

## MODELOVANJE KLIMATSKIH PROMENA U FUNKCIJI PROCENE RANJIVOSTI STANOVNIŠTVA

Aleksa Stevanović<sup>1</sup>

**Apstrakt:** Klimatske promene imaju snažan uticaj na društvene i ekološke sisteme, čime se povećava ranjivost stanovništva, naročito u regionima koji su pogođeni ekstremnim vremenskim pojavama. Nejednaka prostorna raspodela intenziteta klimatskih promena i demografskih karakteristika stanovništva zahteva diferenciran pristup analizi ranjivosti. Stanovništvo koje naseljava određene teritorije nije podjednako izloženo rizicima – posebno su ugrožene starije osobe, deca, hronični bolesnici i socijalno ugrožene grupe.

U ovom radu korišćeni su javno dostupni prostorni podaci o klimatskim promenama i distribuciji stanovništva, kao i GIS alati, u cilju procene broja stanovnika koji žive u zonama sa najizraženijim porastom broja dana sa ekstremnim temperaturama (iznad 35 °C). Iako postoje određena ograničenja u vezi sa preciznošću prostornih podataka (kao što je rezolucija podataka), njihova kombinacija omogućava identifikaciju područja sa najvećim rizikom i otkriva obrasce raspodele ranjivosti stanovništva u različitim delovima teritorije. Rad prikazuje konkretne teritorije u Srbiji koje su najpogođenije ovim promenama i pruža okvirnu procenu broja stanovnika u potencijalno najugroženijim zonama.

Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao osnova za buduća regionalna i lokalna istraživanja, kao i za razvoj nacionalnih strategija adaptacije i ublažavanja posledica klimatskih promena. Takođe, rad ističe značaj unapređenja prostornih baza podataka.

**Ključne reči:** klimatske promene, ranjivost stanovništva, GIS analiza, toplotni talasi.

### CLIMATE CHANGE MODELING FOR THE ASSESSMENT OF POPULATION VULNERABILITY

**Abstract:** Climate change has a strong impact on social and ecological systems, increasing the vulnerability of population, especially in regions affected by extreme weather events. The unequal spatial distribution of the intensity of climate change and demographic characteristics of the population requires a differentiated approach to vulnerability analysis. The population inhabiting certain territories is not equally exposed to risks – older adults, children, individuals with chronic illnesses, and socially vulnerable groups are particularly at risk.

This paper uses publicly available spatial data on climate change and population distribution, as well as GIS tools, to estimate the number of people living in areas with the most significant increase in the number of days with extreme temperatures (above 35°C). Although there are certain limitations regarding the precision of spatial data (such as data resolution), their combination allows for the identification of areas with the highest risk and reveals patterns of vulnerability distribution among the population in different parts of the territory. The paper

---

<sup>1</sup> diplomirani prostorni planer, E-mail: aleksastevanovic00@gmail.com,  
ORCID: 0009-0007-8847-2019

## ***Modelovanje klimatskih promena u funkciji procene ranjivosti stanovništva***

---

presents specific territories in Serbia that are most affected by these changes and provides an approximate estimate of the number of people in potentially the most vulnerable areas. The results obtained can serve as a foundation for future regional and local research, as well as for the development of national strategies for climate change adaptation and mitigation. Furthermore, the paper highlights the importance of enhancing spatial databases.

**Key words:** climate change, population vulnerability, GIS analysis, heatwaves.

### **UVOD**

Klimatske promene predstavljaju jedan od ključnih izazova današnjeg društva, sa sve izraženijim posledicama koje utiču na čovekovu svakodnevicu. Kompleksnost ove pojave ogleda se u nizu različitih hidrometeoroloških elemenata čiji efekti se međusobno prepliću i dovode do naglih i ekstremnih promena vremenskih uslova. Porast prosečne temperature, broja tropskih noći i dana, povećanje učestalosti vremenskih nepogoda poput poplava, suša, požara, toplotnih talasa, efekti su sa kojima se suočavamo sve češće. Regionalne karakteristike utiču na nejednaku raspodelu njihovih posledica, što zahteva različite pristupe u planiranju i upravljanju tim prostorima (WHO, 2021; WHO, 2023).

