

Analiza površinskih temperatura dobivenih iz multispektralnih satelitskih snimaka korištenjem QGIS sustava

Horvat, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:822950>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-02**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

**ANALIZA POVRŠINSKIH TEMPERATURA DOBIVENIH IZ
MULTISPEKTRALNIH SATELITSKIH SNIMAKA KORIŠTENJEM
QGIS SUSTAVA**

Završni rad

Domagoj Horvat

G2176

Zagreb, 2022.



KLASA: 602-01/22-01/142
URBROJ: 251-70-15-22-2
U Zagrebu, 15. 9. 2022.

Domagoj Horvat, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/142, URBROJ: 251-70-15-22-1 od 8. 6. 2022. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

ANALIZA POVRŠINSKIH TEMPERATURA DOBIVENIH IZ MULTISPEKTRALNIH SATELITSKIH SNIMAKA KORIŠTENJEM QGIS SUSTAVA

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc. dr. sc. Ivan Medved nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

Doc. dr. sc. Ivan Medved

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

ANALIZA POVRŠINKIH TEMPERATURA DOBIVENIH IZ MULTISPEKTRALNIH SATELITSKIH
SNIMAKA KORIŠTENJEM QGIS SUSTAVA

Domagoj Horvat

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geofizička istraživanja i rudarska mjerenja
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Rad prikazuje metodu dobivanja površinskih temperatura pomoću QGIS programa korištenjem podataka dobivenih iz Earth Explorer-a. Korišteni podaci su satelitske snimke dobivene iz Landsat 8 satelita koji je civilne namjene. Promatrano je područje grada te okolica grada Rijeke na dan 30.srpnja 2020 godine.

Ključne riječi: QGIS, Landsat 8, Površinske temperature, Rijeka

Završni rad sadrži: 22 stranice, 1 tablica, 16 slika, 0 priloga, i 16 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc Ivan Medved, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc Ivan Medved, docent RGNF
Dr.sc. Jasna Orešković, izvanredna profesorica RGNF
Dr.sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. MULTISPEKTRALNE SATELITSKE SNIMKE I USGS	4
2.1. Earth Explorer	4
2.2. Landsat program	5
2.3. Landsat 8	5
3. METODA RADA I ODABIR PODRUČJA RADA	7
3.1. Odabir vremenskog razdoblja rada	7
3.2. Odabir pouzdanih podataka za obradu	8
4. OBRADA PODATAKA POMOĆU QGIS-A	10
4.1. Obrada podataka	11
5. REZULTATI	14
6. ZAKLJUČAK	17
7. LITERATURA	20

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Početna stranica Američkog geološkog zavoda (USGS, 2022)	5
Slika 2-2. Landsat 8 satelit (NASA, 2022)	7
Slika 3-1. Brodogradilište “3.maj“ (Lokalpatrioti-rijeka, 2022)	8
Slika 3-2. Sučelje Earth Explorer-a, odabir lokacije pomoću koordinata na interaktivnoj mapi te odabir vremenskog razdoblja (Earth Explorer, 2022a).....	9
Slika 3-3. Prikaz odabira Landsat 8 satelitskih snimaka zbirke broj 1 i razine broj 1 za set podataka (Earth Explorer, 2022b)	10
Slika 4-1. Korisničko sučelje QGIS programa	11
Slika 4-2. Korisničko sučelje RS&GIS dodatka sa svim potrebnim stavkama odabranim za izračunavanje površinskih temperatura	13
Slika 4-3. Prikaz ekstrahiranih RAW datoteka iz komprimirane datoteke.....	14
Slika 4-4. Prikaz deriviranih podataka iz komprimirane datoteke	14
Slika 5-1. Prikaz površinskih temperatura grada Rijeke u QGIS programu	15
Slika 5-2. Prikaz površinskih temperatura kod Interspar Hipermaketa	16
Slika 5-3. Prikaz površinskih temperatura u industrijskoj zoni Rijeke kod Kukuljanova ...	16
Slika 5-4. Prikaz površinskih temperatura kod brodogradilišta “3. Maj“	17
Slika 5-5. Prikaz površinskih temperatura kod “Ekoplus Marčelji	17
Slika 6-1. Prikaz krovova obojanih u bijelo za svrhu smanjivanja površinskih temperatura u Queens-u, New York (NASA, 2012)	19
Slika 6-2. Prikaz zelenih krovova u Singapore-u (NParks, 2016)	19

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz svih skupina spektara Landsat 8 satelita (USGS, 2022)	12
---	----

1. UVOD

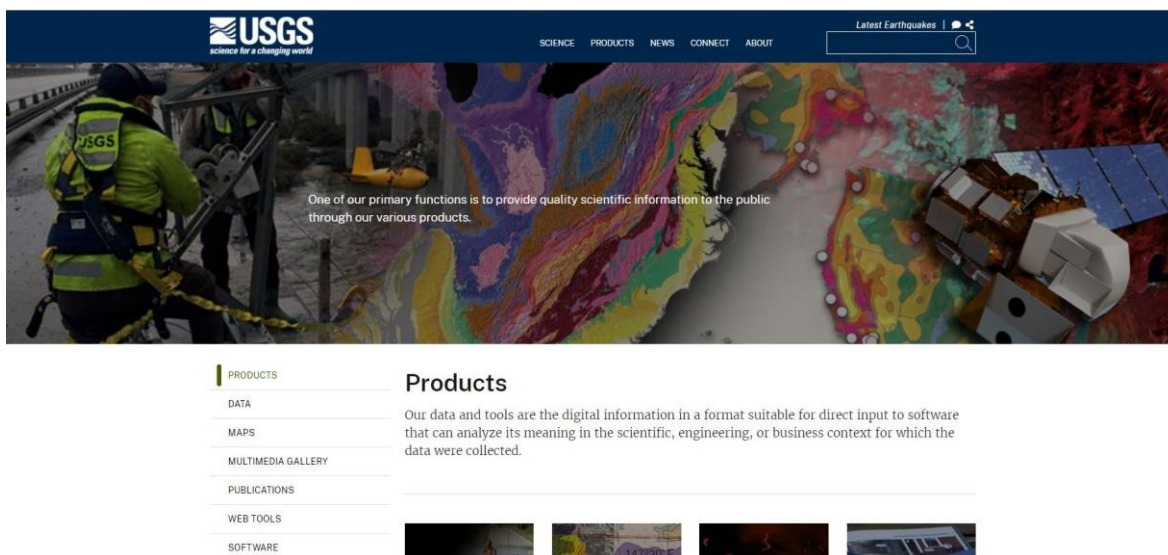
Današnje društvo je upoznato sa činjenicom klimatskih promjena te globalnog zatopljenja. Uzroci tih pojava su predvođene ljudskim aktivnostima, naročito izgaranjem fosilnih goriva. Ona povećavaju stakleničke plinove te dovode do povećanja temperature u Zemljinoj atmosferi te tako i na njezinoj površini. Od pred-industrijskog razdoblja do danas procijenjeno je da je ljudska aktivnost dovela do povećanja srednje globalne razine temperature za 1 °C (NASA, 2022). Posljedice ovih promjena utječu na sam život i zdravlje ljudi. Pretjerano izlaganje visokim temperaturama dovodi do dehidracije, sunčanice i toplinskog udara što može rezultirati smrću.

