

Usporedba učestalosti vrućih i hladnih dana u gradovima Osijeku, Dubrovniku i Zagrebu u razdoblju između 2000. i 2018 godine

Mijić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:004376>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-08**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO**

Ivana Mijić

**USPOREDBA UČESTALOSTI VRUĆIH I HLADNIH
DANA U GRADOVIMA OSIJEKU, DUBROVNIKU I
ZAGREBU U RAZDOBLJU IZMEĐU 2000. I 2018.
GODINE**

Diplomski rad

Split, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO

**USPOREDBA UČESTALOSTI VRUĆIH I HLADNIH
DANA U GRADOVIMA OSIJEKU, DUBROVNIKU I
ZAGREBU U RAZDOBLJU IZMEĐU 2000. I 2018.
GODINE**

Diplomski rad

Predmet: Osnove meteorologije

Mentor:

Doc. dr. sc. Frano Matić

Student:

Ivana Mijić

Split, rujan 2020.

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Diplomski studij Morsko ribarstvo

Diplomski rad

**USPOREDBA UČESTALOSTI VRUĆIH I HLADNIH DANA U GRADOVIMA
OSIJEKU, DUBROVNIKU I ZAGREBU U RAZDOBLJU IZMEĐU 2000. I 2018.
GODINE**

Ivana Mijić

Sažetak

U ovom radu analizirane su prosječne, minimalne i maksimalne temperature u gradovima Osijeku, Dubrovniku i Zagrebu u razdoblju od 2000. do 2018. godine. Za odabrane vremenske nizove izračunate su osnovne statističke veličine: srednja vrijednost, standardna devijacija i percentili. Dnevne vrijednosti prosječne, minimalne i maksimalne temperature prikazane su grafički. Mjesečne vrijednosti temperature i analiza broja vrućih i hladnih dana prikazane su tablično. Usporedbom s klimatološkim razdobljem (1961. – 1990.) utvrđeno je dolazi li do promjene broja vrućih i hladnih dana, te kako se to odražava na klimu.

(31 stranica, 14 slika, 8 tablica, 15 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: temperatura zraka, temperaturni ekstremi, klimatske promjene, Hrvatska

Mentor: Doc. dr. sc. Frano Matic

Ocjenjivači: 1. Doc. dr. sc. Maja Krželj
2. Doc. dr. sc. Frano Matic
3. Doc. dr. sc. Gordana Beg Paklar

University of Split
Department of Marine Studies
Graduate study Marine Fishery

MSc Thesis

**COMPARISON OF FREQUENCY OF HOT AND COLD DAYS IN THE CITIES OF
OSIJEK, DUBROVNIK AND ZAGREB IN THE PERIOD BETWEEN 2000 AND 2018**

Ivana Mijić

Abstract

In this paper the average, minimum and maximum temperatures in the cities of Osijek, Dubrovnik and Zagreb during the period 2000 – 2018 were analyzed. Basic statistical parameters: mean, standard deviation and percentiles were calculated for the analysed time-series. Daily values of average, minimum and maximum temperatures are shown graphically. The measured temperature values and the analysis of the number of hot and cold days are presented in tables. Comparison with the climatic period (1961 – 1990) has shown that there is a change in the number of hot and cold days, so that it can be reflected on the climate.

(31 pages, 14 figures, 8 tables, 15 references, original in: Croatian)

Keywords: air temperature, temperature extremes, climate change, Croatia

Supervisor: Frano Matić, PhD / Assistant Professor

Reviewers:

1. Maja Krželj, PhD / Assistant Professor
2. Frano Matić, PhD / Assistant Professor
3. Gordana Beg Paklar, PhD / Assistant Professor

SADRŽAJ:

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Dosadašnja istraživanja | 3 |
| 1.2. Svrha i ciljevi rada | 4 |
| 2. MATERIJALI I METODE..... | 5 |
| 2.1. Podaci temperature zraka..... | 5 |
| 2.2. Osnovne statističke veličine | 6 |
| 2.3. Metoda klasifikacije temperaturnih osobina dana | 7 |
| 3. REZULTATI I RASPRAVA | 10 |
| 3.1. Analiza mjesečnih vrijednosti | 10 |
| 3.1.1 Analiza temperature zraka za 2016., 2017. i 2018. godinu | 13 |
| 3.2. Analiza dnevnih minimalnih i maksimalnih temperatura zraka..... | 20 |
| 3.3. Analiza broja vrućih i hladnih dana | 24 |
| 4. ZAKLJUČCI..... | 30 |
| 5. LITERATURA..... | 31 |

1. UVOD

Klima, prosječno stanje atmosfere kroz duži niz godina, jedna je od prirodnih osobitosti nekog podneblja. O njoj ovisi oblik života i zbivanja u prirodi, a gotovo da nema ljudske djelatnosti koja ne ovisi o vremenu i klimi. Stoga je poznavanje klimatskih osobitosti važno zbog planiranja, razvoja i aktivnosti u mnogim društvenim i gospodarskim djelatnostima. Najvažniji čimbenici koji utječu na klimu u Hrvatskoj su Jadransko i Sredozemno more, orografija Dinarida sa svojim oblikom, nadmorskom visinom i položajem, otvorenost sjeveroistočnih krajeva prema Panonskoj nizini, te raznolikost biljnog pokrova.

Kontinentalna Hrvatska ima umjereno kontinentalnu klimu i nalazi se u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina, gdje je stanje atmosfere vrlo promjenjivo. Obilježeno je raznolikošću tipova vremena koje uzrokuje izmjena ciklonalnih i anticiklonalnih meteoroloških sustava. Zimi prevladavaju srednjoeuropska i sibirski anticiklona koje prati česta magla ili niski oblaci, uz vrlo slab vjetar i niske temperature (Zaninović i sur., 2008). Proljeće karakteriziraju brže pokretni ciklonalni tipovi vremena, što dovodi do čestih i naglih promjena vremena. Na taj se način izmjenjuju oborinska razdoblja s bezoborinskim, tiha s vjetrovitima, hladnija s toplijima. U kontinentalnoj hrvatskoj ljeta su suha, a dani vrlo topli. Zbog vrlo ugrijanog tla, pri prolasku hladnih fronta dolazi do jakog miješanja zraka, pojačanog vjetra, konvektivnog razvoja cumulonimbusnih tipova oblaka te posljedično grmljavine i pljuskova. Oborinu i osvježenje donosi i prolazak fronti koje dovodi svjež zrak s Atlantika u polja s malim gradijentom tlaka zraka. Za jesen su karakteristična razdoblja anticiklone i ciklone. Ranu jesen karakterizira anticiklonalno vrijeme s toplim i sunčanim danima i svježim noćima s obilnom rosom. U kasnu jesen za razdoblja anticiklone je hladno, maglovito i tmurno.

Primorska Hrvatska nalazi se veći dio godine u cirkulacijskom području umjerenih širina, s čestim i intenzivnim promjenama vremena. Jedan od najvažnijih modifikatora klime je more uz utjecaj orografije Dinarskog planinskog lanca. Ljeti prevladava dugotrajno vedro vrijeme u polju izjednačenog tlaka zraka, na pučini struji sjeverozapadnjak, na sjevernom Jadranu slab, pri sredini umjeren, a bliže Otrantu povremeno jak sjeverozapadni vjetar. Zbog nejednake brzine grijanja i hlađenja mora i kopna na većim otocima i obali razvijaju se lokalne cirkulacije zraka dnevnog perioda. Najizraženiji je redoviti danji vjetar s mora na kopno i noćni s kopna prema moru. Za hladni dio godine, osobito zimu, tipičan je vjetar

sjevernog Jadrana, bura, s velikim brzinama. Bura nastaje kada se hladniji zrak nad kopnom ruši niz planine u toplije područje iznad mora. Po učestalosti i brzinama u priobalnom području ističe se i jugo. Jugo je postojan i snažan jugoistočnjak koji puše ravnomjernom brzinom, a svoj maksimum brzine ostvaruje u morskim kanalima. Ciklonalna aktivnost tipična je za zimu, rano proljeće i kasnu jesen. Značajna je za oblačni i oborinski režim obale i zaleđa, s tim da u najhladnijem razdoblju ciklone uglavnom ne prelazi s Jadrana na kopno. Preostala vremenska stanja koja nisu česta, ali se po brzinama vjetrova i manifestacijama ističu su: levantara, lebićada, garbinada i pulentada.

U ovom radu analizirani su podaci o temperaturi zraka s meteoroloških postaja Čepin - Osijek, Grič - Zagreb i Dubrovnik. Sve tri odabrane postaje spadaju u glavne meteorološke postaje kao što je prikazano na slici 1. Glavna meteorološka postaja je postaja osnovne mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), s profesionalnim meteorološkim motriteljima, na kojoj se obavljaju opažanja i mjerenja prema različitim programima rada za potrebe: praćenja i prognoze vremena i klime, proučavanja atmosfere, agrometeorologije, tehničke meteorologije, hidrologije, zaštite okoliša i ostalih gospodarstvenih djelatnosti i znanstvenih disciplina (Zaninović i sur., 2008). Mjerenja temperature zraka, kao i mjerenja ekstremnih temperatura, se obavljaju na dva metra iznad tla radi uklanjanja nepovoljnih utjecaja osunčavanja, vjetrova i oborina. Osim navedenog, na ovim postajama još se mjere: smjer i brzina vjetra na visini od 10 m iznad tla, temperatura tla na dubinama 2, 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm, temperature vode ako postoje uvjeti, tlak zraka na razini barometra, tendencije tlaka zraka, karakteristike tendencije tlaka zraka, vlažnosti zraka na 2 m iznad tla, vlažnosti tla, oborine, snježni pokrivač, dubine zamrzavanja i odmrzavanja tla, trajanje sisanja Sunca i isparavanje.



Slika 1. Mreža glavnih meteoroloških i klimatoloških postaja dana 31. prosinca 2007.

1.1. Dosadašnja istraživanja

Poznavanje horizontalne raspodjele temperature na našem planetu jedna je od najvažnijih zadaća meteorologije, odnosno njene grane klimatologije. Uz oborinu, to je parametar koji ljudi najčešće pamte na vremenskim prognozama. Minimalna temperatura zraka ključan je parametar u agrometeorologiji. Maksimalna i minimalna temperatura zraka posebno su zanimljive u turizmu jer određuju aktivnosti koje se odvijaju na otvorenom prostoru. Poznato je da je Aristotel napravio kartu tada poznate zemlje i podijelio je na klimatske pojaseve. Jadran je smjestio u umjerenu zonu. Analizom opisa antičkog pisca Pseuda Skimna da se zaključiti o blagim i vlažnim zimama na Jadranu, ali i o čestim

iznenadnim ljetnim neverama. U antičkoj književnosti tvorac klasične grčke tragedije, Eshil, u svom djelu "Okovani Prometej" spominje buru na Jadranu. U 19. stoljeću Spiridon Brusina, kako bi upozorio meteorologe, prenosi vijest o opisu bure i učincima koje može izazvati. Također postoje i zapažanja iz prirode za koja se vjerovalo da su predznak vremenskih zbivanja, a sačuvana su u današnjim pučkim izrekama. Jedna od njih je: "Ako Sunce zalazi u crvenom nebu, bit će lijepo vrijeme".

Promjene temperature zraka, bilo na dnevnoj, mjesečnoj, godišnoj ili višegodišnjoj skali, intenzivno se istražuju u Hrvatskoj. Promjene su važne zbog utjecaja na poljoprivredu i turizam. U turizmu je posebno važno izračunavanje različitih temperaturnih indeksa, parametara koji određuju idealan tip turizma za pojedinu lokaciju. Jedan od temperaturnih indeksa je i klasifikacija temperaturnog tipa dana koja je analizirana u ovom radu.

1.2. Svrha i ciljevi rada

U ovom radu analizirani su podatci prosječne, maksimalne i minimalne dnevne temperature zraka za tri odabrane meteorološke postaje u Osijeku, Dubrovniku i Zagrebu. Podatci su izmjereni na postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda u razdoblju od 1961. - 2018. godine.

Cilj rada je analizirati promjenjivost temperature na dnevnoj, mjesečnoj, godišnjoj i višegodišnjoj vremenskoj skali. Grafički i tablično prikazane su prosječne vrijednost, percentili srednje dnevne temperature te njeni dnevni maksimumi i minimumi. Podatci su poslužili za utvrđivanje broja ledenih, studenih, hladnih, toplih i vrućih dana te toplih noći.