Poput teritorije, ni stanovništvo nije homogeno (ni po svojoj strukturi ni po rasprostranjenosti), a širok opseg posledica klimatskih promena, podrazumeva prepoznavanje ranjivih kategorija društva (WHO, 2023; EEA, 2018). Koncept ranjivosti stanovništva na klimatske promene obuhvata međusobnu povezanost tri komponente: izloženosti, osetljivosti i kapacitet za prilagođavanje (Adger, 2006). Identifikacija ranjivih grupa i prostora od posebnog je značaja za razvoj ciljanih strategija ublažavanja posledica klimatskih promena. Brojne međunarodne studije koriste geografske informacione sisteme (GIS) za modelovanje klimatske ranjivosti, što omogućava precizno preklapanje klimatskih sa demografskim i socioekonomskim slojevima geopodataka (EEA, 2018).

Cilj ovog rada je da se, GIS analizom podataka o promenama klimatskih uslova i distribucije stanovništva, prikažu mogućnosti za identifikovanje prostornih obrazaca i procenu broja ranjivog stanovništva na toplone talase u Srbiji.

### **UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA ZDRAVLJE STANOVNIŠTVA**

Klimatske promene imaju direktan i indirektan uticaj na zdravlje stanovništva. Promene klimatskih elemenata dovode do sve češćih prirodnih nepogoda poput suša, poplava, požara, oluja i dr. One predstavljaju direktnu opasnost po sigurnost i zdravlje stanovništva. Ekstremne promene temperature vazduha predstavljaju ogromnu pretnju, a sa predviđenim porastom učestalosti i intenziteta, neophodno je izvršiti adaptaciju čovekovog okruženja kako bi posledice ovog trenda bile umanjene (IPCC, 2022; Watts et al., 2023).

Prema brojnim studijama, starije osobe izdvajaju se kao posebno osetljiva kategorija stanovništva na nagle i dugotrajne temperaturne ekstreme. Takođe, u ranjive grupe spadaju i trudnice, deca, hronični bolesnici, kao i socijalno ugroženi koji nemaju adekvatnu zdravstvenu zaštitu i žive u objektima bez sistema za hlađenje (WHO, 2023). Tokom ekstremno toplih perioda, ljudski organizam je izložen dodatnom fiziološkom stresu koji može uzrokovati dehidrataciju, hiperventilaciju, toplotni udar, pogoršanje postojećih stanja, pa čak i smrtno ishode. Države EU predviđaju da će broj umrlih 2030. godine zbog posledica izloženosti ekstremnim toplotnim uslovima, iznositi oko 30.000 godišnje, a da će se taj broj do 2080. godine najmanje udvostručiti (Ilić, 2024).

Urbane sredine u kojima živi veliki procenat stanovništva Srbije naročito su pogođene ovom pojavom zbog osobina građevinskih materijala prisutnih u gradovima. Takvo okruženje dovodi do pojačavanja efekata zbog čega se temperatura vazduha u gradu uvećava od 2 do 12 °C u odnosu na seoska područja (Ilić, 2024).

U Srbiji je zabeležen porast broja dana sa ekstremnim temperaturama, naročito u južnim i centralnim krajevima, a klimatske projekcije ukazuju da će se ovaj trend intenzivirati u narednim decenijama (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, 2022). Posledice će naročito pogoditi osetljive grupe i lokalne zajednice koje već imaju problem sa dostupnošću zdravstvene i socijalne zaštite.

Prepoznavanje najranjivijih grupa od ključnog je značaja za planiranje i sprovođenje mera adaptacije – uključujući razvoj sistema upozoravanja, prilagođavanje zdravstvene i komunalne infrastrukture, kao i urbanog planiranja u skladu sa novim klimatskim uslovima (Watts et al., 2023; WHO, 2021).

### **METODOLOGIJA I DOSTUPNOST PODATAKA**

Osnovni zadatak ovog rada je da se proceni broj ljudi koji stanuju u zonama koje trpe najveće promene u broju dana sa temperaturom iznad 35°C. Za potrebe ove analize, korišćeni su prostorni podaci o klimatskim promenama i distribuciji stanovništva. Povećanjem preciznosti i složenosti ovih podataka, raste i relevantnost, verodostojnost, kao i mogućnosti njihove analize.

