

PROMENE TEMPERATURE VAZDUHA U ISTOČNOJ SRBIJI U PERIODU 1961-2017. GODINA

CHANGES IN EASTERN SERBIA AIR TEMPERATURE IN THE PERIOD 1961-2017. YEARS

Goran Anđelković¹
Ivan Samardžić²

^{1,2} Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, 11000 Beograd,
andelkovic@ptt.rs, ivan_samardzic85@hotmail.com

REZIME

Promene temperature vazduha spadaju u najvažniji segment globalnih klimatskih promena. Istočna Srbija je geografski raznovrsna regija, odvojena planinskom barijerom od ostalih delova Srbije i klimatskih uticaja sa zapada. Zato ima veću kontinentalnost klime. Ovaj rad prikazuje prostorne i vremenske promene temperature vazduha na osnovu podataka sa meteoroloških stanica Negotin, Zaječar, Dimitrovgrad i visinske stanice Crni Vrh. Rezultati pokazuju da temperatura opada ka većoj nadmorskoj visini i ka jugu. Osim toga, temperatura vazduha, praćena kolebanjima, na istraživanim stanicama opada do sedamdesetih i osamdesetih godina, a onda raste. Rezultati mogu da ukažu na ekonomske implikacije prostornih i vremenskih promena temperature vazduha.

KLJUČNE REČI

Temperatura, Srbija, regija, trend, promene, posledice.

ABSTRACT

Changes in air temperature are one of the most important segments of global climate change. Eastern Serbia is a geographically diverse region, separated by a mountain barrier from climatic influences from the west. Therefore, its climate is more continental. This paper shows air temperature at meteorological stations Negotin, Zajecar, Dimitrovgrad and Crni Vrh. The results indicate a temperature decrease to high altitudes and to the south of the region. The temperature, although fluctuating, indicates a negative trend by the seventies and eighties, and then a positive trend. Spatial and temporal changes in air temperature have economic implications.

KEYWORDS

Temperature, Serbia, region, trend, changes, consequences.

1. UVOD

Danas najveće interesovanje vlada za raznovrsne pokazatelje vremenskog toka temperature vazduha, iako u prostoru, na vrlo malim rastojanjima, postoje velike razlike u prosečnim višegodišnjim stanjima atmosfere. Srbija prati globalni trend otopljanja, međutim, istraživanja su pokazala negativne vrednosti linearnog trenda temperature u delovima južne i jugoistočne Srbije (Ducić, Radovanović, 2005; Popović et al., 2009). Do sličnih rezultata došli su i istraživači u nekim susednim zemljama, kao na primer u Bugarskoj (Alexandrov, 2000).

Regija Istočna Srbija prostire se između Dunava, granice sa Bugarskom, razvođa prema slivu Vlasine i dolina Velike i Južne Morave, Mlave i Peka (Marković, 1980). To je geografski vrlo raznovrsna planinsko-kotlinska i dolinska oblast, izdužena u meridijanskom pravcu oko 200 km i široka do 85 km. Okosnicu ove regije, površine 13.607 km², čine doline Timoka i Nišave. Sliv Timoka otvara regiju prema severu (prema Vlaško-pontijskom basenu) i u njemu je najveća koncentracija stanovništva i ekonomskih delatnosti. Sliv Nišave na jugu je u značajnoj meri odvojen od ove dominantne celine. Cela regija je odvojena planinskom barijerom na zapadu od ostalih delova Srbije, ali i zatvorena planinama prema istoku i jugu, osim prodora kroz uske doline i klisure. Ova regija poseduje pravi mozaik klime i ovde se može izdvojiti čak više klimatskih "jedinica" (Rakićević, 1968; Rakićević, 1976). Za detaljna klimatska istraživanja veliki nedostatak predstavlja retka mreža osmatračkih stanica, ali je urađena precizna izotermna karta regije (Živković, Smiljanić, 2005). Linearni trend godišnje temperature vazduha u drugoj polovini XX veka pozitivan je u Negotinu i Zaječaru, gde iznosi oko 0,6°C po dekadi, ali je negativan u Dimitrovgradu, gde iznosi čak -0,5°C po dekadi (Milovanović, 2010).

Ovaj rad ima cilj da sagleda osnovne promene temperature u prostoru i vremenu na najrelevantnijim stanicama regije, bez namere da ulazi u dublje statističke i geografske analize. Tako može da posluži za dalja osnovna i primenjena istraživanja. Sa "protokom" vremena uvek ostaje problem klime u najnovijem periodu i njenih ekonomskih implikacija. Pojave vezane za temperaturu proizvode uticaje na mnoge komponente geografske sredine. Istraživanja već pokazuju smanjenje letnjih padavina, uz smanjenje oticaja i nastavak ovog trenda na jugoistoku i istoku Srbije (Jovanović, Popović 1997; Dodig et al. 2006; Popović, 2007). Iznenađujuće jake padavine i poplave nanose velike štete, čak i u oblastima sa smanjenim prosečnim količinama padavina kao što su centralna Evropa i Mediteran (EEA, 2008).