Urbana područja su najviše zahvaćena višim temperaturama zbog efekta zvanog urbani „toplinski otok“. Pojavljuje se u gradovima gdje prevladava visoka koncentracija i gustoća ljudi kao i ljudskih struktura izgrađenih od betona, čelika i asfalta.. Efekt „toplinskog otoka“ je pojava kada određene strukture poput krovova objekata, prometnica te zgrada apsorbiraju i re-emitiraju toplinu sunca. Ljudska aktivnost također doprinosi efektu budući da velik broj ljudi upotrebljava javni prijevoz, vozi aute te proizvodi ispušne plinove u industrijskim objektima (National Geographic, 2022).

Tehnologija danas omogućuje praćenje te prikaz takvih efekata pomoću podataka kako bi se oni mogli prikazati te kako bi se oni mogli razriješiti. U ovom radu su prikazane površinske temperature grada Rijeke i njegove okolice kako bi prikazali posljedice efekta „toplinskih otoka“. Prikaz rezultata i podataka će omogućiti uvid u područja koja su najviše zahvaćena visokim temperaturama te će omogućiti ciljano rješavanje problema visokih temperatura u određenim dijelovima grada. Za prikupljanje podataka je korišten USGS-ov portal „Earth Explorer“ koji sakuplja podatke dobivene satelitskim snimkama Landsat 8 satelita. Za obradu i vizualizaciju podataka je korišten QGIS sustav i jedan njegov besplatni dodatak.

2. MULTISPEKTRALNE SATELITSKE SNIMKE I USGS

Američki geološki zavod je osnovan 3. ožujka 1879. godine kao zavod čiji cilj je bio: “klasifikacija javnih zemljišta, pregled geoloških struktura, mineralnih resursa te proizvoda nacionalne domene“ (USGS, 2019). Tijekom desetljeća zavod se razvijao te pomoću talenata i već stečenog znanja pratio nove tehnološke trendove. Kao jedan od zavoda ministarstva unutarnjih poslova Sjedinjenih Američkih Država tražena je grana tisuće partnera i kupaca zbog svojih znanja u području znanosti te zbog svojih velikih repozitorija podataka i produkata u područjima bioloških te zemaljskih znanosti. Njihova zadaća je monitoring, analiziranje i predviđanje trenutnih i razvijajućih događaja na Zemljinoj površini pomoću alata i produkata (slika 2-1.) te dostavljanje tih informacija tvrtkama ili relevantnim tijelima vlade. Vizija zavoda je predvoditi državu u 21. stoljeće sa istraživanjem, procjenom i predviđanjem prirodnih resursa i procesa kako bi zadovoljili potrebe društva (USGS, 2022a)



Slika 2-1. Početna stranica Američkog geološkog zavoda (USGS, 2022)

2.1. Earth Explorer

Earth Explorer je podatkovni portal (slika 2-1.) preko kojeg je moguće dobiti skup prostornih podataka iz njihove ekstenzivne zbirke. Portal dopušta samostalnu navigaciju u interaktivnoj mapi ili preko tekstualne pretrage. Služi stjecanju traženih multispektralnih satelitskih snimaka te pruža pristup ostalim komercijalno dostupnim snimkama iz drugih podatkovnih setova. Korisnici mogu pretraživati točnu lokaciju preko interaktivne mape ili uvrstiti specifične koordinate za pregled željenog područja kao i traženo vremensko razdoblje koje im odgovara (USGS, 2022b). Ovakav način pronalaženja te prikupljanja snimaka i informacija o određenom zadatku bez fizičkog kontakta naziva se daljinsko

istraživanje. Specifično u ovom zadatku su prikupljeni podaci iz višekanalnih satelitskih snimaka Landsat 8 satelita.

