

SUNČEVO ZRAČENJE I TEMPERATURA

Vladimir Ribičić, Filip Trezner i Izidor Lončarić
Mentori: Ivana Čordašev i Mladen Matvije
Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac, Karlovac

1. Istraživačka pitanja/hipoteze

Sunčevo zračenje osnovni je izvor topline na Zemlji pa smo se zapitali kako i koliko topline primamo od Sunca, odnosno kako se zapravo grijemo sunčanjem. Pretpostavili smo da naoblaka određuje količinu zračenja koja dolazi do tla. U istraživanju se koriste podaci mjerenja temperature zraka, tla i površine ispitivanih podloga: betona, golog zemljanog tla, travnate površine te površine vode te podaci o količini i vrsti oblaka. Podaci su mjereni i prikupljeni sukladno GLOBE protokolima za atmosferu odnosno mjerenja temperature zraka, tla, vode i površina. Mjerenja su vršena tijekom ožujka i travnja 2014. godine jednom dnevno u mjesno sunčevo podne na lokaciji Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac – Arboretum te na Korani. Instrumenti kojima su mjerenja obavljena bili su u skladu s GLOBE standardima te su kalibrirani na početku i kraju niza mjerenja. Mjerenja su sortirana u nizove podataka i označena vremenskim markicama radi usporedbe. Početna hipoteza je veća zagrijanost betonskih površina od trave i/ili golog tla te u ovisnosti sa temperaturom zraka brže zagrijavanje betona i tla od vodene površine koja je također promatrana. To prati naš drugi projekt kojim smo pred dvije godine promatrali razliku temperature zraka iznad betonskih površina, odnosno u gradu, i onih izvan grada na travnatim površinama. Ove godine odlučili smo ispitati i kako se mijenja površinska temperatura u odnosu na temperaturu zraka.

2. Metode istraživanja

Mjerenja su probno uz obuku motritelja započela još u veljači, a službeno su se vršila od 01. ožujka do 30. travnja 2014. godine na Školskoj meteorološkoj postaji Šumarske i drvodjeljske škole Karlovac te na obližnjoj hidrološkoj postaji Korana. Mjerenja su vršena koristeći infracrveni termometar FLUKE 63 koji je ove godine uveden u operativno mjerenje ŠMP-a. Mjerenja su vršena i geotermometrima na 5 i 20 cm dubine, termometrom u meteorološkoj kućici te alkoholnim termometrom za vodu. Instrumenti na postajama kalibrirani su prije službenog početka projekta. Infracrveni termometar korišten je za mjerenje temperature površine betona, golog zemljanog tla, travnate površine te površine vode. Odabiru površina za mjerenje pomno je pristupano uzimajući u obzir hipotezu projekta te što veću različitost površina. Infracrvenim termometrom mjerena je površinska temperatura vode, dok je temperatura vode na u dubljem sloju mjerena alkoholnim termometrom a temperatura zraka termometrom u meteorološkoj kućici. Sve ostale površinske temperature mjerne su također infracrvenim termometrom. Doradili smo metodologiju korištenja paralelnih nizova mjerenja, provjeru i „čišćenje“ nizova podataka od grubih motriteljskih grešaka, proučili detaljno uvjete oko postaja te pripremili površinu za mjerenje i održavali ju (golo tlo), izradili grafikone za sve izmjerene parametre te u završnom dijelu projekta utvrdili njihovo slaganje i neslaganje.

