



Univerzitet u Novom Sadu,
Prirodno – matematički fakultet,
Departman za fiziku

Metode određivanja toplotnih talasa i njihov uticaj na smrtnost ljudi

-master rad-

Mentor: dr Zorica Podraščanin

Kandidat: Tatjana Radišić

Novi Sad, septembar 2017.



Univerzitet u Novom Sadu,
Prirodno – matematički fakultet,
Departman za fiziku

Metode određivanja toplotnih talasa i njihov uticaj na smrtnost ljudi

-master rad-

Mentor: dr Zorica Podraščanin

Kandidat: Tatjana Radišić

Novi Sad, septembar 2017.

Želim da se zahvalim:

dr Zorici Podraščanin, docentu na Prirodno-matematičkom fakultetu, mentoru ovog rada na svesrdnoj pomoći i prenesenom znanju tokom svih godina studija,

dr Miroslavu Cvetinovu, naučnom saradniku na Prirodno-matematičkom fakultetu, na velikoj pomoći u analizi rezultata,

dr Petru Malom, docentu na Prirodno-matematičkom fakultetu, na korisnim savetima i sugestijama,

Rrepubličkom zavodu za statistiku, za podatke bez kojih ovaj rad ne bi bio uspešno realizovan.

Kumi Nini i prijateljici Eni što su uvek tu.

Najboljim roditeljima, za ljubav i neizmernu podršku. Hvala Vam!

*Posebnu zahvalnost dugujem **Damiru** bez koga ništa ne bi imalo smisla.*

Tatjana Radišić, septembar 2017.

Sadržaj

1. Uvod.....	5
2. Uticaj klimatskih promena na zdravlje ljudi	6
2.1. Šta možemo uraditi za bolju budućnost?	6
3. Definisanje pojma toplotni talas	8
4. Metode	9
4.1. Prvi metod.....	9
4.2. Drugi metod	10
4.3. Treći metod.....	11
4.4. Četvrti metod	11
5. Rezultati	13
5.1. Analiza toplotnih talasa	13
5.2. Korelacija između toplotnih talasa i mortaliteta u Novom Sadu.....	22
6. Zaključak.....	24
Literatura.....	25

1. Uvod

Toplotni talasi su veoma aktuelna tema današnjice. U toku letnjeg perioda na svim radio i televizijskim stanicama se čuju vesti upozorenja kako je čitava Srbija u opasnosti od istih. Na osnovu klimatskih simulacija očekuje se da će u budućnosti biti još učestaliji i intenzivniji (*Gerald and Tebaldi, 2004; Lau and Nath 2014*). Toplotni talasi imaju uticaj na zdravlje svih segmenata populacije, posebno na starije osobe, žene i osobe sa hroničnim bolestima (*Rey et al., 2003*). Posebno je evidentan u povećanju broja smrtnih slučajeva tokom i neposredno posle njihovog pojavljivanja.

U 9 evropskih gradova (Atina, Barselona, Budimpešta, London, Milano, Minhen, Pariz, Rim i Valensija) je analiziran uticaj toplotnih talasa na mortalitet tokom letnjih meseci u periodu 1990 – 2004. godine i posebno za 2003. godinu (*D'Ippoliti et al., 2010*). Tokom epizoda dugog trajanja i velikog intenziteta toplotnih talasa u ovim gradovima, povećanje mortaliteta je bilo i do tri puta. Takođe, utvrđeno je da je deo populacije sa respiratornim bolestima i žene u dobi između 75 i 84 godina bio posebno pogoden toplotnim talasima.

Son et al. 2012 su analizirali mortalitet uzrokovani toplotnim talasima u sedam Korejskih gradova za period od 2000. do 2007. godine. Definisali su toplotne talase kao 2 ili više uzastopnih dana sa dnevnom srednjom temperaturom na ili iznad 98-og percentila za topnu sezonu u svakom gradu. Zaključili su da je ukupni mortalitet bio povećan za 4,1 % u danima kada su toplotni talasi bili prisutni. Procenjeno je da je rizik veći kod žena nego kod muškaraca, starijih naspram mlađih stanovnika, neobrazovanih u odnosu na neku vrstu obrazovanih i smrtnе slučajeve koje su se desili u bolnicama u Seoul-u.

U Slovačkoj su analizirani uticaji značajnih istorijskih toplotnih talasa koji su se javili tokom leta 2007., 2010. i 2012. godine na mortalitet (*VÝBERČI et al., 2015*). Utvrđeno je da su žene i starije osobe najosetljivije grupe u populaciji. Tokom toplotnog talasa 01 - 19.08.2003. godine u 13 gradova je zabeležen dnevni trend mortaliteta i povećan moratalitet (*Vandentorren et al., 2004*). Autori ovog rada navode produženo izlaganje visokim temperaturama i trajanje toplotnih talasa, kao faktore koji izazivaju smrtnost.

U prethodno navednim radovima analizirana je koleracija između toplotnih talasa i dnevne stope smrtnosti u velikim gradovima. Takva statistička analiza ne može da se primeni na situaciju u malim gradovima gde nema podataka o stopi smrtnosti na dnevnom nivou. U ovom radu pokušaćemo da nađemo vezu između toplotnih talasa i mesečnog mortaliteta u Novom Sadu, gradu sa manje od 500 000 stanovnika u periodu 1994 – 2000. godina. Pored toga, koristeći četiri različite metode određivanja toplotnih talasa biće izračunat broj toplotnih talasa i njihov intenzitet u Novom Sadu, Kikindi, Vršcu i Somboru u periodu 1971 – 2000. godina.

2. Uticaj klimatskih promena na zdravlje ljudi

Promenom globalne klime stepen ugroženosti zdravlja ljudi raste a najviše ugrožava siromašne, decu, starije, bolesne kao i hendikepirane ljude. Periodi sa povišenom temperaturom su neprijatni za sve generacije ali za navedenu grupu ljudi mogu biti izuzetno opasni. Ekstremne vrućine mogu da izazovu topotne grčeve, topotne udare a nekad i smrt.

Kako naučnici predviđaju, Zemlja treba da postane sve toplija i pojava učestalih talasa biće sve češća. Povećava se i količina smoga u atmosferi, što izaziva napade astme i dovodi do ozbiljnih bolesti pluća i srca. Toplota pospešuje i rast buđi, korova i trave što izaziva alergijske reakcije i astmu kod nekih ljudi. Uslovi su pogodni i za nastanjivanje komaraca i drugih napasti koji kao da prenose bolesti u poslednjih nekoliko godina (*Uticaj klimatskih promena na zdravlje ljudi*, <http://www.adaptirajse.org/index.php/uticaj-klimatskih-promena-na-zdravlje-ljudi>).

Telo se obično hlađi pomoću četiri mehanizma: konvekcijom, kondukcijom, zračenjem i isparavanjem. Ako je temperatura kože veća od okoline, telo topotu može izgubiti zračenjem i provodljivošću. Ali ako je temperatura okoline veća od temperature kože, telo dobija topotu zračenjem i provodljivošću te jedini mehanizam za oslobođanje viška temperature je isparavanje.

Ustanovljeno je da su glavni uzroci bolesti i smrti u toku topotnih talasa respiratorne i kardiovaskularne bolesti. Stopa smrtnosti je posebno povećana za osobe koje imaju bolest bubrega. Na povećan nivo kardiovaskularnih bolesti utiče i zagađenje vazduha (ozon i česice prašine, aerosoli) gde fine čestice uđu u krvotok te preko pluća utiču na srce. Osobama koje su alergične na polen ne prija period kad su topotni talasi jer razni alergensi mogu samo pogoršati respiratorne simptome.

Postepeno se ljudi prilagođavaju na promene temperature, samim tim i na postojanje topotnih talasa. Međutim neke bolesti i smrtni slučajevi se pripisuju nemogućnosti da se organizam prilagodi trenutnoj situaciji i da se ohlađi dovoljno. Suša, kao posledica klimatskih promena u kombinaciji sa topotnim talasima predstavlja izuzetno nepovoljan period po zdravlje kako zdravim odraslim ljudi tako i starijim, bolesnim osobama. Jedna od glavnih tema u toku letnjeg perioda je izlaganje ultraljubičastom zračenju. Ovo zračenje može da izazove štete tokom topotnih talasa ali i u drugim vremenskim prilikama, kada se ljudi izlažu sunčevom zračenju. Male doze UV zračenja pomažu telu da prizvede vitamin D međutim prekomerno izlaganje šteti ljudskom zdravlju. Posledice mogu da budu od preteranog starenja kože do raka kože.

2.1 Šta možemo uraditi za bolju budućnost?

Ruralne oblasti su hladnije od gradova i urbanih područja u kojima se stvaraju ostrva topote. Povećana je apsorpcija i refleksija sunca na čvrstoj podlozi u poređenju sa zelenim prostorima, kao i zbog prisustva zgrada različite konstrukcije i materijala, smanjen je protok vazduha i

hlađenje, povećana je proizvodnja topote i upotrebe energije u domaćinstvima, industriji, korišćenjem vozila. Jedan od rešenja ovog problema može biti modifikacija betonskih površina i integracija zelene infrastrukture, na primer: "cool roofs" i "green roofs".

Sađenjem drveća i vegetacije, stvaranjem zelenih površina poboljšava se proces isparavanja kao i snižavanje temperature. Jedno veliko stablo može oslobođiti 200 do 300 litara vode u toku letnjeg dana. Istraživanja su pokazale da bi time potražnja klima uređaja bila smanjena do 30 % kroz efekte dobro postavljenog drveća. Takođe veći broj jezera, fontana može ohladiti životnu sredinu isparavanjem. Izolacija kuća može da bude zaštita od topote, osim toga ima i višestruke zdravstvene koristi, poboljšanje fizičkog i mentalnog zdravlja.

