

Vanja Hudi

Bioklimatska obilježja Botaničkog vrta PMF-a u Zagrebu

Diplomski rad

**Zagreb
2019.**

Vanja Hudi

Bioklimatska obilježja Botaničkog vrta PMF-a u Zagrebu

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistra geografije

**Zagreb
2019.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija; smjer: istraživački (Fizička geografija s geoekologijom)* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Mladena Maradina.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Bioklimatska obilježja Botaničkog vrta PMF-a u Zagrebu

Vanja Hudi

Izvadak: Rad se bavi osjetom ugone u Botaničkom vrtu u 7, 14 i 21 sat u razdoblju od 1. svibnja do 30. studenog 2018. godine. Kao pokazatelj osjeta ugone korišten je termohigrometrijski indeks (THI). Rezultati rada su pokazali da je Botanički vrt pogodniji za boravak ljudi u odnosu na izgrađene površine, te da ima rashlađujući utjecaj. Rezultati rada potvrđuju da je osjet ugone povoljniji na zelenim površinama u gradu u odnosu na izgrađene, te se mogu primijeniti u planiranju aktivnosti na zelenim površinama.

51 stranica, 27 grafičkih priloga, 19 tablica, 21 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: bioklimatologija, temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, osjet ugone, Botanički vrt

Voditelj: doc. dr. sc. Mladen Maradin

Povjerenstvo: doc. dr. sc. Mladen Maradin
izv. prof. dr. sc. Anita Filipčić
izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Tema prihvaćena: 10. 1. 2019.

Rad prihvaćen: 12. 9. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

The Bioclimatic features of the Botanical Garden of FoS in Zagreb

VanjaHudi

Abstract: The paper deals with the thermal comfort in the Botanical Garden at 7 a.m., 2 p.m. and 9p.m. for the period from May 1 to November 30, 2018. Thermohygrometric index (THI) was used as an indicator of comfort sensation. The results of the research showed that the Botanical garden is more favorable as a place for rest than the built-up areas, and that it has a cooling effect. The results of the paper confirm that the thermal comfort is more favorable on the green spaces in the city compared to the built ones, and can be applied in the planning of activities on the green spaces.

51 pages, 27 figures, 19 tables, 21 references; original in Croatian

Keywords: bioclimatology, air temperature, relative humidity, a sense of comfort, Botanical Garden

Supervisor: Mladen Maradin, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Mladen Maradin, PhD, Assistant Professor
Anita Filipčić, PhD, Associate Professor
Nenad Buzjak, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 10/01/2019

Thesis accepted: 12/09/2019

This is deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Prethodna istraživanja | 3 |
| 3. Razvoj i uloga zelenih površina u gradovima | 5 |
| 4. Klimatska obilježja grada Zagreba..... | 8 |
| 5. Podaci i metode | 9 |
| 6. Rezultati istraživanja i analiza..... | 16 |
| 6.1 Mjesečne temperature i relativne vlažnosti zraka..... | 17 |
| 6.2 Usporedba analiziranih nizova podataka s tridesetogodišnjim srednjakom postaje Zagreb-Grič | 21 |
| 6.3 Osjet ugone na lokacijama mjerenja..... | 23 |
| 6.3.1 Mjesečne vrijednosti osjeta ugone | 23 |
| 6.3.2 Osjet ugone u 7, 14 i 21 sat | 26 |
| 6.4 Osjet ugone za odabrana desetodnevna razdoblja | 31 |
| 6.4.1 Osjet ugone za razdoblje od 1. do 10. svibnja 2018..... | 31 |
| 6.4.2 Osjet ugone za razdoblje od 15. do 24. srpnja 2018..... | 37 |
| 6.4.3 Osjet ugone za razdoblje od 1. do 10. listopada2018..... | 43 |
| 7. Zaključak..... | 48 |
| 8. Literatura i izvori..... | 49 |
| 8.1 Literatura | 49 |
| 8.2 Izvori..... | 51 |

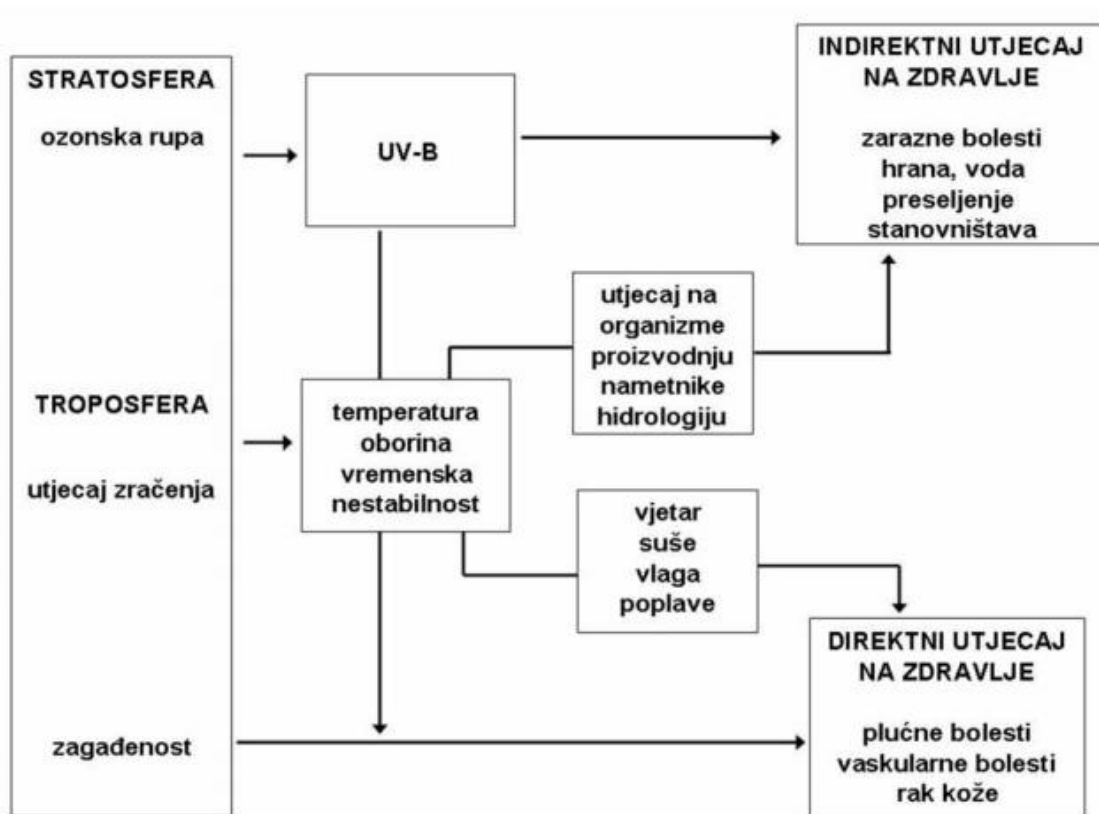
1. Uvod

Bioklimatologija je znanstvena disciplina klimatologije koja proučava odnos klime i živih bića. U užem smislu bavi se upravo klimatološkim elementima o kojima ovisi osjet ugone. Na osjet ugone utječe stupanj toplinskog opterećenja koji ovisi o više faktora. Ako čovjek stvara više energije nego što gubi bit će mu pretoplo, a ako gubi više topline nego što stvara bit će mu hladno.

Ljudsko tijelo se može prilagoditi različitim vremenskim uvjetima i postići toplinsku ravnotežu s okolinom. Jedan od načina na koji se čovjek prilagođava izmjenama topline je odabir odjeće. Toplija, višeslojna odjeća pomaže čovjeku da se ugrije, dok skidanje suvišnih komada odjeće i nošenje lagane odjeće pomaže čovjeku u rashlađivanju. U hladnijem dijelu godine poželjna je veća tjelesna aktivnost, dok u toplijem mirovanje. Također, preporučuje se i primjerena prehrana za određeno doba godine. Za razliku od navedenih parametara na koje čovjek može utjecati, na meteorološke parametre ne može utjecati, već im se može samo prilagođavati. Na osjet ugone čovjeka utječu temperatura, tlak zraka, vlažnost zraka, strujanje vjetra i Sunčevo zračenje. Boravak ljudi na otvorenim prostorima najčešće se veže uz osjet ugone. Prostori s ugodnijim bioklimatološkim obilježjima povoljniji su za provođenje vremena na otvorenom prostoru.

Istraživanje osjeta ugone ima osobitu važnost u rekreativnom i zdravstvenom turizmu (Blazejczyk, 2001). Rekreacija je način provođenja slobodnog vremena tj. bilo koja posebna aktivnost koja se obavlja za vlastitu zabavu i uživanje. Mnogi oblici rekreacijske aktivnosti povezani su s vanjskim vremenskim uvjetima. Stvarni vremenski uvjeti su jedan od glavnih čimbenika koji ograničava ili omogućava aktivnost na otvorenom odnosno formiraju čovjekov osjet ugone na otvorenom. Osim što formiraju čovjekov osjet ugone, utječu i na čovjekovo zdravlje (sl. 1.). Povoljni biometeorološki uvjeti za čovjeka nemaju mnogo jakih i naglih vremenskih promjena kao što su nagle izmjene toplog i hladnog vremena. Također, poželjna bioklima ne smije biti pretopla niti prehladna. Važno je reći da kod svih osjeta ugone pri određenoj temperaturi i vlažnosti zraka nije isti, te da prema intenzitetu utjecaja vremena na ljude razlikujemo meteorosenzibilne, meteorolabilne osobe i meteoropate. Meteorosenzibilne osobe na promjene vremena reagiraju stresom, glavoboljom, uznemirenošću, pogoršanjem kroničnih bolesti. Meteorolabilne osobe reagiraju depresijom i neurozom, te su to najčešće djece i

osobe starije dobne skupine. Kod meteoropata dolazi do izrazito velikih poteškoća u prilagodbi promjenama vremena i najčešće se javlja sindrom iscrpljenosti i razdražljivosti. Smatra se da je 50-60% stanovništva osjetljivo na vrijeme (Pleško i dr.,2001).



Sl. 1. Shematski prikaz utjecaja atmosfere na čovjekovo zdravlje

Izvor: Zaninović i Gajić-Čapka, 2008. Str 13.

Prostorno širenje gradova dovelo je do promjene lokalne tj. regionalne klime u području gdje se grad širi. Urbana klima je klima gradova koja se razlikuje od klime okolice grada. Grad je topliji od svoje okolice, a ta pojava naziva se toplinski otok grada. Najveći utjecaj na urbanu klimu ima promjena svojstava podloge. S povećanjem broja stanovnika u gradu dolazi do intenzivne gradnje stambenih objekata. Parkovi u središtima grada mogu smanjiti intenzitet toplinskog otoka i tako poboljšati bioklimatska obilježja grada. Temperatura zraka u parku je niža nego izvan njega, te park ima pozitivan učinak na smanjenje utjecaja toplinskog otoka. Osjet ugone uvelike se razlikuje na izgrađenim površinama i zelenim površinama. Zelene površine imaju rashlađujući utjecaj. Vegetacija ublažava intenzitet toplinskog otoka te smanjuje toplinski stres. Parkovi koji nemaju stabla imaju rashlađujući utjecaj jer livada apsorbira manje topline od izgrađenih površina, ali

parkovi sa stablima imaju veći rashlađujući utjecaj. Stabla u parku stvaraju sjenu i apsorbiraju toplinu (Stewart i Oke, 2009).

Ovaj rad bavi se bioklimatskim obilježjima Botaničkog vrta te njegovim potencijalnim bioklimatološkim utjecajem na posjetitelje. Cilj je utvrditi imaju li bioklimatska obilježja pozitivan učinak na njegovu posjećenost. Bioklimatska obilježja odredit će se na osnovu mjerenja u 7, 14 i 21 sat u razdoblju od godinu dana, od 1. svibnja 2018. do 30. travnja 2019. godine. Podaci su prikupljeni pomoću mjernih uređaja postavljenih unutar vrta i uređaja na Marulićevom trgu. Za određivanja osjeta ugone koristit će se temperatura zraka i relativna vlažnost zraka. Analizom dobivenih podataka s mjernih uređaja u Botaničkom vrtu te analizom dostupne domaće i strane literature utvrdit će se utjecaj bioklimatskih obilježja na posjetitelje.

S obzirom na rashlađujući utjecaj parkova, možemo postaviti sljedeće hipoteze u ovom istraživanju:

- 1) Bioklimatska obilježja su povoljnija u Botaničkom vrtu nego u centru grada.
- 2) Bioklimatska obilježja unutar samog vrta se razlikuju.
- 3) Bioklimatska obilježja određena za Botanički vrt sličnija su onima u postaji Zagreb-Grič nego na Marulićevom trgu.

2. Prethodna istraživanja

Atmosfera u kojoj živimo nužno utječe na čovjeka i njegova zdravlje posredno i neposredno. Neposredni utjecaj vremena očituje se kod meteorotropnih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti, astme, reuma ili rak kože. Vrijeme može imati posredni učinak na čovjeka pri prijenosu zaraznih bolesti, utjecajem na proizvodnju hrane, dostupnost pitke vode i infrastrukturu (Stewart i Oke, 2009). Hipokrat se dotakao ovih problema prije više od 2000. godina, u svom djelu *O zraku, vodama i mjestima* gdje govori o okolišnom determinizmu. Vodi se idejom da su bolesti i epidemije okolišni faktori koji utječu na tijek povijesti i razvoj ljudske civilizacije. Njegovo djelo počiva na shvaćanju da različite bolesti i epidemije proizlaze iz uvjeta okoliša te su izvan ljudske kontrole (Simmons, 2008).

Buttner je 1938. godine uočio da ako želimo ocijeniti toplinski učinak okoline na ljudsko tijelo moramo uzeti u obzir sve integrirane učinke svih toplinskih parametara. Tada

je objavio i svoje hipotezu: „Ako se želi otkriti utjecaj klime na ljudski organizam i osjet ugone, potrebno je procijeniti ne samo utjecaj jednog parametra, već svih toplinskih komponenti. To nas dovodi do nužnosti modeliranja ljudske toplinske ravnoteže." (Hoppe, 1999).

Tijekom 60-ih godina prošlog stoljeća dolazi do značajnijeg razvoja ovog područja zbog sve veće zabrinutosti za okoliš. Dolazi do shvaćanja da klimatski uvjeti imaju utjecaj na fiziološke procese kod zdravih ljudi, na razvoj bolesti, mikroklimu stambenih prostora i urbanih centara (Zaninović i Gajić-Čapka, 2008). Interes za proučavanje klimatskih promjena i njihovog utjecaja na ljudsko zdravlje je rezultirao brojnim istraživanjima. Spronken Smith i Oke (1998) proučavali su utjecaj parkova na klimu grada. Chang i Li (2014) u svom radu proučavaju koliki je doseg ohlađujućeg utjecaja parka u Mexico Cityju, dok su Blazejczyk i dr. (2014) proučavali klimu Varšave u Poljskoj. U našim krajevima treba izdvojiti radove Šinik i Pleško (1967) i Šegota (1970).

Navedena istraživanja pokazala su da park ima rashlađujući utjecaj na grad. Chang i Li (2014) došli su do rezultata kako park površine 0.6km² u gradu Tama u Japanu hladi poslovnu četvrt pokraj koje se nalazi za 1,5 °C u podne, dok naprimjer manji parkovi imaju utjecaj u radijusu samo 100 metara. Balogun (2014) navodi kako je uočena veća učestalost visokih temperatura u središtu grada na izgrađenim prostorima nego izvan grada na zelenim površinama, što sugerira na značajni toplinski stres i rizik za zdravlje na izgrađenim površinama. Također, zabilježene su niže temperature zraka na zelenim površinama nego na izgrađenim površinama. Važno je reći da su parkovi važne zelene površine u oblikovanju klime grada jer imaju rashlađujući utjecaj. Osim što mogu smanjiti intenzitet toplinskog otoka, mogu smanjiti i nepovoljne okolišne posljedice kao što su povećanje emisije stakleničkih plinova, povećanje potrošnje električne energije i utjecaj na kvalitetu vode (Oliver, 2005; Balogun, 2014).

Određivanje utjecaja atmosfere na toplinski osjet moguće je pomoću biometeoroloških indeksa. Indeksi se izračunavaju pomoću temperature zraka, brzine vjetera i vlažnosti zraka. Kategorije toplinskog osjeta određuju se ispitivanjem velikog broja ljudi u različitim uvjetima. Najčešće korišteni biometeorološki indeksi su ekvivalentna temperatura zraka, Humidex, index ohlađivanja, THI itd. Ekvivalentna temperatura zraka ocjenjuje osjet sparine, te se klima klasificira kao hipertermička, homeotermička i hipotermička. Humidex je empirijski pokazatelj koji pokazuje osjećaj neugode s obzirom na temperaturu i relativnu vlažnost zraka, te se koristi samo za temperature više od 24 °C. Indeks ohlađivanja označava procjenu gubitka topline. Vjetar odnosi topli zrak koji nastaje

u sloju od nekoliko milimetara uz kožu, a utječe i na isparavanje znoja. Za izračunavanje ovog indeksa koristi se brzina vjetra i temperatura zraka. THI ili termohigrometrijski indeks izračunava se pomoću temperature zraka i relativne vlažnosti, te će biti korišten u ovom radu (Balogun, 2014).

3. Razvoj i uloga zelenih površina u gradovima

Formiranje zelenih površina u naseljenim područjima javilo se prvo u Mezopotamiji i Egiptu, a zatim u Antičkoj Grčkoj i starom Rimu. Razvojem civilizacija mijenjao se i značaj zelenih površina te njihovo korištenje. Važnost zelenih površina ovisila je od potreba stanovništva i društvenih normi. U antičkom razdoblju tradicija zelenih površina se temeljila na ugodnosti, kulturnim i vjerskim uvjerenjima. Već tada su uvidjeli bioklimatski značaj parkova, ali su tada uređene zelene površine bile namijenjene za elitne i bogate slojeve društva (sl. 2.). Za njih su predstavljale oaze mira gdje su se odlazili opuštat. U Starom Rimu je čak 30% površina grada činilo zelenilo. U srednjem vijeku u Europi pojavljuju se vrtovi za uživanje koji su oblikovani za boravak i opuštanje plemstva. Osim unutar rezidencija feudalnih svjetovnih i crkvenih gospodara, zelenilo se njegovalo ponajprije uz crkve i samostane (Milić, 1994). U vrtovima su korišteni elementi boje i mirisa što se postizalo aromatičnim mediteranskim i orijentalnim biljem, što je bio pozitivan učinak na ljudsko zdravlje. U renesansnom razdoblju se prvi put javlja zanimanje za pejzažnu arhitekturu. Počinju se planski graditi i uređivati parkovi, čime započinje razvoj urbanog zelenila. Mijenja se uloga zelenih površina te do izražaja dolazi njihova funkcionalnost. Pojavljuju se prva javna gradska zelenila za rekreaciju koja su sastavni dio strukture grada, a ljudi počinju slobodno vrijeme provoditi u parkovima. Uređenje javnih zelenih površina postaje važan faktor prepoznatljive slike grada, te ima važnu ulogu u urbanom planiranju. Danas je jedan od najpoznatijih suvremenih parkova Central Park u New Yorku (sl. 3.). Europa je također bogata gradskim parkovima. Neki od najpoznatijih su Parc des Buttes Chaumont u Parizu u Francuskoj, Englischer Park u Münchenu u Njemačkoj, Villa Borghese u Rimu u Italiji i Park Guell u Barceloni u Španjolskoj.