2. PROSTORNO-VREMENSKE PROMENE TEMPERATURE VAZDUHA

2.1 Baza podataka i metodologija istraživanja

U radu su korišćene vremenske serije izabranih parametara temperature sa četiri meteorološke stanice meteorološkog osmatračkog sistema Srbije, ranga sinoptičkih stanica. Tri stanice su dolinske (Negotin, Zaječar i Dimitrovgrad), a jedna je visinska stanica (Crni Vrh). Obrađeni podaci se odnose na period između 1961. i 2017. godine.

Ove stanice smeštene su u različitim fizičkogeografskim uslovima, ali su u osnovi raspoređene u meridijanskom pravcu od Negotina na severu do Dimitrovgrada na jugu, pri čemu im u istom smeru rastu nadmorske visine (Tabela 1). Negotin i Zaječar se nalaze u dolini Timoka u severnoj polovini regije, a Dimitrovgrad je u dolini Nišave u južnom delu regije, odvojen planinama visine preko 1000 m, na razvođu ove dve reke. Stanica Crni vrh leži u planinskoj zoni severozapadno od Zaječara.

Tabela 1. Osnovni podaci o meteorološkim stanicama korišćenim u radu

Stanica	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina
Negotin	44° 14' N	22° 33' E	42 m
Zaječar	43° 53' N	22° 18' E	144 m
Dimitrovgrad	43° 01' N	22° 45' E	450 m
Crni vrh	44° 07' N	21° 57' E	1037 m

Analizirane su srednje mesečne temperature vazduha, srednje maksimalne i srednje minimalne temperature po mesecima i na godišnjem nivou. Takođe su ispitivane temperature po godišnjim dobima i temperature tople i hladne polovine godine. Osobnosti regije su određivane upoređivanjem sa relevantnim stanicama u unutrašnjosti Srbije. Izabrane su stanice u Smederevskoj Palanci i Čupriji, koje leže zapadno od planinske barijere koja ih odvaja od naspramnih stanica Negotina i Zaječara. Crni Vrh je upoređivan sa Zlatiborom, na sličnoj visini u zapadnom delu Srbije. Poređenje je vršeno u dva klimatska perioda: 1961-1990. godina i 1981-2010. godina. U radu su birani klimatski indeksi i formule koji na jednostavan način karakterišu tražene pokazatelje klime. Uvidom u odgovarajuće tabele i grafike vremenskog toka ispitivanih parametara uočavaju se njihove najbitnije osobnosti. Trend temperature je određivan linearnom regresijom. Pošto je stanica na Crnom Vrh u počela sa radom 1966. godine, urađena je ekstrapolacija nedostajućih podataka dopunjavanjem niza metodom diferencija, na osnovu podataka sa stanice Zaječar.

2.2 Termičke osobenosti Istočne Srbije

Prema najrelevantnijim pokazateljima temperature vazduha na izabranim stanicama, u Istočnoj Srbiji je u januaru hladnije, a u julu toplije nego u Centralnoj Srbiji, što se može videti u tabelama 2 i 3. Ovo se odnosi kako na prosečne mesečne temperature, tako i na januarske minimume i julske maksimume temperature vazduha. Oba rezultata ukazuju na veću kontinentalnost na stanicama u slivu Timoka. Pretpostavilo se da bi broj mraznih dana mogao da ukaže na kontinentalnost, ali se to nije pokazalo ni u jednom periodu. Ipak, broj tropskih dana je nešto veći na stanicama u Istočnoj Srbiji, što je posledica kontinentalnosti klime. Na godišnjem nivou, Negotin (pod uticajem Vlaške nizije) je malo topliji, a Zaječar (više "zavučen" među planine) malo hladniji od Centralne Srbije. Crni Vrh je hladniji od Zlatibora, kako po kriterijumu temperatura ekstremnih meseci i godišnjoj temperaturi (u drugom periodu se razlika značajno povećala), tako i po broju dana sa ekstremnim temperaturama. To odražava rast kontinentalnosti ka istoku na visini u atmosferi. Detaljnija promena stepena kontinentalnosti u ovoj regiji nije ispitivana, ali neki autori ističu na osnovu ispitivanja tokom XX veka da Negotinska krajina gubi kontinentalna obeležja i da ima sve blažu klimu (Živković i dr. 2005).

Tabela 2. Termičke razlike između izabranih stanica u Centralnoj i Istočnoj Srbiji u periodu 1961-1990. godina (T_{jan} – srednja januarska temperatura, Tn_{jan} - srednja minimalna januarska temperatura, T_{jul} - srednja julska temperatura, Tx_{jul} - srednja maksimalna julska temperatura, N_{md} – broj mraznih dana, N_{td} - broj tropskih dana)

	T_{jan}	Tn_{jan}	T_{jul}	Tx_{jul}	T_{god}	N_{md}	N_{td}
Smed. Palanka	-0.4	-3.9	20.9	27.2	11	84.2	24.7
Negotin	-1.1	-4.5	22.1	28.5	11.1	89.3	31.2
Razlika	0.70	0.60	-1.20	-1.30	-0.10	-5.10	-6.50
Čuprija	-0.7	-4.2	20.4	27.5	10.7	91.9	30
Zaječar	-1.4	-5.3	20.9	28.1	10.4	106.2	29.8
Razlika	0.70	1.10	-0.50	-0.60	0.30	-14.30	0.20
Zlatibor	-3.3	-6.4	16.3	21.1	7.1	120.3	1.3
Crni vrh	-4.2	-7	16	20.7	6.4	133.3	0.8
Razlika	0.90	0.60	0.30	0.40	0.70	-13.00	0.50

