

ANALIZA TEMPERATURA VAZDUHA NA OSTRVU PALAGRUŽA NA PUČINI JADRANSKOG MORA*

Ognjen BONACCI¹, Duje BONACCI²

¹Sveučilište u Splitu – Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

²Sveučilište u Zagrebu – Fakultet hrvatskih studija

REZIME

U članku su analizirani nizovi karakterističnih godišnjih temperatura vazduha (minimalnih, srednjih i maksimalnih) izmerenih na malom ostrvu Palagruža u Jadranskom moru u periodu od 69 godina (1950.-2018.). Korištenjem Mann-Kendall (M-K) testa utvrđeno je postojanje statistički neznačajnog trenda porasta minimalnih godišnjih temperatura vazduha, ali su utvrđeni statistički značajni trendovi porasta srednjih i maksimalnih godišnjih temperatura vazduha, što je zaključak od velikog značaja. Primenom *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) metode ustanovljeno je postojanje dva podniza u svakom od analiziranih nizova karakterističnih godišnjih temperatura vazduha. Nagli statistički značajan skok (utvrđen t-testom) porasta minimalnih godišnjih temperatura nastupio je 1972. godine, dok se skok kod niza srednjih godišnjih temperatura pojavio 20 godina kasnije, 1992. godine. Šest godina kasnije, 1998. došlo je do statistički značajnog skoka u nizu maksimalnih godišnjih temperatura vazduha.

Ključne reči: temperatura vazduha, temperatura mora, malo ostrvo, Mann-Kendall test, RAPS metoda, t-test, Palagruža

1. UVOD

Klimatske promene, a pre svega globalno zagrevanje kao njihova najočitija i potencijalno najopasnija

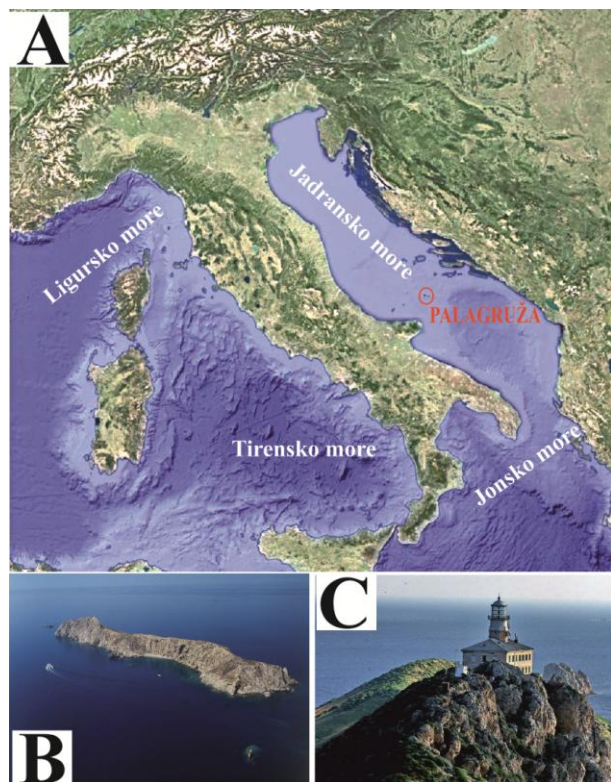
manifestacija, sa razlogom zabrinjavaju ne samo naučnu zajednicu, već sve snažnije uznemiravaju i celokupnu svetsku javnost. U raznim regijama na planeti, u različitim vrstama životne sredine, procesi klimatskih promena, a posebno efekta globalnog zagrevanja različito se razvijaju. Promene klime prirodno su svojstvo svakog pojedinog klimatskog sistema, a posledica su prirodne varijabilnosti i stohastičkih svojstava atmosfere. Interna varijabilnost klime posledica je prirodnih internih procesa unutar klimatskih sistema. Eksterna varijabilnost klime uzrokovana je različitim prirodnim i/ili antropogenim spoljnim silama. Po pravilu, vrlo je teško, a najčešće nemoguće, pouzdano i kvantitativno definisati koji je dio varijabilnosti klime prouzrokovan internim, a koji eksternim silama.

