

USPOREDNA MJERENJA ODABRANIH PARAMETARA ATMOSFERE NA PODRUCJU KARLOVAČKE ŽUPANIJE

**Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac
Vladimir Ribičić, Filip Trezner i Marko Vuković**

Mentor: Mladen Matvijev, prof

1. Istraživačka pitanja/hipoteze

Grad Karlovac smješten je u kotlini uz čak četiri rijeke i u vrlo raznovrsnom zemljopisnom okruženju. To je razlog da se klima Karlovca i njegove okolice razlikuje od one obližnjih gradova i učinila se zanimljiva za proučavanje. Ovim projektom na relativno malom području, gradu Karlovcu i okolici, željeli smo pratiti stanje atmosfere i njegove dnevne promjene na više točaka te utvrditi slaganja i razlike istovremenih GLOBE mjerenja. Kako bi pokrili što veće područje grada Karlovca u funkciju smo pustili dodatnih pet GLOBE mjernih postaja uz već postojeću postaju Šumarske i drvodjeljske škole. Pri postavljanju mjernih postaja posebnu pozornost pridodali smo što većoj različitosti lokacija. Tako se jedna postaja nalazi u samome centru grada, druga na nešto višoj nadmorskoj visini pored grada, treća tik uz rijeku i slično. Pretpostavljeno je da će izmjerene vrijednosti temperature u samome gradu biti veće od onih u bližoj okolici. Za očekivati je i više temperature na postajama u blizini građevinskih objekata te betonskih površina. Trenutna temperatura mjeri se u solarno podne za vrijeme najjačeg intenziteta sunčevog zračenja te je za očekivati više temperature na osunčanim postajama, odnosno niže na neosunčanim postajama. Očekujemo utjecaj rijeke u obliku ublažavanja promjena temperatura zraka te njezinog utjecaja na povećanje vlage na obližnjim postajama. Postaja Orlovac smještena je uz šumu pa očekujemo veću vlagu zraka na njoj.