U radu su korišćena dva javno dostupna izvora podataka. Podaci o klimatskim promenama preuzeti su sa portala Digitalni atlas klime Srbije (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, 2022), dok su podaci o stanovništvu preuzeti sa platforme Global Human Settlement Layer (GHSL). Klimatski podaci omogućavaju posmatranje promena na mreži (gridu) veličine 10 × 10 km, što značajno utiče na preciznost krajnjih rezultata. Ovakav nivo rezolucije nije dovoljan za detaljnu lokalnu analizu niti za precizno izdvajanje najugroženijih zona, gde dodatnu ulogu igraju i fizičko-geografske karakteristike terena. Ipak, za potrebe ovog rada – čiji je cilj demonstracija mogućnosti analize i okvirna identifikacija teritorija sa izraženim klimatskim promenama – ovaj nivo detaljnosti je adekvatan. S druge strane, visoka rezolucija populacionog rastera omogućava izuzetno preciznu procenu broja stanovnika u izdvojenim područjima.

U ovom radu analizirana je promena broja dana sa temperaturom iznad 35°C u periodu 2011–2020. godina, u poređenju sa referentnim periodom 1961–1990. godina. Podaci su obrađeni u QGIS softveru, primenom GIS tehnika prostorne analize. Prilikom odabira parametara koji se odnose na referentni i posmatrani period, neophodno je pristupiti s posebnom pažnjom, uz detaljnu analizu uporedivosti podataka i kritičku procenu verodostojnosti zaključaka koji se iz njih mogu izvesti.

Ukupan broj dana sa temperaturama preko 35°C u toku jedne godine, na teritoriji Srbije, povećan je u pojedinim oblastima i za do 12 dana u odnosu na referentni period. Na osnovu ovih podataka izvršena je reklasifikacija rastera prema stepenu porasta, pri čemu je teritorija Srbije podeljena u pet klasa. Prva klasa sa povećanjem od 0 do 1 dana, Druga klasa sa povećanjem od 2 do 3 dana, dok trećoj klasi pripadaju oblasti u kojima je broj dana porastao od 4 do 7 dana. Izdvojene su ugrožene oblasti (Klasa 4) sa porastom od 8 do 10 dana i veoma ugrožene oblasti (Klasa 5) sa porastom od 10 do 12 dana (Karta 1).

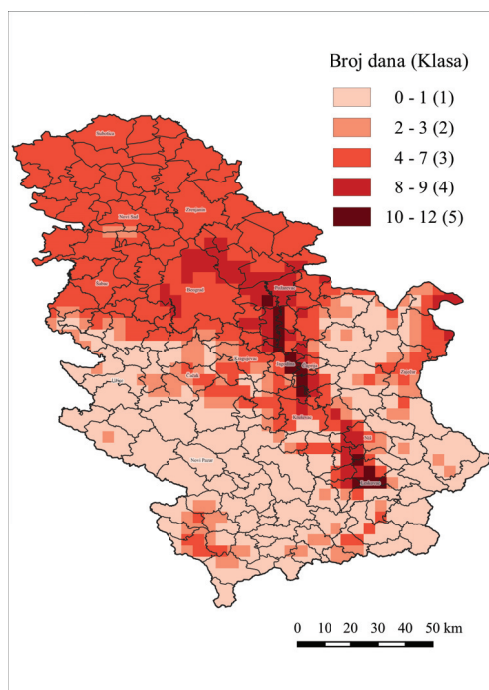
## **Modelovanje klimatskih promena u funkciji procene ranjivosti stanovništva**

Preklapanjem dobijenog klimatskog rastera sa rasterom distribucije stanovništva (korišćeni su podaci za 2020. godinu, u rezoluciji od 3 arcsec (~100 m), u WGS84 koordinatnom sistemu), izvršena je analiza broja ljudi koji žive u prostorima sa izraženim promenama (Karta 2). Na taj način dobijeni su podaci o ukupnom broju stanovnika koji borave u najpogođenijim zonama, kao i njihova prostorna distribucija po jedinicama lokalnih samouprava (JLS) i okruzima/oblastima, što omogućava precizniju identifikaciju ranjivih područja i planiranje ciljanih mera adaptacije.

