

# Analiza temperaturnih promjena tla Podravine pomoću satelitskih snimki

---

**Turščak, Maja**

**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:256:369459>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[repozitorij.geof.unizg.hr/en](http://repozitorij.geof.unizg.hr/en)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Maja Turščak

**ANALIZA TEMPERATURNIH PROMJENA TLA  
PODRAVINE POMOĆU SATELITSKIH SNIMKI**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Maja Turščak ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2024.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Maja Turščak

**ANALIZA TEMPERATURNIH PROMJENA TLA  
PODRAVINE 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, **Maja Turščak**, (JMBAG: 0007181495), rođena dana 11.12.1998. u Zagrebu, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana 19. rujna 2024.

Maja Turščak  
Potpis studenta / studentice

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Maja Turščak
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	11. prosinca 1998., Zagreb, Republika Hrvatska
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Analiza temperaturnih promjena tla Podravine pomoću satelitskih snimki
<b>Broj stranica:</b>	39
<b>Broj tablica:</b>	3
<b>Broj slika:</b>	31
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	10 + 11 URL-a
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić
<b>Voditelj:</b>	mag. ing. geod. et. geoinf. Dubravka Maurer
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	22.1.2024.
<b>Datum obrane rada:</b>	20.9.2024.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić
	doc. dr. sc. Ana Kuveždić Divjak
	doc. dr. sc. Vanja Miljković

## **Zahvala**

Najviše hvala mojoj obitelji koja me uvijek bodrila i bila mi oslonac. Hvala mojim prijateljima s kojima sam za vrijeme studiranja dijelila neke od najljepših trenutaka svog života.

Zahvaljujem mentoru, izv. prof. dr. sc. Andriji Krtaliću na razumijevanju, strpljenju i svim pruženim savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

## ***Analiza temperaturnih promjena tla Podravine pomoću satelitskih snimki***

**Sažetak:** Fenomen urbanog toplinskog otoka predstavlja porast temperature u gradskim područjima zbog Sunčeva zračenja i specifičnog načina na koji su gradovi izgrađeni. Ovaj učinak se obično pogoršava s porastom antropogenih aktivnosti. U ovom diplomskom radu prikazana je upotreba satelitskih snimki za procjenu temperature površine tla, izračunavanje vegetacijskog indeksa te identificiranje kritičnih područja. Istraživanje se provodilo na području Podravine. Satelitski sustav Landsat 8, koji sadrži termalni senzor, korišten je zbog svoje pogodnosti za ovaj tip analize. Usporedbom rezultata lako su identificirana područja s promjenama u temperaturi tla. Ovim istraživanjem posebno su analizirana područja na kojima se pojavljuju toplinski otoci. Istražena je povezanost između gustoće vegetacije i temperature površine tla s ciljem ispitivanja mogućnosti smanjenja učinka urbanog toplinskog otoka poboljšanjem biljnog pokriva. Isto tako, prikazana su područja s visokim stupnjem kritičnosti, kao i ona koja su tijekom cijelog promatranog razdoblja zadržala visok stupanj kritičnosti. Korištenje satelitskih podataka može biti vrlo korisno za razna područja, poput planiranja gradova, sprječavanja nasumične urbanizacije i kontrole deforestacije. Na kraju, važno je istaknuti koliko su današnji besplatni softveri, poput QGIS-a, jednostavni za uporabu, a daju vrlo dobre rezultate.

**Ključne riječi:** daljinska istraživanja, ECI, NDVI, temperatura površine tla, toplinski otok

## ***Analysis of soil temperature changes in the Podravina region using satellite imagery***

**Abstract:** The urban heat island phenomenon is an increase in temperature in urban areas due to solar radiation and the specific way in which cities are built. This effect usually worsens with increasing anthropogenic activities. In this thesis, the use of satellite images for the assessment of land surface temperature, the calculation of the vegetation index and the identification of critical areas is presented. The research was conducted in the Podravina region. The Landsat 8 satellite system, which contains a thermal sensor, was used due to its convenience for this type of analysis. By comparing the results, areas with changes in soil temperature were easily identified. This research specifically analyzed the areas where heat islands appear. The relationship between vegetation

*density and land surface temperature was investigated with the aim of examining the possibility of reducing the urban heat island effect by improving plant cover. Likewise, areas with a high degree of criticality are shown, as well as those that maintained a high degree of criticality throughout the observed period. The use of satellite data can be very useful for various fields, such as city planning, prevention of haphazard urbanization and control of deforestation. Finally, it is important to point out how easy to use today's free software, such as QGIS, are, and that they give very good results.*

**Keywords:** *remote sensing, ECI, NDVI, land surface temperature, heat island*



## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA.....	2
2.1 Definicija i primjena .....	2
2.2 Landsat 8.....	3
3. PODRAVINA – PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	5
4. TIJEK IZRADE RADA .....	7
4.1 Preuzimanje i obrada snimki.....	7
4.2 Normalizirani vegetacijski indeks razlike.....	7
4.3 Normalized Difference Built-Up Index .....	8
4.4 Temperatura površine tla .....	9
4.5 Environmental Criticality Index .....	11
4.6 Urbani toplinski otok .....	12
5. REZULTATI I RASPRAVA.....	14
5.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	14
5.2 Normalized Difference Built-Up Index (NDBI).....	18
5.3 Temperatura površine tla (LST) .....	21
5.4 Korelacija između NDVI-a i LST-a.....	25
5.5 Korelacija između NDBI-a i LST-a.....	26
5.6 Environmental Criticality Index (ECI) .....	27
5.7 Urbani toplinski otoci (UHI).....	30
6. ZAKLJUČAK.....	34
LITERATURA.....	35
POPIS SLIKA .....	37
POPIS TABLICA.....	38
ŽIVOTOPIS .....	39

## 1. UVOD

Suvremene tehnologije i satelitski sustavi nude bezbroj pogodnosti za praćenje temperature tla te detekciju i analizu toplinskih otoka. Koncept rada temelji se na izračunu normaliziranog vegetacijskog indeksa razlike (NDVI-a), NDBI-a, temperature površine tla (LST-a), ECI-a te urbanih toplinskih otoka (UHI) za područje Podravine. Usporedba rezultata napravljena je za razdoblje od 2015. do 2023. godine pri čemu je 2021. godina izostavljena zbog nedostatka snimki koje bi ispunile zadane kriterije. Za obradu podataka korišten je besplatni QGIS softver, a podaci su također besplatno preuzeti. Konačna temperatura površine tla, kao i NDVI, NDBI, ECI te UHI izračunati su u raster kalkulatoru unutar QGIS softvera. Ispitan je odnos LST-a s NDVI i NDBI indeksima. Također, prikazane su i opisane nastale promjene te područja na kojima se određene pojave ponavljaju.

## 2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA

### 2.1 Definicija i primjena

Daljinsko istraživanje je znanost i tehnologija snimanja, obrade i analize slika u kombinaciji s drugim fizičkim podacima o Zemlji, dobivenih senzorima u svemiru, zraku i na tlu. (Chen i dr., 2016). Sateliti, svemirske sonde, zrakoplovi, a sve češće i dronovi, uobičajene su platforme za prikupljanje podataka u daljinskim istraživanjima. Pojam daljinskog istraživanja obično se odnosi na metode koje koriste elektromagnetsku energiju za otkrivanje i mjerenje svojstava objekata. Ovakva definicija isključuje mjerenja električnih, magnetskih i gravitacijskih polja jer se kod njih mjeri jačina polja, a ne elektromagnetsko zračenje (Gierloff-Emden, 1989). Daljinski prikupljena opažanja Zemlje iz senzora u zraku i svemiru, u sinergiji s *in-situ* i ručnim mjerenjima, čine osnovu za kartiranje ljudskih i prirodnih aktivnosti. Isto tako, služe za procjenu i ublažavanje katastrofa, za identificiranje i procjenu neobnovljivih resursa, za praćenje vremenskih promjena, pokrova kopna i mora te za mnoge druge primjene (Chen i dr., 2016). Sunce emitira elektromagnetsko zračenje u obliku fotona. Kraće valne duljine imaju više frekvencije osciliranja fotona od pravca propagiranja i veću energiju, dok duže valne duljine imaju niže frekvencije i manju energiju. Zemljina atmosfera apsorbira dio sunčeve dolazne energije i polako je oslobađa natrag u obliku dugovalnog elektromagnetskog zračenja. Tu energiju vidimo kao vidljivu svjetlost na Zemlji, a osjećamo je kao toplinu u zraku, ovisno o valnoj duljini fotona. Sva dolazna energija se apsorbira, reflektira ili prenosi kroz neki objekt, ovisno o valnoj duljini i materijalu objekta (URL 1). 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. Među njima, vidljivo područje, blisko infracrveno područje i kratkovalno infracrveno područje su solarno-reflektirajući spektralni rasponi. Termalno infracrveno područje također je poznato kao dugovalno infracrveno područje. Srednjevalno infracrveno područje prijelazna je zona od sunčevog reflektirajućeg do toplinskog zračenja. Toplinsko infracrveno područje i mikrovalno područje odgovaraju toplinskom zračenju (Zhang i Moore, 2015).

Temperatura površine je ključni čimbenik za emisiju primljene energije. Temperatura površine Sunca iznosi oko 6000 kelvina (K), s najvećom emisijom u području vidljive

svjetlosti. Temperatura površine Zemlje je približno 290 kelvina (K), s maksimalnom emisijom od oko 14 mikrometara. To se također naziva termalnim infracrvenim područjem. Postoji izravna povezanost između temperature površine tla i emisije na određenoj valnoj duljini, stoga se temperatura površine tla može izračunati putem daljinskog očitavanja toplinske infracrvene emisije (URL 2).

## 2.2 Landsat 8

Landsat 8 satelitski sustav lansiran je 11. veljače 2013. godine. Satelit je dio dugotrajnog Landsat programa koji vode Geološki institut SAD-a (USGS) i državna civilna uprava SAD-a za zrakoplovna i svemirska istraživanja i razvoj (NASA). Nosi dva senzora *Operational Land Imager* (OLI) i *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). OLI mjeri u vidljivom, kratkovalnom infracrvenom i bliskom infracrvenom dijelu spektra. Njegove snimke imaju prostornu rezoluciju od 15 m za pankromatski i 30 m za multispektralne kanale, uz širinu zahvata od 185 km. To omogućuje pokrivanje velikog područja Zemlje uz dovoljnu prostornu rezoluciju za prepoznavanje značajki poput urbanih centara, šuma, farmi i drugih načina korištenja zemljišta. OLI pruža dva nova spektralna kanala u odnosu na Landsat 7 ETM+ instrument: jedan posebno prilagođen za detekciju cirusnih oblaka (kanal 9, novi blisko infracrveni (NIR) pojas) i drugi za promatranje obalnih zona (kanal 1, novi duboko plavi vidljivi kanal). Termalni infracrveni senzor (TIRS) pruža dva uža spektralna pojasa u dugovalnom infracrvenom dijelu spektra (koji je prethodno bio pokriven jednim pojasom u prijašnjim TM i ETM+ sensorima). Termalni infracrveni senzor je zapravo termalna kamera koja radi „pushbroom“ načinom rada s dva infracrvena kanala: 10.8  $\mu\text{m}$  i 12  $\mu\text{m}$  (URL 3). U tablici 2.1 prikazane su karakteristike Landsat 8 kanala. Vremenska razlučivost iznosi 16 dana. Landsat 8 ima tri ključne misije, odnosno znanstvena cilja.

- Prikupljati i arhivirati multispektralne podatke srednje rezolucije i tako omogućiti sezonsko pokrivanje kopnene površine na globalnoj razini.
- Osigurati da su Landsat 8 podaci dovoljno konzistentni s podacima prijašnjih Landsat misija u smislu geometrije snimanja, kalibracije, karakteristika pokrova, spektralnih karakteristika, kvalitete izlaznih proizvoda i dostupnosti podataka.
- Osigurati da su proizvodi dostupni za preuzimanje unutar tri sata (URL 3).

Neke od prednosti Landsat 8 satelitskog sustava su besplatno preuzimanje snimki odnosno podataka, kontinuirano prikupljanje podataka te visoka geolokacijska točnost.

