

VREMENSKA ANALIZA TEMPERATURNIH PROMJENA TLA ZAGREBAČKE ŽUPANIJE POMOĆU SATELITSKIH SNIMKI

Vranek, Dorotea

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:658309>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-23**



Repository / Repozitorij:

repozitorij.geof.unizg.hr/en



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET**

Dorotea Vranek

**VREMENSKA ANALIZA TEMPERATURNIH
PROMJENA TLA ZAGREBAČKE ŽUPANIJE
POMOĆU SATELITSKIH SNIMKI**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Dorotea Vranek ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2024.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET

Dorotea Vranek

**VREMENSKA ANALIZA TEMPERATURNIH
PROMJENA TLA ZAGREBAČKE ŽUPANIJE
POMOĆU SATELITSKIH SNIMKI**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1_349_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

IZJAVLJUJEM

Ja, **Dorotea Vranek**, (JMBAG: 0007181539), rođen/a dana 03.03.2000. u Zagrebu, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

I. AUTOR	
Ime i prezime:	Dorotea Vranek
Datum i mjesto rođenja:	03. ožujka 2000., Zagreb, Republika Hrvatska
II. DIPLOMSKI RAD	
Naslov:	Vremenska analiza temperaturnih promjena tla Zagrebačke županije pomoću satelitskih snimki
Broj stranica:	37
Broj slika:	42
Broj bibliografskih podataka:	4 + 11 URL-a
Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić
Komentor:	
Voditelj:	
III. OCJENA I OBRANA	
Datum zadavanja teme:	22.01.2024.
Datum obrane rada:	05.07.2024.
Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:	izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić
	izv. prof. dr. sc. Dubravko Gajski
	doc. dr. sc. Vanja Miljković

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju tijekom studiranja.

Vremenska analiza temperaturnih promjena tla Zagrebačke županije pomoću satelitskih snimki

Sažetak: U ovom diplomskom radu prikazano je korištenje satelitskih snimki u svrhu dobivanja procjene temperature površine tla, računanja vegetacijskih indeksa i prikazivanje kritičnih područja. Korišten je Landsat 8 satelitski sustav jer sadrži termalni kanal. Istraživanje je izvršeno za područje Zagrebačke županije. Rezultati su dobiveni za cjelokupno područje županije. Usporedbom dobivenih rezultata vrlo su lako detektirana područja na kojima se nalaze promjene u vrijednosti temperature tla. Korištenje satelitskih podataka može uvelike biti od koristi u mnogim područjima, primjerice praćenje urbanizacije i planiranje izgradnje gradova, praćenje poljoprivrednih usjeva, kontrola deforestacije, proučavanje kakvoće voda i slično. Ovim se istraživanjem konkretno analiziralo na kojim se područjima pojavljuju toplinski otoci, mjesta na kojima je došlo do određene promjene u temperaturi, primjerice prilikom izgradnje, zatim praćenje vegetacije i određivanje mjesta na kojima je došlo do smanjenja iste. Također, prikazano je i područje koje ima veliki stupanj kritičnosti i ono područje koje je za vrijeme cijelog perioda poprimilo visok stupanj kritičnosti. Za kraj, potrebno je naglasiti kolika je sposobnost današnjih besplatnih softvera, primjerice QGIS softvera koji je uvelike olakšao izradu ovog diplomskog rada.

Ključne riječi: Daljinska istraživanja, površina temperature tla, toplinski otoci, vegetacijski indeks, Zagrebačka županija.

Temporal analysis of soil temperature changes in Zagreb County using satellite images

Abstract: This thesis shows the use of satellite images for the purpose of obtaining an estimate of the temperature of the soil surface, calculating vegetation indexes and showing critical areas. The Landsat 8 satellite system was used because it contains a thermal channel. The research was carried out for the area of Zagreb County. The results were obtained for the entire area of the county. By comparing the obtained results, it was very easy to detect the areas where there are changes in the value of the soil temperature. The use of satellite data can be very useful in many areas, for example monitoring

urbanization and planning the construction of cities, monitoring agricultural crops, controlling deforestation, studying water quality, etc. This research specifically analyzed in which areas heat islands appear, places where there was a certain change in temperature, for example during construction, then monitoring the vegetation and determining the places where it decreased. Also, the area that has a high degree of criticality and the area that acquired a high degree of criticality during the entire period are also shown. Finally, it is necessary to emphasize the capability of today's free software, for example the QGIS software, which greatly facilitated the creation of this thesis.

Keywords: *remote sensing, land surface temperature, heat islands, vegetation index.*

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA.....	2
2.1 Općenito.....	2
2.2 Landsat 8.....	3
3. TEMPERATURA POVRŠINE TLA (LST)	5
3.1 Općenito.....	5
3.2 Toplinski otoci	6
4. VEGETACIJSKI INDEX.....	7
4.1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	7
4.2 Environmental Criticality Index (ECI)	8
5. ZAGREBAČKA ŽUPANIJA.....	10
6. REZULTATI LST	11
6.1 LST	11
6.2 Razlika LST-a po godinama	14
7. REZULTATI NDVI	18
7.1 NDVI	18
7.2 Razlika NDVI po godinama	21
8. ECI (ENVIRONMENTAL CRITICALITY INDEX).....	27
9. USPOREDBA TEMPERATURE TLA I TEMPERATURE ZRAKA	30
10. ZAKLJUČAK	36
LITERATURA.....	38
POPIS SLIKA	39
11. ŽIVOTOPIS	41

1. UVOD

U okviru izrade ovog diplomskog rada provedeno je istraživanje o mogućnostima koje nam nude satelitski sustavi u današnje vrijeme vezano uz praćenje temperature tla i detekcije toplinskih otoka. Cijeli koncept osmišljen je na način da se izračuna temperatura tla na području Zagrebačke županije, također *Normalized difference vegetation index* (NDVI) i *Environmental Critically Index* (ECI). Ovim putem provedena je usporedba u periodu od 2015. do 2023. godine. Zbog nemogućnosti pronalaska snimke koja bi zadovoljila dane kriterije, 2021. godina, izostavljena je iz istraživanja. Detaljno su proučena sva područja gdje su vidljive promjene te je istražen uzrok koji prethodi tome. Bitno je naglasiti kako dobivene rezultate ne možemo gledati kao potpuno točne iz razloga što se temperatura tla dobiva malo kompleksnijim putem, odnosno mjerenjem sondama na terenu. Međutim, za izradu ovog diplomskog rada nije od presudne važnosti kolika je točno temperatura tla u pojedinoj godini već je bitna njihova usporedba. Svi podaci preuzeti su besplatno i obrađeni u besplatnom softveru. Za izradu ovog diplomskog rada korišten je QGIS softver, odnosno Semi automatic classification plugin. On nam omogućuje da korištenjem satelitskih snimki te provedbom nadzirane klasifikacije izradimo temelj koji je potreban za dobivanje temperature površine tla. Konačna temperatura tla računa se u Raster Calculatoru unutar QGIS softvera, kao i NDVI i ECI.

2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA

2.1 Općenito

Prema definiciji NASA-e: „Daljinska istraživanja prikupljaju informacije s distance. NASA promatra Zemlju i druga planetarna tijela putem daljinskih senzora na satelitima i zrakoplovima koji otkrivaju i bilježe reflektiranu ili emitiranu energiju. Daljinski senzori, koji pružaju globalnu perspektivu i mnoštvo podataka o Zemljinim sustavima, omogućuju donošenje odluka na temelju podataka trenutnog i budućeg stanja našeg planeta.“

Sve stvari na zemlji reflektiraju, apsorbiraju ili odašilju energiju, ovisno o valnoj duljini i jačini elektromagnetskog spektra koji do njih dolazi. Neke fotone u određenim valnim duljinama apsorbiraju ili reflektiraju atmosferske komponente, poput vodene pare ili ugljičnog monoksida, dok pojedine valne duljine omogućuju nesmetano kretanje kroz atmosferu. Primjer tome je vidljiva svjetlost. Primarni izvor energije koju koriste satelitski sustavi za stvaranje digitalnih snimki je Sunce. Količina reflektirane sunčeve energije ovisi o hrapavosti površine i njenom albedu, što znači koliko dobro površina reflektira svjetlost umjesto da je apsorbira (URL 1). U daljinskim istraživanjima bitna su tri elementa. Oni su platforma za držanje instrumenta, ciljani objekt koji treba promatrati i instrument ili senzor za promatranje. Senzori koriste osvjetljenje od Sunca ili imaju vlastiti izvor osvjetljenja te mjere energiju koja se odbija od pojedinog objekta, ili onu koju ti objekti zrače. Ključni dodatni element i glavna svrha sustava za daljinska istraživanja su informacije koje se dobivaju iz prikupljenih podataka, te kako se koriste i pohranjuju (URL 2).

Glavna spektralna područja koja se koriste u daljinskim istraživanjima Zemlje uključuju vidljivo područje, blisko infracrveno područje, kratkovalno infracrveno područje, srednjevalno infracrveno područje, toplinsko infracrveno područje i mikrovalno područje. Termalno infracrveno područje također je poznato kao dugovalno infracrveno područje. Među njima, vidljivo područje, blisko infracrveno područje i kratkovalno infracrveno područje su solarno-reflektirajući spektralni rasponi. Srednjevalno infracrveno područje prijelazna je zona od sunčevog reflektirajućeg do toplinskog zračenja. Toplinsko infracrveno područje i mikrovalno područje odgovaraju toplinskom zračenju. (Zhihua Zhang i drugi, 2015.)

Ljudsko oko može percipirati zračenje samo unutar ograničenog raspona elektromagnetskog spektra. Dakle, instrumenti za daljinsko detektiranje izvan vidljivih valnih duljina zapravo

predstavljaju proširenje našeg vidnog polja i daju pristup dodatnim informacijama o fizičkom svijetu koji nas okružuje. Površinska temperatura je ključni faktor za emisiju primljene energije. Sunce ima površinsku temperaturu od 6000 stupnjeva kelvina (K) i maksimalnu emisiju u području vidljive svjetlosti. Temperatura površine Zemlje je oko 290 K, s maksimalnom emisijom od oko 14 mikrometara. Ovo se također naziva termalno infracrveno područje. Postoji izravna korelacija između površinske temperature i stupnja emisije na danoj valnoj duljini. Temperatura površine se stoga može izračunati na temelju daljinskog očitavanja toplinske infracrvene emisije (URL 3). Budući da Zemlja zrači samo male količine energije u vidljivom svjetlu, može se vidjeti samo zato što odbija vidljivu svjetlost od Sunca. Sunčeve zrake koje padaju na Zemlju se dijelom apsorbiraju i tako doprinose zagrijavanju Zemlje, a većim dijelom se reflektiraju i vidljive su ljudskim okom, a putem senzora na platformama, koriste se za stvaranje digitalnih snimki.

2.2 Landsat 8

Satelitski sustav Landsat 8 sastoji se od dva senzora (instrumenta) - *Operational Land Imager* (OLI) i *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Ova dva senzora omogućuju preslikavanje globalne kopnene mase u prostornoj razlučivosti od 30 metara (vidljivo, NIR, SWIR), 100 metara (termalna) i 15 metara (pankromatski). Satelitski sustav Landsat 8 razvijen je u suradnji NASA-e i Geološkog instituta SAD-a (USGS). Instrumenti satelitskog sustava Landsat 8 predstavljaju evolucijski napredak u tehnologiji. OLI prikuplja podatke za vidljive, bliske infracrvene i kratkovalne infracrvene spektralne kanale, kao i pankromatske kanale. Ima petogodišnji projektirani životni vijek. TIRS prikuplja podatke za još dva uska spektralna pojasa u toplinskom području koje je prije bilo pokriveno jednim širokim spektralnim pojasom na satelitskim sustavima Landsat 4–7 (URL 4). Kruži oko Zemlje u Sunčevo sinkronoj, gotovo polarnoj orbiti (nagib od 98,2 stupnja). Postiže visinu od 705 km. Svakih 99 minuta napravi jedan krug oko Zemlje. Ima 16-dnevni ponavljajući ciklus s vremenom prelaska ekvatora od 10:00 ujutro +/- 15 minuta. Dobiva oko 740 scena dnevno na sustavu staza/redova Svjetskog referentnog sustava-2 (WRS-2), s preklapanjem (ili bočnim) koje varira od 7 posto na ekvatoru do maksimalno približno 85 posto na ekstremnim geografskim širinama (URL 5).