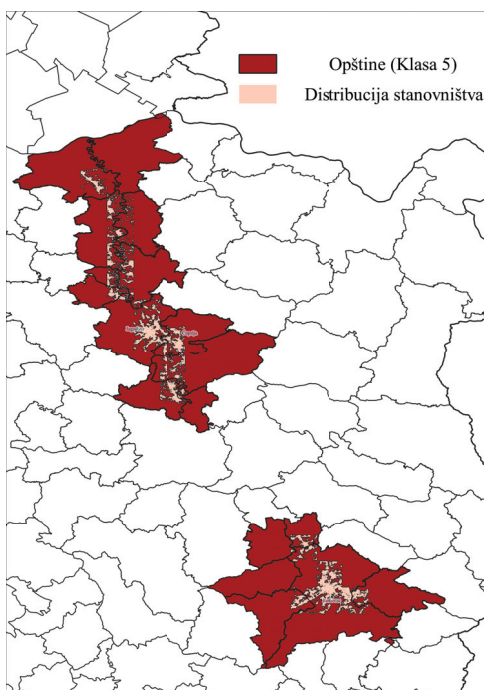
### **REZULTATI ANALIZE**

Nakon obrade podataka pomoću GIS alata, dobijeni su finalni rezultati koje je moguće vizuelno prikazati u vidu karata, tabela i grafikona, sa ciljem lakšeg razumevanja prostornih pojava. Rezultati prostorne analize (Karta 1 i Karta 2) jasno izdvajaju centralne i južne delove teritorije Srbije kao prostore sa najizraženijim promenama u broju dana sa temperaturama iznad 35°C.

Preklapanjem dva rastera utvrđeno je da u najugroženijim zonama, u dolini Velike Morave i Leskovačkoj kotlini, sa promenom od preko 10 dana, živi oko 260.000 stanovnika. U četvrtoj klasi, koja obuhvata promenu od 8 do 10 dana, živi oko 1,5 miliona stanovnika, jer su ovom zonom obuhvaćeni i delovi Grada Beograda i Grada Niša.



Karta 1. Klase ugroženosti teritorije Srbije



Karta 2. Distribucija stanovništva (Klasa 5)

Rezultati prikazani po opštinama i gradovima (Tabela 1) preciznije prostorno određuju ugroženo stanovništvo. Udeo stanovništva pogođenog analiziranom pojavom u ukupnom broju stanovnika JLS prelazi 15% u čak jedanaest jedinica lokalne samouprave.

## Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine

Kao najpogođeniji izdvajaju se Jablanički i Pomoravski okrug, odnosno grad Leskovac, grad Jagodina i opština Čuprija. Posmatrano po udelu, ali i po apsolutnim vrednostima, pomenuti gradovi se posebno ističu, a dobijeni podaci pokazuju da nisu ugroženi samo stanovnici urbanih sredina, već da su pod uticajem klimatskih promena i ruralna područja.

S obzirom na to da precizni podaci o starosnoj strukturi stanovništva na nižim prostornim nivoima nisu dostupni, moguće je izvršiti grubu procenu koristeći podatke o udelu stanovnika starijih od 65 godina za posmatranu godinu u izabranim lokalnim samoupravama. Na osnovu dostupnih podataka (Republički zavod za statistiku, 2021), procenjuje se da broj starijih osoba koji se smatraju ranjivom grupom, a naseljavaju teritoriju klase 5, iznosi oko 18.700 u gradu Leskovcu, 11.000 u gradu Jagodini i 4.700 u opštini Čuprija.

Tabela 1. Prostorna distribucija stanovništva pogođenih promenama temperature vazduha

JLS	Broj stanovnika pogođenih pojavom	Udeo u ukupnom broju stanovnika (%)	Upravni okrug
<b>Leskovac</b>	<b>105824</b>	<b>75,65</b>	<b>Jablanički</b>
Vlasotince	5689	20,79	
Lebane	4733	23,63	
Doljevac	8143	44,74	Nišavski
Velika Plana	11168	28,60	Podunavski
<b>Jagodina</b>	<b>60227</b>	<b>85,20</b>	<b>Pomoravski</b>
<b>Čuprija</b>	<b>22890</b>	<b>78,70</b>	
Paraćin	9547	18,43	
Svilajnac	8689	38,72	
Varvarin	9194	54,75	Rasinski
Lapovo	2734	35,21	Šumadijski

Faktori koji su uticali na pojavu sve češćih i intenzivnijih toplotnih talasa u navedenim JLS, pre svega su vezani za topografske karakteristike terena. Nizijski reljef i zatvorenost dolina omogućavaju duže zadržavanje toplote, dok udaljenost od većih vodenih površina i manjak šumske vegetacije, zajedno sa dominacijom obradivih površina u ruralnim i betona i asfalta u urbanim sredinama, dodatno doprinose učestalosti i intenzitetu toplotnih talasa.