2.2. Landsat program

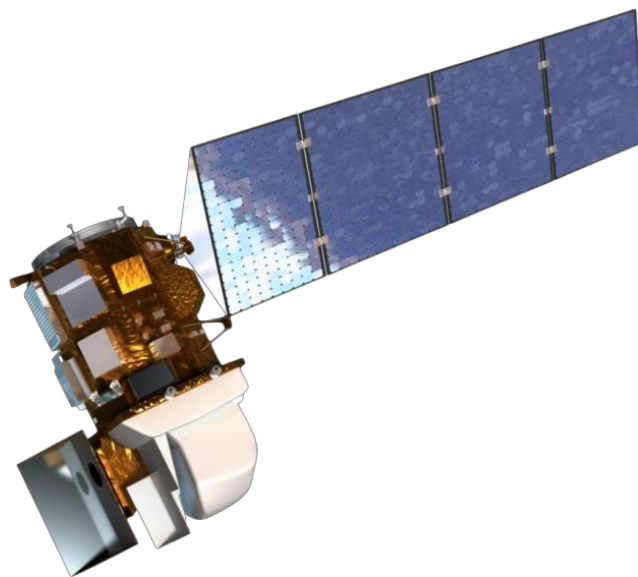
Zajedničkim naporima Američkog geološkog saveza (USGS) i NASA-e 1972.godine pokrenut je „Landsat“ program za niz Zemaljskih opservacijskih satelita koji bi kontinuirano prikupljali snimke Zemljine površine. Tako bi došlo do neprekidnog dostavljanja podataka i informacija kojima bi se donosile informirane odluke u vezi prirodnih resursa i okoliša (USGS, 2022c). Kao dio USGS-ovog „National Land Imaging“ programa (NLI), landsat-ove misije se sastoje od 8 operacijskih satelita uperenih u Zemlju koji koriste daljinske senzore za prikupljanje podataka i slikanje planeta. Sateliti su postavljeni heliosikrono blizu polarne orbite te tako izvode nekoliko revolucija oko Zemlje svaki dan nakon kojih uhvate slike planeta. Ovakav tip orbite dopušta satelitima da prelaze ekvator na različitim zemljopisnim dužinama te tako uhvati cjelokupnu sliku planeta Zemlje nakon 251 orbite ili oko 16 dana.

Program je započeo 1960-ih no prvi uspjeh je postignut 23.srpnja 1972.sa lansiranjem „Earth Resources Technology Satellite“ (ERTS-1) koji je kasnije preimenovan u „Landsat 1“. Sljedeća lansiranja su uslijedila sa „Landsat 2“ 1975, „Landsat 3“ 1978, „Landsat 4“ 1982 te „Landsat 5“ sa 1984 godinom koji je dostavljao visokokvalitetne slike punih 28 godina i 10 dana. Uslijedio je „Landsat 6“ koji 1993.godine nije uspio ući u orbitu te je ostao jedini Landsat-ov satelit koji je smatran neuspjehom. Sljedeća lansiranja su uslijedila sa „Landsat 7“ 1999, „Landsat 8“ 2013.te „Landsat 9“ koji je lansiran u rujnu 2021.godine. Informacije zaprimljene od višestrukih Landsat-ovih satelita je promijenio način na koji se promatra i razumije današnji svijet. Oni služe zajedničkom cilju čovječanstva u zaštiti i očuvanju okoliša. Podaci i snimke služe za klasifikaciju pokrova Zemlje te se koriste u cijelom svijetu od SAD-a do Europe i Azije. Podaci se svakih nekoliko godina javno objavljuju kako bi se uočile promjene u pokrovu Zemlje te se oni koriste u različite svrhe od istraživanja do obrazovanja i poslovanja (USGS, 2022d).

2.3. Landsat 8

„Landsat 8“ (slika 2-2.) je lansiran 11.veljače 2013.godine iz zračne baze „Vandenberg“ u Kaliforniji. Satelit sadrži operacijsku kameru zemlje (OLI) te termalni infracrveni senzor (TIRS) kao instrumente. „OLI“ mjeri vidljive infracrvene i niskovalne infracrvene dijelove elektromagnetskog spektruma. Dok „TIRS“ mjeri površinske temperature u dvije termalne

skupine pomoću nove tehnologije koja primjenjuje kvantnu fiziku za detektiranje topline (USGS, 2022e).



Slika 2-2. Landsat 8 satelit (NASA, 2022)

3. METODA RADA I ODABIR PODRUČJA RADA

Kako bi uopće mogli pravovaljano analizirati i prikazati rezultate površinskih temperatura potrebno je prikupiti i koristiti prave i točne informacije i podatke. Najprije je važno odabrati područje rada otkud će se prikupljati podaci o površinskim temperaturama. Poželjne lokacije su veliki gradovi sa visokim stupnjem urbanizacije i industrijalizacije, niskom evapotranspiracijom te gradovi koji doživljuju velike temperature tijekom godine.

Kao perspektivno područje odabran je grad i okolica grada Rijeke kao treći najveći grad u Republici Hrvatskoj po broju stanovnika (Grad Rijeka, 2022) sa visokom koncentracijom i gustoćom naseljenosti. Također kao najveća hrvatska luka po broju ispostava, (MMPI HR, 2022) te sa visokom stopom industrijalizacije Rijeka je prekrivena velikim dijelom svoje površine sa betonom, asfaltom te industrijskim objektima koji doprinose urbanom zagrijavanju grada (slika 3-1.).



Slika 3-1. Brodogradilište “3.maj“ (Lokalpatrioti-rijeka, 2022)

