilište u Splitu,
Fakultet građevinarstva,
arhitekture i geodezije
Matice hrvatske 15, Split, Hrvatska,
obonacci@gradst.hr

U našim sredstvima javnog informiranja, osobito u udarnim televizijskim emisijama, čuje se vrlo često da je temperatura bila ili da će biti viša od prosječne, tj. iznadprosječno visoka. Pri tome se gotovo nikada ne kaže o kojem se prosjeku radi, tj. na koje se vremensko razdoblje ta usporedba odnosi. Isto tako se rijetko može čuti koliko je ta iznadprosječna temperatura viša od one prosječne. Pitanje je što je to klimatološki prosjek ili klimatološka normala. Svjetska meteorološka organizacija (WMO, *World Meteorological Organisation*) je tijekom dvadesetog stoljeća definirala standardna klimatska razdoblja trajanja 30 godina. Klimatološka normala predstavlja mjerilo koje služi za procjenu trenutanih klimatskih uvjeta u usporedbi s onim prethodnim(a). Komisija za klimatologiju WMO-a je preporučila da se standardna klimatska razdoblja pomiču svakih 10 godina umjesto 30 godina (<https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate>). Posljednje važeće standardno klimatsko razdoblje 1981. - 2010. je još uvijek na snazi. U pripremi je novo klimatski normalno (*New Climate Normal*) 30-godišnje razdoblje koje će obuhvatiti period od 1991. do 2020. Očekuje se da će ta promjena nastupiti od početka 2022. godine. U radu su se na podacima temperatura zraka izmjerenih na meteorološkim postajama Split Marjan i Zagreb Grič izučile razlike u zaključivanju o recentnim promjenama temperature zraka u drugoj dekadi trećeg milenija (2011. - 2020.). Analizirana su sljedeća četiri djelomično preklapajuća klimatološka standarda: 1961. - 1990.; 1971. - 2000.; 1981. - 2010. i 1991. - 2020. Analize obavljene u ovom radu ukazale su na neophodnost stalnog mijenjanja/ažuriranja klimatološkog standarda za procjene varijacija recentnih temperatura zraka. S obzirom na nagli porast temperature zraka u zadnjem klimatološkom standardu (1991. - 2020.) to razdoblje treba biti korišteno za usporedbu i procjenu recentnih temperaturnih prilika, ali i drugih klimatskih parametara.

Ključne riječi: temperatura zraka, klimatološki standard, Split Marjan, Zagreb Grič

1. UVOD

Globalno zagrijavanje predstavlja postepeni porast temperature zraka na Zemlji. Smatra se da je uglavnom uzrokovano efektom staklenika, kao posljedice antropogenim djelatnostima povećane koncentracije ugljičnog dioksida, klorofluorouglikovodika i drugih polutanta u atmosferi. Znanstvenici smatraju da je taj proces započeo krajem 19. stoljeća kao posljedica pojačanih ljudskih aktivnosti (intenzivna industrijalizacija i urbanizacija) koje su utjecale na promjenu klime na Zemlji. Abram i sur. (2016.) su utvrdili da je taj proces započeo nešto ranije, oko tridesetih godina 19. stoljeća. Njihova istraživanja su ukazala na problem da su instrumentalna mjerenja i zapisi na rijetkim lokacijama na planetu započeli tek sredinom 19. stoljeća. Započeli su prekasno i ima ih nedovoljno da bi obuhvatili cijelo 19. stoljeće. Zbog toga ne postoje pouzdani dokazi na osnovi kojih bi bilo moguće donijeti vjerodostojne zaključke o početku procesa globalnog zagrijavanja kao posljedice antropogenih aktivnosti.

Globalno je zagrijavanje prestalo biti isključivo znanstveni (klimatološki i/ili geofizički) problem već je duboko uplovilo u društveno-političku i ekonomsku sferu interesa (npr. Demeritt, 2001.; Weston, 2015.; Webber, 2019.; Miller, 2020.; Baggio, 2021.; Lee i Stecula, 2021. itd.). Argumenti i zaključci čiste geofizičke znanosti o ovoj problematici postali su dio šireg konteksta. U njemu su politička i ekonomska stanovišta u sredstvima javnog informiranja i na političkim skupovima na najvišoj razini počele igrati dominantnu ulogu. Geofizički pristup zbog toga je dobio dodatnu težinu i time odgovornost da znanstveno zasnovano još preciznije objasni ovaj planetarni problem i da što je moguće pouzdanije kvantificira njegov razvoj u vremenu i prostoru.

Dobrim dijelom se ta odgovornost odnosi na potrebu objašnjavanja i detaljnog kvantificiranja pojma iznadprosječne temperature zraka. Riječ je o jednom od vrlo često spominjanih pojmova tijekom svakodnevnih višekratnih davanja prognoze vremena u našim sredstvima javnog informiranja. Ako je neka temperatura iznadprosječna, bitno je raspolagati informacijom na koje se razdoblje prosjek odnosi te koliko je ta iznadprosječna vrijednost viša od one prosječne. Kod temperatura zraka dodatno je neophodno znati da li se radi o minimalnim, srednjim ili maksimalnim dnevnim, mjesečnim ili godišnjim temperaturama te na koju se lokaciju ili regiju ta vrijednost odnosi. Te ključne informacije, javnosti koja se obavještava da je neka temperatura iznadprosječna, uglavnom se ne saopćavaju. Pri tome treba istaknuti da vrlo često nije jasno o kojoj se iznadprosječnoj temperaturi radi: minimalnoj, srednjoj ili maksimalnoj dnevnoj, mjesečnoj, godišnjoj, itd.

Svakome tko sluša dežurnu prognostičarku ili prognostičara koji navode da je temperatura zraka danas bila ili će sutra biti iznad prosjeka trebalo bi biti poznato što je to klimatološki prosjek ili klimatološka normala. Veliko je pitanje: „Što je to klimatološka normala, na planetu na kojem se klima ubrzano mijenja i to ne samo

u posljednjih stotinjak godina nego kroz cijelu njenu povijest dugu više od 4 milijardi godina?“

Pojam srednjeg klimatološkog parametra preuzet iz Klimatskog atlasa Hrvatske (Zaninović i sur., 2008.) glasi: „Srednje vrijednosti klimatskih parametara, klimatske normale, daju uvid u klimatske osobitosti područja. Usporedbom klimatskih parametara za različita 30-godišnja razdoblja može se steći uvid u stabilnost klimatskih prilika nekog područja ili njihova promjenjivost može biti indicacija klimatskih promjena.“ (https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_2).

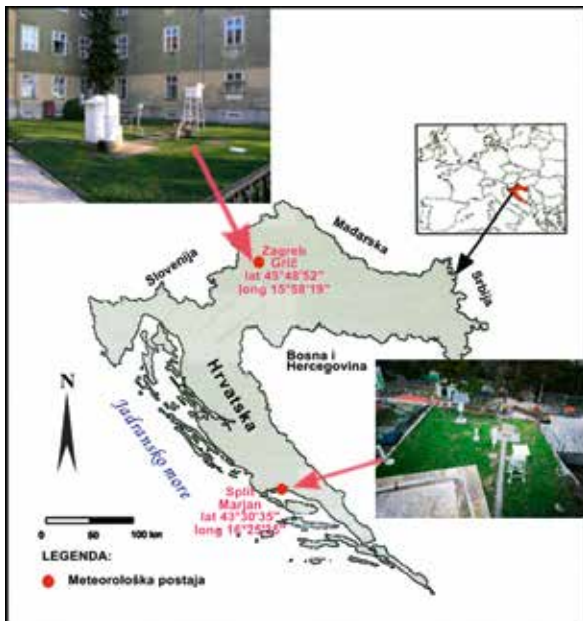
Klimatske se karakteristike ne mijenjaju monotono već fluktuiraju. WMO je tijekom dvadesetog stoljeća definirala standardna klimatska razdoblja trajanja 30 godina kao npr.: 1901. – 1930.; 1931. – 1960.; 1961. – 1990. itd. Razdoblje od trideset godina nije izabrano iz nekog geofizički utemeljenog razloga već stoga jer se u statistici smatra da niz od 30 godina omogućava dovoljno pouzdano definiranje prosječne vrijednosti analiziranog klimatološkog (ili bilo kojeg drugog) parametra. Tridesetogodišnje razdoblje predstavlja mjerilo koje služi za procjenu recentnih klimatskih uvjeta u usporedbi s onim prethodnim. Na osnovi te usporedbe moguće je procijeniti koliko se stvarno analizirani parametar razlikuje od onog iz prethodne standardne klimatološke normalne.

Kao posljedica činjenice da je osamdesetih godina prošlog stoljeća došlo do naglog trenda porasta temperature zraka (npr. Jenkins, 2008.; Levi, 2008.; Bonacci, 2012.; Bonacci, 2019.; Danandeh Mehr i sur., 2021. itd.). Komisija za klimatologiju WMO-a je preporučila da se standardna klimatološka razdoblja pomiču svakih 10 godina umjesto 30 godina.