U smislu promene klime i efekta globalnog zagrevanja posebno zanimljive i ugrožene sisteme predstavljaju ostrva. Svako ostrvo individualno reaguje na klimatske promene i na porast temperature vazduha. Ostrvo je kopnena masa sa svih strana okruženu vodom. Zbog odvojenosti od kontinentalne kopnene mase svako pojedino ostrvo predstavlja klimatološki i hidrološki ograničenu jedinicu sa isključivo lokalnim bilansom vode [1,2]. Zbog specifičnosti okruženja ostrva, njih klimatske promene posebno ugrožavaju, zbog čega ona spadaju među najugroženije prostore na planeti [3]. Bitan parametar koji svuda, a posebno na malim ostrvima dosta udaljenim od kopna, utiče na sve procese - kako one prirodne tako i one društvene - je temperatura vazduha. Zbog toga njenom izučavanju

*Napomena urednika. Za istraživanje procesa klimatskih promena poseban, veliki značaj imaju istraživanja tendencija promena temperatura vazduha na izolovanim, malim ostrvima, na kojima se na najpouzdaniji način sagledavaju delovanja globalnih klimatskih procesa. Naime, na takvim izolovanim, malim ostrvima su ti mereni podaci temperatura najmanje opterećeni lokalnim antropogenim uticajima, koji su prisutni na velikim kopnenim površinama, pogotovo u zoni većih gradova. Zbog toga je analiza koju su napravili i u ovom članku prezentirali cenjeni autori iz Hrvatske, za dosta dug i pouzdan period osmatranja na ostrvu Palagruža, duboko izolovanom na pučini Jadranskog mora - veoma značajna, i ima znatno širu upotrebljivost za generalna zaključivanje od one koja se čini na prvi pogled.

treba posvetiti posebnu pažnju kako bi se mogao pouzdanije predvideti razvoj procesa porasta temperatura vazduha, pa na osnovi toga pripremiti efikasnije mere za ublažavanje negativnih posledica.

U radu se analiziraju nizovi karakterističnih (minimalnih, srednjih i maksimalnih) godišnjih temperatura vazduha merenih na meteorološke stanici Palagruža, koja je smeštena na ostrvu Velika Palagruža koji se nalazi na pučini Jadranskog mora. Korišteni su podaci dobijeni od Državnog Hidrometeorološkog Zavoda (DHMZ) iz Zagreba, a obuhvaćeno je razdoblje od 1950. do 2018. Na ovoj stanici svakodnevno se obavljaju osmatranja vremena u 07, 14 i 21 sati po srednjem lokalnom vremenu. Položaj otoka Velika Palagruža u Jadranskom moru i delu Sredozemnog mora ucrtan je na slici 1A, dok se na slici 1B nalazi fotografija otoka Velika Palagruža, a na slici 1C fotografija meteorološke stanice locirane neposredno od svetionika.



Slika 1. (A) Karta dela Sredozemnog mora, sa označenim položajem Palagruže u Jadranskom moru; (B) Fotografija ostrva Velika Palagruža; (C) Fotografija meteorološke stanice u podnožju svetionika

Palagruški arhipelag je najudaljenija i geološki najstarija ostrvska skupina u Jadranskom moru. Arhipelag obuhvata dva veća ostrva (Velika i Mala Palagruža), tri manja ostrva istočno od Velike Palagruže (Kamik od tramuntane, Kamik od oštra i Galijulu), kao i petnaestak manjih i većih hridi. Svi su izgrađeni uglavnom od dolomita [4]. Površina otoka Velika Palagruža iznosi 0,286 km², dužina obalne linije je 3,86 km, a najveća visina 103 m nad morem (mnm) [5, 6]. Od najbliže obalne tačke na istočnoj obali Jadranskog mora u Hrvatskoj na poluostrvu Pelješcu, arhipelag Palagruža udaljen je 92 km, dok je od italijanskog kopna na poluostrvu Gargano udaljen vazdušnom linijom 52 km.