Sl. 2. Viseći vrtovi Babilona, Mezopotamija

Izvor: URL 1



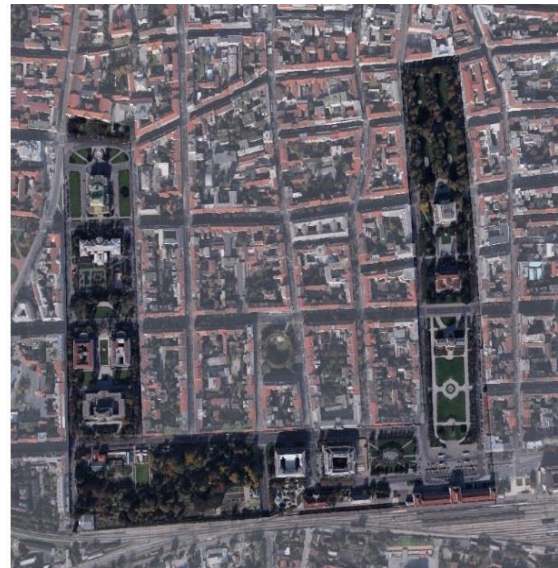
Sl. 3. Central Park u New Yorku

Izvor: URL 2

U gradu Zagrebu neke od naprednih urbanističko-planerskih stavova u oblikovanju grada zelenilom pronalazimo u nizu urbanističkih planova Zagreba. Detaljni urbanistički plan Grada Zagreba iz 1974. godine navodi: „...veće parkovne površine potrebne su u ovom jako izgrađenom području radi ukupnog djelovanja zeleno-parkovno šumske površine s izraženim temperaturnim i drugim stanišnim razlikama, da bi se uspostavilo strujanje zraka prema toj površini i povećala količina vlage i tako stvorili uvjeti pogodne klime.”

Danas Zagreb ima 30 parkova. Među najpoznatijima su parkovi Zelene potkove grada Zagreba koja se nalazi u samom središtu grada (sl. 4.). Naziva se još i Lenucijeva

potkova, a predstavlja polukružni slijed od sedam trgova i Botaničkog vrta koji, zbog oblika koji tvore, podsjećaju na potkovu. U drugoj polovici 19. stoljeća započelo je uređivanje Donjeg grada kao središta urbanizacije grada Zagreba. Tada se javlja i ideja Lenucijeve potkove. Kod uređenja parkova posebna je pažnja usmjerena na estetsko oblikovanje i izgled parkova. Prije svega su namijenjeni za odmor građana. Potkovu se može podijeliti na Istočni perivoj koji čine Trg Nikole Šubića Zrinskog, Trg Josipa Jurja Strossmayera i Trg kralja Tomislava, Zapadni perivoj koji čine Trg Republike Hrvatske, Trg Mažuranića i Trg Marka Marulića, te Južni perivoj koji čine Botanički vrt i Trg dr. Ante Starčevića. Iako se u prošlosti neke od trgova planirali preurediti u tržne trgove, ipak su preuređeni u perivoje. Trg Nikole Šubića Zrinskog prvi je javni park Donjeg grada, a na njemu nalazi se najpoznatiji park grada Zagreba Zrinjevac. Botanički vrt osnovan je 1889. godine, te je jedini čiji se položaj i površina do danas nisu mijenjali. Iako se kroz prošlost izgled ostalih parkova mijenjao, do danas su zadržali status omiljenih mjesta za svakodnevni odmor Zagrepčana (Spevec, 2005).



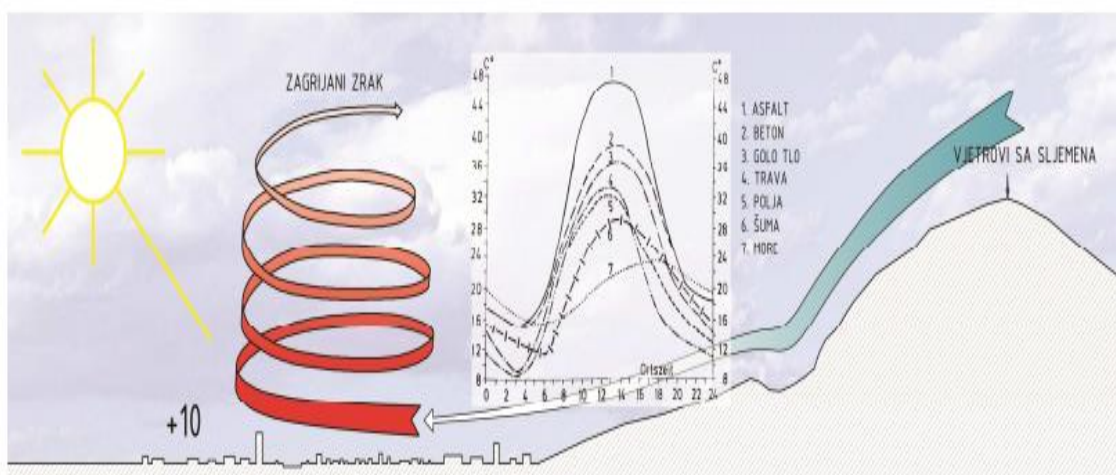
Sl. 4. Zelena potkova grada Zagreba ili Lenucijeva potkova

Izvor: URL 3

4. Klimatska obilježja grada Zagreba

Područje grada Zagreba nalazi se u umjerenim geografskim širinama u kojima postoje sva četiri godišnja doba. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime pripada u Cfb klimatski tip, umjereno toplu vlažnu klima s toplim ljetom (Filipčić, 1998). Unutar grada postoje područja koja imaju različitu mikroklimu. Razlog tome je različita izgrađenost određenih dijelova grada. Područja grada s različitim mikroklimom nazivaju se lokalne klimatske zone. To je jedan od pristupa u proučavanju klime grada koji su razvili Stewart i Oke (2009). Klimatske zone mogu se protezati od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara. Najčešće se izdvajaju gušće izgrađeni dijelovi grada s neboderima, predgrađa, te dijelovi grada s nekom specifičnom cjelinom kao npr. Lenucijeva potkova, jezero Jarun, park Maksimir i slično.

Istraživanja klime provedena u više gradova u Njemačkoj pokazala su da se gradska područja zbog gustoće izgradnje visokih zgrada, prometnica i nedostatka zelenih površina sve više zagrijavaju. Temperatura grada može biti i do 10°C viša od okolice (Knez, 2005). U slučaju grada Zagreba fenomen toplinskog otoka dovodi do lokalnog vertikalnog strujanja zagrijanog zraka koji dizanjem oslobađa prostor dotoku svježeg zraka niže temperature (sl. 5.). Ta temperaturna inverzija naročito se osjeća u ljetnim mjesecima. Zbog velike koncentracije stanovništva i ubrzanog procesa urbanizacije dolazi do promjena zemljišnog pokrova i promjena unutar gradske strukture.



Sl. 5. Hlađenje grada lokalnim vjetrovima s Medvednice

Izvor: URL 4

Zagreb ima godišnji hod temperature i vlage karakterističan za umjerene klime, gdje je maksimum izražen ljeti, a minimum zimi. Proljeće i jesen prijelazna su godišnja doba čije su karakteristike s promjenom klime sve manje uočljive (Zaninović, 1983). Značajna karakteristika bioklimate grada Zagreba je da se sparina javlja vrlo rijetko. Međutim, to ne znači da nema i sparnih dana. Ponekad se javlja samo par sati u danu, ali i to ima negativan učinak na stanovništvo (Zaninović, 1983). Sparine se najčešće javljaju u kolovozu, ali ima ih u razdoblju od svibnja do listopada. Važno je spomenuti da topliji zrak može primiti puno više vlage od hladnog zraka. Zrak temperature od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ može sadržavati maksimalno $2,1\text{ g/m}^3$ vodene pare, dok zrak temperature od $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ može sadržavati maksimalno $9,4\text{ g/m}^3$ vodene pare. S obzirom na temperaturu postoje dva tipa godišnjeg hoda relativne vlage, od kojih je jedan kontinentski tip gdje je maksimum zimi a minimum ljeto, koji se javljaju i u Zagrebu.

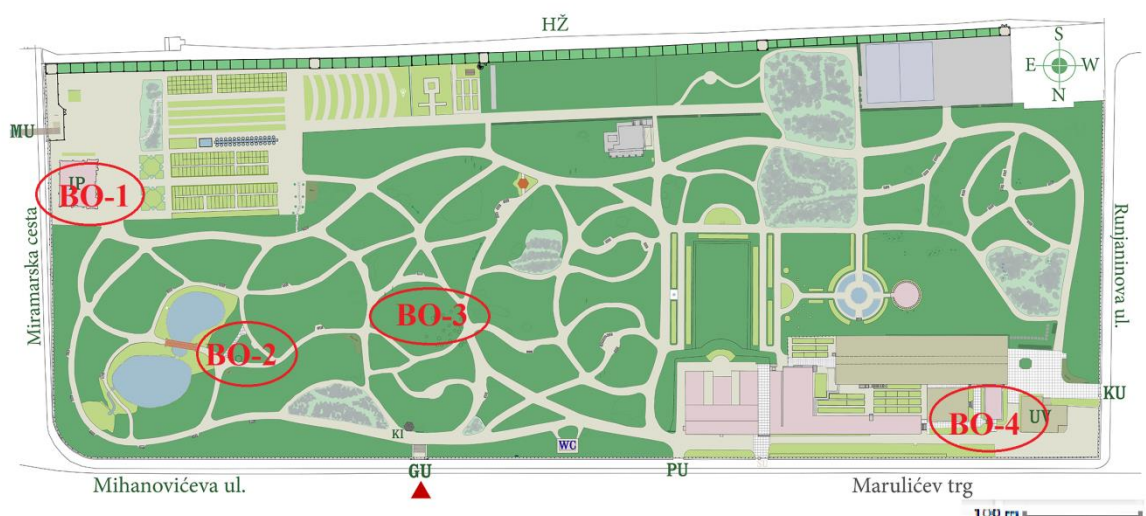
Klimatske i bioklimatske prilike u Zagrebu mijenjaju se tijekom godine, od hladnijeg razdoblja u trajanju od listopada do travnja, pa do toplijeg razdoblja kada je izražen osjet ugone odnosno toplinski osjet od toplo do vruće. Topli i hladni dio godine odvojeni su kraćim prijelaznim razdobljima klimatskih uvjeta najpovoljnijih za organizam čovjeka s prevladavajućim osjetom ugodno svježeg do ugodno toplog. Godišnja doba, proljeće i jesen, karakteriziraju najpovoljniji klimatski uvjeti za provođenje vremena u prirodi (Zaninović, 1983). Iako su ljeti više temperature te osjet ugone više nije ugodno toplo već vruće, zelene površine smanjuju taj osjet i omogućuju ugodan boravak u prirodi.

5. Podaci i metode

Podaci na temelju kojih će se dobiti rezultati koji će potvrditi ili opovrgnuti navedene hipoteze dobiveni su s mjernih uređaja i podataka dobivenih od DHMZ-a. Mjerni uređaj, koji su korišteni za analizu bioklimatskih obilježja u ovom istraživanju, postavljeni su u Botaničkom vrtu na četiri različite lokacije (sl. 6.), a mjerni uređaji bilježe temperaturu i relativnu vlažnost zraka. Analiza je provedena za podatke za razdoblje od 1. svibnja 2018. do 30. studenog 2018. godine. Interval mjerenja je bio svakih pola sata, a koristit će se podaci izmjereni u 7, 14 i 21 sat. Za vrijeme ljetnog računanja vremena u obzir su uzete vrijednosti izmjerene u 8, 15 i 22 sat, zbog ljetnog računanja vremena koje uređaji ne registriraju. Jedan mjerni uređaj postavljen je na Marulićevom trgu, na balkonu na

sjevernoj strani zgrade u kojoj je smješten Geografski odsjek PMF-a. Mjerni uređaj koji je postavljen na Marulićevom trgu bilježio je podatke do 17. siječnja 2019. godine, pa će i ti izmjereni podaci biti korišteni u analizi.

Uređaje koji su korišteni u istraživanju karakterizira praktično bežično postavljanje i preuzimanje podataka putem Bluetooth veze pomoću HOBOMobile aplikacije na mobilnom telefonu što omogućuje dohvat podataka na teško dostupnim mjestima. Mjerenje ovim uređajima praktično je i jednostavno, jer se može se podesiti na bilo koji vremenski interval. Ovi mjerni uređaji mogu mjeriti temperature od -40 do 70 °C u vanjskim prostorima, te vlažnost od 0 do 100 %. Nedostaci su što su mjerni uređaji relativno skupi, nisu u potpunosti pouzdani. Može doći do oštećenja uređaja na koje se ne može utjecati (vremenske nepogode, životinje i sl.) te se tada prekida niz mjerenja podataka. Za usporedbu, u radu će se koristiti i podaci službene mjerne postaje Zagreb-Grič, dobiveni od strane DHMZ-a. Dobiveni podaci su temperature zraka i relativne vlažnosti u 7,14 i 21 sat za 2018. godinu, te dostupni podaci za 2019. godinu. Također, od DHMZ-a dobivene su i mjesečne vrijednosti za razdoblje od 1981. do 2010. godine. Usporedbe će biti korisne da bi se utvrdilo koliko su podaci s postavljenih mjernih uređaja reprezentativni. Naravno, važno je uzeti u obzir kako su podaci koji će se analizirati u ovome radu za određeno razdoblje i kako se vrijednosti mogu dosta razlikovati od višegodišnjih srednjaka. Usporedba podataka u Botaničkom vrtu i podataka sa mjernog uređaja postavljenog na Marulićevom trgu dat će odgovor na postavljenu hipotezu kako je unutar Botaničkog vrta povoljniji osjet ugone, nego izvan njega.



Sl. 6. Položaj mjernih uređaja u Botaničkom vrtu PMF-a

Izvor:URL 5

Mjerni uređaj BO-1 (sl. 7.) postavljen je na izložbenom paviljonu Botaničkog vrta koji se nalazi u istočnom dijelu vrta. Nalazi se na 3 metra visine od podloge sa sjeverne strane, kao i ostali uređaji. Zbog sjeverne orijentacije uređaj se nalazi u sjeni. Istočno od tog uređaja nalazi se Miramarska cesta što će vjerojatno imati učinak na rezultate. Mjerni uređaj BO-2 (sl. 8.) nalazi se na stablu pokraj jezera, male vodene površine nastale umjetnim putem. Jezerce u blizini mjernog mjesta pridonijet će nižim temperaturama i smanjenju toplinskog stresa za ljude. Mjerni uređaj također je u sjeni od krošnje stabla, ali za razliku od BO-1, udaljeniji je od prometnice. Mjerni uređaj BO-3 nalazi se u samom centru Botaničkog vrta u krošnji stabla (sl. 9.). Direktna sunčeva insolacija nema značajniji utjecaj s obzirom na to da okolno bilje stvara sjenu. Ovaj uređaj nalazi se najdalje od prometnica i direktnog utjecaja topline koji se oslobađa radom motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Ispušni plinovi iz automobila zagrijavaju zrak iznad podloge (Balogun, 2014). Mjerni uređaj BO-4 nalazi se u zapadnom dijelu Botaničkog vrta, na Upravnoj zgradi Botaničkog vrta kod zapadnog ulaza u vrt (sl. 10.). Postavljen na 3 metra visine od balkona, a od same podloge i nešto više. On se, kao BO-1, nalazi u blizini prometnica. Zbog velike blizine prometnicama očekuje se razlika u temperaturama u usporedbi s BO-2 i BO-3. Oni su smješteni u unutrašnjem dijelu vrta te na njih nema utjecaj zagrijavanje od izgrađene podloge kao što je slučaj s BO-4.



Sl. 7. Mjerni uređaj BO-1 na paviljonu Botaničkog vrta

Izvor: Slikao autor



Sl. 8. Mjerni uređaj BO-2 kod jezera u Botaničkom vrtu

Izvor: Slikao autor



Sl. 9. Mjerni uređaj BO-3 u središtu Botaničkog vrta

Izvor: Slikao autor



Sl. 10. Mjerni uređaj BO-4 na Upravnoj zgradi u Botaničkom vrtu

Izvor: Slikao autor

Prilikom istraživanja korištene su sljedeće metode: prikupljanje, analiza i interpretacija podataka, pregled dostupne literature i izvješća te statističke metode. Za analizu osjeta ugone korišten je termohigrometrijski indeks (THI) (Balogun, 2014). THI izračunava se pomoću temperature zraka i relativne vlažnosti. Objašnjava kombinirane učinke temperature okoliša i relativne vlage te je koristan i jednostavan način za procjenu rizika od toplinskog stresa. Toplinski stres uzrokuje kombinacija temperature i relativne vlažnosti, sunčevog zračenja, kretanja zraka i padalina, no većina studija o toplinskom stresu usredotočena je na dva glavna izvora toplinskog stresa u okolišu: temperaturu i relativnu vlažnost. Postoje različite formule za izračunavanje THI, ali jedna od najčešćih je:

$$THI = T - (0,55 - 0,0055 RH) (T - 14,5),$$

gdje je T temperatura suhog termometra u °C, a RH relativna vlažnost zraka izražena u %.

Ovaj biometeorološki indeks počinje se aktivno koristiti 1990-ih. Istraživanje provedeno u tropskom gradu Akurama u Nigeriji primjer je prikaza utjecaja vremenskih prilika, veće stope urbanizacije i sve izraženijih toplinskih otoka na ljudsko zdravlje. Koristeći podatke mjerenja u gradskim i ruralnim dijelovima grada, prikazan je utjecaj toplinskog stresa na stanovništvo (Balogun, 2014). Osjet ugone prema THI-u podijeljen je u kategorije (tab. 1.), koje će se koristiti i u ovom radu.

Tablica 1. Osjet ugone određen termohigrometrijskim indeksom (°C)

| OSJET UGODE | Vrijednosti THI |
|-------------------------|------------------------|
| Ekstremno ledeno | < -40 |
| Ledeno | -39,9 do -20 |
| Izuzetno hladno | -19,9 do -10 |
| Vrlo hladno | -9,9 do -1,8 |
| Hladno | -1,7 do +12,9 |
| Svježe | +13 do +14,9 |
| Ugodno | +15 do +19,9 |
| Vruće | +20 do +26,4 |
| Vrlo vruće | +26,5 do +29,9 |
| Ekstremno vruće | >+30 |

Izvor: izradio autor, prema Balogun, 2014.

6. Rezultati istraživanja i analiza

Odabrane postaje u Botaničkom vrtu imaju slične temperature zraka i relativnu vlažnost s obzirom da su mjerni uređaji postavljeni na relativno malom prostoru. Razlike u osjetu ugone mogu se očekivati zbog različitih okoliša u kojima se pojedine postaje nalaze. Botanički vrt otvoren je za posjetitelje od 1. travnja do 1. studenoga, ako su vremenski uvjeti povoljni moguće ga je posjetiti i tijekom studenog. S obzirom da su mjerni uređaji postavljeni krajem travnja 2018. godine, indeks osjeta ugone računat će se za razdoblje od 1. svibnja do 30. studenog 2018. godine, za razdoblje kada posjetitelji mogu boraviti u vrtu.

6.1 Mjesečne temperature i relativne vlažnosti zraka

Postavljeni mjerni uređaji u Botaničkom vrtu mjerili su temperaturu i vlažnost zraka cijelu godinu što omogućuje usporedbu s podacima dobivenim za mjernu postaju Zagreb-Grič.

