UDK: 551.583(497.11)

Stručni rad

Nedeljko TODOROVIĆ

TREND TEMPERATURE I PADAVINA U BEOGRADU I BRZE KLIMATSKE PROMENE

TEMPERATURE AND PRECIPITATION TRENDS IN BELGRADE AND RAPID CLIMATE CHANGE

IZVOD

Poslednjih nekoliko decenija hipoteza o globalnom zagrevanju i klimatskim promenama sve više je zastupljena u stručnim krugovima putem naučnih radova, a istovremeno se u široj javnosti predstavlja putem elektronskih i štampanih medija. U hipotezi se tvrdi da čovek industrijalizacijom i povećanom potrošnjom fosilnih goriva ubrzano i nepovratno menja klimu i na taj način ugrožava živi svet na Zemlji, uključujući i svoj. Najveća pažnja se posvećuje porastu globalne temperature i ekstremnim meteorološkim pojavama. U javnosti se malo zna za drugačiju argumentaciju, ali ona polako, uz poteškoće, izbija na svetlo dana, pre svega u naučnim krugovima. U ovom radu nema dovoljno prostora za obimnu argumentaciji i prikaz mnoštva primera da se klima ne menja od "juče do sutra". Dat je prikaz kratke analize trendova temperature i padavina na primeru podataka za Beograd.

ABSTRACT

In the last few decades, the hypothesis of global warming and climate change has been increasingly discussed in professional circles through scientific papers, and at the same time presented to the general public through electronic and print media. The hypothesis claims that by industrialization and increased consumption of fossil fuels, humans are rapidly and irreversibly changing the climate and thus endangering the living world on Earth, including themselves. Most attention has focused on the rise in global temperatures and extreme meteorological phenomena. Little is known in the general public about other issues, but they are slowly and with difficulty coming to light, especially in scientific circles. In this paper, there is not enough space for extensive argumentation or to present many examples of how climate does not change from "yesterday to tomorrow". However, a brief analysis of temperature and precipitation trends in Belgrade is presented.

UVOD

Međunarodni panel o klimatskim promenama (IPCC- *Intergovernmental Panel on Climate Change*) je ustanovio da približan porast prosečne globalne temperature vazduha na Zemlji, počevši od 1900. godine, iznosi oko 0,8 ± 0,1 °C i da je uzrokovan uglavnom antropogenim uticajem i povećanjem koncentracije gasova sa efektom staklene bašte. Navode se i drugi činioci, ali najzanimljivije je da se uticaj Sunčeve promenljive aktivnosti zanemaruje i opisuje kao nedovoljno proučen. Uvođenje hipoteze o odlučujećem značaju čovekovog delovanja na vreme i klimu predstavlja jednu vrstu antropocentrizma i ide tako daleko da se predlaže da se poslednjih pola veka u razvoju planete nazove Antropocen. Postoje institucije koje opreznije razmatraju tu temu, pa tako Američka geofizička unija (Bonacci, 2010) ima službeni stav da složenost klimatskog sistema otežava predviđanje nekih detalja klimatskih promena uzrokovanih čovekovom delatnošću. Na drugom polu mišljenja nalaze se istraživači koji vrlo jakom argumentacijom tvrde da je uticaj CO_2 precenjen (Bonacci, 2010) i zanemarljiv za porast temperature i da je glavni činilac energija Sunca, od koje zavise meteorološki procesi u atmosferi Zemlje i samim tim i klima, a od činilaca u atmosferi Zemlje najznačajnija je vodena para (sva agregatna stanja vode).

U svakom slučaju, u naučnim krugovima i u javnosti najčešće se čuju mišljenja grupacije koja tvrdi da je čovek uzročnik promene klime svojom emisijom gasova sa efektom staklene bašte, pre svega ugljen-dioksida. Poslednjih decenija sve je više zastupljenja i u državnim politikama gde se povezuje sa zaštitom prirode. Tema o klimatskim promenama prelazi u mit (Marković i sar., 2016). Svaka suprostavljena teorija se kvalifikuje kao pseudonaučna i retko se predstavlja u javnosti (Todorović, Vujović, 2019).

Nedeljko Todorović, dipl. meteorolog – Meteorološko društvo Srbije, nedeljko52@yahoo.com

METODOLOGIJA

Instrumentalno merenje meteoroloških parametara, pre svega temperature, u svetu postoji poslednjih 200-300 godina, tako da se za proučavanje klime rade rekonstrukcije temperature kao glavnog klimatskog parametra. Što duži niz podataka, bolje sagledavanje klimatskih trendova. U Srbiji najduži niz podataka ima Meteorološka opservatorija Beograd (MOB) na Vračaru, od 1887. godine. U nizu nedostaje deo podaka iz ratnih godina Prvog u Drugog svetskog rata. Takođe postoji i niz podataka koje je merenjem ostvario Vladimir Jakšić na svom imanju na Senjaku u Beogradu u period od 1848. do 1900. godine.