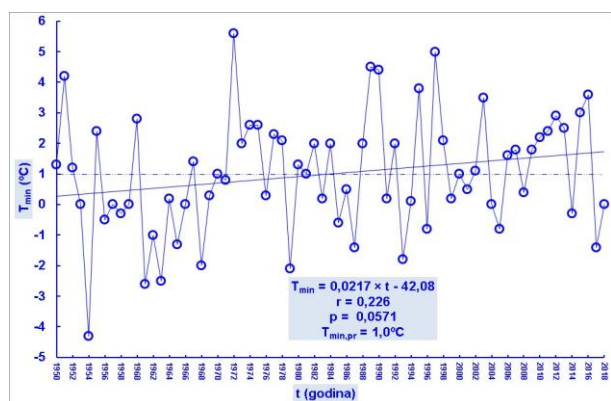
Meteorološka stanica Palagruža na ostrvu Velika Palagruža smeštena je u blizini najvećeg svetionika na Jadranu, izgrađenog 1875. godine. Geografske koordinate meteorološke stanice Palagruža su 42° 23' 36" N i 16° 15' 05" E. Nadmorska visina meteorološke stanice iznosi 98 mnm, što znači da je samo 5 m niža od najviše kote ostrva Velika Palagruža (slika 1C). O meteorološkim prilikama na Palagruži objavljeno je nekoliko radova [7-12]. Klima na Palagruži je semiaridna, sa dugim letnim i povremenim celogodišnjim sušama. Prema Köppen-Geiger [13] klasifikaciji klima analizirani arhipelag pripada Csa tipu, tj. mediteranskoj klimi s toplim letima.

2. ANALIZA TRENDOVA KARAKTERISTIČNIH GODIŠNJIH TEMPERATURA VAZDUHA

U ovom poglavlju analiziraju se nizovi karakterističnih (minimalnih, srednjih i maksimalnih) godišnjih temperatura vazduha opaženi na stanici Palagruža u periodu od 69 godina (1950.-2018.). U cilju boljeg razumevanja razvoja procesa globalnog zagrevanja naglasak će biti stavljen na analizu trendova u ove tri relativno dugačke serije podataka. Trendovi su analizirani računanjem pravaca linearne regresije i krive drugog reda primenom teorije najmanjih kvadrata. Statistička značajnost linearnih trendova procenjena je Mann-Kendall (M-K) testom [13-17]. Kao kriterijum za prihvatanje hipoteze da je trend statistički značajan usvojena je vrednost verovatnoće, $p < 0,01$.

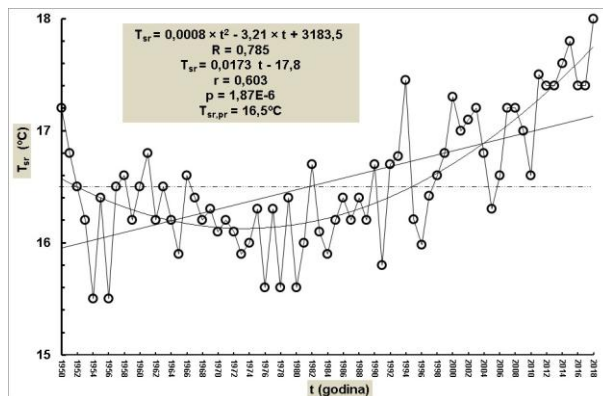
Na slici 2 prikazan je niz minimalnih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{min} , opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018. sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , sa rezultatom M-K testa, p , i sa prosečnom vrednošću analiziranog vremenskog niza, $T_{min,pr}$. Prosečna vrednost

minimalnih godišnjih temperatura vazduha u analiziranom razdoblju (1950.-2018.) iznosila je $1,0^{\circ}\text{C}$. Kretala se u rasponu od $-4,3^{\circ}\text{C}$ (1954. godine) i $5,6^{\circ}\text{C}$ (1972. godine). Linearni trend je uzlazni, ali kako je verovatnoća M-K testa, $p=0,0571$, trend nije statistički značajan.