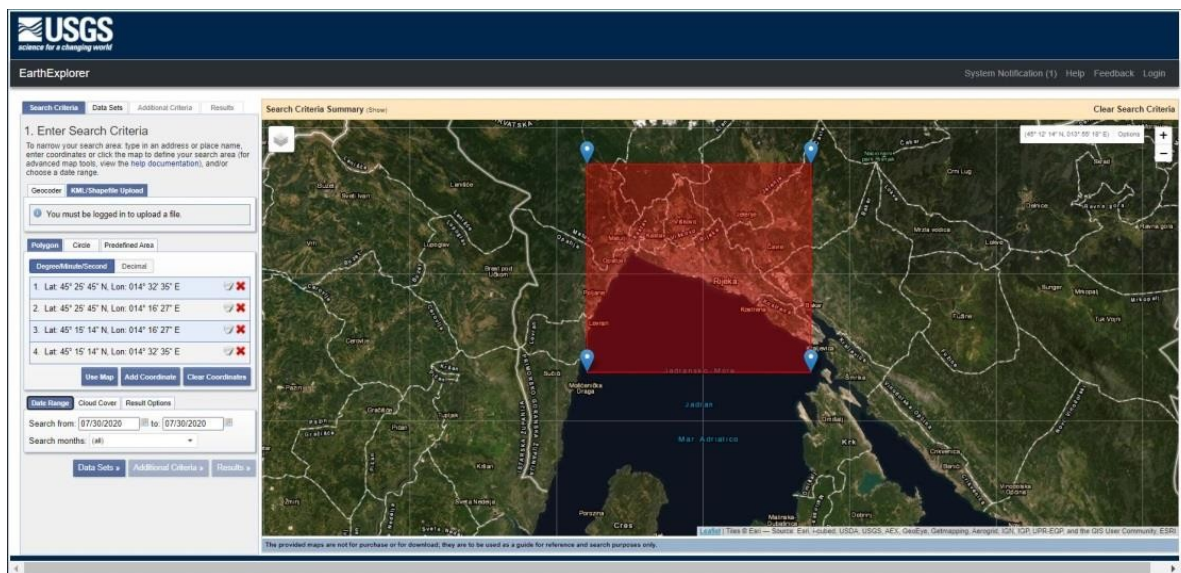
3.1. Odabir vremenskog razdoblja rada

Kao jedan od čimbenika koji utječu na obradu, interpretaciju i prikaz rezultata važno je odabrati pravovaljano vremensko razdoblje koje najbolje prikazuje zadanu problematiku. Budući da je zadatak rada obrada i interpretacija „toplinskih otoka“ za razdoblje praćenja je odabrana 2020. godina kao jedna od 3 najtoplije godine od kada postoje mjerenja te najtoplija godina u Europi od početka mjerenja. Prema podacima DHMZ-a 25% teritorija Republike Hrvatske u 2020. godini je bila ekstremno topla, uključujući i Grad Rijeku i njegovu okolicu (meteo-info.hr, 2021). Nakon odabranog razdoblja bilo je potrebno

odrediti točan datum promatranja efekta “toplinskih otoka“. Prema podacima DHMZ-a od 27. srpnja je zemlju uhvatio toplinski val te su temperature bile vruće do vrlo vruće (DHMZ, 2022) pa sukladno tome je odabran datum 30. srpnja 2020. godine kao datum na koji je zabilježena najviša dnevna temperatura u cijeloj godini (meteo-info.hr, 2020). Također je datum povoljan zbog niske naoblake ona snižava temperaturu površine te dovodi do nepouzdanosti interpretacije podataka dobivene satelitskim snimkama.

3.2. Odabir pouzdanih podataka za obradu

Nakon odabira lokacije i vremenskog razdoblja bilo je potrebno pronaći prave, točne te valjane podatke i informacije o površinskim temperaturama kako bi rezultati i zaključak bili važeći i pravilno prikazani. U tom postupku je korištena internet stranica „Earth Explorer“ kojom upravlja Američki geološki zavod (USGS). Earth Explorer koristi podatke dobivene iz multispektralnih satelitskih snimaka iz vrlo opsežne zbirke. Sve prethodne institucije i programi su zaslužni za dobivanje podataka korištenim u ovom istraživanju. Podaci za područje grada Rijeke su preuzeti sa internet portala “Earth Explorer“ pomoću postavljanja koordinata, vremenskog razdoblja 30. srpnja 2020.godine (slika 3-2.) te prilagođenog seta podataka (slika 3-3.) koji je usklađen sa mogućnostima obrade podatka u dodatku QGIS-ovog programa.

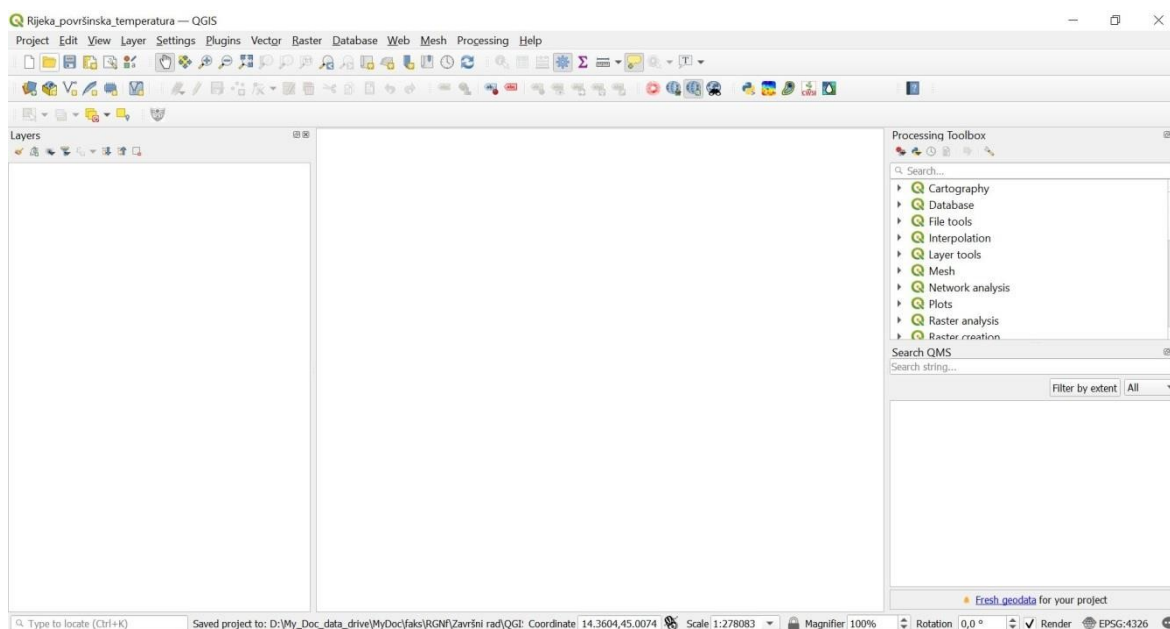


Slika 3-2. Sučelje Earth Explorer-a, odabir lokacije pomoću koordinata na interaktivnoj mapi te odabir vremenskog razdoblja (Earth Explorer, 2022a)

4. OBRADA PODATAKA POMOĆU QGIS-A

QGIS je besplatan i *open source* (slobodno dostupan javnosti na korištenje, izmjenu te dopunu) geografski informacijski sistem. To je računalni program pomoću kojeg se mogu izraditi, analizirati te vizualizirati geoprostorni podaci (QGIS, 2022a). Zbog jednostavnog i praktičnog načina vizualizacije upravo se upotrijebio ovaj program kako bi se izvelo istraživanje. QGIS (slika 4-1.) također raspolaže bogatim repozitorijem dodataka od kojih je za prikaz površinskih temperatura najpraktičniji dodatak RS&GIS.