Tabela 3. Termičke razlike između izabranih stanica u Centralnoj i Istočnoj Srbiji u periodu 1981-2010. godina (T_{jan} – srednja januarska temperatura, Tn_{jan} - srednja minimalna januarska temperatura, T_{jul} - srednja julska temperatura, Tx_{jul} - srednja maksimalna julska temperatura, N_{md} – broj mraznih dana, N_{td} - broj tropskih dana)

	T_{jan}	Tn_{jan}	T_{jul}	Tx_{jul}	T_{god}	N_{md}	N_{td}
Smed. Palanka	0.7	-2.8	22	28.7	11.5	83	37
Negotin	0.3	-3.1	23.5	29.7	11.8	82	44
Razlika	0.40	0.30	-1.50	-1.00	-0.30	1.00	-7.00
Čuprija	0.2	-3.3	21.5	29.2	11.1	95	43
Zaječar	-0.2	-4.2	22.4	29.7	11	102	46
Razlika	0.40	0.90	-0.90	-0.50	0.10	-7.00	-3.00
Zlatibor	-2.1	-5.2	17.2	23.1	7.7	116	5
Crni vrh	-3.5	-6.3	16.9	21.8	6.6	128	2
Razlika	1.40	1.10	0.30	1.30	1.10	-12.00	3.00

Po Keppenovoj klasifikaciji Negotin u periodu 1961-1990. godina ima umereno toplu i vlažnu klimu sa žarkim letom i maksimumom padavina u rano leto sa vedrim poznim letom - C_{fax} . Analizirane vrednosti temperature vazduha i padavina tokom perioda 1981-2010. godina pokazuju promenu u pogledu režima padavina, pa klimatska formula dobija oblik „ C_{fax} ”, sa tom razlikom što je u odnosu na prethodnu prvi maksimum padavina u jesen a drugi u proleće, jer je jesenja količina padavina prevazišla prolećnu (nezatno, za 1,4 mm). Zaječar ima u prvom periodu C_{fbx} klimu jer je temperatura vazduha u julu ispod 22°C (20,9°C). U drugom periodu klima u ovom mestu pokazuje karakteristike C_{fax} klime jer je temperatura u julu za 0,4°C prešla granicu od 22°C. Dimitrovgrad ima C_{fbx} klimu u oba perioda. Na Crnom Vrh u na planinama na kojima je srednja januarska temperatura ispod -3°C, takođe u oba perioda vlada D_{fbx} klima.

Keppenova klimatska formula (do nivoa četvrtog slova) ne može da pokaže razlike između ispitivanih delova Srbije. Stanice u Pomoravlju, Smederevska Palanka i Čuprija, imaju takođe *Cfbx* klimu u oba klimatska perioda. Zlatibor ima *Dfbx* klimu u prvom periodu, ali je u drugom njegova januarska temperatura porasla iznad -3°C (dostigla je $-2,1^{\circ}\text{C}$) i tada je klima svrstana u *Cfbx* grupu.

2.3 Prostorne promene temperature vazduha u Istočnoj Srbiji

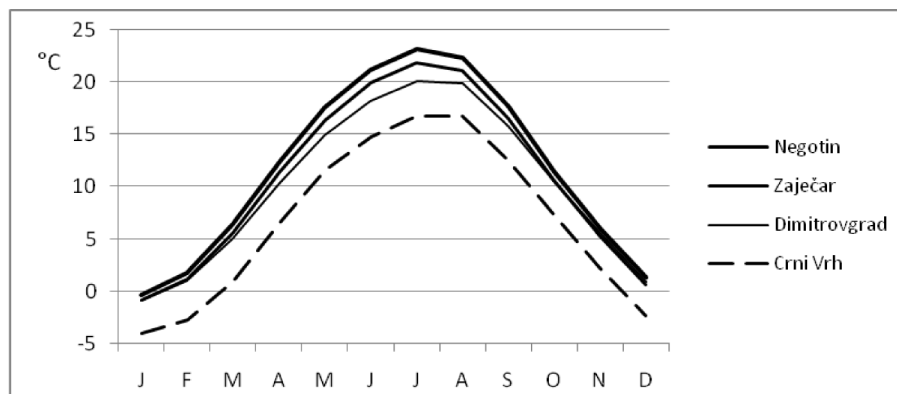
Srednja godišnja temperatura vazduha u periodu 1961-2017. godina na dolinskim stanicama u Istočnoj Srbiji opada od severa ka jugu (Tab. 4). U Negotinu iznosi $11,7^{\circ}\text{C}$, u Zaječaru je $0,9^{\circ}\text{C}$ niža, a u Dimitrovgradu još $0,7^{\circ}\text{C}$ niža. Najizraženiji faktor koji može da utiče na njen pad jeste nadmorska visina. Opadanje je približno vrednostima termičkog gradijenta između Negotina i Zaječara, čija je razlika u visini 102 m. Između Negotina i Dimitrovgrada je visinska razlika čak 408 m, a razlika u temperaturi $1,6^{\circ}\text{C}$, tako da se može izračunati gradijent i na profilu između ova dva mesta ($0,39^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$). Najveće razlike u temperaturama među analiziranim stanicama se beleže u prolećnim mesecima.