Mjesečne temperature unutar Botaničkog vrta se razlikuju. Razlike između temperatura lokacija najveće su u ljetnim mjesecima. Mjerni uređaji postavljeni su na različitim lokacijama kako bi se ispitaio utjecaj različitih čimbenika koji utječu na temperaturu i vlagu zraka. Pretpostavka je da će mjerni uređaji postavljeni dublje u vrtu, okruženi vegetacijom mjeriti niže temperature ljeti. Uređaji postavljeni bliže prometnicama i izloženiji sunčevoj radijaciji zbog manjka vegetacije mjerit će više temperature. Uređaji BO-1 i BO-4 postavljeni su bliže prometnicama, na rubovima Botaničkog vrta, te su na tim mjernim uređajima zabilježene i više temperature. Tijekom lipnja, srpnja i kolovoza temperature su više na lokacijama uređaja BO-1 i BO-4 čak za 2 °C (tab. 2) nego u ostatku vrta. Uređaji BO-2 i BO-3 smješteni su dublje u vrt, biljke koje tamo rastu stvaraju intenzivniju sjenu i hlad. S obzirom da unutar vrta nema većih izgrađenih površina, nema niti zagrijavanja zraka od vruće podloge. Srednje mjesečne temperature za BO-1 i BO-4 minimalno se razlikuju, iz čega se može zaključiti da su uvjeti u kojima se nalaze ova dva mjerna uređaja vrlo slični (sl. 11.). Tijekom zimskih mjeseci srednje mjesečne vrijednosti su slične za sve mjerne uređaje u Botaničkom vrtu, iako je BO-4 nešto topliji. Razlog tome je što je zimi sunčeva radijacija slabija i ne dolazi do intenzivnog zagrijavanja izgrađene površine kao ljeti. Samim time, uređaji BO-1 i BO-4 ne zagrijavaju se dodatno od toplog zraka iznad izgrađene površine i razlike sa ostalim uređajima su manje. Razlika u temperaturi unutar vrta utjecat će i na osjet ugone u vrtu. Na mjernom uređaju na Marulićevom trgu zabilježene su najviše temperature. Razlika između najniže mjesečne vrijednosti za srpanj i kolovoz u Botaničkom vrtu i mjesečne vrijednosti za Marulićev trg su gotovo 2 °C.

Postoji razlika u mjesečnim vrijednostima i u zimskim mjesecima. Mjesečna temperatura za prosinac na Marulićevom trgu bila je 5,6 °C, dok je na lokaciji BO-2 svega 3,3 °C. U siječnju je na Marulićevom trgu vrijednost iznosila 4,3 °C, a na lokaciji BO-2 1,7 °C. Razlog ovako izraženih razlika u temperaturi između ove dvije lokacije je okoliš u kojem se nalaze. Mjerni uređaj na Marulićevom trgu bio je postavljen na balkonu sa

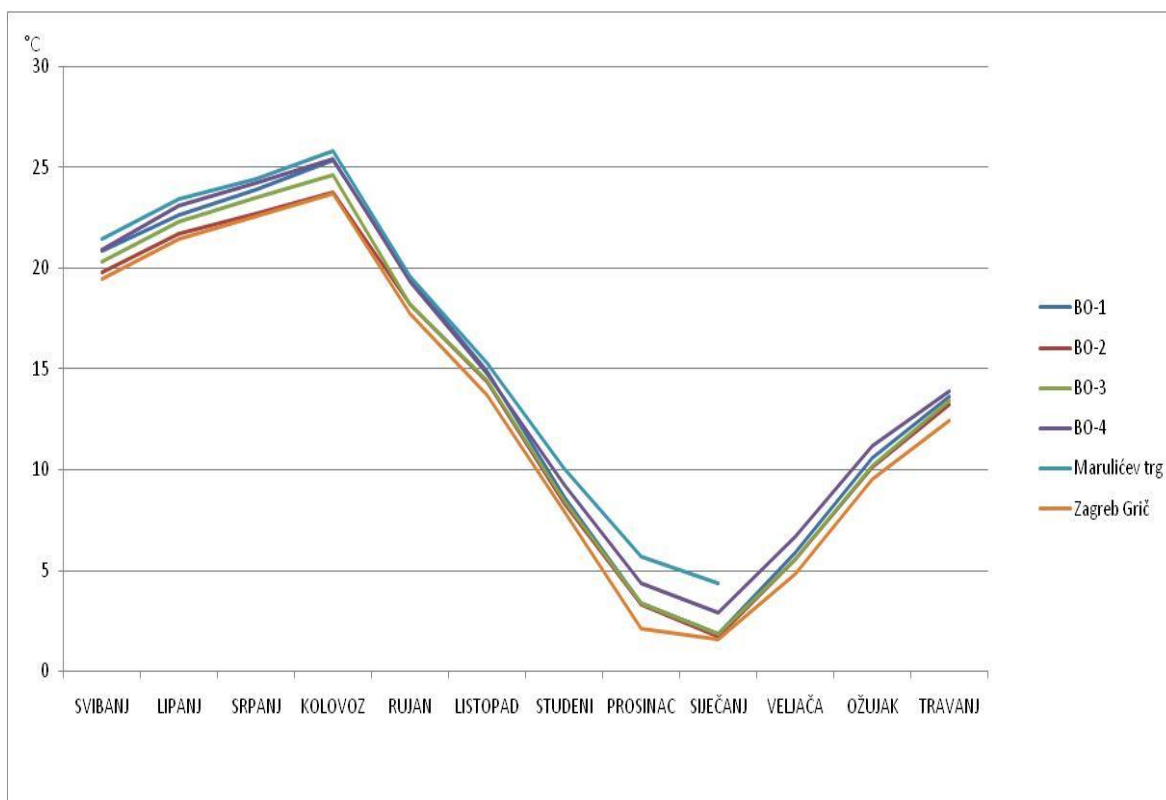
sjeverne strane zgrade. Zgrada je okružena izgrađenim površinama i prisutno je zagrijavanje zraka i od njih. To nema utjecaj na veće temperature samo ljeti već i zimi. Osim toga, dolazi i do zagrijavanja zraka zbog grijanja zgrada. Oko te zgrade nalaze se druge zgrade koje se griju zimi, kao i sama zgrada na kojoj je bio postavljen mjerni uređaj.

Mjerna postaja Zagreb-Grič smještena je na Gornjem gradu. Nalazi se na 158 metara nadmorske visine. Razlika u nadmorskoj visini između Botaničkog vrta i Zagreb-Griča je otprilike 35 metara. Temperatura zraka najčešće opada s porastom visine. Za vrijeme vedrih i toplih dana može opadati i do 1°C/100m. Visinske postaje su u prosjeku hladnije od nizinskih (Oliver, 2005). Samim time što je postaja Zagreb-Grič smještena na većoj nadmorskoj visini, temperature na toj postaji niže su nego u Donjem gradu. Mjerni instrument smješten je na zelenoj površini koja je s jedne strane okružena zgradom a s druge otvorena prema parku. Najveća razlika u mjesečnim srednjacima je između lokacija Marulićev trg i Zagreb Grič, posebno u zimskim mjesecima iz već navedenih razloga. Temperature na Griču niže su od onih u Botaničkom vrtu. Najvažniji čimbenik koji utječe na razliku je utjecaj okoliša mjernih instrumenata.

Tablica 2. Mjesečne temperature analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine (°C)

| Mjerne postaje | SVIBANJ | LIPANJ | SRPANJ | KOLOVOZ | RUJAN | LISTOPAD | STUDENI | PROSINAC | SIJEČANI | VELJAČA | OŽUJAK | TRAVANJ | SREDNJACI |
|----------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|----------|----------|---------|--------|---------|-----------|
| BO-1 | 20,8 | 22,6 | 23,9 | 25,4 | 19,5 | 14,9 | 8,6 | 3,4 | 1,8 | 5,9 | 10,6 | 13,6 | 14,2 |
| BO-2 | 19,8 | 21,7 | 22,7 | 23,8 | 18,2 | 14,3 | 8,3 | 3,3 | 1,7 | 5,5 | 10,1 | 13,2 | 13,5 |
| BO-3 | 20,3 | 22,3 | 23,5 | 24,7 | 18,3 | 14,4 | 8,5 | 3,4 | 1,9 | 5,6 | 10,2 | 13,5 | 13,9 |
| BO-4 | 20,9 | 23,1 | 24,2 | 25,4 | 19,3 | 14,8 | 9,2 | 4,3 | 2,9 | 6,6 | 11,2 | 13,9 | 14,6 |
| Marulićev trg | 21,4 | 23,4 | 24,4 | 25,8 | 19,6 | 15,3 | 10,0 | 5,7 | 4,4 | - | - | - | - |
| Zagreb Grič | 19,5 | 21,4 | 22,6 | 23,7 | 17,7 | 13,7 | 7,9 | 2,1 | 1,5 | 4,8 | 9,5 | 12,4 | 13,1 |

Izvor: Izradio autor



Sl. 11. Mjesečne temperature analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine

Izvor: Izradio autor

Kao što je već spomenuto, Zagreb ima kontinentski tip godišnjeg hoda relativne vlage. Maksimum je zimi što su potvrdili i dobiveni podaci. Relativna vlažnost raste u jesenskim mjesecima kako se temperatura smanjuje. Najveće vrijednosti zabilježe se u studenom i prosincu, kada su srednje mjesečne vrijednosti iznosile preko 85% (tab. 3.) Ponekad se može javiti i veća količina vlage u proljeće, zbog naglog zatopljenja, naglog završetka zime ili uslijed većih količina padalina. Unutar vrta relativna vlažnost zraka nije ista na svim lokacijama. Veće vrijednosti bilježe uređaji BO-2 i BO-3. Razlog tome je stalna transpiracija zbog velike količine biljaka unutar Botaničkog vrta. Voda ispara iz biljaka te se zadržava u zraku. Također, zabilježene temperature unutar vrta bile su više nego izvan njega. Relativna vlažnost bila je niža na uređajima BO-1 i BO-4.

Budući da grad utječe na temperaturu u užem središtu, utječe i na raspodjelu vlage. Relativna vlažnost smanjuje se u samom centru grada. Topli zrak može sadržavati više vodene pare i samim time je relativna vlažnost manja. Relativna vlažnost ovisi o evaporaciji, a brzina evaporacije ovisi o više faktora. Evaporacija je brža što je viša

temperatura površine, što je sušiji zrak iznad površine te što je veće strujanje zraka. To objašnjava niže vrijednosti koje su izmjerene na Marulićevom trgu. Razlike između mjesečnih srednjaka u Botaničkom vrtu i onih na Marulićevom trgu su u nekim mjesecima i preko 10% (rujan, studeni, prosinac). Na mjernoj postaji Zagreb-Grič vrijednosti relativne vlage zraka slične su onima u Botaničkom vrtu. Razlog tome su slični uvjeti u kojima se uređaji nalaze. S obzirom na to da se mjerna postaja Zagreb-Grič nalazi na višoj nadmorskoj visini te su tamo izmjerene niže vrijednosti temperature, pretpostavka je bila da će relativna vlažnost biti viša nego u centru, na Marulićevom trgu. Kao i razlika u temperaturi, razlika u relativnoj vlažnosti zraka unutar Botaničkog vrta imat će utjecaj na razlike u osjetu ugone unutar vrta (s1. 12.).

Tablica 3. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine (%)

| Mjerni uređaj | SVIBANJ | LIPANJ | SRPANJ | KOLOVOZ | RUJAN | LISTOPAD | STUDENI | PROSINAC | SIEČANJ | VELJAČA | OŽUJAK | TRAVANJ | SREDNJACI |
|---------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|----------|---------|---------|--------|---------|-----------|
| BO-1 | 62,3 | 62,2 | 64,3 | 60,5 | 66,9 | 74,2 | 84,5 | 82,3 | 75,7 | 68,9 | 58,7 | 64,7 | 68,8 |
| BO-2 | 66,0 | 65,7 | 68,6 | 66,5 | 73,0 | 79,2 | 86,9 | 84,9 | 78,1 | 70,1 | 62,0 | 68,2 | 72,4 |
| BO-3 | 64,5 | 64,3 | 68,9 | 64,0 | 78,7 | 77,6 | 84,9 | 83,0 | 77,6 | 69,9 | 61,2 | 66,7 | 71,8 |
| BO-4 | 60,6 | 59,2 | 61,4 | 58,8 | 66,7 | 74,1 | 81,9 | 78,2 | 71,1 | 65,3 | 55,7 | 62,6 | 66,3 |
| Marulićev trg | 58,2 | 57,6 | 60,2 | 56,8 | 64,7 | 71,5 | 77,8 | 71,6 | 61,1 | - | - | - | - |
| Zagreb Grič | 65,6 | 65,6 | 66,3 | 63,3 | 70,4 | 75,6 | 82,2 | 79,7 | 71,9 | 68,9 | 60,5 | 65,6 | 69,6 |

Izvor: izradio autor



Sl. 12. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine

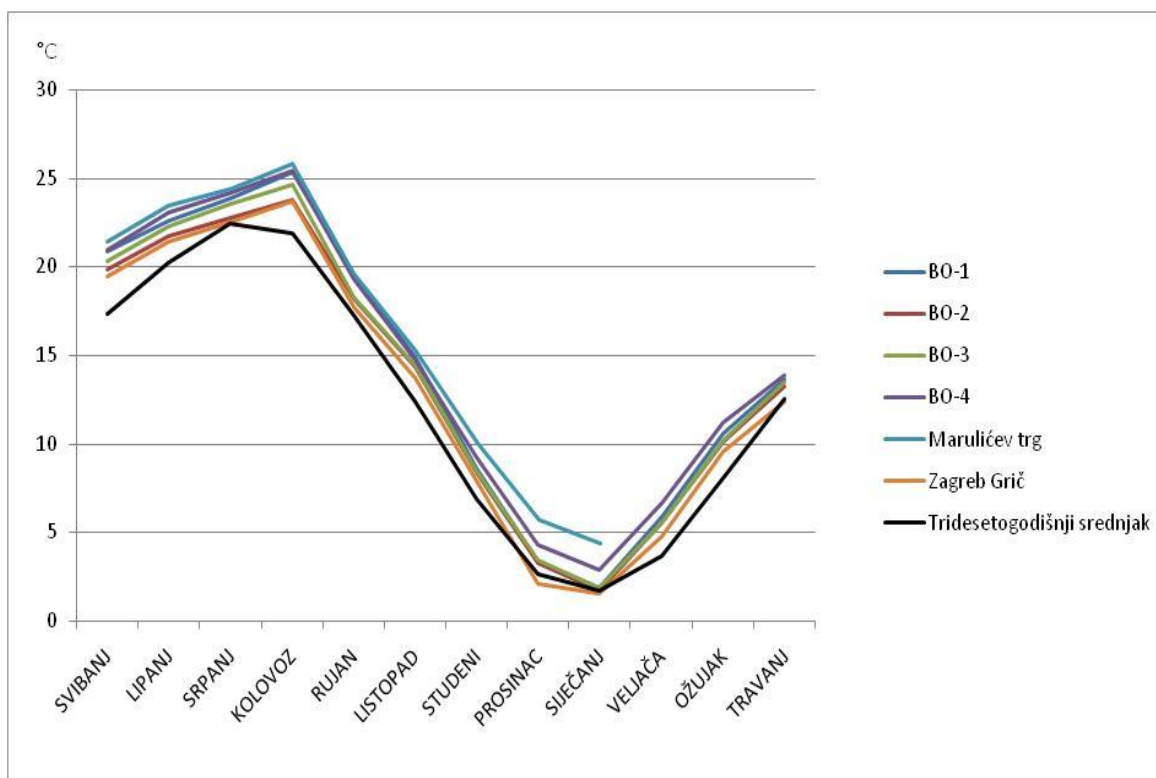
Izvor: Izradio autor

6.2 Usporedba analiziranih nizova podataka s tridesetogodišnjim srednjakom postaje Zagreb-Grič

Podaci dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda za postaju Zagreb Grič, služiti će za usporedbu srednjih mjesečnih vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka na odabranim mjernim postajama s tridesetogodišnjim srednjakom. Dobivene su srednje mjesečne vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka za razdoblje od 1981. do 2010. godine. Usporedba je provedena kako bi se ispitala reprezentativnost podataka izmjerenih u Botaničkom vrtu i na Marulićevom trgu, te odstupanja u odnosu na višegodišnji srednjak.

Odstupanja analiziranog niza podataka u odnosu na tridesetogodišnji srednjak je malo. Najveće odstupanje od tridesetogodišnjeg srednjaka ima uređaj na Marulićevom trgu, te mjerni uređaji BO-1 i BO-4. Najveća odstupanja su u zimskim mjesecima. Treba se uzeti i u obzir da je mjesečni srednjak za tridesetogodišnje razdoblje računat na temelju

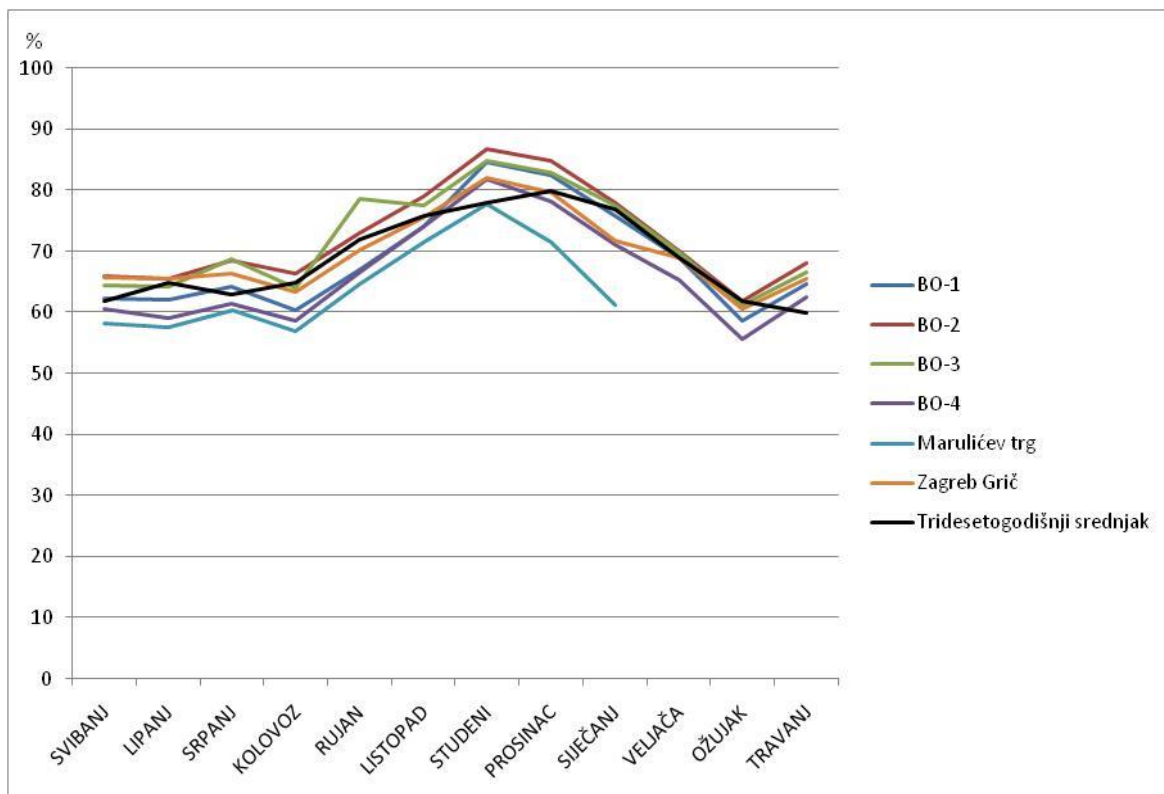
podataka prikupljenih na mjernoj postaji Zagreb-Grič. Niti jedna analizirana postaja značajno ne odstupa od tridesetogodišnjeg srednjaka, a sve postaje uključujući i postaju Zagreb-Grič pokazuju sličan godišnji hod u promatranoj godini. Nakon usporedbe podataka može se zaključiti da su podaci za temperaturu prikupljeni mjernim uređajima u Botaničkom vrtu i na Marulićevom trgu reprezentativni za potrebe analize (sl. 13.).



Sl. 13. Mjesečne vrijednosti temperature zraka za analizirane nizove podataka i tridesetogodišnji srednjak temperature postaje Zagreb-Griča za razdoblje 1981.-2010.

Izvor: Izradio autor

Usporedba tridesetogodišnjeg srednjaka vrijednosti relativne vlage i mjesečnih vrijednosti za promatrano razdoblje pokazuje da postoje veća odstupanja promatranog niza od tridesetogodišnjeg srednjaka. Najveća razlika ponovno je između podataka dobivenih s mjerne postaje na Marulićevom trgu i tridesetogodišnjeg srednjaka (sl. 14.). Razlog tome je viša temperatura izmjerena na Marulićevom trgu, što je posljedice veće izgrađenosti u tom dijelu grada. U blizini mjerne postaje Zagreb-Grič nema prometnica za razliku od mjerne postaje na Marulićevom trgu. Ta postaja nalazi se u samom centru grada te na nju utječu različiti već navedeni faktori, kao što je blizina izgrađenih površina i prometnica.