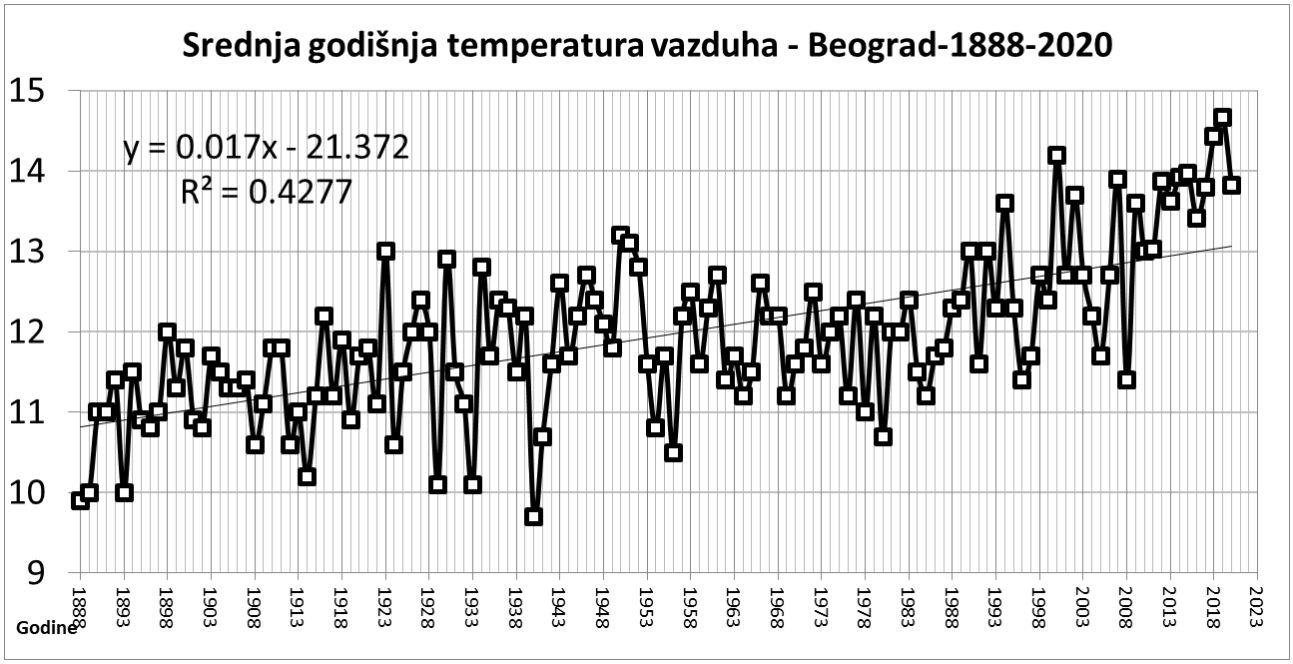
Za analizu su uzeti podaci o temperaturi i padavinama Meteorološke opservatorije Beograd (MOB) za period od 1888. do 2020. godine. Za sve nizove podataka urađeni su trendovi.

REZULTATI I KOMENTAR

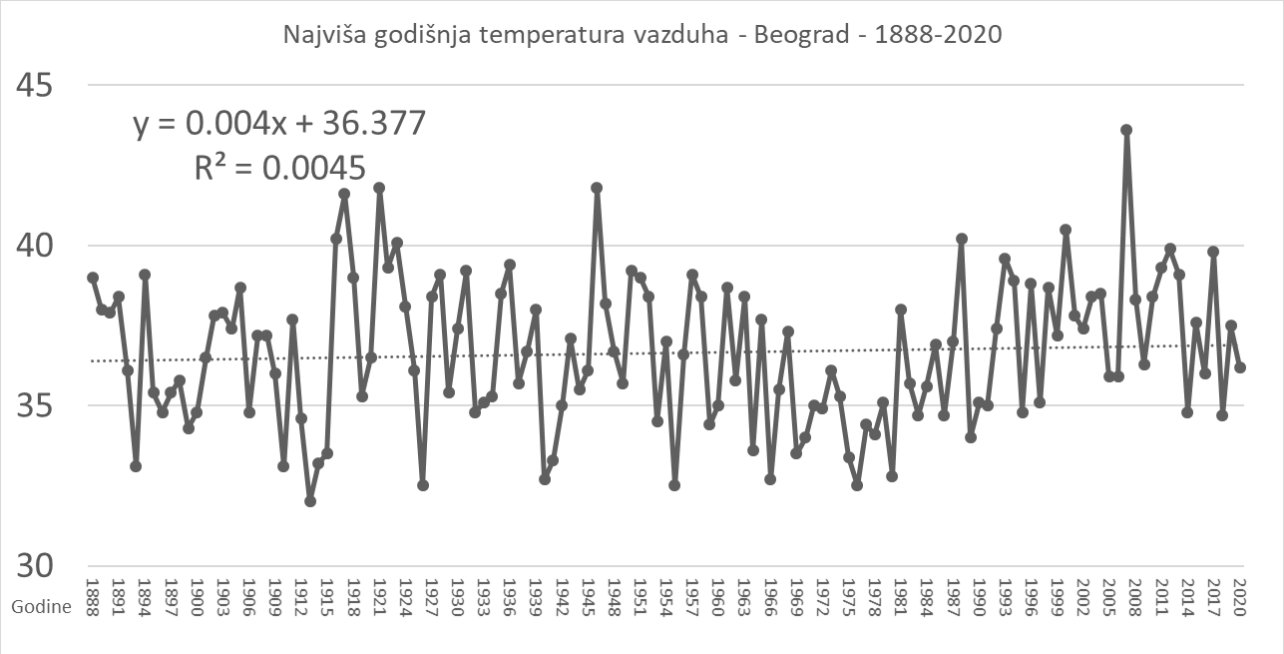
Srednja godišnja temperature u Beogradu za analizirani period je 12,1 °C. Sa grafika na slici 1 jasno se vidi da postoji porast srednje temperature, a trend promene iznosi 1,7/100 godina °C. Ta vrednost je viša od vrednosti trenda na globalnom nivou koji iznosi 0,8 ± 0,1 °C (Bonacci, 2010). Takođe, porast temperature nije linearan, zapaža se da je u periodu 1920-1950 bio porast, a u periodu 1950-1980 blagi pad, a od kraja '80 ponovo porast temperature. Ovakva dinamika promene temperature utvrđena je u većini regiona Evrope i u korelaciji je sa Atlanskom višedecenijskom oscilacijom (AMO). U mnogim regionima sveta postoji odstupanje trenda temperature od one globalne osrednjene vrednosti. Tako, na Antarktiku poslednjih šest decenija postoji blagi pad temperature.