Svrha rada je utvrditi dolazi li do promjene klime, kako se promjena klime manifestira u odnosu na broj karakterističnih toplih i hladnih tipova dana te postoje li značajnije razlike u novije doba (2000. - 2018.) s obzirom na klimatološko razdoblje (1961.- 1990.).

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Podaci temperature zraka

Za izradu ovog rada korišteni su klimatološki podaci srednje dnevne, minimalne i maksimalne temperature zraka na karakterističnim lokacijama Hrvatske. Podatke su prikupili djelatnici Državnog hidrometeorološkog zavoda, a preuzeti su sa web stranice <https://www.ecad.eu>, Daily Global Historical Climatology Network (Klein i sur., 2002; Manne i sur., 2012). Analizirani su klimatološki podaci za gradove Osijek, Dubrovnik i Zagreb izmjereni na meteorološkim postajama Osijek – Čepin, Zagreb – Grič i Dubrovnik - Lapad. Korišteni vremenski nizovi nisu jednako dugački, najduži je niz podataka izmjeren u Osijeku, a najkraći u Dubrovniku. Nažalost vremenski niz iz Osijeka ima prekide, pa je vremenski niz s meteorološke postaje Zagreb-Grič najduži neprekinuti meteorološki niz podataka u Hrvatskoj (Penzar i sur., 1992). U tablici 1 nalazi se pregled meteoroloških podataka korištenih u radu.

Tablica 1. Pregled korištenih meteoroloških podataka.

| Grad | Razdoblje mjerjenja | Klimatološko razdoblje | Recentno razdoblje | Parametri |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------|---|
| Osijek | 1858.-2018. | 1961.-1990. | 2000.-2018. | Maksimalna temperatura zraka Minimalna temperatura zraka Srednja dnevna temperatura zraka |
| Zagreb | 1861.-2018. | 1961.-1990. | 2000.-2018. | Maksimalna temperatura zraka Minimalna temperatura zraka Srednja dnevna temperatura zraka |

| | | | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--|
| Dubrovnik | 1961.-2018. | 1961.-1990. | 2000.-2018. | Maksimalna temperatura zraka Minimalna temperatura zraka Srednja dnevna temperatura zraka |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--|

2.2. Osnovne statističke veličine

Podatci su obrađeni pomoću programskog paketa „Microsoft Excel“. Uz pomoć funkcije „AVERAGE“ određena je srednja vrijednost koja se dobije zbrajanjem vrijednosti članova grupe, a potom dijeljenjem tog zbroja s brojem članova grupe. Formula za izračun srednje vrijednosti glasi:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N} \quad (1),$$

pri čemu su x_1, \dots, x_n članovi grupe, a N broj članova grupe.

Standardna devijacija određena je pomoću funkcije „STDEV“. Standardna devijacija se izračunava kao drugi korijen varijance, prosječnog kvadratnog odstupanja numeričkih vrijednosti neke veličine x_1, x_2, \dots, x_n od njihove srednje vrijednosti \bar{X} izračunate pomoću jednadžbe (1).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (2).$$

Koristi se kao standard za mjerenje varijabilnosti niza. Ako je standardna devijacija mala, srednja vrijednost dobro predstavlja rezultate. Standardna devijacija σ nam govori koliki je rasap podataka oko srednje vrijednosti jer se u intervalu (srednja vrijednost \pm standardna devijacija) nalazi približno 2/3 svih podataka. Za analizu ekstremnih vrijednosti ne koristi se srednja vrijednost jer ne daje uvid u ekstremnost pojedinog podatka. Zbog toga se koriste medijani, kvartili i percentili. Medijan je središnji podatak i izračunava se tako da se svi elementi niza poredaju po veličini i element koji je na pola duljine predstavlja medijan. Na

primjer, ako imamo niz od 100 brojeva, a 99 vrijednosti iznose 1 i jedna vrijednost je 100, medijan ovog niza je 1 dok je srednja vrijednost 1.99. Kvartili su vrijednosti koje niz, skup podataka, dijele na četiri jednaka dijela, mogu se podijeliti na donji (ili prvi ili Q1) i gornji (ili treći ili Q3) kvartil. Donji kvartil dijeli niz na način da 25% elemenata ima vrijednost manju ili jednaku Q1, a gornji na način da 25% elemenata ima vrijednost veću ili jednaku Q3. Drugi kvartil (Q2) je medijan. Percentili dijele grupu na 100 dijelova, odnosno svaki dio sadrži 1% dijelova grupe. Formula za izračun pozicije i-tog percentila:

$$P_i = \frac{P}{100 \times n} \quad (3)$$

pri čemu je P traženi percentil, a n ukupan broj rezultata u distribuciji (Penzar i sur., 1980).

2.3. Metoda klasifikacije temperaturnih osobina dana

Parametri koji se standardno mjere na meteorološkim postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda su maksimalna i minimalna temperatura zraka. Mjerenja se obavljaju pomoću maksimalnog i minimalnog termometra. Maksimalni termometar (Slika 2) služi za određivanje najviše (maksimalne) temperature tijekom određenog vremenskog intervala, obično 24 sata (Čačić, 2008). Unutrašnjost je ispunjena živom, kao i kod običnog termometara, ali se od njega razlikuje po tome što mu je kapilara sužena neposredno iznad rezervoara. Suženje je izrađeno tako da je stakleni štapić zalemljen za dno rezervoara jednim krajem, a drugim ulazi u kapilaru pa nastaje suženi prostor između njega i stijenki kapilara. Pri porastu temperature živa koja je u tekućem stanju se probija kroz suženje povremenim i jedva primjetnim mlazovima, pa se njezina razina uzdiže duž kapilare. Pri padu temperature razina žive u kapilari ostaje nepromijenjena jer se ne može sama bez dodatne prisile vratiti u rezervoar kroz suženje. Tako vrh stupca žive pokazuje na ljestvici maksimalnu temperaturu. Maksimalni termometar se drži u kosom položaju i to tako da kraj s rezervoarom bude nešto niži od suprotnog kraja da bi zadržavanje u kapilari bilo sigurnije.

Minimalni termometar (Slika 2) služi za određivanje najniže (minimalne) temperature za određeni vremenski interval, za 12 ili 24 sata (Čačić, 2008). Obično je napunjen čistim bezbojnim alkoholom. Rezervoar mu je u obliku viljuške da bi imao što veću površinu i tako došao u dodir sa što većom količinom zraka, budući da se alkohol sporije prilagođava vanjskoj temperaturi nego živa. Kapilara je znatno šira u usporedbi s ostalim termometrima. U alkoholu u kapilari smješten je mali (metalni ili stakleni) štapić sa zadebljanjima na oba

kraja. Termometar se postavlja u meteorološku kućicu u strogo vodoravnom položaju i ima skalu u °C kao i maksimalni termometar. Princip rada sastoji se od toga da se pri snižavanju temperature zraka alkohol povlači prema rezervoaru termometra, zatim meniskus alkohola dolazi do desnog kraja štapića i povlači ga prema nižim vrijednostima temperature. Kada stane opadati temperatura i započne njezin porast, alkohol se vraća udesno prema višim temperaturama. Štapić ostaje na mjestu i svojim desnim krajem prikazuje na ljestvici najniže stanje koje je temperatura imala. Trenutnu temperaturu uvijek pokazuje meniskus alkohola. Kod ispravnog termometara štapić ne smije izlaziti izvan alkohola.



Slika 2. Maksimalni i minimalni termometar (Čačić, 2008).

U meteorološkoj praksi koriste se termini ledenog dana, studenog dana, hladnog dana, tople noći, toplog dana i vrućeg dana definirani prema vrijednostima minimalne ili maksimalne dnevne temperature zraka (Tablica 2) (Penzar i sur., 1978).

Tablica 2. Klasifikacija temperaturnih osobina dana. T_{min} je minimalna, a T_{max} maksimalna dnevna temperatura.

| Ledeni dan | Studeni dan | Hladan dan | Dan s toplom noći | Topli dan | Vrući dan |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $T_{min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ | $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ | $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ | $T_{min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ | $T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ | $T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ |

Ledenim danom smatra se dan kada je najniža izmjerena dnevna temperatura ispod -10 °C. Takvih je dana tijekom godine u Hrvatskoj najmanje. U prosjeku ih je 10-15 u

nizinskom dijelu panonske Hrvatske, 15-20 dana u gorskoj Hrvatskoj, dok se u primorju javljaju jednom u nekoliko godina (Penzar i sur., 2001).

Studeni dani su dani kada je temperatura tijekom 24 sata niža od 0 °C. Najčešći su u gorskim krajevima gdje ih je više od 30 godišnje. Na najvišoj meteorološkoj postaji Zavižanu (1594 m) takvih je dana u toku godine čak 70. U ostalim kontinentalnim dijelovima takvih je dana više od 15 u godini, a rijetka su pojava u primorju javljajući se jednom u nekoliko godina u siječnju ili veljači.

Hladni dani ili dani s mrazom su dani kada se temperatura zraka barem jednom tijekom dana spusti ispod 0 °C. Takvi dani važni su za poljoprivredu, a posebno je značajan početak i svršetak mraznog razdoblja. U kontinentalnom dijelu Hrvatske bezmrazni dani su u pravilu samo lipanj, srpanj, kolovoz i veći dio rujna, a u primorju bezmrazno razdoblje traje od početka svibnja do početka studenog.

Dani s toplom noći su vrlo rijetki. Tada se temperatura zraka tijekom cijelog dana ne spušta ispod 20 °C. Takvi se dani u kontinentalnom dijelu Hrvatske javljaju u prosjeku jednom u nekoliko godina, dok su u primorju česti tijekom ljetnih mjeseci, na sjeveru 10-30 dana godišnje, i još češće u južnom primorju (ponegdje do 70 dana u godini).

Topli dani su dani kada je temperatura zraka tijekom 24 sata barem jednom jednaka ili veća od 25 °C, a takvi dani su znatno zastupljeni u cijeloj Hrvatskoj osim na najvišim planinama. U kontinentalnom dijelu Hrvatske, sjevernom primorju i zagori ima ih 100-200 godišnje, u srednjem i južnom primorju više od 130, a u višim gorskim predjelima 40-70 tijekom godine (na Zavižanu su samo 3 topla dana u godini). Diljem Hrvatske javljaju se u razdoblju od travnja do kraja rujna, u primorju su mogući i u listopadu, no u velikoj su mjeri karakteristični za ljetne mjesece (75-80%).

Vrući dani, kada je temperatura zraka barem jednom tijekom 24 sata jednaka ili viša od 30 °C, česti su u kontinentalnom dijelu i javljaju se 15-30 puta u godini. U gorskom dijelu ih je manje od 15 godišnje, a u primorju posvuda više od 15, ponegdje u Dalmaciji je i više od 40 takvih dana. Ograničeni su na ljetne mjesece, ali mogu biti zabilježeni i u kasno proljeće (svibanj i lipanj) ili ranu jesen (rujan) (Škreb i sur., 1942; Volarić i Lisac, 1984; Penzar i Lisac, 1980; Penzar i sur., 2001).

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Analiza mjesečnih vrijednosti

Upotrebom srednjih dnevnih vrijednosti izračunate su srednje mjesečne vrijednosti. Potom su srednje mjesečne vrijednosti korištene za izračun prosječnih vrijednosti za pojedini mjesec. Za analizu su korištene srednje mjesečne temperature zraka u Osijeku, Dubrovniku i Zagrebu koje su prikazane u tablicama 3, 4 i 5. Srednja vrijednost izračunata je pomoću formule (1) tako da je korištena prosječna temperatura za određeni mjesec tijekom klimatološkog vremenskog perioda (1961.-1990.). Zatim su izračunati P_5 , P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil koristeći formulu (3) kako bi se odredila pozicija svakog percentila u distribuciji. Percentili su podijeljeni tako da vrijednosti manje od P_5 percentila označavaju vrlo hladno, manje od P_{20} hladno, između P_{20} i P_{80} normalno, veće od P_{80} toplo i veće od P_{95} vrlo toplo razdoblje. Percentil P_5 je vrijednost ispod koje se može naći 5% opažanja. Na isti način su definirani i P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil.