3. Prikaz i analiza podataka

Izmjereni podaci su uvršteni u Excel tablicu te međusobno uspoređivani nakon ispitivanja testa korelacije. Suma kvadrata varijable X jednaka je zbroju kvadrata odstupanja vrijednosti varijable X od njezine prosječne vrijednosti:

$$SS_{XX} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

Prosječna vrijednost varijable X jednaka je:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Suma kvadrata varijable Y jednaka je sumi kvadrata odstupanja vrijednosti varijable Y od njezine prosječne vrijednosti:

$$SS_{YY} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

Prosječna vrijednost varijable Y jednaka je:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

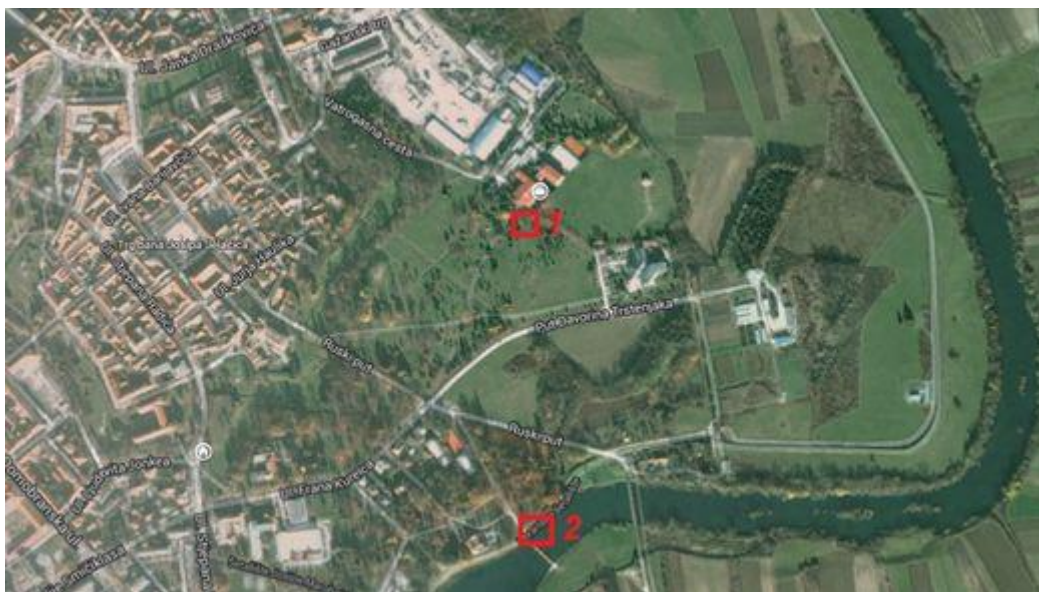
Suma umnožaka varijabli X i Y jednaka je sumi umnožaka odstupanja vrijednosti varijabli X i Y od njihovih prosjeka:

$$SS_{XY} = \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

Koeficijent korelacije jednak je omjeru:

$$r = \frac{SS_{XY}}{\sqrt{SS_{XX} \cdot SS_{YY}}}$$

Izrađeni su grafikoni usporedbe temperature zraka sa temperaturom golog tla, temperaturom betona kao i travnate površine te vode. Uspoređivani su i hodovi temperature golog tla, trave i betona međusobno, a sve to zajedno sa ukupnom naoblakom. Mjerenja su vršena na Školskoj meteorološkoj postaji koja nije okružena nikakvim većim objektima, nalazi se na travnatoj livadi, okružena nižim drvećem. U krugu postaje pripremljeno je područje za mjerenje gole površine tla, označeno područje za mjerenje temperature travnate površine, a za mjerenje temperature betonske površine korišten je obližnji betonskih pod ispred ulaza u Školu. Mjerna postaja na Korani smještena je pored pontonskog mosta.