Ima mnoštvo prednosti koje mogu uvelike olakšati određeno istraživanje. Podaci se prikupljaju kontinuirano, besplatno je preuzimanje, ima naprednu tehnologiju senzora, visoku geolokacijsku točnost i slično. Možemo ga koristiti za praćenje deforestacije, kvalitete voda, stanje poljoprivrednih usjeva, praćenje prirodnih resursa, procjenu šteta od prirodnih katastrofa, urbanističko planiranje i za nekolicinu stvari.

S druge strane, satelitski sustav Landsat 8 ograničen je u nekim poljima istraživanja. Primjerice, ograničena prostorna rezolucija od 30 m može biti dobra za mnoge primjene, ali za detaljnije analize mogu biti potrebni podaci s većom prostornom rezolucijom. Također, na područjima koja su često prekrivena oblacima može biti teško dobiti čiste snimke. Isto tako i korekcija atmosferskih utjecaja može biti složena i nije uvijek savršena te može utjecati na točnost podataka. Između ostalog, obrada i analiza satelitskih snimki može biti složena i zahtijevati određeni softver i stručnost te može predstavljati izazov za pojedine organizacije s ograničenim resursima.

3. TEMPERATURA POVRŠINE TLA (LST)

3.1 Općenito

Važnost LST-a sve se više prepoznaje i postoji veliki interes za razvoj metodologija za mjerenje LST-a iz svemira. U ovom radu je prikazano računanje LST-a uz pomoć termalnog kanala satelitskog sustava Landsat 8. Izrada LST-a uz pomoć satelitskih snimki izazovan je zadatak te postoji mnoštvo načina za njegov izračun. Identificiran je kao jedan od najvažnijih zapisa podataka o Zemljinoj površini od strane NASA-e i drugih međunarodnih organizacija. LST mjeri emisiju toplinskog zračenja s površine kopna gdje ulazna sunčeva energija stupa u interakciju s tlom ili površinom i zagrijava ga (Glynn C. Hulley i drugi, 2019.). Temperature izvedene iz TIR podataka kombinirane su s vegetacijskim indeksima kako bi odvojile klase zemljišnog pokrova, pratila dinamika zemljišnog pokrova i poremećaji ekosustava. Poznavanje LST-a pruža kritične informacije o vremenskim i prostornim varijacijama stanja površinske ravnoteže, i od temeljne je važnosti u vremenskom i klimatskom sustavu koji kontrolira površinsku izmjenu topline i vode između kopna i atmosfere.

LST se naširoko koristi u raznim područjima kao što su numerički modeli predviđanja vremena i sustavi asimilacije podataka, procjena evapotranspiracije, navodnjavanje i hidrološki ciklus, posebno praćenje suše u poljoprivredi i praćenje urbanih toplinskih otoka. U 2016., LST je naveden kao jedna od bitnih klimatskih varijabli (ECV) od strane Globalnog sustava za promatranje klime (GCOS) Svjetske meteorološke organizacije (WMO) (GCOS 200)(URL 7). S gledišta satelita, površina je sve što vidi kada "gleda" kroz atmosferu prema tlu. To može biti snijeg i led, trava na travnjaku, krov zgrade ili lišće u krošnjama šume. Dakle, površinska temperatura kopna nije isto što i temperatura zraka koja je uključena u dnevni vremenski izvještaj.

LST je iznimno bitna za razne procese koji se izvode na tlu. Ona u velikoj mjeri utječe na poljoprivredu, ukoliko je previsoka može biti nepovoljna i za kulturu koja se uzgaja i za čovjeka koji ju obrađuje. Kao što je poznato, previsoka temperatura može izazvati sušu te uništiti čitavi plod. Međutim, puno je veći problem u urbanim i izgrađenim područjima na kojima se nalazi velika koncentracija ljudi. Zbog napučene gradnje i malog stupnja vegetacije, temperatura površine tla poprima poprilično visoke vrijednosti. Dakako, bitno je na naglasiti kako se

navedeno razlikuje ovisno o području na kojem se urbana sredina nalazi. Različita je situacija ukoliko se urbana sredina nalazi u žarkom ili hladnom zemljinom toplinskom pojasu.

3.2 Toplinski otoci

Toplinski otoci su područja na kojima je temperatura tla viša u odnosu na okolicu (URL 9). Najčešće su to urbanizirana područja. Objekti poput zgrada, cesta i golog tla apsorbiraju i ponovno emitiraju sunčevu energiju više u odnosu na vegetaciju i vodene površine. Ukoliko su kuće i zgrade izgrađene jedna blizu drugoj, te pritom nemaju doticanja s vegetacijom to uvelike može pridonijeti stvaranju toplinskih otoka. Urbana područja su gusto naseljena, što znači da ima puno ljudi na malom prostoru. Također su i gusto izgrađena, što znači da su zgrade jedne blizu drugoj. Današnji način gradnje je kad više nema mjesta za širenje urbanog područja, ono se gradi u visinu, na način da se stvaraju neboderi. Sva toplina zadržava se između zgrada stvarajući toplinske otoke. Noćne temperature ostaju visoke. To je zato što zgrade, nogostupi i parkirališta sprječavaju da se toplina koja dolazi iz zemlje diže u nebo. Budući da je toplina zarobljena na nižim razinama, temperatura je viša. Korištenje zelenih krovova, koji su krovovi zgrada prekriveni biljkama, pomaže ohladiti objekte. Biljke apsorbiraju ugljični dioksid, vodeći zagađivač. Također smanjuju toplinu okolnih područja. Osim toga, od velike je pomoći korištenje materijala svjetlijih boja na zgradama. Svjetle boje reflektiraju više sunčeve svjetlosti i zadržavaju manje topline. Urbani građevinski materijali još su jedan razlog zašto urbana područja zadržavaju toplinu. Mnogi moderni građevinski materijali su nepropusne površine. To znači da voda ne može teći kroz površine poput cigle ili komadića cementa kao što bi prolazila kroz biljku. Bez ciklusa protoka i isparavanja vode, ove površine nemaju čime hladiti. (URL 9)

U urbanim sredinama, veličina i razmak između zgrada također može imati utjecaja na stvaranje toplinskih otoka. Ukoliko je razmak između zgrada poprilično mali, može doći do blokiranja protoka vjetra koji bi donio efekte hlađenja. Osim toga, može utjecati na sposobnost materijala da apsorbira i oslobađa sunčevu energiju.

Postoji mnogo uzročnika nastajanja toplinskih otoka, neki od njih su vozila koja emitiraju stakleničke plinove i toplinu te klimatizacijski uređaji koji izbacuju višak topline iz zatvorenih prostora.

4. VEGETACIJSKI INDEX

4.1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Kako bi odredili gustoću vegetacije na površini zemlje, istraživači moraju analizirati različite spektralne kanale vidljive i bliske infracrvene sunčeve svjetlosti koju reflektiraju biljke. Kao što se može vidjeti kroz prizmu, spektar sunčeve svjetlosti sačinjen je od mnogo različitih valnih duljina. Kada sunčeva svjetlost padne na objekte, fotoni koji se kroz prostor kreću na određenim valnim duljinama spektra se apsorbiraju, a druge se valne duljine reflektiraju. Pigment u lišću biljke, klorofil, snažno apsorbira vidljivu svjetlost (od 0,4 do 0,7 μm) za korištenje u fotosintezi. Stanična struktura lišća, s druge strane, snažno reflektira blisko infracrveno svjetlo (od 0,7 do 1,1 μm)(URL 10).

NDVI zapravo pokazuje količinu vegetacije na pojedinom području. Njegova vrijednost se kreće unutar raspona od -1 do 1. Ukoliko su vrijednosti negativne, to ukazuje na činjenicu da na tom području nema nikakve vegetacije, odnosno da se na tom području najvjerojatnije nalazi voda. Pozitivne vrijednosti pokazuju postojanje vegetacije, te što je indeks bliži +1 to je veća mogućnost da se radi o gusto zelenom lišću. Kada je NDVI blizu 0, vjerojatno nema zelenog lišća i moglo bi se čak raditi o urbaniziranom području. Ako je koeficijent refleksije nizak u crvenom kanalu i visok u NIR kanalu, to će dati visoku NDVI vrijednost, i obrnuto.

NDVI se izračunava pomoću vrijednosti blisko infracrvenog (koje vegetacija snažno reflektira) i crvenog dijela elektromagnetskog spektra (koje vegetacija apsorbira). U nastavku je prikazana formula za izračun NDVI (1) (URL 10).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

gdje je: NIR Near Infrared Reflectance Value

RED Infrared Reflectance Value

Zdrava vegetacija (sadržava veliku količinu klorofila) reflektira više NIR i zelenog dijela spektra u usporedbi s drugim valnim duljinama, a apsorbira više crvene i plave valne duljine. Zbog toga naše oči vide vegetaciju kao zelenu boju. (URL 11)

4.2 Environmental Critically Index (ECI)

ECI je definiran kao indeks koji prikazuje kritična područja na temelju podataka površinske temperature, LST-a, i vegetacijskog pokrova, NDVI-a. U analizi provedenoj u radu (Senanayake et al. 2013a), autori su zaključili da LST i NDVI imaju izravne i obrnuto proporcionalne odnose. Za početak, i LST i NDVI se rastegnu na 1-255 vrijednosti piksela zbog povećanja jasnoće i kontrasta te izbjegavanja beskonačno malih vrijednosti. Zatim se rješenje dobije količnikom LST sa NDVI. Viši rezultati obično ukazuju na veće razine kritičnosti ili degradacije okoliša. Ovi se rezultati mogu agregirati kako bi se dobila ukupna procjena kritičnosti za okoliš.

Međutim, postoji druga metoda kojom je moguće izračunati ECI. Autori (Lutfi i drugi, 2023) u svom istraživanju 2023. godine tvrde kako je prethodno navedena metoda zastarjela jer je rezultate bilo potrebno doraditi. Metoda se koristila za snimke satelitskog sustava Landsat 7. Za otkrivanje suše, snimke satelitskog sustava Landsat 8 su puno bolje od sustava Landsat 7.

Prvi korak je računanje NDVI vegetacijskog indeksa(1).

Zatim se računa NDBI, odnosno *Normalized Difference Built-up Index*. To je indeks koji se koristi za identifikaciju urbaniziranih i izgrađenih područja pomoću spektralnih kanala digitalnih snimki. Može biti od velike koristi kod prostornog planiranja, studija utjecaja na okoliš, praćenje urbanizacije i slično. Ovaj indeks se računa prema formuli (2):

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

gdje je: gdje je: SWIR Shortwave Infrared Reflectance Value

NIR Near Infrared Reflectance Value

Razlika NDBI i NDVI naziva se *Built-Up_Index* (BU). Ukoliko je razina vegetacije smanjena, urbana područja će se jače istaknuti. On također izdvaja urbana područja na način kao i NDBI. On se računa prema formuli (3):

$$BU = NDBI - NDVI \quad (3)$$

Završni korak je računanje ECI. Kao što je već navedeno, NDVI je obrnuto proporcionalan s LST. Osim toga, NDVI se smanjuje na području na kojem se NDBI povećava i obrnuto. Povećanja površinske temperature su izravno povezane sa ECI. Stoga se ECI računa slijedećom formulom (4):

$$ECI = LST * BU \quad (4)$$

5. ZAGREBAČKA ŽUPANIJA

Slika 1. prikazuje sva naselja u Zagrebačkoj županiji. Njezin reljef je vrlo raznolik, na zapadu prevladavaju brežuljkasti i gorski krajevi, dok na istoku i jugu prevladavaju nizine. Najviši dijelovi su Samoborsko gorje i Žumberačka gora. Na jugu se nalaze niske Vukomeričke gorice koje razdvajaju Turopolje i Pokuplje. Na istoku se nalaze najveće ravnice. Najveća rijeka u Zagrebačkoj županiji je Sava čijem porječju pripadaju Odra, Lonja, Kupa, Krapina i dr. Najveći prihod daju industrija i trgovina, te za njima slijede poljoprivreda i promet. Poljoprivreda je najrazvijenija u vrbovečkom kraju, a vinogradarstvo u zelinskom i jastrebarskom kraju. Pokraj Ivanić-Grada ima nalazišta nafte i zemnog plina. U mnogim naseljima nalaze se manja industrijska poduzeća. Kroz Zagrebačku županiju prolazi nekoliko državnih autocesta koje imaju polazište/dolazište u gradu Zagrebu, a to su: A1, A2, A3 i A4. Također, sadrži i nekoliko željezničkih pravaca koji polaze iz Zagreba prema Karlovcu i Rijeci, te prema Slavonskom Brodu, Sisku, Koprivnici i Varaždinu.