„RS&GIS“ dodatak je alat koji izvodi dobro definirane algoritme na satelitskim podacima kako bi izvodio često korištene izlazne informacije i klasifikaciju poput površinskih temperatura, indeksa vegetacije ili vodnog indeksa (QGIS, 2022b). U svrhe ovog istraživanja se koristi primjena dodatka da podatke satelita pretvori u površinske temperature. Dodatak podržava podatke zaprimljene iz Landsat 8 OLI/TIRS senzora 1. razine, ali ne podržava podatke zaprimljene iz 2. razine ili drugih kolekcija te je to jedan od nedostataka dodatka na koji je potrebno biti oprezan. Podaci su pohranjeni u zapakiranoj komprimiranoj datoteci (tar.gz) te je ista pogodna za obradu u QGIS-ovom dodatku. U toj komprimiranoj datoteci nalaze se skupine snimka čiji opseg spektra je veći nego što je potreban u ovom istraživanju te od sveukupno 11 skupina spektra potrebne su samo dvije (tablica 1.) tj. 10. (termalna infracrvena 1) i 11. skupina (termalna infracrvena 2).



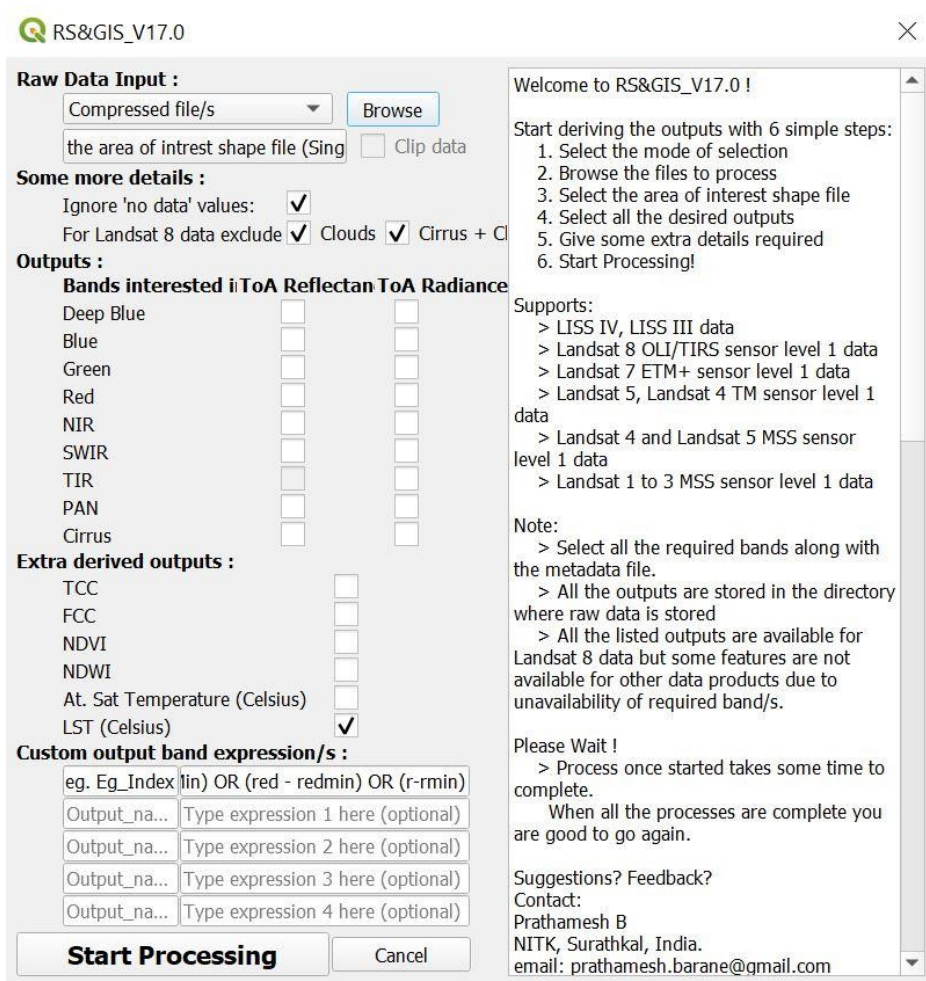
Slika 4-1. Korisničko sučelje QGIS programa

Tablica 1. Prikaz svih skupina spektara Landsat 8 satelita (USGS, 2022)

	Skupine	Valne duljine (mikrometri)	Rezolucija (metri)
Landsat 8 operacijski zemaljski fotoaparat (OLI) i termalni infracrveni senzor (TIRS) Lansiran 11.veljače 2013	Skupina 1 – obalni aerosol	0,43 – 0,45	30
	Skupina 2 – plava	0,45 – 0,51	30
	Skupina 3 – zelena	0,53 – 0,59	30
	Skupina 4 – crvena	0,64 – 0,67	30
	Skupina 5 – bliska infracrvena (NIR)	0,85 – 0,88	30
	Skupina 6 – kratkovalna infracrvena 1 (SWIR 1)	1,57 – 1,65	30
	Skupina 7 – kratkovalna infracrvena 2 (SWIR 2)	2,11 – 2,29	30
	Skupina 8 – Pankromatska	0,50 – 0,68	15
	Skupina 9 - cirus	1,36 – 1,38	30
	Skupina 10 – termalna infracrvena (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
	Skupina 11 – termalna infracrvena (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

4.1. Obrada podataka

Prvi korak je otvaranje dodatka zvanog „RS&GIS“ te odabiranje komprimirane datoteke pod *Raw Data Input* nakon čega se odredi adresa putanje komprimirane datoteke koja je stečena iz Earth Explorer-a. Potrebno je također pod *Some more details* označiti područja *Ignore no data values* te *For Landsat 8 exclude Clouds; Cirrus+Clouds*. Zatim pod *Extra derived outputs* se odabere željeni zadatak koji treba ispuniti, u ovom istraživanju to je prikaz površinskih temperatura te se odabere *LST (Celsius)*, (Land Surface Temperatures), (slika 4-2.).