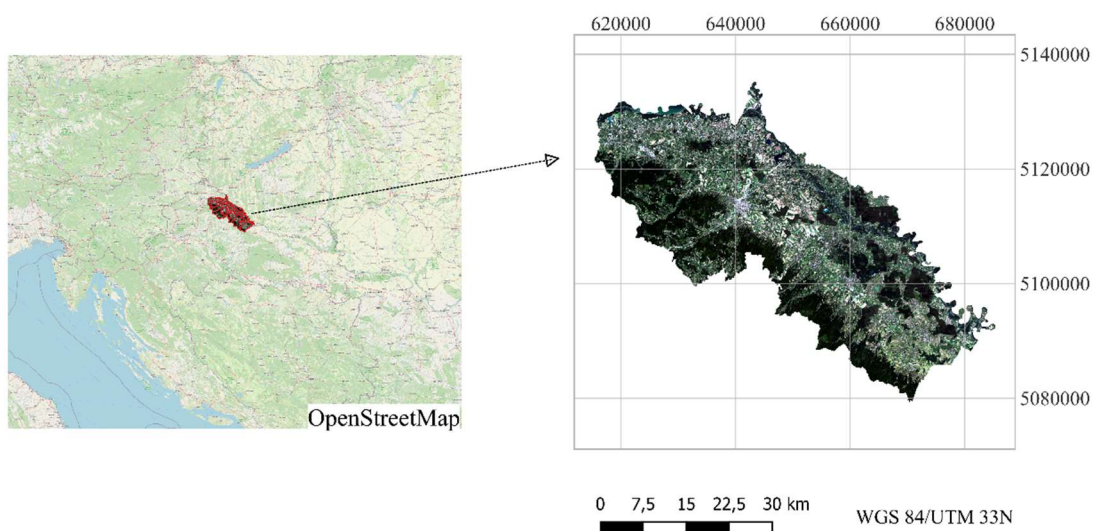
Naravno, postoje i određeni nedostaci u korištenju Landsat 8 satelitskog sustava. Za detaljnije analize često su potrebni podaci s prostornom rezolucijom boljom od 30 metara. Korekcija atmosferskih utjecaja može biti složena i nije uvijek savršena, što utječe na preciznost podataka. Osim toga, na područjima gdje je naoblaka česta, gotovo je nemoguće dobiti upotrebljive snimke. Nadalje, obrada i analiza satelitskih snimki su kompleksni procesi koji zahtijevaju specijalizirani softver i stručnost, što može biti izazovno za organizacije s ograničenim resursima.

Tablica 2.1. Karakteristike Landsat 8 multispektralnih kanala (prilagođeno prema URL 4)

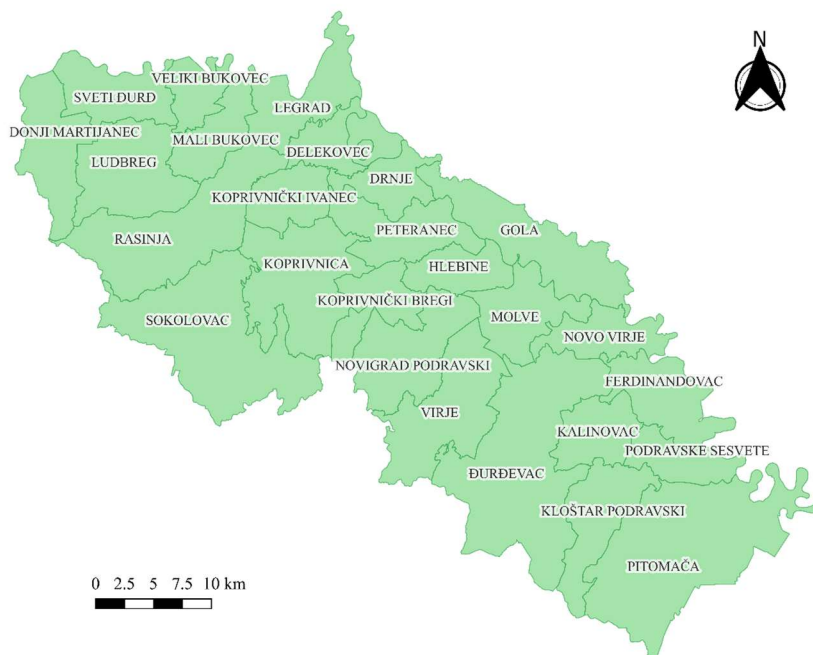
Landsat-8 OLI I TIRS kanali (qm)		
30 m Obalni/Aerosol	0.435 - 0.451	<b>Kanal 1</b>
30 m Plavi	0.452 - 0.512	<b>Kanal 2</b>
30 m Zeleni	0.533 - 0.590	<b>Kanal 3</b>
30 m Crveni	0.636 - 0.673	<b>Kanal 4</b>
30 m NIR (blisko infracrveni)	0.851 - 0.879	<b>Kanal 5</b>
30 m SWIR-1 (kratkovalni infracrveni 1)	1.566 - 1.651	<b>Kanal 6</b>
100 m TIR-1 (termalni infracrveni 1)	10.60 - 11.19	<b>Kanal 10</b>
100 m TIR-2 (termalni infracrveni 2)	11.50 - 12.51	<b>Kanal 11</b>
30 m SWIR-2 (kratkovalni infracrveni 2)	2.107 - 2.294	<b>Kanal 7</b>
15 m Pankromatski	0.503 - 0.676	<b>Kanal 8</b>
30 m Cirus	1.363 - 1.384	<b>Kanal 9</b>

### 3. PODRAVINA – PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Podravina je regija smještena u sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske (Slika 3.1.) Na sjeveru joj prirodnu granicu čini rijeka Drava, a na jugu Kalničko gorje i Bilogora. Sa sjeveroistočne strane graniči s Republikom Mađarskom. Ukupna površina Podravine iznosi 1618 km<sup>2</sup> (Feletar, 1973 navedeno u Feletar i Feletar, 2008). Proteže se kroz tri županije – Varaždinsku, Koprivničko-križevačku te Virovitičko-podravsku, a dijeli se na Ludbrešku, Koprivničku i Đurđevačku Podravinu (Slika 3.2.). Ima vrlo povoljan geografski položaj s obzirom da kroz nju prolazi bitan prometni pravac poznat kao „Podravska magistrala“ koji povezuje Ptuj (*Poetevio*) i Osijek (*Mursa*). Jednako važan je i Paneuropski koridor Vb koji preko Budimpešte povezuje Zagreb i Rijeku. Na navedenim pravcima postoji i željeznička infrastruktura te je slijedom toga moguće zaključiti kako se radi o vrlo povezanoj i razvijenoj regiji unutar Hrvatske (Hrvatska enciklopedija, n. d.).



Slika 3.1. Geografski položaj Podravine



Slika 3.2. Gradovi i općine Podravine

## 4. TIJEK IZRADE RADA

### 4.1 Preuzimanje i obrada snimki

Analiza snimki započinje preuzimanjem s internet stranice Geološkog instituta SAD-a (USGS) (URL 5). Snimke su preuzete za dane: 19. srpnja 2015., 25. kolovoza 2017., 31. kolovoza 2019. te 26. kolovoza 2023. godine. Budući da nije bilo moguće pronaći snimku koja bi zadovoljavala uvjet slabe naoblake, 2021. godina izostavljena je iz istraživanja. Prostorna rezolucija kanala, satelitskog sustava Landsat 8, 1 do 7 i kanala 9 iznosi 30 metara. Kanal 8 je pankromatski kanal, ujedno i najoštriji, s prostornom rezolucijom od 15 metara. Termalni kanali, 10 i 11, snimljeni su s prostornom rezolucijom od 100 metara. Kartografska projekcija je univerzalna poprečna Mercatorova projekcija. Dodatne karakteristike snimki prikazane su u Tablici 4.1. Nad svim snimkama provedena je DOS1 atmosferska korekcija pomoću *Semi-Automatic Classification Plugin-a*. Korigirane snimke zatim su izrezane na područje istraživanja i pristupilo se računanju vegetacijskog indeksa.

Tablica 4.1. Karakteristike korištenih satelitskih snimki

NAZIV SNIMKE	WRS stupac	WRS red	Naoblaka	Razina obrade
LC08_L1TP_189028_20150719_20200908_02_T1	189	028	0.10	T1
LC08_L1TP_189028_20170825_20200903_02_T1	189	028	0.34	T1
LC08_L1TP_189028_20190831_20200826_02_T1	189	028	0.09	T1
LC08_L1TP_189028_20230826_20230905_02_T1	189	028	0.00	T1

### 4.2 Normalizirani vegetacijski indeks razlike

Normalizirani vegetacijski indeks razlike (engl. *Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) mjera je trenutnog stanja vegetacije. Vrijednosti ovog indeksa kreću se od -1 do 1. Najčešće se koristi za praćenje zelenila na globalnoj razini. Zdrava vegetacija učinkovito apsorbira elektromagnetsko zračenje u vidljivom spektru pri čemu klorofil u zelenilu snažno upija plavi (0.4-0.5  $\mu\text{m}$ ) i crveni (0.6-0.7  $\mu\text{m}$ ) spektar, a reflektira zeleni (0.5-0.6  $\mu\text{m}$ ). Upravo zbog toga je zdrava vegetacija zelene boje. Zdrave biljke također snažno reflektiraju blisko infracrveno zračenje (NIR) u rasponu od 0.7 do 1.3  $\mu\text{m}$  što je rezultat unutarnje



strukture listova. Visoka refleksija u blisko infracrvenom i apsorpcija crvenog spektra koriste se za izračun normaliziranog vegetacijskog indeksa razlike (1).

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} = \frac{\text{blisko infracrveni}-\text{crveni}}{\text{blisko infracrveni}+\text{crveni}} \quad (1)$$

gdje je:

NDVI: Normalizirani vegetacijski indeks razlike

NIR: Vrijednost refleksije blisko infracrvenog kanala

RED: Vrijednost refleksije crvenog kanala

Za satelitski sustav Landsat 8 to su kanali 5 (NIR) i 4 (Red).

Više vrijednosti NDVI-a ukazuju na višu refleksiju u blisko infracrvenom spektru što označava gušće zelenilo (URL 6). Općenito, negativne vrijednosti NDVI-a označavaju da se radi o vodenim površinama. Vrijednosti između -0.1 i 0.1 označavaju neplodno tlo, stijene, pijesak ili snijeg, dok vrijednosti između 0.2 i 0.5 označavaju grmlje, propadajuće usjeve i travnjake. Vrijednosti NDVI-a za tropske prašume i gustu vegetaciju kreću se od 0.6 do 1.

### 4.3 Normalized Difference Built-Up Index

*Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) je indeks koji se koristi za razlikovanje izgrađenih i neizgrađenih područja te sam prikaz izgrađenosti. Vrijednosti ovog indeksa kreću se od -1 do 1.

NDBI je važan za urbanističko planiranje i praćenje promjena u izgrađenim područjima jer pruža kvantitativnu ocjenu razine urbanizacije na određenom području. Ovaj indeks ima ključnu ulogu u procjeni urbanog razvoja, promjena u upotrebi zemljišta i procjeni broja stanovnika u različitim regijama, što ističe njegovu važnost u primjenama daljinskog istraživanja (URL 7).

*Normalized Difference Built-up Index* računa se prema formuli (2).

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} = \frac{\text{kratkovalni infracrveni} - \text{blisko infracrveni}}{\text{kratkovalni infracrveni} + \text{blisko infracrveni}} \quad (2)$$

gdje je:

NDBI: *Normalized Difference Built-up Index*

SWIR: Vrijednost refleksije kratkovalno infracrvenog kanala

NIR: Vrijednost refleksije blisko infracrvenog kanala

Za satelitski sustav Landsat 8 to su kanali 6 (SWIR) i 5 (NIR).

Negativne vrijednosti NDBI-a označavaju neizgrađena područja (kao što su vode ili vegetacija), dok pozitivne vrijednosti označavaju izgrađena područja (kao što su ceste i zgrade). Vrijednost blizu nule predstavlja prijelaznu zonu između izgrađenih i neizgrađenih područja.

#### 4.4 Temperatura površine tla

Temperatura površine tla (engl. *Land Surface Temperature* - LST) odnosi se na to koliko bi Zemljina "površina" bila topla na dodir na određenom mjestu (URL 8). Uglavnom je posljedica albeda, vegetacijskog pokrova i vlažnosti tla. S klimatskog stajališta, LST je važna za procjenu kopnene površine i procesa razmjene kopno-atmosfera, ograničavanje proračuna površinske energije i parametara modela te pružanje promatranja promjena temperature površine na globalnoj razini i u ključnim regijama (URL 9). Iz perspektive satelita, "površina" je sve što je vidljivo kroz atmosferu prema tlu, bilo da je riječ o snijegu i ledu, travi na livadi, krovu zgrade ili lišću u šumskom krovu. Stoga, temperatura površine tla nije isto što i temperatura zraka koja se spominje u svakodnevnim vremenskim prognozama (URL 8).