Uspoređujući prosječne temperature sva tri grada uočava se da se Dubrovnik (Tablica 4) ističe višim temperaturama, u usporedbi s Osijekom (Tablica 3) i Zagrebom (Tablica 5), što je i očekivano s obzirom na samu klimu i položaj grada. Usporedbom Osijeka i Zagreba zapažamo da je Zagreb hladniji u zimskim mjesecima, ali Osijek pokazuje niže temperaturne minimume. Tijekom lipnja, srpnja i kolovoza nema znatnih odstupanja u temperaturama toplih dana obaju gradova, ali Osijek bilježi znatno veće temperature vrlo toplog razdoblja. Analizirajući Zagreb i Dubrovnik najveće razlike pokazuju maksimalne vrijednosti, a posebno P_{95} percentil sa svojim maksimumom u kolovozu, dok u Zagrebu maksimum bilježi srpanj. Hladno razdoblje u Zagrebu je duže i znatno hladnije te traje od studenog do ožujka, dok je za Dubrovnik ono znatno kraće s nešto hladnijim periodom od prosinca do veljače. Osijek za razliku od Dubrovnika pokazuje nešto niže vrijednosti prosječnih mjesečnih temperatura. Hladno razdoblje traje dosta duže u usporedbi s Dubrovnikom, ali i Zagrebom s trajanjem od listopada do ožujka, te najnižim zabilježenim vrijednostima u siječnju. Dubrovnik najtoplije razdoblje ima od lipnja do listopada, dok je u Osijeku to nešto kraće i traje od lipnja do rujna. Kao najtopliji mjesec u Dubrovniku i Osijeku istaknut je kolovoz sa sličnim najvišim vrijednostima temperature u oba grada.

Tablica 3. Srednje mjesečne vrijednosti, P_5 , P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil prosječne (a), minimalne (b) i maksimalne (c) temperature zraka u Osijeku za razdoblje 1962.-2018.

| a) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|----------|
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | -0,36 | 1,79 | 6,43 | 11,79 | 16,85 | 20,08 | 21,71 | 21,11 | 16,68 | 11,46 | 5,91 | 1,15 |
| 5ti percentil | -5,25 | -3,46 | 3,04 | 9,35 | 14,34 | 18,04 | 19,66 | 19,18 | 14,18 | 9,07 | 2,27 | -2,63 |
| 20ti percentil | -1,99 | -0,27 | 4,73 | 10,41 | 15,62 | 19,00 | 20,48 | 19,85 | 15,54 | 10,12 | 4,00 | -0,14 |
| 50ti percentil | -0,22 | 2,29 | 6,48 | 11,78 | 16,97 | 20,02 | 21,65 | 20,84 | 16,69 | 11,44 | 6,16 | 1,30 |
| 80ti percentil | 1,94 | 4,63 | 8,52 | 13,16 | 18,13 | 21,08 | 22,89 | 22,49 | 17,80 | 12,89 | 7,59 | 2,97 |
| 95ti percentil | 3,52 | 6,12 | 9,52 | 14,45 | 18,90 | 22,44 | 23,82 | 23,70 | 19,45 | 13,91 | 8,95 | 3,68 |
| b) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | -3,84 | -2,61 | 1,38 | 5,84 | 10,51 | 13,72 | 15,19 | 14,60 | 11,04 | 6,41 | 2,37 | -1,48 |
| 5ti percentil | -10,44 | -8,91 | -1,94 | 3,41 | 8,51 | 11,81 | 13,19 | 12,54 | 8,80 | 3,36 | -1,36 | -5,88 |
| 20ti percentil | -6,49 | -4,62 | -0,21 | 4,91 | 9,35 | 12,88 | 14,12 | 13,70 | 9,87 | 4,91 | 0,80 | -2,92 |
| 50ti percentil | -3,28 | -2,01 | 1,40 | 5,80 | 10,54 | 13,74 | 15,25 | 14,67 | 10,96 | 6,59 | 2,65 | -1,26 |
| 80ti percentil | -1,02 | -0,08 | 2,90 | 6,91 | 11,71 | 14,52 | 16,20 | 15,54 | 12,25 | 7,58 | 4,10 | 0,35 |
| 95ti percentil | 1,01 | 1,82 | 4,14 | 8,07 | 12,50 | 15,67 | 17,03 | 16,17 | 13,43 | 8,93 | 5,19 | 1,57 |
| c) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 2,87 | 5,69 | 11,91 | 17,60 | 22,61 | 25,84 | 28,12 | 27,80 | 23,51 | 17,46 | 10,05 | 4,52 |
| 5ti percentil | -2,45 | -0,09 | 7,10 | 13,91 | 19,65 | 23,43 | 25,63 | 24,97 | 20,45 | 13,94 | 5,35 | -0,10 |
| 20ti percentil | 0,26 | 3,25 | 9,19 | 15,76 | 20,92 | 24,27 | 26,79 | 26,23 | 21,72 | 15,91 | 7,90 | 2,46 |
| 50ti percentil | 3,00 | 5,67 | 12,25 | 17,58 | 22,60 | 25,77 | 27,95 | 27,77 | 23,51 | 17,44 | 9,97 | 4,68 |
| 80ti percentil | 5,57 | 9,13 | 14,66 | 18,98 | 24,34 | 27,31 | 29,64 | 29,56 | 25,19 | 19,10 | 12,10 | 6,66 |
| 95ti percentil | 7,79 | 11,40 | 16,04 | 21,09 | 25,74 | 28,78 | 31,14 | 30,94 | 27,08 | 20,80 | 14,19 | 8,18 |

Tablica 4. Srednje mjesečne vrijednosti, P_5 , P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil prosječne (a), minimalne (b) i maksimalne (c) temperature zraka u Dubrovniku za razdoblje 1961.-2018.

| a) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|----------|
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 9,13 | 9,45 | 11,42 | 14,42 | 18,66 | 22,55 | 25,13 | 25,20 | 21,71 | 17,91 | 13,95 | 10,46 |
| 5ti percentil | 9,16 | 9,48 | 11,43 | 14,34 | 18,68 | 22,49 | 24,85 | 24,98 | 21,58 | 17,96 | 14,06 | 10,59 |
| 20ti percentil | 6,43 | 6,67 | 9,30 | 12,59 | 16,50 | 20,78 | 23,73 | 23,21 | 19,23 | 15,86 | 11,84 | 8,55 |
| 50ti percentil | 8,12 | 8,21 | 10,17 | 13,63 | 17,52 | 21,50 | 24,09 | 23,93 | 20,63 | 17,12 | 12,74 | 9,62 |
| 80ti percentil | 10,34 | 10,97 | 12,64 | 15,30 | 19,70 | 23,49 | 26,20 | 26,55 | 22,59 | 18,80 | 15,01 | 11,58 |
| 95ti percentil | 11,00 | 11,97 | 13,49 | 16,21 | 21,18 | 24,51 | 27,05 | 27,43 | 23,79 | 19,65 | 16,02 | 11,99 |
| b) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 6,58 | 6,76 | 8,71 | 11,63 | 15,71 | 19,35 | 21,84 | 22,07 | 18,83 | 15,17 | 11,31 | 7,85 |
| 5ti percentil | 6,54 | 6,79 | 8,76 | 11,61 | 15,72 | 9,11 | 21,56 | 21,79 | 18,74 | 15,18 | 11,47 | 7,90 |
| 20ti percentil | 3,80 | 3,89 | 6,48 | 9,77 | 13,49 | 17,55 | 20,22 | 19,99 | 16,42 | 13,03 | 9,19 | 5,73 |
| 50ti percentil | 5,40 | 5,45 | 7,47 | 10,67 | 14,36 | 18,10 | 20,72 | 20,75 | 17,85 | 14,48 | 9,87 | 6,96 |
| 80ti percentil | 7,97 | 8,38 | 9,97 | 12,71 | 16,82 | 20,56 | 23,04 | 23,54 | 19,97 | 16,20 | 12,52 | 9,06 |
| 95ti percentil | 8,83 | 9,67 | 11,18 | 13,40 | 18,07 | 21,52 | 23,93 | 24,50 | 20,96 | 16,97 | 13,75 | 9,67 |
| c) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 12,22 | 12,64 | 14,70 | 17,63 | 21,96 | 25,87 | 28,77 | 29,02 | 25,62 | 21,55 | 17,16 | 13,55 |
| 5ti percentil | 12,33 | 12,56 | 14,63 | 17,49 | 21,96 | 25,81 | 28,45 | 28,73 | 25,59 | 21,65 | 17,13 | 13,45 |
| 20ti percentil | 9,68 | 10,40 | 12,64 | 15,47 | 19,39 | 23,67 | 26,90 | 26,56 | 22,96 | 19,73 | 14,98 | 11,79 |
| 50ti percentil | 11,25 | 11,42 | 13,53 | 16,72 | 20,71 | 24,72 | 27,62 | 27,63 | 24,39 | 20,91 | 16,03 | 12,73 |
| 80ti percentil | 13,39 | 14,01 | 16,07 | 18,49 | 23,22 | 27,18 | 29,99 | 30,76 | 26,78 | 22,61 | 18,20 | 14,52 |
| 95ti percentil | 13,97 | 15,33 | 16,80 | 20,07 | 24,77 | 28,25 | 30,87 | 31,67 | 28,04 | 23,39 | 19,11 | 15,07 |

Tablica 5. Srednje mjesečne vrijednosti, P_5 , P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil prosječne (a), minimalne (b) i maksimalne (c) temperature zraka u Zagrebu za razdoblje 1862.-2018.

| a) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|----------|
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 0,53 | 2,62 | 7,21 | 12,00 | 16,49 | 19,80 | 21,92 | 21,17 | 17,22 | 11,91 | 6,45 | 2,08 |
| 5ti percentil | 0,47 | 2,81 | 7,38 | 11,91 | 16,47 | 19,70 | 21,90 | 20,92 | 17,19 | 11,87 | 6,28 | 2,12 |
| 20ti percentil | -4,75 | -2,95 | 3,65 | 9,27 | 13,49 | 17,67 | 19,66 | 18,90 | 14,89 | 9,18 | 2,84 | -2,01 |
| 50ti percentil | -1,66 | 0,02 | 5,42 | 10,59 | 14,99 | 18,54 | 20,79 | 19,84 | 15,88 | 10,82 | 4,79 | 0,36 |
| 80ti percentil | 2,96 | 5,23 | 9,30 | 13,30 | 17,87 | 21,08 | 23,07 | 22,36 | 18,43 | 13,24 | 8,25 | 4,18 |
| 95ti percentil | 5,08 | 7,40 | 10,59 | 14,91 | 19,25 | 22,08 | 24,29 | 24,15 | 19,72 | 14,38 | 9,87 | 5,73 |
| b) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | -2,01 | -0,53 | 3,45 | 7,66 | 11,91 | 15,09 | 16,93 | 16,39 | 12,97 | 8,42 | 3,96 | -0,06 |
| 5ti percentil | -1,73 | -0,16 | 3,34 | 7,64 | 11,75 | 15,10 | 16,90 | 16,23 | 12,94 | 8,39 | 3,90 | 0,18 |
| 20ti percentil | -7,53 | -6,30 | 0,20 | 5,37 | 9,87 | 13,23 | 14,97 | 14,36 | 10,81 | 5,90 | 0,78 | -3,66 |
| 50ti percentil | -4,24 | -2,80 | 1,77 | 6,47 | 10,80 | 13,90 | 15,95 | 15,31 | 11,91 | 7,20 | 2,36 | -1,88 |
| 80ti percentil | 0,44 | 1,82 | 5,26 | 8,87 | 13,11 | 16,18 | 18,03 | 17,44 | 14,00 | 9,71 | 5,85 | 1,58 |
| 95ti percentil | 2,57 | 3,79 | 6,49 | 10,03 | 14,23 | 17,19 | 19,18 | 18,98 | 15,47 | 10,92 | 7,13 | 3,25 |
| c) | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Siječanj | Veljača | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni | Prosinac |
| Srednja vrijednost | 3,15 | 5,80 | 11,36 | 16,64 | 21,49 | 24,89 | 27,14 | 26,25 | 21,68 | 15,61 | 9,25 | 4,53 |
| 5ti percentil | 2,95 | 5,97 | 11,39 | 16,72 | 21,50 | 24,79 | 27,02 | 26,10 | 21,45 | 15,61 | 9,12 | 4,46 |
| 20ti percentil | -1,95 | 0,03 | 7,17 | 13,31 | 18,40 | 22,43 | 24,43 | 23,42 | 18,90 | 12,73 | 5,48 | 0,19 |
| 50ti percentil | 0,70 | 2,94 | 8,87 | 14,81 | 19,97 | 23,40 | 25,74 | 24,52 | 20,29 | 14,19 | 7,20 | 2,84 |
| 80ti percentil | 5,71 | 8,52 | 13,73 | 18,25 | 23,03 | 26,21 | 28,61 | 27,55 | 23,14 | 17,02 | 11,17 | 6,73 |
| 95ti percentil | 8,06 | 10,62 | 15,44 | 20,34 | 24,44 | 27,83 | 30,07 | 29,75 | 24,67 | 18,48 | 13,43 | 8,02 |