Tabela 4. Srednje mesečne temperature vazduha na meteorološkim stanicama u Istočnoj Srbiji ($^{\circ}\text{C}$)

Stanica	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	God.
Negotin	-0.4	1.7	6.4	12.2	17.5	21.1	23.1	22.3	17.6	11.4	5.9	1.3	11.7
Zaječar	-0.8	1.2	5.6	11.3	16.3	19.9	21.8	21.1	16.5	10.6	5.3	0.7	10.8
Dimitrovgrad	-0.9	1.0	5.0	10.2	14.9	18.2	20.1	19.9	15.7	10.5	5.6	0.9	10.1
Crni vrh	-4.0	-2.8	1.0	6.5	11.6	14.7	16.8	16.8	12.5	7.3	2.3	-2.3	6.7

Kao što se vidi u tabeli 4 i na slici 1, najhladniji mesec u Istočnoj Srbiji je januar. Posle januara temperature vazduha rastu prema letnjim mesecima. Najtopliji mesec u celoj Istočnoj Srbiji je juli. Negotin je sa $23,1^{\circ}\text{C}$ znatno topliji od Zaječara sa $21,8^{\circ}\text{C}$, a pogotovo od Dimitrovgrada sa $20,1^{\circ}\text{C}$.

Temperaturne prilike na Crnom Vrh su značajno drugačije nego na nizijskim stanicama (Tab. 4 i Sl. 1), bez obzira što razlika u visini između Dimitrovgrada i Crnog Vrh nije mnogo veća nego između Negotina i Dimitrovgrada (587 m, prema 408 m), s tim što treba ukazati na značajnu udaljenost između ove dve stanice.



Slika 1. Godišnji tok temperature vazduha na meteorološkim stanicama u Istočnoj Srbiji

April je topliji od oktobra u Negotinu za $0,8^{\circ}\text{C}$, a u Zaječaru za $0,7^{\circ}\text{C}$, dok je u Dimitrovgradu hladniji za $0,3^{\circ}\text{C}$. To ukazuje na izraženu kontinentalnost klime u Timočkom basenu, ali na drugačiju situaciju u dolini Nišave. Na Crnom Vrh oktobar je za $0,8^{\circ}\text{C}$ topliji od aprila, što (kao u Dimitrovgradu) odgovara uobičajenim odlikama klime Srbije, koja po ovoj osobini pokazuje značajan uticaj maritimnosti. Da bi se ispitao stepen kontinentalnosti, izračunati su odgovarajući termički koeficijenti.

Kernerov termički koeficijent računat je na osnovu prosečne temperature oktobra (T_{okt}), prosečne temperature aprila (T_{apr}) i godišnje amplitude temperature vazduha (T_{ag}), po formuli:

$$TK = (T_{okt} - T_{apr}) \cdot 100 / T_{ag}$$

Rezultati su vrlo zanimljivi, pošto ovaj koeficijent signalizira na kontinentalnu klimu ako mu je vrednost manja od 15%, a na izrazito kontinentalnu klimu ako ima negativnu vrednost. Njegova vrednost u Negotinu iznosi -3,4%, u Zaječaru -3,1%, dok je u Dimitrovgradu 1,4%, a na Crnom Vrh 3,8%. Znači, klima je u svim mestima kontinentalna, ali je u Negotinu i Zaječaru izrazito kontinentalna. Manojlović je još pre skoro četiri decenije upoređivao vrednost Kernerovog koeficijenta u Negotinu i u Beogradu: -2,8,% prema 3,0% (Manojlović, 1980).

Kvantifikacija kontinentalnosti ovih mesta, urađena je i pomoću koeficijenta koji je uveo Gorčinski, a modifikovao Konrad kao meru godišnje amplitude temperature, a u zavisnosti od geografske širine (φ):

$$K = (1,7 T_{ag} / (\sin\varphi + 10)) - 14.$$

Izračunata za Negotin njegova vrednost iznosi 35,2, za Zaječar 33,5, a za Dimitrovgrad 30,7. Znači da najveću kontinentalnost ima Negotin, a prema jugu ona gotovo pravilno opada.

Ako pogledamo sezonske temperature na nizijskim stanicama (Tab. 5) zapažamo da je srednja zimska temperatura malo iznad nule. Proleće je toplije od jeseni u Negotinu i Zaječaru, dok je u Dimitrovgradu obratno. Podaci sa prve dve stanice ukazuju na kontinentalnost. Poznato je da je u ostalim delovima naše zemlje jesen toplija od proleća. Prosečna letnja temperatura se kreće od oko 19°C do oko 22°C. U svim slučajevima Negotin pokazuje značajne razlike. Zima je na Crnom Vrh hladna sa prosečnom -3°C, dok je leto prilično sveže sa 16,1°C. Jesen je toplija od proleća za čitav stepen, što opet pokazuje maritimne uticaje.