Urbani prostor sa većim brojem zelenila i drveća može imati sledeće pozitivne efekte:

- smanjuje ostrva topote (prognoze urbane temperature kažu da u sledećih 70 godina ako zeleni pokrivač prelazi 10 % površine da će zadržati temperaturu za jedan stepen iznad trenutne u suportnom ako ima manje od 10 % temperatura će se povećati i za 8,2 °C (V.Britanija))
- smanjuje zagađenje vazduha (svake godine 1,3 miliona stabala će ukloniti 2.535 tona zagađivača iz vazduha)
- smanjuje poplave (svake godine 1,3 miliona stabala upije oko 7 milijardi tona kišnice)
- smanjuje buku (pojas drveća može da smanji nivo buke od 6 do 9 dB za svaki 30m širine šumskog pojasa) (*Heatwave plan for England, Making the case: the impact of heat on health –now and in the future, 2015*).

3. Defnisanje pojma toplotni talasi

Klimatskim promenama najviše je ugrožena atmosfera jer joj se menja sastav, zbog nekontrolisanog sagorevanja goriva. Povećava se efekat staklene baštne što dovodi do porasta srednje globalne temperature vazduha od $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ u odnosu na predindustrijski period (IRSS, 2001). Porast temperature dovodi do topljenja ledenog pokrivača, a to do porasta nivoa mora, na kopnu dolazi do pomeranja granica temperaturnog i padavinskog režima. Ono što je posebno bitno kod klimatskih promena su očekivana povećanja ekstremnih klimatskih događaja (duži period visokih temperatura, veliki broj dana bez padavina, velike količine padavina u kratkim vremenskim intervalima..). Ovakvi uslovi utiču na život ljudi i životinja, poljoprivrednu proizvodnju, prenos energije i sve druge društvene delatnosti. Iz tog razloga se danas proučavaju periodi koje karakterišu ekstremne situacije. Klimatski indeksi ekstremnih događaja su primenljivi na razne klimatske regije, jedan od takvih indeksa je i indeks trajanja toplotnog talasa (*Heat Wave Duration Index (HWDI), Frich i sar. (2002)*).

Prva asocijacija kada se spomene pojam "toplotni talas" je period sa veoma visokim temperaturama koji se uglavnom javlja u letnjem periodu godine. Međutim, ne postoji univerzalna definicija ovog pojma, jer toplotni talasi zavise od regionalnih, klimatskih zona, orografije i rasporeda vodenih površina (Baccini et al., 2008). U ovom radu su predstavljena četiri metoda za analizu toplotnih talasa u Vojvodini.

Prvi metod definiše toplotne talase kao period od pet i više uzastopnih dana sa dnevnom maksimalnom temperaturom većom za $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ od prosečnih maksimalnih dnevних temperatura za 1971 – 2000. godine. Drugi način definisanja i određivanja toplotnih talasa je period od tri ili više uzastopnih dana kada je dnevni maksimum temperature dostigao ili premašio 95-i percentil maksimalne dnevne temperature. Takođe definisane su sezone pojavljujuća, hladna sezona – period od aprila do oktobra i letnja sezona – od novembra do marta meseca. Treći metod definiše subjektivnu temperaturu, a toplotne talase određuje kao period od tri ili više uzastopnih dana kada je dnevni temperaturni maksimum dostigao ili premašio 95-i percentil subjektivne temperature. Četvrti metod računa toplotne talase kao period od najmanje tri uzastopna dana sa dnevnim srednjim temperaturama vazduha iznad 97.5-og percentila za sve sezone.

4. Metode

U ovom poglavlju su detaljno predstavljene metode kojima smo odredili broj dana sa topotnim talasima, intenzitet i frekvenciju istih. Topotni talasi su računati za sledeće gradove: Novi Sad, Sombor, Kikindu i Vršac za period od 1971. godine do 2000. godine. Podaci o dnevним maksimalnim, minimalnim i srednjim temperaturama vazduha, tačke rose i brzine veta su korišćene sa zvaničnih meteoroških stanica RHMZ-a Srbije. Podaci o stanicama su prikazani u Tabeli 4.1.

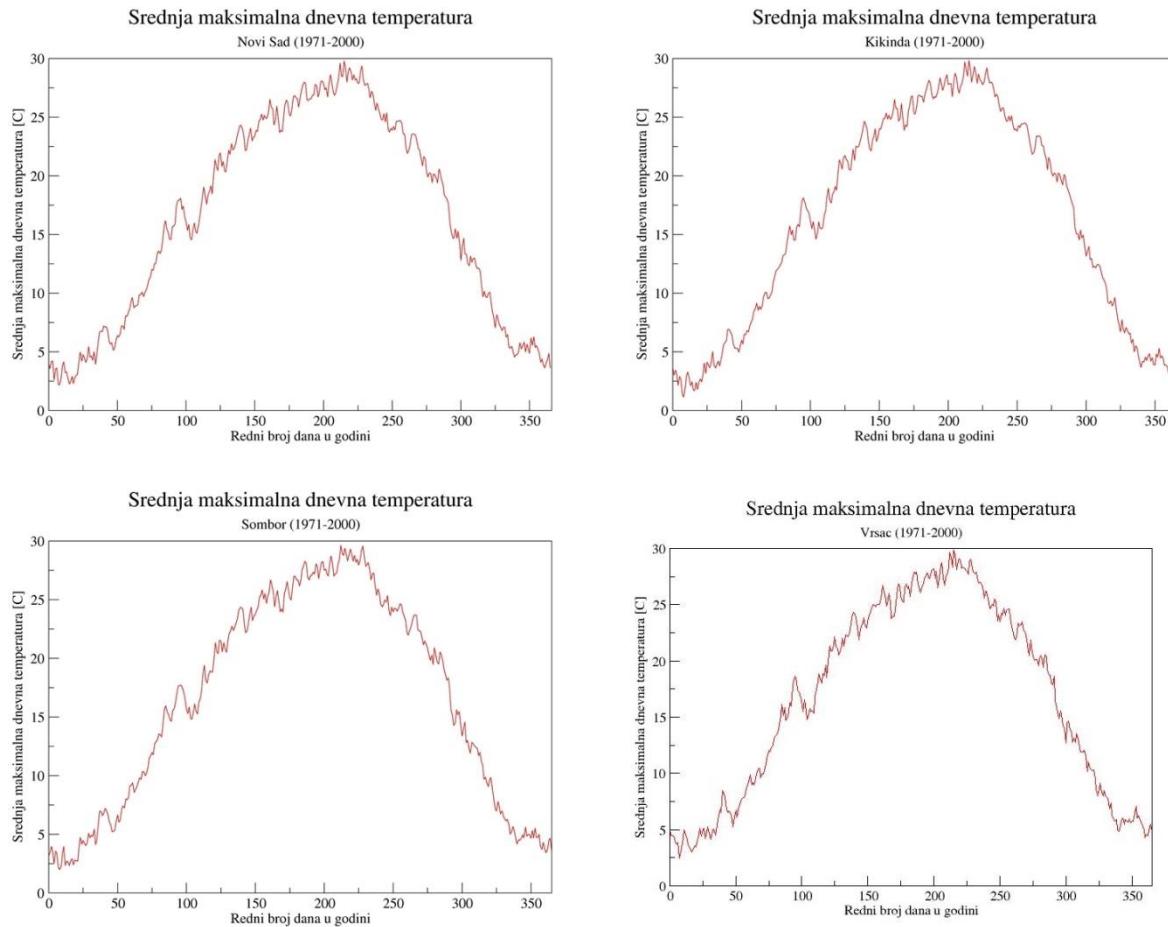
Tabela 4.1: Opis meteoroloških stanica

Redni broj	Sinoptički broj	Ime stanice	Nadmorska visina	Geografska širina	Geografska dužina
1	13160	Sombor	88	45 ° 47 '	19 ° 05 '
2	13174	Kikinda	81	45 ° 51 '	20 ° 28 '
3	13183	Vršac	82	45 ° 09 '	21 ° 19 '
4	13168	Novi Sad	84	45 ° 19 '	19 ° 50 '

4.1 Prvi metod

U radu *Frich i sar., 2001* predstavljeno je 10 klimatskih parametara na osnovu kojih su određene promene koje su se desile u drugoj polovini 20. veka. Jedan od indeksa koji su predstavljeni u ovom radu je HWDI (Heat Wave Duration Index). Na osnovu ovog indeksa topotni talasi su definisani kao period od pet ili više uzastopnih dana sa dnevnom maksimalnom temperaturom većom za 5 °C od prosečnih dnevnih maksimalnih temperatura za period 1961-1990. godine. HWDI nisu najbolji izbor za određivanje topotnih talasa sa toplom klimom i malim promenama iz dana u dan. Na primer u Kuvajtu, gde temperature često mogu preći 40 °C klima je stabilna i varijabilnost je prigušena, te se pojava definisana kao topotni talas uz pomoć ovog indeksa nikad i ne dogode.

Kako bi odredili topotne talase za svaku godinu, prvo smo odredili srednje vrednosti dnevnih maksimalnih temperatura za period od 1971. do 2000. godine (Slika 4.1.1). Potom smo našli periode duže od pet uzastopnih dana kada je vrednost maksimalne dnevne temperature veća od 5 °C od srednje dnevne vrednosti maksimalne teperature za period 1971 - 2000 godine. Dužina trajanja topotnog talasa je određena kao broj dana tokom kojih se javio topotni talas.