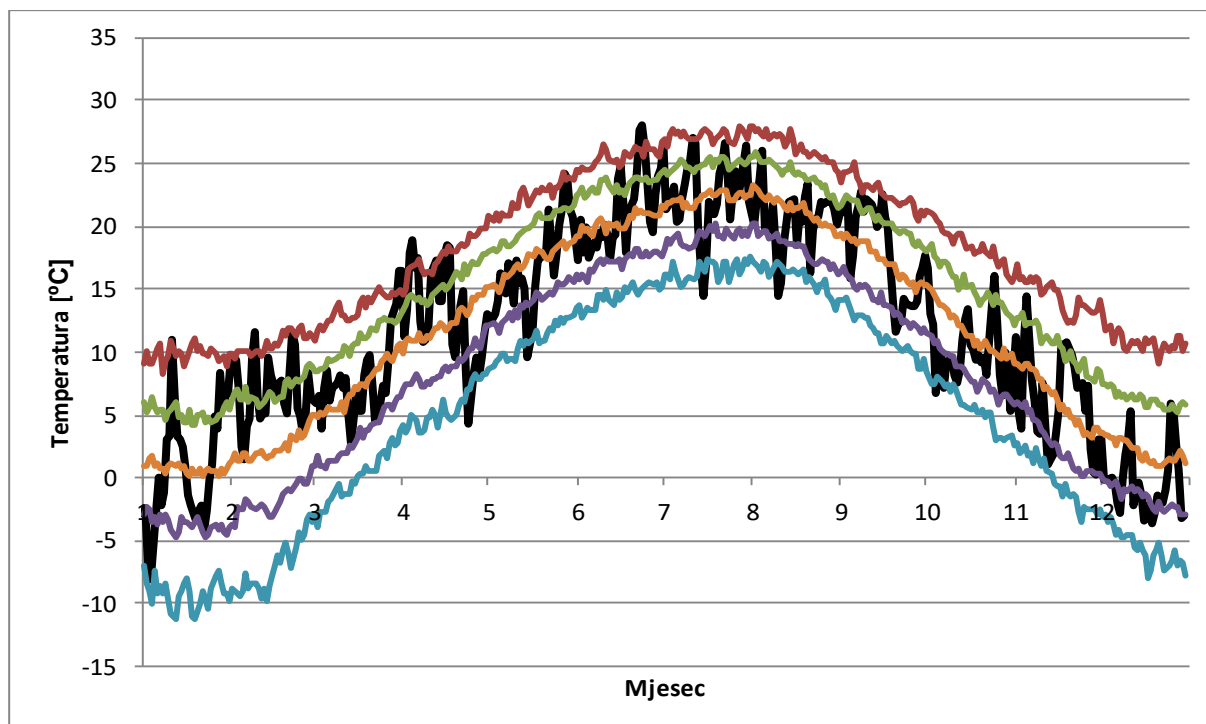
3.1.1. Analiza temperature zraka za 2016., 2017. i 2018. godinu

Prilikom analize dnevnih vrijednosti korišteni su isti postupci kao u prethodnom poglavlju, osim što se sada nisu računale srednje mjesečne nego srednje dnevne vrijednosti. Za izračun opisanih statističkih veličina korišteni su podatci u klimatološkom razdoblju

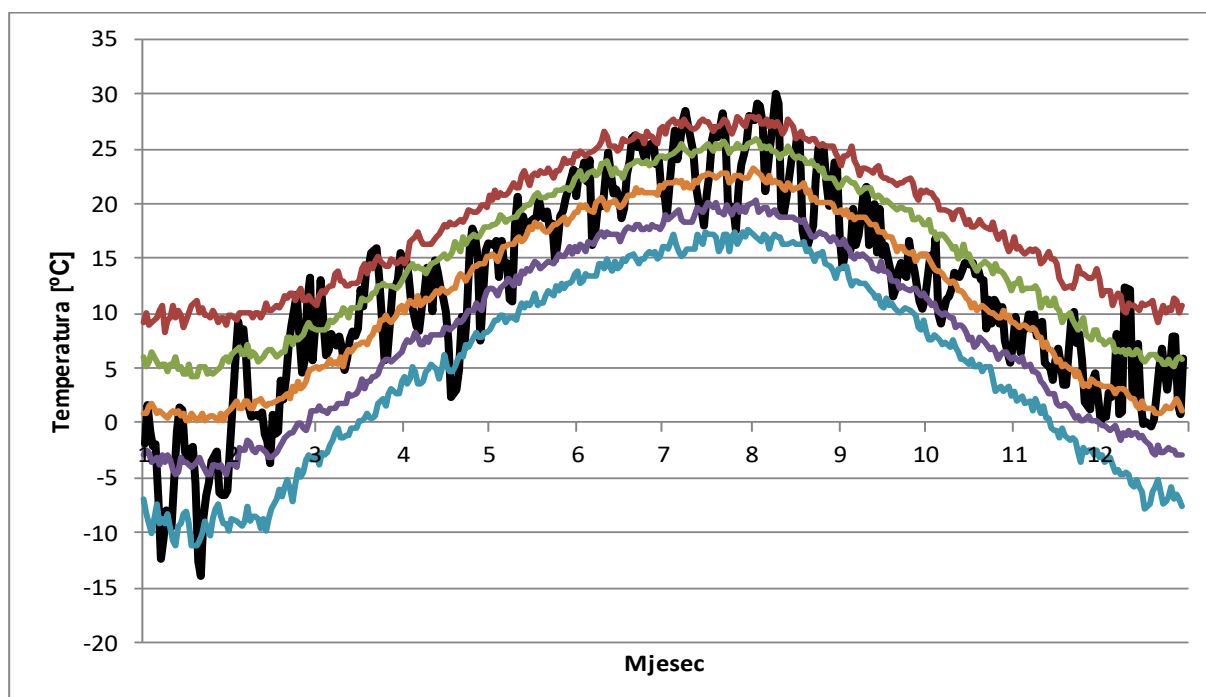
(1961. - 1990.). Za svaki dan primjenom formule (1) izračunata je srednja vrijednost. Za analizu dnevnih vrijednosti osim dnevnih temperatura korišteni su i P_5 , P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil. Vrijednosti percentila su izračunate korištenjem formule (3) i grafički su prikazane na slikama 3, 4 i 5. Tako je 5ti percentil vrijednost ispod koje se može naći 5% opažanja. Na isti način su definirani i P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil.

Na slikama 3, 4 i 5 prikazane su srednje dnevne temperature za promatrane tri godine na postaji u Osijeku. Uočava se da je i najmanja (-12.6 °C) i najviša (29.2 °C) temperatura zabilježena 2017. godine u odnosu na promatrane tri godine. Značajniji prodor hladne fronte 2016. godine, osim u drugoj polovici veljače, zabilježen je i u ožujku u trajanju od deset dana, zatim u rujnu s jednakim intezitetom trajanja, te u prosincu s drugom najnižom temperaturom zabilježenom u ovoj godini. Porast temperature evidentiran je početkom siječnja i veljače, s naglim porastom za 24.8 stupnjeva u ožujku usporedno s krajem veljače. U ostatak godine značajniji rast temperature bilježi kraj listopada. Za razliku od 2016. godine koju su okarakterizirale značajnije temperaturne promjene u 2017. godini (b) nemamo velik broj ekstrema. Najveći pad temperature vidljiv je u siječanju i travanju. Nagli porast temperature iznad očekivanih vrijednosti zamijećen je početkom veljače i prosinca. U prvom dijelu 2018. godine (c) osjetan pad temperature bilježi siječanj i travanj, a srpanj i kolovoz u drugom djelu godine. Dramatičan porast temperature za 18 stupnjeva unutar osam dana, zabilježen je u siječnju s ujedno i jedinim zamjetnim povećanjem temperature za ovu godinu (DHMZ 2016; DHMZ 2017; DHMZ 2018).

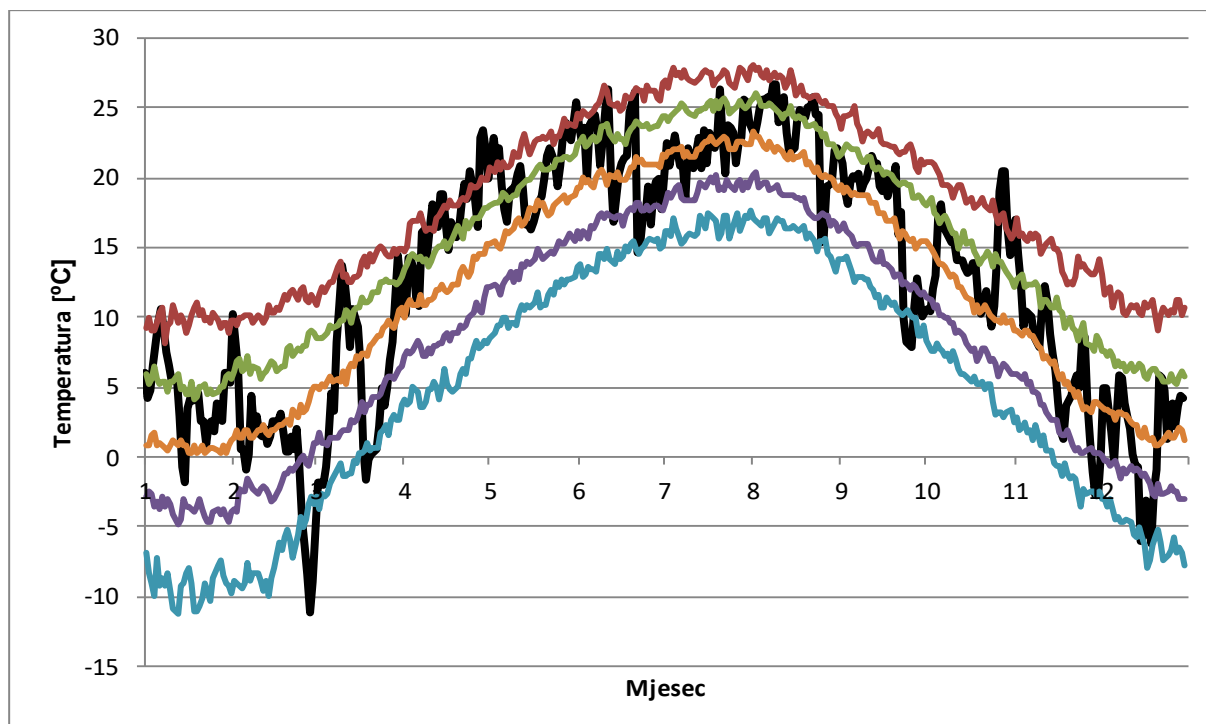
Na slikama 6, 7 i 8 prikazane su srednje dnevne temperature za zadane tri godine na postaji Dubrovnik. Najviša zabilježena srednja dnevna temperatura iznosila je 32.0 °C i izmjerena je 2017. godine, dok je najniža temperatura izmjerena 7. siječnja 2017. godine iznosa -3.9 °C. Tijekom 2016. godine nije uočen velik broj ekstrema. Prodor hladne fronte zabilježen je sredinom siječnja, s ujedno i najnižom temperaturom za tu godinu koja je iznosila 3.3 °C. Poneki beznačajniji pad temperature zapažen je i tijekom ožujka, svibnja, kolovoza i rujna. Najveća temperatura zabilježena je u srpnju koja je ujedno i maksimum za tu godinu. Za razliku od 2016. godine, 2017. bilježi veće vrijednosti u promjenama koje su utvrđene i kod ekstrema. Tako se vidi da je u siječnju unutar tjedan dana došlo do velikog pada temperature, koja je ujedno i najniža temperatura evidentirana za promatrane tri godine.