2. Metode istraživanja

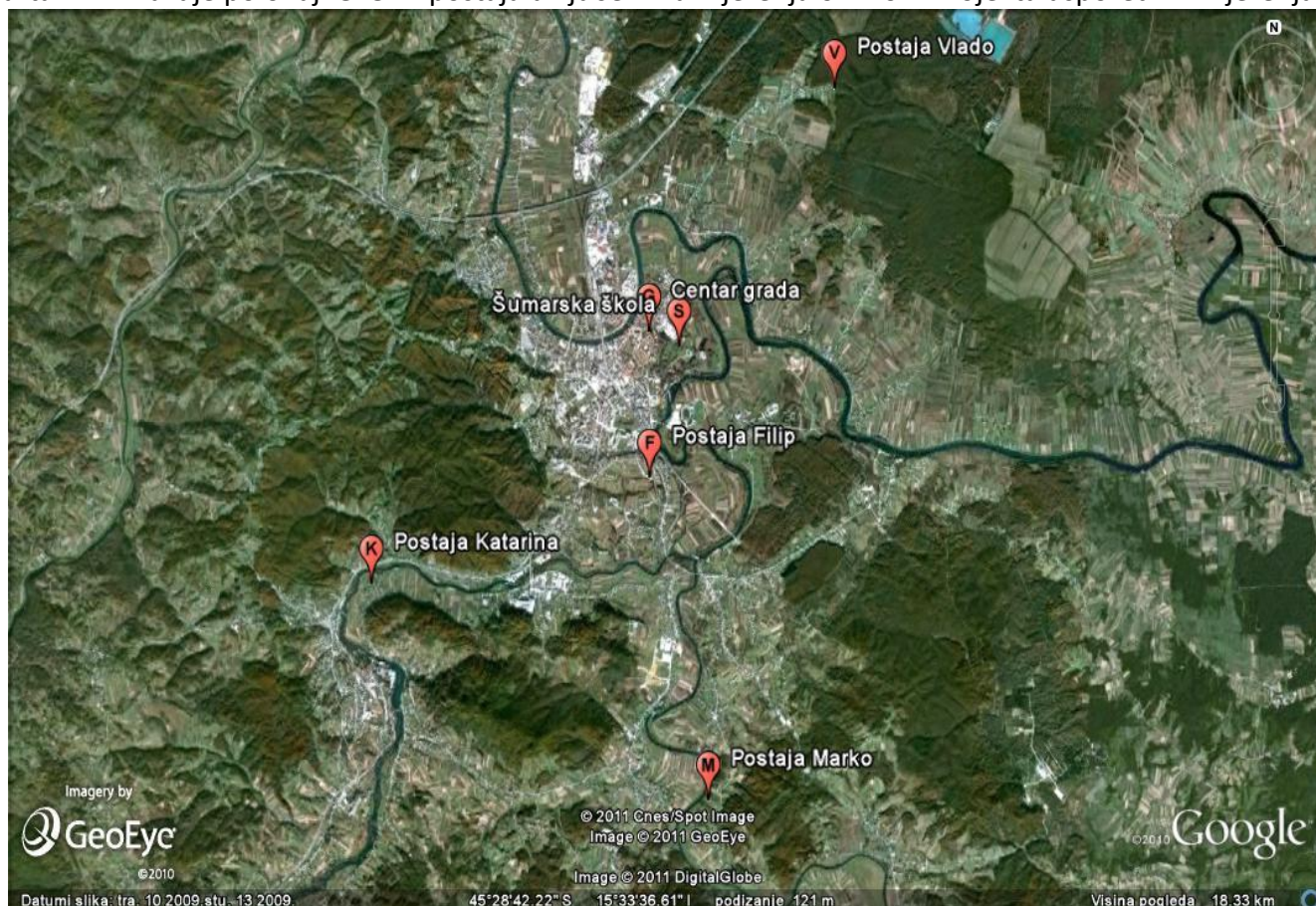
Odredivši najprikladnije lokacije za mjerne postaje izradili smo GLOBE kućice te ih postavili na to predviđene lokacije. Odradili smo makrolociranje i mikrolociranje pet dodatnih mjernih mjesta na području grada Karlovca i okolice, a lokacije preciznije odredili korištenjem GPS uređaja i softvera GoogleEarth. Nabavili smo i pet digitalnih termohigrometara te ih postavili u kućice. Učenici/motritelji prošli su potrebnu obuku za motrenja koja su vršena istovremeno po GLOBE protokolima. Mjerena je trenutna, minimalna i maksimalna temperatura zraka, trenutna, minimalna i maksimalna relativna vlažnost zraka, motrena je pokrivenost neba oblacima, rod i vrsta oblaka te pojave u atmosferi. Uspostava postaja i početak provođenja redovitog dnevnog motrenja započela je 01. travnja 2011. Tokom mjeseca travanja svi podaci su prikupljeni te uneseni u GLOBE bazu podataka.

Početak svibnja započeli smo sa uspoređivanjem i analizom prikupljenih podataka. Osmislili smo metodologiju korištenja paralelnih nizova mjerenja, izradili grafikone za sve izmjerene parametre te u završnom dijelu projekta utvrdili karakteristike prikupljenih podataka.

3. Prikaz i analiza podataka

Podatke sa novopostavljenih (Karta 1.) postaja usporedili smo s onima sa naše GLOBE postaje u arboretumu škole. GLOBE postaja Šumarske i drvodjeljske škole nalazi se u neposrednoj blizini škole, u školskom arboretumu. Opremljena je suvremenijom opremom te već iskusnijim motriteljima/učenicima. Nalazi se nedaleko od rijeke Korane. U blizini mjernog mjesta postoji samo jedan veći objekt, a šire područje nije naseljeno. Postaja se nalazi u prostranom školskom arboretumu.

Karta 1. Prikazuje položaj GLOBE postaja uključenih u mjerenja okvirom Projekta usporednih mjerenja



Postaja Orlovac (101)

Postaja je smještena nešto sjevernije od samoga grada Karlovca, u Orlovcu. Nalazi se na 108 metara nadmorske visine. Mjerno mjesto nije okruženo većim objektima, niti je šire područje gusto naseljeno. U blizini se nalazi gusta šuma dok je sama postaja smještena u polju. (Postaja 101)

Postaja 101 (Orlovac/Vlado)		
Položaj postaje	Karlovac, Orlovac	G.Š. 45°31'36.61"N; G.D. 15°35'38.63"E H 108m
Motritelj: Vladimir Ribičić	Instrumenti: termohigrometar, kišomjer	
Početak mjerenja	01.04.2011.	

