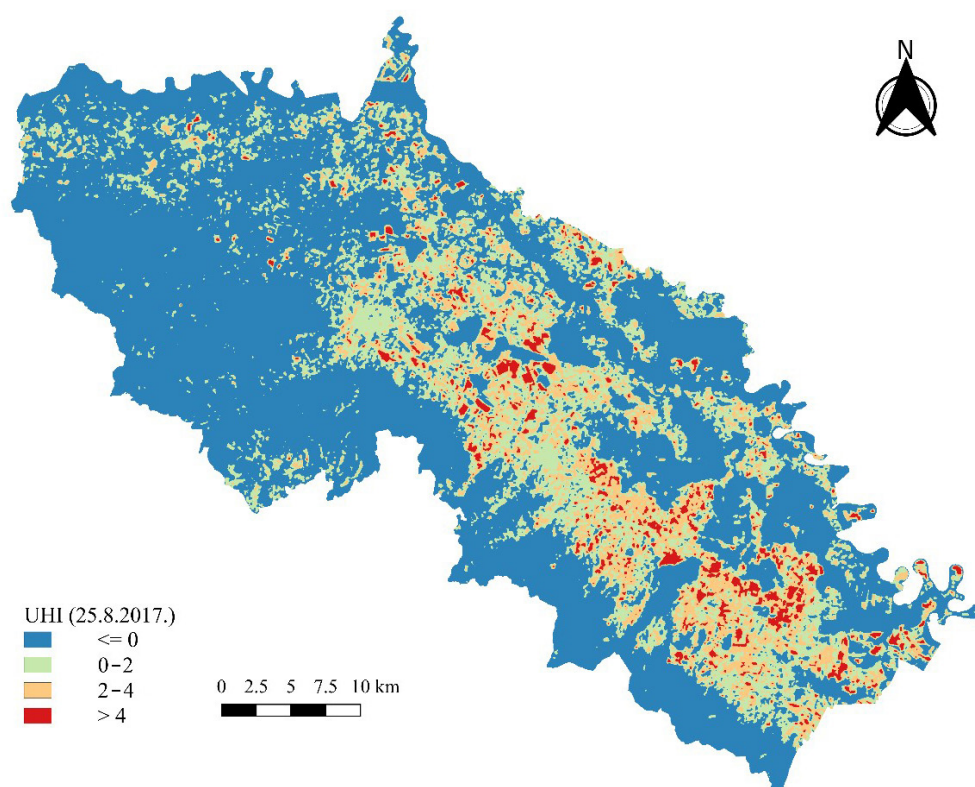




Bilten

Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja

Vol. 20

Sadržaj

Slovo Uredništva.....	1
Andrija Krtalić: Procjena temperature tla i isticanje toplinskih otoka pomoću metoda daljinskih istraživanja.....	3
Karlo Čmrlec i Andrija Krtalić: Analiza toplinskih otoka u Gradu Zagrebu pomoću satelitskih podataka u 2017. godini.....	9
Larisa Mišetić i Andrija Krtalić: Vremenska analiza ljetnih temperatura pokrova Istre pomoću metoda daljinskih istraživanja.....	14
Ivan Balenović i Andro Kokeza: Predstavljanje HRZZ projekta “Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma (CLOSER-FORINVENT)”.....	19
Andro Kokeza: Sudjelovanje na ljetnoj školi “9th SPLIT Remote Sensing Professional Summer School 2024”.....	21
Laszlo Podolszki i Matko Patekar: Predstavljanje projekta GEOsensor NETworks for real-time monitoring of unStable tErrain and artificial structures – GeoNetSee.....	23
Igor Vlahović, Dubravko Gajski, Laszlo Podolszki, Iris Bostjančić, Tomislav Džoić, Petra Mikuš Jurković, Izidor Pelajić, Ivan Landek i Luka Valožić: Izvješće o radu Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti za 2023. godinu.....	24

Nakladnik: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zrinski trg 11, 10000 Zagreb

Učestalost objavljivanja: jednom godišnje

Za nakladnika: akademik Dario Vretenar, glavni tajnik

Glavni i odgovorni urednik: akademik Igor Vlahović

Glavni urednik Volumena 20: izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić

Uredništvo

dr. sc. Ivan Balenović

izv. prof. dr. sc. Andrija Krtalić

dr. sc. Petra Mikuš Jurković

dr. sc. Hrvoje Kalafatić

Tajnik Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja: dr. sc. Luka Valožić

Slovo Uredništva

Drage čitateljice, dragi čitatelji,

predstavljamo vam 20. volumen Biltena Znanstvenoga vijeća za daljinska istraživanja Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. U ovom broju Biltena smo se, u svjetlu klimatskih promjena, fokusirali na fenomen (urbanih) toplinskih otoka, i kako se metode daljinskih istraživanja mogu koristiti za njihovo detektiranje i praćenje u prostoru i vremenu.