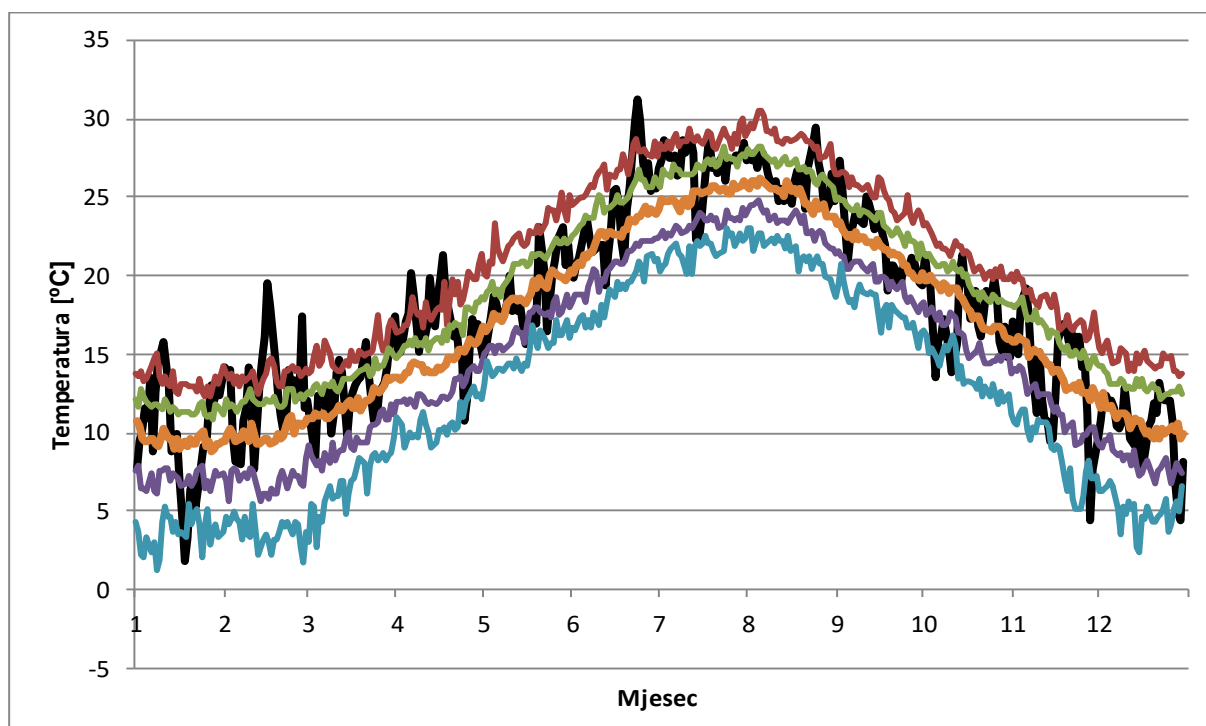
Slika 3. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Osijek (crno) za 2016. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.



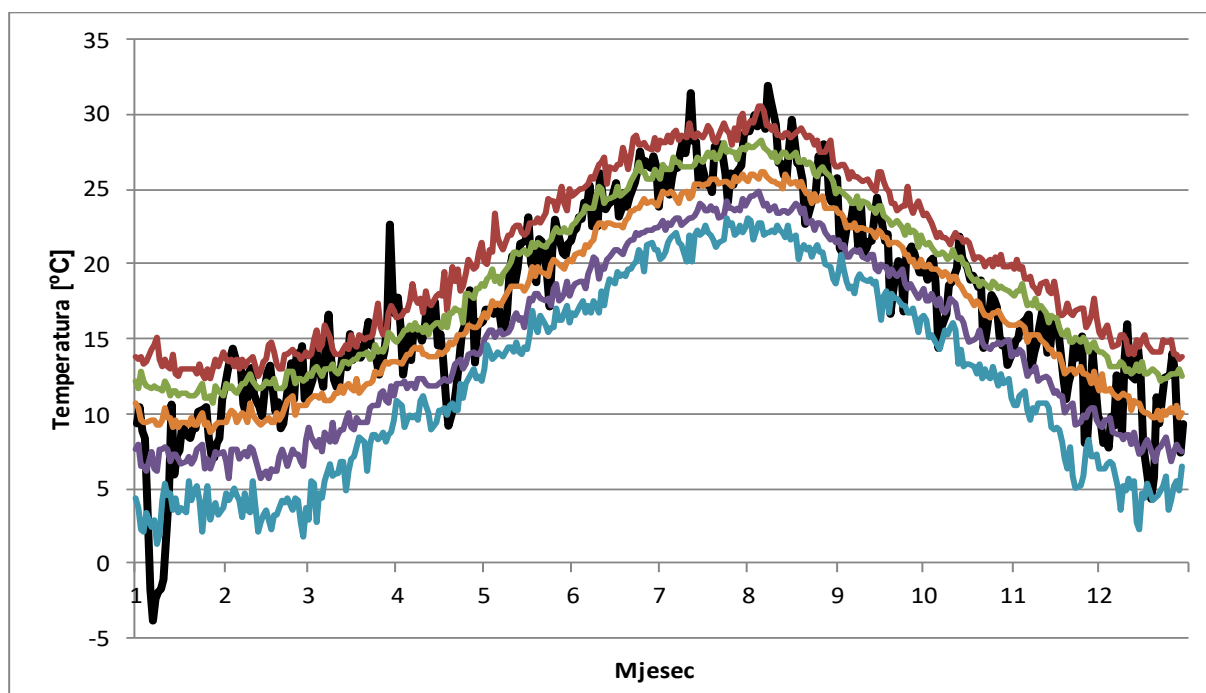
Slika 4. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Osijek (crno) za 2017. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.



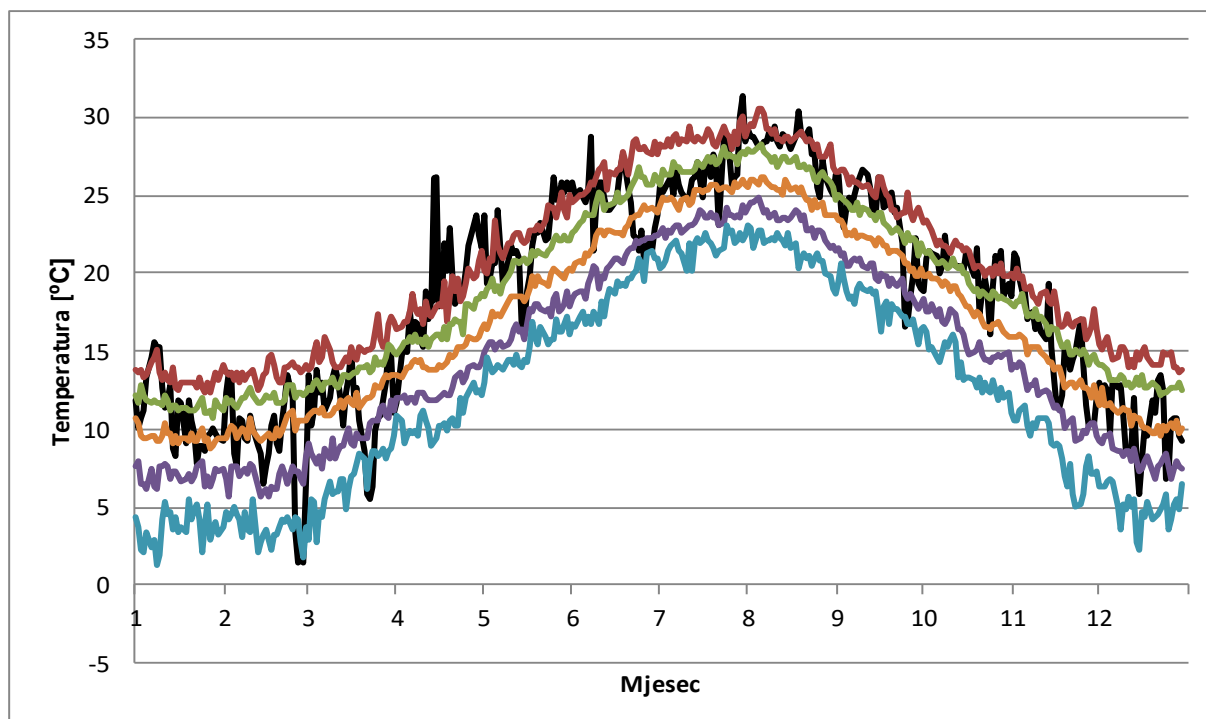
Slika 5. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Osijek (crno) za 2018. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.



Slika 6. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Dubrovnik (crno) za 2016. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.



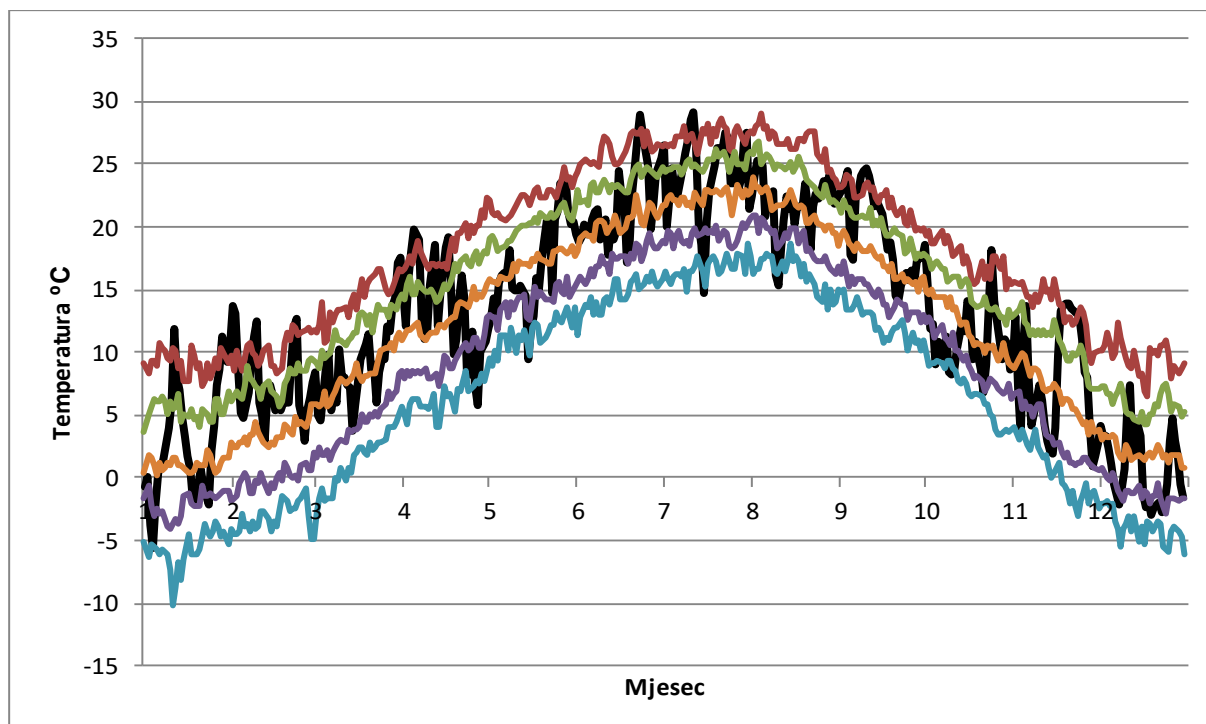
Slika 7. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Dubrovnik (crno) za 2017. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.



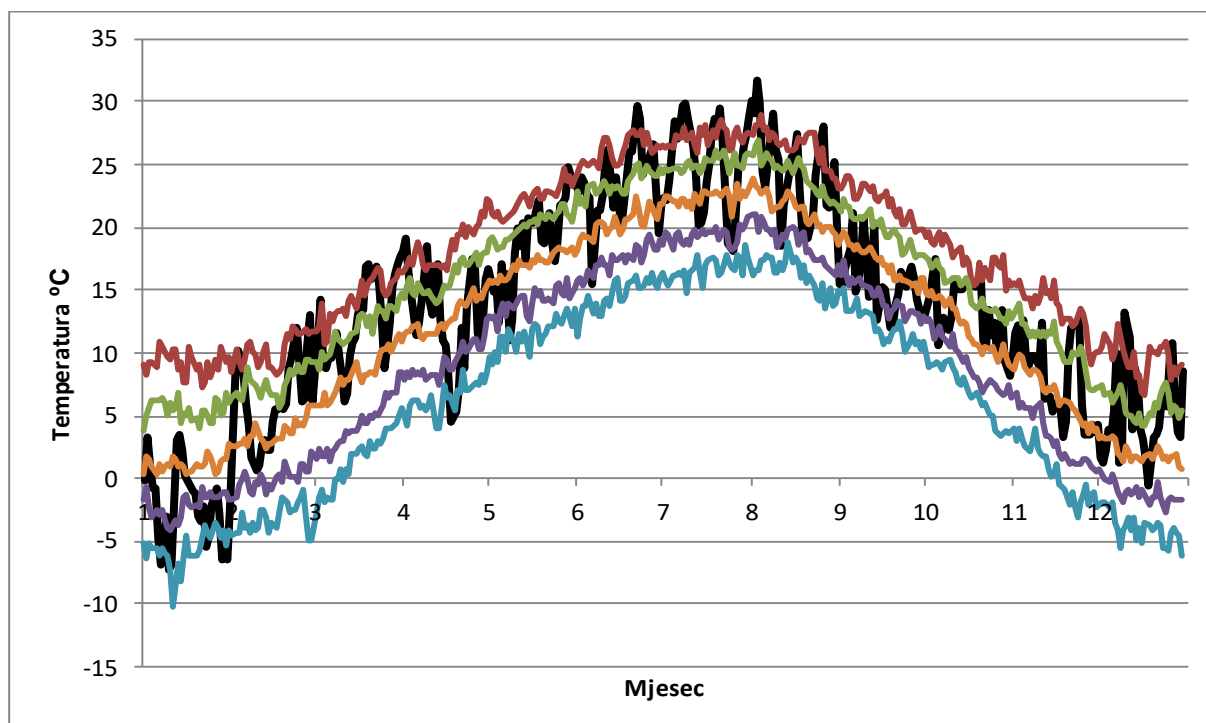
Slika 8. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Dubrovnik (crno) za 2018. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentil.