Sl. 14. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka za analizirane nizove podataka i tridesetogodišnji srednjak relativne vlažnosti postaje Zagreb-Grič za razdoblje 1981.-2010.

Izvor: Izradio autor

6.3 Osjet ugone na lokacijama mjerenja

6.3.1 Mjesečne vrijednosti osjeta ugone

Koristeći termohigrometrijski indeks usporedit će se osjet ugone na promatranim postajama od svibnja do studenog. Osjet ugone odrediti će se za navedeno razdoblje zato što je vrt tada otvoren za posjetitelje. Najveće razlike u mjesečnim vrijednostima THI-a su u ljetnim mjesecima (tab. 4., sl. 15). No, već u svibnju su vidljive razlike unutar samog vrta. Razlog tome su više temperature i intenzivnije zagrijavanje izgrađene površine. U svibnju vrijednosti THI za BO-1 i BO-4 pokazuju da je bilo vruće, dok za uređaje BO-2 i BO-3 da je bilo ugodno. Kao što je već ranije spomenuto, BO-2 i BO-3. nalaze se na lokacijama unutar vrta. Najviša vrijednost indeksa dobivena je za lokaciju na Marulićevom trgu. Osjet ugone bio je vruće kao i za BO-1 i BO-4, ali vrijednost THI bila je veća na Marulićevom trgu nego za dvije postaje u vrtu. Za lipanj, srpanj i kolovoz vrijednosti THI

za sva četiri uređaja u Botaničkom vrtu, kao i za uređaj na Marulićevom trgu i na Zagreb-Griču, pokazuju da je bilo vruće (tab. 4., sl. 15.). Jedino u kolovozu na Marulićevom trgu osjet ugone bio je vrlo vruće. Zbog lokacije u središtu grada bilo je i očekivano će srednje mjesečne vrijednosti biti najviše među promatranim postajama. No, postoje razlike i u ljetnim mjesecima jer vrijednosti nisu jednake. Ponovno je osjet ugone povoljniji unutar vrta, dok je na rubovima uz prometnice viša temperatura, a time i izraženiji toplinski stres kod ljudi.

Za rujan vrijednosti THI indeksa pokazuju da je u cijelom vrtu bilo ugodno, iako vrijednosti nisu iste. Vrijednost osjeta ugone najviše su na Marulićevom trgu, gdje je u rujnu bilo vruće. U listopadu je bilo svježije na svim promatranim postajama, a u studenom hladno. Također, na sl. 14. vidi se preklapanje linija za postaje koje imaju međusobno sličan godišnji hod THI indeksa. To je posljedica sličnih uvjeta u kojima su postavljeni ti uređaji, a ukazuje i na razliku osjeta ugone u samom Botaničkom vrtu i izvan njega. Uređaji koji su postavljeni bliže prometnicama i izloženi sunčevoj radijaciji, pokazuju veće vrijednosti temperature zraka i THI indeksa. Prema vrijednosti indeksa za Marulićev trg može se zaključiti da je toplinski stres kojem su izloženi stanovnici grada Zagreba veći na izgrađenim površinama izvan vrta, nego u vrtu. Kasnije u radu dat će se detaljniji uvid u sličnosti, odnosno razlike u osjetu ugone na odabranim postajama. Izračunate vrijednosti THI-a potvrđuju hipotezu da su bioklimatska obilježja u Botaničkom vrtu povoljnija su nego izvan parka. Vrijednosti za uređaje u Botaničkom vrtu niže nego one za Marulićev trg (tab. 4 i sl. 15.).

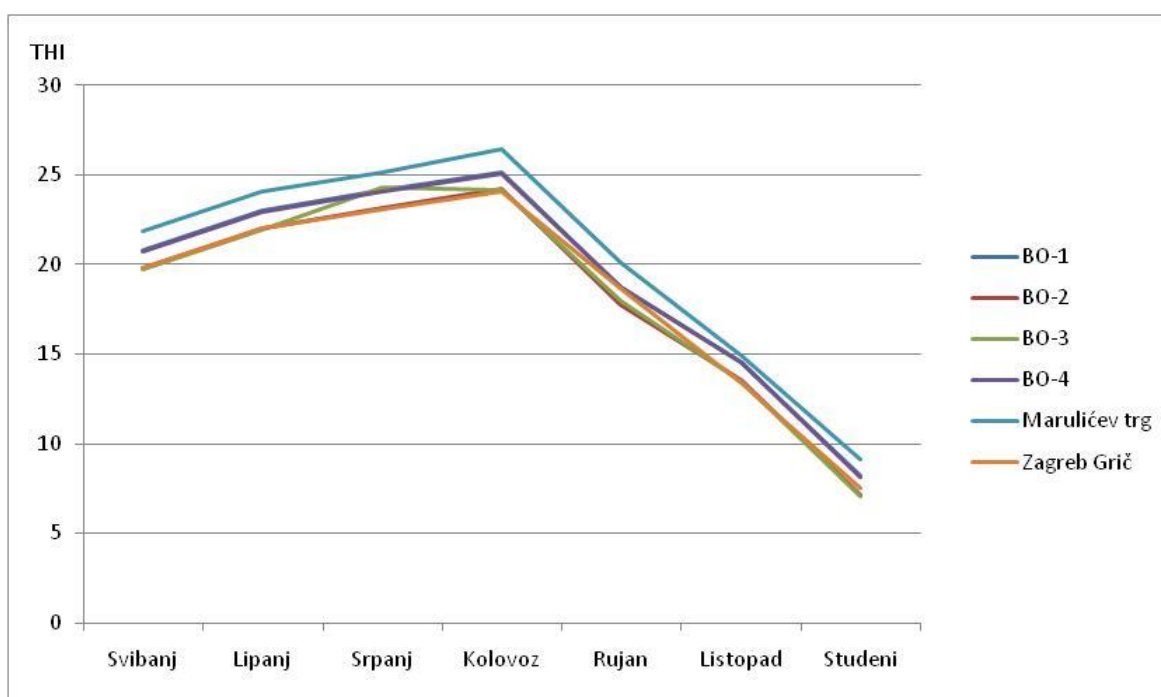
S obzirom na to da se posjet Botaničkom vrtu ne naplaćuje teško je govoriti o točnom broju posjetitelja u određenom godišnjem dobu. No, zaposlenici vrta dali su okvirnu procjenu broja posjetitelja, koliko se tamo zadržavaju te kada najčešće dolaze. Broj posjetitelja se u zadnje dvije godine udvostručio, te su procijenili da ga tijekom godine posjeti između 100 i 150 tisuća posjetitelja. Prije je najviše posjetitelja bilo u jesen i proljeće, ali je u zadnje dvije godine broj znatno narastao i tijekom ljeta. Osim stanovnika grada Zagreba, posjećuju ga i turisti. Tijekom ljeta stanovnici grada Zagreba najčešće u vrt dolaze vikendom zbog velikih vrućina. Tijekom ljeta najduže se zadržavaju u vrtu jer se osjećaju ugodnije nego na izgrađenim površinama u gradu. Ovo je jedan od pokazatelja koji također ukazuje na povoljniji osjet ugone u vrtu nego na izgrađenim površinama izvan njega. Upravo su zbog svog rashlađujućeg utjecaja parkovi iznimno važni za klimu grada. Stabla stvaraju sjenu koja smanjuje zagrijavanje podloge direktnom Sunčevom radijacijom. Također, stabla koje su posađena pokraj stambenih grada smanjuju količinu direktne

Sunčeve radijacije koja dolazi do zidove zgrada. Kada su zidovi zgrada izloženi direktnoj radijaciji vrlo se brzo zagriju, pri čemu se zagrijavaju i prostorije unutar zgrade, a kasnije teško rashlađuju. Naravno, stabla je nemoguće posaditi posvuda po gradu, ali zato je potrebno što više slobodnih površina unutar grada prenamijeniti u parkove. Parkovi će imati rashlađujući utjecaj na stanovnike grada i omogućiti im provođenje vremena u prirodi i za vrijeme visokih temperatura.

Tablica 4. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

| Mjerni uređaj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan | Listopad | Studeni |
|---------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|
| BO-1 | 20,8 | 23,0 | 24,1 | 25,1 | 18,7 | 14,5 | 8,2 |
| BO-2 | 19,8 | 22,0 | 23,2 | 24,2 | 17,8 | 13,5 | 7,1 |
| BO-3 | 19,7 | 21,9 | 24,3 | 24,1 | 17,9 | 13,5 | 7,1 |
| BO-4 | 20,8 | 22,9 | 24,1 | 25,1 | 18,7 | 14,5 | 8,1 |
| Marulićev trg | 21,8 | 24,0 | 25,1 | 26,4 | 20,1 | 14,9 | 9,1 |
| Zagreb Grič | 19,8 | 22,0 | 23,1 | 24,1 | 18,7 | 13,4 | 7,5 |

Izvor: Izradio autor



Sl 15. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa (THI) analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11 .2019. godine

Izvor: Izradio autor

6.3.2 Osjet ugone u 7, 14 i 21 sat

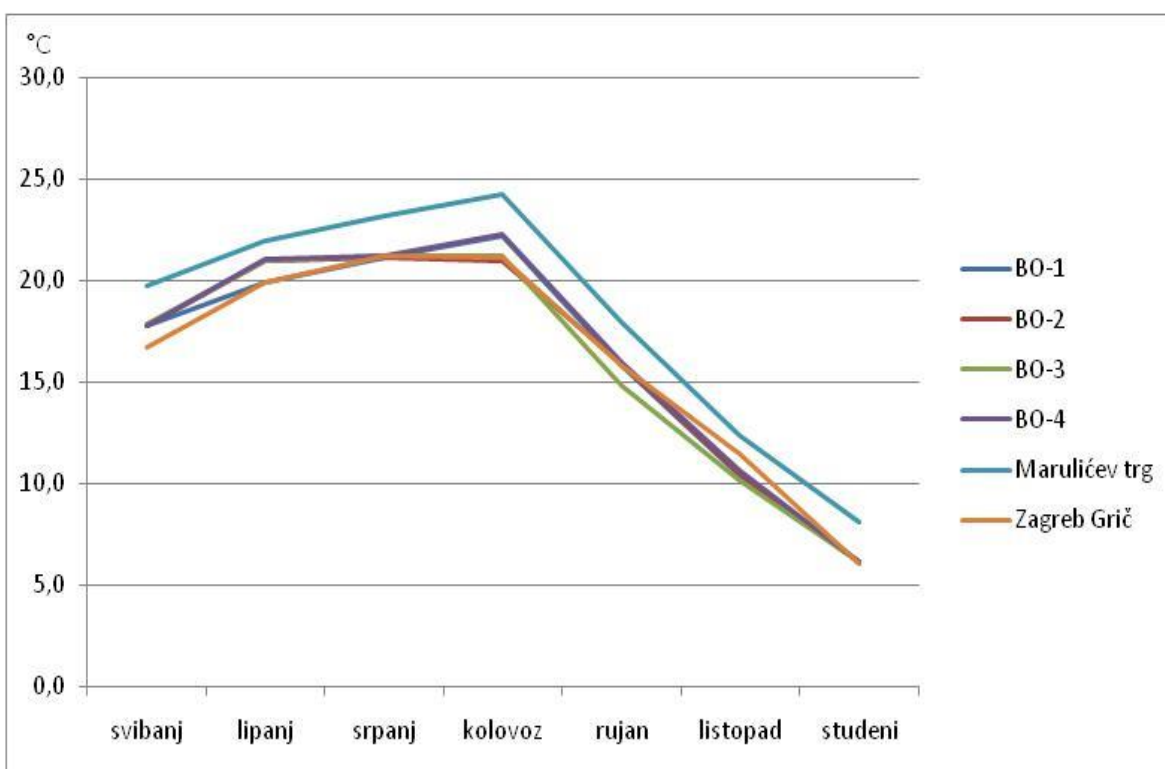
Dnevni hod temperature zraka je promjena temperature tijekom dana. Temperatura zraka najniža je ujutro neposredno poslije izlaska Sunca ujutro, a najviše poslijepodne kada Sunce izađe iz zenita. Dnevni hod temperature ovisi o geografskom položaju, nadmorskoj visini, godišnjem dobu i drugim čimbenicima. Sa samom promjenom dnevnog hoda temperature, mijenja se i osjet ugone. Dnevni hod vlage obrnuto je proporcionalan u odnosu na dnevni hod temperature. Vлага u zraku najviša je ujutro i navečer, a najniža popodne. Razlog tome su visoke temperature popodne, odnosno niske ujutro i navečer. Glavni razlog tome je činjenica da zrak pri niskim temperaturama može sadržavati malo vodene pare, a pri niskim puno više. Uz istu količinu vodene pare u zraku relativna vlažnost uvijek niža pri višim temperaturama, a viša pri nižim temperaturama. S obzirom na navedeno, izračunat je osjet ugone za sve mjerne postaje u promatranom razdoblju za 7, 14 i 21 sat..

Razlike u osjetu ugone najmanje su u jutarnjim satima (tab. 5, sl. 16.). Tada je rashlađujući utjecaj parka najmanji. Preko noći se podloga ohladi zbog toga što nije izložena direktnoj sunčevoj radijaciji, te u jutarnjim satima još uvijek prevladava emisija dugovalne radijacije od podloge. Također, relativna količina vlage je najveća u jutarnjim i večernjim satima. Izlaskom sunca započinje zagrijavanje podloge i zbog toga u popodnevnim satima dolazi do većih razlika u temperaturi. U svibnju je u jutarnjim satima bilo ugodno na svim promatranim postajama. Najveća vrijednost zabilježena je na Marulićevom trgu 19,7°C što je na granici ugodnog i vrućeg osjeta ugone. U lipnju je bilo ugodno do vruće, u srpnju je bilo vruće na svim promatranim postajama. Najveće vrijednosti indeksa za jutarnje sate su u kolovožu. Na svim postajama je bilo vruće. U rujnu osjet ugone nije bio isti na svim postajama. U 7 sati na postaji BO-3 u unutrašnjosti vrta bilo je svježije, dok na ostalim mjernim mjestima bilo ugodno. Ponovno je u centru zabilježena najveća vrijednosti 17,9 °C. U listopadu je bilo hladno na svim postajama u jutarnjim satima. Studeni bilježi vrijednosti od 6 do 8 °C, što je prema kategorijama osjeta ugone hladno .

Tablica 5. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

| Mjerni uređaj | svibanj | lipanj | srpanj | kolovoz | rujan | listopad | studeni |
|---------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|
| BO-1 | 17,7 | 19,9 | 21,1 | 22,2 | 15,7 | 10,4 | 6,1 |
| BO-2 | 17,8 | 21,0 | 21,1 | 21,0 | 15,9 | 10,5 | 6,1 |
| BO-3 | 17,8 | 21,0 | 21,2 | 21,2 | 14,8 | 10,1 | 6,1 |
| BO-4 | 17,8 | 21,0 | 21,2 | 22,3 | 16,0 | 10,6 | 6,1 |
| Marulićev trg | 19,7 | 21,9 | 23,2 | 24,2 | 17,9 | 12,4 | 8,1 |
| Zagreb Grič | 16,7 | 19,9 | 21,2 | 21,1 | 15,8 | 11,4 | 6,0 |

Izvor: Izradio autor



Sl. 16. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Izvor: Izradio autor

Najveće razlike u osjetu ugone zabilježene su u popodnevним satima (sl. 17.). U 14 sati vrijednosti pokazuju kako je unutar vrta povoljniji osjet ugone. To najviše dolazi do izražaja u ljetnim mjesecima. Toplinski stres javlja se u vrijeme ljetnih mjeseci kod visokih

temperatura te ima utjecaj na sav biljni i životinji svijet, kao i na čovjeka. Upravo tada najviše do izražaja dolazi rashlađujući utjecaj parka. U svibnju je u 14 sati bilo vruće na svim promatranim lokacijama. Unutar vrta bilo je ugodnije nego izvan njega. Osim što postoji razlika između lokacija unutar vrta i onih na rubu u blizini prometnica, još veća razlika je između lokacija unutar vrta i postaje na Marulićevom trgu. Vrijednost THI indeksa za Marulićev trg je 26,1 °C što je na granici s vrlo vrućim osjetom ugone, dok je unutar vrta THI 22,8 °C (tab. 6.). U lipnju je unutar vrta bilo vruće sa vrijednostima u rasponu od 23 do 26. Veće vrijednosti zabilježene su na rubovima vrta koje se približavaju vrlo vrućem osjetu ugone. Zbog velikog zagrijavanja izgrađenih površina i prometnica koje se nalaze uz Botanički vrt, bile su i očekivane više temperature i vrijednosti indeksa. Postaja Zagreb-Grič ima vrijednost indeksa 24,9 °C što je približno jednako vrijednostima unutar parka. Vrlo vrući osjet ugone zabilježen je na Marulićevom trgu. Ovo pokazuje kako je na izgrađenim površinama toplinski stres puno izraženiji te kako park ima rashlađujući utjecaj. Upravo to je razlog zašto ljudi dolaze u Botanički vrt te provode tu slobodno vrijeme. U srpnju je unutar vrta u 14 sati bilo vruće. Na postajama BO-1 i BO-4 bilo je vrlo vruće, kao i na postaji Zagreb-Grič. Unutar vrta na uređajima BO-2 i BO-3 bilježe se niže vrijednosti. Ponovno se može uočiti rashlađujući utjecaj parka te kako je osjet ugone povoljniji unutar njega. Najveća vrijednost u srpnju zabilježena na Marulićevom trgu. Tamo je u 14 sati u srpnju bilo ekstremno vruće. Vrijednost THI indeksa prelazi 30. Kolovoz kao najtopliji mjesec u 2018. godini ima najveće vrijednosti termohigrometrijskog indeksa i u 14 sati. Za uređaje BO-2 i BO-3 izračunat je osjet ugone vruće s vrijednostima ispod 30, kao i na postaji BO-4. Razlog tome je vegetacija koja ima rashlađujući utjecaj. Vegetacija stvara sjenu koja onemogućuje prodor direktne sunčeve radijacije. Osim toga, ona omogućuje bolju izmjenu zraka, smanjenje količine prašine koje ima u velikim količinama u gradu i smanjuje protok smoga.