Slika 4.1.1: Srednja maksimalna dnevna temperature u periodu 1971-2000 godina

Osim dužine trajanja toplotnih talasa, određena je i jačina trajanja toplotnih talasa sabiranjem odstupanja vrednosti maksimalne temperature (za dane koji pripadaju tom toplotnom talasu) od srednje dnevne vrednosti maksimalne teperature za period 1971-2000 godine (*P. Frich i sar., 2001*).

4.2 Drugi metod

Na osnovu drugog metoda koji smo u ovom radu odabrali za određivanje toplotnih talasa, toplotni talasi su definisani kao period od tri ili više uzastopnih dana kada je dnevni maksimum temperature dostigao ili premašio 95 percetnil maksimalne temperature za posmatrani opseg. Ovaj metod je korišćen i u radu *Hansen i sar., 2008* sa ciljem da se proceni uticaj ekstremnih vrućina na bubrežne bolesti, a naročito ARF (akutna bubrežna insuficijencija) u umerenoj Australijskoj klimi. U ovom radu su definisane hladna (od aprila do oktobra meseca) i topla sezona (od novembra do marta meseca). Rezultati su pokazali da je tokom tople sezone, rizik od hospitalizacije bubrežnih bolesti povećan u odnosu na periode kada ne postoje toplotni talasi.

Za potrebe ovog metoda prvo smo izračunali 95 percentil maksimalnih dnevnih temperatura za svaku sezonu. Dobijene vrednosti su prikazane u Tabeli 4.2.1.

Tabela 4.2.1: Granične vrednosti temperatura po sezonama.

Sezona/Grad	Novi Sad	Sombor	Vršac	Kikinda
DJF	14.6	14.2	14.1	13.1
MAM	27.4	27.6	27.3	27.4
JJA	33.7	33.9	33.5	33.7
SON	28.4	28.4	28.1	28

4.3 Treći metod

U trećem metodu za određivanje toplotnih talasa koristi se subjektivna temperatura (Apparent Temperature, AT). Istraživač Robert Steadman je definisao AT pri čemu za računanje iste treba da se uzmu u obzir meteorološki faktori:

- Vetur
- Temperatura
- Vlažnost vazduha

Formula za određivanje subjektivne temperature je:

$$T_{app} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} + 0.33 \cdot T_d - 0.7 \cdot ws - 4.0 \quad (4.3.1)$$

gde je: T_{max} – maksimalna dnevna temperatura vazduha, T_{min} – minimalna dnevna temperatura vazduha, T_d – tačka rose, ws – brzina vetra (*Rebecca M. Garland i sar., 2015*).

Toplotne talase smo računali kao period od tri ili više uzastopnih dana kada je subjektivna temperatura dostigla ili premašila 95 percetnil subjektivne temperature za posmatranu sezonu. Granične temperature za sezone date su u Tabeli 4.3.1 za sva četiri posmatrana grada.

Tabela 4.3.1: Granične vrednosti temperatura po sezonama.

Sezona/Grad	Novi Sad	Sombor	Vršac	Kikinda
DJF	6.9	6.4	6.3	5.6
MAM	20.3	20.8	20.8	20.5
JJA	27.5	27.6	27.6	27.7
SON	21.9	21.8	21.6	21.5

4.4 Četvrti metod

Na osnovu četvrtog metoda toplotni talasi su definisani kao period od najmanje tri uzastopna dana sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha iznad 97.5-og percetila temperature za

određenu sezonu (*Zacharias, 2014*). Vrednosti 97.5-og percetila srednjih dnevnih temperatura za sve sezone prikazane su u Tabeli 4.4.2.

Tabela 4.4.2: Vrednosti 97.5-og percetila srednjih dnevnih temperatura.

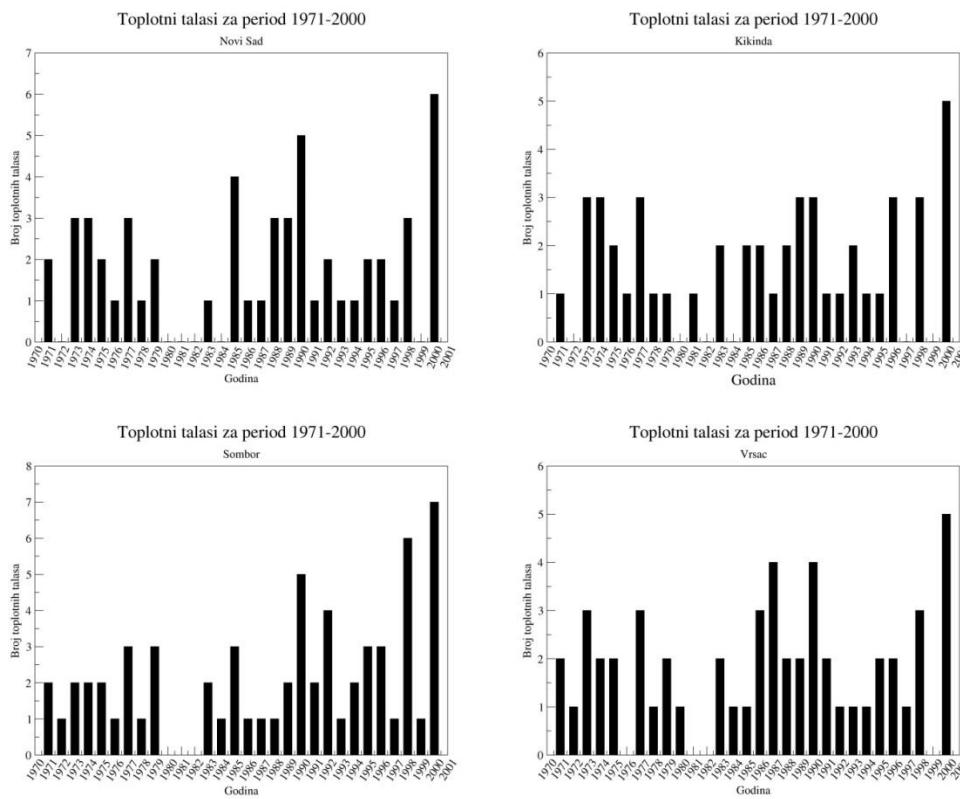
Sezona/Grad	Novi Sad	Sombor	Vršac	Kikinda
DJF	5.6	5.5	5.4	4.7
MAM	19.6	19.6	19.5	19.6
JJA	27.1	27.1	26.6	26.8
SON	20.7	20.7	20.3	20.3

5. Rezultati

5.1 Analiza topotnih talasa

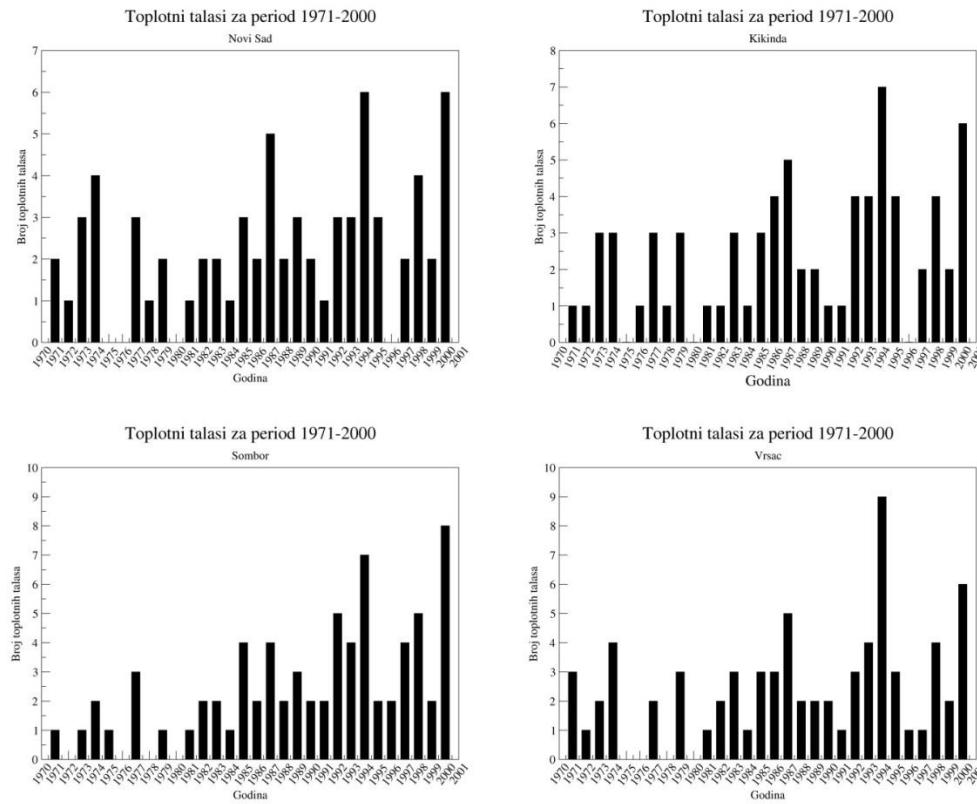
Na slikama 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 i 5.1.4 prikazan je broj topotnih talasa za period od 1971 - 2000. godine po godinama za Novi Sad, Kikindu, Sombor i Vršac određen upotrebom prvog, drugog, trećeg i četvrtog metoda, redom. Na osnovu rezultata prve metode može se zaključiti da se najveći broj topotnih talasa javio u 2000. godini u sva četiri posmatrana grada. Iako se najveći broj topotnih talasa javio u istoj godini u svim posmatranim gradovima, taj broj se razlikuje od grada do grada. Najveći broj topotnih talasa računatih drugom metodom se javio 1994. i 2000. godine u Novom Sadu, odnosno 1994. godine u Vršcu, Somboru i Kikindi. U Somboru, Kikindi i Novom Sadu se najviše topotnih talasa javilo 1994. godine računato trećom metodom. Upotrebom iste metode najveći broj topotnih talasa se javio 1999. godine u Vršcu. Najveći broj topotnih talasa računatih četvrtom metodom se javlja 1994. godine u svim posmatranim gradovima.