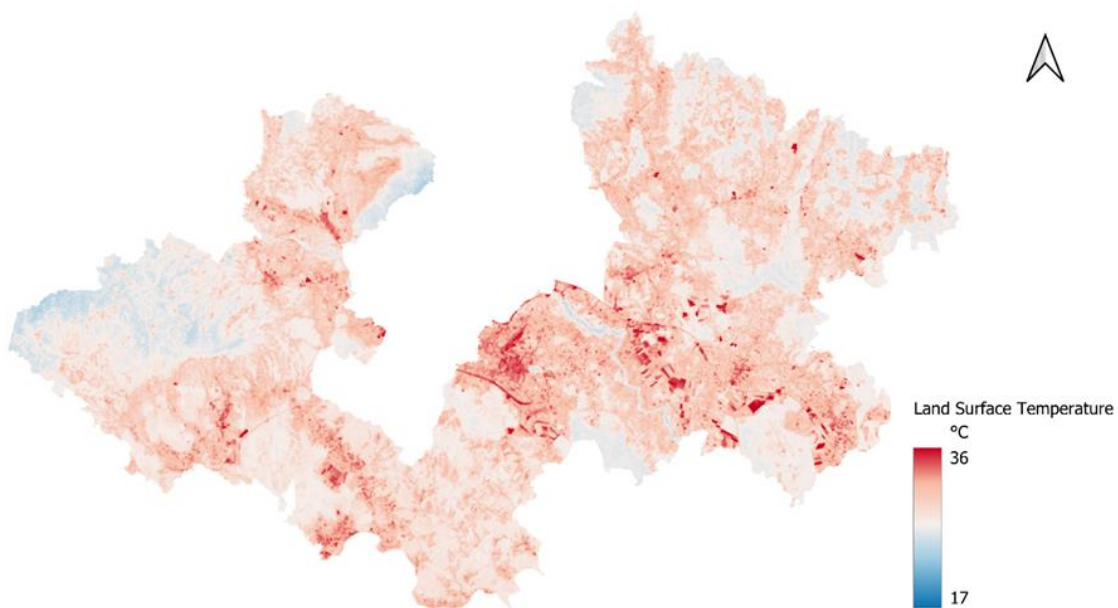


Slika 1. Naselja Zagrebačke županije

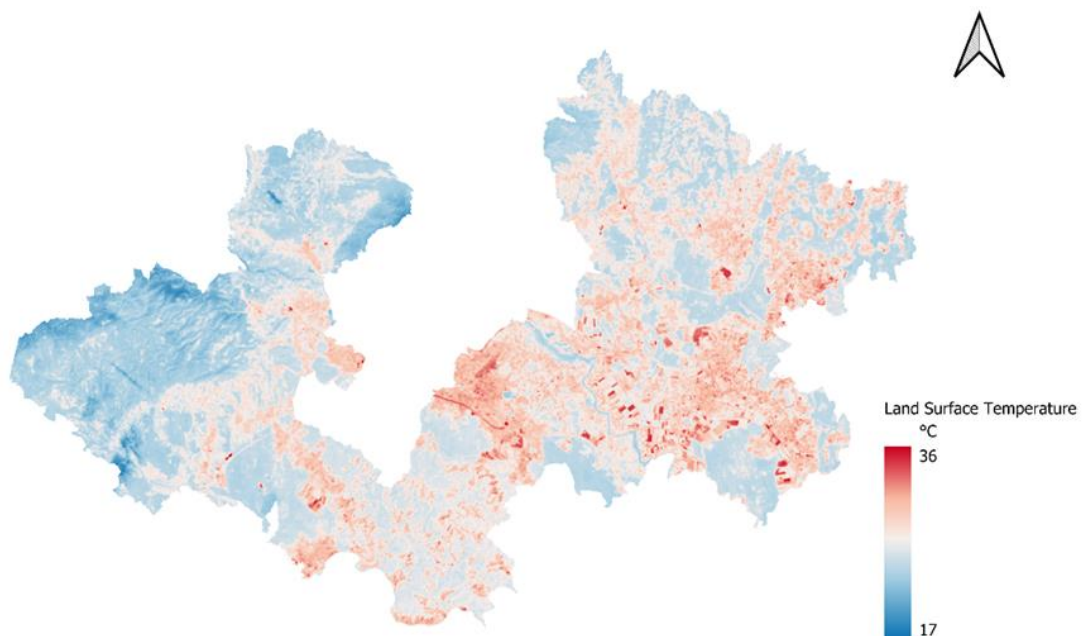
6. REZULTATI LST

6.1 LST

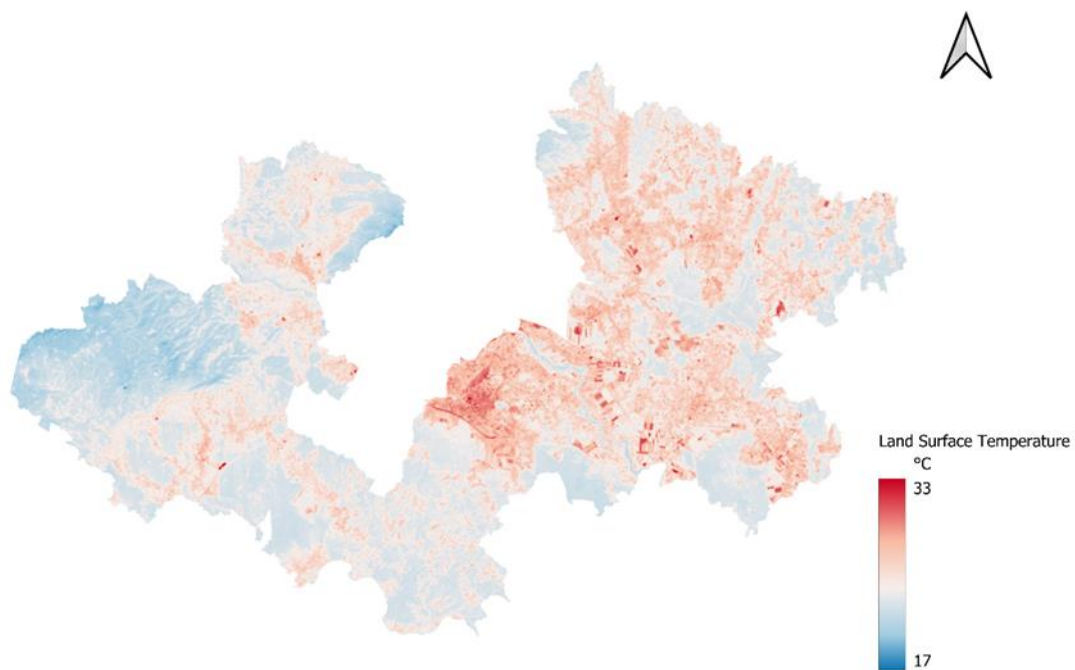
U nastavku su prikazani rezultati LST-a na području Zagrebačke županije u periodu od 2015. do 2023. godine. Izračun LST-a izvršen je u *Raster Calculatoru* koji je dio *QGIS* softvera. Dobiveni rezultati su u stupnjevima Celzijevim.



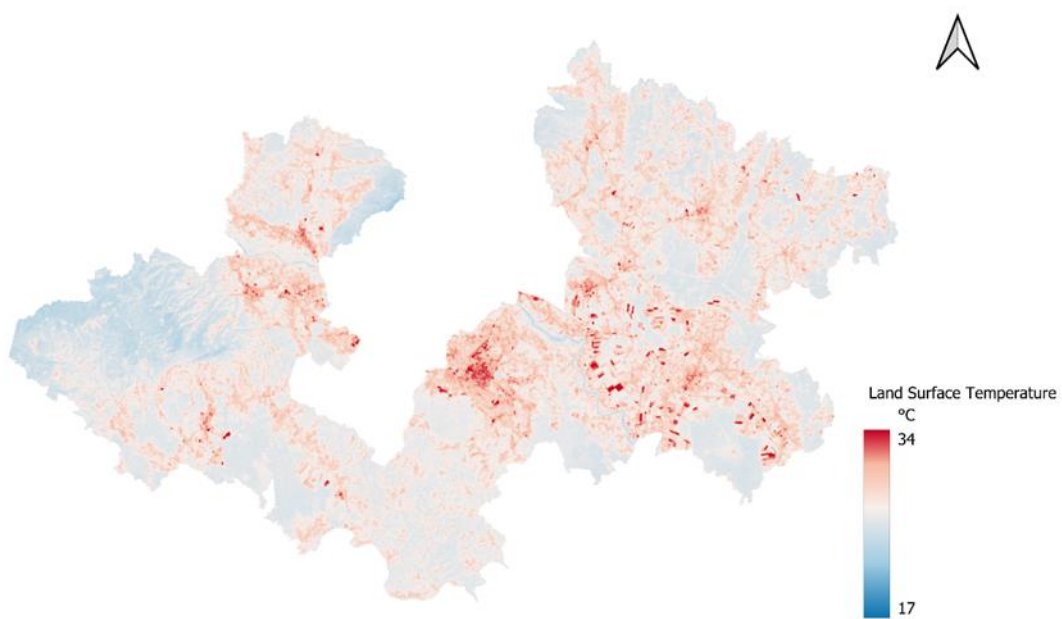
Slika 2. LST za 19.07.2015.



Slika 3. LST za 25.08.2017.



Slika 4. LST za 31.08.2019.



Slika 5. LST za 26.08.2023.

Na slikama 2-5 su prikazane izračunate vrijednosti LST-a za područje Zagrebačke županije. Za to su korišteni spektralni kanali satelitskog sustava Landsat 8. Na slikama je vidljivo da se temperatura tla mijenja ovisno o godinama. Naime, postoji niz parametara zbog kojih se temperatura tla može promijeniti. Treba uzeti u obzir mogućnost padalina nekoliko dana prije prolaska satelita ili prisutnost suše u promatranom periodu. Osim toga, nastojalo se proučiti u kojoj je mjeri područje urbanizirano u zadanom periodu. 2021. godina izuzeta je iz istraživanja iz razloga što nije bilo moguće pronaći snimke koje zadovoljavaju odgovarajuću zaklonjenost oblaka.

Promjene po godinama najbolje se mogu uočiti ukoliko se snimke oduzmu jedne od drugih. Navedena radnja izvršena je u Raster Calculatoru u QGIS softveru te se prikazuje u nadolazećem poglavlju.

Prema dobivenim rezultatima, vidljivo je da je najveća prisutnost toplinskih otoka na urbanim područjima. Osim toga, nazire se visoka temperatura na pojedinim poljoprivrednim česticama gdje se proteže golo tlo na ruralnom području. Opasnost od toplinskih otoka ovisi o području i koncentraciji ljudi koja ondje biva. Primjerice, poljoprivredne čestice koje imaju višu temperaturu od okolnog tla koje ga okružuje znači da je to područje opasno samo za osobu koja se tamo nalazi i obrađuje ga. Situacija je drugačija u gradovima. Može se uzeti za primjer Velika Gorica, koja u svakoj godini prikazuje dominantost po veličini toplinskih otoka u odnosu na ostatak Zagrebačke županije. Ona je ujedno i najveći i najmnogoljudniji grad u cijeloj županiji. S druge strane, vidi se koliko Samoborsko i Žumberačko gorje imaju pozitivan utjecaj na okolno područje. Grad Samobor je drugi najveći grad u županiji, a temperatura tla je neusporedivo manja od Velike Gorice.