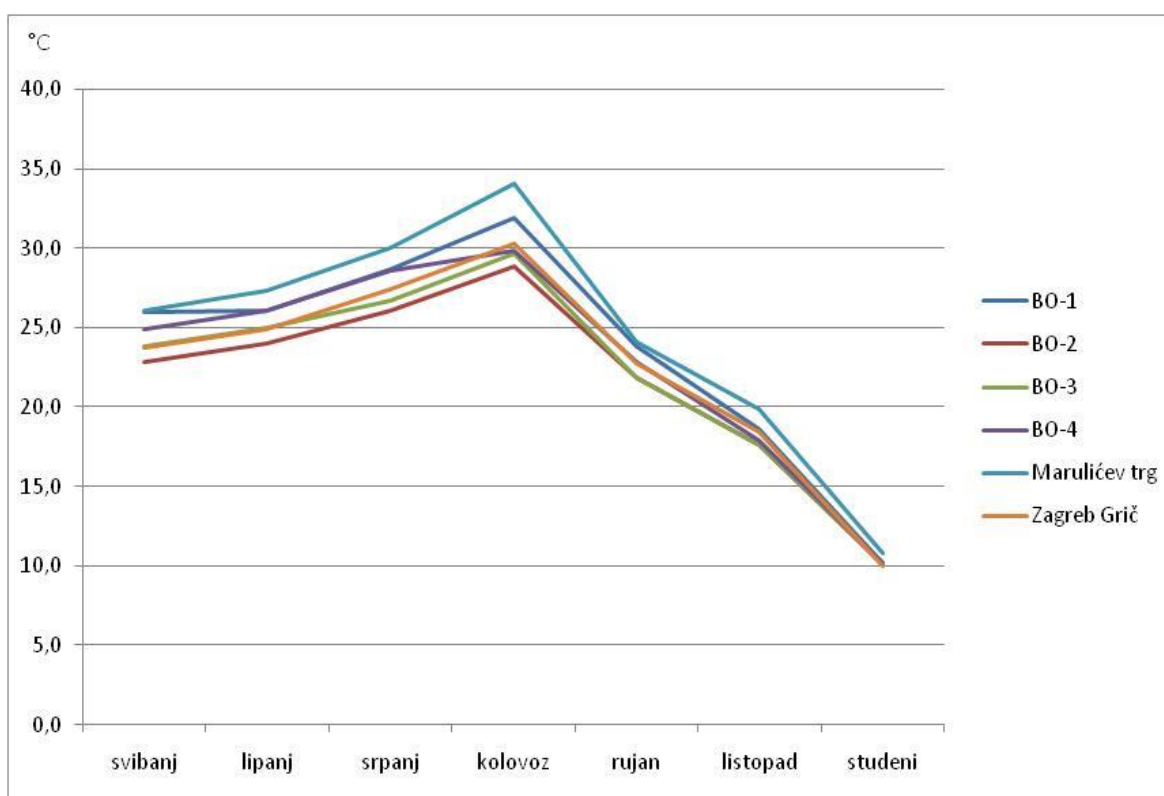
Za razliku od parka koji je bogat vegetacijom, na ostalim mjernim uređajima zabilježen je osjet ugone ekstremno vruće. Vrijednost indeksa na Marulićevom trgu iznosi 34,1 °C, što je najviša vrijednost u usporedbi s ostalim uređajima. U ljetnim mjesecima zagrijavanje zraka od izgrađene površine je najveće. Razlika između izmjerenih temperatura u 14 sati unutar vrta i u centru bile je i do 5 °C. U rujnu su razlike u osjetu ugone u 14 sati manje. Na svim lokacijama bilo je vruće, s najnižim vrijednostima unutar vrta i na Zagreb-Griču. U listopadu je bilo ugodno na svim postajama, iako razlike u vrijednostima indeksa postoje. Na Marulićevom trgu u listopadu je prosječna vrijednosti

indeksa u 14 sati 19,9 °C što je na granici s vrućim. U studenom su vrijednosti THI indeksa oko 10 za sve postaje, što znači da je na svim lokacijama bilo hladno.

Tablica 6. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

| Mjerni uređaj | svibanj | lipanj | srpanj | kolovoz | rujan | listopad | studeni |
|---------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|
| BO-1 | 26,0 | 26,0 | 28,6 | 31,9 | 23,8 | 18,6 | 10,2 |
| BO-2 | 22,8 | 24,0 | 26,0 | 28,8 | 21,9 | 17,6 | 10,1 |
| BO-3 | 23,8 | 25,0 | 26,7 | 29,7 | 21,8 | 17,7 | 10,1 |
| BO-4 | 24,9 | 26,0 | 28,5 | 29,8 | 22,8 | 17,9 | 10,2 |
| Marulićev trg | 26,1 | 27,4 | 30,0 | 34,1 | 24,1 | 19,9 | 10,8 |
| Zagreb Grič | 23,7 | 24,9 | 27,4 | 30,3 | 22,7 | 18,4 | 10,0 |

Izvor:izradio autor



Sl. 17. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Izvor:izradio autor

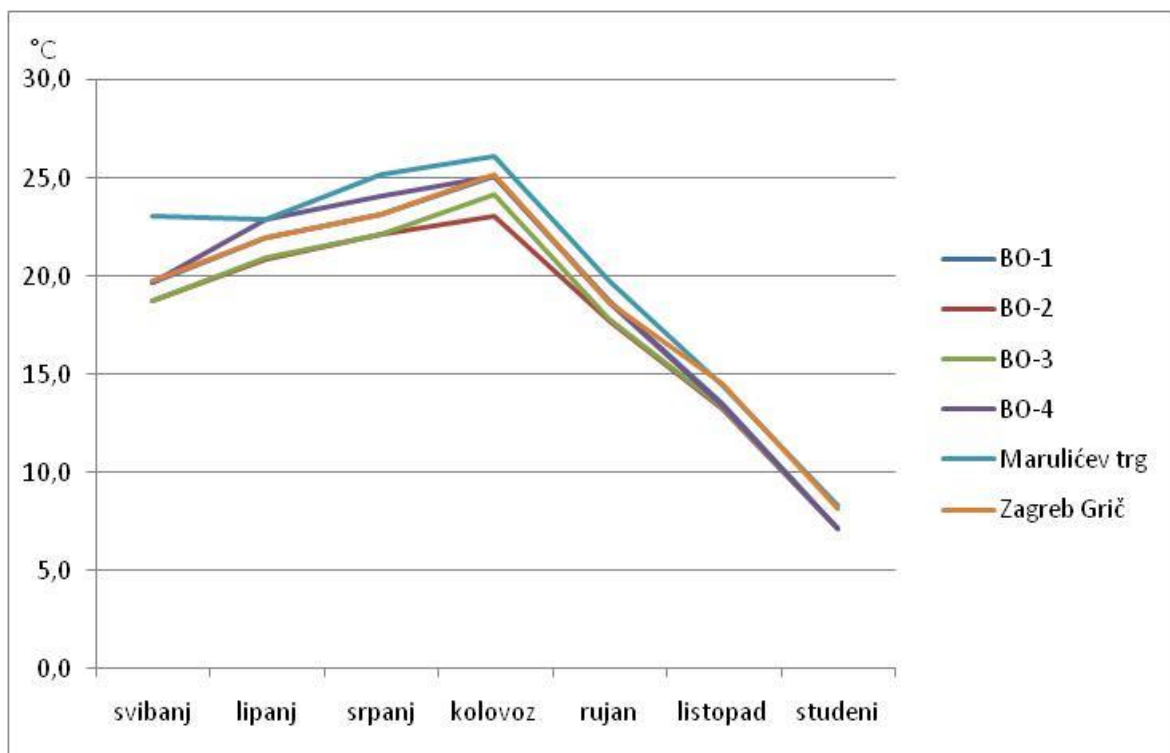
Osjet ugone u večernjim satima također se razlikuje od mjernog uređaja do uređaja. Navečer je prisutna velika količina vlage u zraku kao i u jutarnjim satima, ali su

temperature više nego ujutro. Razlog tome je činjenica da se zrak još nije ohladio od zagrijavanja preko dana. Konvekcija je kontinuirani proces kada se lakši, topliji zrak izdiže, a na njegovo mjesto se spušta teži, hladniji zrak. Ovaj proces ovisi o zagrijanosti podloge i izraženiji je iznad kopna nego vodenih površina. Srednji mjesečni termohigrometrijski indeks za 21 sati u svibnju pokazuje da je unutar Botaničkog vrta, kao i na postaji Zagreb-Grič bilo ugodno. Na Marulićevom trgu on iznosi 23,1 °C što znači da je na toj lokaciji vruće (tab. 7.). S obzirom na veliki broj izgrađenih površina u centru grada koje se tijekom dana zagrijavaju, njegova zagrijanost u večernjim satima veća nego zagrijanost zelenih površina. Zato su vrijednosti u centru puno veće. U lipnju je navečer na svim postajama vruće. Najniže vrijednosti su zabilježene za uređaje BO-2 i BO-3 i za postaju Zagreb-Grič. U srpnju su srednje mjesečne vrijednosti indeksa za 21 sat također visoke. Na svim postajama je vruće. Mjerna postaja Zagreb-Grič prema kategorijama ugone odgovara osjetu ugone u vrtu. U kolovozu su vrijednosti osim u popodnevnim satima, najviše i navečer. Na svim postajama je vruće, a neke vrijednosti graniče s kategorijom vrlo vruće. Najveći THI je na Marulićevom trgu, čak 26,1 °C. U rujnu su s padom temperature i razlike u večernjim satima manje. Vrijednost THI indeksa kreće se u rasponu od 17 do 19 °C za sve mjerne postaje, što znači da je bilo ugodno na svim lokacijama. Naravno, razlike u vrijednostima postoje. Najugodnije je u unutrašnjosti vrta (tab. 7). Vrijednosti osjeta ugone za postaju Zagreb-Grič slične su vrijednostima za BO-1 i BO-4. Najtoplije bilo je na Marulićevom trgu, gdje je THI iznosio 19,8 °C, što je vrlo blizu kategorije THI-a vruće. U listopadu je bilo svježije na svim lokacijama. Razlike između vrijednosti indeksa vrlo su male. U studenom je bilo hladno u večernjim satima na svim mjernim postajama. Najveća vrijednost je na Marulićevom trgu, ali se ona ne ističe kao kod ljetnih mjeseci (sl. 18.).

Tablica 7. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sata analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.9.2019. godine (°C)

| Mjerni uređaji | svibanj | lipanj | srpanj | kolovoz | rujan | listopad | studeni |
|----------------|---------|--------|--------|---------|-------|----------|---------|
| BO-1 | 19,6 | 21,9 | 23,1 | 25,1 | 18,8 | 13,5 | 7,1 |
| BO-2 | 18,8 | 20,9 | 22,1 | 23,1 | 17,8 | 13,3 | 7,2 |
| BO-3 | 18,7 | 20,9 | 22,1 | 24,1 | 17,8 | 13,3 | 7,1 |
| BO-4 | 19,7 | 22,9 | 24,1 | 25,1 | 18,7 | 13,4 | 7,2 |
| Marulićev trg | 23,1 | 22,9 | 25,2 | 26,1 | 19,8 | 14,4 | 8,3 |
| Zagreb Grič | 19,7 | 22,0 | 23,1 | 25,2 | 18,6 | 14,5 | 8,1 |

Izvor: izradio autor



Sl. 18. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 21 sata analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Izvor:izradio autor

6.4 Osjet ugone za odabrana desetodnevna razdoblja

Dnevne razlike u osjetu ugone na različitim lokacijama u Botaničkom vrtu određene su pomoću dnevnih THI vrijednosti. Odabrano je razdoblje od 1. do 10. svibnja u proljeće, od 15. do 24. srpnja u ljeto i od 1.do 10. rujna u jesen. Razlog tome je bolje uočavanje odstupanja osjeta ugone u različitim godišnjim dobima u kojima je vrt otvoren za posjetitelje. Izračunat je osjet ugone za odabranih deset dana, kao i osjet ugone u 7, 14 i 21 sat za svaki dan u odabranim razdobljima.

6.4.1 Osjet ugone za razdoblje od 1. do 10. svibnja 2018.

U proljeće su vrijednosti osjeta ugone najmanje ujutro za mjerenja u 7 sati, a najveće popodne za mjerenja u 14 sati kod svih mjernih uređaja. Razlog tome što je temperatura popodne najviša, a ujutro najniža. Važno je reći kako je utjecaj temperature na

osjet ugone veći kod relativne vlažnosti zraka. Srednja vrijednost termohigrometrijskog indeksa za 7 sati ujutro najveća je za Marulićev trg, gdje su jutra ugodna, blizu vrijednosti vruće. Na svim ostalim lokacijama bilo je ugodno, s minimalnim razlikama u vrijednostima indeksa. Popodneva su bila u prosjeku vruća za promatrano razdoblje na svim lokacijama. Najpovoljnije vrijednosti THI-a su unutar samog vrta, što pokazuju vrijednosti za uređaje BO-2 i BO-3. Na postaji Zagreb-Grič također je bilo ugodno, s vrijednostima sličnim onima unutar vrta. Uređaji BO-1 i BO-4 imaju vrijednosti bliže vrijednostima zabilježenim na uređaju na Marulićevom trgu. Zbog blizine izrađenih površina, koje se za vrijeme najviše temperature popodne jako zagriju, to je i za očekivati. Najveća razlika u osjetu ugone na analiziranim mjernim mjestima tijekom desetodnevnog razdoblja u svibnju bila je u večernjim satima. Rezultati za mjerenja u 21 sat pokazuju kako je na Marulićevom trgu bilo u prosjeku vruće. Na ostalim lokacijama bilo je ugodno, iako vrijednosti THI-a određene za uređaje BO-1 i BO-4 graniče s vrućim. Najniža vrijednosti indeksa zabilježena je za uređaj BO-2 koji se nalazi unutar samoga vrta, pokraj vodene površine, zbog čega su i vrijednosti indeksa niske (tab 8.).

Tablica 8. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sati za desetodnevno razdoblje od 1.5. do 10.5.2018.godine (°C)

| Mjerni uređaji | 7:00 | 14:00 | 21:00 |
|----------------|------|-------|-------|
| BO-1 | 16,2 | 24,8 | 19,6 |
| BO-2 | 16,5 | 22,5 | 17,5 |
| BO-3 | 16,6 | 24,8 | 18,6 |
| BO-4 | 17,5 | 24,9 | 19,5 |
| Marulićev trg | 18,9 | 25,7 | 20,6 |
| Zagreb Grič | 16,5 | 23,7 | 18,6 |

Izvor: izradio autor

Bolji uvid u osjet ugone za razdoblje od 1. do 10. svibnja dat će dnevne vrijednosti indeksa za 7, 14 i 21 sat. Vrijednosti indeksa za 7 sati prema kategorijama osjeta ugone pokazuju da je u promatranom razdoblju najviša vrijednost osjeta ugone na Marulićevom trgu (tab.9.). Prvi dan promatranog razdoblja je bilo svježije na uređajima BO-1, BO-2, BO-3 te Zagreb-Grič, dok je ugodno bilo na Marulićevom trgu i na lokaciji uređaja BO-4. Vrijednosti indeksa za te dvije lokacije prelaze 15 °C te time pripadaju u kategoriju osjeta ugone ugodno. Idućeg dana Marulićev trg je također bio najtopliji, ali je zanimljivo

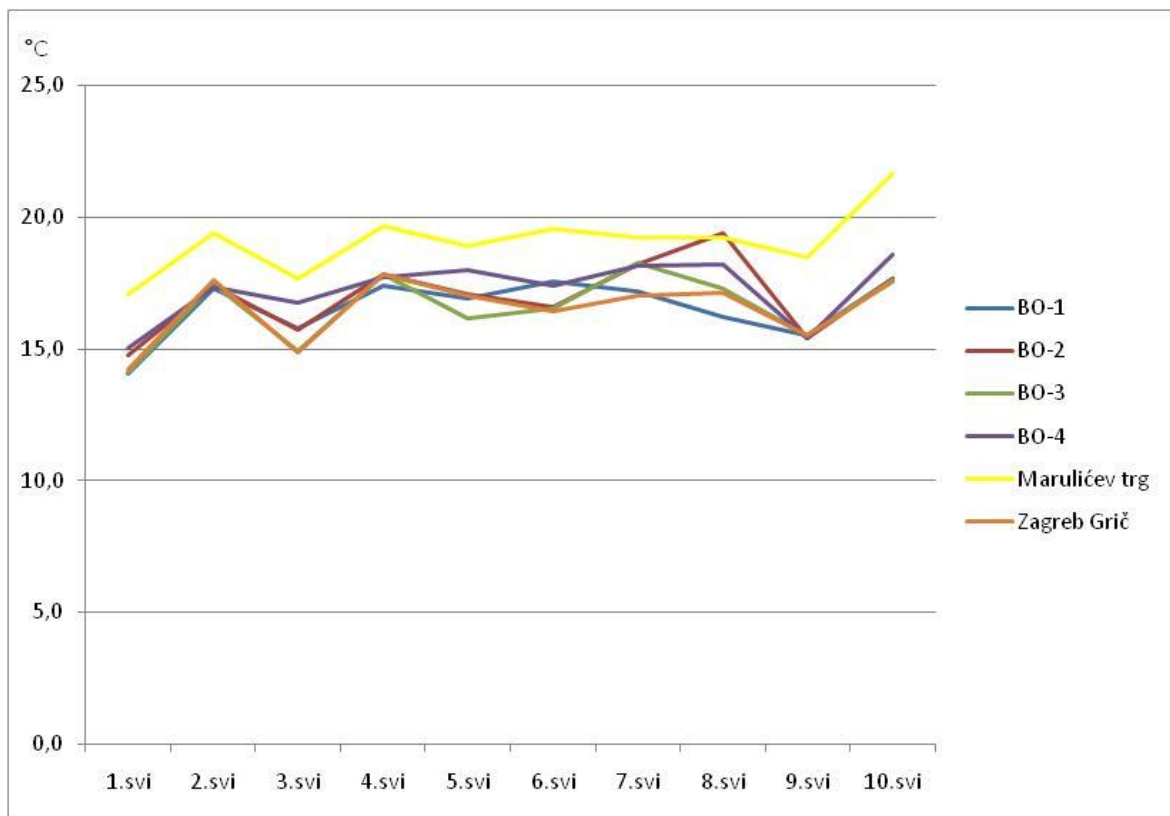
spomenuti da je unutrašnjost vrta taj dan imala veću vrijednost indeksa nego uređaji koji su postavljeni na rubu vrta. Kako su temperature ujutro, prije ili tek nakon izlaska Sunca, približno slične u većini lokacija mjerenja, na osjet ugone veliki će utjecaj imati relativna vlažnost zraka. Ona je zbog vegetacije i prirodnih površina u prosjeku veća u vrtu nego izvan njega. Stoga su i vrijednosti indeksa osjeta ugone veće u unutrašnjosti vrta nego na njegovom rubu.

Tijekom svih promatranih dana vrijednosti indeksa za sve mjerne uređaje u Botaničkom vrtu pripadaju u istu kategoriju osjeta ugone – ugodno. Jedino je 1. i 3. svibnja na postaji Zagreb-Grič i unutar Botaničkog vrta bilo svježije. S obzirom na dobivene podatke za mjernu postaju Zagreb-Grič koja se nalazi na Gornjem gradu, napravljena je usporedba termohigrometrijskog indeksa u 7 sati za Botanički vrt i Zagreb-Grič. Vrijednosti nisu iste na svim lokacijama, ali osjet ugone je na Zagreb-Griču i unutar vrta iste kategorije. Na primjer, 8. svibnja Zagreb-Grič ima vrijednosti indeksa 17,2 °C, a uređaj BO-2 19,4 °C. Mjerna postaja Zagreb-Grič nalazi se na povišenom dijelu Gornjega grada te je okružena vegetacijom i nalazi se na travnjaku, u blizini parka. Samim time okruženje mjernog uređaja sličnije je onima u Botaničkom vrtu, nego na Marulićevom trgu. Kao što je već navedeno, na Marulićevom trgu je najizraženiji toplinski stres, koji dolazi do izražaja čak i u jutarnjim satima. Svaki dan je Marulićev trg imao najviše temperature, a time i najveće vrijednosti indeksa. Za razliku od ostalih lokacija gdje je bilo ugodno, na toj lokaciji je 1. svibnja već u 7 sati ujutro bilo vruće. (sl. 19.)