PRVI METOD



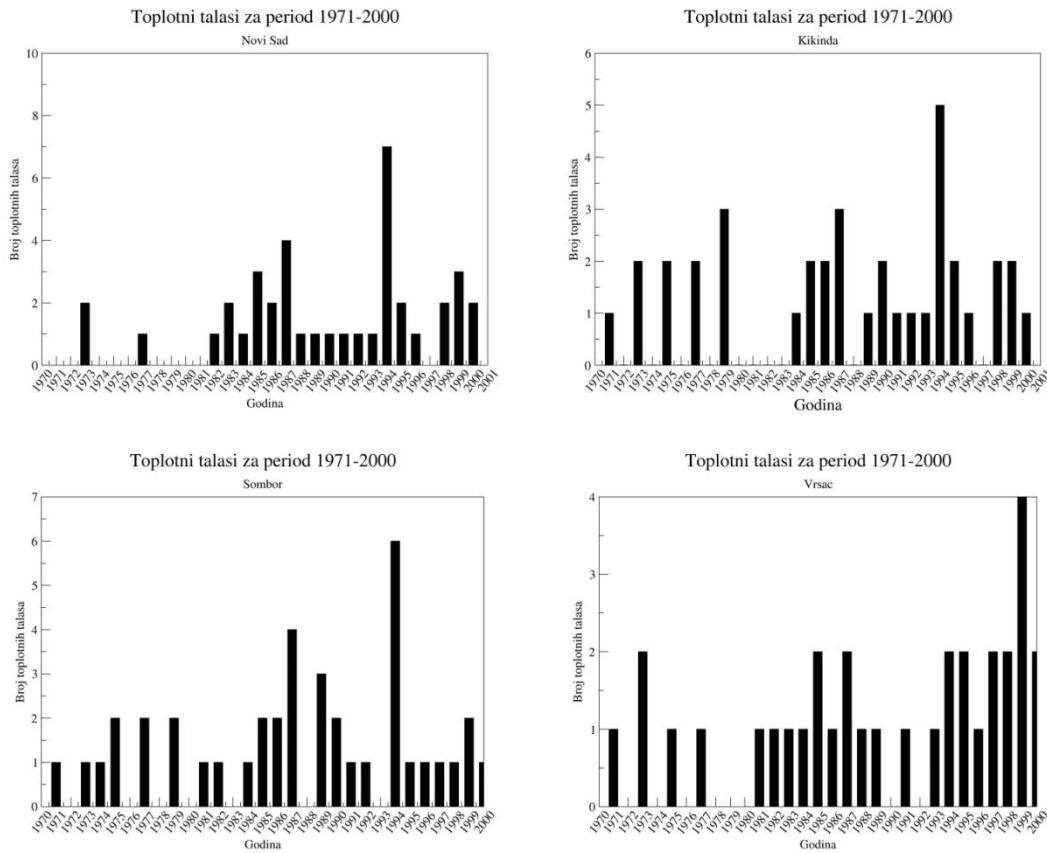
Slika 5.1.1: Broj topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine po godinama izračunati pomoću prve metode

DRUGI METOD



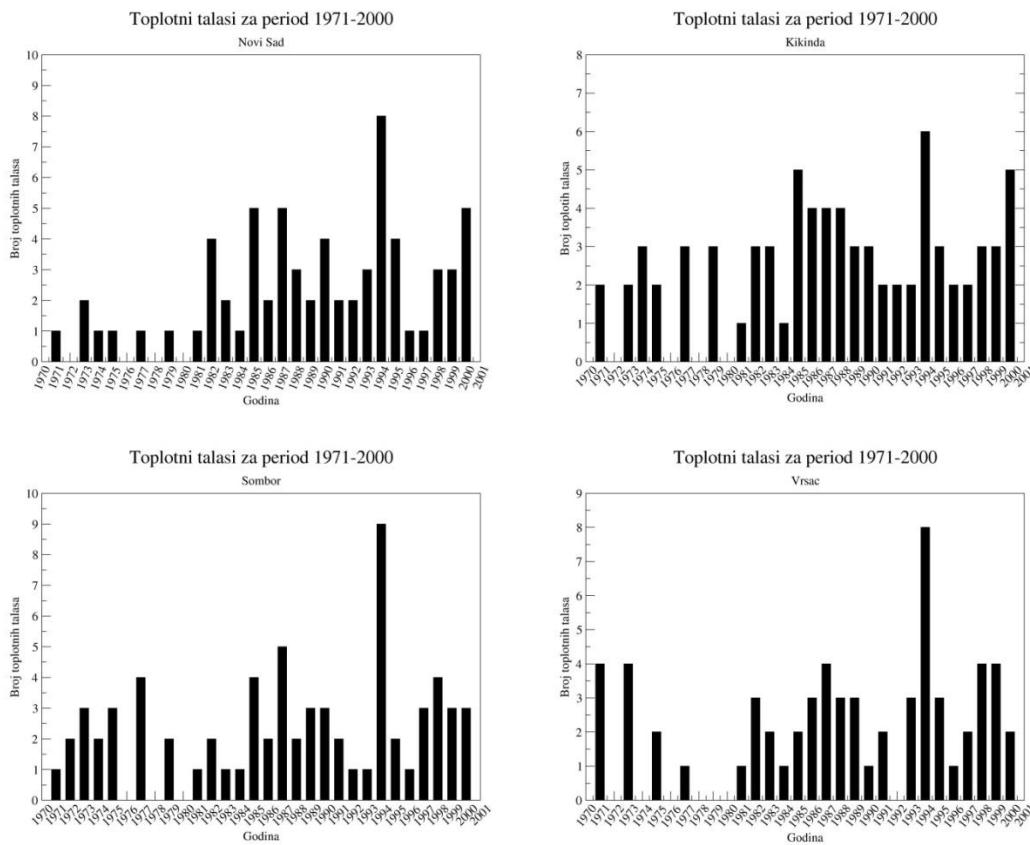
Slika 5.1.2: Broj topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine po godinama izračunati pomoću druge metode.

TREĆI METOD



Slika 5.1.3: Broj topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine po godinama izračunati pomoću treće metode.

ČETVRTI METOD



Slika 5.1.4: Broj topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine po godinama izračunati pomoću četvrte metode.

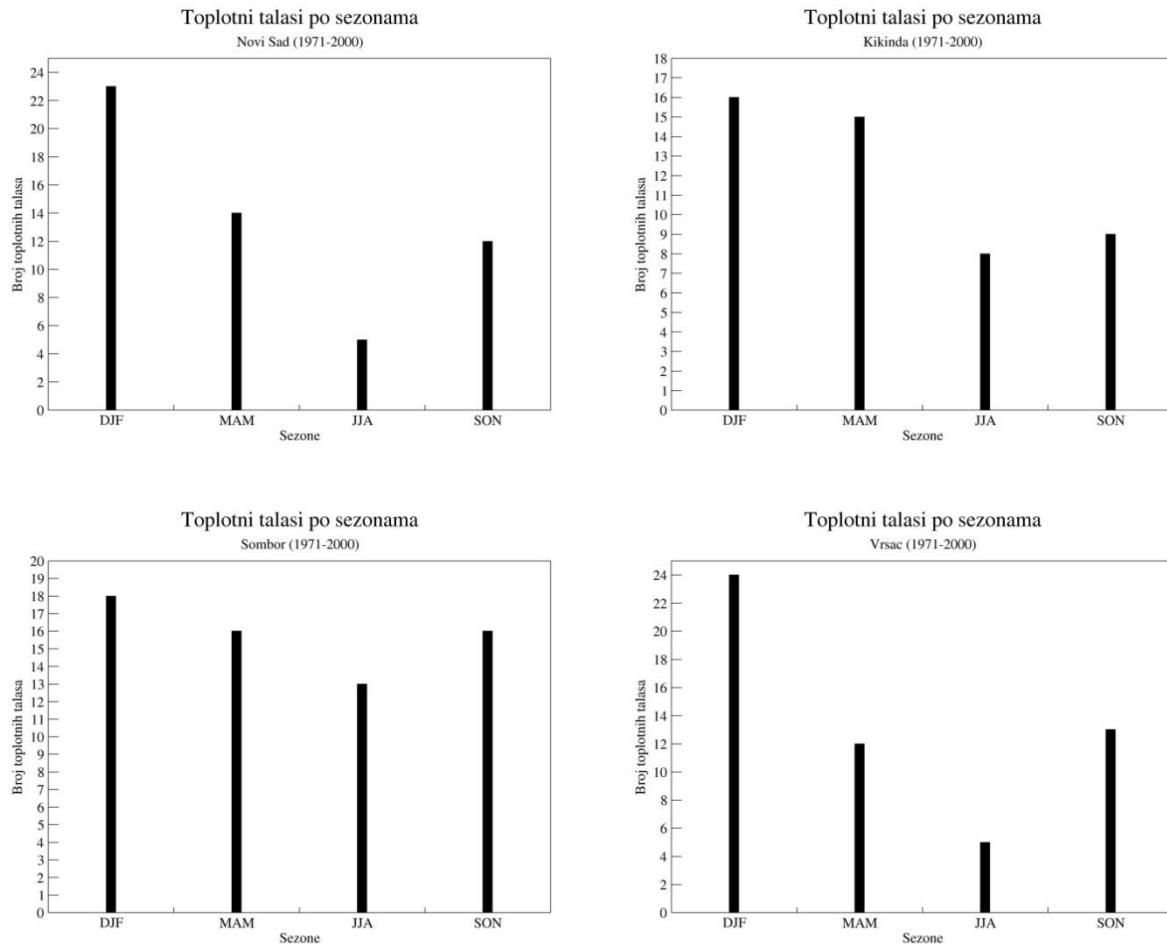
Nakon analize pojave talasa po godinama napravljena je analiza pojavljivanja talasa po sezonomama za period 1971 – 2000. godine u zavisnosti od metoda za posmatrane gradove. Na osnovu rezultata prve metode (Slika 5.1.5), primećuje se da se najveći broj topotnih talasa javlja u sezoni DJF dok se najmanji broj topotnih talasa javlja u sezoni JJA, za sva četiri grada. U Somboru je najuravnoteženija raspodela broja topotnih talasa po sezonomama.