Tabela 5. Temperature godišnjih doba (°C)

Stanica	Proleće	Leto	Jesen	Zima
Negotin	12.0	22.2	11.6	0.9
Zaječar	11.1	20.9	10.8	0.4
Dimitrovgrad	10.0	19.4	10.6	0.3
Crni vrh	6.4	16.1	7.4	-3.0

Vertikalni gradijent temperature računat je između Zaječara i Crnog Vrh, čija je visinska razlika 893 m, a horizontalna udaljenost 38 km (Tab. 6). Godišnja vrednost temperaturnog gradijenta na ovom profilu iznosi 0,46°C na 100 m nadmorske visine. Najniži je u decembru, 0,33°C, a onda raste ka prolećnim mesecima, tako da najvišu vrednost gradijent dostiže u junu, 0,58°C. Ovo je uobičajeni tok jer se zimi Zemljina površina u kontinentalnim oblastima rashladi, a onda se relativno brzo zagreva, dok temperatura na većim visinama sporije raste. Ipak, ovo su relativno male vrednosti u odnosu na uobičajeni gradijent od 0,6°C, što je prikladnije kontinentalnim temperaturnim prilikama. Naročito su velike razlike u odnosu na gradijente koje navode Ducić i Radovanović za područje Vlasine, gde se na godišnjem novou približavaju 1°C, a tokom letnjih meseci čak prelaze 1°C (Ducić, Radovanović, 2005).

Tabela 6. Vertikalni gradijent temperature vazduha (γ_T) na profilu Zaječar-Crni Vrh (°C /100m)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	God.
γ_T	0.36	0.44	0.52	0.53	0.53	0.58	0.56	0.49	0.44	0.36	0.34	0.33	0.46

Geografija planinskih oblasti Istočne Srbije je izuzetno raznovrsna i specifičnosti pojedinih lokaliteta su vrlo različite. Zbog toga se može pretpostaviti da lokalni položaj merne stanice možda ima veću težinu nego reljef ili samo nadmorska visina. Naročiti bi bilo korisno ispitati gradijente na različitim ekspozicijama i uglovima nagiba.

Prema dobijenom gradijentu godišnja temperatura svedena na nivo mora iznosi 11,5°C. Na 500 m visine godišnja temperatura je 9,2°C, na 1000 m iznosi 6,9°C, a na 1.500 m bi bila 4,6°C. Položaj godišnje izoterme od 10°C je na 318 m, a izoterme od 5°C je na 1.404 m. Godišnja temperatura od 0°C bi se hipotetički nalazila na visini od 2.491 m. Važan je i položaj julske izohipse od 10°C na 2.251 m nadmorske visine. Ovi podaci imaju bioklimatski značaj, jer botaničari mogu da vežu položaj julske izoterme od 10°C za gornju šumsku granicu. Naravno, treba imati u vidu i sve manjkavosti pri linearnom izražavanju temperaturnih gradijenata s obzirom na heterogenost geografskog prostora.

Srednje minimalne temperature vazduha pokazuju jasno opadanje prema jugu (tab. 7). U Zaječaru su niže nego u Negotinu, tokom cele godine. Razlike su duplo veće u toploj polovini godine (oko 2°C) nego u hladnoj polovini (oko 1°C). U Dimitrovgradu su noći hladnije u toploj polovini godine između 0,5°C i 1°C

nego u Zaječaru, a u hladnoj polovini godine ovde je uglavnom malo toplije noću. Na Crnom Vrh u zimskoj polovini godine hladnije nego u Dimitrovgradu, čak preko 2°C, dok je u letnjoj polovini neznatno hladnije. U avgustu su noći toplije na Crnom Vrh nego u Dimitrovgradu. Naravno, ekstremi su uvek pod velikim lokalnim uticajima, naročito u specifičnim uslovima koji nastaju pod uticajem malih oblika reljefa.

Tabela 7. Srednje minimalne temperaturne vazduha (°C)

Stanica	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	God.
Negotin	-3.8	-2.1	1.6	6.5	11.3	14.8	16.3	15.7	11.8	6.6	2.3	-1.9	6.6
Zaječar	-4.7	-3.1	0.3	4.6	9.4	12.7	13.9	13.4	9.8	5.1	1.1	-3.0	4.9
Dimitrovgrad	-4.5	-3.0	0.1	4.2	8.6	11.7	13.0	12.8	9.5	5.3	1.5	-2.6	4.7
Crni vrh	-6.7	-5.5	-2.0	2.9	7.8	11.1	12.8	12.9	9.1	4.3	-0.4	-4.8	3.5

Srednja maksimalna temperatura vazduha u Istočnoj Srbiji malo se menja od severa ka jugu i promene na posmatranim stanicama su veoma male (Tab. 8). Na godišnjem nivou su njene vrednosti u Zaječaru iste kao u Negotinu (17,0°C). One tek u Dimitrovgradu padaju za 0,5°C. Naravno, na Crnom Vrh je srednja maksimalna temperatura dosta niža (10,7°C). U Zaječaru srednji maksimumi u hladnoj polovini godine neznatno su viši nego u Negotinu, ali su u toploj polovini godine neznatno niži (do 0,5°C). U prelaznim godišnjim dobima maksimalne temperature se izjednačavaju. U Dimitrovgradu očekivane dnevne temperature leti su osetno niže nego u Zaječaru (do 1,6°C u julu). Zimi su razlike skoro neprimetne, čak je u februaru, oktobru i novembru, po ovom pokazatelju, u toku dana toplije. Crni Vrh je u svim mesecima tokom dana hladniji. Mesečne razlike su tokom cele godine slične i kreću se između 4,3°C i 6,7°C.