Postaja Mrzlo Polje (102)

Postaja je smještena nešto dalje od samoga grada Karlovca, na Mrzлом Polju. Nalazi se na 114 metara nadmorske visine. Mjerno mjesto nije okruženo većim objektima, a šire područje rjeđe je naseljeno. Sama postaja je smještena u prostranom polju u blizini Mrežnice. (Postaja102)

Postaja 102 (Katarina/Donje Mrzlo Polje Mrežničko)		
Položaj postaje:	Duga Resa, Donje Mrzlo Polje Mrežničko	G.Š. 45°27'45.12"N ;G.D. 15°29'59.82"E H 114m
Motritelj: Katarina Benić	Instrumenti: termohigrometar	
Početak mjerenja	01.04.2011.	

Postaja Zastinje (103)

Postaja je smještena nešto dalje od samoga grada Karlovca, u Zastinju. Nalazi se na 124 metara nadmorske visine. Mjerno mjesto nije okruženo većim objektima, a šire područje rjeđe je naseljeno. Sama postaja smještena je na travnatoj padini neposredno pored Korane (cca 20m) (Postaja 103)

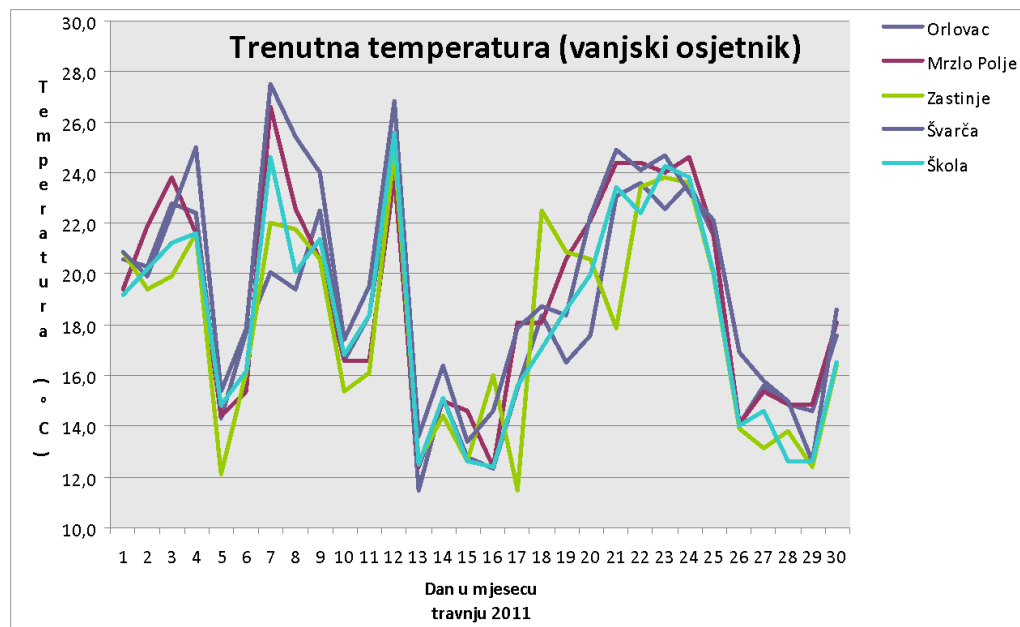
Postaja 103 (Zastinje/Marko)		
Položaj postaje:	Karlovac, Zastinja	G.Š. 45°26'4.04"N; G.D. 15°34'5.78"E H 124m
Motritelj: Marko Vuković	Instrumenti: termohigrometar	
Početak mjerenja	01.04.2011.	

Postaja Švarča (104)

Postaja je smještena na laganoj uzvisini neposredno uz grad, na Švarči. Nalazi se na 116 metara nadmorske visine. U blizini mjernog mjesta postoji samo jedan već objekt, a šire područje je nešto gušće naseljeno. U blizini postaje nalaze se i prometnice, no većinom je površina travnata. (Postaja 104)

Postaja 104 (Švarča/Filip)		
Položaj postaje:	Karlovac, Švarča	G.Š. 45°28'34.50"N; G.D. 15°33'22.98"E H 116m
Motritelj: Filip Trezner	Instrumenti: termohigrometar	
Početak mjerenja	01.04.2011.	