Intenziviranje porasta temperature zraka u posljednjim dekadama definitivno nameće potrebu napuštanja starog standardnog klimatološkog razdoblja (1961. – 1990.) i korištenje novog (1991. – 2020.) za potrebe usporedbe recentnih promjena s najnovijim razdobljem. To je nužno učiniti za pouzdanije procjenjivanje razvoja klime i razumijevanje prije svega procesa porasta temperatura zraka. Neophodno je javnosti objasniti pojam iznadprosječne vrijednosti temperature zraka.

Recentne ubrzane klimatske promjene nameće potrebu regularnog ažuriranja standarda. To predstavlja važnu pretpostavku za praćenje, razumijevanje aktualnih klimatskih varijacija kao i za nalaženje učinkovitih odgovora na opasnosti koje one mogu uzrokovati. Pri tome javnosti, ali i struci, temperatura zraka predstavlja najinteresantniji klimatski parametar.

Cilj ovog rada je da na primjeru dvije meteorološke postaje u Hrvatskoj ukaže na razlike u zaključivanju o recentnim promjenama temperature zraka u drugoj dekadi 21. stoljeća (2011. – 2020.) u slučaju kad se za usporedbu koriste sljedeće standardne klimatske normale: 1961. – 1990.; 1971. – 2000.; 1981. – 2010.; 1991. – 2020. Na taj se način pokušava ukazati da je za recentnih deset godina (2011. – 2020.), kao i za



Slika 1: Karta Hrvatske s ucrtanim položajima i fotografijama meteoroloških postaja Split Marjan i Zagreb Grič

buđuce razdoblje, neophodno analize vršiti s podacima iz posljednjeg razdoblja 1991. – 2020. Ujedno će rezultati ovog rada pomoći boljem razumijevanju promjene klime na analiziranim lokacijama.

2. MATERIJALI I METODE

U ovom će radu biti analizirane vrijednosti minimalnih, srednjih i maksimalnih godišnjih i srednjih mjesečnih temperatura zraka izmjerene na postajama Split Marjan i Zagreb Grič (Slika 1). Radi se o dvije postaje koje su međusobno zračnom linijom udaljene 259 km i na kojima vladaju različite klimatske prilike. Prema Köppen-Geiger klasifikaciji klime, Zagreb Grič je smješten u Cfb klasu (umjereno topla i vlažna kontinentalna klima s vrućim ljetima), dok je Split Marjan u Csa klasi (mediteranska klima s vrućim i suhim ljetima) (Šegota i Filipčić, 2003.). Obje postaje su smještene na vrhovima brežuljka, Zagreb Grič na nadmorskoj visini 157 m n.v., a Split Marjan na

122 m n.v.. Iako se analizirane postaje nalaze u brzo razvijajućim gradovima, njihove mikrolokacije ublažavaju učinak urbanog toplinskog otoka. To se osobito odnosi na lokaciju postaje Split Marjan.

U radu su analizirani podaci minimalnih, srednjih i maksimalnih godišnjih temperatura zraka te srednjih mjesečnih temperatura zraka izmjerenih na dvije navedene postaje u razdoblju 1961. – 2020.

Za potrebe analize vremenskih nizova korištena je metoda linearne regresije čija jednadžba glasi:

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

pri čemu, T , označava srednju temperaturu zraka u određenom vremenskom intervalu (mjesec i/ili godina) u godini, t , dok su, a , b , koeficijenti linearne regresije. Koeficijent a , predstavlja nagib pravca regresije čija je dimenzija izražena u °C/god. On je pokazatelj trenda porasta ili opadanja analiziranog parametra vremenskog niza. Za sve vremenske nizove izračunati su kvadrati linearnih koeficijenata korelacije, r^2 .

Korišteni su i F-test te t-test (Pavlič, 1962.; McGhee, 1985.) za računanje statističke značajnosti razlika varijanci (F-test) i srednjih vrijednosti (t-test) temperatura zraka nizova četiri sljedeća tridesetogodišnja razdoblja: (1) 1961. – 1990.; (2) 1971. – 2000.; (3) 1981. – 2010.; (4) 1991. – 2020. Kao kriteriji za prihvaćanje alternativne hipoteze, tj. postojanja statistički značajne razlike, korištena je veličina vjerojatnosti, $p < 0,05$, ali i, $p < 0,10$.

3. ANALIZA GODIŠNJIH INDIKATORA TEMPERATURE

U Tablici 1 navedene su vrijednosti prosječnih minimalnih, $T_{min,pr}$, srednjih, $T_{sr,pr}$ i maksimalnih, $T_{max,pr}$, godišnjih temperatura zraka u četiri analizirane klimatološke normale s označenim vjerojatnostima parametra, p , t-testa između uzastopnih 30-godišnjih razdoblja na obje analizirane meteorološke postaje. Prosječne vrijednosti minimalnih godišnjih temperatura na postaji Split Marjan bile su najniže u razdoblju 1961.

Tablica 1: Matrica prosječnih minimalnih, $T_{min,pr}$, srednjih, $T_{sr,pr}$ i maksimalnih, $T_{max,pr}$ godišnjih temperatura zraka u četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja s označenim vjerojatnostima t-testa, p , između uzastopnih razdoblja

postaja	razdoblje	$T_{min,pr}$ (°C)	p t-test	$T_{sr,pr}$ (°C)	p t-test	$T_{max,pr}$ (°C)	p t-test
SPLIT MARJAN	1961.-1990.	-2,80		15,92		35,17	
	1971.-2000.	-2,20	0,3587	16,05	0,3008	35,19	0,9592
	1981.-2010.	-2,63	0,4581	16,40	0,0163	35,65	0,2398
	1991.-2020.	-2,79	0,7778	16,86	0,0037	36,06	0,2458
ZAGREB GRIČ	1961.-1990.	-10,15		11,45		32,99	
	1971.-2000.	-9,33	0,3093	11,79	0,0568	33,30	0,4509
	1981.-2010.	-9,69	0,6357	12,26	0,0269	34,33	0,0111
	1991.-2020.	-8,98	0,3679	12,92	0,0031	35,18	0,0522

Crveno podebljano označava da se uzastopni prosjeci statistički značajna razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,05$

Modro podebljano označava da se uzastopni prosjeci statistički značajna razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,10$

- 1990. (-2,80 °C) i gotovo identične kao u razdoblju 1991. - 2020. kada su iznosile 2,79 °C. Najviša prosječna vrijednost od -2,79 °C dosegnuta je u razdoblju 1971. - 2000., koja je potom u sljedećem razdoblju (1981. - 2010.) pala na -2,63 °C. Slično iako ne i identično ponašanje prosječnih minimalnih godišnjih temperatura zraka uočeno je i na postaji Zagreb Grič (Penzar i sur., 1992.; Pandžić i sur., 2009.). U razdoblju 1971. - 2000. prosječna vrijednost je u odnosu na prethodno razdoblje (1961. - 1990.) opala za 0,36 °C., ali je u posljednjem razdoblju (1991. - 2020.) ponovo porasla za 0,71 °C. U svim ostalim analiziranim slučajevima na obje postaje uočava se postepen porast prosječnih vrijednosti tijekom vremena.

Korištenjem t-testa bilo je moguće utvrditi da li se i kada prosječne vrijednosti karakterističnih temperatura u uzastopnim 30-godišnjim klimatski normalnim razdobljima međusobno statistički značajno razlikuju. Crveno podebljano označeno je da se uzastopni prosjeci statistički značajno razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,05$. Modro podebljano označeno je da se uzastopni prosjeci statistički značajno razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,10$. Kod nizova minimalnih godišnjih temperatura nije opažena statistički značajna razlika ni u jednom od analiziranih slučajeva na obje postaje. Kod nizova srednjih godišnjih temperatura uglavnom su uočene statistički značajne razlike između uzastopnih klimatskih razdoblja na obje postaje. Iznimka se javlja na postaji Split Marjan između prvog (1961. - 1990.) i drugog (1971. - 2000.) razdoblja kada ne postoji statistički značajna razlika. Kod nizova maksimalnih godišnjih temperatura statistički značajni porasti opaženi su samo na postaji Zagreb Grič i to samo između drugog (1971. - 2000.) i trećeg razdoblja (1981. - 2010.) te trećeg (1981. - 2010.) i četvrtog (1991. - 2020.) razdoblja.