Na osnovu računanja broja topotnih talasa upotreboom druge metode (Slika 5.1.6) može se zaključiti da je u svim posmatranim gradovima najveći broj topotnih talasa javlja u sezoni JJA, a najmanji u DJF. U sezoni JJA najveći broj topotnih talasa se javio u Kikindi, a najmanji u Novom Sadu. Najmanji broj topotnih talasa se u sezoni DJF javio u Kikindi, a najveći u Novom Sadu. Novi Sad, prema drugoj metodi, je grad sa najmanjom razlikom u broju topotnih talasa po sezonomama.

Broj topotnih talasa po sezonomama za sva četiri grada računata trećom metodom je prikazana na slici 4.7. Najveći broj topotnih talasa izračuant ovom metodom se javlja u sezoni SON, dok se najmanji broj topotnih talasa javlja u sezoni DJF. Najmanja razlika u broju talasa po sezonomama se javlja u Vršcu. Treći metod je metod kod koga se javlja najmanji broj topotnih talasa.

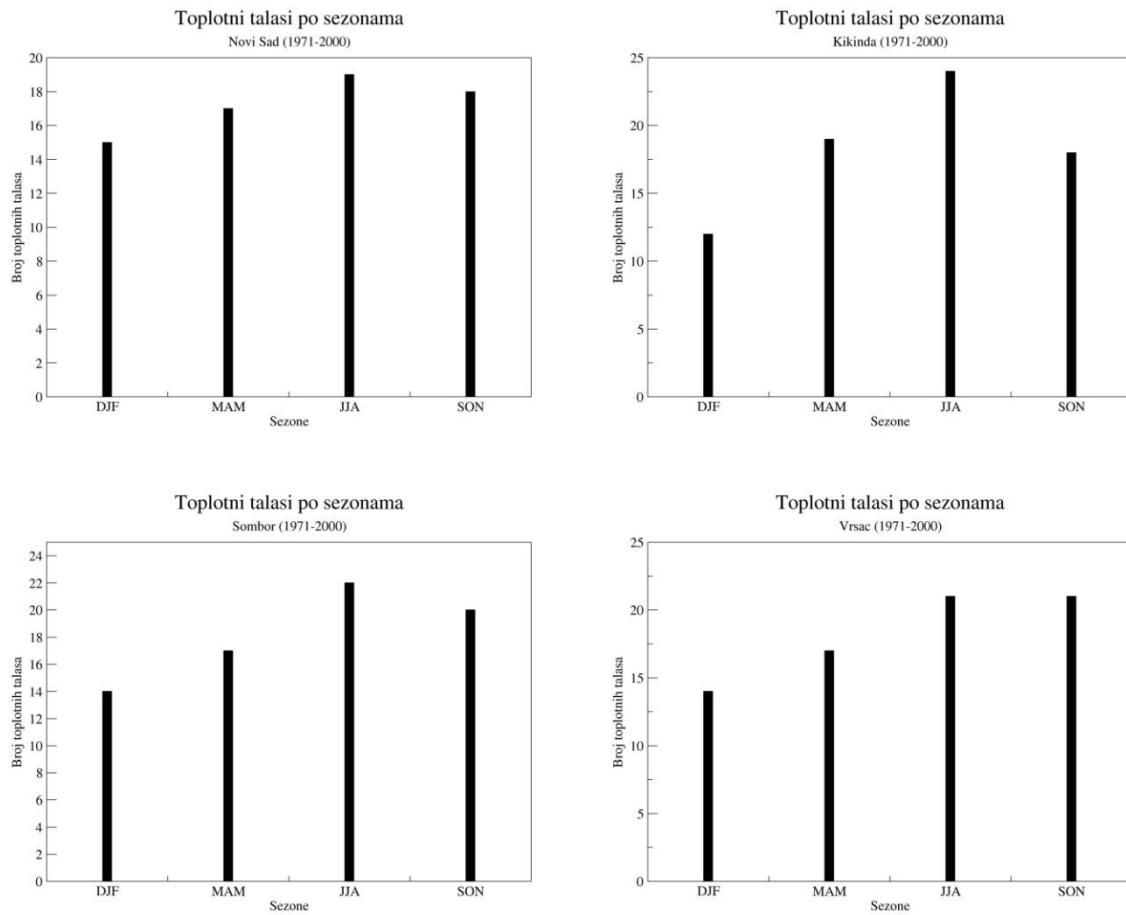
Za sve posmatrane gradove broj topotnih talasa po sezonomama izračunat preko četvrte metode je prikazan na slici 4.8. Sezona sa najmanjim brojem topotnih talasa je DJF. Za Novi Sad i Vršac, SON sezona je sezona sa najvećim brojem topotnih talasa, dok su za Kikindu sezone sa najvećim brojem topotnih talasa MAM i JJA. Sombor ima najveći broj topotnih talasa u JJA sezoni, dok su MAM i SON sezone sa približno istim brojem topotnih talasa.

PRVI METOD



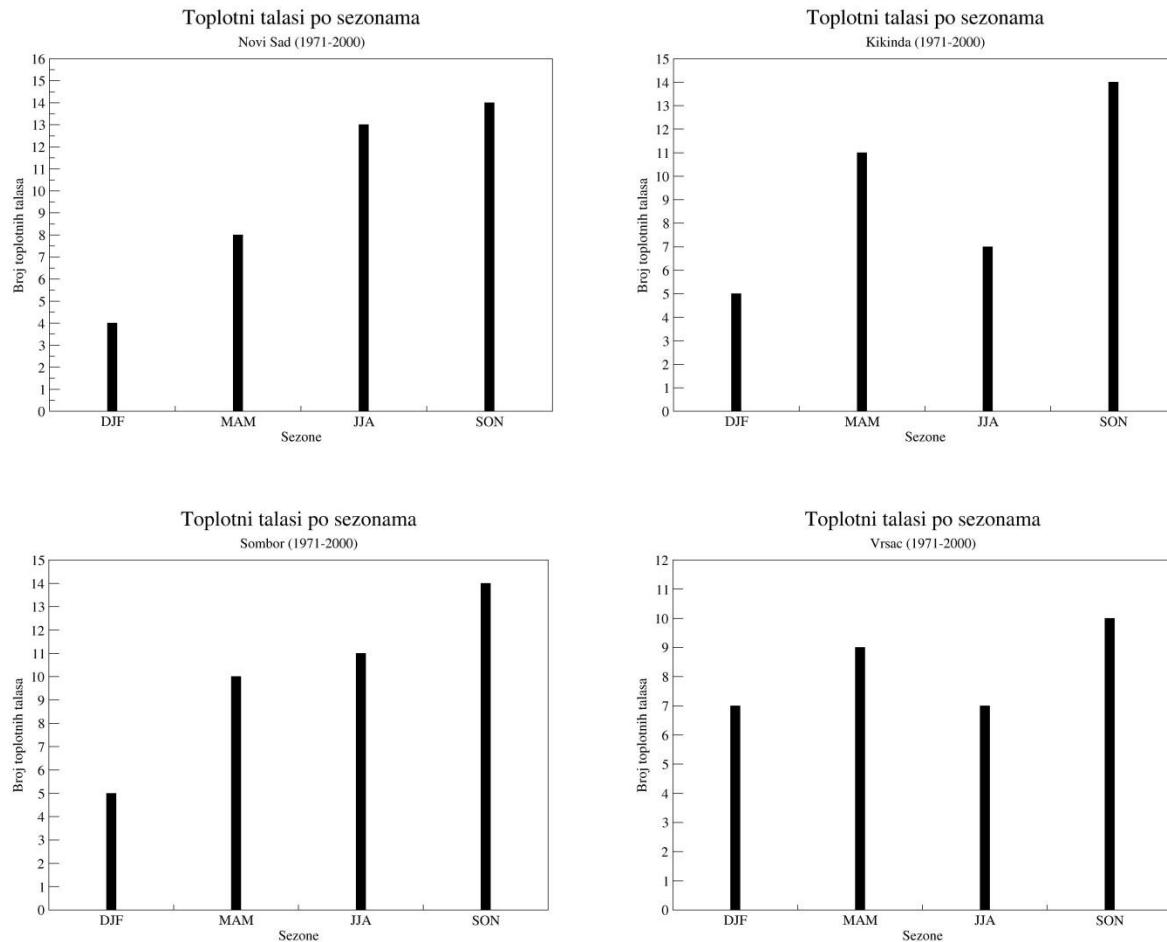
Slika 5.1.5: Broj topotnih talasa prikazan po sezonomama za period 1971 - 2000 godine izračunat pomoću prve metode.