Slika 4-2. Korisničko sučelje RS&GIS dodatka sa svim potrebnim stavkama odabranim za izračunavanje površinskih temperatura

Nakon toga se može započeti procesirati te tijekom postupka dodatak stvara datoteku u koju stavlja derivirane izlazne podatke, u datoteku *Extracted* stavlja sve ekstrahirane podatke iz komprimirane datoteke (slika 4-3.) nakon čega stvara datoteku *Outputs* te sukladno kriterijima postavljenim na korisničkom sučelju dodatak derivira tražene datoteke te rezultate stavlja u nju (slika 4-4.). Nakon obrade podataka dobivene dvije TIF datoteke se dodaju u QGIS preko *Add Layer* zatim *Add Raster Layer* te se oba dvjema datotekama pronade adresa, označe se i dodaju. Zatim se pronade područje istraživanja rada tj. grad i okolica grada Rijeke te se može krenuti sa interpretacijom rezultata.

Naziv	Datum	Vrsta	Veličina	Oznake
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1	7.8.2020. 20:41	tar Archive	1.855.240 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_ANG	7.8.2020. 20:40	Tekstni dokument	115 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B1	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B2	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B3	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B4	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B5	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B6	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B7	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B8	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	494.555 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B9	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B10	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_B11	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_BQA	7.8.2020. 20:41	TIF datoteka	123.686 KB	
LC08_L1TP_191028_20200730_20200807_01_T1_MTL	7.8.2020. 20:41	Tekstni dokument	9 KB	

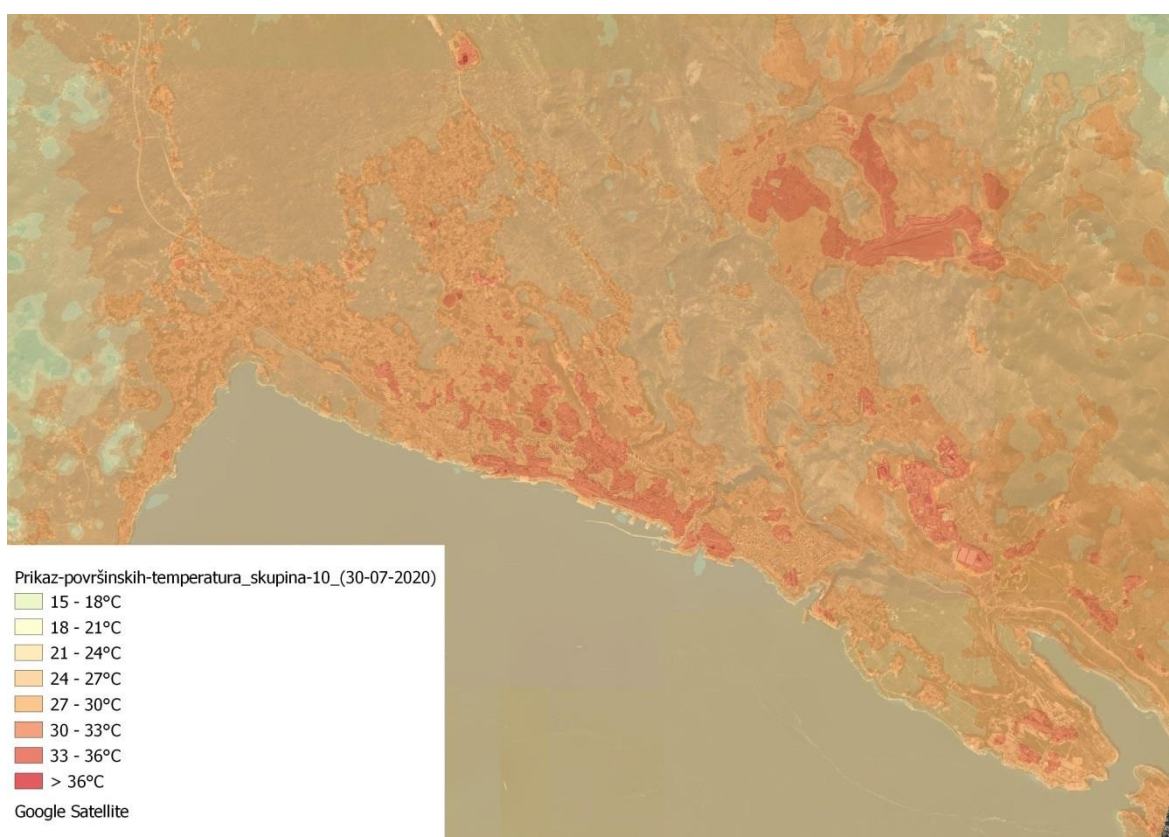
Slika 4-3. Prikaz ekstrahiranih *RAW* datoteka iz komprimirane datoteke

Naziv	Datum	Vrsta	Veličina	Oznake
LC8[191_28](2020-07-30_09-52)LST_B10	3.5.2022. 20:36	TIF datoteka	247.294 KB	
LC8[191_28](2020-07-30_09-52)LST_B11	3.5.2022. 20:36	TIF datoteka	247.294 KB	