Tabela 8. Srednje maksimalne temperaturne vazduha (°C)

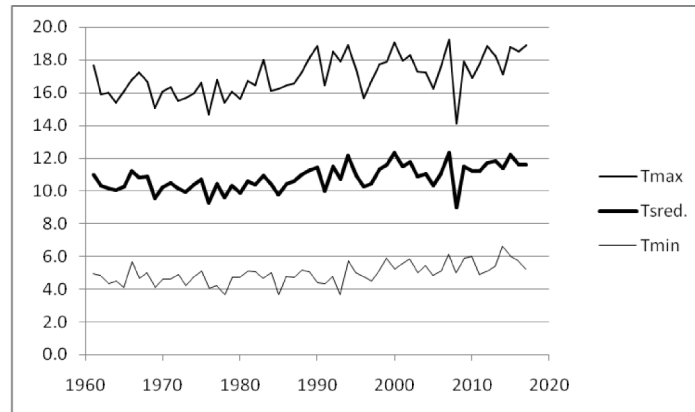
Stanica	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	GOD.
Negotin	3.1	5.7	11.6	18.0	23.3	27.0	29.4	29.2	24.5	17.5	10.0	4.5	17.0
Zaječar	3.6	6.2	11.6	17.8	23.0	26.7	29.0	28.9	24.2	17.5	10.4	5.0	17.0
Dimitrovgrad	3.5	6.3	11.3	16.9	21.7	25.1	27.6	27.9	23.6	17.7	11.0	4.9	16.5
Crni vrh	-0.8	0.3	4.6	10.9	15.9	19.1	21.6	21.7	17.0	11.3	5.5	0.6	10.7

Do sada najniža temperatura vazduha u Istočnoj Srbiji, -33,2°C, izmerena je u Negotinu još 8.01.1947. godine. U Zaječaru se spustila do -29,0°C krajem prošlog veka, 13.01.1985. godine, a u Dimitrovgradu -29,3°C, znatno ranije, 25.01.1963. godine. Na Crnom Vrh je najniža temperatura vazduha bila "samo" -22,2°C istog dana kada je i u Zaječaru zabeležen minimum, 13.01.1985. godine, ali je ta temperatura viša nego na svim niskim stanicama. To opet ukazuje na sporo opadanje minimalnih temperatura sa nadmorskom visinom i na pojave inverzija, što su pokazala i druga istraživanja (Rakićević, 1976). Ipak, neki klimatolozi pretpostavljaju da je područje Stare planine, koje ne raspolaže stanicama na velikim visinama, jedan od "polova hladnoće" Srbije (Milovanović, 2010). Apsolutno maksimalna temperatura u Istočnoj Srbiji je izmerena u Zaječaru, čak 44,7°C. U Negotinu je izmereno najviše 42,6°C, a na Crnom Vrh 36,5°C. Ove temperature su izmerene 24.07.2007. To je datum kada su probijeni apsolutni maksimumi temperature vazduha skoro u celoj Srbiji i kada je u Smederevskoj Palanci zabeležen apsolutni maksimum u našoj zemlji od 44,9°C (Anđelković, 2007). U Dimitrovgradu je izmereno najviše 42,0°C, još 8.09.1946. godine. Detaljnim proučavanjem ekstremnih temperatura u Negotinu došlo se do podataka da su pragovi za ekstremni minimum u Negotinu -11,6°C, a za ekstremni maksimum 36,9°C (Anđelković, 2006). Međutim, ne treba zaboraviti da su apsolutni ekstremi pod izrazitim lokalnim uticajima.

2.4 Vremenske promene temperature vazduha u Istočnoj Srbiji

Analizom višegodišnjeg toka tri najvažnija parametra temperature vazduha uočava se sličnost na sve četiri proučavane stanice u periodu 1961-2017. godina u Istočnoj Srbiji. Dobijeni trendovi se slažu sa globalnim tokom temperature vazduha na Zemlji u drugoj polovini XX veka i početkom XXI veka: trendom opadanja do sedamdesetih ili osamdesetih godina, a onda trendom rasta (IPCC, 2007). Takođe, uočava se sličnost sa prethodnim istraživanjima koja pokazuju da je u Srbiji rast godišnje temperature počeo 1983. godine, a da je rapidan porast prisutan od 1991. godine (Popović et al. 2009). Na Slici 2 su kao primer prikazani tokovi proučavanih temperatura u Zaječaru. Kao prelomna tačka za sve stanice i parametre uzeta je najniža temperatura u proučavanom periodu.