6.2 Razlika LST-a po godinama

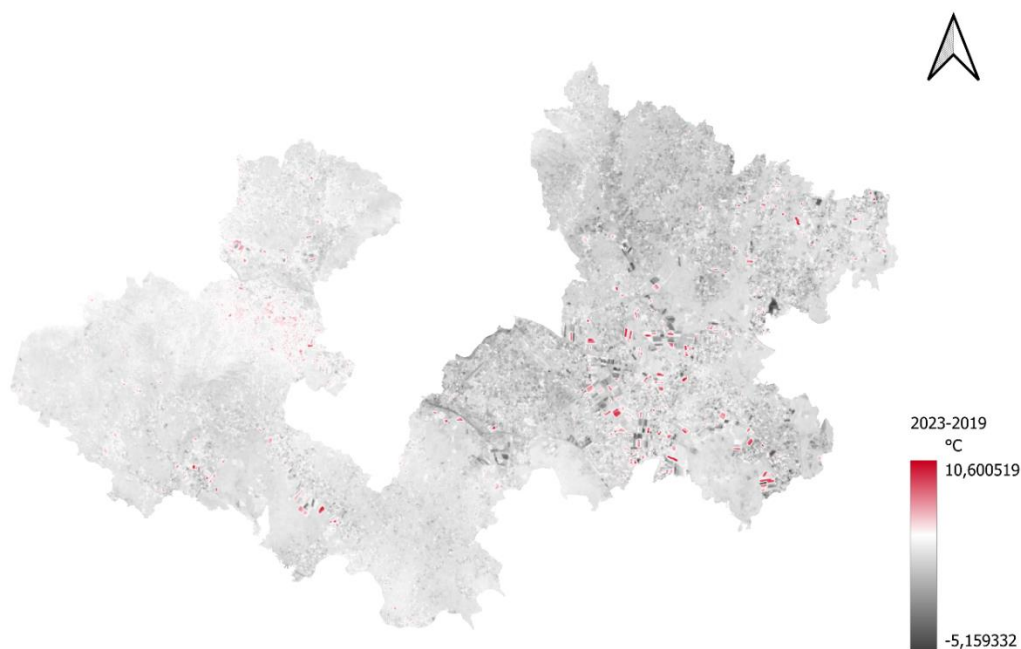
Razlikom LST-a po godinama prikazano je koliko se područje promijenilo u određenom periodu. Korišten je *Raster Calculator* koji je dio *QGIS* softvera.



Slika 6. Razlika u temperaturi između 2015. i 2017. godine



Slika 7. Razlika u temperaturi između 2017. i 2019. godine



Slika 8. Razlika u temperaturi između 2019. i 2023. godine



Slika 9. Razlika u temperaturi između 2015. i 2023. godine

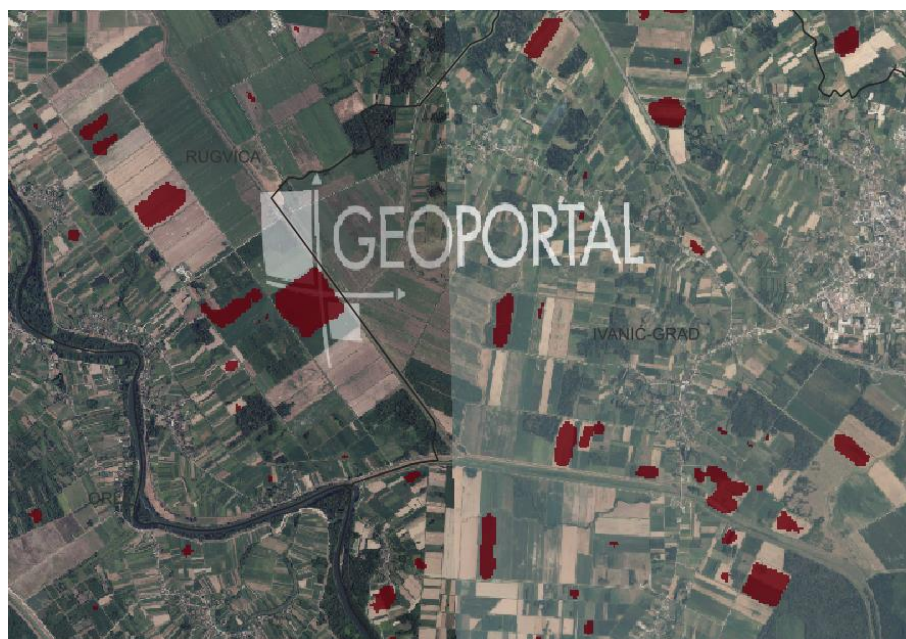
Na slikama 6-9 prikazane su razlike u LST prikazima po godinama u kojima je provedena analiza, 2015-2023. g. Zapadna strana županije nema značajnije promjene, dok se na istočnoj

strani mogu uočiti pojedine razlike. Prvi primjer je promjena na području grada Vrbovca (*Slika 10.*) gdje se nalazi najveća promjena u temperaturi u periodu od 2015. do 2017. godine. Vidljivo je kako se promjena odnosi na područje golog tla, što je vrlo vjerojatno uzrok promjene kulture na tom području. Odnosno, 2015. godine se na tom području mogao nalaziti npr. kukuruz, dok je 2017. godine tlo u odmaranju. Takve pretpostavke mogu se provjeriti preko vrijednosti NDVI-a, koji nam pokazuje kolika je postojanost vegetacije na pojedinom području.



Slika 10. Razlika u gradu Vrbovcu

Na *Slici 9.* je vidljivo koliko se zapravo izgrađenost županije promijenila u zadanom periodu. Može se vidjeti kako se promjene odnose na poljoprivredne čestice te nema značajnijeg porasta izgrađenih objekata. Između ostalog, da bi se izgrađeni objekt uočio na ovim snimcima trebao bi biti većih dimenzija. Razlog tome leži u činjenici što je rezolucija ovih satelitskih snimki 30 x 30m. Stoga do izražaja uglavnom dolaze samo velike poljoprivredne čestice. *Slika 11.* prikazuje promjenu od 2015. do 2023. godine za područje općine Rugvica i grada Ivanić-Grada.



Slika 11. Prikaz promjena na području općine Rugvica i grada Ivanić-Grada

Također, detektirana je velika promjena u temperaturi tla na području Svete Nedelje (*Slika 12.*). Usporedbom starijih i novijih DOF snimaka može se vidjeti razlog koji je doveo do prikazane promjene.



Slika 12. Promjena u temperaturi tla na području Svete Nedelje



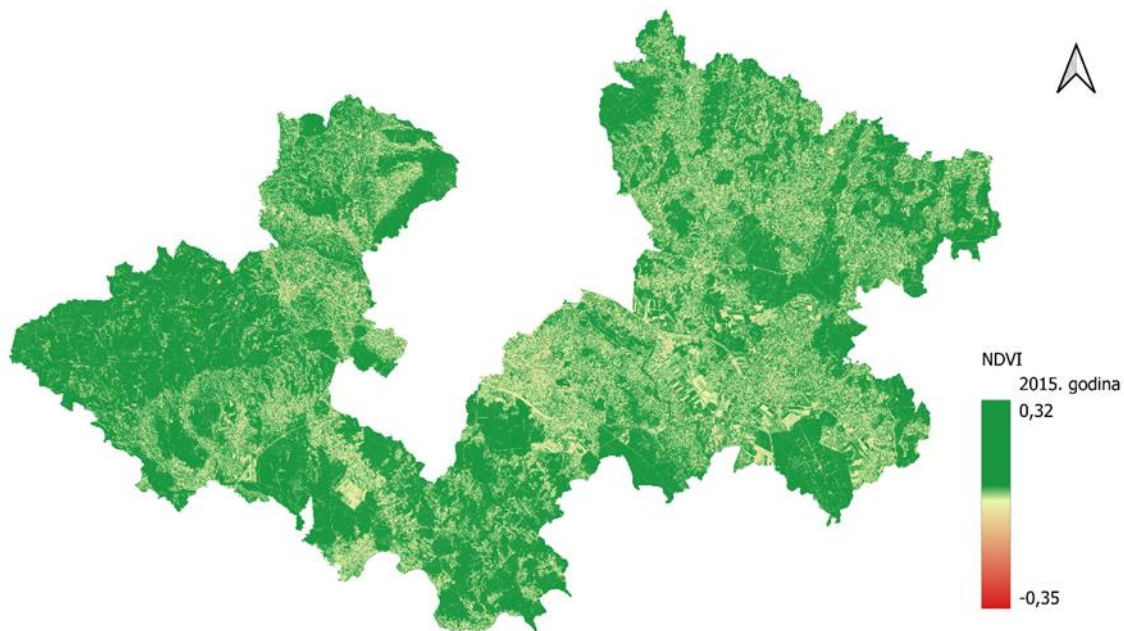
Slika 13. DOF snimak navedene promjene temperature

Na *Slici 13.* lijeva strana prikazuje DOF iz 2014/16 godine, a desna strana DOF iz 2022. godine. Jasno se vidi kako je promjena vrlo lako detektirana i uočena i na satelitskim snimkama. Izgrađeni objekt predstavlja tvornicu automobila tvrtke Rimac.

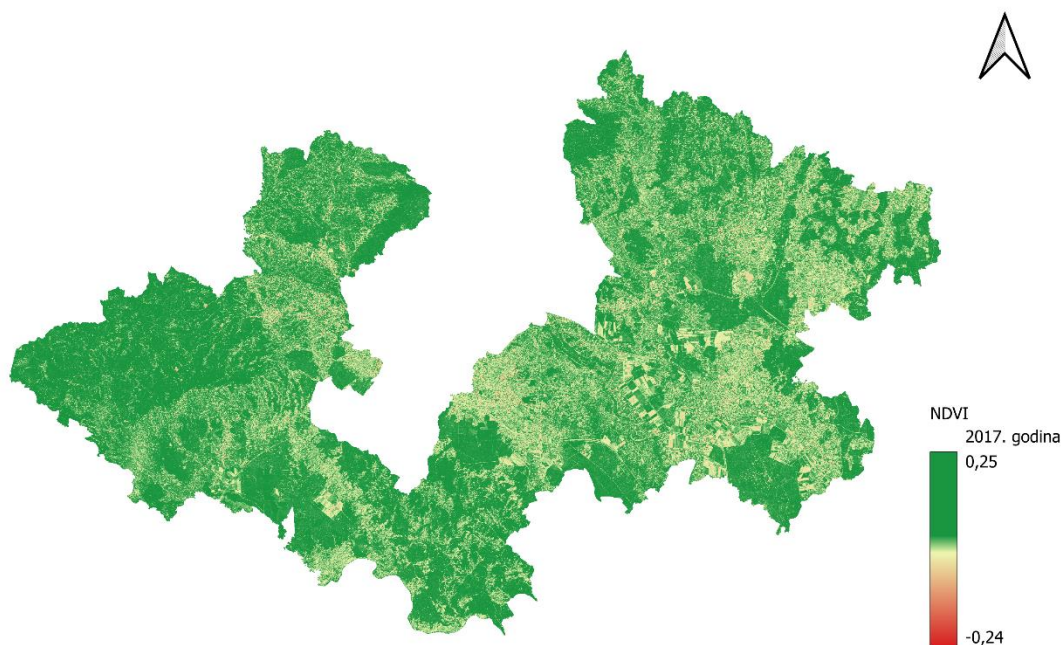
7. REZULTATI NDVI

7.1 NDVI

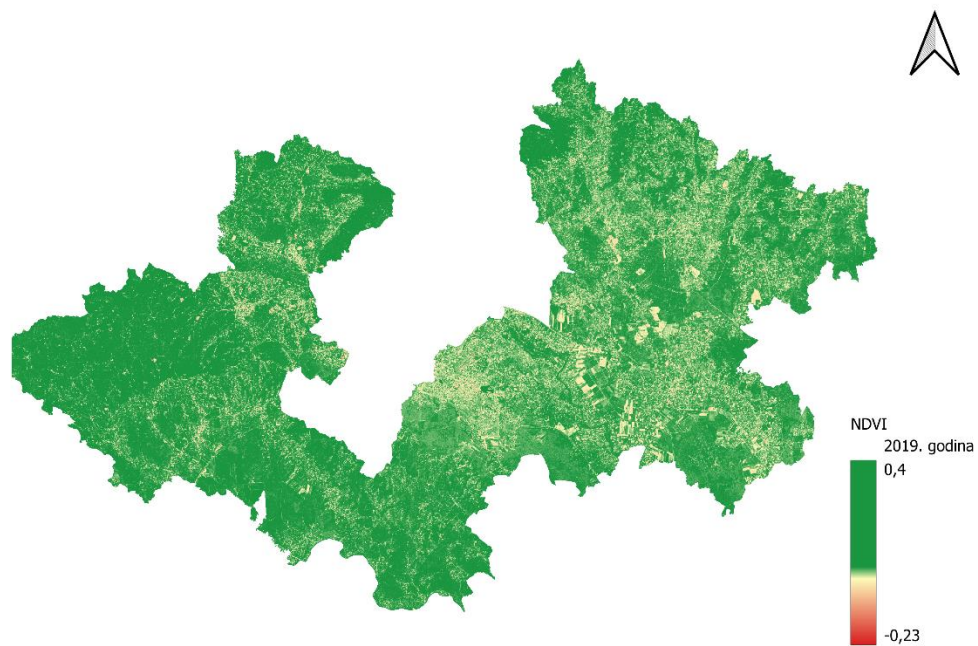
U nastavku su prikazani rezultati NDVI-a na području Zagrebačke županije u periodu od 2015. do 2023. godine. Izračun je izvršen u *Raster Calculatoru* koji je dio *QGIS* softvera.