Slika 4-4. Prikaz deriviranih podataka iz komprimirane datoteke

5. REZULTATI

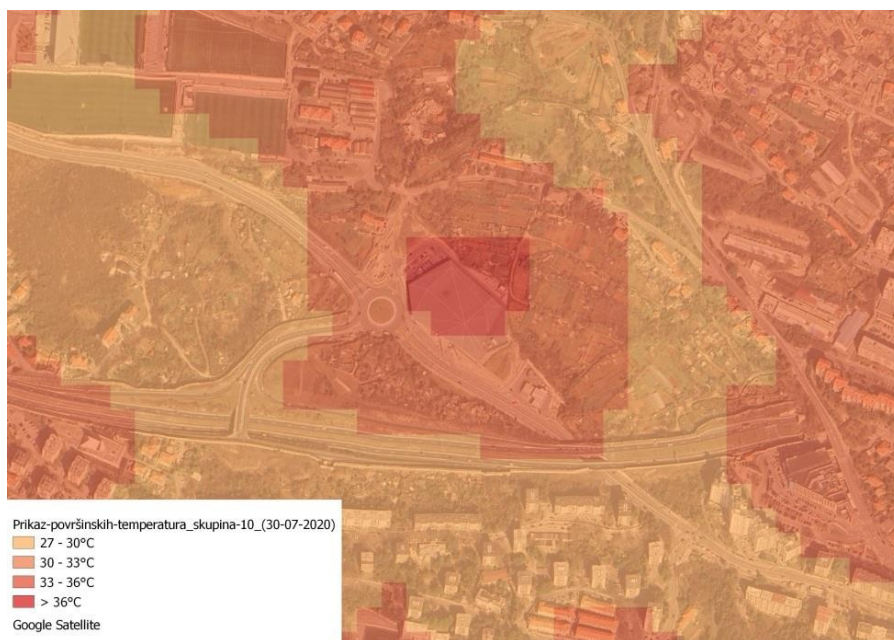
Nakon svih provedenih postupaka i operacija dobiven je prikaz površinskih temperatura zadanog područja. Kako bi bolje nalazili gdje te temperature postižu svoje maksimume koristimo *layer* skupine 10 termalnog infracrvenog senzora 1, budući da ta skupina prikazuje površinske temperature vrijednosti u rasponu od -0,9 do 39,4 °C. Radi jednostavnije i smislenije predodžbe u legendi su temperature upisane u intervalima od 3 °C. Kako bi prikazali efekt „toplinskog otoka“ potrebno je prikazati područje grada Rijeke a to je moguće sa QGIS-ovom *Web* opcijom tj. učitamo u program *Layer* „Google Satellite“. Pomoću tog dodatka možemo vidjeti gdje na karti dolazi do povećanja temperature koristeći alat transparentnosti te pretpostaviti što ga uzrokuje (slika 5-1.).



Slika 5-1. Prikaz površinskih temperatura grada Rijeke u QGIS programu

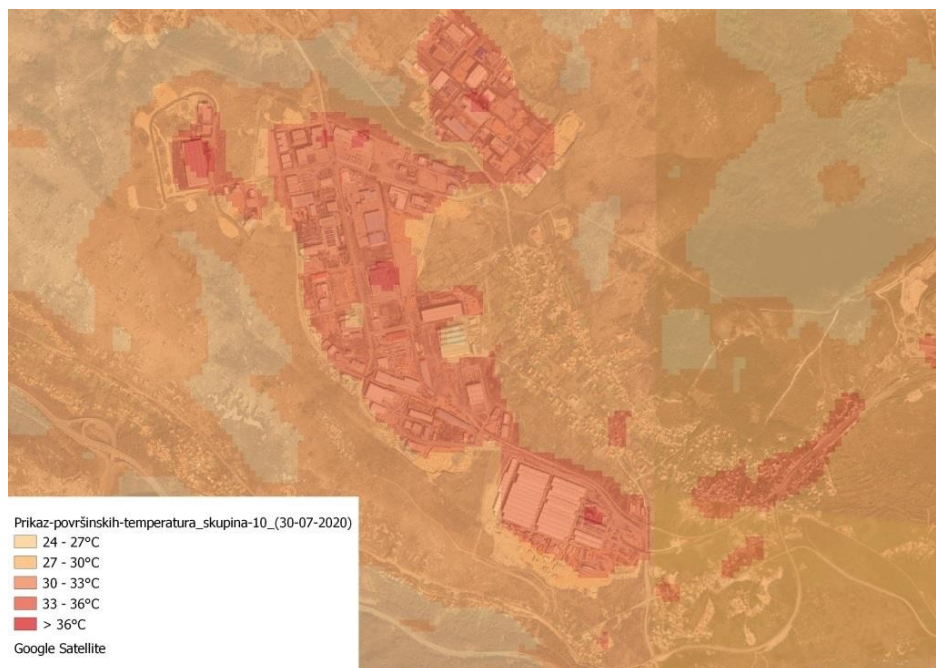
Kao prvo vidljivo je da područje grada Rijeke u prosjeku ima površinsku temperaturu oko 4-5 °C veću od svoje okolice. Dok unutar samog grada se primjećuju manji “toplinski otoci” kojima je temperatura povišena za još dodatnih 3 do 6 °C. Kao primjeri se mogu prikazati:

1.) Interspar Hipermarket (slika 5-2.) koji se nalazi u Ulici Maria Gennaria 18 te čiji krov prikazuje površinsku temperaturu od 35 °C u odnosu na njegovu okolinu koja prikazuje temperaturu od 30 °C, što je porast od 5 °C.



Slika 5-2. Prikaz površinskih temperatura kod Interspar Hipermaketa

2.) Industrijska zona Rijeke na području Kukuljanova (slika 5-3.) u kojoj se nalaze brojni trgovački, poslovni, skladišni te proizvodni prostori prikazuje površinske temperature u rasponu od 32 do 35 °C u odnosu na bližu okolinu koja prikazuje temperaturu u rasponu od 26 do 28 °C, što je porast od 4 do 9 °C.



Slika 5-3. Prikaz površinskih temperatura u industrijskoj zoni Rijeke kod Kukuljanova

3.) Brodogradilište 3. Maj (slika 5-4.) d.d. Liburnijska ulica 3, brodogradilište prikazuje površinsku temperaturu od 33 °C za razliku od okolnog područja koje prikazuje temperaturu od 29 stupnjeva što je porast od 4 °C.



Slika 5-4. Prikaz površinskih temperatura kod brodogradilišta “3. Maj“

4.) Ekoplus Marčelji, (slika 5-5.) Pogled 2/4, za gospodarenjem otpadom Rijeke, prikazuje površinsku temperaturu u rasponu od 32 do 34 °C a razliku od okolnog područja koja prikazuje temperaturu od 26 °C što je minimalni porast od čak 6 °C.