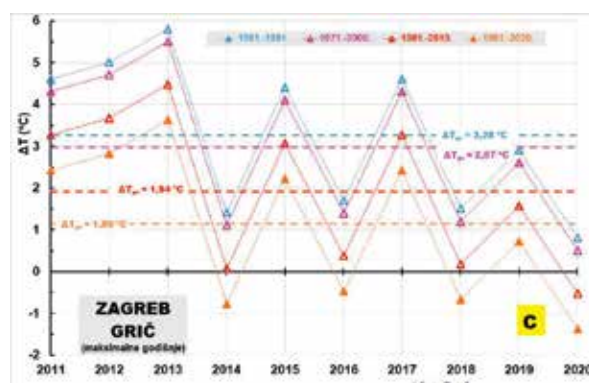
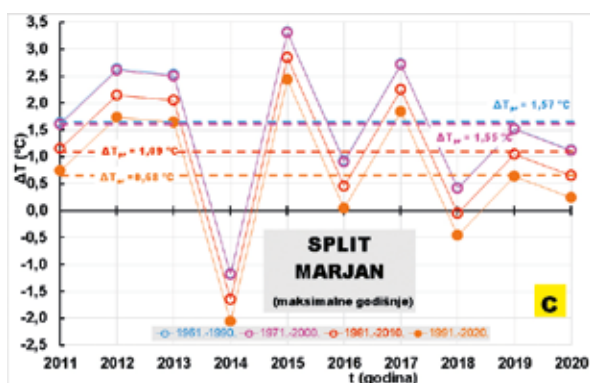
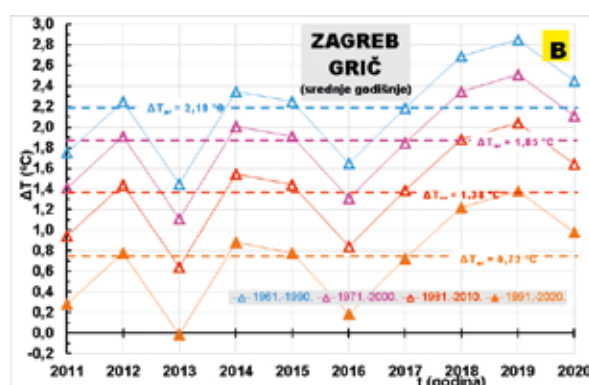
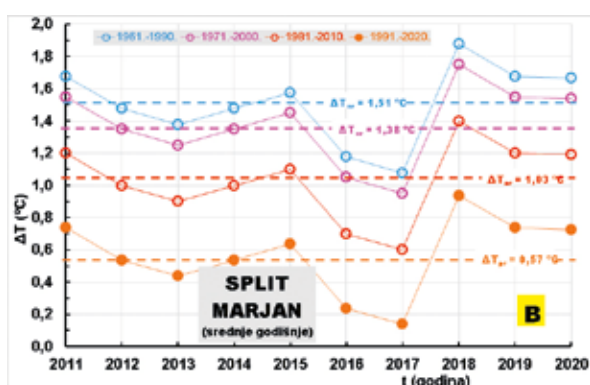
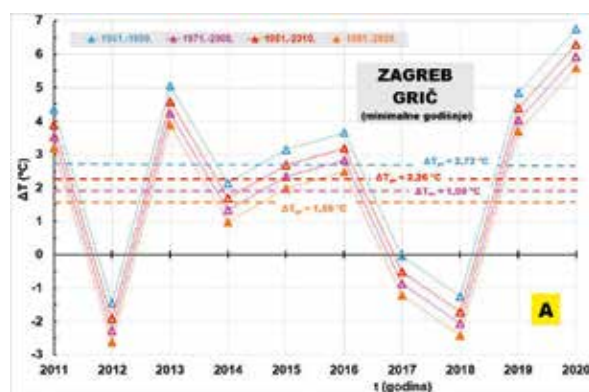
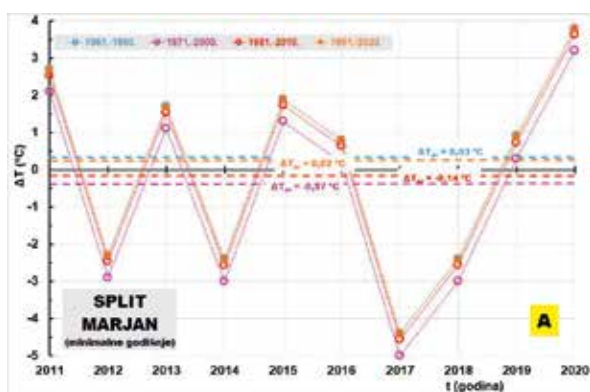
U **Tablici 2** upisane su vrijednosti koeficijenta linearne regresije, a , i kvadrata koeficijenta linearne korelacije, r^2 , za četiri analizirana 30-godišnja razdoblja

za nizove minimalnih, srednjih i maksimalnih godišnjih temperatura zraka na postajama Split Marjan i Zagreb Grič. U slučaju nizova minimalnih godišnjih temperatura na obje analizirane postaje u prvom (1961. - 1990.) i četvrtom (1991. - 2020.) razdoblju trend je bio u blagom porastu, dok je u drugom (1971. - 2000.) i trećem (1981. - 2010.) bio u blagom opadanju. Kod niza srednjih godišnjih temperatura zraka na postaji Split Marjan u prvom razdoblju (1961. - 1990.) opažen je blagi trend opadanja, dok se u ostala tri analizirana razdoblja uočava snažan trend porasta. Ponašanje nizova srednjih godišnjih temperatura na postaji Zagreb Grič slično je onome na postaji Split Marjan. Jedina je razlika u tome što u prvom razdoblju (1961. - 1990.) trend porasta nije bio blago silazni nego blago uzlazni. Kod nizova maksimalnih godišnjih temperatura opaženih na postaji Split Marjan u prvom razdoblju trend opadanja je blag, a u ostala tri razdoblja uočeni su trendovi porasta. Daleko najveći porast opažen je u četvrtom razdoblju (1991. - 2020.). Na postaji Zagreb Grič u sva četiri analizirana razdoblja trendovi su uzlazni s tim da je onaj u prvom razdoblju (1961. - 1990.) daleko manji od trendova porasta u tri preostala razdoblja. Opći je zaključak da su trendovi porasta za sve tri analizirane karakteristične temperature na obje postaje daleko najveći u posljednjem razdoblju (1991. - 2020.). Ujedno treba napomenuti da su procesi porasta znatno intenzivniji na postaji Zagreb Grič nego na postaji Split Marjan.

Moguće objašnjenje ovakvog ponašanja karakterističnih godišnjih temperatura na dvije analizirane postaje u raznim uzastopnim 30-godišnjim klimatski normalnim razdobljima može se potražiti kao prvo u činjenici globalnog zagrijavanja koje kontinuirano utječe na porast srednjih godišnjih temperatura. Međutim, ono se različito odražava na nizove minimalnih temperatura zraka. Na postaju Split Marjan vrlo vjerojatno značajan utjecaj na ponašanje minimalnih temperatura zraka vrše temperature površine mora (Bonacci i sur., 2021.)

Tablica 2: Vrijednosti koeficijenta linearne regresije, a , i kvadrata koeficijenta linearne korelacije, r^2 , za četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja

karakteristična temperatura	razdoblje	a (°C/god)		r ²	
		SPLIT MARJAN	ZAGREB GRIČ	SPLIT MARJAN	ZAGREB GRIČ
godišnji minimumi	1961.-1990.	0,110	0,108	0,140	0,082
	1971.-2000.	-0,034	-0,044	0,016	0,019
	1981.-2010.	-0,006	-0,012	0,001	0,001
	1991.-2020.	0,004	0,106	0,0002	0,095
godišnji srednjaci	1961.-1990.	-0,003	0,013	0,005	0,040
	1971.-2000.	0,033	0,048	0,289	0,293
	1981.-2010.	0,040	0,056	0,371	0,359
	1991.-2020.	0,049	0,065	0,482	0,456
godišnji maksimumi	1961.-1990.	-0,007	0,013	0,002	0,006
	1971.-2000.	0,015	0,075	0,007	0,188
	1981.-2010.	0,031	0,068	0,041	0,159
	1991.-2020.	0,066	0,089	0,175	0,192



Slika 2: Grafički prikazi niza godišnjih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Split Marjan: 2A (za minimalne godišnje temperature), 2B (za srednje godišnje temperature), 2C (za maksimalne godišnje temperature) u četiri 30-godišnja razdoblja tijekom svake pojedine godine u recentnom periodu 2011. - 2020.

Slika 3: Grafički prikazi niza godišnjih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Zagreb Grič: 3A (za minimalne godišnje temperature), 3B (za srednje godišnje temperature), 3C (za maksimalne godišnje temperature) u četiri 30-godišnja razdoblja tijekom svake pojedine godine u recentnom periodu 2011. - 2020.

i vjetrovi, dok na porast na postaji Zagreb Grič bitan utjecaj (osobito u posljednjem razdoblju 1991. - 2020.) vrši učinak urbanog toplinskog otoka (Bonacci i sur., 2018.), tj. masovni porast grijanja tijekom zimskog razdoblja. Kod nizova maksimalnih temperatura zraka temperatura površine mora ublažava porast temperatura zraka na postaji Split Marjan dok na postaji Zagreb Grič učinak urbanog toplinskog otoka, a osobito masovno korištenje klima uređaja tijekom najtoplijih ljetnih razdoblja utječu na statistički značajno povišenje temperature zraka.

Nastavno će se za svaku pojedinu godinu u posljednjih 10 godina (2011. - 2020.) analizirati koliko se njena godišnja karakteristična (minimalna, srednja i maksimalna) vrijednost temperature, T , razlikovala od odgovarajuće prosječne vrijednosti, T_{pr} , u četiri analizirana

30-godišnja razdoblja. Grafički prikazi razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Split Marjan ucrtani su na slikama 2A (za minimalne godišnje temperature), 2B (za srednje godišnje temperature), 2C (za maksimalne godišnje temperature). Grafički prikazi razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Zagreb Grič ucrtani su na slikama 3A (za minimalne godišnje temperature), 3B (za srednje godišnje temperature), 3C (za maksimalne godišnje temperature).