Srednja godišnja temperatura vazduha u Zaječaru opada do 1976. godine kada se spustila na $9,3^{\circ}\text{C}$, a onda se beleži trend rasta (sl. 2). Intenzitet opadanja je prosečno $0,39^{\circ}\text{C}$ po dekadi, a naknadni intenzitet rasta $0,34^{\circ}\text{C}$. Srednja maksimalna temperatura opada takođe do 1976. godine, do $14,7^{\circ}\text{C}$, a onda raste. Srednja minimalna temperatura stagnira čak do 1993., kada je bilo $3,7^{\circ}\text{C}$, a onda raste. Najtoplije godine u Zaječaru su 2007. i 2000. sa po $12,3^{\circ}\text{C}$ pa 2015. i 1994. sa po $12,2^{\circ}\text{C}$.



Slika 2. Tok srednjih godišnjih, srednjih maksimalnih i srednjih minimalnih temperatura vazduha u Zaječaru u periodu 1961-2017. godina

Trend opadanja srednje godišnje temperature u Negotinu je malo duži nego u Zaječaru i traje do 1978. godine, kada se spustila na $10,1^{\circ}\text{C}$, a onda se uočava trend rasta. Intenzitet opadanja je $0,42^{\circ}\text{C}$ po deceniji, a naknadni intenzitet rasta iznosi $0,59^{\circ}\text{C}$. Srednja maksimalna temperatura opada do 1980. godine kada se spustila na $15,3^{\circ}\text{C}$, a onda raste. Srednja minimalna opada do 1985. godine kada je iznosila 5°C , pa počinje da raste. Najtoplije godine u Negotinu redom su 2015. sa $13,7^{\circ}\text{C}$, pa 2007. sa $13,5^{\circ}\text{C}$ i 2000. sa $13,1^{\circ}\text{C}$.

Srednja godišnja temperatura vazduha u Dimitrovgradu opada kao u Zaječaru do 1976. godine (spustila se na $8,8^{\circ}\text{C}$), a onda raste. Intenzitet opadanja je $0,53^{\circ}\text{C}$, a rast koji sledi iznosi $0,42^{\circ}\text{C}$ prosečno po dekadi. I srednja maksimalna temperatura opada do 1976. godine ($14,6^{\circ}\text{C}$), a onda raste. Srednja minimalna blago opada čak do 1993. godine, kada je iznosila $3,6^{\circ}\text{C}$, a onda počinje da raste. Najtoplije godine u Dimitrovgradu tokom istraživanog perioda su 2012. sa $11,2^{\circ}\text{C}$, zatim 2015. i 1994. sa $11,1^{\circ}\text{C}$.

Na Crnom Vrh u srednja godišnja temperatura opada čak do 1991. godine ($5,1^{\circ}\text{C}$). Onda se uočava rast. Intenzitet opadanja je $0,22^{\circ}\text{C}$, a intenzitet rasta $0,49^{\circ}\text{C}$ po deceniji. Srednja maksimalna temperatura opada do 1991. godine ($9,0^{\circ}\text{C}$), a onda raste. Srednja minimalna blago opada do 1996. godine kada je bilo $2,1^{\circ}\text{C}$, pa počinje da raste. Na Crnom Vrh su najtoplije godine 2015. i 2000. sa $8,2^{\circ}\text{C}$, zatim 2007. sa $8,1^{\circ}\text{C}$.

Istraživanja sprovedena u Srbiji pokazuju da do porasta temperature vazduha dolazi prvenstveno leti, a ne zimi, kako predviđa većina paleoklimatskih modela, usled pojačanog efekta staklene bašte (Radovanović, Ducić, 2004). Osim toga, u periodu 1949-2009. godina pokazuje se pozitivan trend temperature za proleće i leto, a negativan trend za jesen u celoj Srbiji, dok u slučaju zimske sezone postoji negativan trend samo u jugoistočnoj Srbiji, koji uključuje i stanicu u Dimitrovgradu (Stanojević, 2011). U ovom radu se dobija da je u periodu od 1961. do 2017. godine u Negotinu došlo do jačeg otopljenja u toplom nego u hladnom delu godine. Ono je u tih šest meseci iznosilo $0,46^{\circ}\text{C}$ po dekadi, dok je u hladnoj polovini godine iznosilo $0,33^{\circ}\text{C}$ po dekadi. U Zaječaru je takođe otopljanje bilo izraženije u toploj polovini godine, ali je razlika u odnosu na hladnu polovinu manja nego kod Negotina (rast temperature je u oba slučaja manji nego u Negotinu). Otopljavalo je $0,29^{\circ}\text{C}$ po dekadi u toploj polovini, a $0,21^{\circ}\text{C}$ u hladnoj polovini godine. U Dimitrovgradu je otopljenje znatno manje. U letnjoj polovini godine trend je $0,23^{\circ}\text{C}$ po dekadi, a u zimskoj samo $0,15^{\circ}\text{C}$. Ovaj rezultat i situacija u Jugoistočnoj Srbiji upućuje na već pomenute rezultate o negativnom trendu temperature, tj. zahlađenju, u ovom delu naše zemlje. Za Crni Vrh su dobijene slične vrednosti. Porast temperature je u toploj polovini godine $0,24^{\circ}\text{C}$ po deceniji, a u hladnoj polovini $0,17^{\circ}\text{C}$ po deceniji. Vidimo da je na svim stanicama, pored uobičajenih godišnjih fluktuacija i trenda zahlađenja šezdesetih i sedamdesetih godina, generalno došlo do porasta temperature, koji je veći u toploj nego u hladnoj polovini godine, što je suprotno od globalnih tokova. Detaljna analiza grafika pokazuje da se trend s kraja XX veka nastavlja i tokom XXI veka kada su pitanju sva tri proučavana parametra temperature.