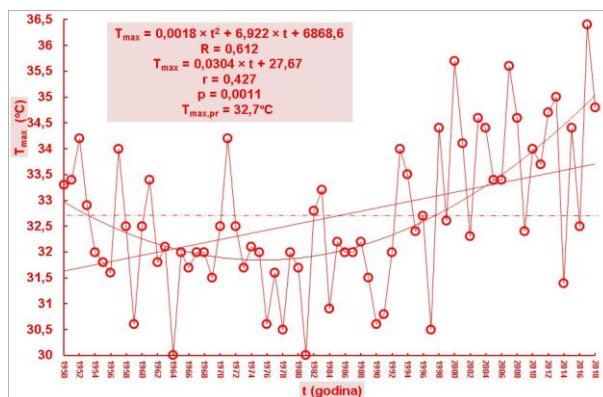


Slika 2. Niz minimalnih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{min} , opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018., sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, $T_{min,pr}$

Na slici 3 prikazan je niz srednjih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{sr} , opaženih na Palagruži u periodu 1950.-2018., sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, $T_{sr,pr}$. Prosečna vrednost srednjih godišnjih temperatura vazduha u analiziranom periodu (1950.-2018.) iznosila je $16,5^{\circ}\text{C}$. Kretala se u rasponu od $15,5^{\circ}\text{C}$ (1954. i 1956. godine) i $18,0^{\circ}\text{C}$ (2018. godine). Linearni trend je uzlazni, rastući, a verovatnoća M-K testa, $p=1,87E-6$, potvrđuje hipotezu da je trend porasta srednjih godišnjih temperatura statistički značajan. Na slici 3 je ucrtana i kriva drugog reda, a upisana je i njena jednačina, kao i indeks nelinearne korelacije, R . Uočava se da je vrednost indeksa nelinearne korelacije, $R=0,785$, značajno veća od vrednosti koeficijenta linearne korelacije, $r=0,603$. Već je iz grafičkog prikaza sa slike 3 uočljivo da su porasti vrednosti temperatura vazduha započele sa porastom početkom devedesetih godina prošlog veka. Ovakvo ponašanje temperatura vazduha uočeno je na brojnim meteorološkim stanicama u području Zapadnog Balkana [18].



Slika 3. Niz srednjih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{sr} , opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018., sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednosti koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, $T_{sr,pr}$. Na slici je ucrtana i kriva drugog reda, i upisana njena jednačina, kao i indeks nelinearne korelacije, R .



Slika 4. Niz maksimalnih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{max} , opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018., sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednosti koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, $T_{max,pr}$. Na slici je ucrtana i kriva drugog reda, i upisana njena jednačina, kao i indeks nelinearne korelacije, R .

Na slici 4 prikazan je niz maksimalnih godišnjih vrednosti temperatura vazduha, T_{max} , opaženih na Palagruži u periodu 1950.-2018. sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i sa prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, $T_{max,pr}$. Prosečna vrednost maksimalnih godišnjih temperatura vazduha u

analiziranom razdoblju (1950.-2018.) iznosila je 32,7°C. Kretala se u rasponu od 30,0°C (1964. i 1981. godine) i 36,4°C (2017. godine). Linearni trend je uzlazni, rastući, a verovatnoća M-K testa, $p=0,0011$, potvrđuje hipotezu da je trend porasta maksimalnih godišnjih temperature - statistički značajan. Na slici je ucrtana i kriva drugog reda, upisana je i njena jednačina, kao i indeks nelinearne korelacije, $R=0,612$, veća od vrednosti koeficijenta linearne korelacije, $r=0,427$. Iz grafičkog prikaza sa slike 4 uočljivo da je porast maksimalnih godišnjih vrednosti temperatura vazduha započeo krajem devedesetih godina prošlog veka, nešto kasnije nego početak trenda porasta srednjih godišnjih temperatura vazduha.

Na slici 5 prikazan je niz razlika između godišnjih maksimalnih, T_{max} i minimalnih, T_{min} , temperatura vazduha, $\Delta T_t = T_{t,max} - T_{t,min}$, opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018. sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednosti koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i sa prosečnom vrednošću analiziranog vremenskog niza, ΔT_{pr} . Ova razlika u suštini predstavlja maksimalni raspon temperatura vazduha unutar jedne godine, t . Prosečna vrednost raspona godišnjih temperatura vazduha u analiziranom razdoblju (1950.-2018.) iznosila je 31,7°C. Kretala se od minimalne vrijednosti 25,5°C opažene 1997. godine do maksimalne vrednosti 37,8°C opažene 2017. godine. Uzlazni linearni trend ovog vremenskog niza statistički nije značajan, $p=0,637$.