Sa slike 2A moguće je uočiti da se razlike, ΔT , kod minimalnih godišnjih temperatura na postaji Split Marjan značajno ne razlikuju zavisno o kojem se 30-godišnjem klimatski normalom razdoblju radi. Situacija je bitno različita kad se razmatraju razlike, ΔT , za nizove srednjih godišnjih temperatura. Za posljednje 30-godišnje razdoblje (1991. - 2020.) prosječna 10-godišnja

vrijednost ($\Delta T_{pr} = 0,57 \text{ }^\circ\text{C}$) 2,6 puta je manja od one za prvo 30-godišnje razdoblje (1961. - 1990.) ($\Delta T_{pr} = 1,51 \text{ }^\circ\text{C}$). Prikaz na ovoj slici jasno ukazuje na potrebu mijenjanja 30-godišnjih klimatski normalnih razdoblja s ciljem donošenja realnih zaključaka o promjenama klime, tj. u konkretnom slučaju, o promjenama prosječnih vrijednosti temperatura zraka. Slučaj nizova razlika, ΔT , maksimalnih godišnjih temperatura zraka opaženih na postaji Split Marjan ukazuje na slično ponašanje kao i kod srednjih godišnjih temperatura zraka s tim da su ovdje razlike među četiri 30-godišnja razdoblja znatno manja nego u slučaju srednjih godišnjih temperatura zraka.

Slične, iako ne i identične zaključke može se donijeti na osnovi analiza [slika 3A](#), [3B](#) i [3C](#) za karakteristične temperature opažene na postaji Zagreb Grič. Zanimljivo je uočiti da niz godišnjih razlika, ΔT , za maksimalne godišnje temperature Zagreb Griča imaju trend opadanja ([slika 3C](#)) dok za sve ostale analizirane slučajeve uglavnom variraju oko prosječne vrijednost.

[Tablica 3](#) sadrži prosječne vrijednosti minimalnih godišnjih temperatura zraka, $T_{min,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju

posljednjih deset godina (2011.-2020.) u pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja razdoblja. U [Tablici 4](#) se nalaze prosječne vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka, $T_{sr,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju posljednjih deset godina (2011.-2020.) u pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja razdoblja, dok su u [Tablicu 5](#) unesene prosječne vrijednosti maksimalnih godišnjih temperatura zraka, $T_{max,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju posljednjih deset godina (2011.-2020.) u pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja razdoblja. U zgradama su upisane godine kad se pojavila pojedina razlika tijekom posljednjih deset godina. Razlike, ΔT_{pr} , za sve tri karakteristične godišnje temperature (minimalne, srednje i maksimalne) na postaji Zagreb Grič veće su nego na postaji Split Marjan. To je vjerojatno posljedica utjecaja ublažavajućeg djelovanja temperature mora na lokaciji postaje Split Marjan i učinka urbanog toplinskog otoka na lokaciji postaje Zagreb Grič.

Tablica 3: Matrica prosječnih vrijednosti minimalnih godišnjih temperatura zraka, $T_{min,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju od posljednjih deset godina (2011.-2020.) i pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja

razdoblje	SPLIT MARJAN				ZAGREB GRIČ			
	$T_{min,pr}$	$\Delta T_{1,min}$	$\Delta T_{2,min}$	$\Delta T_{3,min}$	$T_{min,pr}$	$\Delta T_{1,min}$	$\Delta T_{2,min}$	$\Delta T_{3,min}$
1961.-1990.	-2,80	-4,40 (2017.)	0,03	3,80 (2020.)	-10,15	-1,45 (2012.)	2,72	6,75 (2020.)
1971.-2000.	-2,20	-5,00 (2017.)	-0,57	3,20 (2020.)	-9,33	-2,27 (2012.)	1,90	5,93 (2020.)
1981.-2010.	-2,63	-4,57 (2017.)	-0,14	3,63 (2020.)	-9,69	-1,91 (2012.)	2,26	6,42 (2020.)
1991.-2020.	-2,79	-4,41 (2027.)	0,02	3,79 (2020.)	-8,98	-2,62 (2012.)	1,55	5,58 (2020.)

$$\Delta T_{1,min} = T_{min,max} - T_{min,pr}; \Delta T_{2,min} = T_{min,pr(2011.-2020.)} - T_{min,pr}; \Delta T_{3,min} = T_{min,min} - T_{min,pr}$$

Tablica 4: Matrica prosječnih vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka, $T_{sr,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju od posljednjih deset godina (2011.-2020.) i pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja

razdoblje	SPLIT MARJAN				ZAGREB GRIČ			
	$T_{sr,pr}$	$\Delta T_{1,sr}$	$\Delta T_{2,sr}$	$\Delta T_{3,sr}$	$T_{sr,pr}$	$\Delta T_{1,sr}$	$\Delta T_{2,sr}$	$\Delta T_{3,sr}$
1961.-1990.	15,92	1,08 (2017.)	1,51	1,88 (2018.)	11,45	1,45 (2013.)	2,19	2,85 (2019.)
1971.-2000.	16,05	0,95 (2017.)	1,38	1,75 (2018.)	11,79	1,11 (2013.)	1,85	2,51 (2019.)
1981.-2010.	16,40	0,60 (2017.)	1,03	1,40 (2018.)	12,26	0,64 (2013.)	1,38	2,04 (2019.)
1991.-2020.	16,86	0,14 (2017.)	0,57	0,94 (2018.)	12,92	-0,02 (2013.)	0,72	1,38 (2019.)

$$\Delta T_{1,sr} = T_{sr,max} - T_{sr,pr}; \Delta T_{2,sr} = T_{sr,pr(2011.-2020.)} - T_{sr,pr}; \Delta T_{3,sr} = T_{sr,min} - T_{sr,pr}$$

Tablica 5: Matrica prosječnih vrijednosti maksimalnih godišnjih temperatura zraka, $T_{max,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju od posljednjih deset godina (2011.-2020.) i pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja

razdoblje	SPLIT MARJAN				ZAGREB GRIČ			
	$T_{max,pr}$	$\Delta T_{1,max}$	$\Delta T_{2,max}$	$\Delta T_{3,max}$	$T_{max,pr}$	$\Delta T_{1,max}$	$\Delta T_{2,max}$	$\Delta T_{3,max}$
1961.-1990.	35,17	-1,17 (2014.)	1,57	3,33 (2015.)	32,99	0,81 (2020.)	3,28	5,81 (2013.)
1971.-2000.	35,19	-1,19 (2014.)	1,55	3,31 (2015.)	33,30	0,50 (2020.)	2,97	5,50 (2013.)
1981.-2010.	35,65	-1,65 (2014.)	1,09	2,85 (2015.)	34,33	-0,53 (2020.)	1,94	4,47 (2013.)
1991.-2020.	36,06	-2,06 (2014.)	0,68	2,44 (2015.)	35,18	-1,38 (2020.)	1,09	3,62 (2013.)

$$\Delta T_{1,max} = T_{max,max} - T_{max,pr}; \Delta T_{2,max} = T_{max,pr(2011.-2020.)} - T_{max,pr}; \Delta T_{3,max} = T_{max,min} - T_{max,pr}$$

Tablica 6: Matrica prosječnih srednjih, $T_{sr,pr}$ mjesečnih temperatura zraka u četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja s označenim vjerojatnostima t-testa, p , između uzastopnih razdoblja

mjesec	razdoblje	SPLIT MARJAN		ZAGREB GRIČ	
		$T_{sr,pr}$ (°C)	p t-test	$T_{sr,pr}$ (°C)	p t-test
siječanj	1961.-1990.	7,61	0,292	0,47	0,102
	1971.-2000.	8,01	0,940	1,48	0,689
	1981.-2010.	8,04		1,72	
	1991.-2020.	8,24	0,587	2,49	0,208
veljača	1961.-1990.	8,23	0,749	3,07	0,459
	1971.-2000.	8,36	0,608	3,60	0,932
	1981.-2010.	8,14		3,66	
	1991.-2020.	8,67	0,276	4,33	0,371
ožujak	1961.-1990.	10,47	0,723	7,26	0,376
	1971.-2000.	10,63	0,678	7,81	0,703
	1981.-2010.	10,82		8,04	
	1991.-2020.	11,31	0,219	8,63	0,276
travanj	1961.-1990.	13,92	0,518	11,84	0,965
	1971.-2000.	13,72	0,039	11,86	0,075
	1981.-2010.	14,36		12,56	
	1991.-2020.	14,93	0,107	13,31	0,071
svibanj	1961.-1990.	18,66	0,578	16,26	0,299
	1971.-2000.	18,88	0,161	16,66	0,106
	1981.-2010.	19,48		17,32	
	1991.-2020.	19,68	0,631	17,53	0,600
lipanj	1961.-1990.	22,47	0,296	19,35	0,360
	1971.-2000.	22,77	0,077	19,62	0,084
	1981.-2010.	23,39		20,24	
	1991.-2020.	24,18	0,036	21,28	0,007
srpanj	1961.-1990.	25,44	0,365	21,33	0,232
	1971.-2000.	25,70	0,020	21,71	0,025
	1981.-2010.	26,41		22,44	
	1991.-2020.	26,84	0,164	23,12	0,034
kolovoz	1961.-1990.	24,93	0,216	20,56	0,059
	1971.-2000.	25,40	0,129	21,25	0,135
	1981.-2010.	25,99		21,88	
	1991.-2020.	26,76	0,049	22,79	0,046