Također, u jednakom vremenskom intervalu veći pad temperature zabilježen je u travnju i listopadu. Početak kolovoza donosi najznačajniji porast temperature u odnosu na ostatak godine. Za 2018. godinu siječanj i listopad imaju karakteristično najniže temperature u hladnom djelu godine, a travanj i srpanj u toplom djelu godine. Prva polovica godine bilježi najznačajniji porast temperature za ovu godinu unutar mjeseca siječnja i veljače s vrhuncom od 28 °C u lipnju (DHMZ 2016; DHMZ 2017; DHMZ 2018).

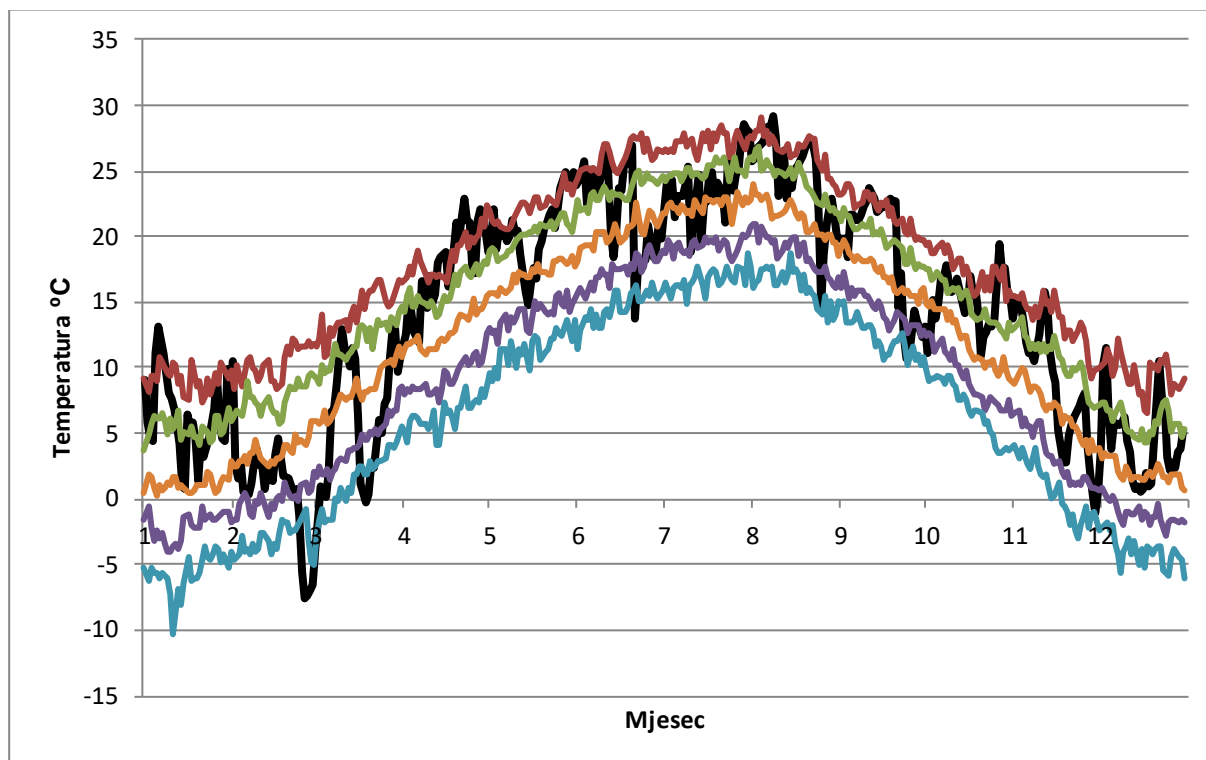
Na slikama 9, 10 i 11 prikazane su srednje dnevne temperature zraka za odabrane tri godine. Uočava se da je 2016. godine najmanja zabilježena temperatura bila - 7.6 °C, dok je najviša temperatura zabilježena u 2017. godini i iznosila je 31.7 °C. U 2016. godini, osim naglog zahlađenja krajem veljače, koje se prebacilo i na početak ožujka u trajanju od šest dana, značajnije zahlađenje u zimskom djelu godine dogodilo se i krajem studenog kada je temperatura bila tek malo ispod ništice. U ljetnom razdoblju je dolazilo do naglog pada temperature pa je tako 20. lipnja temperatura iznosila 27 °C, a dan nakon (21.6.) samo 13.8 °C. Također značajnije smanjenje temperature se dogodilo i krajem kolovoza kada je došlo do smanjenja temperature za 12 °C unutar šest dana. Značajniji temperaturni maksimumi su zabilježeni u prvoj polovici ožujka, krajem listopada, početkom prosinca, uz najveći zabilježeni maksimum u prvoj polovici kolovoza. 2017. godine (b) nisu zamjećene značajnije oscilacije temperature, tek pokoja hladna fronta u siječnju, travnju i lipnju, uz najvišu temperaturu početkom kolovoza. 2018. godine (c) nezanemariv pad temperature bilježi siječanj, travanj, svibanj, srpanj i kolovoz. U siječnju je nakon naglog pada temperature unutar tjedan dana došlo do ključnog temperaturnog maksimuma. Još jedno zamjetno povećanje temperature od 10 °C evidentirano je u studenom (DHMZ 2016; DHMZ 2017; DHMZ 2018).



Slika 9. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Zagreb (crno) za 2016. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedeseti (crveno) percentile.



Slika 10. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Zagreb (crno) za 2017. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedeseti (crveno) percentile.



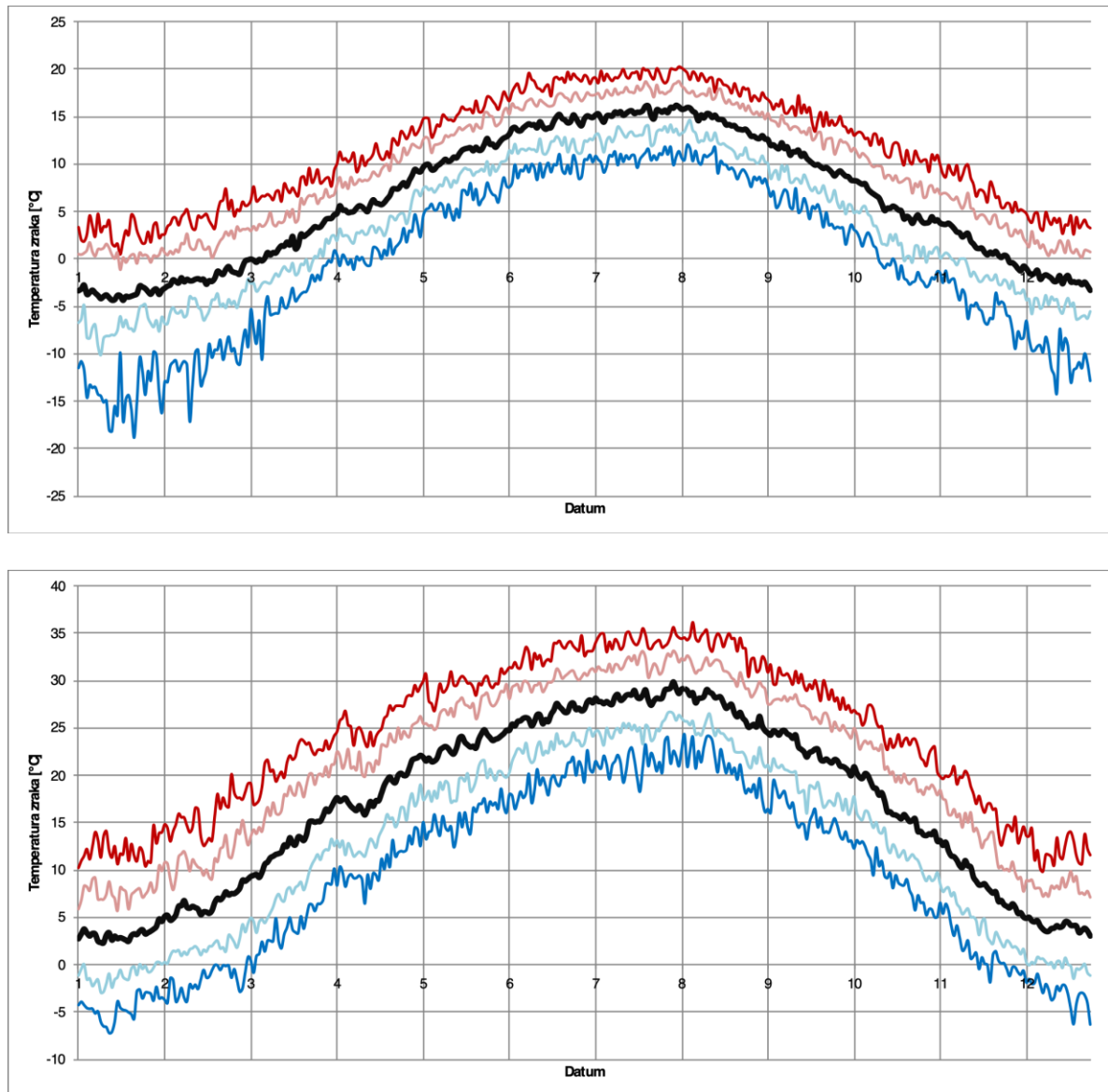
Slika 11. Godišnji hod temperature zraka izmjeren na postaji Zagreb (crno) za 2018. godinu s pripadajućim granicama za peti (plavo), dvadeseti (ljubičasto), pedeseti (narančasto), osamdeseti (zeleno) i devedesetpeti (crveno) percentile.

3.2. Analiza dnevnih minimalnih i maksimalnih temperatura zraka

Za analizu su korištene dnevne minimalne i maksimalne temperature zraka koje su prikupljene od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda. Obradeni su podaci za gradove Osijek, Dubrovnik i Zagreb u recentnom razdoblju od 2000. do 2018. i prikazani su na slikama 12, 13 i 14. Na slikama je prikazana prosječna dnevna minimalna i maksimalna temperatura koja je izračunata pomoću formule (1), te su dodane pripadajuće granice za percentile. Definirani su P_{20} , P_{50} , P_{80} i P_{95} percentili koji su izračunati pomoću formule (3). Tako je dvadeseti percentil vrijednost ispod koje se može naći 20% opažanja. Na isti način su definirani i P_{50} , P_{80} i P_{95} percentil.