Za analizu trenda promene temperature u Beogradu treba uzeti činjenicu da je prvih pola stoleća analiziranog perioda Opservatorija bila na periferiji grada, a zatim su se urbanizacijom promenili mikroklimatski uslovi u okolini mernog mesta na Vračaru. Ovakva promena mikroklime i stvaranje "urbanih toplotnih ostrva" (Bonacci, 2010; Vujović i Todorović, 2019), uočena je kod svih velikih gradova u svetu. Naučna zajednica, podeljena oko tumačenja uticaja čoveka na temperaturu na globalnom nivou, slaže se o uticaju čoveka na mikro planu. Iznos temperature koja je posledica mikroklimatskog uticaja zahteva analizu mnoštva činilaca uz stalne aproksimacije. Procene za milionske gradove se kreću najčešće od 0,5 do 1,0 °C, središta gradova su za toliko toplija od periferije. Za područje Beograda utvrđeno je da ta razlika nije ista svake godine i da zavisi od tipa vremena i kreće se od 0,46 do 0,88 °C (Vujović i Todorović, 2019). U odnosu na centar Beograda, dalja seoska periferija ima nižu temperature za 2-3 °C (Unkašević, 1994). Dakle, porast srednje godišnje temperature u Beogradu može približno da se podeli na dva približno jednaka dela, jedan je posledica porasta u skladu sa porastom na globalnom nivou (0,8/100 godina °C) i drugi (0,9/100 godina °C), koji je posledica urbanizacije i promene na mikroklimatskom nivou (toplotno ostrvo).

Kada bi se trend promene temperature određivao za neki kraći period, trendovi bi imali znatno veće vrednosti, bilo pozitivne, bilo negativne. Na primer, za niz 1970-2020 trend bi bio 4-5 °C/100 godina, što je malo verovatno, a to je vrednost koja se spominje u projekcijama IPPC-a. Međutim, ako niz podataka 1888-2020 produžimo (rekonstrukcija korelacijom) nizom podataka sa mernog mesta Senjak (1848-1900), dobija se trend porasta od 0,8 °C/100 godina



Slika 1. Srednja godišnja temperature vazduha u Beogradu za period 1888-2020.