Tablica 9. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 1.svi | 2.svi | 3.svi | 4.svi | 5.svi | 6.svi | 7.svi | 8.svi | 9.svi | 10.svi |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 14,0 | 17,3 | 15,8 | 17,4 | 16,9 | 17,6 | 17,2 | 16,2 | 15,5 | 17,7 |
| BO-2 | 14,8 | 17,4 | 15,7 | 17,8 | 17,1 | 16,6 | 18,2 | 19,4 | 15,4 | 17,7 |
| BO-3 | 14,1 | 17,4 | 14,9 | 17,8 | 16,1 | 16,5 | 18,3 | 17,3 | 15,5 | 17,7 |
| BO-4 | 15,0 | 17,4 | 16,8 | 17,8 | 18,0 | 17,4 | 18,2 | 18,2 | 15,4 | 18,6 |
| Marulićev trg | 17,1 | 19,4 | 17,7 | 19,7 | 18,9 | 19,6 | 19,2 | 19,2 | 18,5 | 21,7 |
| Zagreb Grič | 14,2 | 17,6 | 14,9 | 17,8 | 17,0 | 16,4 | 17,0 | 17,2 | 15,5 | 17,6 |

Izvor: izradio autor



Sl. 19. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

Izvor: izradio autor

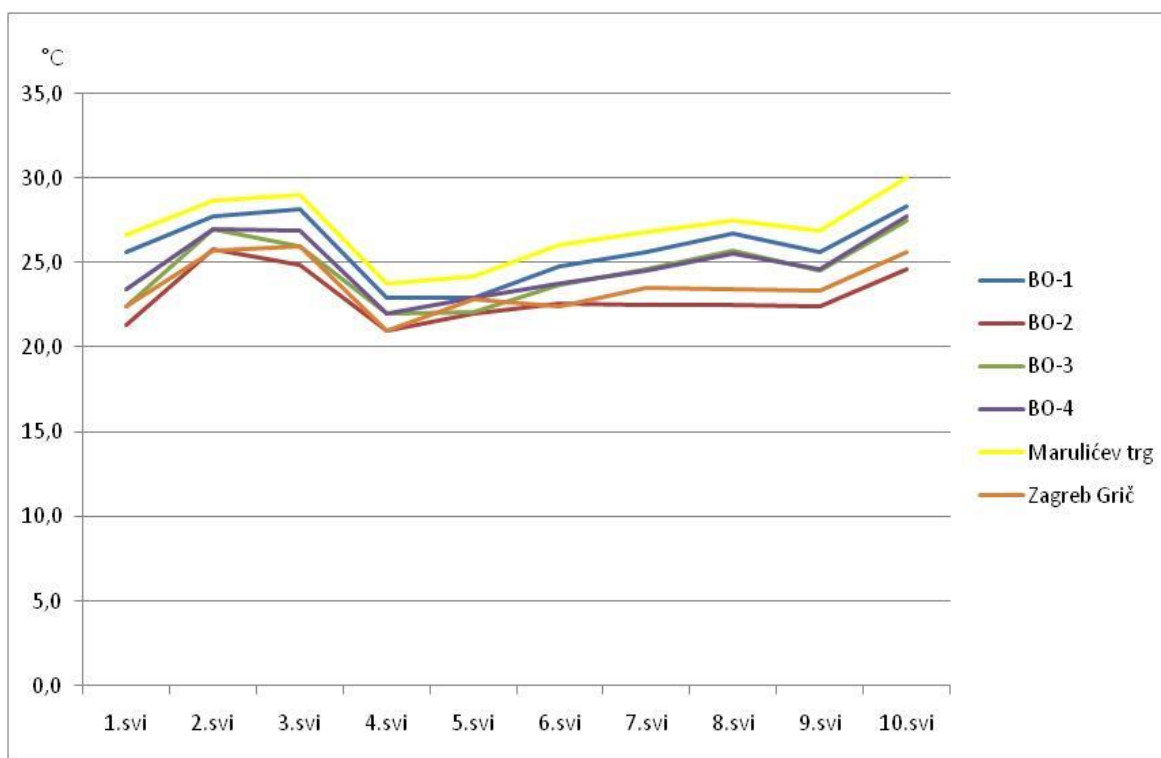
Prema vrijednostima za 14 sati, termohigrometrijski u promatranom razdoblju je u svibnju vidljiv rashlađujući utjecaj parka (tab 10, sl. 20). Vrijednosti indeksa na svim mjernim uređajima u Botaničkom vrtu niže su na Marulićevom trgu. Kao što je već navedeno, Zagreb-Grič ima slične vrijednosti kao i Botanički vrt. Već 1. svibnja u 14 sati se vidi velika razlika između Marulićevog trga i vrta. Na Marulićevom trgu je bilo vrlo vruće, dok je na svim lokacijama unutar vrta vruće. Vrijednosti uređaja BO-2 i BO-3 koji se nalazi unutar vrta približavaju se kategoriji ugodno. Dani sa višim temperaturama su bili 2. i 3. svibnja, a time i izraženijim toplinskim stresom. Prema kategoriji osjeta ugone unutar vrta je vruće, dok je na rubovima vrta vrlo vruće. Vrijednosti osjeta ugone zabilježene na uređaju na Marulićevom trgu graniče s ekstremno vrućim. Upravo za vrijeme ovako vrućih dana rashlađujući utjecaj parka dolazi do izražaja. Iako su za neke od dana prema kategorijama osjeta ugone, osjet unutar parka i u centru isti, vrijednosti pokazuju da ipak postoje razlike (tab.10.). Zadnji dan promatranog razdoblja, 10. svibnja ističe se kao vruć dan s visokim temperaturama. Zanimljivo je da je prema

termohigrometrijskom indeksu na uređaju BO-2 zabilježeno vruće, dok je na Marulićevom trgu ekstremno vruće (sl. 21.). Iako su vrijednosti zabilježene u proljeće kada su temperature niže nego u ljetnim mjesecima, analizirani osjet ugone pokazuje kako park smanjuje toplinski stres i pruža rashlađujući ambijent ljudima.

Tablica 10. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 1.svi | 2.svi | 3.svi | 4.svi | 5.svi | 6.svi | 7.svi | 8.svi | 9.svi | 10.svi |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 25,6 | 27,7 | 28,2 | 23,0 | 23,0 | 24,8 | 25,7 | 26,7 | 25,6 | 28,4 |
| BO-2 | 21,4 | 25,8 | 24,9 | 21,0 | 22,0 | 22,6 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 24,7 |
| BO-3 | 22,4 | 27,0 | 25,9 | 22,0 | 22,1 | 23,7 | 24,6 | 25,7 | 24,5 | 27,5 |
| BO-4 | 23,5 | 27,1 | 27,0 | 22,0 | 23,0 | 23,8 | 24,5 | 25,6 | 24,6 | 27,8 |
| Marulićev trg | 26,7 | 28,6 | 29,0 | 23,8 | 24,2 | 26,0 | 26,8 | 27,5 | 26,9 | 30,0 |
| Zagreb Grič | 22,4 | 25,8 | 26,0 | 21,0 | 22,9 | 22,5 | 23,5 | 23,5 | 23,3 | 25,7 |

Izvor: izradio autor



Sl. 20. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

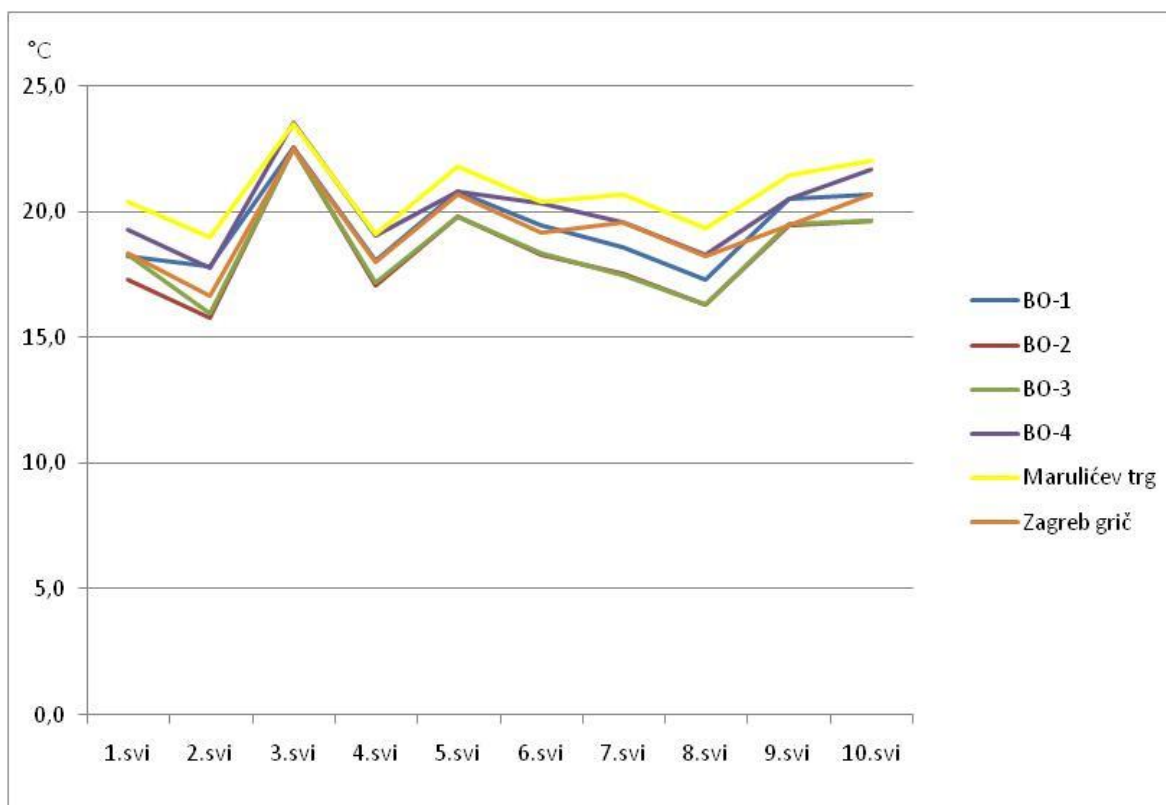
Izvor: izradio autor

Vrijednosti indeksa za 21 sat pokazuju kako su i večeri bile dosta tople početkom svibnja prošle godine. Razlike u osjetu ugone između mjernih uređaja manje su nego u 14 sati, ali i dalje postoje. Za Marulićev trg određene su najviše vrijednosti indeksa i prisutnost toplinskog stresa za ljude i u večernjim satima. Mjerni uređaji postavljeni unutar Botaničkog vrta u 21 sat imaju minimalne razlike u osjetu ugone (tab. 11.). Unutar vrta vrijednosti su nešto niže nego na rubovima vrta, te je unutar vrta tijekom svih deset dana ugodno. Uređaji BO-1 i BO-4 pokazuju kako su vrijednosti blizu osjeta ugone vruće, a u nekim danima je na tim lokacijama bilo čak i vruće. Mjerni uređaj BO-4 koji se nalazi kod zapadnog ulaza u Botanički vrt ima najslabije vrijednosti s Marulićevim trgom. Iako se uređaj BO-1 nalazi u blizini izgrađenih površina i prometnica, kao i BO-4, očito na uređaj BO-4 to ima veći utjecaj s obzirom da su za njega određene više vrijednosti indeksa. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa pokazuju kako već u proljeće u večernjim satima može biti vruće na Marulićevom trgu (sl. 21.). Na ljude to u proljeće nema toliko negativan učinak, jer dnevne temperature još uvijek nisu visoke kao u ljetnim mjesecima. Iako toplinski stres postoji, nije toliko izražen kao u ljeto. U proljeće su tijekom jutra i večeri vrijednosti indeksa niže nego tijekom ljeta, pa je time toplinski stres tijekom dana lakše podnošljiv ljudima.

Tablica 11. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sata analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 1.svi | 2.svi | 3.svi | 4.svi | 5.svi | 6.svi | 7.svi | 8.svi | 9.svi | 10.svi |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 18,2 | 17,9 | 22,6 | 18,1 | 20,8 | 19,5 | 18,6 | 17,3 | 20,5 | 20,7 |
| BO-2 | 17,3 | 15,8 | 22,6 | 17,1 | 19,8 | 18,3 | 17,5 | 16,3 | 19,5 | 19,7 |
| BO-3 | 18,3 | 16,0 | 22,5 | 17,2 | 19,8 | 18,4 | 17,5 | 16,3 | 19,5 | 19,7 |
| BO-4 | 19,3 | 17,8 | 23,6 | 19,0 | 20,8 | 20,4 | 19,6 | 18,3 | 20,5 | 21,7 |
| Marulićev trg | 20,4 | 19,0 | 23,5 | 19,1 | 21,8 | 20,4 | 20,7 | 19,4 | 21,4 | 22,0 |
| Zagreb grič | 18,4 | 16,7 | 22,5 | 18,0 | 20,7 | 19,2 | 19,6 | 18,3 | 19,5 | 20,7 |

Izvor: izradio autor



Slika 21. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

Izvor: izradio autor

6.4.2 Osjet ugone za razdoblje od 15. do 24. srpnja 2018.

Vrijednosti indeksa su visoke za sva tri mjerenja u danu tijekom promatranog razdoblja (tab. 12). Već ujutro osjet ugone pokazuje da je vruće kako na Marulićevom trgu, tako i unutar Botaničkog vrta i na Gornjem gradu. Srednje vrijednosti indeksa za desetodnevno razdoblje u 14 sati pokazuju kako je unutar vrta na lokaciji uređaja BO-2 bilo vruće, na lokacijama uređaja BO-1, BO-3 i BO-4, kao i na Zagreb-Griču bilo je vrlo vruće. Na Marulićevom trgu vrijednost indeksa iznosi 29,7 °C što graniči s kategorijom osjeta ugone ekstremno vruće. Srednje vrijednosti indeksa za 21 sat pokazuju kako je prema kategorijama osjeta ugone bilo vruće na svim odabranim mjernim postajama. Naravno, za sva mjerenja postoje razlike u vrijednostima za određene lokacije. Za sva tri mjerenja u danu, srednje vrijednosti indeksa pokazuju kako je najtoplije na Marulićevom trgu, dok su najniže vrijednosti THI za uređaj BO-2. Vrijednosti izmjerena na uređaju BO-2 pokazuju ohlađujući utjecaj parka. Razlike između ovog uređaja i uređaja na

Marulićevom trgu najveće su, što će se bolje vidjeti kod dnevnih vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za sva tri mjerenja (tab 12.).

Tablica 12. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sati za desetodnevno razdoblje od 15.7. do 24.7.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 8:00 | 15:00 | 22:00 |
|----------------|------|-------|-------|
| BO-1 | 22,4 | 28,8 | 23,2 |
| BO-2 | 21,1 | 26,2 | 22,2 |
| BO-3 | 21,2 | 27,9 | 22,2 |
| BO-4 | 22,1 | 28,7 | 23,1 |
| Marulićev trg | 22,6 | 29,7 | 24,2 |
| Zagreb Grič | 21,1 | 27,5 | 21,2 |

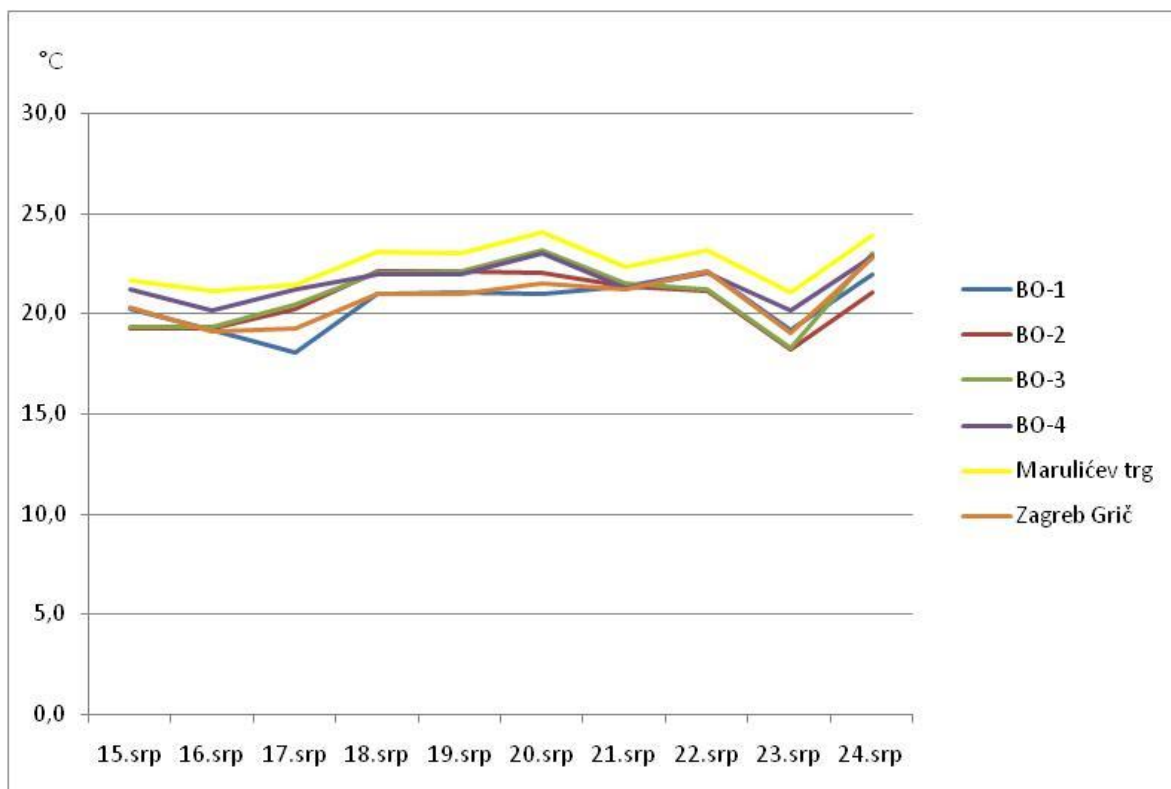
Izvor: izradio autor

S obzirom na to da je srpanj jedan od najtoplijih mjeseci u godini, vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati ujutro su visoke. Najviša temperatura bila je na Marulićevom trgu, a time i najveća vrijednost indeksa. Unutar vrta kod uređaja BO-2 i BO-3 je 15. srpnja prema kategorijama osjeta ugone bilo ugodno, dok su vrijednosti za uređaje BO-1 i BO-4 pripadale u kategoriju vruće (tab. 13.). Vruće je bilo i na postajama Zagreb-Grič i Marulićev trg, a najviša vrijednost indeksa bila je na Marulićevom trgu. I u ovom slučaju na nekim mjerenjima vrijednosti unutar vrta bile su više od onog na rubovima vrta. Razlog tome je viša relativna vlažnost zraka, a niže temperature unutar vrta. Na primjer, 19. srpnja vrijednost THI-a za uređaje BO-2 i BO-3 bila je viša 22 °C, a za uređaje BO-1 i BO-4 manja od 22 °C. Najveća vrijednost u ovom desetodnevnom razdoblju u 7 sati bila je 20. srpnja, na Marulićevom trgu. U 7 sati THI je iznosio 24,0 °C što znači da je bilo vruće, a vrijednost je bila bliža granici s vrlo vrućim, nego s ugodnim (sl 22.).