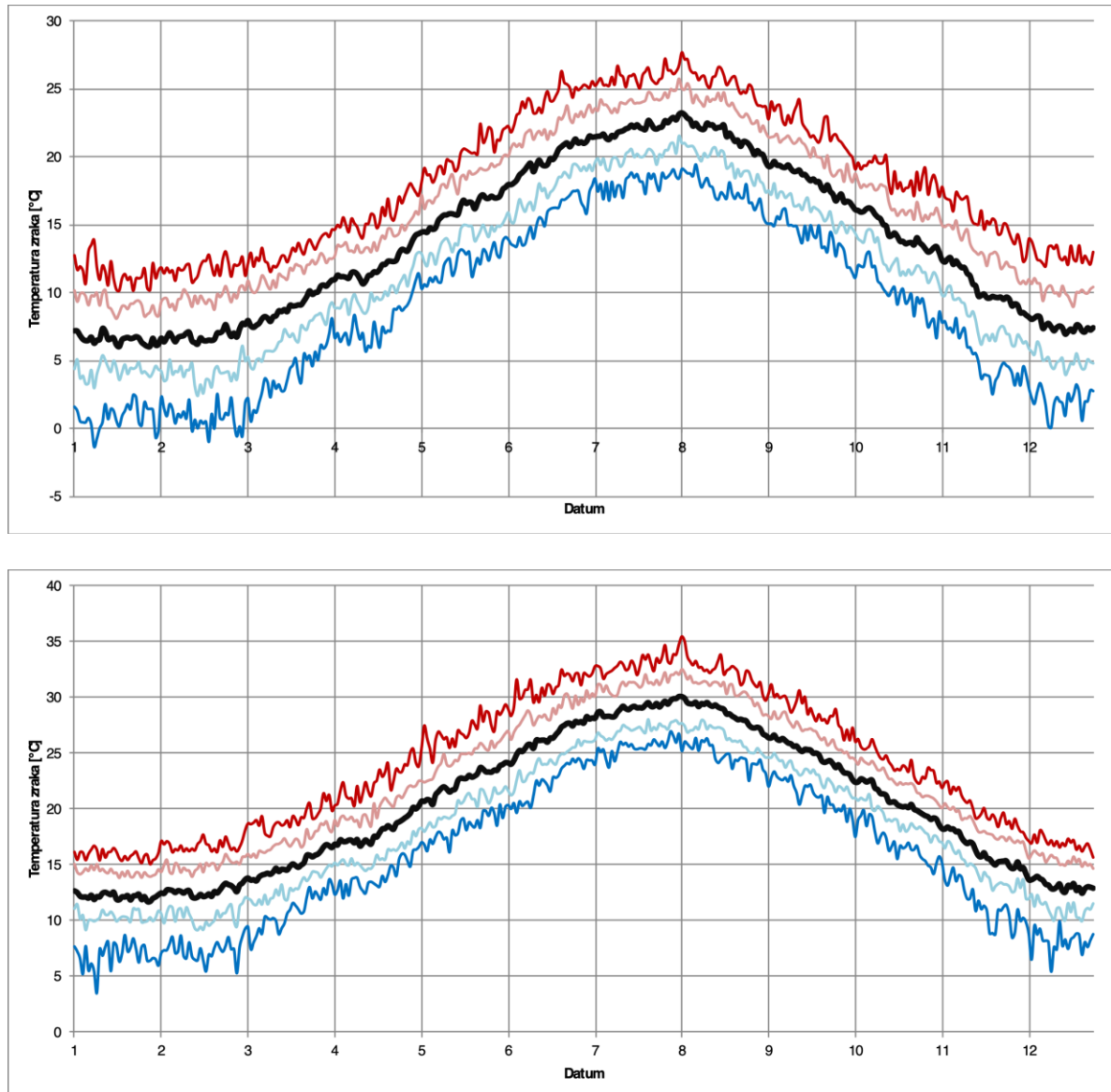
Slika 12 prikazuje srednje dnevne minimalne i maksimalne temperature zraka za grad Osijek. U prosjeku (crna krivulja), opažamo da nema ledenih dana, a hladni dani su vidljivi u zimskom periodu za razdoblje od 2. prosinca do 8. ožujka. Ledeni dani mogu se javiti sve do početka ožujka, ali jako rijetko. Tople noći nisu karakteristične za Osijek. Dnevne maksimalne temperature (b) pokazuju da nema studenih i vrućih dana. Topli dani vidljivi su u

ljetnom periodu za razdoblje od 6. lipnja do 4. rujna. U tom razdoblju jednoliko su raspoređeni i P_{95} ekstremi maksimalnih temperatura. Očito, toplinski valovi nisu rezervirani za sredinu ljeta već su raspoređeni kroz cijelo ljetno razdoblje. Zanimljivo je pogledati i do kada se može očekivati mraz, minimalna temperatura manja od nule u okolici Osjeka. U prosjeku mraz počinje krajem studenog, a prestaje početkom ožujka (P_{50}). Često (P_{80}) mraz se može očekivati u razdoblju od sredine listopada do kraja ožujka. Vrlo rijetko (P_{95}) mraz se može pojaviti od početka rujna do sredine travnja.



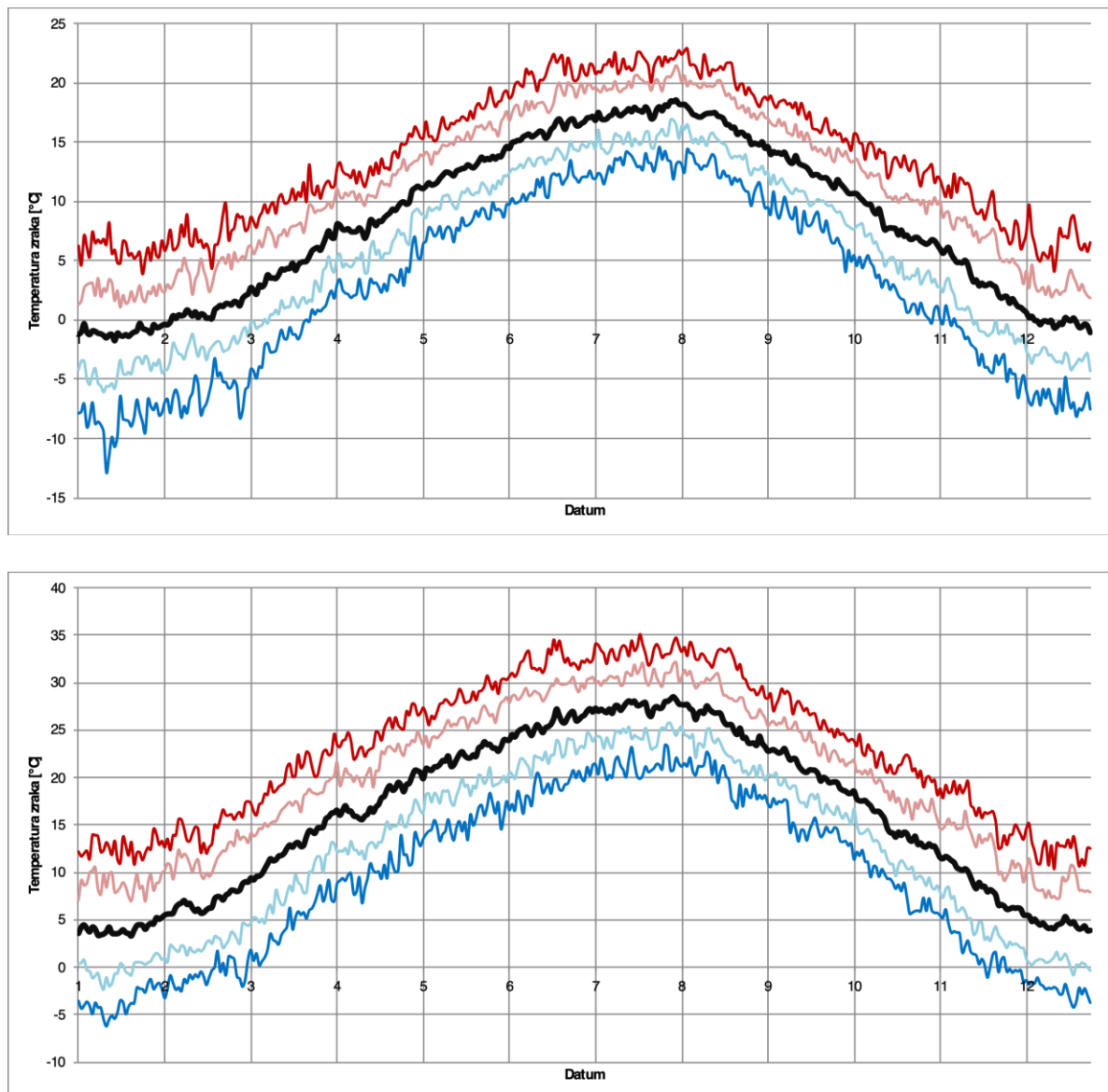
Slika 12. Srednje dnevne minimalne (a) i maksimalne (b) temperature zraka za grad Osijek u razdoblju od 2000. do 2018. godine (crno) s pripadajućim granicama za dvadeseti (tamnoplavo), pedeseti (svjetloplavo), osamdeseti (ružičasto) i devedesetpeti (crveno) percentil.

Na slici 13 prikazane su srednje dnevne maksimalne i minimalne temperature zraka za grad Dubrovnik. Na grafu minimalnih temperatura (a) uočavamo da nema ledenih, a hladni dani su iznimno rijetki. Tople noći su zabilježene za veći dio godine i razdoblje od 28. ožujka do 19. studenog. 95i percentil je veći od 25 za cijeli kolovoz, a to znači da su sve noći u kolovozu tople. Graf maksimalnih temperatura (b) pokazuje da nema studenih dana. Topli dani su evidentirani od 9. lipnja do 23. rujna, a vrući dani u najtoplijem ljetnom mjesecu tj. 5. i 6. kolovoza.



Slika 13. Srednje dnevne minimalne (a) i maksimalne (b) temperature zraka za grad Dubrovnik (crno) u razdoblju od 2000. do 2018. godine s pripadajućim granicama za dvadeseti (tamnoplavo), pedeseti (svjetloplavo), osamdeseti (ružičasto) i devedesetpeti (crveno) percentil.

Na slici 14 prikazane su srednje dnevne minimalne i maksimalne temperature zraka za grad Zagreb. Zapažamo da su kod minimalnih temperatura (a) vrlo rijetko u siječnju zabilježeni ledeni dani i tople noći. Hladni dani u prosjeku obuhvaćaju hladniji dio godine u vremenskom periodu od 11. prosinca do 3. veljače. Dnevne maksimalne temperature (b) pokazuju da nema studenih i vrućih dana. Topli dani su zabilježeni u lipnju za razdoblje od 9. lipnja do 11. lipnja, razdoblje 14. lipnja do 16. lipnja, te razdoblje 18. lipnja do 24. kolovoza.



Slika 14. Srednje dnevne minimalne (a) i maksimalne (b) temperature zraka za grad Zagreb (crno) u razdoblju od 2000. do 2018. godine s pripadajućim granicama za dvadeseti (tamnoplavo), pedeseti (svjetloplavo), osamdeseti (ružičasto) i devedesetpeti (crveno) percentil.

Između analiziranih gradova opažamo da su u Osijeku i Zagrebu hladni dani u hladnom dijelu godine, a Dubrovnik nema hladnih dana i temperatura se ne spušta ispod nule. Vrući dani su dokumentirani u ljetnom razdoblju za Osijek i Dubrovnik, dok Zagreb ne bilježi dane iznad trideset stupnjeva.

3.3. Analiza broja vrućih i hladnih dana

Za obradu podataka korištene su dnevne minimalne i maksimalne temperature. Analizirano je razdoblje od 2000. do 2018. godine koje je uspoređeno s klimatološkim razdobljem od 1961. do 1990. godine za gradove Osijek, Dubrovnik i Zagreb kao što je prikazano u tablicama 6, 7 i 8. Uz pomoć uvjeta iz tablice 2 izračunat je broj ledenih, studenih, hladnih, toplih i vrućih dana, te broj toplih noći. Dobiveni brojevi su nam pokazali bilježe li odabrani gradovi promjene u broju karakterističnih dana za razdoblje od 2000. do 2018. u odnosu na klimatološki period 1961. – 1990.