Kao što je prije spomenuto, nad svim snimka provedena je DOS1 (atmosferska) korekcija. Vrijednosti kanala 2 do 7 pretvorene su u refleksiju, a vrijednosti kanala 10 u temperaturu svjetline na satelitu (engl. *At-Satellite Brightness Temperature*) (URL 10).

Kako bi se izračunala temperatura površine tla, potreban je i udio vegetacije (engl. *Proportion of vegetation*) (3).

$$Pv = \left( \frac{NDVI - NDVI_{MIN}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right)^2 \quad (3)$$

gdje je:

Pv: Udio vegetacije

NDVI<sub>MIN</sub>: Minimalna vrijednost NDVI-a

NDVI<sub>MAX</sub>: Maksimalna vrijednost NDVI-a

Zatim se računa emisivnost površine tla (4).

$$LSE = 0.004 * Pv + 0.986 \quad (4)$$

gdje je:

LSE: Emisivnost površine tla

Pv: Udio vegetacije

Na kraju, temperatura površine tla izračuna se prema formuli (5).

$$LST = \frac{BT}{\left[ 1 + \lambda * \frac{BT}{c2} \right]} * \ln(LSE) \quad (5)$$

gdje je:

LST: Temperatura površine tla

BT: *At-Satellite Brightness Temperature* (Kelvin)

$\lambda$ : Valna duljina emitiranog zračenja (vrijednost za kanal 10 iznosi 10.8)

c2: Izvedeno iz  $hc/\sigma$  s vrijednošću od  $1.438 \times 10^{-2}$  mK=14388  $\mu$ mK ( $h$  = Planckova konstanta  $6.26 \times 10^{-34}$  Js,  $c$  = brzina svjetlosti  $2.998 \times 10^8$  m/s i  $\sigma$  = Boltzamova konstanta  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K)

LSE: Emisivnost površine tla

Dobivene vrijednosti temperature površine tla preračunate su iz Kelvina (K) u stupnjeve Celzijeve (°C) (6).

$$LST (°C) = LST(K) - 273.15 \quad (6)$$

#### 4.5 Environmental Criticality Index

*Environmental Criticality Index* (ECI) je indeks koji se koristi za identifikaciju kritičnih područja na temelju omjera između LST-a i NDVI-a (Senanayake, 2013 navedeno u Ranagalage i dr., 2017). Povećanjem temperature površine tla nerijetko dolazi do smanjenja zelenih površina te je to uz pomoć ovog indeksa moguće vizualizirati.

Vrijednosti piksela LST i NDVI rastera koji se koriste za računanje ECI rastera rastežu se od 1 do 255 kako bi se povećala jasnoća i kontrast u rezultatima te izbjegle beskonačno male vrijednosti (7).

$$ECI = \frac{LST}{NDVI} \quad (7)$$

gdje je:

ECI: *Environmental Criticality Index*

LST: Temperatura površine tla

NDVI: Normalizirani vegetacijski indeks razlike

Kako bi se vodene površine isključile kao područje kritičnog okoliša, izračunat je i *Modified Normalized Difference Water Index* (8).

$$MNDWI = \left( \frac{(Green-SWIR)}{(Green+SWIR)} \right) = \left( \frac{(zeleni-kratkovalni\ infracrveni)}{(zeleni+kratkovalni\ infracrveni)} \right) = \quad (8)$$

gdje je:

MNDWI: *Modified Normalized Difference Water Index*

Green: Vrijednost refleksije zelenog kanala

SWIR: Vrijednost refleksije kratkovalno infracrvenog kanala

Za satelitski sustav Landsat 8 to su kanali 6 (SWIR) i 3 (Green).

Vrijednosti veće od nule predstavljaju vodene površine.

#### 4.6 Urbani toplinski otok

Pod određenim uvjetima, sunčevo zračenje i razne urbane aktivnosti mogu uzrokovati porast temperature u gradskim područjima zbog specifičnog načina na koji su gradovi izgrađeni. Ovaj fenomen poznat je kao urbani toplinski otok (engl. *Urban Heat Island* - UHI) (Gago i dr., 2013).

Toplinski otok nastaje u područjima s puno aktivnosti i velikim brojem ljudi. "Otpadna toplina" također pridonosi pojavi toplinskih otoka. Ljudi i njihovi strojevi stalno troše energiju dok obavljaju svakodnevne aktivnosti. Ta energija obično se oslobađa u obliku topline. Urbana područja gusto su naseljena i izgrađena, sa zgradama smještenim vrlo blizu jedna drugoj. Kada više nema prostora za širenje grada, inženjeri grade nebodere kako bi iskoristili vertikalni prostor. Ova izgradnja dovodi do nakupljanja topline koja, kad se oslobodi, ostaje zarobljena unutar i između zgrada, povećavajući efekt toplinskih otoka. Noćne temperature u urbanim toplinskim otocima ostaju visoke jer zgrade, nogostupi i parkirališta sprječavaju da se toplina iz tla diže prema hladnom noćnom nebu. Ova zarobljena toplina podiže temperaturu u gradskim područjima.

Znanstvenici istražuju kako urbani toplinski otoci mogu pridonijeti globalnom zatopljenju, što je najnoviji trend klimatskih promjena koji uključuje postepeno povećanje Zemljine temperature. Energija potrebna za pokretanje ventilatora i klima uređaja dodatno povećava temperaturu u urbanim toplinskim otocima (URL 11).

UHI se računa oduzimanjem LST rastera od srednje vrijednosti kojoj je dodana polovica standardne devijacije (Fawzi i Jatmiko, 2018 navedeno u Aprilia i dr., 2021) (9).

$$UHI = LST - (\mu + 0.5\alpha) \quad (9)$$

gdje je:

UHI: Urbani toplinski otok

LST: Temperatura površine tla

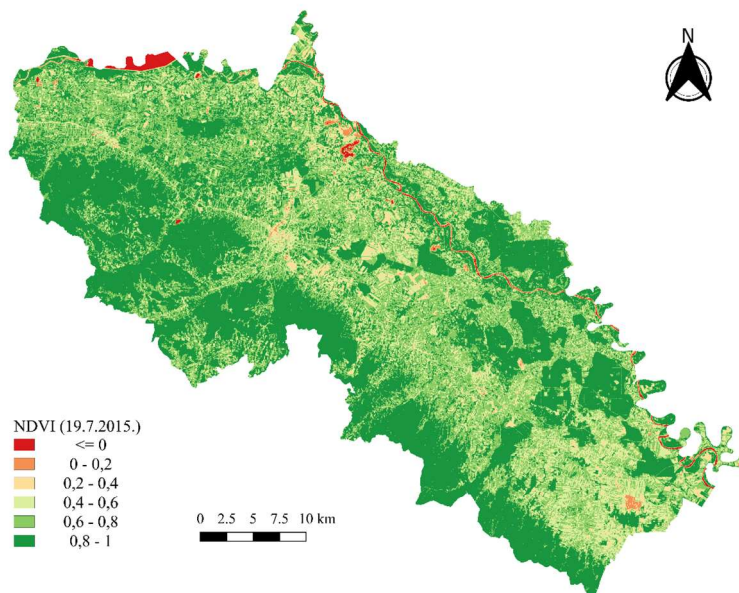
$\mu$ : Prosječna vrijednost temperature površine tla

$\alpha$ : Vrijednost standardne devijacije temperature površine tla

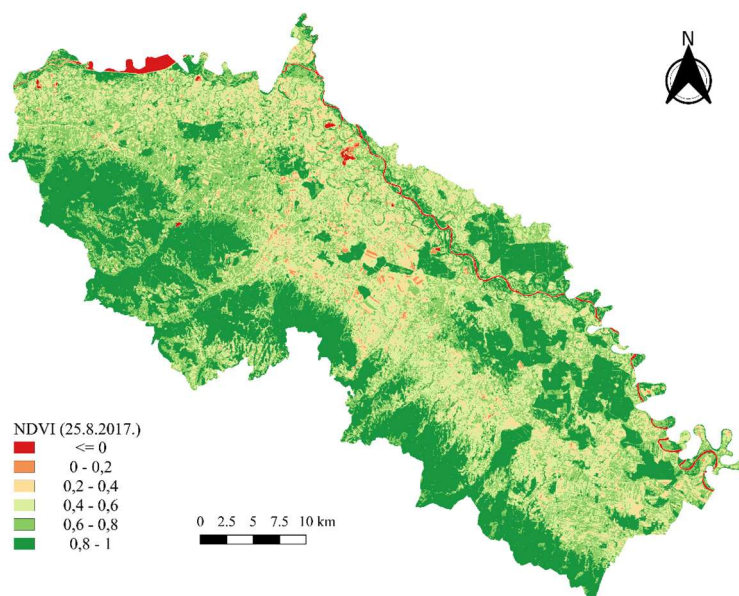
## 5. REZULTATI I RASPRAVA

### 5.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

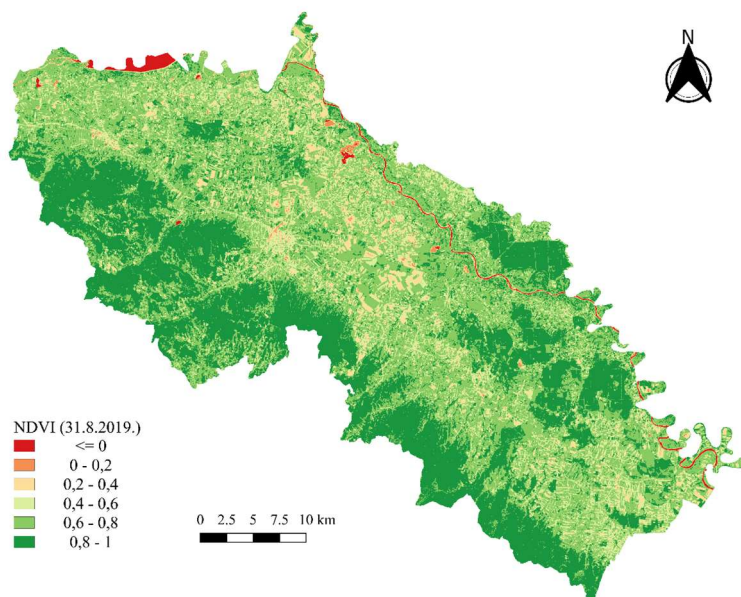
U nastavku su prikazani rezultati dobivenog NDVI-a (Slika 5.1., Slika 5.2., Slika 5.3., Slika 5.4.). Izračun je proveden u raster kalkulatoru koji je dio QGIS softvera.



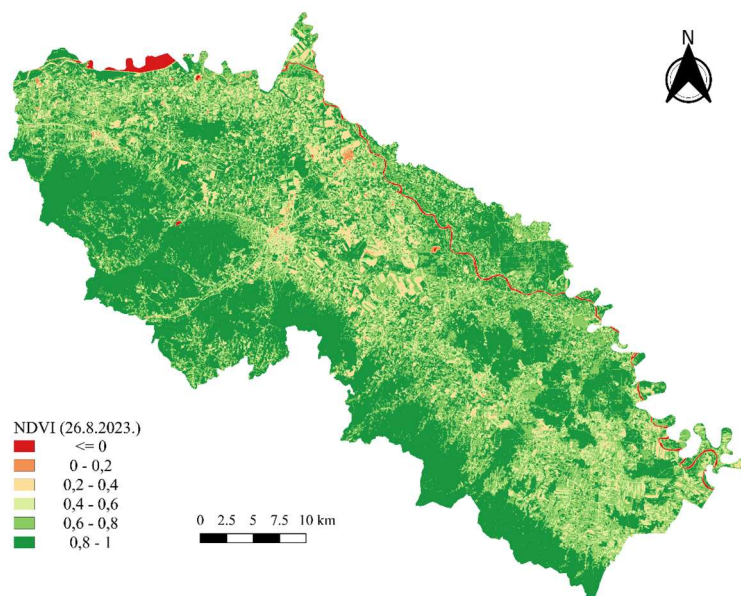
Slika 5.1. NDVI za 19.7.2015. godine



Slika 5.2. NDVI za 25.8.2017. godine



Slika 5.3. NDVI za 31.8.2019. godine



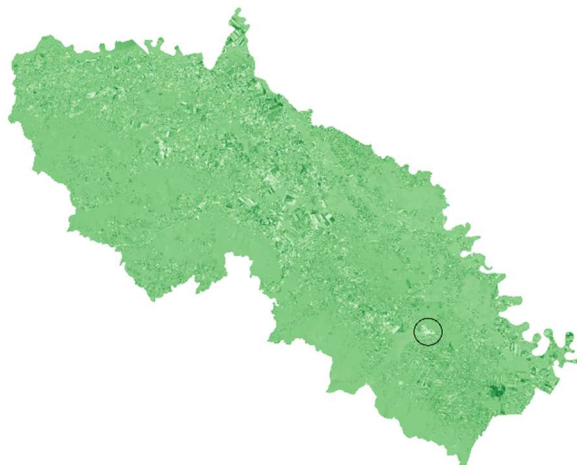
Slika 5.4. NDVI za 26.8.2023. godine

U ovom radu NDVI je razvrstan u šest klasa, od klase koja ne prikazuje vegetaciju do vegetacijske klase s najvećim vrijednostima NDVI-a. Maksimalna vrijednost NDVI-a je iznosila 0.937 (26.8.2023.), dok je minimalna vrijednost iznosila -0.460 (19.7.2015.). Što je zelena boja tamnija, to je vegetacija gušća. Crvena boja predstavlja vodene površine. Neraslinje i niske klase dominiraju u gradovima i na poljoprivrednim česticama koje su