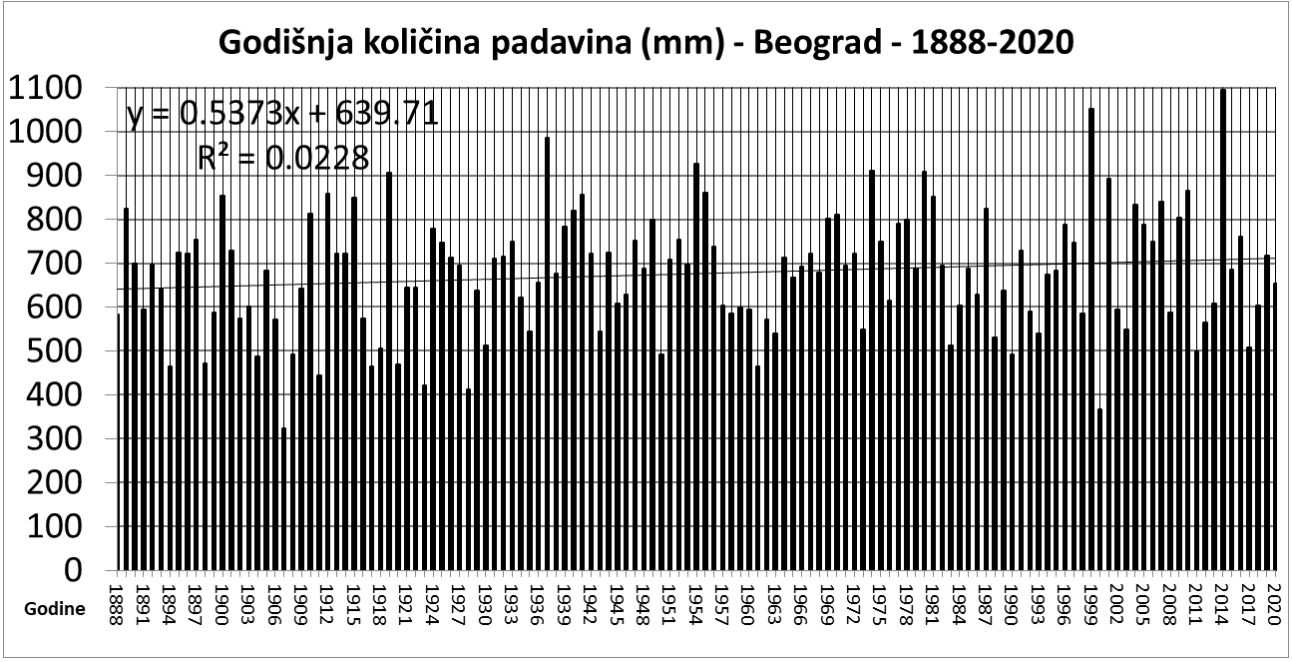


Slika 2. Najviša godišnja temperature vazduha u Beogradu za period 1888-2020.

(Todorović i Bilak, 2014). Zanimljivo je, da taj niz sa Senjaka ima trend pada -1,8 °C/100 godina. Ako oba niza produžimo rekonstrukcijom koristeći niz podata za Budimpeštu od 1780. godine (koeficijent korelacije Beograd-Budimpešta je 0,94), dobija se trend porasta od 0,36 °C/100 godina. Dakle, kraće episode porasta i pada temperature u trajanju od nekoliko decenija nisu pouzdan pokazatelj. Suprotno tome, rekonstrukcije temperature za nekoliko hiljada godina unazad potvrđuju da suštinskih promena u trendu temperature nije bilo i da se vrednosti trendova kreću u granicama koje su zabeležene poslednjih 150-250 godina.

Vrednosti trendova temperature jesu pokazatelj promene, ali za ocenu povezanosti dva parametra (korelacija), u ovom slučaju protoka vremena i temperature, najbitniji je koeficijent determinacije (R^2). Tumačenje trendova promena nema smisla ako su koeficijenti determinacije mali i nisu statistički značajni. Za navedene nizove temperature, R^2 je mali i veza ja slaba, u slučaju niza 1888-2020 je umeren (R^2 =0,4277, slika 1), što znači da godine i temperature imaju 42,77 % zajedničkih vrednosti.

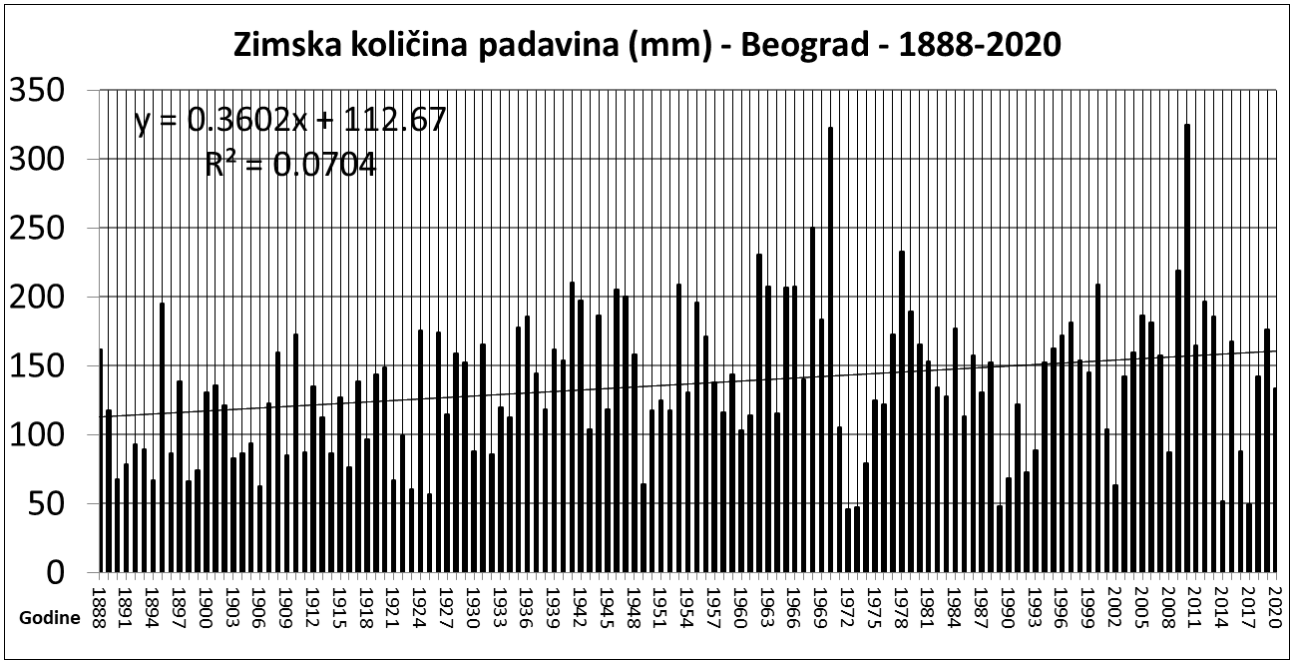
Na osnovu projekcija IPPC-a, temperature u Srbiji bi trebale da imaju vrednosti karakteristične za