Slika 5-5. Prikaz površinskih temperatura kod “Ekoplus Marčelji

6. ZAKLJUČAK

Rezultati prikazuju kako klimatske promjene zajedno sa ljudskom aktivnošću direktno utječu na povećanje površinske temperature u gradovima. Efektu “toplinskog otoka” doprinosi i ljudska aktivnost budući da velik broj ljudi upotrebljava javni prijevoz, vozi aute te proizvodi ispušne plinove u industrijskim ili poslovnim objektima. Ali efekt se pojavljuje i gdje se nalazi manjak površine prekrivene vegetacijom poput drveća i ostalih zelenih biljaka kroz koje bi se oborinske vode mogle filtrirati i upijati u zemlju umjesto da otječu u kanalizaciju. Iako efekt “toplinskih otoka” se mjeri u odnosu na grad te njegovu okolicu, neki „toplinski otoci“ se mogu mjeriti i varirati unutar samih gradova. Zbog neravnomjerne raspodjele toplinsko-apsorpcijskih materijala u zgradama, cestama i krovovima temperature su veće kod nekih dok kod drugih manje. To je prikazano na slici 5-1, gdje možemo primijetiti male “toplinske otoke” unutar grada.

Učestalost ekstremnih vremenskih uvjeta će u budućnosti samo povećati te se čelnici mnogih europskih gradova sve više posvećuju borbi protiv klimatskih promjena, odnosno njihovoj prilagodbi. Hrvatski gradovi međutim, a među njima i Rijeka, su potpuno nepripremljeni na takve ekstremne uvjete (Ekovjesnik, 2020). Rješenje tom problemu bi se mogao ukazati u sadnji zelenih površina koji hlade i ovlažuju zrak kroz evapotranspiraciju biljaka. Od sadnje drveća na ulicama i parkovima do sadnje cvijeća i povrtnjaka na krovovima i zidovima zgrada (slika 6-1.). Gradnjom svjetlije obojanih materijala, bojanjem javnih betonskih te asflatnih površina kao i krovova svjetlijim bojama također pomaže budući da reflektira više sunčeve svjetlosti i zadržava manje topline (slika 6-2.).



Slika 6-1. Prikaz krovova obojanih u bijelo za svrhu smanjivanja površinskih temperatura u Queens-u, New York (NASA, 2012)



Slika 6-2. Prikaz zelenih krovova u Singapore-u (NParks, 2016)

Rezultati su dobiveni preko "Landsat 8" satelitskih snimaka iz portala Earth Explorer, a obrađeni su u QGIS programu pomoću RS&GIS dodatka. Dodatak je bio koristan te je uvelike olakšao postupak dobivanja površinskih temperatura iako postoje problemi. Naime

Dodatak trenutno samo podržava 1. razinu prikupa podataka Landsat 8 kolekcije što ograničava pristup nekim željenim podacima. Također opcijom zanemarivanja *no data values* te *clouds*, dodatak ne interpolira područja koja je ignorirao, poput oblaka i područja bez vrijednosti, sa okolnim kako bi vjerno prikazao površinske temperature na tim područjima. S vremenom će se i ti problemi riješiti čime će dodatak biti dodatno pouzdan i jednostavan za korištenje. Obradene snimke su snimljne 30. srpnja 2020. godine.

7. LITERATURA

- DHMZ 2020, *Analiza ljeta 2020. godine po tipovima vremena*, URL: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracjenje¶m=k2_4&Godina=2020 (27. srpnja 2022.)
- Ekovjesnik 2020, *Kako su europski gradovi svom stanovništvu olakšali podnošenje ljetnih vrućina?*, URL: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/3193/kako-su-europski-gradovi-svom-stanovnistvu-olaksali-podnosenje-ljetnih-vrucina> (27. Srpnja 2022.)
- Grad Rijeka 2022, *Zdrastveno-statistički podaci*, URL: <https://www.rijeka.hr teme-zagradane/obitelj-i-drustvena-skrb/zdrastvo/zdrastveno-statsistcki-podaci/> (27. srpnja 2022)
- meteo-info.hr 2020, *Povijesni podaci*, URL: <https://www.meteo-info.hr/povijesni-podaci> (27.srpnja 2022.)
- meteo-info.hr 2021, *Klimatske promjene*, URL: https://www.meteo-info.hr/article/49/2020_medu_3_najtoplije_godine_od_kada_postoje_mjerenja (27.srpnja 2022.)
- MMPI HR 2022, *Luka Rijeka*, URL: <https://mmpi.gov.hr/more-86/luke-106/luka-rijeka/15982> (27. Srpnja 2022.)
- NASA 2022, *Global Warming vs. Climate Change*, URL: <https://climate.nasa.gov/globalwarming-vs-climate-change/> (27. srpnja 2022.)
- National Geographic 2022, *Urban Heat Islands*, URL: <https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-heat-island> (27. srpnja 2022.)
- USGS 2019, *Introduction*, URL: <https://pubs.usgs.gov/circ/c1050/intro.htm> (27. srpnja 2022.)
- USGS 2022a, *Who are we*, URL: <https://www.usgs.gov/about/about-us/who-are-we> (27. srpnja 2022.)
- USGS 2022b, *Earth Explorer*, URL: <https://www.usgs.gov/educational-resources/earthexplorer> (27. Srpnja 2022.)
- USGS 2022c, *Landsat Missions*, URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions> (27. Srpnja 2022.)
- USGS 2022d, *Landsat Satellite Missions*, URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions> (27. Srpnja 2022.)
- USGS 2022e, *Landsat 8*, URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> (27. Srpnja 2022.)
- QGIS 2022a, URL: <https://www.qgis.org/en/site/index.html> (27. Srpnja 2022.)

QGIS 2022b, *QGIS Python Plugins Repository*, URL: https://plugins.qgis.org/plugins/NITK_RS-GIS_17/ (27. srpnja 2022.)