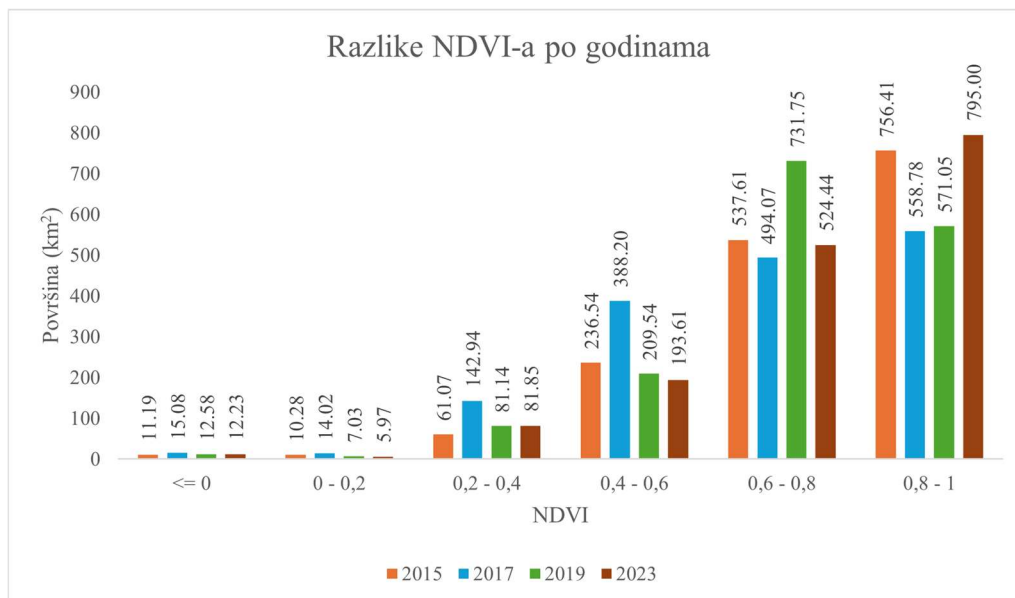
zapravo golo tlo. Srednja i viša klasa dominiraju u šumskim predjelima (Kalničko gorje i Bilogora).

Čimbenik koji u velikoj mjeri utječe na promjene u gustoći vegetacije su promjene korištenja zemljišta, odnosno povećanje golog tla i poljoprivrednih čestica (Slika 5.5.).



*Slika 5.5. Prikaz promjena u vegetaciji. Lijevo: DOF 2014/2016, desno: DOF 2023*

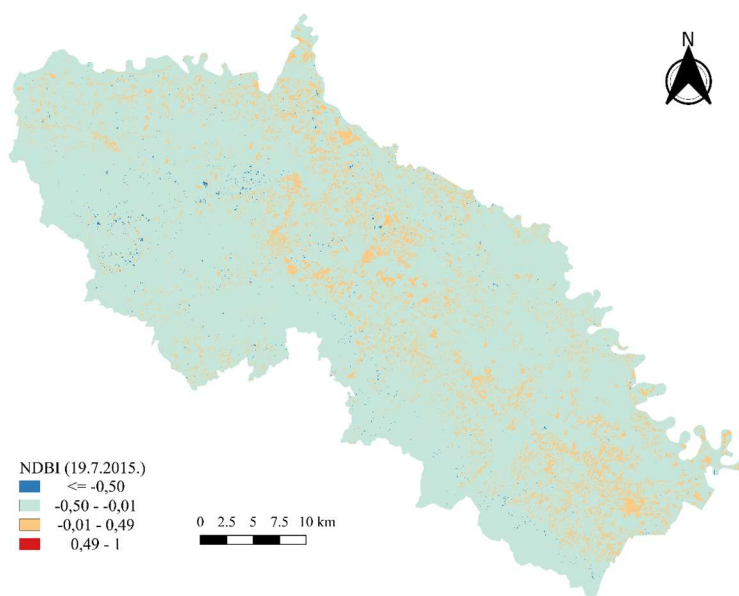
Na slici 5.6. prikazane su razlike NDVI-a po godinama. Na temelju ovih podataka vidljivo je da je općenito došlo do povećanja NDVI-a u 2019. i 2023. godini. To je posljedica promjena koje su se dogodile u svakom razredu klasifikacije. U klasifikaciji klasa koje ne prikazuju vegetaciju (od -1 do 0.2), površina se smanjila.



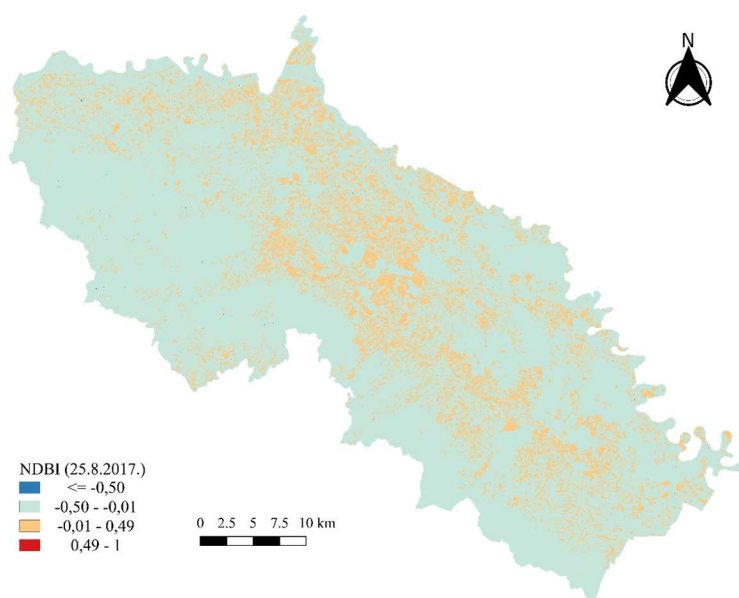
Slika 5.6. Razlike NDVI-a po godinama

## 5.2 Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

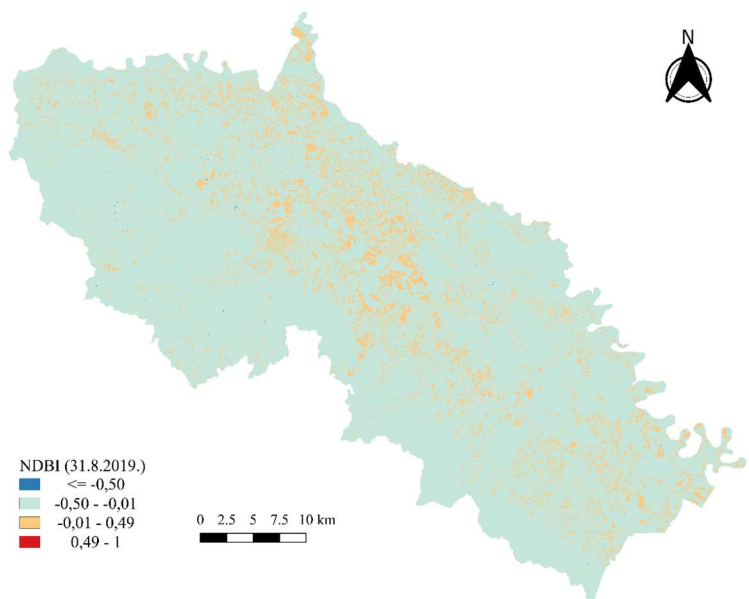
U nastavku su prikazani rezultati dobivenog NDBI-a (Slika 5.7., Slika 5.8., Slika 5.9., Slika 5.10.). Izračun je proveden u raster kalkulatoru koji je dio QGIS softvera.



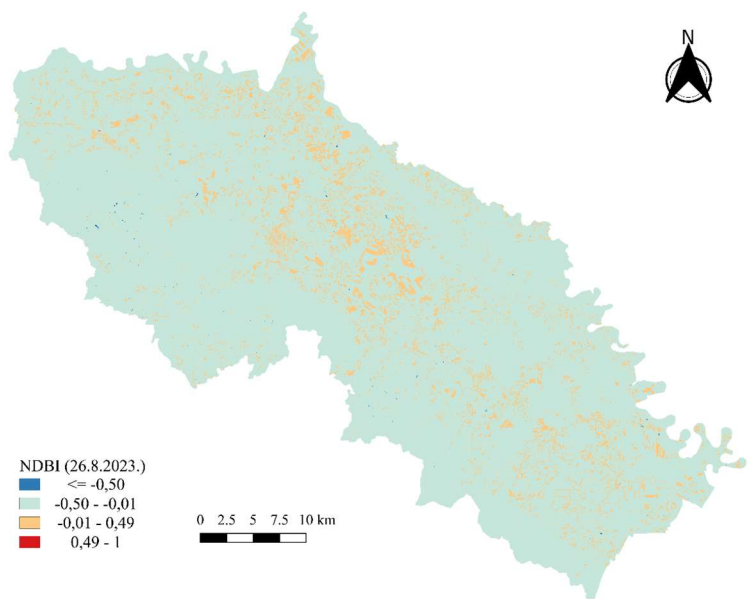
Slika 5.7. NDBI za 19.7.2015. godine



Slika 5.8. NDBI za 25.8.2017. godine



Slika 5.9. NDBI za 31.8.2019. godine

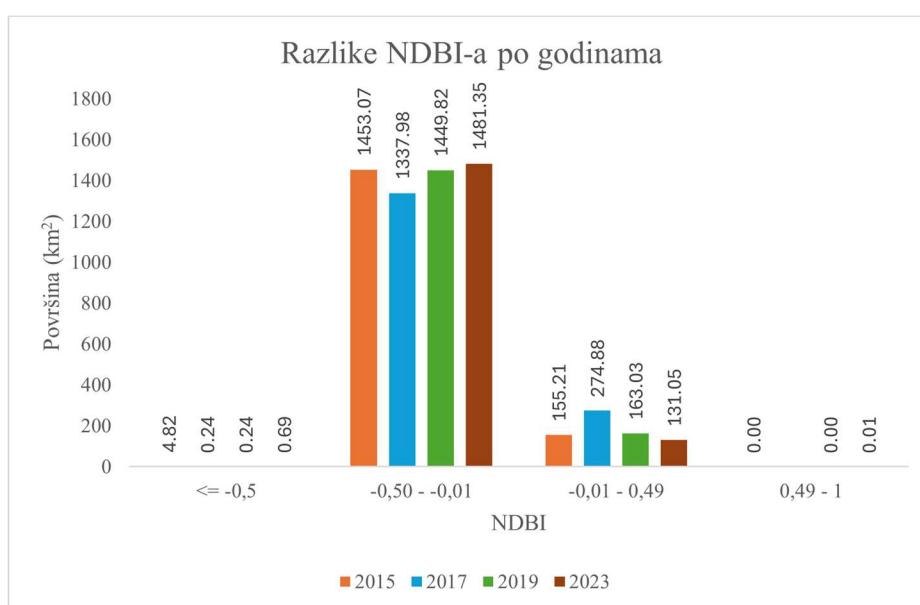


Slika 5.10. NDBI za 26.8.2023. godine

U ovom radu NDBI je razvrstan u četiri klase, od najniže klase koja označava vode (od -1 do -0.50), srednje klase (od -0.50 do -0.01) koja označava tlo i vegetaciju do klase koja označava manju (od -0.01 do 0.49) i veliku (od 0.49 do 1) izgrađenost. Maksimalna vrijednost NDBI-a iznosila je 0.715 (19.7.2015.), dok je minimalna vrijednost iznosila

-0.582 (26.8.2023.). Lako je uočiti da je velika većina područja Podravine u klasi koja označava tlo i vegetaciju. Manja izgrađenost nalazi se na području gradova. Naselja su više-manje ravnomjerno raspoređena i odvojena jedna od drugih zelenim površinama. Analizom promjena NDBI indeksa kroz godine moguće je zaključiti da se on podudara s NDVI indeksom, ali na obrnut način. Naime, vrlo izgrađena područja imaju izuzetno niske vrijednosti NDVI-a.