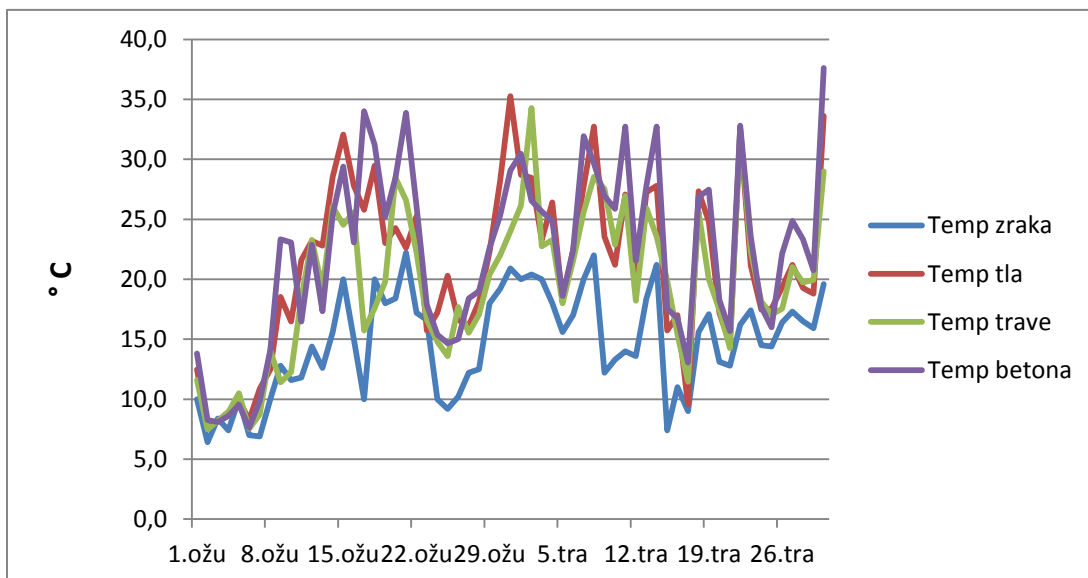
Karta 1. Prikaz lokacija mjernih postaja:

Točka 1. Školska meteorološka postaja Šumarske i drvodjeljske škole Karlovac
 Točka 2. Hidrološka postaja Korana

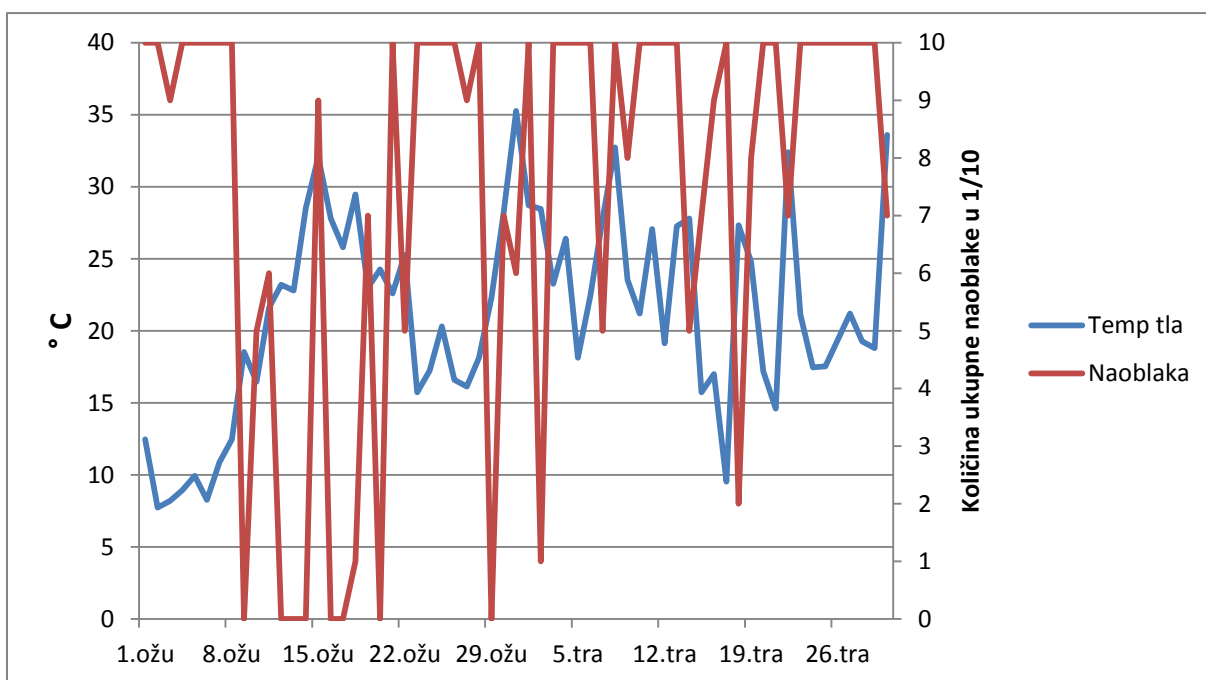
U slijedećoj tablici su predočene specifičnosti pojedine mjerne postaje i instrumenti koje smo koristili.