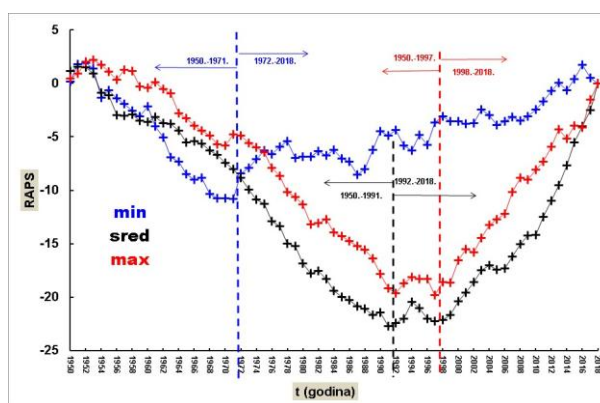


Slika 5. Niz razlika između godišnjih maksimalnih, T_{max} i minimalnih, T_{min} , temperatura vazduha, $\Delta T_t = T_{t,max} - T_{t,min}$, opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018., sa ucrtanim pravcem linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednosti koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatom M-K testa, p , i prosečnom vrednosti analiziranog vremenskog niza, ΔT_{pr}

3. ANALIZA POJAVE SKOKOVA U VREMENSKIM SERIJAMA KARAKTERISTIČNIH GODIŠNJIH TEMPERATURA VAZDUHA

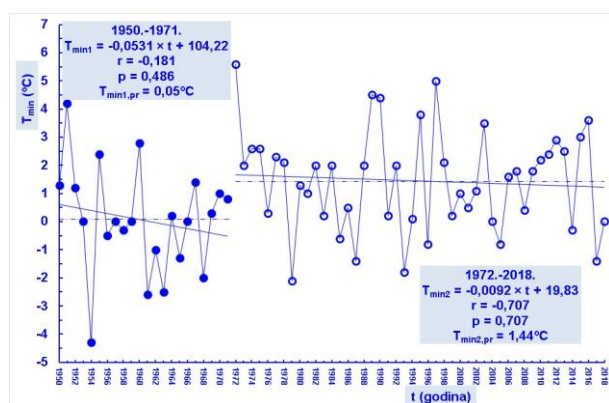
Primenom *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) metode [18-20] u ovom poglavlju će se detaljnije proanalizirati ponašanje karakterističnih godišnjih temperatura Palagruže tokom perioda 1950.-2018. RAPS metoda omogućava detaljnije istraživanje fluktuacije unutar ispitivanih vremenskih serija. Grafički prikaz RAPS transformacije omogućava prevladavanje malih slučajnih varijacija i grešaka unutar analiziranog niza. On ukazuje vrlo jasno na eventualno postojanje više podrazdoblja sa identičnim ili sličnim karakteristikama, na veći broj trendova, naglih skokova ili padova vrednosti i postojanje periodičnosti u analiziranoj vremenskoj seriji.

Na slici 6 je dat grafički prikaz tri niza RAPS vrednosti minimalnih (plava boja), srednjih (crna boja) i maksimalnih (crvena boja) godišnjih temperatura vazduha opaženih na Palagruži u periodu 1950.-2018., sa ucrtanim podrazdobljima u kojima se javljaju podnizovi sa različitim statističkim karakteristikama. U vremenskoj seriji minimalnih godišnjih temperatura vazduha postoje dva podrazdoblja sa znatno različitim ponašanjem: (1) 1950.-1971.; (2) 1972.-2018. RAPS niz definisan na osnovi srednjih godišnjih temperatura ukazuje na postojanje sledeća dva podrazdoblja sa znatno različitim ponašanjem: (1) 1950.-1991.; (2) 1992.-2018. U slučaju maksimalnih godišnjih temperatura vazduha RAPS ukazuje na postojanje sledeća dva podrazdoblja sa znatno različitim ponašanjem: (1) 1950.-1997.; (2) 1998.-2018.