3. ZAKLJUČAK

Istočna Srbija je najkontinentalniji deo Srbije, ali to nije izraženo na svim parametrima temperature. Pokazalo se da najveći efekat na osobine klime ima nadmorska visina. Sa porastom visine polako se gube i kontinentalna obeležja. Kao rezultat promena temperature treba očekivati promene u drugim klimatskim elementima, njihovoj učestalosti, intenzitetu i trajanju. Primarno se ističu efekti poplava i suša, kao i potrebe vodosnabdevanja i navodnjavanja. Prosečne temperature ukazuju na opšte uslove životne sredine, ali ekstremne temperature imaju veći ekonomski značaj. Ističe se agroklimatski značaj minimalnih temperatura. Ujednačenost minimalnih temperatura na većim visinama mogla bi da predstavlja povoljnu pojavu. Međutim, ova regija je geografski vrlo raznolika, što nameće potrebu za detaljnijim istraživanjima.

Takođe, ovde se pokazalo da ne treba precenjivati rezultate istraživanja globalne promene klime, ni uticaje makroklimatskih faktora. To pokazuje primer Negotina i pretpostavka da bi u njemu trebalo da vladaju najoštrije temperaturne prilike. Vremenski tok temperature ima više fluktuacija. Brojni poznati, ali i nepoznati faktori, odražavaju se na klimu različitih prostornih celina. Raspored i tok osnovnih klimatskih parametara neke regije u najnovijem periodu ne uklapa se uvek u rezultate prethodnih izučavanja.

Promene temperature vazduha prevashodno dovode do promena bioklimatskih uslova. Nakon toga dolaze efekti temperaturnih promena na ekonomiju. To nameće potrebu za povećanjem otpornosti društva na izmenjene klimatske uslove u konkretnim prostornim celinama i adekvatno upravljanje ovim resursom.

REFERENCE

- Alexandrov V. 2000. Climate Variability in Bulgaria during the 20th Century. *Reconstructions of Climate and modelling, Prace Geograficne*, Vol. 107, Institute of Geography of the Jagiellonian University, Cracow.
- Anđelković G. 2006. Metodologija određivanja ekstremnih temperatura vazduha na primeru januara i jula meseca u Negotinu. *Glasnik SGD*, sv. 86, br. 2, str. 61-72.
- Anđelković G. 2007. Temperaturne prilike u julu 2007. godine kao ekstremna klimatska pojava u Srbiji. *Glasnik SGD*, sv. 87, br. 2, str. 51-62.
- Dodig D., Spasov P., Miletić R. 2006. The Occurrence of Drought and its Effects on Plant Production in Eastern Serbia, *Acta Agriculturae Serbica*, Vol. 11, No. 21, pp. 45-51.
- Ducić V., Radovanović M. 2005. Klima Srbije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- EEA 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment, *EEA Report*, No. 4, pp. 37-167.
- IPCC 2007. *Ed., Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, ISBN 92-9169-122-4.
- Jovanović O., Popović T. 1997. Drought periods duration on the territory of FR Yugoslavia, *Drought and plant production*, Vol. 1, Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", str. 117-122.
- Marković J. 1980. *Regionalna geografija SFR Jugoslavije*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Manojlović P. 1980. Prilog poznavanju klime severoistočne Srbije. *Glasnik SGD*, sv. 60, br. 1, str. 49-62.
- Milovanović B. 2010. Klima Stare planine. Geografski institut „Jovan Cvijić“, Beograd.
- Popović T. 2007. Trend promena temperature vazduha i količine padavina na području Republike Srbije, *Šume i promena klime*, Šumarski fakultet, str. 81-123.
- Popović T., Đurđević V., Živković M., Jović B., Jovanović M. 2009. Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji, *Peta regionalna konferencija "EnE09 - Životna sredina ka Evropi"*, Beograd.
- Radovanović M., Ducić V. 2004. Kolebanje temperature vazduha u Srbiji u drugoj polovini XX veka. *Glasnik SGD*, sv. 84, br. 1, str. 19-28.
- Rakićević T. 1968. Klimatske karakteristike Đerdapskog područja. *Zbornik radova Geografskog instituta PMF*, br. 15, str. 15-25.
- Rakićević T. 1976. Klimatske karakteristike Istočne Srbije. *Zbornik radova Geografskog instituta „Jovan Cvijić“*, br. 28, str. 41-67.
- Stanojević G. 2011. Analiza varijabilnosti sezonskih temperatura vazduha na prostoru Srbije. *Treći kongres srpskih geografa*, Geografsko društvo Republike Srpske, PMF u Banja Luci, Banja Luka, str. 171-181.
- Živković N., Smiljanić S. 2005. Izotermna karta Istočne Srbije. *Glasnik SGD*, sv. 85, br. 1, str. 31-38.
- Živković L.J., Živković N., Janić-Siridžanski M. 2005. Termički režim Negotinske krajine. *Glasnik SGD*, sv. 85, br. 1, str. 39-48.