mjesec	razdoblje	SPLIT MARJAN		ZAGREB GRIČ	
		$T_{sr,pr}$ (°C)	p t-test	$T_{sr,pr}$ (°C)	p t-test
rujan	1961.-1990.	21,38	0,642	17,01	0,921
	1971.-2000.	21,19	0,606	17,05	0,568
	1981.-2010.	21,40		17,29	
	1991.-2020.	21,65	0,521	17,61	0,453
listopad	1961.-1990.	16,92	0,799	11,86	0,695
	1971.-2000.	16,83	0,159	11,72	0,057
	1981.-2010.	17,27		12,39	
	1991.-2020.	17,44	0,561	12,69	0,431
studeni	1961.-1990.	12,32	0,426	6,41	0,615
	1971.-2000.	12,04	0,338	6,15	0,158
	1981.-2010.	12,40		6,91	
	1991.-2020.	13,13	0,066	7,84	0,110
prosinac	1961.-1990.	8,89	0,514	1,96	0,248
	1971.-2000.	9,08	0,959	2,54	0,821
	1981.-2010.	9,10		2,65	
	1991.-2020.	9,46	0,302	3,03	0,434

Crveno podebljano označava da se uzastopni prosjeci statistički značajna razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,05$

Modro podebljano označava da se uzastopni prosjeci statistički značajna razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,10$

4. ANALIZA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA

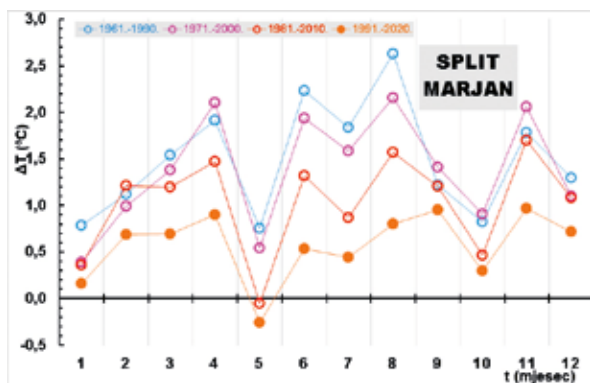
U okviru ovog poglavlja analizirat će se nizovi srednjih mjesečnih temperatura zraka opaženi u postajama Split Marjan i Zagreb Grič. Analizirajući ponašanja nizova srednjih temperatura zraka u kraćim vremenskim razdobljima (sezona, mjesec, dekada, itd.) unutar godine moguće je utvrditi eventualno različite zakonitosti ponašanja tijekom pojedinih dijelova godine što može biti značajna informacija za pouzdanije razumijevanje i objašnjavanje klimatskih procesa koji se odvijaju na analiziranim lokacijama.

U **Tablici 6** unesene su vrijednosti prosječnih srednjih, $T_{sr,pr}$ mjesečnih temperatura zraka u četiri analizirana 30-godišnja razdoblja s označenim vjerojatnostima t-testa, p , između uzastopnih razdoblja na obje analizirane meteorološke postaje. Korištenjem t-testa bilo je moguće utvrditi da li se i kada uzastopna razdoblja međusobno statistički značajno razlikuju. Crveno podebljano označeno je da se uzastopni prosjeci statistički značajno razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,05$. Modro podebljano označeno je da se uzastopni prosjeci statistički značajno razlikuju na razini vjerojatnosti, $p < 0,10$. Uočava se slično ponašanje na obje analizirane postaje. Statistički se značajnije razlikuju

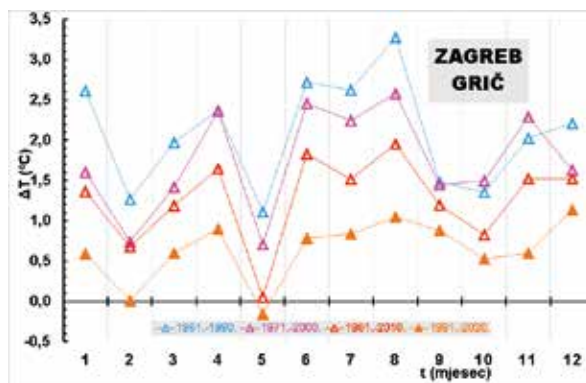
prosjeci tijekom toplog razdoblja godine od lipnja do kolovoza što navodi na zaključak da u tom dijelu godine dolazi do intenzivnijeg porasta srednjih mjesečnih temperatura zraka nego tijekom hladnijeg dijela godine, a osobito od prosinca do ožujka.

Nastavno je za svaki pojedini mjesec u posljednjih 10 godina (2011. - 2020.) proračunato koliko se njena srednja mjesečna vrijednost temperature, T , razlikuje od odgovarajuće prosječne vrijednosti, T_{pr} , u četiri analizirana 30-godišnja razdoblja. Grafički prikazi razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Split Marjan ucrtani su na **slici 4**, a za postaju Zagreb Grič na **slici 5**. Slično ponašanje uočava se na obje analizirane postaje. Posebno treba istaknuti da se najmanje razlike, ΔT , javljaju u mjesecu svibnju, a najveće u kolovozu.

U **Tablici 7** upisane su prosječne vrijednosti srednjih mjesečnih temperatura zraka, $T_{sr,pr}$ i minimalnih i maksimalnih razlika, ΔT , koje su se pojavile u razdoblju posljednjih deset godina (2011.-2020.) u pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja razdoblja. S namjerom da se omogući detaljniji uvid u utjecaj izbora četiri različita razdoblja na nizove prosječnih srednjih mjesečnih temperatura u posljednjih 10 godina na **slikama 6** (1961. - 1990.), **7** (1971. - 2000.), **8** (1981. - 2010.) i **9** (1990. - 2020.) ucrtane su razlike, ΔT , za svaki pojedini mjesec



Slika 4: Grafički prikazi niza srednjih mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Split Marjan u četiri 30-godišnja razdoblja



Slika 5: Grafički prikazi niza srednjih mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, za postaju Zagreb Grič u četiri 30-godišnja razdoblja

Tablica 7: Matrica prosječnih vrijednosti srednjih mjesečnih temperatura zraka, T_{spr} , i minimalnih i maksimalnih razlika koje su se pojavile u razdoblju od posljednjih deset godina (2011.-2020.) i pojedinom od četiri analizirana 30-godišnja klimatski normalna razdoblja