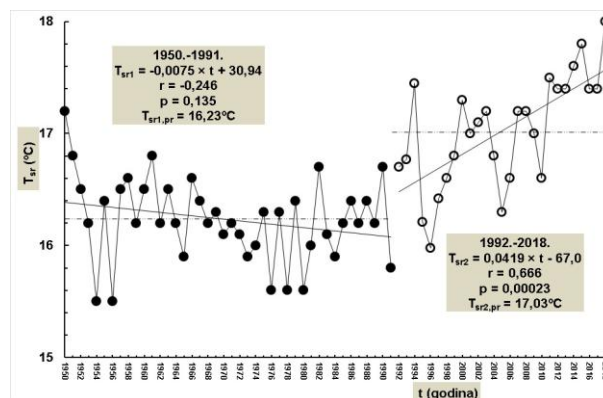
Slika 6. Tri grafa RAPS vrednosti nizova minimalnih (plava boja), srednjih (crna boja) i maksimalnih (crvena boja) godišnjih temperatura vazduha opaženih na Palagruži u razdoblju 1950.-2018., sa ucrtanim podrazdobljima

Na slici 7 grafički su prikazana dva podniza minimalnih godišnjih temperatura vazduha na ostrvu Palagruža, definirana RAPS metodom (1950.-1971.; 1972.-2018.), sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanom jednačinom pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i sa prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{min,pr}$. Statistička značajnost razlike prosečnih vrednosti u oba podniza testirana je t-testom. Ustanovljeno je da se one statistički značajno razlikuju pošto je vrednost verovatnoće, $p=0,0043$. Treba uočiti da je kod oba podniza trend opadajući i da je statistički neznačajan.

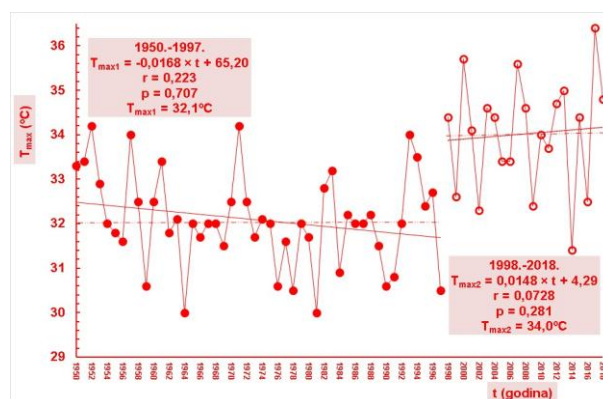


Slika 7. Dva podniza minimalnih godišnjih temperatura vazduha na Palagruži definisana RAPS metodom (vidi sliku 6), sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanim jednačinama pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{min,pr}$

Na slici 8 prikazana su dva podniza srednjih godišnjih temperatura vazduha Palagruže definisana RAPS metodom (1950.-1991.; 1992.-2018.) sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanim jednačinama pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i sa prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{sr,pr}$. Statistička značajnost razlike prosečnih vrednosti u oba podniza testirana je t-testom. Ustanovljeno je da se one statistički značajno razlikuju pošto je vrednost verovatnoće, $p=1,0E-10$. U prvom podnizu (1950.-1991.) trend je opadajući i statistički neznačajan, dok je u drugom podnizu (1992.-2018.) trend uzlazni i statistički značajan. To je vrlo značajan zaključak, jer ukazuje na tendencije povećavanja srednjih godišnjih temperatura u te tri zadnje protekle decenije.