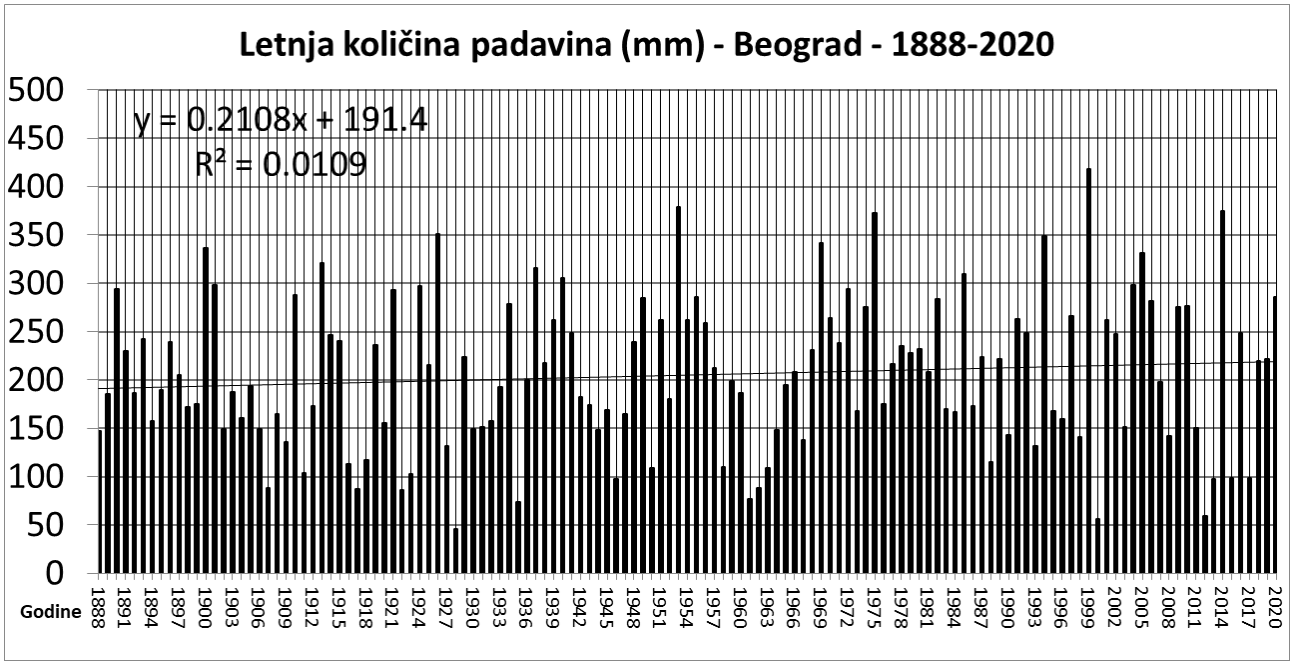
Slika 3. Godišnja količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.

Sredozemnu klimu. Iako su poslednje tri decenije u Beogradu zabeležene ekstremno visoke letnje temperature (rekordna vrednost 43,6 °C, 24.07.2007.), merni podaci pokazuje da ih je bilo i pre stotinak godina. Trend porasta vrednosti najviših godišnjih temperature je vrlo mali (0,4 °C/100 godina), koeficijent determinacije takođe (R^2 =0,0044, slika 2) i nema smisla da se trend promene tumači.