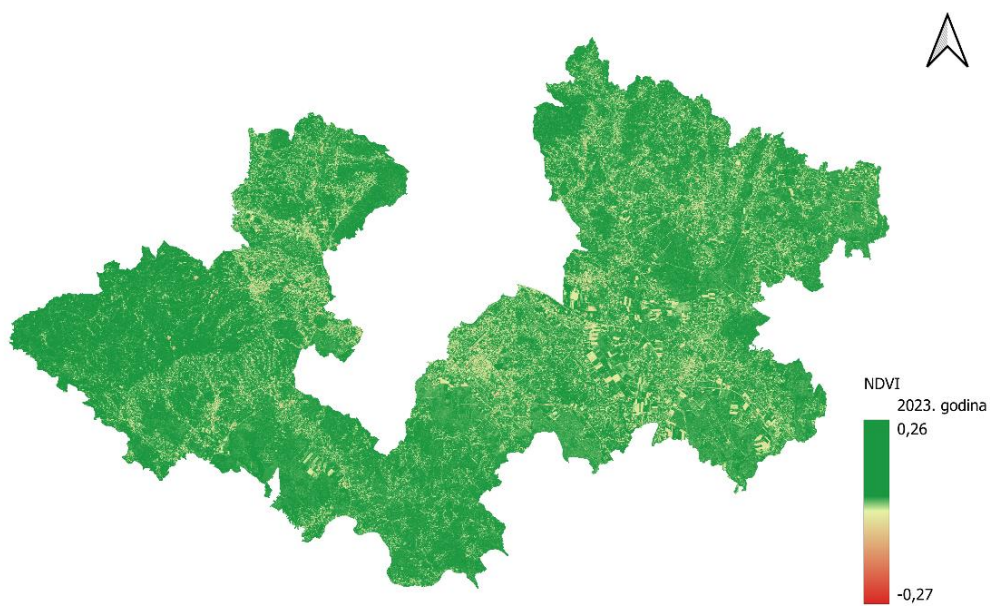
Slika 14. NDVI za 2015. godinu



Slika 15. NDVI za 2017. godinu



Slika 16. NDVI za 2019. godinu



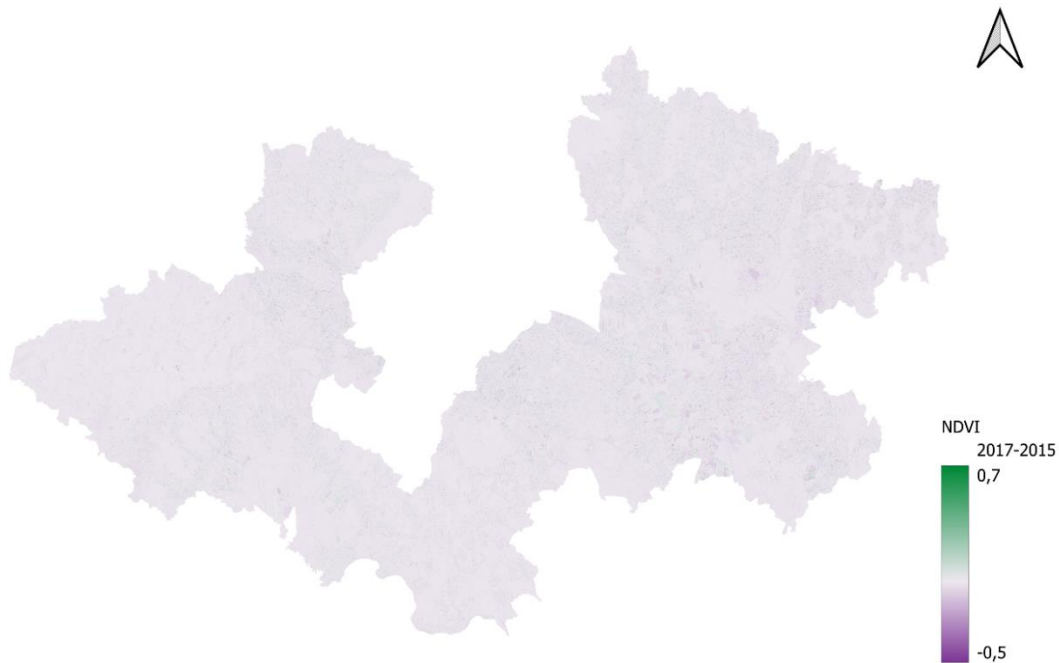
Slika 17. NDVI za 2023. godinu

Na slikama 14-17 su prikazani dobiveni rezultati NDVI-a za period od 2015. do 2023. godine. Zelena boja, odnosno pozitivne vrijednosti NDVI-a ukazuju na područje prekriveno vegetacijom. Bijela boja prikazuje područje na kojem nema vegetacije te sadrži vrijednost 0. Ona uglavnom prikazuje izgrađene objekte. Crvena boja, odnosno negativne vrijednosti NDVI, prikazuje mjesta na kojima nema vegetacije. Označava područje na kojem se najvjerojatnije nalazi voda. Vidljivo je da postoji jako mala količina negativnih vrijednosti, iako bi ona trebala prikazati protezanje rijeke Save. Pozitivne vrijednosti prikazuju kako na području Zagrebačke županije nema gusto zelenog lišća, kao što je primjer u nekim prašumskim područjima gdje vrijednost NDVI-a može sezati do +1.

Može se primijetiti kako se NDVI ne mijenja značajno kroz godine. Međutim, usporedba se može bolje uočiti ukoliko se rezultati međusobno oduzmu. Također, ukoliko se uzmu u obzir i rješenja LST-a vidljivo je kako se toplinski otoci nalaze na područjima na kojima nedostaje vegetacije.

7.2 Razlika NDVI po godinama

Razlikom NDVI-a po godinama prikazano je koliko se područje promijenilo u određenom periodu. Korišten je *Raster Calculator* koji je dio *QGIS* softvera.



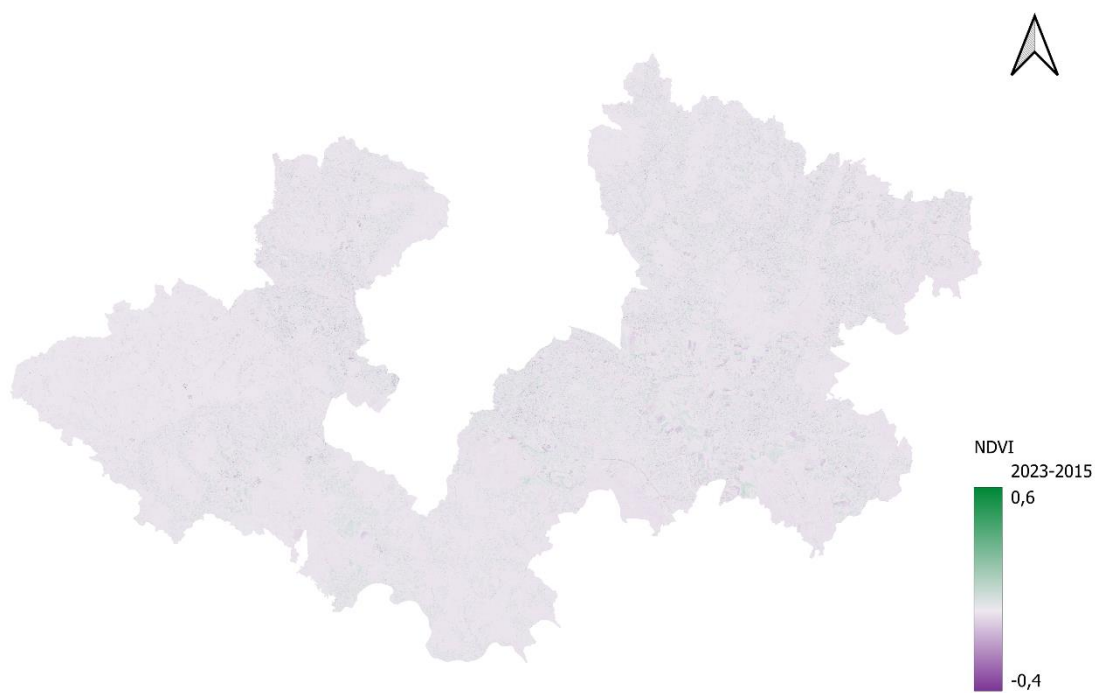
Slika 18. Razlika NDVI od 2015. do 2017. godine



Slika 19. Razlika NDVI od 2017. do 2019. godine

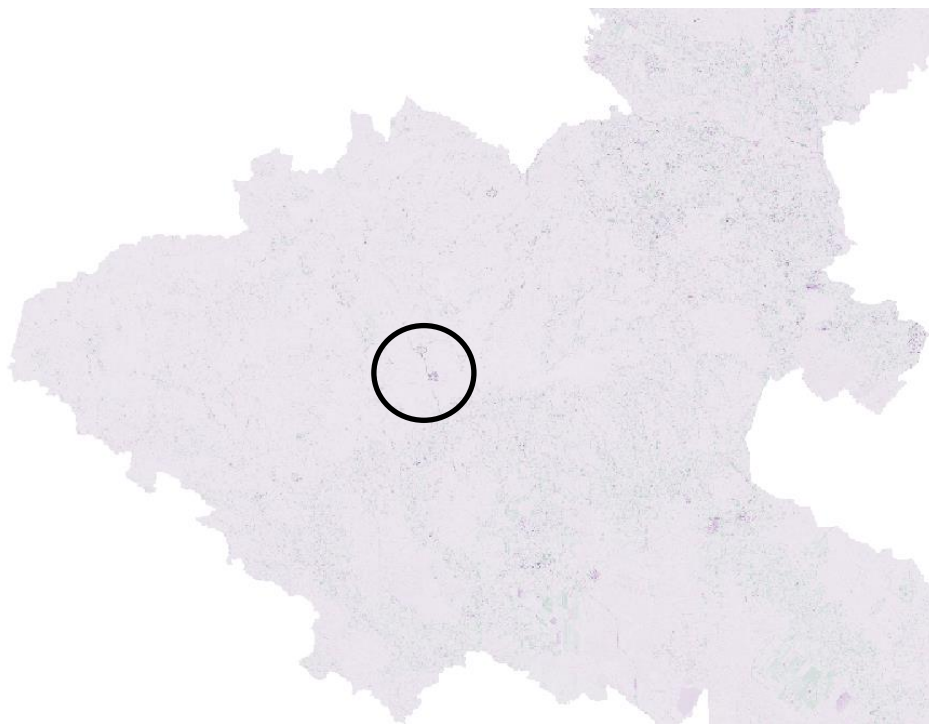


Slika 20. Razlika NDVI od 2019. do 2023. godine



Slika 21. Razlika NDVI od 2015. do 2023. godine

Na slikama 17-21 su prikazane razlike NDVI-a po godinama. Može se uočiti kako razlika gotovo i nema. Situacija je ista kao i kod LST-a. Promjene su uglavnom na poljoprivrednim česticama i ponegdje na područjima urbanih sredina. Međutim, na ovaj način može se pratiti i deforestacija. Idealan primjer za to je Samoborsko gorje i Žumberačko gorje. Koristeći DGU servise lako se može provjeriti je li uistinu došlo do određene promjene ili je dobivena pogreška NDVI-om. *Slika 22.* prikazuje promjenu na Samoborskom gorju u periodu od 2015. do 2023. godine.