Tablica 6. Broj dana s karakterističnim temperaturnim ekstremima za grad Osijek za razdoblje od 2000. do 2018., tridesetogodišnji klimatološki period od 1961. do 1990. i prosjek za razdoblje 2000. – 2018. godine.

| Godina | Broj dana | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | Ledenih | Studenih | Hladnih | Topla noć | Toplih | Vrućih |
| 1961.-1990 | 9 | 18 | 87 | 0 | 90 | 25 |
| 2000.-2018. | 6 | 16 | 72 | 0 | 105 | 40 |
| 2000. | 4 | 15 | 75 | 0 | 116 | 47 |
| 2001. | 9 | 13 | 83 | 0 | 88 | 29 |
| 2002. | 3 | 17 | 60 | 0 | 101 | 28 |
| 2003. | 12 | 26 | 106 | 0 | 132 | 66 |
| 2004. | 5 | 17 | 78 | 0 | 81 | 18 |
| 2005. | 17 | 19 | 103 | 0 | 78 | 18 |

| | | | | | | |
|-------|----|----|----|---|-----|----|
| 2006. | 7 | 17 | 86 | 0 | 93 | 40 |
| 2007. | 0 | 15 | 60 | 0 | 112 | 52 |
| 2008. | 4 | 10 | 60 | 0 | 102 | 44 |
| 2009. | 5 | 21 | 58 | 0 | 125 | 44 |
| 2010. | 9 | 19 | 78 | 0 | 82 | 30 |
| 2011. | 2 | 16 | 90 | 0 | 117 | 44 |
| 2012. | 16 | 27 | 75 | 0 | 124 | 65 |
| 2013. | 0 | 8 | 67 | 0 | 101 | 37 |
| 2014. | 4 | 7 | 31 | 0 | 88 | 22 |
| 2015. | 2 | 4 | 59 | 0 | 108 | 56 |
| 2016. | 2 | 13 | 66 | 0 | 114 | 27 |
| 2017. | 9 | 22 | 63 | 0 | 101 | 47 |
| 2018. | 6 | 14 | 62 | 0 | 134 | 41 |

Tablica 6 prikazuje karakteristične ekstreme za grad Osijek s pripadajućim obojenjem. Kad je u promatranoj godini broj promatranih temperaturnih veličina bio veći od prosjeka bojao se u nijense plave (bilo je više od klimatološkog prosjeka hladnijih dana) ili crvene za tople veličine. Tako da bijela boja označuje vrijednosti u skladu s klimatološkim prosjekom, plava više hladnih dana, a crvena više toplih dana.

Iz tablice 6 opaža se da u gradu Osijeku nema ekstremno hladnih dana, već tek poneki hladniji i vrlo hladni dan što je karakteristično za zimsko razdoblje. Broj hladnih dana se u pravilu ne povećava. Što se tiče toplijeg dijela godine pojavljuju se ekstremno topli dani, te je veća zastupljenost toplih i vrlo toplih dana. S obzirom na klimatološki prosjek broj toplih dana varira ali u pravilu se stalno povećava, dok se broj hladnih dana ne povećava. Tople noći nisu zabilježene za grad Osijek.

Tablica 7. Broj dana s karakterističnim temperaturnim ekstremima za grad Dubrovnik za razdoblje od 2000. do 2018., tridesetogodišnji klimatološki period od 1961. do 1990. i prosjek za razdoblje 2000. – 2018. godine.

| Godina | Broj dana | | | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| | Ledenih | Studenih | Hladnih | Topla noć | Toplih | Vrućih |
| 1961.-1990 | 0 | 0 | 3 | 3 | 89 | 13 |
| 2000.-2018. | 0 | 0 | 2 | 18 | 119 | 43 |
| 2000. | 0 | 0 | 2 | 8 | 131 | 21 |
| 2001. | 0 | 0 | 3 | 12 | 101 | 34 |
| 2002. | 0 | 0 | 4 | 13 | 104 | 29 |
| 2003. | 0 | 0 | 0 | 30 | 132 | 61 |
| 2004. | 0 | 0 | 5 | 9 | 114 | 25 |
| 2005. | 0 | 0 | 4 | 8 | 122 | 31 |
| 2006. | 0 | 0 | 3 | 16 | 119 | 38 |
| 2007. | 0 | 0 | 0 | 19 | 122 | 50 |
| 2008. | 0 | 0 | 3 | 19 | 102 | 64 |
| 2009. | 0 | 0 | 3 | 15 | 134 | 50 |
| 2010. | 0 | 0 | 3 | 9 | 103 | 25 |
| 2011. | 0 | 0 | 0 | 19 | 136 | 65 |
| 2012. | 0 | 0 | 1 | 37 | 126 | 73 |
| 2013. | 0 | 0 | 0 | 17 | 108 | 32 |
| 2014. | 0 | 0 | 2 | 4 | 101 | 14 |
| 2015. | 0 | 0 | 0 | 34 | 121 | 56 |
| 2016. | 0 | 0 | 1 | 19 | 109 | 47 |

| | | | | | | |
|-------|---|---|---|----|-----|----|
| 2017. | 0 | 1 | 7 | 24 | 123 | 44 |
| 2018. | 0 | 0 | 2 | 27 | 156 | 64 |

Iz tablice 7 zapaža se da u Dubrovniku nije zabilježen nijedan ledeni i samo jedan studeni dan u 2017. godini. Potvrđen je poneki hladniji dan više nego što je uobičajeno, ali s obzirom na klimatološki prosjek nije zabilježen porast broja hladnih dana. Tople noći su česte i njihov broj se svake godine sve više povećava kao i broj toplih i vrućih dana. Topli dani bilježe porast broja. Kod vrućih dana porast temperature i broja dana je još izraženiji. Usporedno s klimatološkim prosjekom broj toplih noći se iz godine u godinu povećava, dok broj toplih i vrućih dana ima značajnije povećanje, koje može utjecati na klimu grada.

Tablica 8. Broj dana s karakterističnim temperaturnim ekstremima za grad Zagreb za razdoblje od 2000. do 2018., tridesetogodišnji klimatološki period od 1961. do 1990. i prosjek za razdoblje 2000. – 2018. godine.

| Godina | Broj dana | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Ledenih | Studenih | Hladnih | Topla noć | Toplih | Vrućih |
| 1961.-1990 | 2 | 18 | 59 | 0 | 61 | 10 |
| 2000.-2018. | 1 | 9 | 45 | 0 | 94 | 35 |
| 2000. | 3 | 9 | 38 | 0 | 96 | 39 |
| 2001. | 1 | 6 | 51 | 0 | 85 | 29 |
| 2002. | 0 | 8 | 37 | 0 | 89 | 19 |
| 2003. | 1 | 11 | 65 | 0 | 115 | 63 |
| 2004. | 0 | 4 | 55 | 0 | 77 | 21 |
| 2005. | 4 | 12 | 67 | 0 | 76 | 17 |
| 2006. | 3 | 10 | 54 | 0 | 76 | 33 |
| 2007. | 0 | 9 | 29 | 0 | 90 | 34 |
| 2008. | 0 | 5 | 31 | 0 | 93 | 34 |

| | | | | | | |
|-------|---|----|----|---|-----|----|
| 2009. | 2 | 17 | 36 | 0 | 111 | 32 |
| 2010. | 0 | 14 | 60 | 0 | 76 | 26 |
| 2011. | 0 | 5 | 58 | 0 | 118 | 44 |
| 2012. | 4 | 16 | 47 | 0 | 111 | 52 |
| 2013. | 0 | 6 | 46 | 0 | 87 | 36 |
| 2014. | 0 | 4 | 21 | 0 | 75 | 20 |
| 2015. | 0 | 1 | 24 | 0 | 96 | 50 |
| 2016. | 0 | 9 | 44 | 0 | 100 | 20 |
| 2017. | 1 | 14 | 45 | 0 | 101 | 51 |
| 2018. | 1 | 6 | 39 | 0 | 120 | 44 |

Iz tablice 8 uočava se da u Zagrebu nema toplih noći. Studeni dani ne pokazuju značajnije promjene te se ponašaju sukladno klimatološkom prosjeku. Ledeni i hladni dani prikazuju normalne vrijednosti uz poneki hladniji dan više, ali u pravilu ne dolazi do njihovog povećanja. Broj toplih dana je u laganom porastu koji još uvijek ne bilježi neke značajnije anomalije. Usporedno s klimatološkim prosjekom, broj vrućih dana se naglo povećava.

Usporedno za sva tri analizirana grada uočava se da se, u odnosu na klimatološki prosjek, broj hladnih, studenih i ledenih dana u razdoblju od 2000. – 2018. broj dana smanjio. Zatopljenje je najvidljivije u Zagrebu gdje se broj studenih dana prepolovio, dok je efekt slabije vidljiv u Osijeku. U Dubrovniku u oba klimatološka razdoblja nema studenih i ledenih dana, a bude svega par hladnih dana godišnje. Zbog toga se efekt porasta temperature u drugom klimatološkom razdoblju u Dubrovniku ne manifestira kroz samnjenje hladnih indeksa već povećanjem broja toplih indeksa. Porast temperature najviše se vidi u porastu broja toplih noći sa u prosjeku 3 godišnje u razdoblju od 1961. - 1990. na prosječno 18 noći u razdoblju od 2000. – 2018. godine. Osim povećanja broja dana s toplim noćima utrostručio se i broj vrućih dana čiji se broj povećao s 13 dana na 43 dana. Broj vrućih dana utrostručio se i u Zagrebu, dok je povećanje broja vrućih dana nešto manje u Osijeku. Učestalost broja toplih dana je veća za Osijek i Zagreb, dok se u Dubrovniku povećava i broj toplih noći koje nisu karakteristične za druga dva grada. Kad usporedimo Zagreb i Dubrovnik zapaža se da u

Zagrebu ima više ekstremno toplih dana što za Dubrovnik nije slučaj. Usporedbom Osijeka i Dubrovnika zapaža se da Dubrovnik ima ujednačeniji broj toplih i vrućih dana što za Osijek nije slučaj. Osijek iz godine u godinu pokazuje nagle promjene koje idu od normalnih vrijednosti do ekstrema.

4. ZAKLJUČCI

U ovom radu analizirane su dnevne, mjesečne, godišnje i višegodišnje vrijedosti prosječne temperature zraka za Osijek, Zagreb i Dubrovnik. Maksimalnim i minimalnim temperaturama utvrđena je učestalost vrućih i hladnih dana te je uspoređena s klimatološkim razdobljem (1961. – 1990). Gradovi Osijek i Zagreb imaju umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfb) koju karakteriziraju nešto niže temperature osobito u hladnijem dijelu godine, s izostankom suhog razdoblja. Grad Dubrovnik ima sredozemnu klimu s vrućim ljetom (Csa) s blagim i vlažnim zimama, te vrućim i sparnim ljetima.

Promjene maksimalne i minimalne temperature najviše utjecaja imaju na grad Osijek. Zagreb i Dubrovnik bilježe veće odstupanje od klimatološkog prosjeka i dolazi do porasta temperature u toplijem dijelu godine i većeg broja vrućih dana. Osijek uz značajnije povećanje toplih i vrućih dana, pokazuje i lagano povećanje broja ledenih, studenih i hladnih dana. Razlog ovakvog povećanja broja hladnih i toplih dana je rezultat većeg broja maksimuma i minimuma.

Uočeno zatopljenje u sva tri grada vidljivo je u povećanju učestalosti svih toplih temperaturnih indeksa (topli dani i noći te trajanje toplih razdoblja), te u smanjenju učestalosti hladnih temperaturnih indeksa (hladni dani i hladne noći te duljina hladnih razdoblja). Može se pretpostaviti da će se navedene promjene nastaviti i u budućnosti.

5. LITERATURA

- Čačić I. 2008. Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama. Hrvatski hidrometeorološki zavod, Zagreb, 344 str.
- Klein Tank AMG Wijngaard JB, Konnen GP, Bohm R. 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, 22: 1441-1453.
- Menne MJ, Durre I, Vose RS, Gleason BE, Houston TG. 2012. An overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29: 897-910.
- Penzar B, Makjanić B. 1978. Uvod u opću klimatologiju. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 206.
- Penzar B, Makjanić B. 1980. Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 163.
- Penzar B, Penzar I, Orlić M. 2001. Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana. Dr. Feletar, Hrvatski hidrografski institut, Zagreb-Koprivnica-Split, 258.
- Penzar I, Penzar B. 2000. Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb, 228.
- Penzar I, Juras J, Marki A. (1992): Long-term meteorological measurements at Zagreb: 1862 to 1990. *Geofizika*, 9 (Supplement), 1-171.
- Prikazi 30, Br.30 (2018), Zagreb : Državni hidrometeorološki zavod, ISSN 1331-775X.
- Prikazi 29, Br.30 (2017), Zagreb : Državni hidrometeorološki zavod, ISSN 1331-775X.
- Prikazi 28, Br.30 (2016), Zagreb : Državni hidrometeorološki zavod, ISSN 1331-775X.
- Škreb S. 1942. Klima Hrvatske. Geofizički zavod u Zagrebu, Zagreb, 138.
- Volarić B, Lisac I. 1984. Klimatska podjela Hrvatske prema značajkama godišnjeg hoda temperature zraka. *Acta geographica Croatica*, Zagreb, 19: 3-11.
- Vučetić M. 2011. Vrijeme i klima Jadrana u antičkih pisaca. *Hrvatski meteorološki časopis*, 46: 55-67.
- Zaninović K, Gajić-Čapka M, Perčec Tadić M, Vučetić M. 2008. Klimatski atlas Hrvatske. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 172.