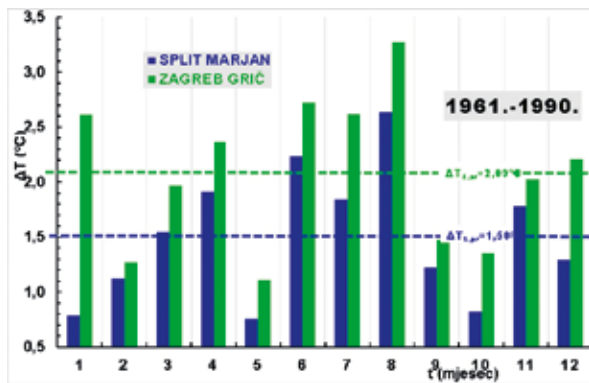
mjesec	razdoblje	SPLIT MARJAN				ZAGREB GRIČ			
		T_{pr}	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	T_{pr}	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3
siječanj	1961.-1990.	7,61	-3,01 (2017.)	0,79	3,59 (2014.)	0,47	-2,77 (2017.)	2,61	5,83 (2018.)
	1971.-2000.	8,01	-3,41 (2017.)	0,38	3,19 (2014.)	1,48	-3,78 (2017.)	1,61	4,82 (2018.)
	1981.-2010.	8,04	-3,44 (2017.)	0,36	3,16 (2014.)	1,72	-4,02 (2017.)	1,37	4,58 (2018.)
	1991.-2020.	8,24	-3,64 (2017.)	0,16	2,96 (2014.)	2,49	-4,79 (2017.)	0,60	3,81 (2018.)
veljača	1961.-1990.	8,23	-3,23 (2012.)	1,12	3,77 (2014.)	3,07	-3,27 (2012.)	1,27	5,63 (2020.)
	1971.-2000.	8,36	-3,36 (2012.)	0,99	3,64 (2014.)	3,60	-3,80 (2012.)	0,74	5,10 (2020.)
	1981.-2010.	8,14	-3,14 (2012.)	1,21	3,86 (2014.)	3,66	-3,86 (2012.)	0,68	5,04 (2020.)
	1991.-2020.	8,67	-3,67 (2012.)	0,68	3,33 (2014.)	4,33	-4,53 (2012.)	0,01	4,37 (2020.)
ožujak	1961.-1990.	10,47	0,13 (2013.)	1,54	3,23 (2012.)	7,26	-1,46 (2013.)	1,97	4,64 (2014.)
	1971.-2000.	10,63	-0,03 (2013.)	1,38	3,07 (2012.)	7,81	-2,01 (2013.)	1,42	4,09 (2014.)
	1981.-2010.	10,82	-0,22 (2013.)	1,19	2,88 (2012.)	8,04	-2,24 (2013.)	1,19	3,86 (2014.)
	1991.-2020.	11,31	-0,71 (2013.)	0,70	2,39 (2012.)	8,63	-2,83 (2013.)	0,60	3,27 (2014.)
travanj	1961.-1990.	13,92	0,38 (2015.)	1,91	4,08 (2018.)	11,84	1,06 (2015.)	2,37	5,46 (2018.)
	1971.-2000.	13,72	0,58 (2015.)	2,11	4,28 (2018.)	11,86	1,04 (2015.)	2,36	5,44 (2018.)
	1981.-2010.	14,36	-0,06 (2015.)	1,47	3,64 (2018.)	12,56	0,34 (2015.)	1,65	4,74 (2018.)
	1991.-2020.	14,93	-0,63 (2015.)	0,90	3,07 (2018.)	13,31	-0,41 (2015.)	0,90	3,99 (2018.)
svibanj	1961.-1990.	18,66	-2,36 (2019.)	0,76	3,64 (2018.)	16,26	-1,84 (2019.)	1,11	4,14 (2018.)
	1971.-2000.	18,88	-2,58 (2019.)	0,54	3,42 (2018.)	16,66	-2,24 (2019.)	0,71	3,74 (2018.)
	1981.-2010.	19,48	-3,18 (2019.)	-0,06	2,82 (2018.)	17,32	-2,90 (2019.)	0,05	3,08 (2018.)
	1991.-2020.	19,68	-3,38 (2019.)	-0,26	2,62 (2018.)	17,53	-3,11 (2019.)	-0,16	2,87 (2018.)
lipanj	1961.-1990.	22,47	0,53 (2020.)	2,24	4,03 (2019.)	19,35	1,45 (2013.)	2,72	4,65 (2019.)
	1971.-2000.	22,77	0,23 (2020.)	1,94	3,73 (2019.)	19,62	1,18 (2013.)	2,45	4,38 (2019.)
	1981.-2010.	23,39	-0,39 (2020.)	1,32	3,11 (2019.)	20,24	0,56 (2013.)	1,83	3,76 (2019.)
	1991.-2020.	24,18	-1,18 (2020.)	0,53	2,32 (2019.)	21,28	-0,48 (2013.)	0,79	2,72 (2019.)

mjesec	razdoblje	SPLIT MARJAN				ZAGREB GRIČ			
		T _{pr}	ΔT ₁	ΔT ₂	ΔT ₃	T _{pr}	ΔT ₁	ΔT ₂	ΔT ₃
srpanj	1961.-1990.	25,44	-0,84 (2014.)	1,84	4,06 (2015.)	21,33	1,07 (2014.)	2,62	4,07 (2015.)
	1971.-2000.	25,70	-1,10 (2014.)	1,58	3,80 (2015.)	21,71	0,69 (2014.)	2,24	3,69 (2015.)
	1981.-2010.	26,41	-1,81 (2014.)	0,87	3,09 (2015.)	22,44	-0,04 (2014.)	1,51	2,96 (2015.)
	1991.-2020.	26,84	-2,24 (2014.)	0,44	2,66 (2015.)	23,12	-0,72 (2014.)	0,83	2,28 (2015.)
kolovoz	1961.-1990.	24,93	0,57 (2014.)	2,63	3,87 (2017.)	20,56	0,34 (2014.)	3,28	4,84 (2012.)
	1971.-2000.	25,40	0,10 (2014.)	2,16	3,40 (2017.)	21,25	-0,35 (2014.)	2,58	4,15 (2012.)
	1981.-2010.	25,99	-0,49 (2014.)	1,57	2,81 (2017.)	21,88	-0,98 (2014.)	1,96	3,52 (2012.)
	1991.-2020.	26,76	-1,26 (2014.)	0,80	2,04 (2017.)	22,79	-1,89 (2014.)	1,05	2,61 (2012.)
rujan	1961.-1990.	21,38	-0,78 (2017.)	1,22	4,02 (2011.)	17,01	-1,11 (2017.)	1,48	4,39 (2011.)
	1971.-2000.	21,19	-0,59 (2017.)	1,41	4,21 (2011.)	17,05	-1,15 (2017.)	1,44	4,35 (2011.)
	1981.-2010.	21,40	-0,80 (2017.)	1,20	4,00 (2011.)	17,29	-1,39 (2017.)	1,20	4,11 (2011.)
	1991.-2020.	21,65	-1,05 (2017.)	0,95	3,75 (2011.)	17,61	-1,71 (2017.)	0,88	3,79 (2011.)
listopad	1961.-1990.	16,92	-0,62 (2016.)	0,82	2,28 (2018.)	11,86	-0,66 (2016.)	1,36	3,14 (2018.)
	1971.-2000.	16,83	-0,53 (2016.)	0,91	2,37 (2018.)	11,72	-0,52 (2016.)	1,49	3,28 (2018.)
	1981.-2010.	17,27	-0,97 (2016.)	0,47	1,93 (2018.)	12,39	-1,19 (2016.)	0,83	2,61 (2018.)
	1991.-2020.	17,44	-1,14 (2016.)	0,30	1,76 (2018.)	12,69	-1,49 (2016.)	0,53	2,31 (2018.)
studeni	1961.-1990.	12,32	-0,12 (2017.)	1,78	3,48 (2012.)	6,41	-2,11 (2011.)	2,03	4,64 (2019.)
	1971.-2000.	12,04	0,16 (2017.)	2,06	3,76 (2012.)	6,15	-1,85 (2011.)	2,29	4,90 (2019.)
	1981.-2010.	12,40	-0,20 (2017.)	1,70	3,40 (2012.)	6,91	-2,61 (2011.)	1,53	4,14 (2019.)
	1991.-2020.	13,13	-0,93 (2017.)	0,97	2,67 (2012.)	7,84	-3,54 (2011.)	0,60	3,21 (2019.)
prosinac	1961.-1990.	8,89	-0,29 (2012.)	1,29	2,41 (2020.)	1,96	-0,96 (2016.)	2,21	3,44 (2014.)
	1971.-2000.	9,08	-0,48 (2012.)	1,10	2,22 (2020.)	2,54	-1,54 (2016.)	1,63	2,86 (2014.)
	1981.-2010.	9,10	-0,50 (2012.)	1,08	2,20 (2020.)	2,65	-1,65 (2016.)	1,52	2,75 (2014.)
	1991.-2020.	9,46	-0,86 (2012.)	0,72	1,84 (2020.)	3,03	-2,03 (2016.)	1,14	2,37 (2014.)

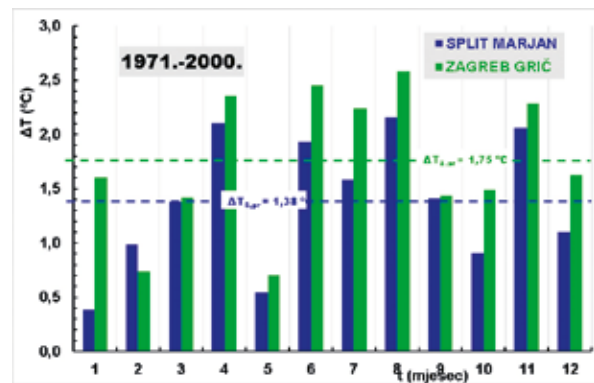
$$\Delta T_1 = T_{\max} - T_{pr}; \Delta T_2 = T_{pr(2011.-2020.)} - T_{pr}; \Delta T_3 = T_{\min} - T_{pr}$$

tijekom godine za obje analizirane postaje. Crtkanim linijama s upisanim brojčanim vrijednostima su označene prosječne vrijednosti za Split Marjan (modra boja) i Zagreb Grič (zelena boja). Prosječne vrijednosti razlika uvijek su veće na postaji Zagreb Grič nego na postaji Split Marjan. Važno je uočiti da su razlike prosječnih vrijednosti za razna 30-godišnja razdoblja između dvije analizirane postaje u stalnom opadanju. U prvom razdoblju 1961. - 1990. prosječna razlika je iznosila 0,59 °C, te je lagano opala na vrijednost od 0,37 °C, u drugom razdoblju 1971. - 2000., potom na 0,25 °C, u trećem razdoblju 1981. - 2010. i konačno na 0,12 °C u četvrtom razdoblju 1991. - 2020. Osim toga treba uočiti da se zavisno od