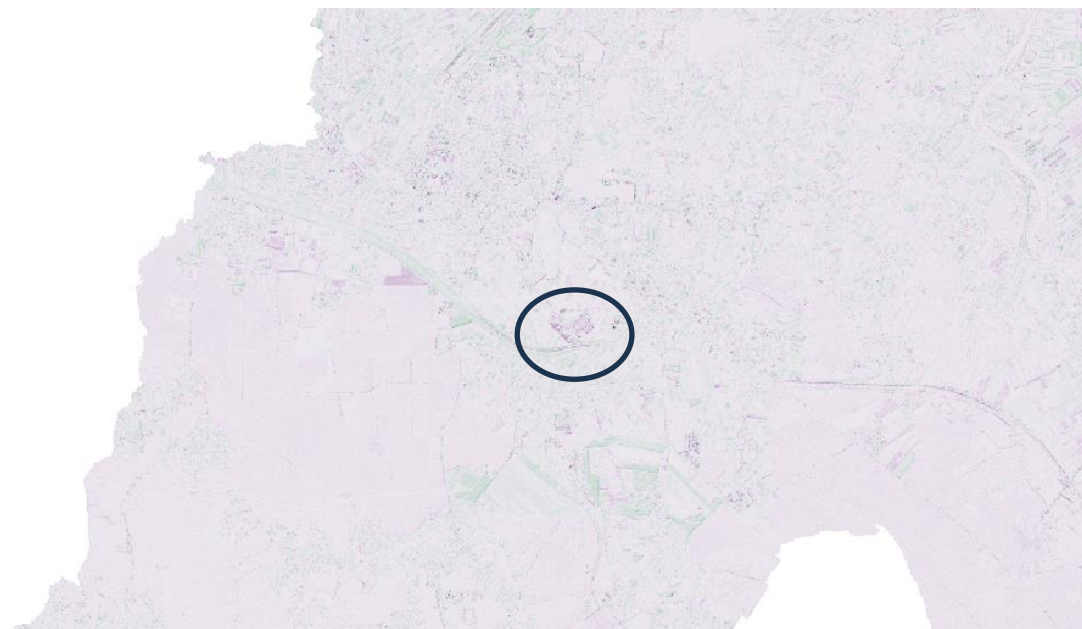
Slika 22. Promjena na Samoborskom gorju



Slika 23. Deforestacija Samoborskog gorja

Slika 23. prikazuje deforestaciju na području Samoborskog gorja. S lijeve strane je DOF iz 2014/16 godine, a s desne strane DOF iz 2022. godine. Vidljiva je očita promjena u smanjenju vegetacije na tom području. Također, na taj način dokazuje se da je NDVI-om moguće detektirati takva područja brzo, pomoću otvorenih podataka (Landsat misije) i otvorenog softvera (QGIS).

Drugi primjer je promjena na području Velike Gorice (*Slika 24.* i *Slika 25.*).



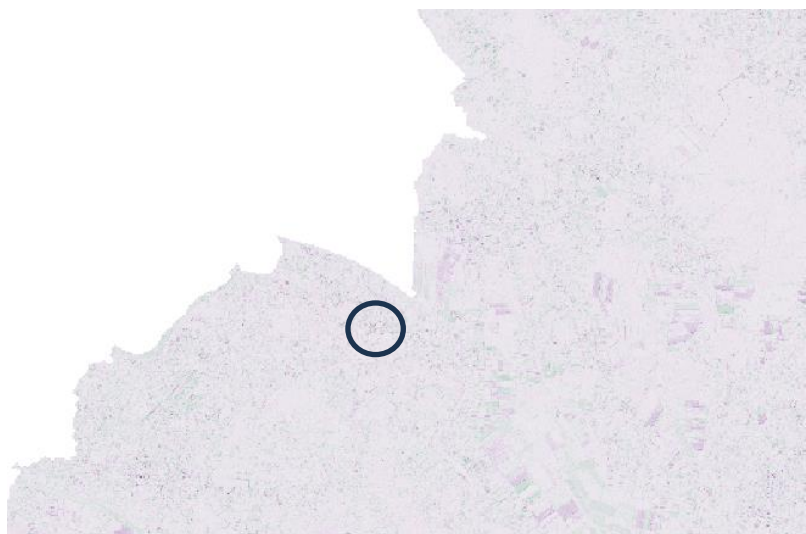
Slika 24. Promjena u Velikoj Gorici



Slika 25. DOF prikaz

Na slici 25, na lijevoj strani je prikazan DOF iz 2014/16 godine, a na desnoj DOF iz 2022. godine. Vidljivo je kako je na području izgrađeno više objekata, odnosno skladišnih prostora.

Slijedeći primjer prikazuje područje Općina Rugvica gdje se nalazi nekoliko jezera, IGM šljunčara te asfaltna baza SWIETELSKY d.o.o. Navedeno je prikazano na *Slici 26.*, *Slici 27.* i *Slici 28.*



Slika 26. Primjer promjene na području Općine Rugvica



Slika 27. DOF prikaz 2014/16 godine

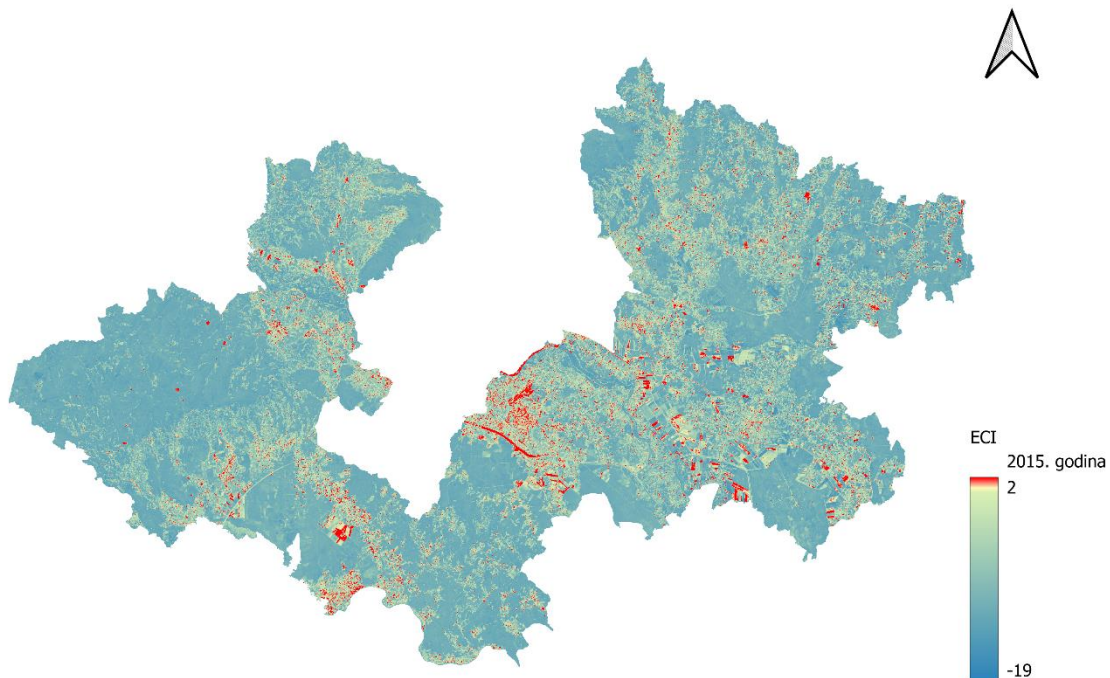


Slika 28. DOF prikaz 2022. godine

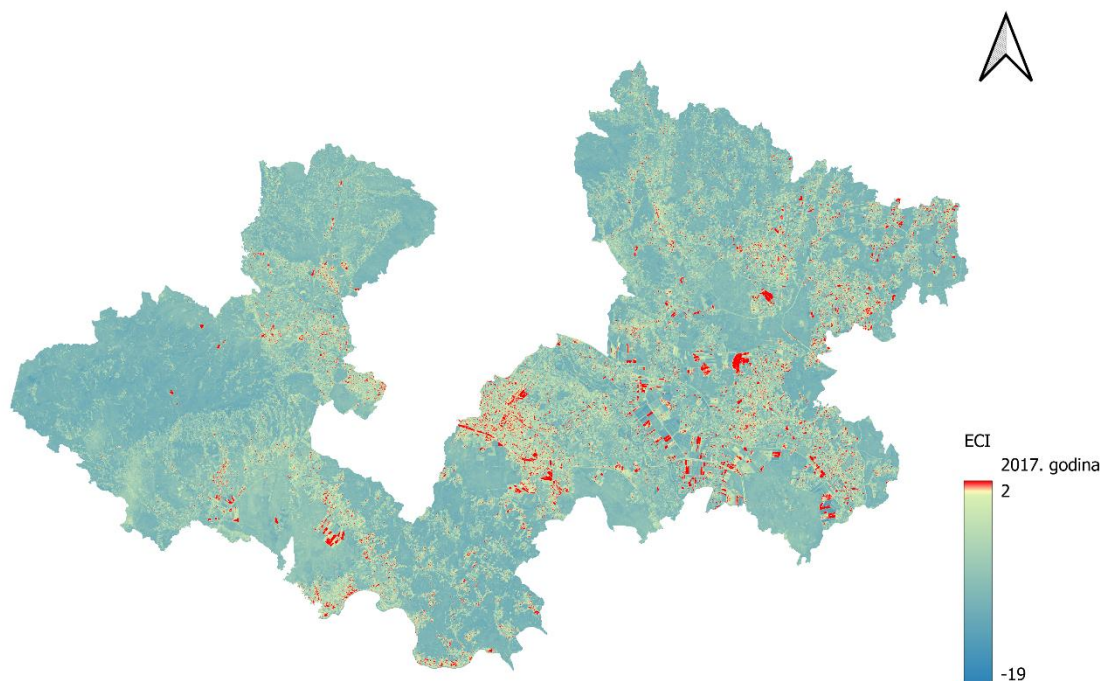
Može se vidjeti kako dio područja koje je ranije bilo prekriveno vegetacijom trenutno prekriveno područjem na kojem se nalazi jezero, te da je cijelo izgrađeno područje povećano skoro za trećinu. Iako se najveći broj promjena odnosi na poljoprivredne čestice, ipak se detaljnijim istraživanjem mogu naći i primjeri poput gore navedenih.