Tablica 13. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 15.srp | 16.srp | 17.srp | 18.srp | 19.srp | 20.srp | 21.srp | 22.srp | 23.srp | 24.srp |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BO-1 | 20,2 | 19,2 | 18,1 | 21,0 | 21,1 | 21,0 | 21,3 | 22,1 | 19,2 | 22,0 |
| BO-2 | 19,3 | 19,3 | 20,2 | 22,1 | 22,1 | 22,0 | 21,4 | 21,2 | 18,2 | 21,1 |
| BO-3 | 19,3 | 19,3 | 20,4 | 22,0 | 22,1 | 23,1 | 21,5 | 21,2 | 18,3 | 23,0 |
| BO-4 | 21,2 | 20,2 | 21,2 | 22,0 | 22,0 | 23,0 | 21,3 | 22,0 | 20,2 | 22,8 |
| Marulićev trg | 21,7 | 21,1 | 21,4 | 23,1 | 23,0 | 24,0 | 22,3 | 23,1 | 21,1 | 23,9 |
| Zagreb Grič | 20,4 | 19,1 | 19,3 | 21,0 | 21,0 | 21,5 | 21,2 | 22,1 | 19,0 | 22,8 |

Izvor: izradio autor



Sl. 22. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Izvor: izradio autor

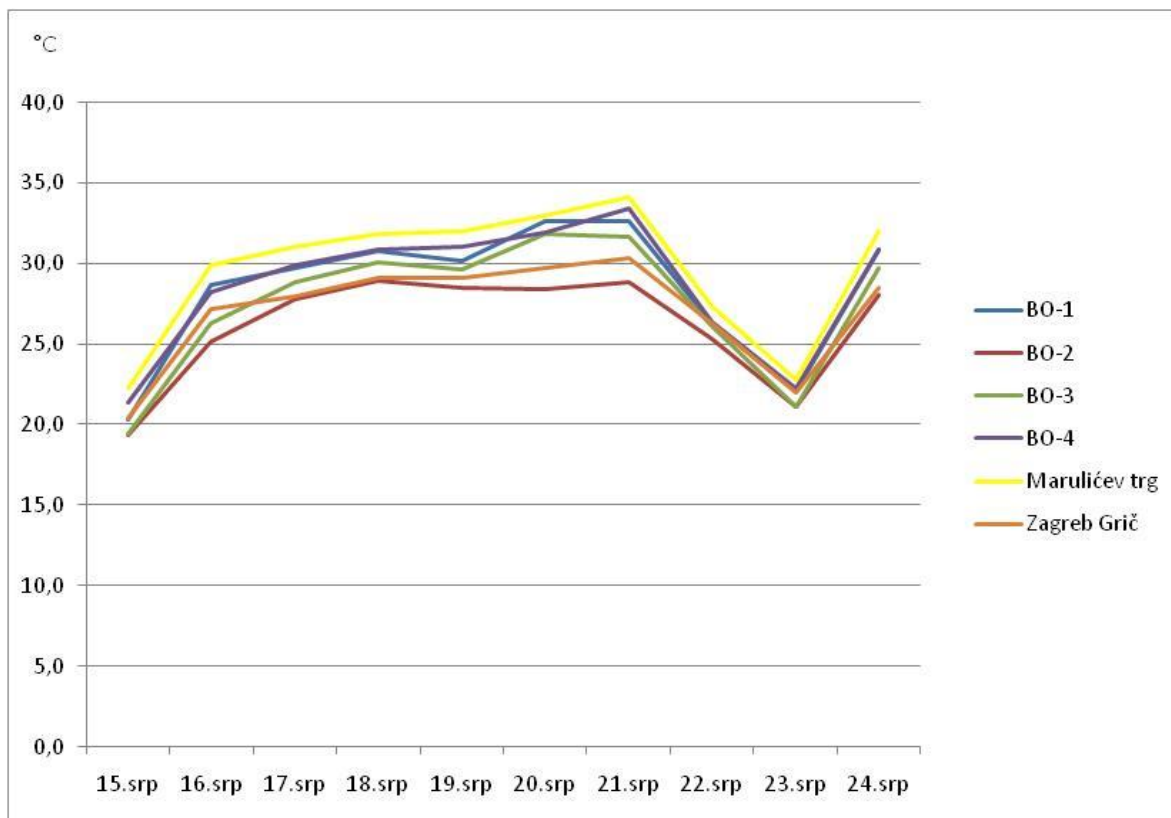
Dnevne vrijednosti THI za 14 sati u promatranom desetodnevnom razdoblju dat će bolji uvid u razlike između Marulićevog trga i parka. U čak 6 od 10 promatranih dana osjet ugone na Marulićevom trgu je prema kategorijama ekstremno vruće, budući da vrijednost THI prelazi 30 (tab. 14.). U ljetnim mjesecima najbolje se vidi rashlađujući utjecaj parka. Poslijepodne je najviša temperatura zraka, a relativna vlažnost najniža. Toplinski stres ima najviše utjecaja u popodnevnim satima jer su temperature najviše. Sredinu srpnja u prosjeku karakteriziraju visoke temperature, kako je bilo i 2018. godine. U 14 sati, 17. srpnja jedino je u centru grada odnosno na Marulićevom trgu ekstremno vruće, a na svim ostalim promatranim lokacijama vrlo vruće. Najniže vrijednosti indeksa su za uređaje BO-2 i BO-3. Također, ranije je u radu spomenuto je kako je najveća razlika u vrijednostima između promatranih postaja, ona između Marulićevog trga i uređaja BO-2. Uređaj BO-2 je 17. srpnja u 14 sati imao vrijednost indeksa 27,8 °C, dok je Marulićev trg imao vrijednost 31,0 °C. Na Marulićevom trgu bilo je ekstremno vruće, dok je vrijednost indeksa prema

kategorijama ugone za BO-2 bila bliža kategoriji vruće, nego ekstremno vruće. Upravo za vrijeme takvih dana ljudi pronalaze osvježenje unutar parkova. Botanički vrt, s obzirom da se nalazi u samom centru grada, s obzirom na analizirani osjet ugone povoljan je za provođenje vremena na otvorenom kada je vruće. Zanimljivo je spomenuti kako je u promatranom desetodnevnom razdoblju bilo i dana kada je vrijednost osjeta ugone određena za uređaj BO-2 bila najniža. Na primjer 21. srpnja, na svim je promatranim lokacijama bilo ekstremno vruće, dok je uređaj BO-2 zabilježio vrijednost 28,9 °C, što znači da je bilo vrlo vruće. Također, vrijednosti indeksa u 14 sati za uređaje BO-1 i BO-4 najčešće su slične (sl. 23.). Kao što je već navedeno, oba uređaja nalaze se u rubnim dijelovima vrta, u blizini izgrađenih površina i prometnica, te okruženi s manje vegetacije. Vrijednosti indeksa za Zagreb-Grič u promatranom razdoblju bile su niže od svih promatranih lokacija, osim lokacije uređaja BO-2.

Tablica 14. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 15.srp | 16.srp | 17.srp | 18.srp | 19.srp | 20.srp | 21.srp | 22.srp | 23.srp | 24.srp |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BO-1 | 20,4 | 28,7 | 29,8 | 30,8 | 30,2 | 32,6 | 32,6 | 26,4 | 22,1 | 30,9 |
| BO-2 | 19,4 | 25,2 | 27,8 | 29,0 | 28,5 | 28,4 | 28,9 | 25,4 | 21,1 | 28,1 |
| BO-3 | 19,4 | 26,3 | 28,9 | 30,1 | 29,7 | 31,9 | 31,7 | 26,2 | 21,1 | 29,8 |
| BO-4 | 21,3 | 28,2 | 29,9 | 30,9 | 31,0 | 32,0 | 33,4 | 26,4 | 22,2 | 30,9 |
| Marulićev trg | 22,3 | 29,9 | 31,0 | 31,9 | 32,0 | 33,0 | 34,1 | 27,3 | 22,8 | 32,0 |
| Zagreb Grič | 20,4 | 27,2 | 28,0 | 29,1 | 29,1 | 29,7 | 30,3 | 26,2 | 22,0 | 28,5 |

Izvor: izradio autor



Sl. 23. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Izvor: izradio autor

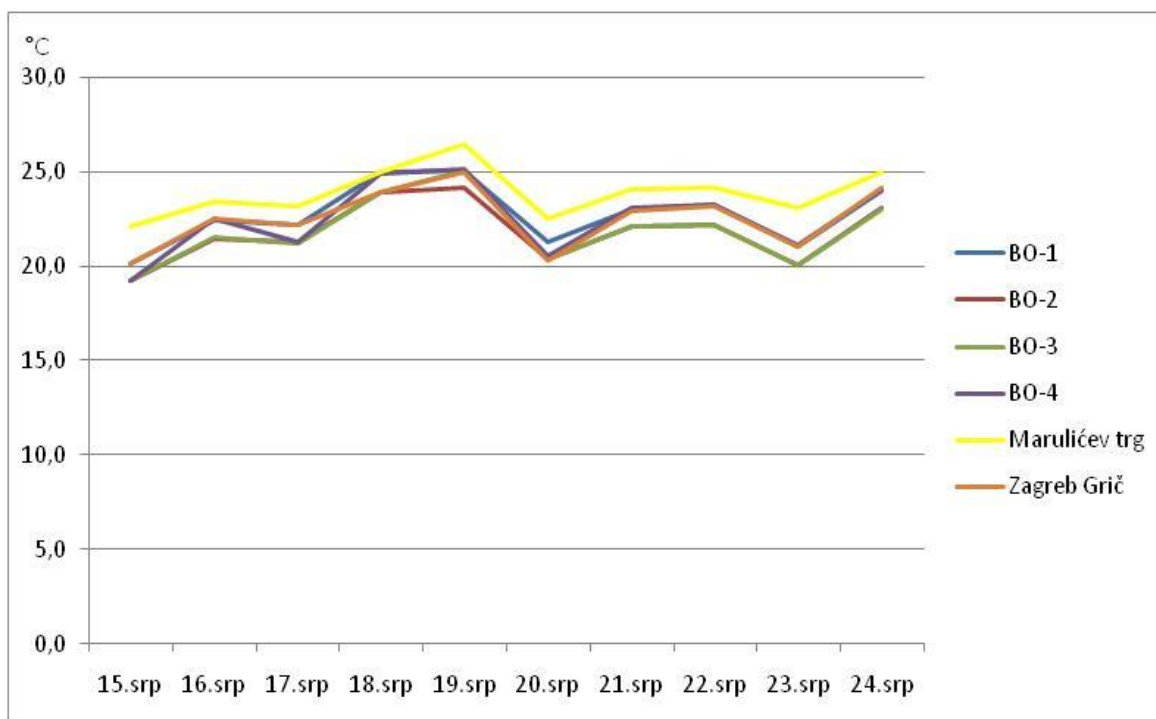
Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 21 sata u promatranom razdoblju u srpnju su više nego što su bile u svibnju. Mora se uzeti u obzir su tijekom dana temperature bile visoke, da Sunce ljeti zalazi relativno kasno što znači da se podloga zagrijava do kasnih večernjih sati. Ponovno je za uređaje BO-2 i B-3 vrijednosti indeksa najniža (tab. 15.). Na tim uređajima je 15. srpnja, kao i na lokaciji uređaja BO-4 bilo ugodno, dok je za ostale mjerne uređaje vrijednost preko 20 °C, što znači da je bilo vruće. Za većinu dana u promatranom razdoblju vrijednost indeksa za 21 sat pokazuje kako je osjet ugone iste kategorije za sve promatrane mjerne postaje, ali razlike u vrijednostima ipak postoje. Naprimjer, 19. srpnja je na svim mjernim uređajima, osim Marulićevog trga, bilo vruće. Na Marulićevom trgu bilo je vrlo vruće. Najniža vrijednost indeksa bila je za uređaj BO-2, kao što je bila situacija i u ranijim slučajevima. Kod dana s nižom vrijednosti THI u 14 sati, razlika u indeksu za mjerenja u 21 sat su minimalna. Jedan od takvih dana je 23. srpnja, kada se vrijednosti indeksa kreću između 20 i 23, odnosno 20 i 21 za postaje u Botaničkom

vrtu i postaju Zagreb-Grič. Vrijednost THI-a od 23 °C izmjerena je u 21 sat na Marulićevom trgu, što znači da je bilo vruće (sl 24.). Rashlađujući utjecaj parka vidljiv je i u večernjim satima u ljetnim mjesecima. Vrijednosti indeksa najniže su za uređaje BO-2 i BO-3, koji se nalaze unutar parka (tab. 15.).

Tablica 15. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 15.srp | 16.srp | 17.srp | 18.srp | 19.srp | 20.srp | 21.srp | 22.srp | 23.srp | 24.srp |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BO-1 | 20,1 | 22,5 | 22,2 | 25,0 | 25,1 | 21,3 | 23,0 | 23,2 | 21,0 | 24,0 |
| BO-2 | 19,2 | 21,5 | 21,2 | 23,9 | 24,2 | 20,4 | 22,1 | 22,2 | 20,1 | 23,1 |
| BO-3 | 19,2 | 21,5 | 21,2 | 23,9 | 25,1 | 20,4 | 22,1 | 22,2 | 20,0 | 23,0 |
| BO-4 | 19,2 | 22,5 | 21,3 | 24,9 | 25,2 | 20,5 | 23,1 | 23,3 | 21,1 | 24,1 |
| Marulićev trg | 22,1 | 23,4 | 23,2 | 25,0 | 26,4 | 22,5 | 24,1 | 24,2 | 23,1 | 24,9 |
| Zagreb Grič | 20,1 | 22,5 | 22,2 | 23,9 | 25,0 | 20,3 | 22,9 | 23,2 | 21,0 | 24,2 |

Izvor: izradio autor



Sl 24. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Izvor: izradio auto

6.4.3 Osjet ugone za razdoblje od 1. do 10. listopada 2018.

Jesen je uz proljeće prijelazno razdoblje godine koje karakterizira najugodnije vrijeme. Listopad je prvi pravi jesenski mjesec. Ako ga usporedimo s travnjem koji je prvi pravi proljetni mjesec uvidjet ćemo da zapravo imaju slična obilježja. U prosjeku je srednja temperatura zraka oko 12 °C, no ta dva mjeseca razlikuju se po vremenu koje prevladava. Za jesen je karakteristična veća količina padalina nego za proljeće. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sat za desetodnevno razdoblje u listopadu pokazuju kako su razlike između mjernih uređaja minimalne. Jutarnje vrijednosti u prosjeku pokazuju kako je na svim lokacijama bilo hladno. Najveću vrijednost THI-a ima Marulićev trg, koja graniči sa svježim. Prosječan termohigrometrijski indeks za 14 sati prema kategorijama osjeta ugone pokazuje kako je na svim promatranim lokacijama bilo ugodno. Najveća vrijednost je određena za Marulićev trg i bila je blizu kategorije vruće. Najniže vrijednosti zabilježene su za uređaje BO-2 i BO-3 unutar parka. Postaja Zagreb-Grič ima vrijednosti koje su slične onima za uređaje BO-1 i BO-4. Navečer je u prosjeku bilo hladno do svježe. Uređaj BO-3 zabilježio je hladni, a ostali uređaji svježi osjet ugone. Najveća je vrijednost određena za Marulićev trg, koja je blizu kategorije ugodno (tab 16.).

Tablica 16. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sat za desetodnevno razdoblje od 1.10. do 10.10.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 7:00 | 14:00 | 21:00 |
|----------------|------|-------|-------|
| BO-1 | 10,4 | 18,6 | 13,5 |
| BO-2 | 10,2 | 16,6 | 13,6 |
| BO-3 | 9,5 | 16,6 | 12,6 |
| BO-4 | 10,4 | 17,6 | 13,5 |
| Marulićev trg | 12,3 | 19,5 | 14,5 |
| Zagreb Grič | 9,5 | 18,4 | 12,6 |

Izvor: izradio autor

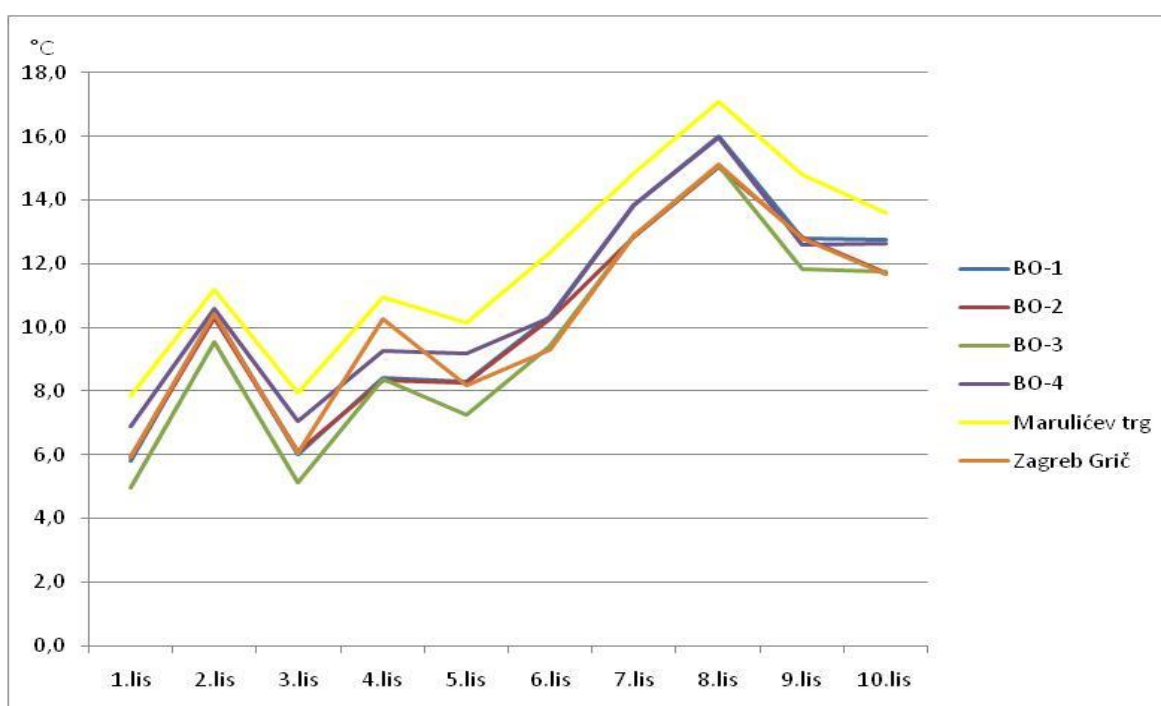
Razlike vrijednosti THI-a u 7 sati su male, a najčešće pripadaju istoj kategoriji ugone. Jutra su u promatranom desetodnevnom razdoblju u listopadu bila većinom hladna do svježja. Bilo je nekoliko toplijih jutra. Od 1. do 7. listopada sva jutra bila su hladna (tab.

17.). Najveće vrijednosti osjeta ugone ima Marulićev trg. Najniže vrijednosti bilježe uređaji BO-2 i BO-3. Nešto više temperature u 7 sati bile su 7. listopada. THI pokazuje kako je osjet bio hladno do svježije. Hladno je bilo na lokacijama uređaja BO-2 i BO-3 te Zagreb-Grič. U višu kategoriju osjeta ugone, svježije, spadaju vrijednosti indeksa iznad 12,9 °C. Prema tome svježije je bilo na uređajima BO-1 i BO-4, te Marulićevom trgu. Marulićev trg je imao najviše vrijednosti indeksa i 10. listopada, kada je na toj mjernoj postaji bilo svježije, a na ostalima hladno (sl. 25.)