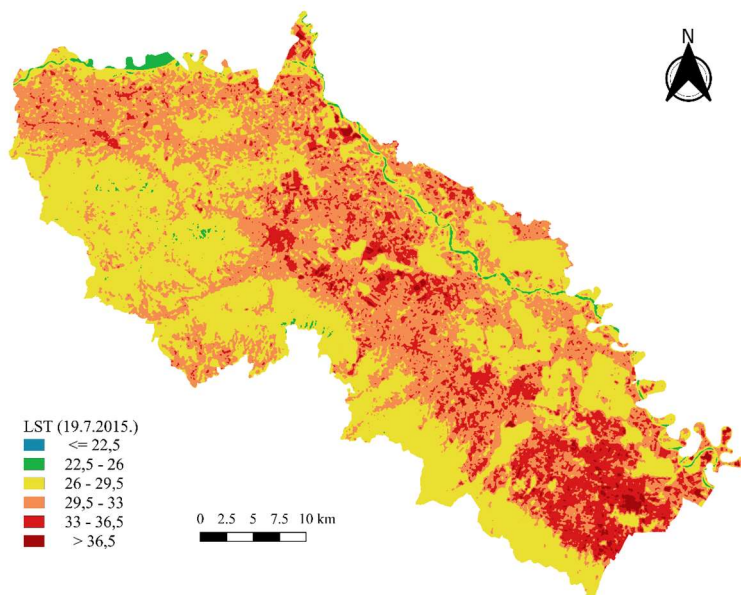
Na slici 5.11. prikazane su razlike NDBI-a po godinama. Kao što je prije navedeno, većina područja klasificirana je u klasu vegetacije i tla. Nema značajnijih promjena tijekom godina. Manji rast izgrađenosti dogodio se u 2017. godini.



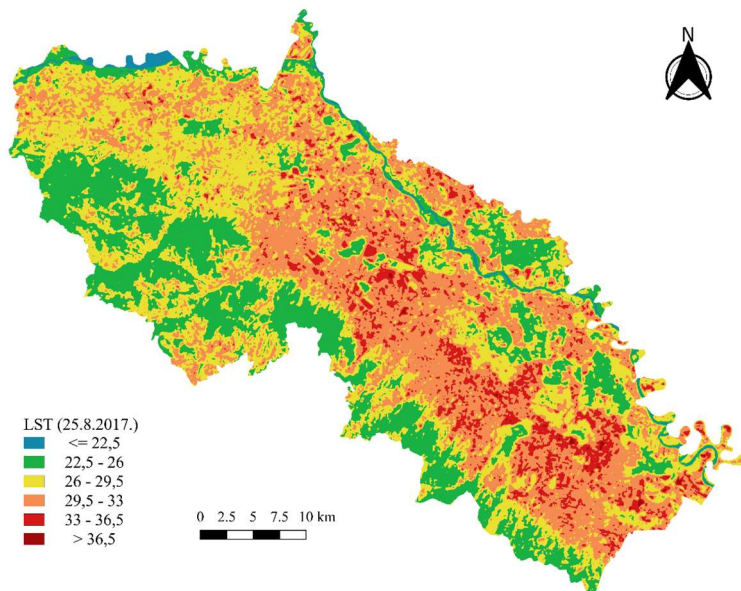
Slika 5.11. Razlike NDBI-a po godinama

### 5.3 Temperatura površine tla (LST)

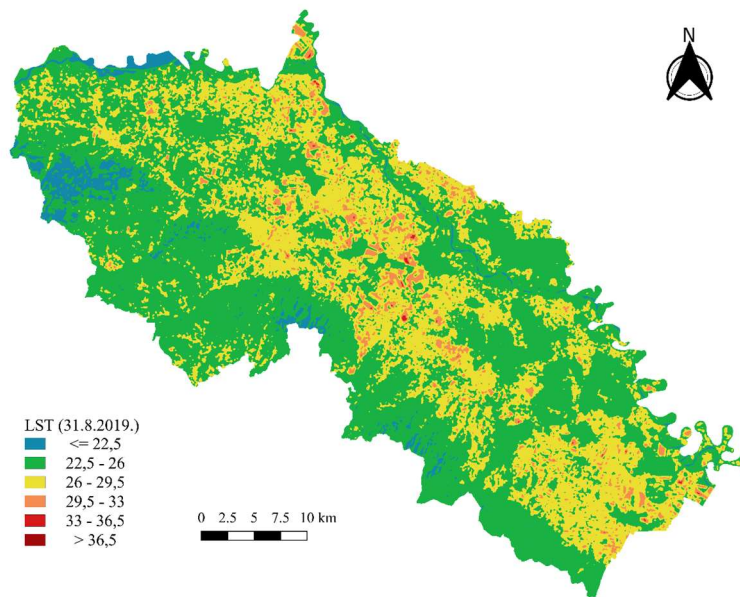
U nastavku su prikazani rezultati dobivene temperature površine tla (Slika 5.12., Slika 5.13., Slika 5.14., Slika 5.15.). Izračun je proveden u raster kalkulatoru koji je dio QGIS softvera.



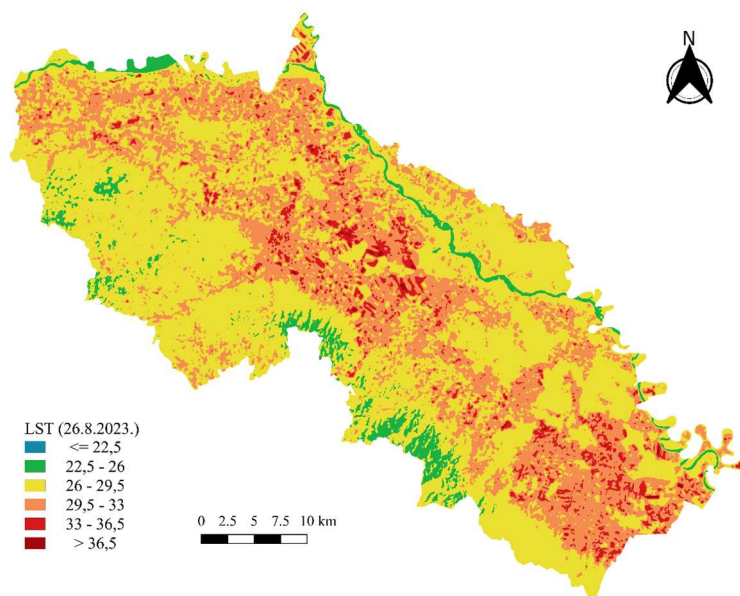
Slika 5.12. LST za 19.7.2015. godine



Slika 5.13. LST za 25.8.2017. godine



Slika 5.14. LST za 31.8.2019. godine



Slika 5.15. LST za 26.8.2023. godine

U tablici 5.1. nalaze se statistički podaci temperature površine tla za sve godine istraživanja.

Tablica 5.1. Statistički podaci za temperaturu površine tla

	LST (°C)			
	MIN	MAX	MEAN	ST. DEV.
19.7.2015.	24.41	41.34	29.91	2.59
25.8.2017.	19.99	37.85	28.64	2.90
31.8.2019.	20.82	33.42	25.38	2.05
26.8.2023.	23.02	37.89	28.93	2.19

Temperatura površine tla 19. srpnja 2015. iznosila je od 24.41 °C do 41.34 °C s prosjekom od 29.91 °C. Temperatura površine tla 25. kolovoza 2017. iznosila je od 19.99 °C do 37.85 °C s prosjekom od 28.64 °C. Temperatura površine tla 31. kolovoza 2019. iznosila je od 20.82 °C do 33.42 °C s prosjekom od 25.38 °C. Temperatura površine tla 26. kolovoza 2023. iznosila je od 23.02 °C do 37.89 °C s prosjekom od 28.93 °C.

U ovom radu, LST je razvrstana u šest klasa, od najhladnije klase ( $\leq 22$ ) do najtoplije klase ( $> 36.5$ ). Plava, zelena i žuta boja prikazuju hladnije i umjerene vrijednosti LST-a, dok narančasta, crvena i tamnocrvena boja prikazuju visoke i vrlo visoke vrijednosti LST-a. Godina u kojoj je LST bila najniža je 2019. godina. Na temperaturu površine tla utječu vlažnost tla i vremenski uvjeti.

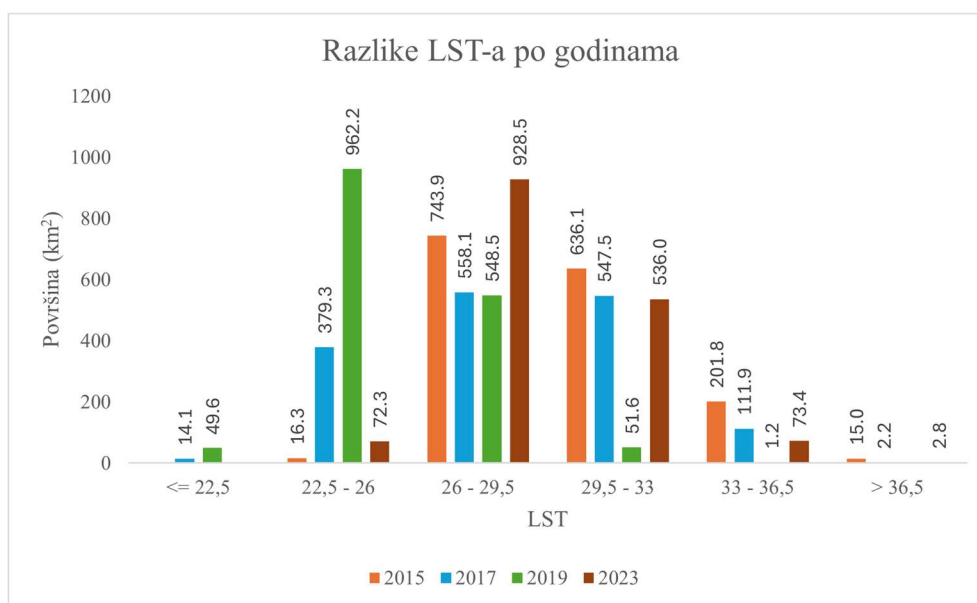
Visoke vrijednosti LST-a ponajviše su u gradovima i naseljima. Zabrinjavajuća je činjenica da je LST visoka u svim godinama istraživanja na području naselja i općine Pitomača te na području općine Koprivnički Bregi. Naime, na određenim poljoprivrednim česticama u ruralnim područjima, gdje prevladava golo tlo, uočene su visoke temperature površine tla. Poljoprivredne čestice s temperaturom višom od okolnog tla predstavljaju opasnost za osobe koje se tamo nalaze i rade.

Također, moguće je zaključiti da će LST više varirati udaljavanjem od gradova, dok je ona viša u središtima gradova ili u blizini industrijskih postrojenja. Područje uz rijeku Dravu u pravilu je malo hladnije u odnosu na okolinu.



Rezultati LST-a pokazali su da vodene površine i područja pod vegetacijom imaju nisku LST, dok izgrađena područja i neplodno zemljište imaju visoku LST.

Na slici 5.16. prikazane su razlike LST-a po godinama. Općenito, postoji povećanje LST-a na višu razinu temperature ukoliko uspoređujemo srednje vrijednosti klasifikacije LST-a (od 26 °C do 29.5 °C) za 2015. i 2023. godinu. Nadalje, vrijednosti LST-a za 2023. godinu u visokoj klasifikaciji temperature (od 29.5 °C do 36.5 °C) obuhvaćaju nešto manju površinu Podravine. Za 2019. godinu uočava se porast površine u nižoj klasifikaciji temperature (od 22.5 °C do 26 °C).