Prema stečenom iskustvu ispitane su mogućnosti usporedbe podataka, odnosno korištenja paralelnih mjerenja za naprednije svrhe kao što su popune prekinutih nizova podataka na GLOBE mjernim postajama. Pored toga vršene su usporedbe i analize utjecaja grada na stanje atmosfere te ostalih čimbenika poput šume, rijeke i slično.

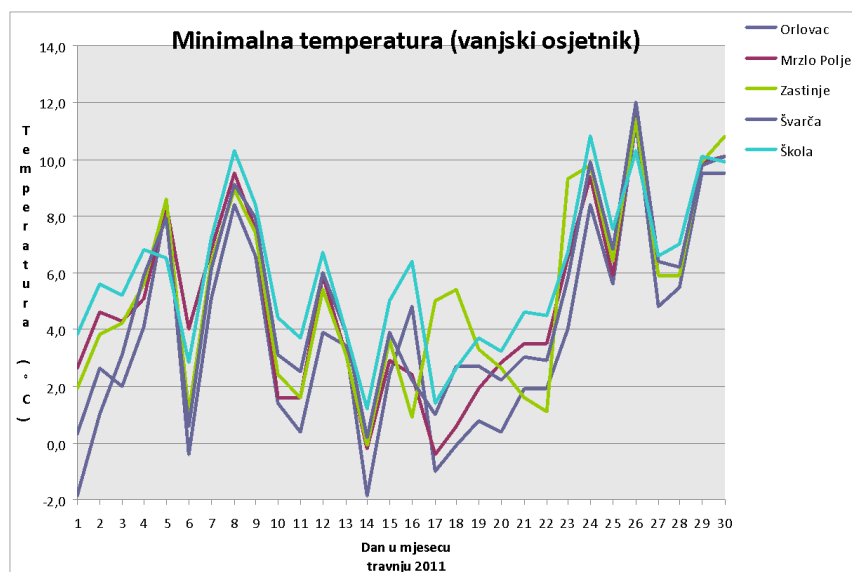


Graf 1.0 Vrijednosti trenutne temperature zraka izmjerene vanjskim osjetnikom instrumenta

Graf 1.0 prikazuje temperature zraka mjerene po GLOBE protokolima u mjesno solarno podne. Kao što se i očekivalo od svih mjerenih parametara trenutna temperatura zraka najmanje se razlikuje među ovih pet postaja. Primjećuju se ipak neka odskakanja u odrađenim razdobljima. Proučivši ostale meteorološke parametre utvrdili smo da su postaje s višom temperaturom u to vrijeme bile osunčane dok kod ostalih sijanje Sunca nije zabilježeno.

Trenutna temperatura kao što je prethodna navedeno mjerena je u solarno podne pa je utjecaj osunčavanja na temperaturu u to vrijeme najizraženiji. Dodatna potvrda značajnom utjecaju osunčavanja na trenutnu temperaturu je i potpuna usklađenost pri oblačnom vremenu u razdoblju od 12. do 14. travnja

2011. to jest izraženiji pad temperature uzrokovan značajnijom promjenom vremena. Slična usklađenost vidljiva je i prilikom promjene vremena 25. i 26. travnja 2011. Opće poznata teza o znatnom utjecaju osunčavanja na temperaturu zraka ovime je potvrđena.



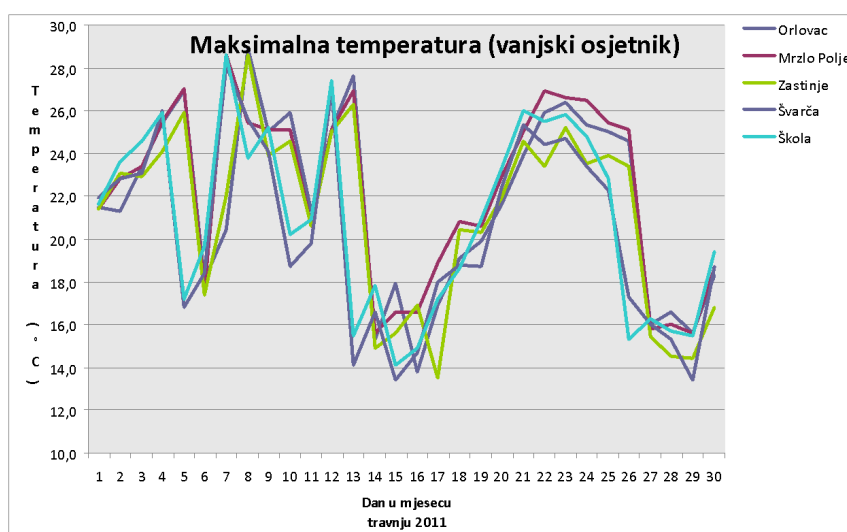
Graf 1.1 Vrijednosti minimalne temperature zraka izmjerene vanjskim osjetnikom instrumenta