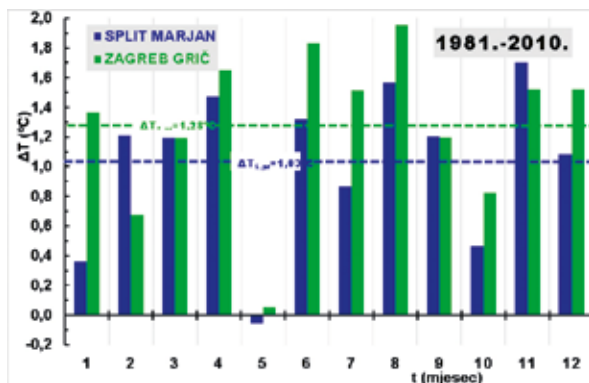
izbora 30-godišnjeg razdoblja mijenja razlika prosječnih vrijednosti temperatura tijekom pojedinih mjeseci godine. U prvom razdoblju (1961. - 1990.) prosječne mjesečne temperature Zagreb Griča bile se uvijek veće od onih izmjerenih na Split Marjanu tijekom 2011. - 2020. U drugom 30-godišnjem razdoblju (1971. - 2020.) prosječna mjesečna temperatura u veljači bila je viša na postaji Split Marjan od one na postaji Zagreb Grič te je u tom mjesecu ostala viša i u sljedeća dva 30-godišnja razdoblja dosegaši u posljednjem 30-godišnjem razdoblju (1991. - 2020.) vrijednost od -0,67 °C. Identičan proces se nastavio i u trećem 30-godišnjem razdoblju (1981. - 2010.) u mjesecu veljači, a u četvrtom



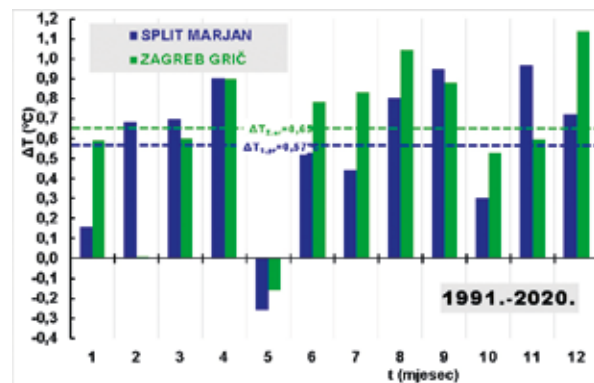
Slika 6: Histogrami mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, Split Marjana (modra boja) i Zagreb Griča (zeleno) u posljednjih deset godina (2011. - 2020.) u odnosu na prvo 30-godišnje razdoblje (1961. - 1990.)



Slika 7: Histogrami mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, Split Marjana (modra boja) i Zagreb Griča (zeleno) u posljednjih deset godina (2011. - 2020.) u odnosu na drugo 30-godišnje razdoblje (1971. - 2000.)



Slika 8: Histogrami mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, Split Marjana (modra boja) i Zagreb Griča (zeleno) u posljednjih deset godina (2011.-2020.) u odnosu na treće 30-godišnje razdoblje (1981. - 2010.)



Slika 9: Histogrami mjesečnih razlika, $\Delta T = T - T_{pr}$, Split Marjana (modra boja) i Zagreb Griča (zeleno) u posljednjih deset godina (2011. - 2020.) u odnosu na četvrto 30-godišnje razdoblje (1991. - 2020.)

(1991. - 2020.) se pojava produžila i u travnju. U trećem (1981. - 2010.) i četvrtom (1991. - 2020.) 30-godišnjem razdoblju prosječne temperature izmjerene na postaji Split Marjan bile su više nego na postaji Zagreb Grič. Moguće obrazloženje za ovakvo ponašanje srednjih mjesečnih temperatura zraka na dvije analizirane postaje može se naći u činjenici različitog intenziviranja porasta temperatura pod utjecajem zagrijavanja temperature mora i učinka urbanog toplinskog otoka. Ove bi procese vrijedilo detaljnije izučiti i preciznije objasniti, pošto bi se na osnovi njih možda moglo zaključiti o eventualnim pravilnostima u porastu temperatura zraka tijekom različitih mjeseci godine te da li se radi o procesima koji se mogu očekivati u budućnosti.

5. ZAKLJUČCI

Analize izvršene u ovom radu ukazale su na neophodnost stalnog mijenjanja 30-godišnjeg razdoblja s kojim se trebaju vršiti procjene varijacija (uglavnom porasta) recentnih temperatura zraka. S obzirom na nagli porast temperatura zraka u posljednjih 30 godina od 1991. do 2020. to razdoblje trenutno treba biti korišteno za vršenje usporedbi i procjenu temperatura, ali i drugih klimatskih parametara.

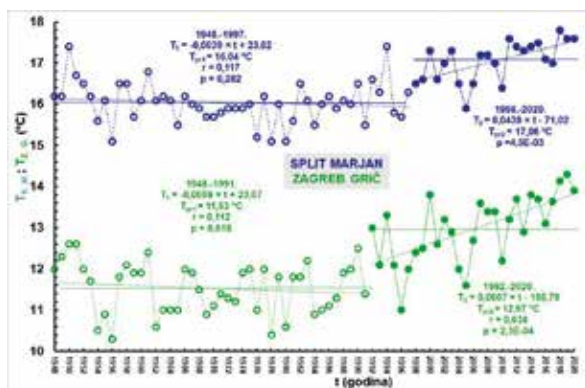
Analize su pokazale da se varijacije temperatura u razdoblju od 1961. do 2020. slično ponašaju na obje analizirane postaje iako one pripadaju značajno

različitim klimatskim režimima. Vrlo vjerojatno se radi o fenomenu koji je obuhvatio širu regiju. Međutim, bez obzira na tu činjenicu neophodno je pažljivo analizirati svaku pojedinu lokaciju. Od osobite je važnosti procjene vršiti za razne vremenske intervale. Analize u ovom radu su pokazale da porast temperatura nije ni približno isti u svakom od 12 mjeseci godine. Najmanje promjene javljaju se u svibnju. U posljednjih deset godina porast maksimalnih godišnjih temperatura veći je od porasta minimalnih godišnjih temperatura. Minimalne godišnje temperature u posljednjih deset godina ne pokazuju porast na postaji Split Marjan za razliku od postaje Zagreb Grič gdje su uočljivo veći.

Soulé (2005.) je utvrdio da je korištenje 30-godišnjeg tzv. klimatološki normalnog razdoblja široko prihvaćeno u cijelom svijetu kao integralni pokazatelj klime, ali da se još uvijek nedovoljno koristi kao indikator klimatskih promjena u raznim regijama i tijekom različitih vremenskih razdoblja (godina, mjesec, dekada itd.). Rezultati izneseni u ovom članku predstavljaju doprinos u tom smislu. Marchi i sur. (2020.) naglašavaju da je za potrebe izrade lokalnih i regionalnih strategija adaptacija na brze klimatske promjene kojima svakodnevno svjedočimo neophodno raspolagati s klimatološki normalnim podacima. To je neophodno osobito za temperaturu zraka stoga jer se od svih ostalih klimatskih parametara one najšire koriste kao indikator najrazličitijih procesa,

kako u znanosti tako i u svakodnevnom životu. Činjenica da se one najčešće i najduže mjere na cijeloj planeti omogućavaju njihovu usporedbu u prostoru i vremenu. Važno je ustanoviti koliko se različito razvijaju na raznim lokacijama (Bonacci i sur., 2021.a) i tijekom različitih vremenskih intervala (Bonacci i sur., 2021.b). Takvi podaci igraju značajnu ulogu za ekološke analize te za planiranje infrastrukture.

Na postaji Split Marjan ustanovljen je nagli porast srednjih godišnjih temperatura zraka od 1998. godine, dok je na postaji Zagreb Grič počeo šest godina ranije, 1992.



Slika 10: Nizovi srednjih godišnjih temperatura zraka izmjereni na postajama Split Marjan (modra boja) i Zagreb Grič (zelene boja) u razdoblju 1948. - 2020.

godine (slika 10). Razlike u prosječnim srednjim godišnjim temperaturama zraka u podrazdobljima prije i poslije navedenih naglih porasta, tek treba 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 postaje do postaje. Naglo povećanje srednjih godišnjih temperatura zraka na našim prostorima (ali i velikom dijelu cijelog planeta) trebalo bi na nov način zaokupiti znanstvenu pažnju. Jedan od ciljeva ovog članka jest upravo u tome da bude poticaj tom važnom procesu.

ZAHVALA

Ovaj rad je sufinanciran kroz projekt "VODIME - Vode Imotske krajine" (KK.05.1.1.02.0024), projekt financiran sredstvima Vlade Republike Hrvatske i sredstvima Europske unije kroz Europski strukturni fond, u sklopu poziva "Shema za jačanje primijenjenih istraživanja za mjere prilagodbe klimatskim promjenama" (KK.05.1.1.02.).

This research is partially supported through project KK.01.1.1.02.0027, a project co-financed by the Croatian Government and the European Union through the European Regional Development Fund - the Competitiveness and Cohesion Operational Programme.