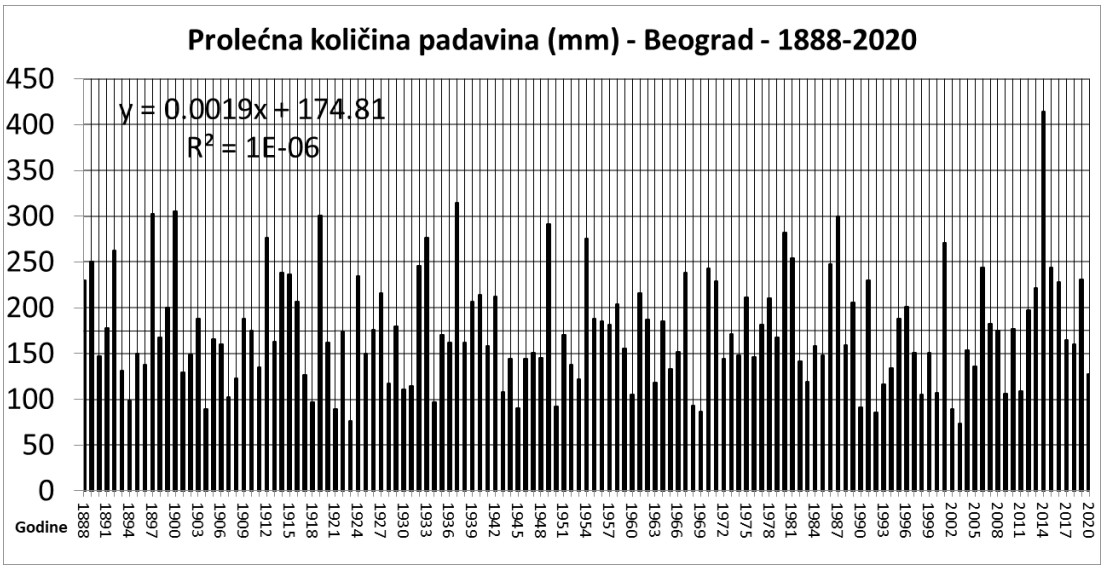
Drugi važan parameter koji karakteriše klimu su padavine. Rezultati analize padavina za Beograd ukazuju da nema statistički značajne promene u količini padavina na godišnjem i sezonskom nivou, R^2 je mali u svim slučajevima (slike 3, 4, 5, 6 i 7). Takođe, trendovi porasta ekstremnih mesečnih i dnevnih količina padavina i broja dana sa količinom padavina većom od 20 mm ne ukazuju na bilo kakvu značajnu promenu (slike 8, 9 i 10). Iako su 2014. godine zabeležne brojne rekordne vrednosti jednodnevnih i dvodnevnih kiša na području Srbije, analiza celog perioda pokazuje da nema statistički značajnog povećanja ekstremnih padavina.



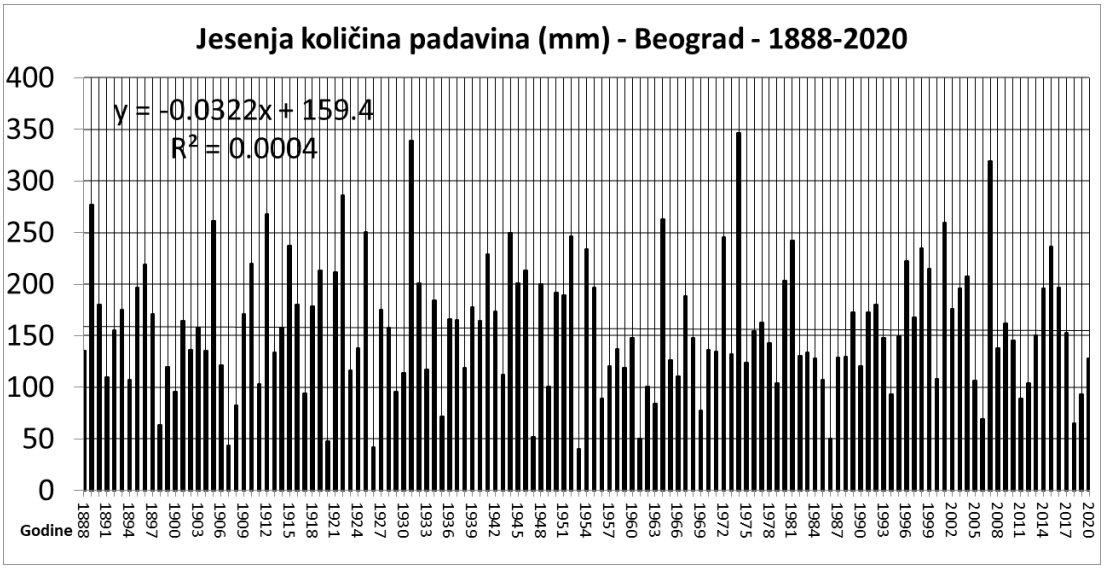
Slika 4. Zimska količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



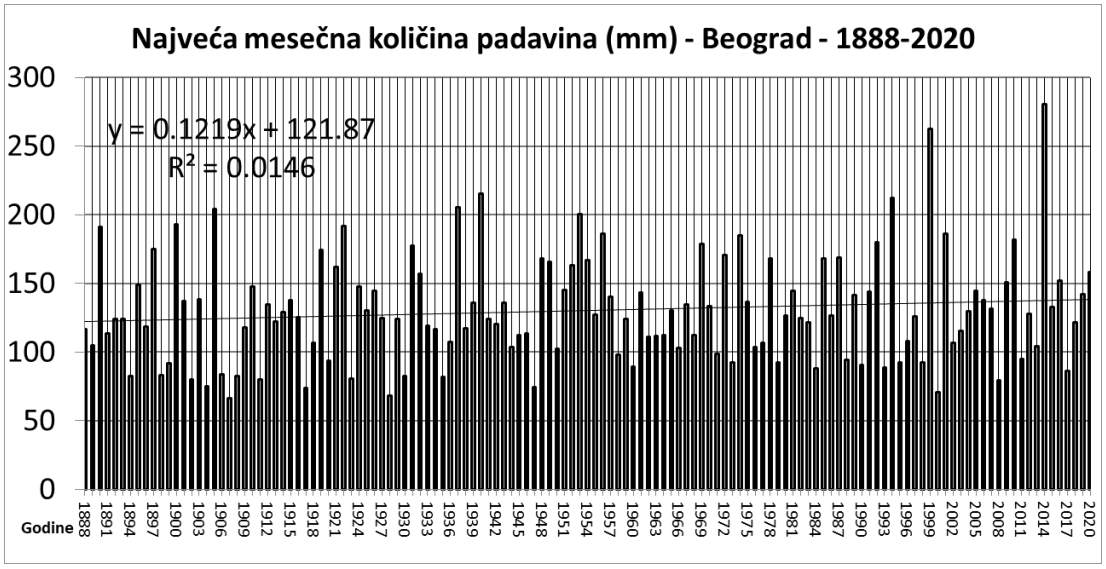
Slika 5. Letnja količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