8. ECI (ENVIRONMENTAL CRITICALITY INDEX)

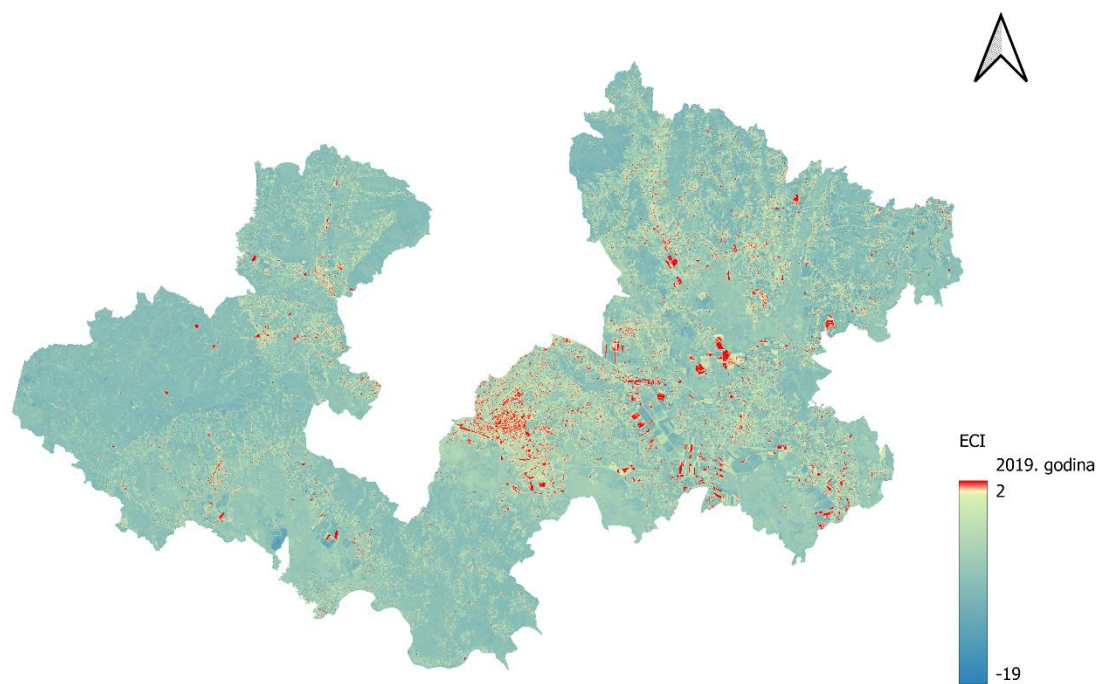
U nastavku su prikazani rezultati ECI-a na području Zagrebačke županije u periodu od 2015. do 2023. godine. Korišten je *Raster Calculator* koji je dio *QGIS* softvera.



Slika 29. ECI za 2015. godinu



Slika 30. ECI za 2017. godinu



Slika 31. ECI za 2019. godinu



Slika 32. ECI za 2023. godinu

Na slikama 29-32 su prikazane vrijednosti ECI-a na području Zagrebačke županije za odabrani period od 2015. do 2023. godine. Crvene vrijednosti prikazuju područja visoke kritičnosti, svijetlo zelena boja predstavlja srednje vrijednosti ECI, a plava boja predstavlja područje gdje nema opasnosti. Kritična područja, odnosno visoke vrijednosti ECI, imaju koeficijent veći od 2, a srednje vrijednosti ECI kreću se između 0,5 do 2 te obuhvaćaju uglavnom izgrađena područja koja ne pripadaju kritičnima. Može se vidjeti kako se ECI mijenja po godinama, ovisno o temperaturi tla i stupnju vegetacije na pojedinom području. Područja gdje ECI prikazuje visoku kritičnu vrijednost također se poklapa sa visokim LST-om i niskim NDVI-om.

U svrhu isticanja područja koja se ponavljaju u svim godinama, upotrijebljen je logički operator „AND“ unutar *Raster Calculator* opcije u QGIS-u. Rezultat je prikazan na *Slici 33*.



Slika 33. ECI potvrđen u svim godinama analiziranja

Može se vidjeti kako se samo mali broj kritičnih područja ponavlja tijekom određenog perioda na području cijele Zagrebačke županije. Kao što je navedeno, podosta kritičnih promjena i područja sa visokim LST čine poljoprivredne čestice na kojima se nalazi golo tlo. Međutim, može se vidjeti kako se veliki broj kritičnih područja koja se ponavljaju iz godine u godinu nalazi upravo na području Velike Gorice gdje su i najveće vrijednosti LST-a.

9. USPOREDBA TEMPERATURE TLA I TEMPERATURE ZRAKA

Kako bi se provjerila usklađenost temperatura tla i zraka, preuzeti su arhivski podaci o temperaturi zraka za dan kada je snimka nastala. Također, bilo bi poželjno kada bi se pronašao podatak o temperaturi zraka za točno određeno vrijeme prolaska satelita, međutim taj podatak nije poznat. Stoga je usporedba izvršena s pretpostavkom da se temperatura tla nije u mnogome promijenila od vremena mjerenja temperature zraka.

Za primjer je određena meteorološka postaja na području Velike Gorice (*Slika 34.*). Nalazi se nedaleko zračne luke dr. Franjo Tuđman.



Slika 34. Položaj meteorološke postaje Velike Gorice

Podatak o temperaturi zraka za dan 19.07.2015. godine prikazan je na *Slici 35.*, a dobiveni rezultat LST-a prikazan je na *Slici 36.*

Velika Gorica 19.07.2015.

Dnevna količina oborine*	0 mm
Najviša dnevna temperatura**	37.1 °C
Najniža dnevna temperatura***	24.4 °C

* period od 18:00 UTC prethodnog do 18:00 UTC tekućeg dana

** period od 6:00 UTC do 18:00 UTC tekućeg dana; mjeri se tzv. maksimalnim termometrom na kojem ostaje zbilježena najviša ostvarena temperatura

*** period od 18:00 UTC prethodnog do 6:00 UTC tekućeg dana

Slika 35. Temperatura zraka 19.07.2015.



Slika 36. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 19.07.2015.

Postoji razlika od 3°C između temperature zraka i temperature tla za područje meteorološke postaje koja se nalazi u Velikoj Gorici. Važno je napomenuti kako se ni ne očekuje potpuno međusobno poklapanje temperature tla i zraka. Bitno je samo proučiti kakvi su bili vremenski uvjeti prilikom snimanja satelita jer se to uvelike odnosi na dobivene rezultate. Može se zaključiti kako su za vrijeme prolaska satelita vremenski uvjeti bili pogodni te očekivani za odabrani period.

Podatak o temperaturi zraka za dan 25.08.2017. godine prikazan je na *Slici 37.*, a dobiveni rezultat LST-a prikazan je na *Slici 38.*

Velika Gorica 25.08.2017.

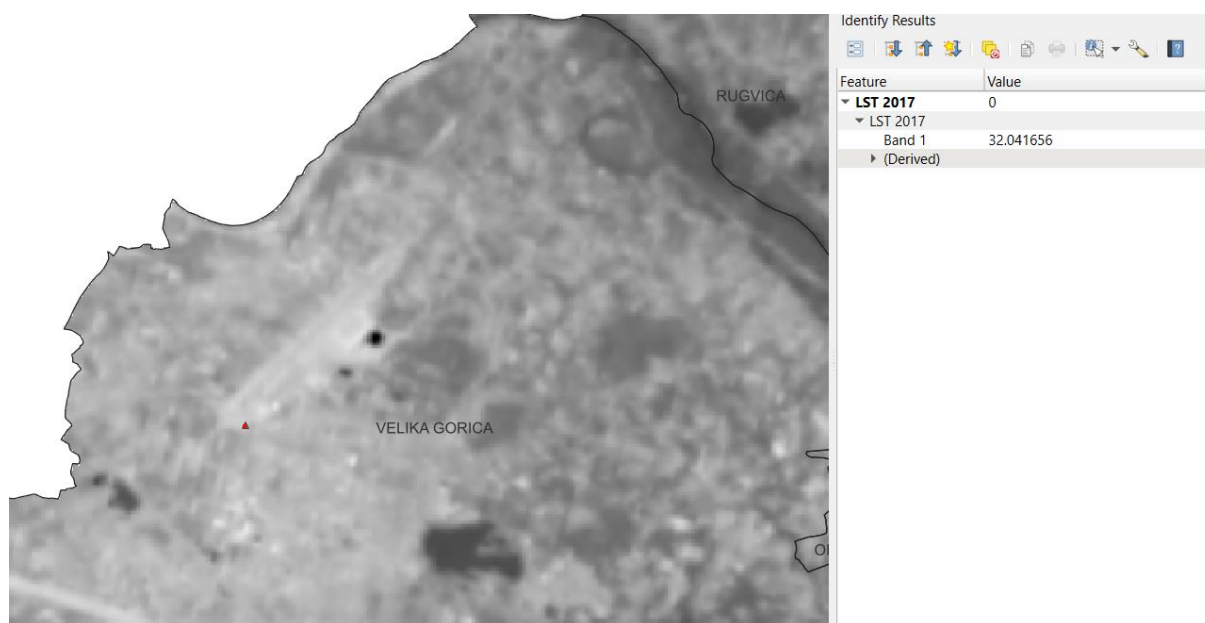
Dnevna količina oborine*	0 mm
Najviša dnevna temperatura**	34.2 °C
Najniža dnevna temperatura***	18.1 °C

* period od 18:00 UTC prethodnog do 18:00 UTC tekućeg dana

** period od 6:00 UTC do 18:00 UTC tekućeg dana; mjeri se tzv. maksimalnim termometrom na kojem ostaje zbilježena najviša ostvarena temperatura

*** period od 18:00 UTC prethodnog do 6:00 UTC tekućeg dana

Slika 37. Temperatura zraka 25.08.2017.



Slika 38. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 25.08.2017.

Može se vidjeti kako se temperatura zraka i temperatura tla na području u meteorološkoj postaji u Velikoj Gorici razlikuju za 2°C. Najviša dnevna temperatura zraka iznosi 34,2°C, dok je procijenjena temperatura tla u vrijeme prolaska satelita iznosila 32°C. Razlika nije velika, međutim postoji mogućnost da su temperature određene u različito vrijeme u danu, što se ne može sa sigurnošću utvrditi.

Podatak o temperaturi zraka za dan 31.08.2019. godine prikazan je na *Slici 39.*, a dobiveni rezultat LST-a prikazan je na *Slici 40.*

Velika Gorica 31.08.2019.

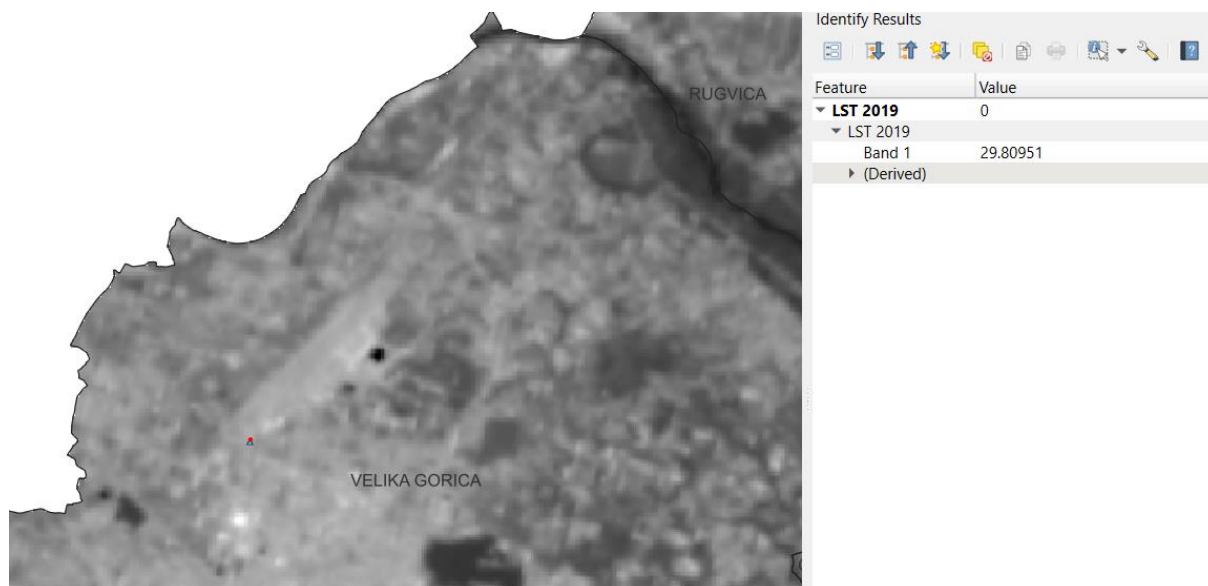
Dnevna količina oborine *	0 mm
Najviša dnevna temperatura **	32.5 °C
Najniža dnevna temperatura ***	20.4 °C

* period od 18:00 UTC prethodnog do 18:00 UTC tekućeg dana

** period od 6:00 UTC do 18:00 UTC tekućeg dana; mjeri se tzv. maksimalnim termometrom na kojem ostaje zbilježena najviša ostvarena temperatura

*** period od 18:00 UTC prethodnog do 6:00 UTC tekućeg dana

Slika 39. Temperatura zraka 31.08.2019.



Slika 40. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 31.08.2019.