Tablica 17. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 1.lis | 2.lis | 3.lis | 4.lis | 5.lis | 6.lis | 7.lis | 8.lis | 9.lis | 10.lis |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 5,8 | 10,4 | 6,0 | 8,4 | 8,3 | 10,3 | 13,8 | 16,0 | 12,8 | 12,7 |
| BO-2 | 5,9 | 10,3 | 6,1 | 8,4 | 8,3 | 10,3 | 12,8 | 15,1 | 12,9 | 11,7 |
| BO-3 | 5,0 | 9,5 | 5,1 | 8,4 | 7,2 | 9,4 | 12,9 | 15,1 | 11,8 | 11,8 |
| BO-4 | 6,9 | 10,6 | 7,1 | 9,3 | 9,2 | 10,3 | 13,9 | 16,0 | 12,6 | 12,7 |
| Marulićev trg | 7,9 | 11,2 | 8,0 | 10,9 | 10,1 | 12,4 | 14,9 | 17,1 | 14,8 | 13,6 |
| Zagreb Grič | 5,9 | 10,4 | 6,1 | 10,3 | 8,2 | 9,3 | 12,9 | 15,1 | 12,8 | 11,7 |

Izvor: izradio autor



Sl. 25. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine

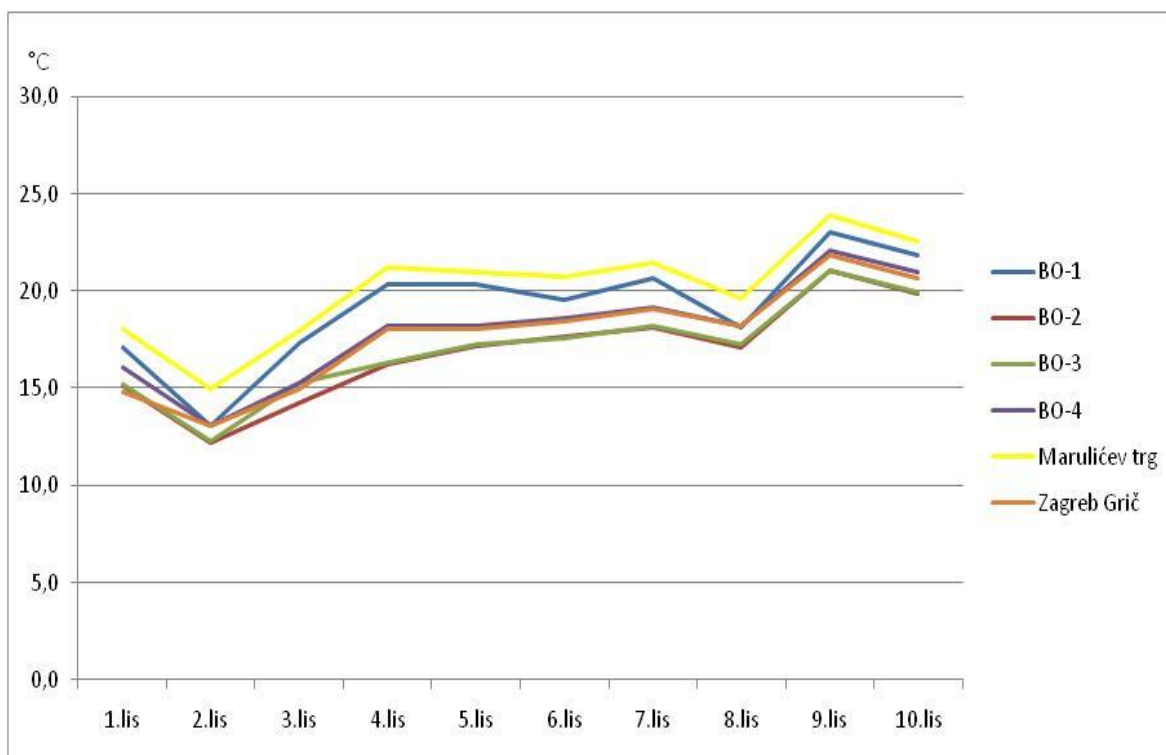
Izvor: izradio autor

U promatranom desetodnevnom razdoblju u listopadu u 14 sati bilo je ugodno do vruće. Marulićev trg ističe se kao najtoplija lokacija s najvećim vrijednostima. Iako je listopad jesenski mjesec, na Marulićevom trgu u 14 sati nekoliko dana je zabilježen osjet ugone vruće. Najniže vrijednosti indeksa određene su za uređaje BO-2 i BO-3. Vrijednosti indeksa za ta dva mjerna uređaja gotovo su u svim danima iste, te se na sl. 26. vidi se kako se linije ta dva uređaja za gotovo za sve dane preklapaju. Ugodno je bilo i na lokacijama uređaja BO-1 i BO-4 te Zagreb-Griču, a na Marulićevom trgu bilo je vruće. Iako je ranije spomenuto kako rashlađujući utjecaj parka dolazi najviše do izražaja ljeti, možemo ga uočiti i u jesenskim mjesecima. U 4 od 10 promatranih dana u listopadu je na promatranim lokacijama bilo ugodno, osim na lokaciji Marulićev trg. Mjerna postaja Zagreb-Grič ima vrijednosti indeksa slične onima u Botaničkom vrtu (tab. 18.). Razlika između mjernih postaja unutar vrta manja je nego tijekom ljetnih mjeseci. Prema kategorijama osjeta ugone, jednak je osjet na svim postajama. Ipak, razlike u vrijednosti indeksa postoje. Unutar vrta na uređajima BO-2 i BO-3 najniže su vrijednosti, a na uređajima BO-1 i BO-4 su veće. S obzirom da na jesen drveće gubi lišće, smanjuje se utjecaj sjene krošanja stabla. To je jedan od razloga zašto su vrijednosti približno iste unutar i na samim rubovima vrta.

Tablica 18. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)

| Mjerna uređaja | 1.lis | 2.lis | 3.lis | 4.lis | 5.lis | 6.lis | 7.lis | 8.lis | 9.lis | 10.lis |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 17,2 | 13,1 | 17,3 | 20,4 | 20,4 | 19,6 | 20,7 | 18,2 | 23,1 | 21,9 |
| BO-2 | 15,1 | 12,2 | 14,2 | 16,2 | 17,2 | 17,6 | 18,2 | 17,2 | 21,1 | 19,9 |
| BO-3 | 15,2 | 12,3 | 15,3 | 16,3 | 17,3 | 17,6 | 18,2 | 17,3 | 21,1 | 20,0 |
| BO-4 | 16,1 | 13,1 | 15,3 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19,2 | 18,2 | 22,1 | 21,0 |
| Marulićev trg | 18,0 | 15,0 | 18,0 | 21,3 | 21,0 | 20,8 | 21,5 | 19,6 | 23,9 | 22,5 |
| Zagreb Grič | 14,8 | 13,0 | 15,0 | 18,1 | 18,1 | 18,4 | 19,0 | 18,2 | 21,8 | 20,7 |

Izvor: izradio sutor



Sl. 26. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine

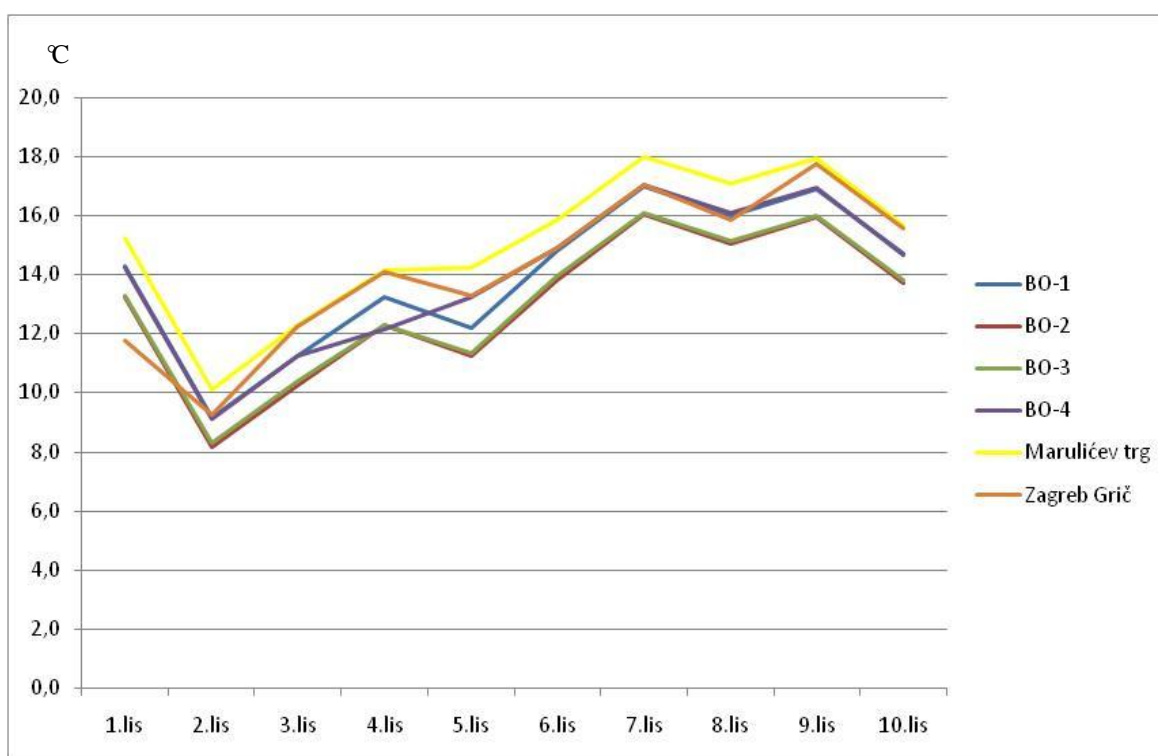
Izvor: izradio autor

Vrijednosti indeksa za termin mjerenja u 21 sat u rasponu su od hladnog do ugodnog. S obzirom da se izgrađena površina tijekom dana ugrijala, emitira toplinu i za vrijeme večernjih sati što znači da je zrak zagrijan. Pošto je Marulićev trg okružen izgrađenim površinama, na njemu su i više vrijednosti indeksa. Na primjer, 6. listopada u 21 sata THI za Marulićev trg pokazuje kako je na toj lokaciji bilo ugodno, a na ostalima svježije. Na svim promatranim lokacijama je 7. listopada bilo ugodno. Najniže vrijednosti su u unutrašnjost vrta kao i u proteklim mjerenjima, nešto više na lokaciji uređaji BO-1 i BO-4, kao i Zagreb-Grič, a najveće na Marulićevom trgu (tab. 19.). Iako postoje razlike u vrijednosti indeksa, 2. listopada bilo je u 21 sat prema kategorijama osjeta ugođe bilo hladno na svim promatranim postajama (sl. 27.)

Tablica 19. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)

| Mjerni uređaji | 1.lis | 2.lis | 3.lis | 4.lis | 5.lis | 6.lis | 7.lis | 8.lis | 9.lis | 10.lis |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BO-1 | 14,3 | 9,2 | 11,2 | 13,2 | 12,2 | 14,8 | 17,0 | 16,0 | 16,9 | 14,7 |
| BO-2 | 13,3 | 8,2 | 10,3 | 12,3 | 11,3 | 13,8 | 16,0 | 15,0 | 15,9 | 13,7 |
| BO-3 | 13,3 | 8,3 | 10,4 | 12,3 | 11,3 | 13,9 | 16,1 | 15,1 | 16,0 | 13,8 |
| BO-4 | 14,2 | 9,1 | 11,2 | 12,1 | 13,3 | 14,9 | 17,0 | 16,1 | 16,9 | 14,7 |
| Marulićev trg | 15,2 | 10,1 | 12,3 | 14,1 | 14,2 | 15,8 | 18,0 | 17,1 | 17,9 | 15,7 |
| Zagreb Grič | 11,8 | 9,2 | 12,2 | 14,1 | 13,3 | 14,9 | 17,0 | 15,8 | 17,7 | 15,6 |

Izvor: izradio autor



Sl. 27. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine

Izvor: izradio autor

S obzirom na godišnja doba u kojima je vrt otvoren za ljude, analizirana su desetodnevna razdoblja u tri različita godišnja doba. Odabrana je analiza desetodnevnih razdoblja zbog detaljnijeg prikaza osjeta ugone. Kako se analizom samo jednoga dana ne

može dobiti detaljni uvid u cijelo godišnje doba, odabrano je desetodnevno razdoblje. Analizom je dokazano kako je ljeti rashlađujući utjecaj parka najveći. Vrijednosti THI indeksa najviše su ljeti. Također, razlika u osjetu ugone između Botaničkog vrta i Marulićevog trga najveća je ljeti. Rezultati za proljeće i jesen su slični, te je tada razlika u vrijednosti osjeta ugone manja. Osim razlike u osjetu ugone između različitih lokacija, postoji i razlika u osjetu ugone unutar Botaničkog vrta. Povoljniji uvjeti za provoditi vrijeme na otvorenom su unutar vrta, odnosno na lokacijama gdje su postavljeni uređaji BO-2 i BO-3. Razlika u osjetu ugone između lokacija u Botaničkom vrtu najveća je ljeti. To je jedan od razloga zašto ljeti posjetitelji provode vrijeme unutar vrta. Provedenim analizama potvrđene su hipoteze da je osjet ugone povoljniji unutar Botaničkog vrta te da postoje razlike u osjetu ugone na lokacijama u vrtu. Prema analiziranim obilježjima sličnije su postaje BO-1 i BO-4, te BO-2 i BO-3.

7. Zaključak

Rad se bavi analizom bioklimatskih obilježja Botaničkog vrta PMF-a. Obradeni su podaci za razdoblje od 1. svibnja 2018. do 30. studenog 2018. godine. Na temelju prikupljenih podataka na mjernim uređajima izračunat je termohigrometrijski indeks prema kojem je analiziran osjet ugone. Postoji razlika u osjetu ugone unutar samog Botaničkog vrta. Mjerni uređaji unutar samog vrta, BO-2 i BO-3 mjerili su niže temperature od mjernih uređaja BO-1 i BO-4 koji se nalaze bliže izgrađenim površinama. Relativna vlažnost zraka veća je unutar vrta, nego na samim rubnim dijelovima. Zbog svega navedenog, sami osjet ugone povoljniji je unutar vrta. Razlika između četiri mjerna uređaja najveća je u ljetnim mjesecima, kada je rashlađujući utjecaj parka najveći.

Hipoteze koje su postavljene na početku rada su potvrđene. U usporedbi s Marulićevim trgom, dokazano je da su vrijednosti osjeta ugone unutar parka manje nego na izgrađenim površinama, a samim time su i bioklimatska obilježja povoljnija u vrtu. Prema kategorijama osjeta ugone, dokazana je i hipoteza da su bioklimatska obilježja mjerne postaje Zagreb Grič sličnija onima u Botaničkom vrtu nego na Marulićevom trgu. S obzirom na potvrđene hipoteze, može se zaključiti kako Botanički vrt ima bioklimatski

utjecaj na stanovnike grada Zagreba. Iako je njegov utjecaj na klimu cijelog grada Zagreba zanemariv, lokalno ima veliko značenje.

8. Literatura i izvori

8.1 Literatura

Balogun, I. A., Balogun, A. A., 2014: Urban heat island and bioclimatological conditions in a hot-humid tropical city: the example of Akure, Nigeria, *Journal of the Geographical Society of Berlin*, (1-2), 3-15

Bakal, A., 1974: Detaljni urbanistički plan Centra Zagreba, *Urbanistički zavod grada Zagreba*

Blazejczyk, K., Kuchcik, M., Blazejczyk, A., Milewski, P., Szmyd, J., 2014: Assessment of Urban thermal Stress by UTCI – experimental and Modelling Studies: an Example From Poland, *DIE ERDE, Journal of the Geographical Society of Berlin*, 145 (1-2), 34-48

Blazejczyk, K., 2001: Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance, *Institute of Geography, Bydgoszcz Academy*, 133-152

Chang, C., Li, M., 2014: Effects of Urban Parks on the Local Urban Thermal Environment, *Urban Forestry & urban Greening* 13, 672-681

Filipčić, A., 1998: Klimatska regionalizacija Hrvatske po W Koeppenu za standardno razdoblje 1961-1990 u odnosu na razdoblje 1931-1960., *Acta Geographica Croatica* 33, 7-15

Hoppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, *International Journal of Bioclimatology* 43, 71-75

Knez, I., 2005: Attachment and identity as related to a place and its perceived climate, *Journal of Environmental Psychology* 25, 207-218

Matazarakis A., Mayer H., Iziomon M. G., 1999: Applications of universal thermal index: physiological equivalent temperature, *Ins J Biometeorol* 43, 76-84

Milić, B., 1994: Vrtovi srednjeg vijeka, *Prostor Vol II* (1-2), 99-114

Maarouf, A.R., Munn, R.E., 2005: Bioclimatology, u: Oliver, J. E., (ur.): *Encyclopedia of World Climatology*, Springer, Dordrecht, 158-164, 776-778

Pleško, N., Banić, M., Pleško, S., Ivanišević, G., 2001: Vrijeme, klima i zdravlje – značenje bioklime u zdravstvenom turizmu i liječenju prirodnim činiteljima, *Medix* 7, 68-72

Simmons, I. G., 2008: Globalna povijest okoliša, *Disput*

Spevec, D., 2005: Lenucijeva potkova – "zelenosrce" Zagreba, dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/202580.Lenucijeva_potkova.doc (15.6.2019.)

Spronken-Smith, R. A., Oke, T. R., 1998: The Thermal Regime of Urban Parks in Two Cities with Different Summer Climates, *International Journal of Remote Sensing*, 2085-2104

Stewart, I. D., Oke, T. R., 2009: A New Classification System for Urban Climate Sites, *Bulletin Of The American Meteorological Society* 90, 922-923

Šegota, T., 1970: Sekularne fluktuacije temperature u Zagrebu, *Geografski glasnik* 32, 39-60

Šink, N., Pleško, N., 1967: Sekularne varijacije klimatskih elemenata u primjeni na Atlas klime SFRJ, *Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja hidrometeorološke službe Jugoslavije*, Beograd, 29-43

Zaninović, K., 1983: Bioklimatske karakteriste Zagreba, *Rasprave* 18, 17-27

Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., 2008: Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje, *Infektološki glasnik* 28 (1), 5-15

8.2 Izvori

DHMZ, Srednjemjesečnevrijednosti temperature i relativnevlagezraka za razdobljeod 1981. do 2010., tednevnevrijednosti temperature i relativnevlage zraka za 2018. i 2019. godinu za postaju Zagreb Grič

Botanički vrt, <http://botanickivrt.biol.pmf.hr/> (16.5.2019.)

URL1 *Viseći vrtovi Babilona*, <https://www.starapovijest.eu/viseci-vrtovi-babilona/> (12.5.2019.)

URL2 *Central Park*, <https://www.smartertravel.com/the-10-best-things-to-see-in-new-yorks-central-park/> (12.5.2019.)

URL3 *Zelena potkova*, https://www.geocaching.com/geocache/GC7DGYT_green-horseshoe-zelena-potkova?guid=b82c1250-968d-4aed-b3d5-a6bbaba9babe (15.6.2018)

URL4 *Lokalni vjetrovi s Medvednice*, <http://www.hpm.hr/medvednica/medvednica2.html> (17.5.2018.)

URL 5 *Botanički vrt*, <http://botanickivrt.biol.pmf.hr/o-nama/lokacija-i-radno-vrijeme> (17.5.2019.)

Popis slika i tablica:

Slika 1. Shematski prikaz utjecaja atmosfere na čovjekovo zdravlje, Zaninović i Čajić-Čapka, 2008.

Slika 2. Viseći vrtovi Babilona, Mezopotamija

Slika 3. Central Park u New Yorku

Slika 4. Zelena potkova grada Zagreba ili Lenucijeva potkova

Slika 5. Hlađenje grada lokalnim vjetrovima s Medvednice

Slika 6. Položaj mjernih uređaja u Botaničkom vrtu PMF-a

Slika 7. Mjerni uređaj BO-1 na paviljonu Botaničkog vrta

Slika 8. Mjerni uređaj BO-2 kod jezera u Botaničkom vrtu

Slika 9. Mjerni uređaj BO-3 u središtu Botaničkog vrta

Slika 10. Mjerni uređaj BO-4 na Upravnoj zgradi u Botaničkom vrtu

Slika 11. Mjesečne temperature analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine

Slika 12. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine

Slika 13. Mjesečne vrijednosti temperature zraka za analizirane nizove podataka i tridesetogodišnji srednjak temperature postaje Zagreb-Griča za razdoblje 1981.-2010.

Slika 14. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka za analizirane nizove podataka i tridesetogodišnji srednjak relativne vlažnosti postaje Zagreb-Grič za razdoblje 1981.-2010.

Slika 15. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa (THI) analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Slika 16. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Slika 17. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Slika 18. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa za 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine

Slika 19. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

Slika 20. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

Slika 21. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine

Slika 22. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Slika 23. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Slika 24. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine

Slika 25. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 11.10.2018. godine

Slika 26. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine

Slika 27. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine

Tablica 1. Osjet ugone određen termohigrometrijskim indeksom (°C)

Tablica 2. Mjesečne temperature analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine (°C)

Tablica 3. Mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.4.2019. godine (%)

Tablica 4. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa proučavanih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

Tablica 5. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

Tablica 6. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.11.2019. godine (°C)

Tablica 7. Mjesečne vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 30.9.2019. godine (°C)

Tablica 8. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sati za desetodnevno razdoblje od 1.5. do 10.5.2018.godine (°C)

Tablica 9. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

Tablica 10. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

Tablica 11. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.5.2018. do 10.5.2018. godine (°C)

Tablica 12. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sati za desetodnevno razdoblje od 15.7. do 24.7.2018. godine (°C)

Tablica 13. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

Tablica 14. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

Tablica 15. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 21 sat analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 15.7.2018. do 24.7.2018. godine (°C)

Tablica 16. Srednje vrijednosti termohigrometrijskog indeksa analiziranih mjernih postaja u 7, 14 i 21 sat za desetodnevno razdoblje od 1.10. do 10.10.2018. godine (°C)

Tablica 17. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 7 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)

Tablica 18. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 14 sati analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)

Tablica 19. Vrijednosti termohigrometrijskog indeksa u 22 sata analiziranih mjernih postaja za razdoblje od 1.10.2018. do 10.10.2018. godine (°C)