Postaja	Mjesto	Geografski smještaj	Obilježja postaje	Korišteni instrumenti
ŠMP Karlovac	Karlovac, Gaza	G.Š. 45°29'36.03"N; G.D.15°33'44.68" E 119m	u arboretumu, u blizini jednog većeg objekta, šire područje rjeđe naseljeno	Alkoholni termometar, geotermometri na 5 i 20 cm dubine
Hidrološka postaja Korana	Karlovac, Vrbanićev perivoj	G.Š. 45°29'20.1"N 15°33'45.1"E 118m	uz pontonski most, bez visokih objekata	Alkoholni termometar za temperaturu vode

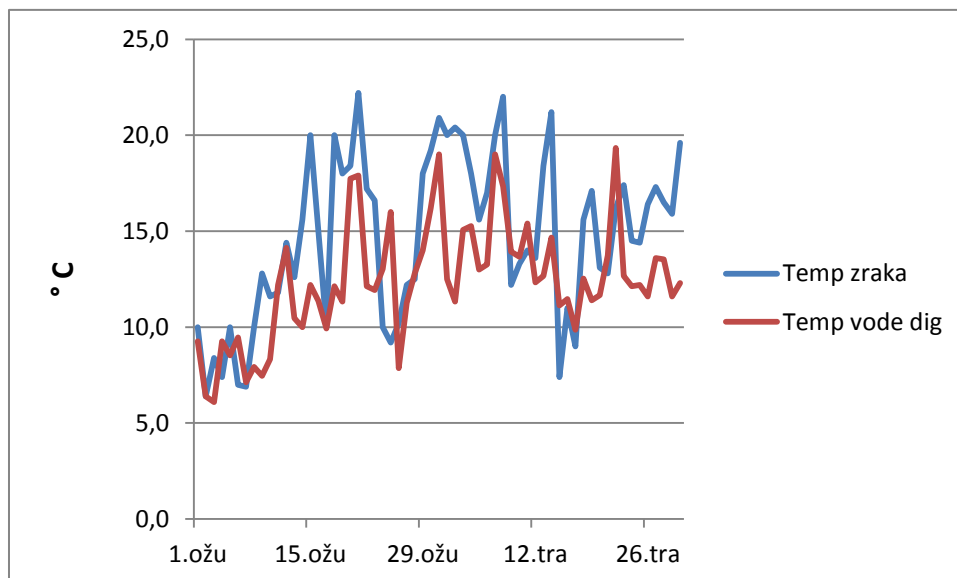
Tablica 1. Popis postaja i njihovih obilježja



Grafikon 1. Usporedba površinskih temperatura (golo tlo, travnata površina, betonska površina) sa temperaturom zraka u razdoblju ožujak – travanj 2014. godine.



Grafikon 2. Usporedba hoda površinske temperature golog tla i naoblake (količine pokrivenosti neba oblacima u desetinama) u razdoblju ožujak – travanj 2014. godine.



Grafikon 3. Usporedba temperature zraka i površinske temperature vode mjerene infracrvenim termometrom u razdoblju ožujak – travanj 2014. godine.