DRUGI METOD



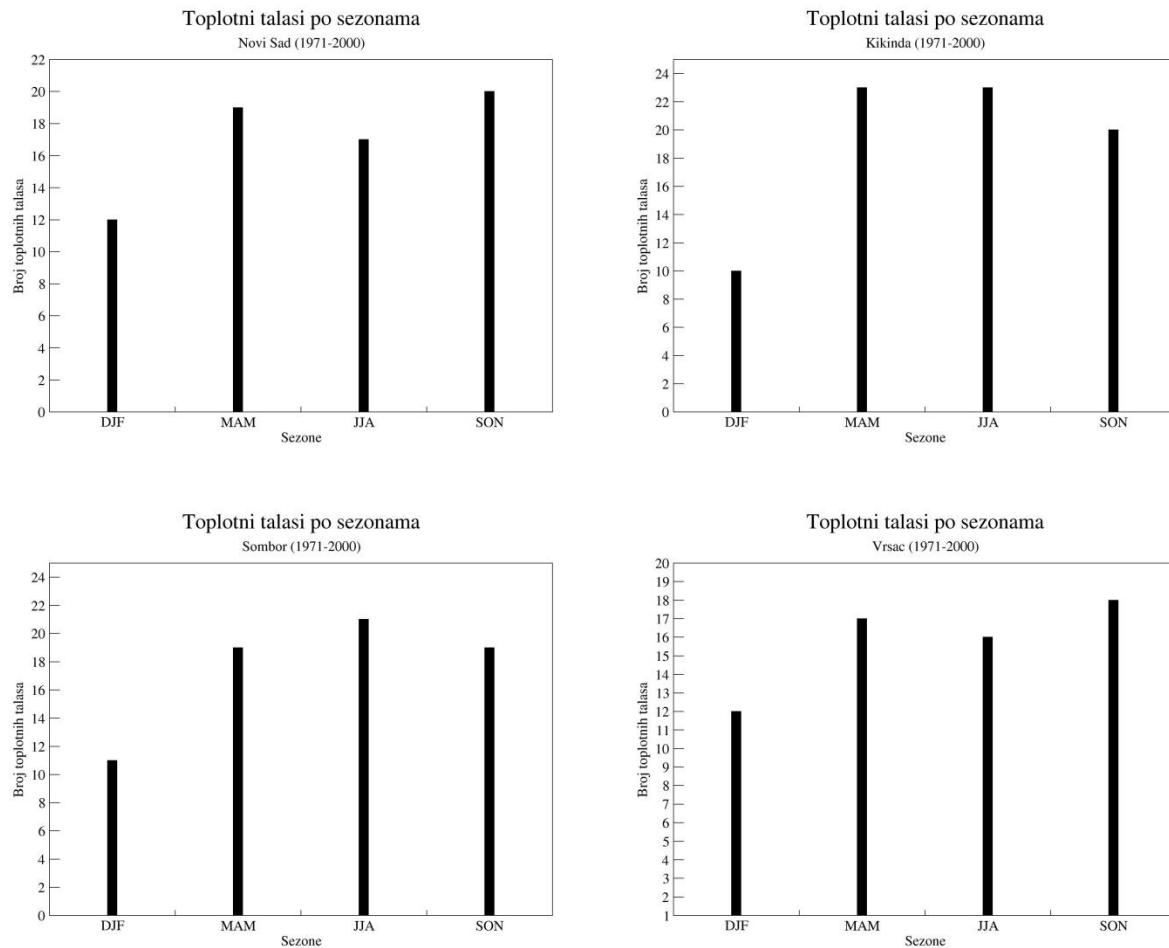
Slika 5.1.6: Broj topotnih talasa prikazan po sezonomama za period 1971 - 2000 godine izračunat pomoću druge metode.

TREĆI METOD



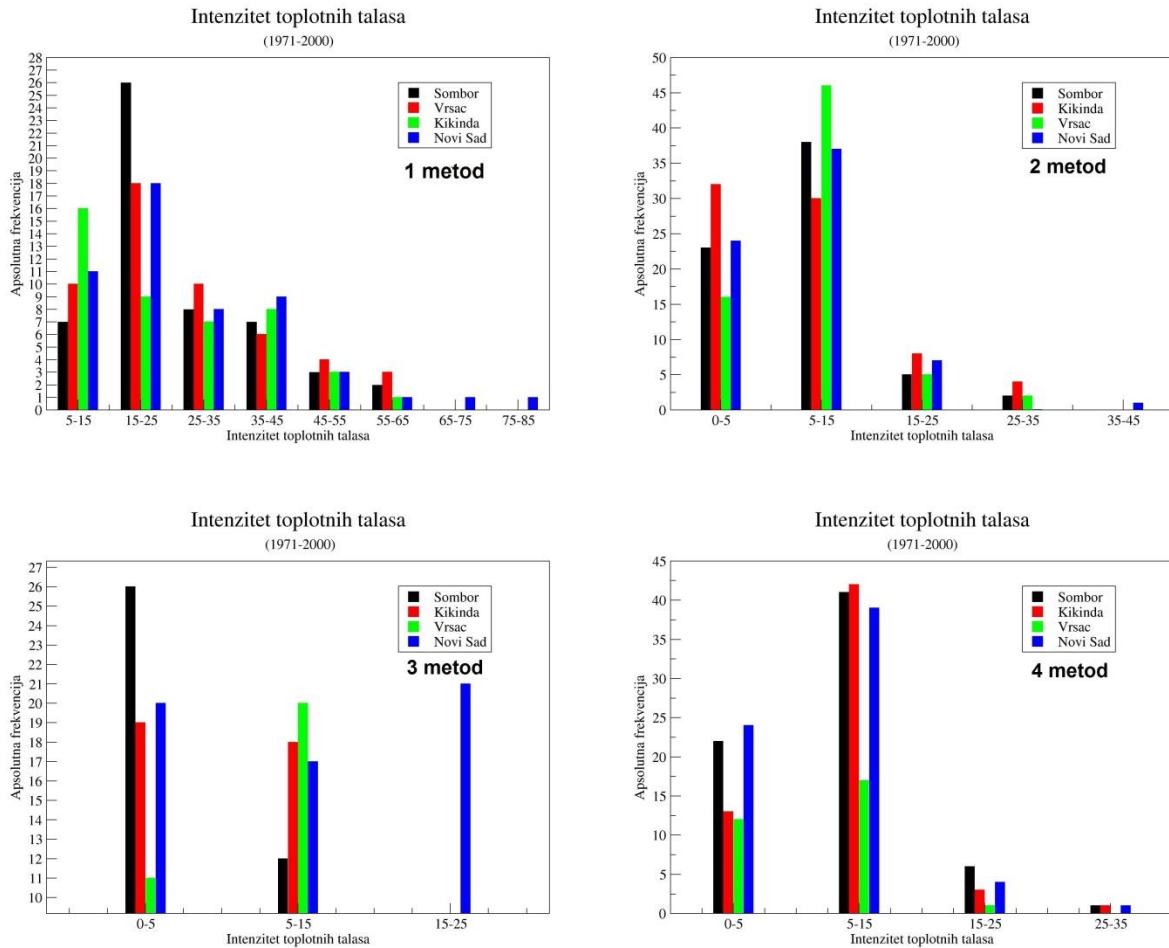
Slika 5.1.7: Broj topotnih talasa prikazan po sezonama za period 1971 - 2000 godine izračunat pomoću treće metode.