Na grafu je dana minimalna dnevna temperatura zraka. Primjećuju se znatna odstupanja izmjerenih podataka. Kao što smo ranije predvidjeli minimalna temperatura znatno ovisi o mikrolokaciji postaje, tj. okruženju u kojemu se nalazi. Postaja Škola iskače kao „najtoplija“. Razlog višoj temperaturi je njen položaj na terasi škole. Time se nalazi iznad za to predviđene visine te se utjecaj tla smanjuje. Također okružena je betonom koji zadržava toplinu te samime time zagrijava zrak oko sebe noću te priječi spuštanje temperature kao na travnatoj površini. Ova postaja potvrđuje hipotezu o utjecaju betoniranih površina i

Graf 1.2 Vrijednosti maksimalne temperature zraka izmjerene vanjskim osjetnikom na instrumentu

obližnjih objekata na temperaturu zraka.

Postaja Orlovac smještena je nešto dalje od grada Karlovca tik uz šumu. Najniže temperature izmjerene su upravo na njoj. Ovime se potvrđuje i značajni utjecaj grada na minimalnu temperaturu. Za primjer uzimamo 14. travnja 2011. kada je na postaji Orlovac izmjereno $-1,9^{\circ}\text{C}$ dok je na postajama u blizini grada temperatura bila i do 4°C viša. Odstupanju su vidljiva tokom cijelog razdoblja mjerenja. I postaja Mrzlo Polje



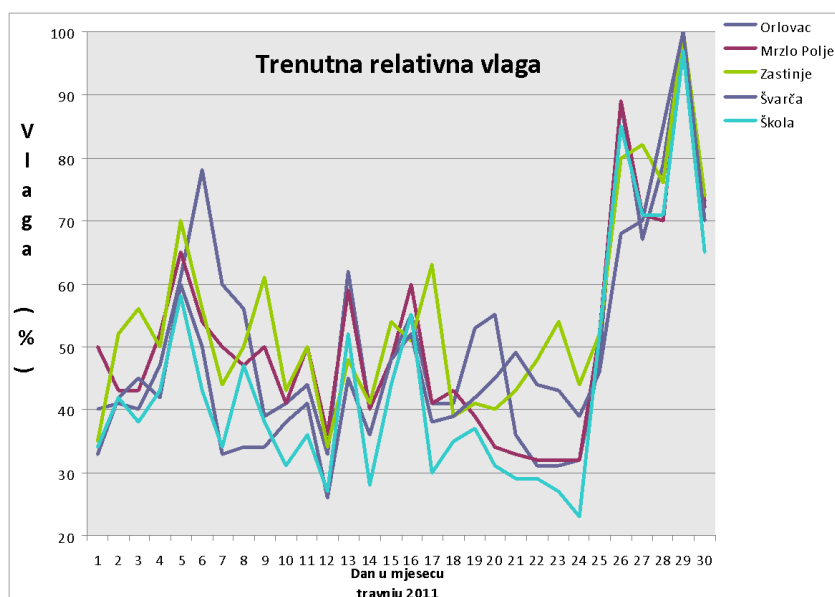
ističe se kao hladnija. Očekivano, također je smještena dalje od grada na prostranom polju. Ovime se naša hipoteza o znatnom utjecaju grada na temperaturu potvrđuje.