Detaljnijom analizom moguće je preciznije utvrditi koji su delovi opština i gradova najpogođeniji, jer lokalne karakteristike reljefa mogu igrati značajnu ulogu u ublažavanju ili pojačavanju efekata toplotnih talasa.

## ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao početna tačka za dalja, opsežnija istraživanja o trenutnom stanju, ali i projekcijama u budućnosti. Prikupljanjem detaljnih, prostorno definisanih podataka o klimatskim promenama i unapređenjem njihove tačnosti, moguće je doći do značajnih zaključaka koji mogu pomoći donosiocima odluka kako na nacionalnom, tako i na regionalnom i lokalnom nivou. Kombinovanjem različitih slojeva geopodataka u skladu sa specifičnom problematikom, i njihovom klasifikacijom prema stepenu uticaja na funkcionisanje i zdravlje stanovništva, moguće je izdvojiti ključne tačke na teritoriji Srbije odakle bi trebalo započeti proces adaptacije i prevencije.

## ***Modelovanje klimatskih promena u funkciji procene ranjivosti stanovništva***

---

Takođe, sprovođenjem popisa stanovništva na nivou kućnog broja omogućiće se dobijanje preciznih informacija o prostornoj distribuciji i sociodemografskim karakteristikama stanovništva. Ovakvi podaci predstavljaju osnovu za donošenje proračunatih i ciljanih strateških odluka i planskih aktivnosti, sa krajnjim ciljem očuvanja zdravlja stanovništva i ublažavanja posledica klimatskih promena.

Klimatske promene ne prepoznaju administrativne granice, te njihovo efikasno rešavanje zahteva saradnju na međuregionalnom nivou. Korišćenjem preciznih i tačnih podataka omogućava se zanemarivanje strogo postavljenih granica i dobijanje podataka za bilo koji definisani prostorni obuhvat. Na ovaj način moguće je izdvojiti regione i stanovništvo koji se suočavaju sa sličnim izazovima, što otvara prostor za zajedničke inicijative, koordinisane mere i efikasnije prevazilaženje posledica klimatskih promena.

### **LITERATURA**

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 (3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

European Environment Agency (EEA). (2018). Unequal exposure and unequal impacts: Social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts> (Pristupljeno: 13. aprila 2025.)

Ilić, N. (2024). Klimatske promene i zdravlje ljudi. *Galenika Medical Journal*, 3(9), str. 62–70. <https://doi.org/10.5937/Galmed2409062I>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Dostupno na: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Pristupljeno: 13. aprila 2025.)

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP), & Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu. (2022). *Digitalni atlas klime Srbije*. Dostupno na: <https://atlas-klime.eko.gov.rs/> (Pristupljeno: 9. aprila 2025.)

Republički zavod za statistiku Srbije. (2021). *Opštine i regioni u Republici Srbiji, 2021*. Beograd: Republički zavod za statistiku. Dostupno na:

<https://publikacije.stat.gov.rs/G2021/pdf/G202113048.pdf> (Pristupljeno: 9. aprila 2025.)

Schiavina, M., Freire, S., & MacManus, K. (2023). GHS-POP R2023A – GHS population grid multitemporal (1975–2030), epoch 2020, WGS84, 3 arcsec [Data set]. European Commission, Joint Research Centre (JRC). Dostupno na: <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/download.php?ds=pop> (Pristupljeno: 9. aprila 2025.)

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., ... & Costello, A. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: The imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, 402(10415), 1836–1892. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7)

World Health Organization (WHO). (2021). *COP26 special report on climate change and health: The health argument for climate action*. Dostupno na:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240036727> (Pristupljeno: 13. aprila 2025.)

World Health Organization (WHO). (2023). *Climate change*. Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (Pristupljeno: 13. aprila 2025.)