ČETVRTI METOD



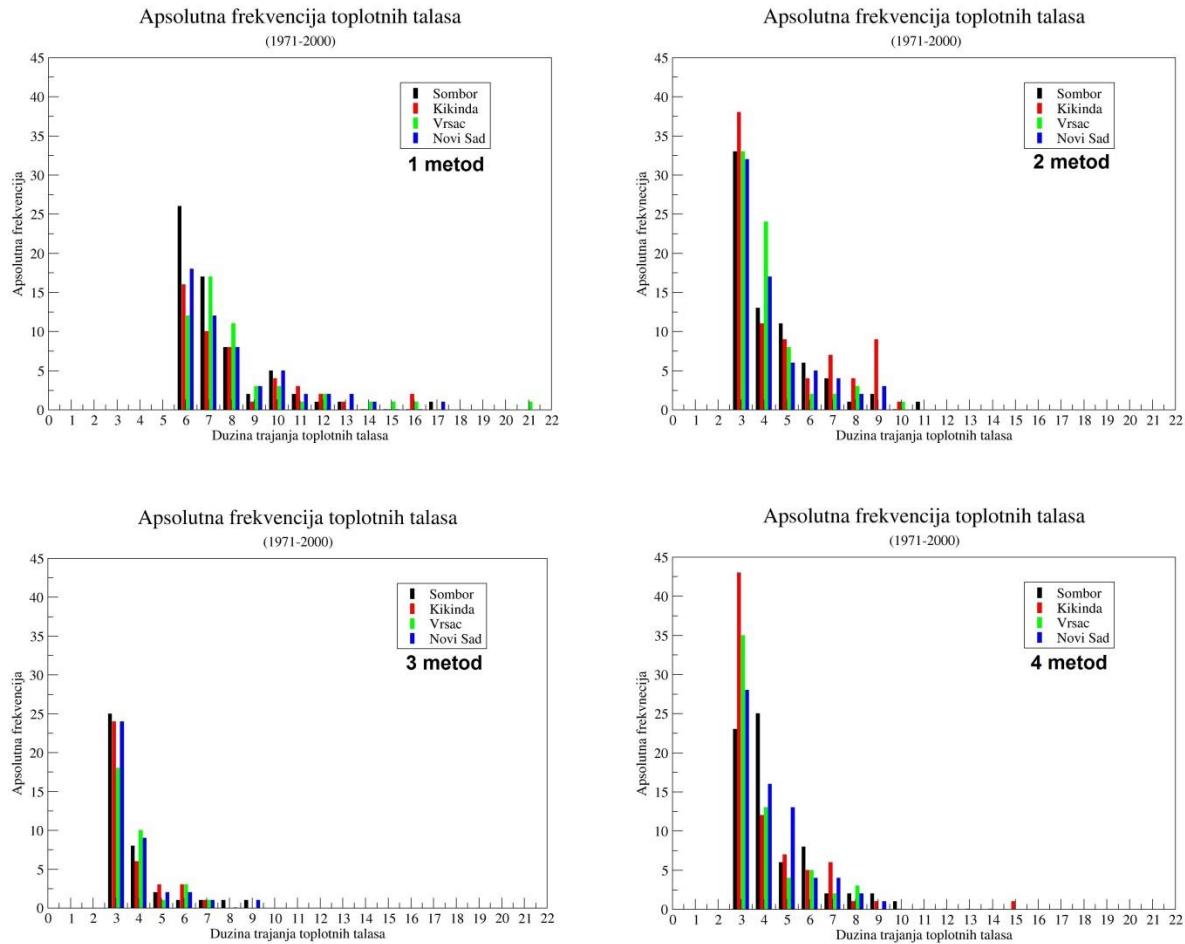
Slika 5.1.8: Broj topotnih talasa prikazan po sezonama za period 1971 - 2000 godine izračunat pomoću četvrde metode.

Apsolutna frekvencija intenziteta topotnih talasa za period 1971 – 2000. godine prikazana je na slici 5.1.9 za sva četiri metoda i za posmtrane gradove. Prvi metod je metod sa najintenzivnijim topotnim talasima, dok je treći metod metod sa topotnim talasima najmanjeg intenziteta. Najveći broj topotnih talasa određenih prvom, drugom i četvrtom metodom se nalazi u opsegu intenzitet 5-15. Topotni talasi određeni trećom metodom najčešće imaju intenzitet u intervalu 0-5. Novi Sad je grad u kome se javljaju najintenzivniji topotni talasi bez obzira koji metod je korišćen za njihovo određivanje.



Slika 5.1.9: Apsolutna frekvencija intenziteta topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine.

Na slici 5.1.10 prikazana je absolutna fekvencija dužine trajanja topotnih talasa. Najveći broj topotnih talasa su najkraći topotni talasi. U zavisnosti od metoda koji je korišćen za njihovo određivanje najkraći topotni talasi imaju dužinu šest (prvi metod) ili tri dana (drugi, treći i četvrti metod). Prvi metod je metod kod koga se javljaju topotni talasi koji najduže traju. Topotni talasi određeni trećim metodom najkraće traju.



Slika 5.1.10: Apsolutna frekvencija dužine trajanja topotnih talasa za period 1971 - 2000 godine.

5.2 Koleracija između topotnih talasa i mortaliteta u Novom Sadu

Podaci o broju smrtnih slučajeva po mesecima kao i uzroku smrti u periodu od 1994. do 2000. godine dobijeni su iz Republičkog zavoda za statistiku Srbije za grad Novi Sad. Tri najčešća uzroka smrti su:

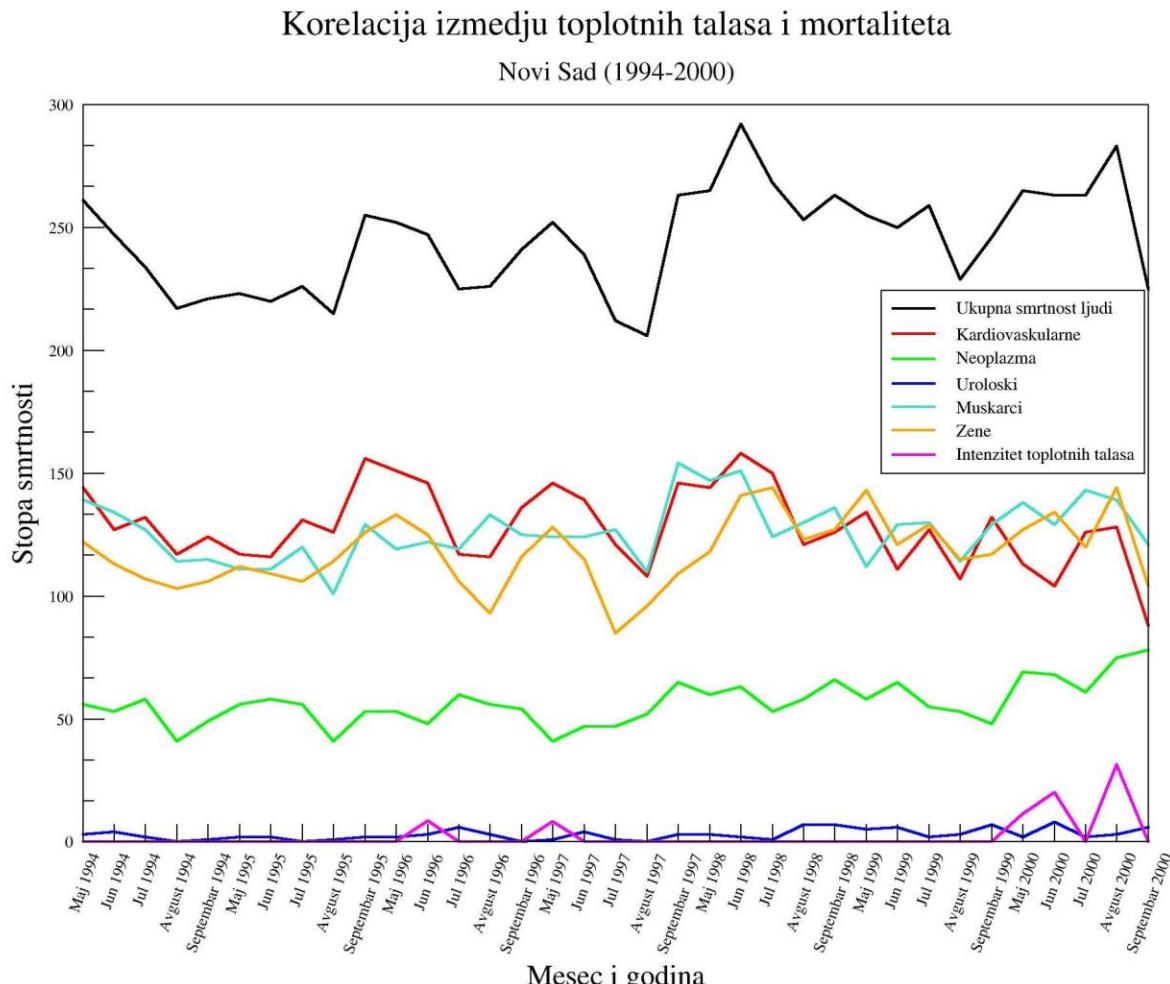
1. Kardiovaskularna
2. Maligna neoplazma (tumor)
3. Urološki problemi

Analizirana je veza smrtnosti i intenziteta topotnih talasa. U analizu su uključeni samo meseci, od maja do septembra. Za sve analize korišćen je intenzitet indeksa topotnih talasa HWDI (prvi

metod) kao nezavisna varijabla. Efekti topotnih talasa su istraženi pomoću negativne binomske regresije¹.

U analizi perioda sa topotnim talasima i bez, utvrđene su značajne ali slabe korelacije:

- Mortaliteta tumora i intenziteta topotnih talasa [risk ratio RR=1.007; p<0.01]
- Smrtnosti kod žena i intenziteta topotnih talasa [risk ratio RR=1.007; p<0.05]



Slika 5.2.1: Veza između topotnih talasa i smrtnosti prema polu, tipu bolesti i periodu javljanja.

Prema rezultatima prikazanim na slici 5.2.1 najveća stopa mortaliteta je od kardiovaskularnih bolesti dok je namanja od uroloških oboljenja. Najveća smrtnost se desila u junu 1998. godine iako se u tom periodu nije pojavio topotni talas, prema prvoj metodi. Topotni talas sa najvećim intenzitetom (31,4) desio se u avgustu 2000. godine kada je broj umrlih osoba ženskog pola bio veći od broja umrlih muškog pola.

¹ Negativna binomna regresija je jedna raspodela koja se bavi nenegativnim celim brojevima. Ima dodatni parametar koji dozvoljava da disperzija bude veća od očekivanja.