Postaja Zastinje također se nalazi izvan grada, no njezina temperatura ipak je bliža onoj na gradskim postajama. Primijetivši ovu anomaliju ušli smo u daljnje proučavanje okruženja u kojima se postaje nalaze. Ustanovili smo da se postaja Orlovac i Mrzlo polje ne nalaze u blizini rijeke dok je postaja Zastinje

neposredno uz Koranu. Iz priloženog grafa (Graf 1.1) primjećuje se da linija izmjerene temperature zraka postaje Zastinje uglavnom odgovara srednjaku. Razlog tome mogla bi biti rijeka i strujanje zraka uz riječne obronke koje je priječilo daljnji pad temperature. Temperatura vode viša je od temperature zraka pa je i to zagrijavalo zrak i vjerojatno time zaustavilo pad koji se dogodio na postaji Orlovac i Mrzlo Polje. Ova postaja potvrđuje našu drugu hipotezu o utjecaju rijeka na temperaturu zraka, točnije priječenju njenog daljnjeg pada. Slično kao učinak mora, ali ovdje je ograničen na znatno manje područje.

Iz priloženog grafa (Graf 1.2) primjećuje se podudaranje postaje Švarča te Škola s jedne strane te postaje Orlovac, Mrzlo Polje i Zastinje s druge u razdoblju 4 - 6. travanj 2011. te 11-14. travanj 2011. Kako bi ustanovili ove razlike u analizu smo uključili i podatke Glavne meteorološke postaje (GMP) Karlovac.

I podaci GMP podudarali su se sa onima postaje Švarča te Škola. Proučivši i ostale meteorološke parametre, količinu naoblake, pojave, a posebnu smo pozornost pridodali na sijanje Sunca, ustvrdili smo sljedeće: postaja Švarča i Škola sredinom dana nisu bile osunčane dok su ostale postaje bilježile sijanje Sunca. Kao što je već objašnjeno kod trenutne temperature sredinom dana utjecaj osunčavanja na temperaturu je značajan pa i kratko osunčavanja može značajno utjecati na temperaturu. Našu tezu potvrđuje i činjenica da su ove dvije postaje međusobno najbliže te je ovakva pojava moguća. Ovaj primjer još jednom potvrđuje našu hipotezu o znatnom utjecaju osunčavanja na temperaturu zraka, osobito sredinom dana.



Graf 1.3 Izmjerene trenutne vrijednosti relativne vlage zraka

Prema grafu (Graf 1.3) jasno je vidljivo da vlaga zraka ovisi o mnogo čimbenika te se razlikuje od lokacije do lokacije. Postaja Orlovac koja je smještena neposredno uz gustu šumu očekivano ima višu vlagu u zraku. Najjasnije se vidi od 6. do 9. travnja 2011. gdje je razlika između postaje Orlovac i postaje Švarča veća od 30%. Ovo potvrđuje našu hipotezu o utjecaju šume na vlagu u zraku, kako u samoj šumi tako i u širem području oko nje.

Primjećuje se i viša vlaga zraka tokom cijelog razdoblja na postaji Zastinje. Rijeka Korana koja je na postaji utjecala i na temperaturu utječe i na kontinuiranu višu vlagu zraka. Dok na ostalim postajama vlaga značajno pada na postaji Zastinje pad je manje izražen ili ga ni nema. Najbolji primjer je razdoblje od 21. travnja do 25. travnja 2011. Na svim postajama vlaga je pala dok na postaji Zastinje zbog neposredne blizine rijeke čak porasla! Hipotezu o znatnom utjecaju rijeke na relativnu vlažnost zraka potvrdila su mjerenja postaje Zastinje.

Da bi dobili što jasniju sliku o razlikama izmjerenih veličina napravili smo provjeru apsolutnih odstupanja vrijednosti izmjerenih veličina po danima i po parovima postaja i potom ih osrednjili što je prikazano na Tablici razlika Tablica 1. Vidljivo je da su najveće razlike u minimalnoj temperaturi između Orlovca i Škole ($2,3^{\circ}\text{C}$), u maksimalnoj između Orlovca i Zastinja te Zastinja i Škole (po $2,7^{\circ}\text{C}$), u trenutnoj temperaturi između Zastinja i Švarče ($2,4^{\circ}$), u trenutnoj vlazi između postaje Zastinje i Škola (11%), u maksimalnoj vlazi između postaje Mrzlo Polje i Švarča (26%) te minimalnoj vlazi između Škole i Zastinja (10%).