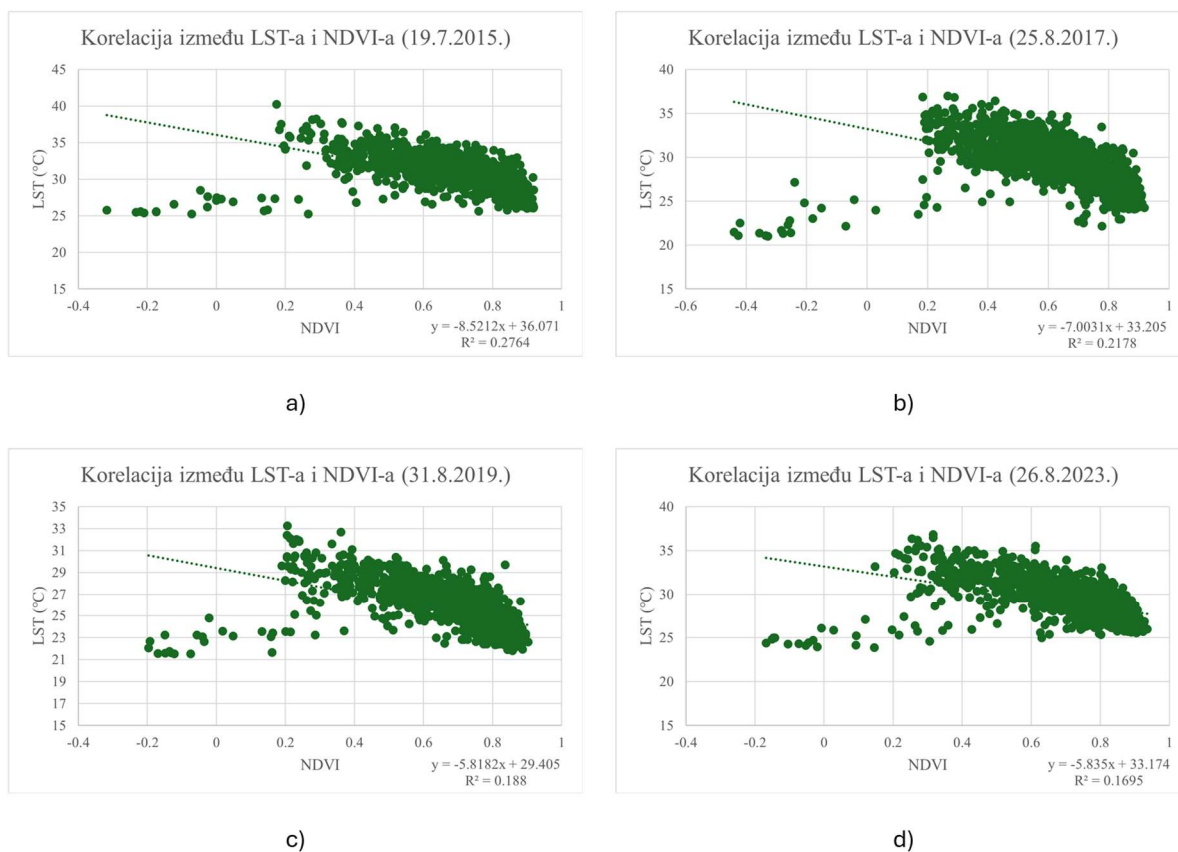
Slika 5.16. Razlike LST-a po godinama

## 5.4 Korelacija između NDVI-a i LST-a

LST i NDVI u negativnoj su korelaciji (Slika 5.17.). Analiza odnosa LST-a i NDVI-a izvršena je odabirom 1610 točaka uzorkovanja LST i NDVI rastera.

Utvrđena je povezanost površinskih biofizičkih parametara i temperature površine tla. LST pokazuje niske vrijednosti na područjima s visokim vrijednostima NDVI-a (šume, grmlje) i na vodenim područjima.

Vrijednosti koeficijenta korelacije iznose: -0.53, -0.47, -0.43 i -0.41 redom za godine 2015., 2017., 2019. i 2023. To ukazuje na slabu negativnu vezu između LST-a i NDVI-a. Uklanjanje zelenih površina u manjoj mjeri doprinosi porastu temperature površine tla.



Slika 5.17. Raspršeni grafikoni korelacije LST-a i NDVI-a za: a) 2015., b) 2017., c) 2019., d) 2023. godinu

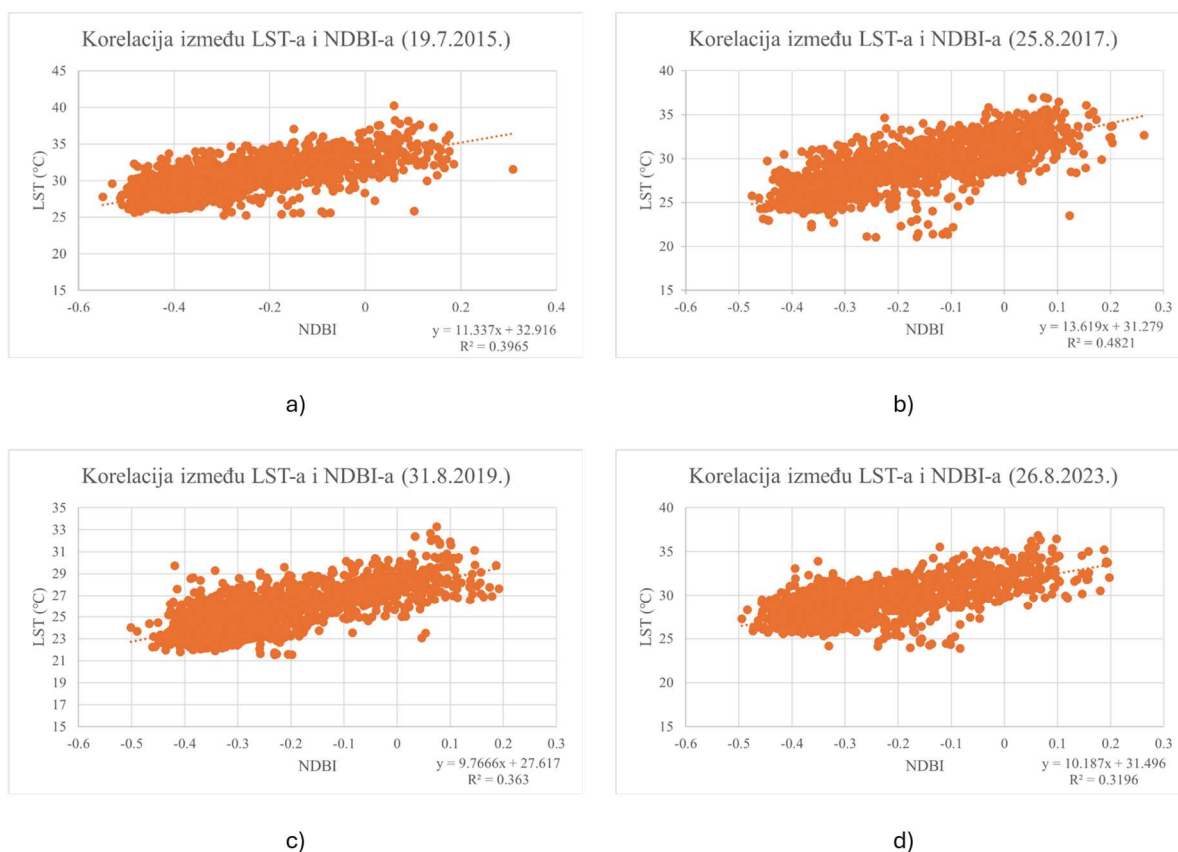
## 5.5 Korelacija između NDBI-a i LST-a

LST i NDBI u pozitivnoj su korelaciji (Slika 5.18.). Analiza odnosa LST-a i NDBI-a izvršena je odabirom 1610 točaka uzorkovanja LST i NDVI rastera.

Rezultati pokazuju pozitivnu korelaciju s neplodnom zemljom i naseljima. Visoke LST vrijednosti su ondje gdje je visoki NDBI indeks. Drugim riječima, temperatura površine tla će se povećavati s povećanjem zbijenosti i rastom izgrađenog područja.

Vrijednosti koeficijenta korelacije iznose: 0.63, 0.69, 0.60 i 0.57 redom za godine 2015., 2017., 2019. i 2023. To ukazuje na srednju pozitivnu vezu između LST-a i NDVI-a.

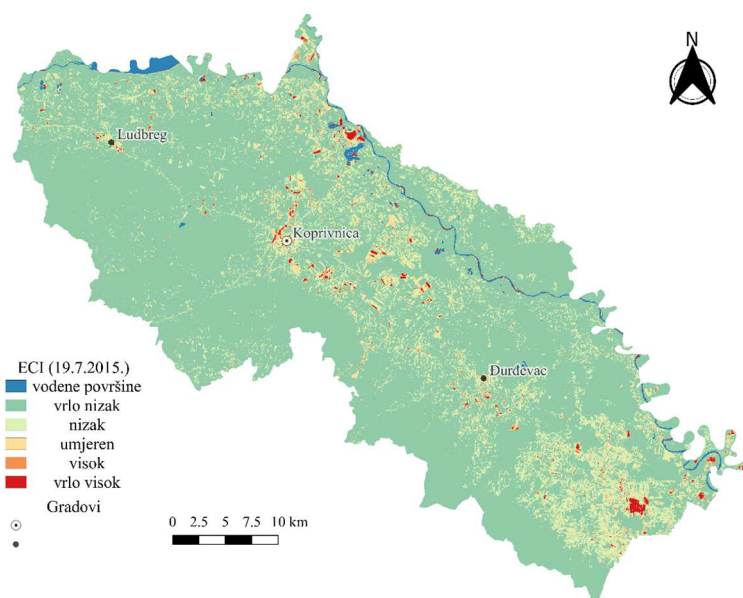
Odnos između NDBI-a i LST-a nešto je jači od odnosa NDVI-a i LST-a. To ukazuje da je i moć predviđanja NDBI-a s obzirom na prostorni obrazac LST-a jača od one NDVI-a.



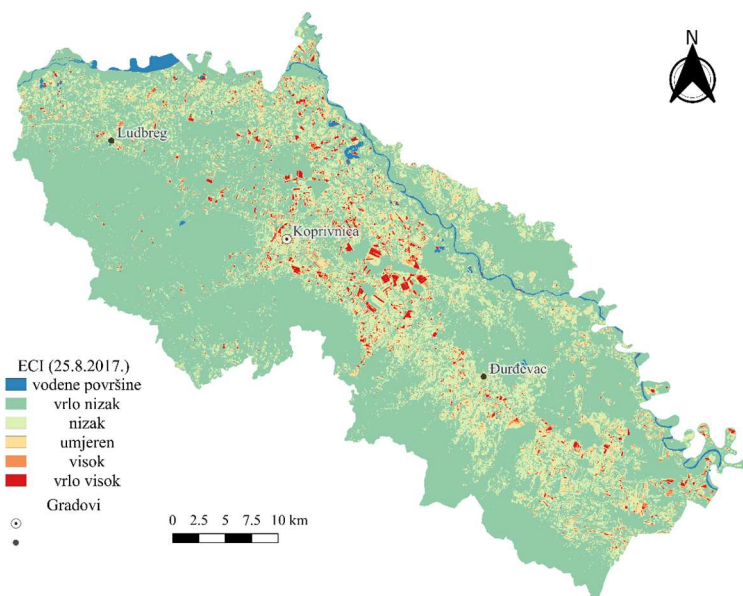
Slika 5.18. Raspršeni grafikoni korelacije LST-a i NDBI-a za: a) 2015., b) 2017., c) 2019., d) 2023. godinu

## 5.6 Environmental Criticality Index (ECI)

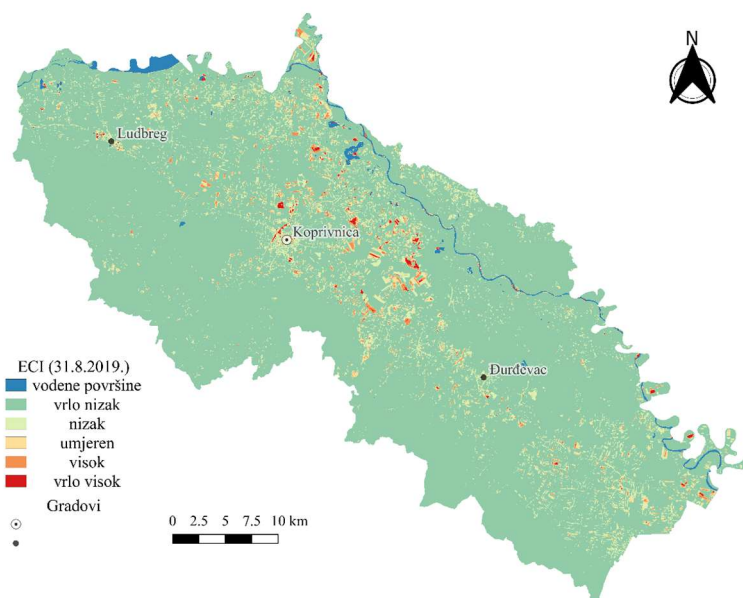
U nastavku su prikazani rezultati dobivenog ECI-a (Slika 5.19., Slika 5.20., Slika 5.21., Slika 5.22.). Izračun je proveden u raster kalkulatoru koji je dio QGIS softvera.