Slika 8. Dva podniza srednjih godišnjih temperatura vazduha na Palagruži definisana RAPS metodom (vidi sliku 6), sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanim jednačinama pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{sr,pr}$



Slika 9. Dva podniza maksimalnih godišnjih temperatura vazduha na Palagruži definisana RAPS metodom (vidi sliku 6), sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanim jednačinama pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{max,pr}$

Na slici 9 prikazana su dva podniza maksimalnih godišnjih temperatura vazduha Palagruže definisana RAPS metodom (1950.-1997.; 1998.-2018.), sa ucrtanim pravcima linearne regresije i upisanim jednačinama pravca, vrednostima koeficijenta linearne korelacije, r , rezultatima M-K testa, p , i sa prosečnim vrednostima dva vremenska podniza, $T_{max,pr}$. Statistička značajnost razlike prosečnih vrednosti u oba

podniza testirana je t-testom. Ustanovljeno je da se one statistički značajno razlikuju pošto je vrednost verovatnoće, $p=7,4E-9$. U prvom podnizu (1950.-1997.) trend je opadajući i statistički neznačajan, dok je u drugom podnizu (1998.-2018.) trend je uzlazni i statistički neznačajan.

4. ZAKLJUČAK

Temperatura vazduha igra ključnu ulogu u mnogobrojnim geofizičkim, ekološkim, agrotehničkim, inženjerskim, zdravstvenim, ali i socijalnim procesima. Kao takva ona predstavlja jedan od bitnih parametara za objašnjavanje i rešavanje brojnih problema i dilema u domenu klimatskih procesa, kako onih koji su se desili u prošlosti, tako još više onih koji će se potencijalno dešavati u budućnosti, a vezani su sa procesima globalnog zagrevanja. To posebno ukazuje na značaj detaljnog praćenja i objašnjavanja, ali i što pouzdanijeg predviđanja trendova porasta temperatura na različitim lokacijama. Poseban značaj ima istraživanje tih procesa na malim ostrvima udaljenim od kopnenih masa, jer su uočene tendencija promena temperatura na njima znatno reprezentativniji sa gledišta izučavanja globalnih klimatskih procesa. Analize izvršene na otoku Velika Palagruža mogu biti od koristi za brojne otoke u Sredozemnom moru, ali i šire, jer se mogu koristiti i za izučavanja globalnih klimatskih dešavanja.

Trend porasta minimalnih godišnjih temperatura vazduha izmerenih na Palagruži statistički nije značajan, dok su trendovi porasta srednjih i maksimalnih godišnjih temperatura zraka statistički značajni. Trend raspona godišnjih temperatura ne pokazuje statistički značajan porast. Nagli statistički značajan skok (utvrđen t-testom) porasta minimalnih godišnjih temperatura nastupio je nakon 1972. godine, dok se skok kod niza srednjih godišnjih temperatura pojavio 20 godina kasnije, 1992. godine. Šest godina kasnije, 1998. došlo je do statistički značajnog skoka u nizu maksimalnih godišnjih temperatura vazduha.

Namera autora je bila da ovaj rad inicira detaljnija multidisciplinarna istraživanja promena temperatura na malim ostrvima, sa ciljem da se analizama tih procesa bolje pripreme za neizvesnu klimatsku budućnost koja ih očekuje. Ali, iz tih istraživanja se izvlače i mnogo širi zaključci – o klimatskim procesima koji će se odigravati na planeti, i načinima na koje se čovečanstvo treba da priprema da uspešno prebrodi sve izazove koje ga očekuju na tom planu.