LITERATURA:

- Abram, N. J., McGregor, H. V., Tierney, J. E., Evans, M. N., McKay, N. P., Kaufman, D. S. (2016.): Early onset of industrial-era warming across the oceans and continents. *Nature*, 536, 411-418. DOI:10.1038/nature19082
- Baggio, J. A. (2021.): Knowledge generation via social-knowledge network co-evolution: 30 years (1990–2019) of adaptation, mitigation and transformation related to climate change. *Climatic Change*, 167(1–2), 13. DOI:10.1007/s10584-021-03146-5
- Bonacci, O. (2012.): Increase of mean annual surface air temperature in the Western Balkans during last 30 years. *Vodoprivreda*, 44(255–257), 75–89.
- Bonacci, O. (2019.): Air temperature and precipitation analyses on a small Mediterranean island: the case of remote island of Lastovo (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Hydrotechnica*, 32(57), 135–150. DOI:10.15292/acta.hydro.2019.10
- Bonacci, O., Andrić, I., Roje-Bonacci, T. (2018.): Increasing trends of air temperature in urban area: a case study from four stations in Zagreb city area. *Vodoprivreda*, 50 (294–296), 203–214.
- Bonacci, O., Bonacci, D., Roje-Bonacci, T. (2021.b) Different air temperature changes in continental and Mediterranean regions: a case study from two Croatian stations. *Theoretical and Applied Climatology*, 145 (3–4), 1333–1346. DOI:10.1007/s00704-021-03702-0
- Bonacci, O., Bonacci, D., Roje-Bonacci, T. (2021.c): Analize temperatura površine mora i zraka mjerenih na tri postaje u hrvatskom dijelu srednjeg Jadrana. *Hrvatske Vode*, 29 (116), 113–126.
- Bonacci, O., Ljubenković, I., Roje-Bonacci, T. (2021.a): Different climate changes at two locations on a small karst island Korčula (Adriatic Sea, Croatia). *Naše More*, 68(1), 1–13. DOI:10.17818/NM/2021/1.1
- Danandeh Mehr, A., Hrnjica, B., Bonacci, O., Torabi Haghghi, A. (2021.): Innovative and successive average trend analysis of temperature and precipitation in Osijek, Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(3–4), 875–890. DOI: 10.1007/s00704-021-03672-3
- Demeritt, D. (2001.): The construction of global warming and the politics of science. *Annals of The Association of American Geographers*, 91(2), 301–337.
- Jenkins, G. J., Perry, M. C., Prior, M. J. (2008.): *The climate of the United Kingdom and recent trends*. Meteorological Office Hadley Centre, Exeter, UK.
- Lee, N. R., Stecula, D. (2021.): Subnational bipartisanship on climate change: evidence from surveys of local and state policymakers. *Climatic Change*, 164(1–2), 20. DOI:10.1007/s10584-021-02964-x

- Levi, B. G. (2008.): Trends in the hydrology of the western US bear the imprint of man made climate change. *Physics Today*, 61(4), 16–18. DOI:10.1063/1.2911164
- Marchi, M., Castellanos-Acuña, D., Hamann, A., Wang, T.; Ray, D., Menzel, A. (2020.): ClimateEU, scale-free climate normals, historical time series, and future projections for Europe. *Scientific Data* 7, 428. DOI:10.1038/s41597-020-00763-0
- McGhee, J. W. (1985.): *Introductory statistics*. West Publishing Company, St Paul and New York, US.
- Miller, T. (2020.): Inviting critical political economy to the table. *Climatic Change*, 163(1), 155–160. DOI:10.1007/s10584-020-02937-6
- Pandžić, K., Trninić, D., Likso, T., Bošnjak, T. (2009.): Long-term variations in water balance components for Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1–2), 39–51. DOI: /10.1007/s00704-007-0366-5
- Pavlič, I. (1962.): *Matematička statistika (primjena u proizvodnji)*. Privreda, Zagreb. Hrvatska.
- Penzar, B., Penzar, I., Juras, J., Marki, A. (1992.): Brief review of the climatic fluctuations recorded in Zagreb between 1862 and 1990, *Geofizika*, 9(1), 57–67
- Soulé, P. T. (2005.): A comparison of 30-yr climatic temperature normals for the Southeastern United States. *Southeastern Geographer*, 45(1), 16–24.
- Šegota, T., Filipčić, A. (2003.): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria*, 8(1), 17–37.
- Webber, S. (2019.): Putting climate services in contexts: advancing multi-disciplinary understandings: introduction to the special issue. *Climatic Change*, 157(1), 1–8. DOI:10.1007/s10584-019-02600-9
- Weston, D. (2015.): *The political economy of global warming - the terminal crisis*. Routledge, Abingdon, UK.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katusin, Z., Kaučić D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnc, L., Vučetić, V. (2008.): *Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000*. Državni hidrometeorološki zavod / Meteorological and Hydrological Service, Zagreb.
- https://meteo.hr/klima_e.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_2 (posjet 26. srpnja 2021.)
- <https://theconversation.com/warming-is-clearly-visible-in-new-us-climate-normal-datasets-159684> (posjet 17. kolovoza 2021.)
- <https://www.ncdc.noaa.gov/news/defining-climate-normals-new-ways> (posjet 30. srpnja 2021.)
- <https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate> (posjet 30. srpnja 2021.)

AIR TEMPERATURE ANALYSIS FOR ZAGREB GRIČ AND SPLIT MARJAN IN THE CONTEXT OF THE STANDARD CLIMATE NORMAL

Abstract. In our public media, particularly primetime TV broadcasts, it is very often heard that the temperature was or will be higher than the average, i.e. above average. At the same time, it is almost never said which average it is, i.e. to which time period the comparison refers. It is also rare to hear how much this above average temperature is higher than the average one. This raises the issue of what is a climate average or a climate normal. During the twentieth century, the World Meteorological Organization (WMO) defined standard climate periods as those lasting 30 years. The climate normal represents a measure that is used for evaluating current climate conditions in comparison with the previous one(s). The Commission for Climatology of the WMO has recommended that, instead of every 30 years, standard climate periods should change every 10 years (<https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate>). The last standard climate period of 1981–2010 is still valid. The New Climate Normal 30-year period is being prepared. It will cover the period from 1991 to 2020 and is expected to start from the beginning of 2022. The paper uses air temperature data measured at meteorological stations Split Marjan and Zagreb Grič to study the differences in conclusions about the recent changes in air temperature in the 2nd decade of the 3rd millennium (2011–2020). The following 4 partially overlapping climate standards were analysed: 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010 and 1991–2020. The analyses conducted in the paper indicate a necessity of constant changes /updates of the climate standard for estimating the variations in recent air temperatures. Considering a sudden increase in air temperature in the latest climate standard (1991–2020), it is this period that should be used for comparison and assessment of recent temperature conditions, as well as other climate parameters.

Key words: air temperature, climate standard, Split Marjan, Zagreb Grič

ANALYSE DER AN MESSSTATIONEN ZAGREB GRIČ UND SPLIT MARJAN GEMESSENEN LUFTTEMPERATUREN IM KONTEXT VON KLIMA NORMAL PERIODEN

Zusammenfassung. In kroatischen Massenmedien, namentlich in Fernsehsendungen zur Hauptsendezeit, hört man oft, dass die Temperatur höher als die durchschnittliche Temperatur, d.h. überdurchschnittlich hoch war oder sein wird. Dabei wird fast nie gesagt, um welchen Durchschnitt es geht, d.h. auf welche Periode sich der Vergleich bezieht. Außerdem kann man nur selten hören, wie viel höher diese überdurchschnittliche Temperatur ist im Vergleich zur durchschnittlichen Temperatur. Die Frage ist nämlich, welche klimatologischen Mittelwerte oder Klimanormalperiode gelten. Die Weltorganisation für Meteorologie (*WMO, World Meteorological Organisation*) legte die Klimanormalperioden für das 20. Jahrhundert auf 30 Jahre fest. Die für den Zeitraum der Normalperiode gemessenen Mittelwerte der Klimadaten dienen als Referenz für die Auswertung von momentanen Klimabedingungen im Vergleich zu früheren Klimabedingungen. Die Fachkommission für Klimatologie der WMO empfiehlt, dass die Klimanormalperioden zukünftig alle zehn Jahre aktualisiert werden. Die geltende Bezugsperiode ist die Klimanormalperiode 1981–2010. Die neue 30-jährige Klimanormalperiode (*New Climate Normal*) für den Zeitraum 1991–2020 wird gerade vorbereitet und soll seit dem Beginn 2022 gelten.

In der Arbeit wurden Unterschiede anhand der an den Messstationen Split Marjan und Zagreb Grič gemessenen Daten über Lufttemperaturen festgestellt in der Bewertung der Änderungen der Lufttemperatur im zweiten Jahrzehnt des dritten Jahrtausends (2011–2020). Die folgenden vier teilweise überlappenden Klimanormalperioden – 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010 und 1991–2020 – wurden analysiert. Die Analysen weisen auf die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Aktualisierung der Klimanormalperioden zur Beurteilung von letzten Lufttemperaturschwankungen hin. In Bezug auf den plötzlichen Anstieg der Lufttemperatur in der letzten Klimanormalperiode (1991–2020) soll diese Periode Referenzperiode für Vergleich und Beurteilung von jetzigen Temperaturbedingungen sowie anderer Klimadaten sein.

Schlüsselwörter: Lufttemperatur, Klimanormalperiode, Split Marjan, Zagreb Grič