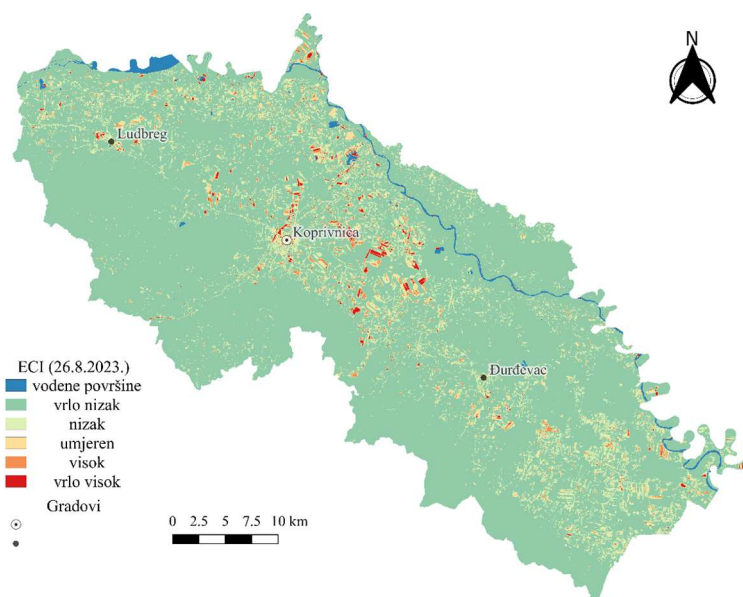
Slika 5.19. ECI za 19.7.2015. godine



Slika 5.20. ECI za 25.8.2017. godine

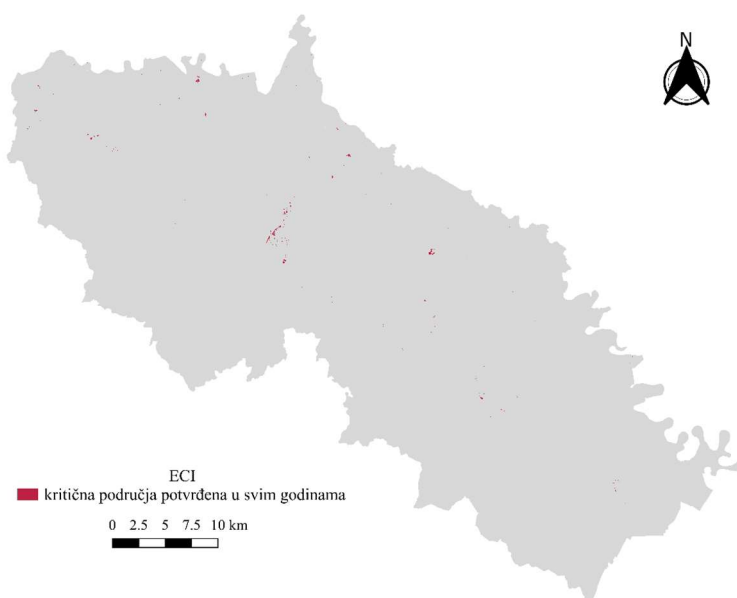


Slika 5.21. ECI za 31.8.2019. godine



Slika 5.22. ECI za 26.8.2023. godine

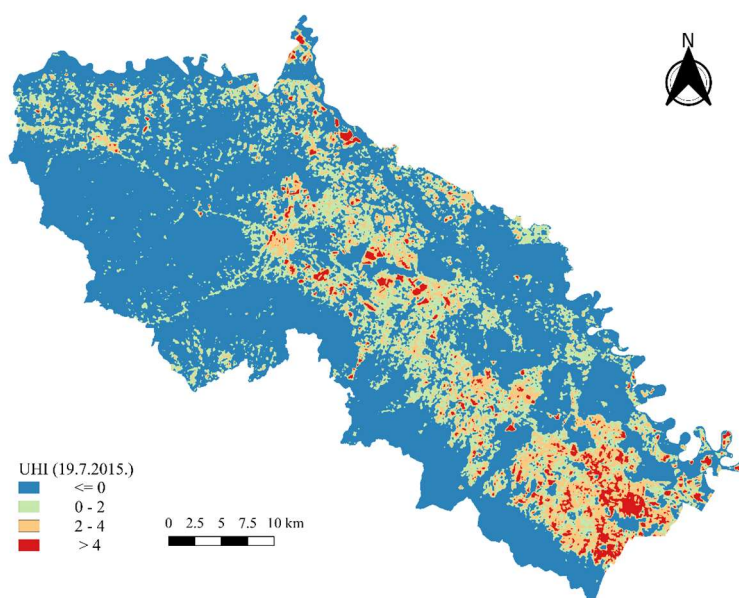
U ovom radu, ECI je razvrstan u pet klasa: vrlo nizak ( $\leq 0.5$ ), nizak (0.5-1), umjeren (1-1.5), visok (1.5-2) i vrlo visok ( $>2$ ). Plava boja označava vodene površine, zelene nijanse niske vrijednosti ECI-a, dok narančasta i crvena boja označavaju više vrijednosti ECI-a na nekom području. Može se primijetiti da su gradovi (Ludbreg, Koprivnica, Đurđevac) među kritičnijim područjima. ECI je u pozitivnoj korelaciji s LST-om što znači da područja pod vegetacijom i vode imaju nizak ECI indeks, dok urbane sredine i industrijska postrojenja imaju vrlo visok ECI indeks. Vrlo visok ECI koji je potvrđen u svim godinama istraživanja nalazi se na području okolice grada Koprivnice (Slika 5.23.).



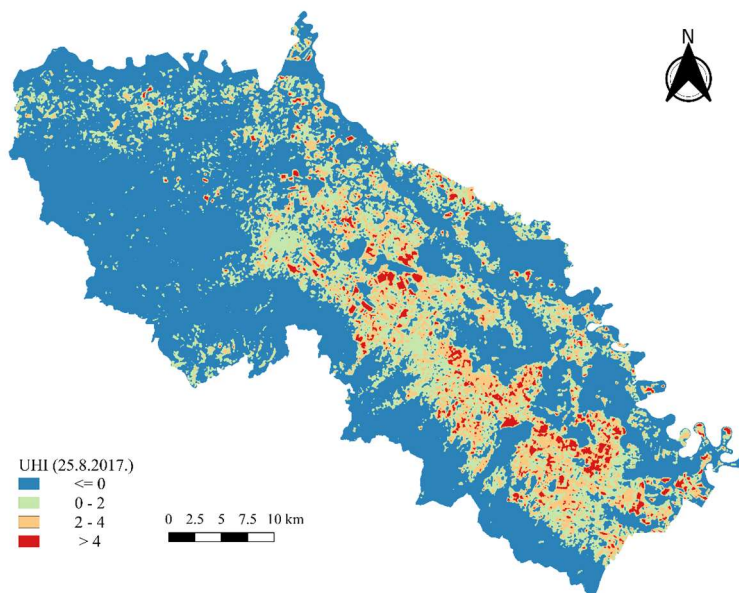
Slika 5.23. Vrlo visok ECI potvrđen u svim godinama istraživanja

## 5.7 Urbani toplinski otoci (UHI)

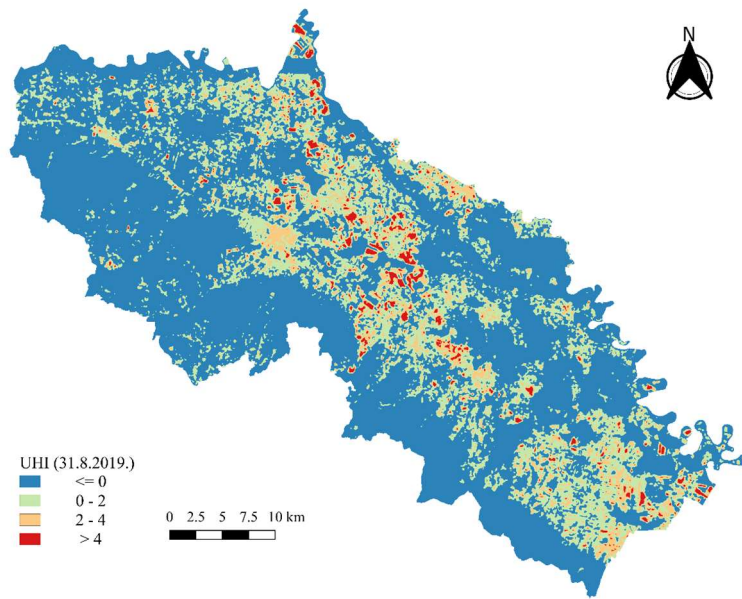
U nastavku su prikazani rezultati dobivenih urbanih toplinskih otoka (Slika 5.24., Slika 5.25., Slika 5.26., Slika 5.27.). Izračun je proveden u raster kalkulatoru koji je dio QGIS softvera.



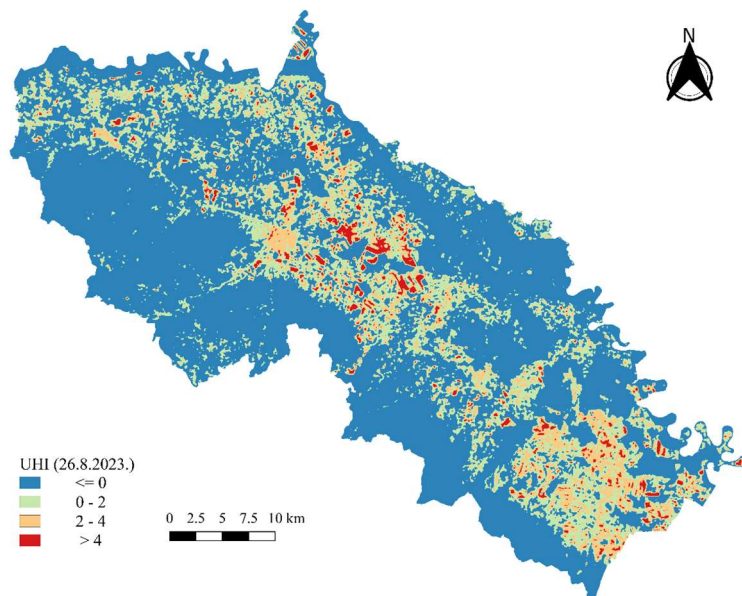
Slika 5.24. UHI za 19.7.2015. godine



Slika 5.25. UHI za 25.8.2017. godine



Slika 5.26. UHI za 31.8.2019. godine

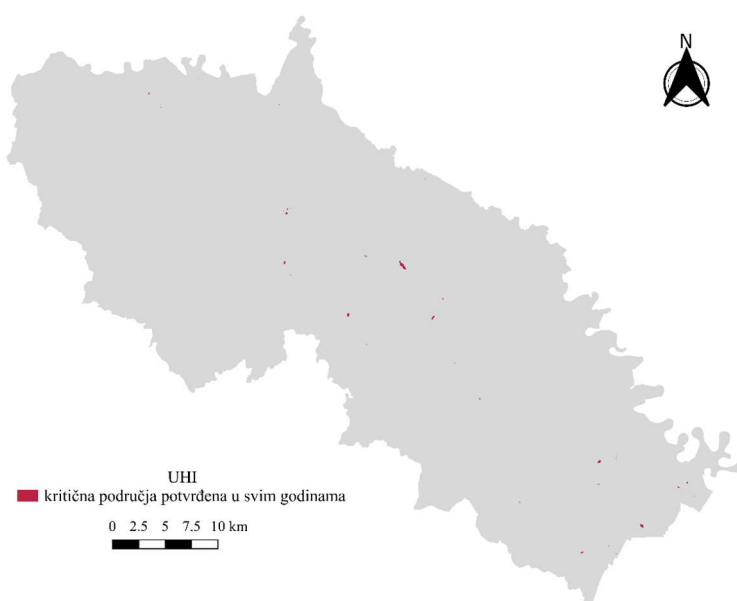


Slika 5.27. UHI za 26.8.2023. godine



Urbani toplinski otok je fenomen porasta temperature koji se javlja u nekom području. To se općenito događa u metropolama koje imaju znatno više temperature od okolnih područja zbog većeg broja aktivnosti.