U ovom slučaju, poprilično je slična situacija kao i za prethodne godine. Vidljivo je odstupanje od 2°C. Najviša dnevna temperatura zraka iznosila je 32,5°C, dok je procijenjena temperatura tla u vrijeme prolaska satelita iznosila 29,8°C.

Podatak o temperaturi zraka za dan 26.08.2023. godine prikazan je na *Slici 41.*, a dobiveni rezultat LST-a prikazan je na *Slici 42.*

Velika Gorica 26.08.2023.

Dnevna količina oborine *	0 mm
Najviša dnevna temperatura **	36.1 °C
Najniža dnevna temperatura ***	22 °C

* period od 18:00 UTC prethodnog do 18:00 UTC tekućeg dana

** period od 6:00 UTC do 18:00 UTC tekućeg dana; mjeri se tzv. maksimalnim termometrom na kojem ostaje zbilježena najviša ostvarena temperatura

*** period od 18:00 UTC prethodnog do 6:00 UTC tekućeg dana

Slika 41. Temperatura zraka 26.08.2023.



Slika 42. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 26.08.2023.

Razlika u temperaturi zraka i temperaturi tla 2023. godine ostvaruje maksimum ukoliko uspoređujemo sa prethodnim godinama. Odstupanje seže do skoro 5 °C. Najviša dnevna temperatura zraka iznosi 36,1 °C, dok procijenjena temperatura tla iznosi 31,5 °C.

Utvrđeno je kako LST i temperatura zraka odstupaju jedno od drugog za nekoliko °C. Temperatura zraka se može u svega nekoliko dana promijeniti za povećani iznos, dok tlu treba neko vrijeme da primi ili otpusti višak topline. Međutim, poznato je da se tlo puno brže grije i hladi nego npr. voda. Iako se usporedba radi za isti dan, ona ne mora dati točne vrijednosti iz razloga što se temperatura mijenja kroz dan.

10. ZAKLJUČAK

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, izvršeno je istraživanje današnjih mogućnosti satelitskih sustava u svrhu računanja LST-a i mogućnosti detektiranja potencijalnih toplinskih otoka. Činjenica je da se njima ne mogu dobiti točni podaci, za razliku od in situ podataka (terenska mjerenja), međutim mogu pružiti uvid u stanje kretanja i raširenosti određene pojave i za manje zahtjevne zadatke podaci satelitskih sustava su i više nego dovoljni. Korištenjem samo otvorenih podataka slabe prostorne rezolucije (snimke satelitskog sustava Landsat 8) i slobodnog softvera QGIS), moguće je u kratkom roku izračunati LST za područje cijele županije, dok bi izlaskom na teren takav posao zahtijevao puno vremena, opreme, ljudske snage. Između ostalog, svi podaci preuzeti su besplatno i obrađeni u besplatnom softveru. Osim toga, usporedbom više rezultata LST-a lako su detektirana područja na kojima je došlo do promjene. To je bio i cilj aktivnosti u ovom diplomskom radu, uočiti promjene na tlu u nekom vremenskom periodu i karakter tih promjena. Zatim se korištenjem DGU servisa u WMS obliku za svaku godinu može provjeriti na koji način je došlo do promjene. Prikazano je kako je veća koncentracija toplinskih otoka na urbanim područjima gdje se nalazi veća populacija na manjem području, odnosno prevladavaju izgrađeni objekti u zgusnutoj formaciji koji apsorbiraju i ponovno emitiraju sunčevu energiju više u odnosu na vegetaciju i vodene površine. Također, vidljivo je kako se slična situacija ponavlja na velikim poljoprivrednim česticama na kojima se nalazi golo tlo. Međutim, razlika je u tome što je visoki LST u gradovima opasan za puno više ljudi nego na pojedinoj poljoprivrednoj čestici. Bitno je naglasiti da, ako maksimalni LST u pojedinom gradu u zemljinom hladnom pojasu iznosi 25 °C, to se ne može okarakterizirati kao toplinski otok. Ne mora nužno značiti da se na mjestu gdje je najveći LST automatski stvara i toplinski otok. Toplinski otok prikazuje područje gdje je LST veći od onog što je organizmu prihvatljivo. Odnosno, da je temperatura veća nego što je to zdravo za čovjeka, a tu vrijednost određuju medicinski stručnjaci.

S druge strane, vegetacijski indeks NDVI pokazao je koliko je Zagrebačka županija prekrivena vegetacijom. Njihovom usporedbom, po godinama, detektirana su područja na kojima je došlo do smanjenja njezine površine. Na ovaj način mogu se pronaći područja na kojima je došlo do smanjenja površine pod vegetacijom i izgradnje objekata na tom području, slično kao i međusobnom usporedbom LST-a. Također, može se vrlo lako pratiti deforestacija.

ECI je pokazao koja su zapravo kritična područja u Zagrebačkoj županiji. Zatim je spajanjem rezultata iz svih godina prikazano kako je najveći stupanj kritičnosti na području urbanih sredina. Odnosno, prikazana su područja na kojima je ECI prikazao kritičnost u svakoj godini opažanja.

LST i ECI su u korelaciji, a NDVI je obrnuto koreliran s njima, pa je vidljivo kako je upravo visok ECI na područjima gdje je visok i LST. Za NDVI je potpuno drugačiji slučaj. Dokazano je u kojoj je mjeri zapravo vegetacija bitna za temperaturu. Primjer tome su Samoborsko i Žumberačko gorje koji uveliko hlade okolno područje.

Međutim, bitno je naglasiti kako su dobiveni rezultati samo procjena i ne mogu se gledati kao potpuno točni. Osim toga, vrlo niskom prostornom rezolucijom teško je detektirati mala područja, odnosno teško je razlučiti male objekte. Kako bi promjena bila vidljiva iz satelita, objekt ili poljoprivredna čestica moraju biti mnogo veći od veličine piksela.

LITERATURA

Glynn C. Hulley, Darren Ghent, Frank M. Götsche, Pierre C. Guillevic, David J. Mildrexler, César Coll, (2019.): Taking the Temperature of the Earth,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128144589000034>

Krtalić A., Kuveždić Divjak A., Čmrlec K., (2020.): Satellite-driven assessment of surface urban heat islands in the city of Zagreb, Croatia, Faculty of Geodesy, University of Zagreb, Zagreb, Croatia,

https://www.academia.edu/90507920/Satellite_Driven_Assessment_of_Surface_Urban_Heat_Islands_in_the_City_of_Zagreb_Croatia

Lutfi Ibrahim Adi Saputra, Jumadi and Dewi Novita Sari (n.d.): Analysis of Environmental Criticality Index (ECI) and Distribution of Slums in Yogyakarta and Surrounding Areas Using Multitemporal Landsat Imagery, Faculty of Geography, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Central Java 57162, Indonesia, https://www.researchgate.net/figure/A-Environmental-Critically-Index-ECI-in-central-of-Surakarta-City-B-Environmental_fig1_326143988

Zhijia Zhang, John C. Moore, (2015.): [Mathematical and Physical Fundamentals of Climate Change](#), Beijing Normal University, University of Lapland, Finland & Beijing Normal University, China,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128000663000048>

Popis URL-ova

URL 1: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>

URL 2: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMF9R3Z2OF_0.html

URL 3: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM7IQ3Z2OF_0.html

URL 4: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>

URL 5: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

URL 6: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425712004749>

URL 7: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/land-surface-temperature>

URL 8: https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M

URL 9: <https://www.epa.gov/heatislands>

URL 10:

https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php

URL 11: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>

POPIS SLIKA

Slika 1. Naselja Zagrebačke županije	10
Slika 2. LST za 19.07.2015.	11
Slika 3. LST za 25.08.2017.	11
Slika 4. LST za 31.08.2019.	12
Slika 5. LST za 26.08.2023.	12
Slika 6. Razlika u temperaturi između 2015. i 2017. godine	14
Slika 7. Razlika u temperaturi između 2017. i 2019. godine	14
Slika 8. Razlika u temperaturi između 2019. i 2023. godine	15
Slika 9. Razlika u temperaturi između 2015. i 2023. godine	15
Slika 10. Razlika u gradu Vrbovcu	16
Slika 11. Prikaz promjena na području općine Rugvica i grada Ivanić-Grada	16
Slika 12. Promjena u temperaturi tla na području Svete Nedelje.....	17
Slika 13. DOF snimak navedene promjene temperature.....	17
Slika 14. NDVI za 2015. godinu	18
Slika 15. NDVI za 2017. godinu	18
Slika 16. NDVI za 2019. godinu	19
Slika 17. NDVI za 2023. godinu	19
Slika 18. Razlika NDVI od 2015. do 2017. godine.....	21
Slika 19. Razlika NDVI od 2017. do 2019. godine.....	21
Slika 20. Razlika NDVI od 2019. do 2023. godine.....	22
Slika 21. Razlika NDVI od 2015. do 2023. godine.....	22
Slika 22. Promjena na Samoborskom gorju	23
Slika 23. Deforestacija Samoborskog gorja	24
Slika 24. Promjena u Velikoj Gorici	24
Slika 25. DOF prikaz.....	25
Slika 26. Primjer promjene na području Općine Rugvica.....	25
Slika 27. DOF prikaz 2014/16 godine.....	26
Slika 28. DOF prikaz 2022. godine.....	26
Slika 29. ECI za 2015. godinu.....	27
Slika 30. ECI za 2017. godinu.....	27
Slika 31. ECI za 2019. godinu.....	28
Slika 32. ECI za 2023. godinu.....	28

Slika 33. ECI potvrđen u svim godinama analiziranja.....	29
Slika 34. Položaj meteorološke postaje Velike Gorice	30
Slika 35. Temperatura zraka 19.07.2015.....	31
Slika 36. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 19.07.2015.....	31
Slika 37. Temperatura zraka 25.08.2017.....	32
Slika 38. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 25.08.2017.....	32
Slika 39. Temperatura zraka 31.08.2019.....	33
Slika 40. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 31.08.2019.....	33
Slika 41. Temperatura zraka 26.08.2023.....	34
Slika 42. Rezultat LST-a za područje meteorološke postaje 26.08.2023.....	34

11. ŽIVOTOPIS

Dorotea Vranek

 Zagrebačka 147 Oborovo, 10372 Rugvica

 dvranek@geof.hr

Spol **Žensko** | Datum rođenja **03/03/2000** | Državljanstvo **hrvatsko**

RADNO ISKUSTVO

04.03.2024.-

Geometar d.o.o.

Vučanska ulica 2, 10000 Zagreb

- Izrada geodetskih elaborata za Katastar zemljišta i Katastar nekretnina
- Izrada elaborata infrastrukture za unos u Sustav katastra infrastrukture
- Terenska izmjena

24.06.2022.-

Djelatnost ili sektor **Studentski posao**

Elektro Imber d.o.o.

Nova cesta 184, 10000 Zagreb

- Uctavanje elektroničke komunikacijske infrastrukture u DDS softver
- Spajanje korisnika i prospajanje SDM i SSPM niti unutar DDS softvera

Djelatnost ili sektor **Studentski posao**

OBRAZOVANJE I
OSPOSBLJAVANJE

2018.-2022..

Prvostupnik inženjer geodezije i geoinformatike

Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet

- Geodetski instrumenti
- Matematička analiza
- Analitička geometrija i linearna algebra
- Fizika
- Osnove geoinformatike
- Inženjerska grafika u geodeziji i geoinformatici
- Računalna geometrija
- Programiranje
- Izmjera zemljišta
- Terenska izmjera
- Vektorska analiza
- Osnove statistike
- Informacijsko društvo
- Analiza i obrada geodetskih mjerenja
- Baze podataka
- Diferencijalna geometrija
- Geodetski planovi
- Osnove zemljišno-knjižnog prava
- Kartografija
- Geodetski referentni okviri
- Katastar
- Fotogrametrija
- Modeliranje geoinformacija



Curriculum vitae

- Stručni projekt
- Satelitsko pozicioniranje
- Inženjerska geodetska osnova
- Daljinska istraživanja
- Uređenje zemljišta
- Hidrografska izmjera
- Državna izmjera
- Kartografske projekcije
- Inženjerska geodezija
- Završni ispit

2014.-2018.. **Gornjogradska gimnazija**

Opća gimnazija, Zagreb