Iz prvog grafikona jasno je vidljivo da je temperatura zraka zapravo najniža vrijednost, a da se pod utjecajem osunčavanja površine više zagriju. Najvišu temperaturu najbrže postiže betonska površina, a zadnja temperatura vode. Najveća razlika u jednom trenutku iznosi čak 24°C između temperature zraka i površinske temperature betonske površine koja je zagrijana sunčevim zračenjem. U razdoblju izostanka sunčevog zračenja, kada je ono zaklonjeno od naoblake (pretežno ili potpuno oblačno), vrijednosti se podudaraju te površine nemaju znatnu razliku u površinskoj temperaturi. To možemo jasno primijetiti na početku promatranog razdoblja, kao i oko 25. ožujka.

Usporedbom naoblake i površinske temperature golog tla se može vidjeti kako je količina naoblake presudna za zagrijanost površine, jer dužim nedostatkom sunčevog zračenja, kojeg naoblaka zaustavlja, temperatura površine znatno pada. Temperatura zraka i temperatura površine vode ovisne su jedna o drugoj pa uz porast temperature zraka dolazi i do zagrijavanja površine vode, ali uz vremenski odmak s obzirom da je vodi potrebno određeno vrijeme kako bi se zagrijala/ohladila.

4. Zaključci

Najveću pozitivnu korelaciju pokazuju parametri temperature golog tla, betona i trave. Pri tome se misli da te tri različite podloge slično reagiraju na promjenu temperature. Njihova međusobna razlika je mala, očekivano beton ima prosječno najviše vrijednosti, a travnata površina najmanje, sukladno njihovom toplinskom kapacitetu, boji i strukturi. Svi se parametri također u korelaciji sa temperaturom zraka, što je očekivano jer se zrak prvenstveno zagrijava radijacijom podloge. Sukladno tome vrijednosti temperature zraka manje su od temperature podloge

Najveću negativnu korelaciju pokazuju vrijednosti temperature zraka i količina naoblake. To je upravo ono što smo htjeli i dokazati ovim projektom. Temperatura zraka ovisna je o bilanci zračenja, dok je bilanca zračenja ovisna o naoblaci. Najviše vrijednosti temperature možemo očitati u vrijeme kada je opažano vedro nebo ili slaba naoblaka.

Usporedbom temperature vode i temperature zraka došli smo do potvrde spore reakcije vode na zagrijavanje. Razlog tome je velika razlika u specifičnim toplinskim kapacitetima (specifični toplinski kapacitet tijela je količina topline koju tijelo treba primiti da bi mu se temperatura podigla za jedan stupanj) vode i zraka. Toplinski kapacitet za vodu iznosi $4187 \text{ J} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$, dok je kapacitet zraka četiri puta manji. Vodi zato možemo dugo dovoditi toplinu a da joj se temperatura tek malo povisi. Drugo važno svojstvo je toplinska vodljivost za vodu $\lambda = 0,57 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$, dok je za zrak vodljivost $\lambda = 0,025 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$. Voda dakle ima oko 22 puta bolju toplinsku vodljivost. Zbog takve karakteristike vode možemo vidjeti da je reakcija vode na zagrijavanje ili hlađenje zraka, odnosno okoline pomaknuta za otprilike jedan dan u odnosu na stvarnu promjenu okoline.

Što se tiče generalne analize, temperature svih parametara najviše se slažu na početku našeg perioda mjerenja. Kako se kasnije temperatura povećava, vrijednosti se sve više razilaze. Naše objašnjenje sličnih vrijednosti na početku perioda je dugotrajno hladno razdoblje koje je prethodilo početku naših mjerenja. Sa povećanjem temperature jasno je vidljiva različitost promatranih podloga i medija jer im se svojstva bitno razlikuju zbog toplinskog kapaciteta.

Naš generalni zaključak je da smo početnu hipotezu o ovisnosti temperature različitih podloga i medija o naoblaci uspješno dokazali. Sve izmjerene vrijednosti ponašale su se u skladu s našim predviđanjima, kako smo naveli u početnoj hipotezi.

5. Izvori

- **Podaci sa Školske meteorološke postaje i hidrološke postaje Korana**
- **GLOBE protokoli**
- **internetske stranice: globe.gov, globe.hr, ogimet.com**
- **Google karte**