LITERATURA

- [1] Bonacci O., Ljubenković I.: Različite vrijednosti i trendovi temperatura zraka na dvije postaje na malom otoku: slučaj meteoroloških postaja Korčula i Vela Luke na otoku Korčuli. *Hrvatske Vode*, 28(113): 183-196, 2020.
- [2] Falkland A.: *Hydrology and Water Resources of Small Islands: A Practical Guide*. UNESCO, 1991.
- [3] Veron S., Mouchet M., Govaerts R., Haeverymans T., Pellens R.: Vulnerability to climate change of islands worldwide and its impact on the tree of life. *Scientific Reports*, 9(14471), 2019.
- [4] Bogner, A. Geomorfološke značajke arhipelaga Palagruže. *Zbornik radova Simpozija Palagruža jadranski dragulj*, Matica Hrvatska, Kaštela, 87-95, 1996.
- [5] Duplancić Leder T., Ujević T., Čala M.: Coastline lengths and areas of islands in the Croatian part of the Adriatic Sea determined from the topographic maps at the scale 1:25,000. *Geoadria*, 9(1): 5-32, 2004.
- [6] Špoljarić D., Kranjec M., Medak F., Šoštar K.: Suvremena topografska izmjera i geovizualizacija palagruškog arhipelaga za potrebe interdisciplinarnih istraživanja. *Geodetski List*, 2: 87-106, 2010.
- [7] Milković, J.: Palagruža-oborinski podaci. *Zbornik radova Simpozija Palagruža jadranski dragulj*, Matica Hrvatska, Kaštela, 223-239, 1996.
- [8] Bonacci O.: Značaj meteoroloških podataka sakupljenih na Palagruži za bilancu voda Jadranskog mora. *Zbornik radova Simpozija Palagruža jadranski dragulj*, Matica Hrvatska, Kaštela, 287-291, 1996.
- [9] Pandžić K.; Sijerković M.: Dosadašnja istraživanja klime Palagruže. *Zbornik radova Simpozija Palagruža jadranski dragulj*, Matica Hrvatska, Kaštela, 299-306, 1996.
- [10] Lukšić, I.: Kakvoća i raspoloživost klimatoloških podataka Palagruže. *Zbornik radova Simpozija Palagruža jadranski dragulj*, Matica Hrvatska, Kaštela, 287-291, 1996.
- [11] Trošić Ž., Jašić D., Marinković V.: Climatic features of Palagruža Island, Croatia. *Geoadria*, 8/1: 39-46, 2003.
- [12] Bonacci O., Patekar M., Polo M., Roje-Bonacci T.: Analyses of climate variations at four meteorological stations on remote islands in the

- Croatian part of the Adriatic Sea. *Atmosphere*, 11(10): 1044, 2020.
- [13] Köppen W., Geiger R.: *Handbuch der Klimatologie: Das geographische System der Klimate*. Verlag von Gerbrüder Borntraøger, Berlin, 1936.
- [14] Mann H. B.: Non-parametric test of randomness against trend. *Econometrica*, 13(3): 245-259, 1945.
- [15] Kendall M. G.: *Rank correlation methods*, 4th edition. Charles Griffin, London. 1975.
- [16] Hamed K. H., Ramachandra R.: A modified Mann-Kendal trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(14): 182-196, 1998.
- [17] Shourov Md. M. H., Ishtiak. M.: pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*, 4: 1556. 2019.
- [18] Bonacci O.: Increase of mean annual surface air temperature in the Western Balkans during last 30 years. *Vodoprivreda*, 44 (255-257): 75-89, 2012.
- [19] Garbrecht J., Fernandez G. P.: Visualization of trends and fluctuations in climatic records. *Water Resources Bulletin*, 30(2): 297-306, 1994.
- [20] Bonacci O.: Air temperature and precipitation analyses on a small Mediterranean island: the case of the remote island of Lastovo (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Hydrotechnica*, 32(57): 135-150, 2019.

ANALYSIS OF AIR TEMPERATURES ON PALAGRUŽA ISLAND ON THE ADRIATIC SEA

by

Ognjen BONACCI¹, Duje BONACCI²

¹University of Split - Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy

²University of Zagreb - Faculty of Croatian Studies

Summary

The article analyzes the series of characteristic annual air temperatures (minimum, mean and maximum), measured on the small island of Palagruža in the Adriatic Sea in the period of 69 years (1950-2018). Using the Mann-Kendall (M-K) test, the existence of a statistically insignificant trend of increasing minimum annual air temperatures was determined. However, statistically significant trends in the increase of mean and maximum annual air temperatures were determined, which is a conclusion of great importance. Using the Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) method, the existence of two separate subseries in each of the

analyzed series of characteristic annual air temperatures was established. A sudden statistically significant jump (determined by t-test) of the rise in minimum annual temperatures occurred in 1972, while a jump in a series of mean annual temperatures occurred 20 years later, in 1992. Six years later, in 1998, there was a statistically significant jump in the range of maximum annual air temperatures.

Keywords: air temperature, sea temperature, small island, Mann-Kendall test, RAPS method, t-test, Palagruža island.

Redigovano 12.10.2020.