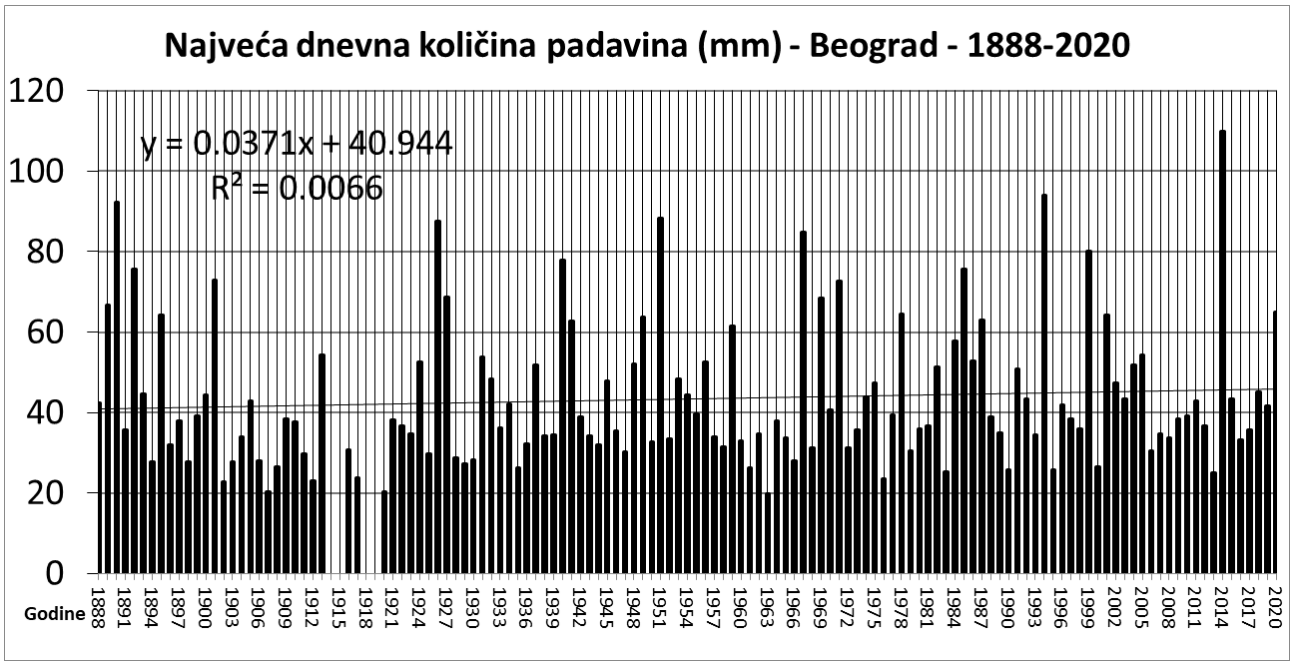
Slika 6. Prolećna količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



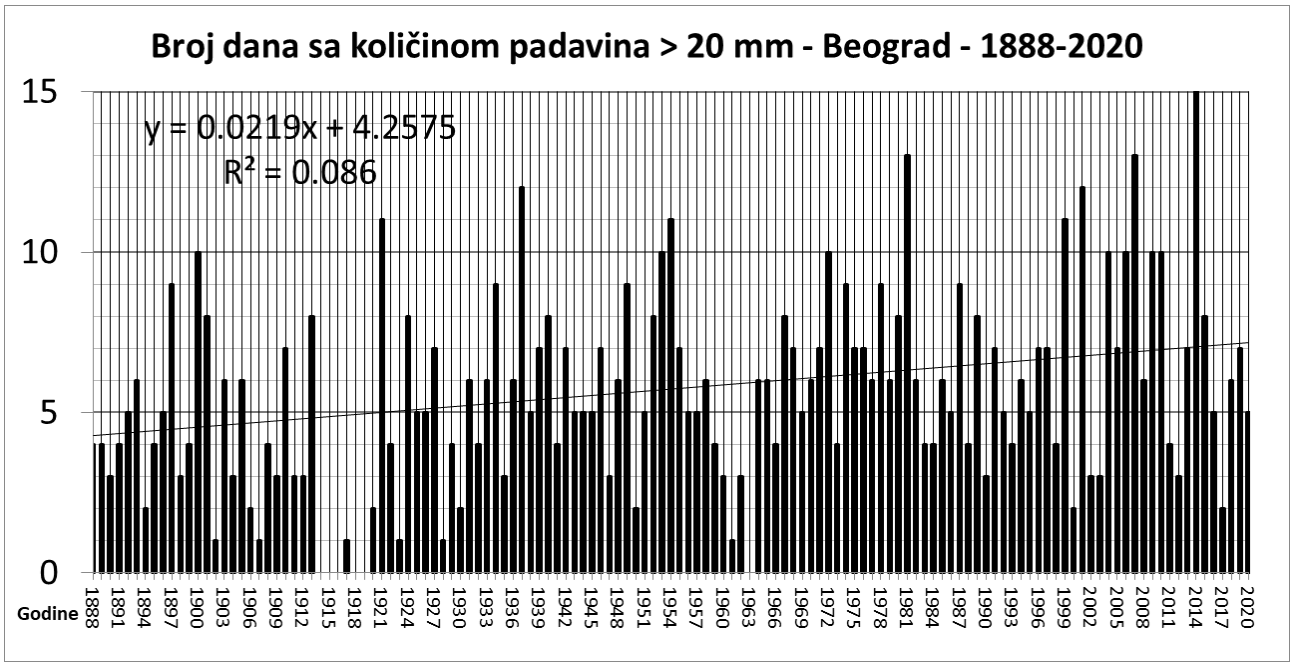
Slika 7. Jesenja količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