Tablica 1. Srednja mjesečna odstupanja izmjerenih veličina po uspoređenim parovima postaja

SREDNJE ODSUPANJE IZMJERENIH VELIČINA						
PAROVI POSTAJA	Tmin	Tmax	Ttren	vlaga	vlaga max	vlaga min
Postaja 101 i 100	2,3	2,6	1,1	8	12	9
Postaja 101 i 102	1,3	0,5	1,4	5	9	3
Postaja 101 i 104	1,4	2,7	1,7	8	25	5
Postaja 102 i 100	1,3	2,2	1,2	7	5	9
Postaja 102 i 104	1,0	2,3	1,5	8	26	5
Postaja 103 i 100	1,7	2,7	1,4	11	6	10
Postaja 103 i 101	1,7	2,4	1,8	10	10	6
Postaja 103 i 102	1,0	1,4	1,9	7	4	5
Postaja 103 i 104	1,1	1,2	2,4	8	25	5
Postaja 104 i 100	1,4	1,0	1,6	7	21	7

Vidljivo je, također, da su najmanje razlike u minimalnoj temperaturi između Mrzlog Polja i Švarče te Mrzlog polja i Zastinja (1,0°C), u maksimalnoj između Orlovca i Mrzlog Polja (0,5°C), u trenutnoj temperaturi između Orlovca i Škole (1,1°C), u trenutnoj vlazi između Orlovca i Mrzlog Polja (5%), u maksimalnoj vlazi između Škole i Mrzlog Polja (5%), u minimalnoj vlazi između Orlovca i Mrzlog Polja (3%).

Ove razlike tumače se prvenstveno u razlikama u mikro okruženju svake od mjernih točaka, ali u jednom djelu je moguće da su uzrokovane i u različitom pristupu samih motritelja.

4. Zaključci

Kao što se vidi iz svega navedenog, prethodno postavljene hipoteze pokazale su se u najvećoj mjeri točnima. Jedna od polaznih hipoteza ovoga Projekta koja govori o utjecaju grada na temperaturu potvrđena je ponajprije podacima minimalne temperature. Iz iste proizlazi i potvrda hipoteze o utjecaju građevinskih objekata i betonskih površina na temperaturu, jer se iste postaje nalaze u blizini objekata i betonskih površina. Izmjerene trenutne temperature potvrdile su hipotezu o znatnom utjecaju osunčavanja na temperaturu. Primijećene su znatne razlike u temperaturi koje su uzrokovane količinom naoblake na pojedinim postajama, točnije izostanak sijanja Sunca na istim.

Provedena mjerenja omogućila su nam i da promotrimo utjecaj rijeke na stanje atmosfere. Na postaji Zastinje izmjerene su manje amplitude u temperaturi, te nešto više minimalne temperature. Time je hipoteza o utjecaju rijeke na temperaturu, tj. o priječenju njenog pada te ublažavanje razlika istih dobila još jednu potvrdu. Na postaji je relativna vlaga zraka kontinuirano bila viša što potvrđuje utjecaj rijeke na vlagu zraka. Postaja Orlovac u određenim terminima također ima nešto višu vlagu. Uzrok višoj vlazi je gusta šuma neposredno pored postaje koja je zadržala vlagu. Na istoj postaji izmjerena je i apsolutno minimalna temperatura tijekom provedbe Projekta, a i u cijeloj fazi Projekta minimalne temperature na postaji su najniže. Postaja je smještena izvan grada na polju neposredno uz šumu, što je potvrdilo našu hipotezu o utjecaju šume na vlagu i temperaturu.

Provođenjem ovog projekta zaključili smo da se i na relativno malom području određeni mjereni parametri atmosfere mogu značajno razlikovati. Mjereni parametri znatno ovise o okruženju postaje, blizini rijeke, šume, građevina, betonskih površina i slično. Postaje su geografski blizu, no čak i manje razlike u njihovom okruženju očito mogu uzrokovati sasvim različite rezultate. Razlika je najprimjetnija na minimalnoj temperaturi koja od svih mjerenih parametara najviše ovisi o okruženju postaje, točnije o brzini ohlađivanja površina u blizini postaje.

5. Izvori

- Podaci sa postaja Orlovac, Mrzlo Polje, Zastinje, Švarča, Školske meteorološke postaje, Glavne meteorološke postaje Karlovac (DHMZ)
- GLOBE protokoli
- internetske stranice GLOBE: globe.gov i globe.hr
- GeoEye