U ovom radu, UHI je razvstan u 4 klase. Ukoliko je vrijednost manja ili jednaka nuli, ne postoje potencijalni urbani toplinski otoci. Ukoliko su vrijednosti veće od nule, rizik od pojave urbanih toplinskih otoka raste. Na slici 5.28. izdvojena su visoko rizična područja potvrđena u svim godinama istraživanja. I ECI i UHI pojavljuju se na gotovo identičnim područjima pa je moguće zaključiti da su oni također povezani.



Slika 5.28. Potencijalni urbani toplinski otoci potvrđeni u svim godinama istraživanja



Slika 5.29. UHI poprečni profil

Na slici 5.29. prikazan je poprečni profil dijela Podravine. Uz pomoć ovog grafa, primjećuje se da je najviši rizik od pojave toplinskih otoka u središtu grada, a zatim će se on smanjivati kada su u pitanju prigradska područja. Površinski urbani toplinski otoci (engl. *Surface Urban Heat Islands* - SUHI) predstavljaju razliku temperature površine tla između urbanih i ruralnih područja (Zhou i dr. 2019). UHI uglavnom nastaje zbog razlika u radijacijskom hlađenju između urbanih i ruralnih područja tijekom noći, dok SUHI proizlazi iz razlika u radijacijskom zagrijavanju površina između urbanih i ruralnih područja tijekom dana (Choi i dr., 2014). Urbani razvoj zasigurno utječe na urbane toplinske otoke. Ruralna područja imaju nižu vrijednost UHI-a jer ondje još uvijek dominira vegetacija.

## 6. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog diplomskog rada provedeno je istraživanje mogućnosti današnjih satelitskih sustava za izračun temperature površine tla i prepoznavanje urbanih toplinskih otoka.

Korištenjem otvorenih podataka niske prostorne rezolucije (snimke Landsat 8 satelitskog sustava) i besplatnog softvera (QGIS), moguće je vrlo brzo izračunati temperaturu površine tla za određeno područje.

Iako satelitski podaci nisu jednako precizni kao *in situ* podaci (terenska mjerenja), oni pružaju vrijedan uvid u rasprostranjenost i dinamiku određenih pojava.

Usporedba rezultata LST-a omogućila je jednostavnu detekciju i analizu područja na kojima su se dogodile promjene, što je i bio jedan od glavnih ciljeva ovog rada. Analizom je otkriveno da su toplinski otoci najizraženiji u urbanim sredinama, gdje je velika gustoća naseljenosti i gdje građevine apsorbiraju i ponovno emitiraju više sunčeve energije u odnosu na vegetaciju i vodene površine. Kritičnost je bila niska u područjima s niskom temperaturom površine tla, gustom vegetacijom i rijetko izgrađenim zemljištem.

Korelacijska analiza LST-a s karakteristikama površine pokazala je da LST ima negativnu povezanost s vegetacijskim pokrovom (NDVI) i pozitivnu s izgrađenošću (NDBI). ECI je isto tako u pozitivnoj korelaciji s LST-om.

Zbog negativnih posljedica, znanstvenici ističu da stanovnici gradova i arhitekti trebaju težiti smanjenju utjecaja ljudi na urbana područja. Zeleni krovovi (krovovi zgrada prekriveni biljkama) pomažu u hlađenju jer biljke apsorbiraju ugljični dioksid, jedan od glavnih zagađivača, i smanjuju toplinu okolnih područja. Također, korištenje svjetlijih građevinskih materijala može pomoći jer reflektiraju više sunčeve svjetlosti i zadržavaju manje topline.

Kako bi se izbjeglo nastajanje novih toplinskih otoka i područja kritičnih za život ljudi, treba stvoriti sustav održivog pošumljavanja jer zelene površine mogu pomoći u smanjenju učinaka zagrijavanja UHI-a.

## LITERATURA

Aprilia, H. C., Jumadi and Mardiah, A. N. (2023) "Environmental Critical Analysis of Urban Heat Island Phenomenon Using ECI (Environmental Critically Index) Algorithm in Surakarta City and Its Surroundings", *International Journal for Disaster and Development Interface*, 1(1).

Chen, J. & Dowman, I. & Li, S. & Li, Z. & Madden, M. & Mills, J. & Paparoditis, N. & Rottensteiner, F. & Sester, M. & Toth, C. & Trinder, J. & Heipke, C. (2015). Information from imagery: ISPRS scientific vision and research agenda. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 115.

Choi, Y.Y, Suh, M.S, Park, K.H., 2014: Assessment of Surface Urban Heat Islands over Three Megacities in East Asia Using Land Surface Temperature Data Retrieved from COMS, *Remote Sensing*, 6, 5852-5867.

Feletar, D., and Feletar, P. (2008). 'Prirodna osnova kao čimbenik naseljenosti gornje hrvatske Podravine', *Podravina*, 7(13), pp. 167-212. Available at: <https://hrcak.srce.hr/index.php/78036> (Accessed 2 September 2024)

Gago, E.J. & Roldan, J. & Pacheco-Torres, R. & Ordóñez, J., 2013. "The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 25(C), pages 749-758.

Gierloff-Emden (1989): *Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen: Allgemeine Grundlagen und Anwendungen*

Hrvatska enciklopedija, n. d.: Podravina, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/podravina> (2.9.2024.)

Ranagalage, M., Estoque, R.C., Murayama, Y. An Urban Heat Island Study of the Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, Based on Landsat Data (1997–2017). *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 189.

Zhang, Z. & Moore, J.C.. (2014). *Mathematical and Physical Fundamentals of Climate Change*. Mathematical and Physical Fundamentals of Climate Change. 1-481.

Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Frohling, S., Yao, R., Qiao, Z., Sobrino, J.A., 2019: Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. *Remote Sensing*, 11 (48), 36.

### POPIS URL-ova

URL 1. <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/human-geography/introduction-to-human-geography/remote-sensing/> (29.8.2024.)

URL 2. [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_EN/SEM7IQ3Z2OF\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM7IQ3Z2OF_0.html) (29.8.2024.)

URL 3. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat-8> (28.8.2024.)

URL 4. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (28.8.2024.)

URL 5. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (12.5.2024.)

URL 6. <https://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshetri> (29.8.2024.)

URL 7. <https://typeset.io/questions/what-is-the-normalized-difference-built-up-index-ndbi-28otaj8tah> (28.8.2024.)

URL 8. [https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD\\_LSTD\\_M](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M) (2.9.2024.)

URL 9. <https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables/land-temperature> (2.9.2024.)

URL 10. [https://semiautomaticclassificationmanual-v4.readthedocs.io/en/latest/thematic\\_tutorial\\_temperature.html#data-download-and-conversion](https://semiautomaticclassificationmanual-v4.readthedocs.io/en/latest/thematic_tutorial_temperature.html#data-download-and-conversion) (12.5.2024.)

URL 11. <https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-heat-island/> (29.8.2024.)

**POPIS SLIKA**

Slika 3.1. Geografski položaj Podravine .....	5
Slika 3.2. Gradovi i općine Podravine .....	6
Slika 5.1. NDVI za 19.7.2015. godine.....	14
Slika 5.2. NDVI za 25.8.2017. godine.....	14
Slika 5.3. NDVI za 31.8.2019. godine.....	15
Slika 5.4. NDVI za 26.8.2023. godine.....	15
Slika 5.5. Prikaz promjena u vegetaciji. Lijevo: DOF 2014/2016, desno: DOF 2023 .....	16
Slika 5.6. Razlike NDVI-a po godinama .....	17
Slika 5.7. NDBI za 19.7.2015. godine.....	18
Slika 5.8. NDBI za 25.8.2017. godine.....	18
Slika 5.9. NDBI za 31.8.2019. godine.....	19
Slika 5.10. NDBI za 26.8.2023. godine.....	19
Slika 5.11. Razlike NDBI-a po godinama .....	20
Slika 5.12. LST za 19.7.2015. godine .....	21
Slika 5.13. LST za 25.8.2017. godine .....	21
Slika 5.14. LST za 31.8.2019. godine .....	22
Slika 5.15. LST za 26.8.2023. godine .....	22
Slika 5.16. Razlike LST-a po godinama.....	24
Slika 5.17. Raspršeni grafikoni korelacije LST-a i NDVI-a za: a) 2015., b) 2017., c) 2019., d) 2023. godinu.....	25
Slika 5.18. Raspršeni grafikoni korelacije LST-a i NDBI-a za: a) 2015., b) 2017., c) 2019., d) 2023. godinu.....	26
Slika 5.19. ECI za 19.7.2015. godine .....	27
Slika 5.20. ECI za 25.8.2017. godine .....	27
Slika 5.21. ECI za 31.8.2019. godine .....	28
Slika 5.22. ECI za 26.8.2023. godine .....	28
Slika 5.23. Vrlo visok ECI potvrđen u svim godinama istraživanja .....	29
Slika 5.24. UHI za 19.7.2015. godine .....	30
Slika 5.25. UHI za 25.8.2017. godine .....	30
Slika 5.26. UHI za 31.8.2019. godine .....	31
Slika 5.27. UHI za 26.8.2023. godine .....	31
Slika 5.28. Potencijalni urbani toplinski otoci potvrđeni u svim godinama istraživanja ....	32

Slika 5.29. UHI poprečni profil .....	32
---------------------------------------	----





## POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Karakteristike Landsat 8 multispektralnih kanala (prilagođeno prema URL 4)	4
---	---

Tablica 4.1. Karakteristike korištenih satelitskih snimki .....	7
---	---

Tablica 5.1. Statistički podaci za temperaturu površine tla.....	23
--	----

## ŽIVOTOPIS

<p style="text-align: center;"><b>Maja Turščak</b></p> <p><b>Datum rođenja:</b> 11/12/1998 <b>Državljanstvo:</b> hrvatsko</p> <p><b>KONTAKT</b></p> <p> Ulica Svetog Lovre 28, 42208 Cestica, Hrvatska (Kućna)</p> <p> <a href="mailto:turscakmaja@gmail.com">turscakmaja@gmail.com</a></p> <p> (+385) 998598319</p>	<div style="text-align: right;">  <b>europass</b> </div> <p><b>OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 2014 – 2018 Varaždin, Hrvatska <b>Srednja školska sprema (SŠS)</b> Prva gimnazija Varaždin Internetske stranice <a href="http://www.gimnazija-varazdin.skole.hr/">http://www.gimnazija-varazdin.skole.hr/</a></li> <li>● 19/7/2018 – 21/9/2022 Zagreb, Hrvatska <b>Sveučilišna prvostupnica inženjerka geodezije i geoinformatike (univ. bacc. ing. geod. et geoinf.)</b> Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Internetske stranice <a href="https://www.geof.unizg.hr/">https://www.geof.unizg.hr/</a></li> <li>● 26/9/2022 – <b>TRENUTAČNO</b> Zagreb, Hrvatska <b>Magistra inženjerka geodezije i geoinformatike</b> Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Internetske stranice <a href="https://www.geof.unizg.hr/">https://www.geof.unizg.hr/</a></li> </ul> <p><b>JEZIČNE VJEŠTINE</b></p> <p><b>MATERINSKI JEZIK/JEZICI:</b> hrvatski</p> <p><b>DRUGI JEZICI:</b> osnove njemačkog   osnove španjolskog engleski</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Slušanje B2</td> <td style="width: 50%;">Govorna produkcija B2</td> </tr> <tr> <td>Čitanje B2</td> <td>Govorna interakcija B2</td> </tr> <tr> <td>Pisanje B2</td> <td></td> </tr> </table> <hr style="border: 0.5px solid #0070c0;"/> <p><i>Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2: iskusni korisnik</i></p> <p><b>DIGITALNE VJEŠTINE</b></p> <p>MS Office (Word, Powerpoint, Outlook, Excel)   QGIS (program za vizualizaciju, uređivanje i analizu geopodataka)   AutoCad (Computer Aided Design Software)   Komunikacijski programi (Skype Zoom TeamViewer)   Timski rad   Prilagodljivo st</p> <p><b>VOZAČKA DOZVOLA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Vozačka dozvola: AM</li> <li>● Vozačka dozvola: B</li> </ul> <p><b>KONFERENCIJE I SEMINARI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 10/11/2022 – 14/11/2022 Novi Sad, Srbija <b>Međunarodna konferencija studenata građevinarstva, geodezije i arhitekture "CoNstruction22"</b></li> <li>● 27/3/2024 – 29/3/2024 Banja Luka, Bosna i Hercegovina <b>Regionalni susret studenata geodezije - RGSM</b></li> </ul> <p><b>HOBIJI I INTERESI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Glazba</li> </ul>	Slušanje B2	Govorna produkcija B2	Čitanje B2	Govorna interakcija B2	Pisanje B2	
Slušanje B2	Govorna produkcija B2						
Čitanje B2	Govorna interakcija B2						
Pisanje B2							