Slika 8. Najveća mesečna količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



Slika 9. Najveća dnevna količina padavina u Beogradu za period 1888-2020.



Slika 10. Godišnji broj dana sa količinom padavina >20 mm u Beogradu za period 1888-2020.

ZAKLJUČAK

Analiza podataka o temperaturi i padavinama, zabeleženih na Meteorološkoj opservatoriji Beograd u periodu 1888-2020, i produženje niza podataka o temperaturi na period 1780-2020 na osnovu rekonstrukcije, pokazuje da nema značajnih promena tih parametara poslednjih 100-200 godina. Trendovi pada i porasta koji postoje, predstavljaju periodične oscilacije pojedinih parametara i nisu pokazatelj promene klime. Te promene su posledica prirodnih procesa u atmosferi Zemlje, dok je uticaj čeoveka zanemarljiv na globalno nivu, a njegov uticaj se odražava na lokalnom nivou u vidu promene mikroklimatskih uslova kao što je pojava toplotnih ostrva u velikim gradovima.

Čovekova emisija ugljen-dioksida predstavlja svega 3 % od prirodnog fluksa tog gasa. Povećanje njegove koncentracije u atmosferi je posledica pre svega prirodnih procesa. Najveći rezervoar ugljen-

dioksida su okeani. Porast temperaure okeana ima za posledicu izlazak ugljen-dioksida u atmosferu, i obrnuto. A promena temperature okeana zavisi od energije koja dolazi sa Sunca. Pored toga, ugljen-dioksid je nevidljiv gas, nije štetan, hrana je biljkama, a biljke su čovekova hrana. I najvažnija činjenica je da ugljen-dioksid ima zanemarljiv uticaj na promenu temperature, a glavni gas sa efektom staklene bašte je vodena para. I svi ti procesi na Zemlji zavise od energije sa Sunca, a energija koju proizvodi čovek je zanemarljiva u odnosu na nju.

Saznanja o klimi i rasprava o klimatskim promenama izašla su iz okvira nauke. Nije slučajno. To potvrđuje istraživanje politikologa (Đurković, 2013): „U pozadini teorije o globalnom zagrevanju kao posledici antropogenog uticaja nalaze se „nenormativni, skriveni i teško prozirni putevi praktikovanja moći", a njeno javno medijsko predstavljanje je „instrumentalno ispoljavanje moći" i njeno nametanje javnosti je sastavni deo ostalih društvenih fenomena koji su „oruđe kontrole, manipulacije, potčinjavanja i redukovanja čitavih civilizacija, nacija i kultura".

LITERATURA:

1. Bonacci, O., (2010) Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj, GRAĐEVINAR 62(9), 781-791.
2. Đurković, M. (2013) Tamni koridori moći: putevi savremene političke teorije, Ukronija, Beograd.
3. IPCC (2007) Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York.
4. Marković, S. et al. (2016) Global warming – between the myth and reality, Zbornik radova Konferencija Arčibald Rajs, Beograd Global Warming TOM II Rajs 2016, p. 304-313.
5. Podaci Meteorološke opservatorije Beograd (MOB), Hidrometeorološki zavod Srbije.
6. Todorović, N., Bilak, V. (2014) Rekonstrukcija srednje godišnje temperature u Beogradu za period od početka merenja na MOB, BSM, sveska 7.
7. Todorović, N., Vujović, D. (2019) Scientific views on climate change in newspaper articles, „Pregled Nacionalnog centra za digitalizaciju"; Преглед НЦД 35, 1–11.
8. Vujović, D., Todorović, N. (2018) Urban/rural fog differences in the Belgrade area, Serbia. Theoretical and Applied Climatology, 131, 889-898.
9. Unkašević, M., Klima Beograda, Naučna knjiga, Beograd, 1994.