6. Zaključak

U ovom radu izvršena je analiza topotnih talasa pomoću četiri različita metoda za njihovo određivanje. Analizirana je njihova pojava u četiri grada: Novi Sad, Vršac, Sombor i Kikinda u period 1971 – 2000. godina. Analizirana je njihova pojava po godinama, sezonom, trajanju i intenzitetu. Posmatrano po godinama sva četiri metoda imaju drugačiji raspored pojavljivanja topotnih talasa. Godine u kojima se javlja najveći broj topotnih talasa se takođe razlikuje od metoda do metoda. Pojava najmanjeg i najvećeg broja topotnih talasa kao i njihov intenzitet, takođe zavisi od metoda koji se koristi. Ono što je zajedničko za sve metode je da najčešće javljaju talasi koj najkraće traju.

Takođe je analizirana koleracija između topotnih talasa i dnevne stope smrtnosti za grad Novi Sad, koristeći HWDI metod. Utvrđena je značajna, ali slaba veza između:

- mortaliteta tumora i intenziteta topotnih talasa
- smrtnosti kod žena i intenziteta topotnih talasa

Literatura

1. "Uticaj klimatskih promena na zdravlje ljudi"
<http://www.adaptirajse.org/index.php/uticaj-klimatskih-promena-na-zdravlje-ljudi>
(stranici pristupljeno 16.03.2016.)
2. "Klimatske promene u Beogradu i Srbiji" <http://www.energetskiportal.rs/klimatske-promene-u-beogradu-i-srbiji/> (stranici pristupljeno 16.03.2016.)
3. Alana L.Hansen, Peng Bi, Philip Ryan, Monika Nitschke, Dino Pisaniello and Graeme Tucker, 2008: *The effect of heat waves on hospital admissions for renal disease in a temperate city of Australia.*
4. Baccini, M., Biggeri, A., Accetta, G., Kosatsky, T., Katsouyanni, K., Analitis, A., Anderson, H. R., Bisanti, L., D'Ippoliti, D., Danova, J., Forsberg, B., Medina, S., Páldy, A., Rabczenko, D., Schindler, C., & Michelozzi, P. (2008): Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*, 9(5), 711–9
5. Dalibor VÝBERČI, Marek ŠVEC, Pavol FAŠKO, Henrieta SAVINOVÁ, Milan TRIZNA, Eva MIČIETOVÁ: *The effects of the 1996–2012 summer heat events on human mortality in Slovakia*, MORAVIAN GEOGRAPHICAL REPORTS 3/2015, Vol. 23. DOI: 10.1515/mgr-2015-0018
6. Daniela D'Ippoliti, Paola Michelozzi, Claudia Marino, Francesca de'Donato, Bettina Menne, Klea Katsouyanni, Ursula Kirchmayer, Antonis Analitis, Mercedes Medina-Ramón, Anna Paldy, Richard Atkinson, Sari Kovats, Luigi Bisanti, Alexandra Schneider, Agnès Lefranc, Carmen Iñiguez and Carlo A Perucci: *The Research impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project*, D'Ippoliti et al. *Environmental Health* 2010, 9:37
7. Diplomski rad, Dejana Govedarica: Analiza kategorijalnih podataka
8. dr Blažo Perović, "Uticaj vremena na zdravlje ljudi" IRO Naučna knjiga, Beograd (1988)
9. Gerald A. Meehl, Claudia Tebaldi: *More Intense, More Frequent, and*
10. Grégoire Rey, Eric Jouglard, Anne Fouillet, Gérard Pavillon, Pierre Bessemoulin, Philippe Frayssinet, Jacqueline Clavel, and Denis Hémon: *The impact of major heat waves on all-cause and cause-specific mortality in France from 1971 to 2003*, *Int Arch Occup Environ Health* (2007) 80:615–626. DOI 10.1007/s00420-007-0173-4
11. <http://planetcalc.com/2089/> (pristupljeno stranici 11.07.2016.)
12. http://www.meteor.iastate.edu/~ckarsten/bufkit/apparent_temperature.html
(pristupljeno stranici 11.07.2016.)
13. <https://www.ncdc.noaa.gov/societal-impacts/apparent-temp/at> (pristupljeno stranici 11.07.2016.)

14. Ji-Young Son, Jong-Tae Lee, G. Brooke Anderson and Michelle L. Bell: *The Impact of Heat Waves on Mortality in Seven Major Cities in Korea*, volume 120 | number 4 | April 2012, Environmental Health Perspectives
Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century, Science 13 Aug 2004: Vol. 305, Issue 5686, pp. 994-997 DOI: 10.1126/science.1098704
15. P. Frich, L. V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. M. G. Klein Tank, T. Peterson, 2001: *Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century*.
16. Public Health England, 2015: *Heatwave plan for England, Making the case: the impact of heat on health –now and in the future*.
17. Rebecca M. Garland, Mamopeli Matooane, Francois A. Engelbrecht, Mary-Jane M. Bopape, Willem A. Landman, Mogesh Naidoo, Jacobus van der Merwe and Caradee Y. Wright, 2015: *Regional Projections of Extreme Apparent Temperature Days in Africa and the Related Potential Risk to Human Health*.
18. Slavica Malinović-Miličević, 2013: "SUMMER HAZARDS IN NOVI SAD".
19. Stefan Zacharias, Christina Koppe and Hans-Guido Mücke, 2014: *Climate Change Effects on Heat Waves and Future Heat Wave-Associated IHD Mortality in Germany*.
20. Stéphanie Vandentorren, Florence Suzan, Sylvia Medina, Mathilde Pascal, Adeline Maulpoix, Jean-Claude Cohen, and Martine Ledrans: *Mortality in 13 French Cities During the August 2003 Heat Wave*, American Journal of Public Health: September 2004, Vol. 94, No. 9, pp. 1518-1520. doi: 10.2105/AJPH.94.9.1518
21. Whenever you are, heatwaves are getting relatively worse, 2015:
<http://insidestory.org.au/wherever-you-are-heatwaves-are-getting-relatively-worse>
(pristupljeno stranici 20.04.2016.)



Biografija

Tatjana Radišić je rođena 10. avgusta 1991. godine u Sremskoj Mitrovici. Osnovnu školu "Sremski front" kao i Gimnaziju opšteg smera završila je u Šidu. Po završetku srednje škole, 2010. godine upisala je Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu, smer fizika-meteorologija na Departmanu za fiziku. Osnovne studije završila u septembru 2015. godine i iste godine upisala Master akademske studije smer fizika-meteorologija na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu.

UNIVERZITET U NOVOM SADU

PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Master rad

VR

Autor: Tatjana Radišić

AU

Mentor: dr Zorica Podraščanin

MN

Naslov rada: Metode određivanja toplotnih talasa i njihov uticaj na smrtnost ljudi

NR

Jezik publikacije: srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2017

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4,
Novi Sad

MA

Fizički opis rada: (poglavlja/strana/citata/tabela/slika/grafika/priloga)
(6/33/16/3/12/0/0)

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Meteorologija

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Toplotni talasi, HWDI, Mortalitet

PO**UDK**

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: Nema

VN

Izvod:

IZ

U ovom radu izvršena je analiza toplotnih talasa pomoću četiri različita metoda za njihovo određivanje. Analizirana je njihova pojava u četiri grada: Novi Sad, Vršac, Sombor i Kikinda u period 1971 – 2000. godina. Analizirana je njihova pojava po godinama, sezonom, trajanju i intenzitetu. Posmatrano po godinama sva četiri metoda imaju drugačiji raspored pojavljivanja toplotnih talasa. Godine u kojima se javlja najveći broj toplotnih talasa se takođe razlikuje od metoda do metoda. Pojava najmanjeg i najvećeg broja toplotnih talasa kao i njihov intenzitet, takođe zavisi od metoda koji se koristi. Ono što je zajedničko za sve metode je da najčešće javljaju talasi koj najkraće traju. Takođe je analizirana koleracija između toplotnih talasa i dnevne stope smrtnosti za grad Novi Sad, koristeći HWDI metod. Utvrđena je značajna, ali slaba veza između:

- mortaliteta tumora i intenziteta toplotnih talasa
- smrtnosti kod žena i intenziteta toplotnih talasa

*Datum prihvatanja teme od NN
veća:*

DP

Datum odbrane:

29. 09. 2017.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: dr Miroslav Cvetinov

član: dr Petar Mali

član: dr Zorica Podraščanin

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph publication

DT

Type of record: Textual printed material

TR

Content code: Final paper

CC

Author: Tatjana Radišić

AU

Mentor/comentor: dr Zorica Podraščanin

MN

Title: Methods for heat waves estimation and their impact on human mortality

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2017

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića
4, Novi Sad

PP

Physical description: (6/33/16/3/12/0/0)

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Meteorology

SD

Subject/ Key words: Heat waves, HWDI, mortality

SKW**UC**

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note: None

N

Abstract:

AB

In this paper we were analysing heat waves using four different methods for their determination. Their appearance was analyzed in four cities: Novi Sad, Vrsac, Sombor and Kikinda in the period from 1971 to 2000. It was analyzed heat waves appearance by years, seasons, duration and intensity. Observed by years, all four methods have a different arrangement of the appearance of thermal waves. The years in which the greatest number of heat waves occur is also different from methods to methods. The occurrence of the smallest and greatest number of heat waves, as well as their intensity, also depends on the method used. Common for all four methods is that most commonly occur heat waves that last for a short time. The correlation between heat waves and daily mortality rates for the city of Novi Sad was also analyzed, using the HWDI method. It is established a significant but poor correlation between:

- cancer mortality and intensity of heat waves
- female mortality and intensity of heat waves

Accepted by the Scientific Board:

ASB

Defended on:

29. 09. 2017.

DE

Thesis defend board:

DB

President: dr Miroslav Cvetinov

Member: dr Petar Mali

Member: dr Zorica Podraščanin