Fenomen toplinskog otoka se odnosi na povećanu temperaturu zraka određenog područja u odnosu na njegovu okolinu. Izraženiji je u urbanim područjima, gdje se nalaze brojni i gusto postavljeni blokovi zgrada, nego u ruralnim sredinama. Općeprihvaćena definicija urbanih toplinskih otoka može se izraziti na način da su: *urbani toplinski otoci fenomen koji se javlja u urbanim sredinama, gdje su temperature zraka značajno više nego u okolnim ruralnim područjima*. Uzroci tog fenomena mogu se pronaći u: materijalima koji se koriste u gradnji (asfalt, beton, metal, kamen, i na taj način povećavaju već postojeće velike temperature zraka u gradovima); nekontroliranom razvoju industrije i povećanjem broja vozila u gradovima (koji doprinose zagađenju zraka i povećanju već postojeće temperature zraka); isijavanju toplinske energije iz stambenih i industrijskih zgrada i infrastrukture; smanjenju površina pod vegetacijom na uštrb građenja novih građevina (jer vegetacija 'hladi' okolinu putem transpiracije); specifičnim mikroklimatskim efektima (specifični klimatski obrasci kao što su ruža vjetrova ili izmjena godišnja doba). Sve navedeno utječe na urbane sredine i žitelje tih sredina na načine: povećanja potrošnje električne energije (velika potreba za klimatizacijom svih prostora gdje borave ljudi, što pak dodatno zagađuje i zagrijava zrak); utjecanja na lokalne ekosustave (mogu imati negativan učinak na lokalne flore i faune); pogoršanja zdravlja stanovništva i smanjenjem kvalitete njihovih života (prevelike temperature zraka pogoršavaju uvjete života osobama s respiratornim ili srčanim bolestima). Fenomen urbanih toplinskih otoka tema je prvih triju članaka u ovom broju Biltena. U prvom članku se definira pojam urbanog toplinskog otoka i opisuju neki postupci i rezultati metoda daljinskih is-

traživanja pomoću kojih se može detektirati i pratiti taj fenomen.

Slijedeći prilozi su predstavljanja dvaju projekata. Prvi je *Predstavljanje HRZZ projekta Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma (CLOSER-FORINVENT)*. Projekt CLOSER-FORINVENT predstavlja nastavak projekta 3D-FORINVENT-a (IP-2016-06-7686) u pogledu daljnjeg testiranja i razvoja prikladnih metodoloških pristupa različitim tehnologijama blizu-predmetnih istraživanja (bespilotne letjelice opremljene različitim senzorima, statički i mobilni terestrički laserski skeneri) za primjenu u izmjeri odnosno inventuri šuma. U sklopu projekta će se istražiti i mogućnost fuzije podataka različitih senzora. Drugi projekt koji predstavljamo u ovom broju Biltena je projekt *An AI/IoT-based system of GEOsensor NETworks for real-time monitoring of unStable tErrain and artificial structures* (GeoNetSee). Istraživanja u okviru projekta GeoNetSee teže razvijanju rješenja za monitoring nestabilnih padina i umjetnih struktura pomoću mreže geosenzora i razvijanju platforme za prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu, a u nje ga je uključeno je 14 partnera iz devet zemalja dunavske regije.

U nastavku donosimo izvješće o provedenoj ljetnoj školi *9th SPLIT Remote Sensing Professional Summer School 2024*. Ova ljetna škola bila je prilika za stjecanje novih znanja, praktičnih vještina i razumijevanja naprednih tehnologija daljinskih istraživanja, od obrade LiDAR podataka i korištenja metoda umjetne inteligencije, do tehnika poput analize SAR snimki, izrade digitalnih blizanaca i multisenzorskog kartiranja. Ovaj broj biltena zaključujemo izvješćem o radu Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti za 2023. godinu.

Nadamo se da ćete i u ovom broju pronaći nešto zanimljivo i korisno te da ćete na taj način biti potaknuti napisati i svoj doprinos našem Biltenu s ciljem njegovog daljnjeg redovitog izlaženja i praćenja dostignuća i novosti iz multidisciplinarnog područja daljinskih istraživanja.

Srdačno Vas pozdravljamo i pozivamo na suradnju!

Vaše Uredništvo

Procjena temperature tla i isticanje toplinskih otoka pomoću metoda daljinskih istraživanja

Andrija Krtalić¹

Metode daljinskih istraživanja u praćenju promjena na površini Zemlje

Metode daljinskih istraživanja su u mnogome korisne, a danas se već može reći i neophodne, za bolje razumijevanje prostorno-vremenske promjene zemljišnog pokrova, kao i objekata i fenomena na njemu. Neophodne zato što ne postoji drugi način istodobnog globalnog raster-skog praćenja (istodobno prikupljanje podataka o velikom geografskom području) bilo pokrova tla i njegova stanja, bilo objekata i fenomena i njihovih promjena i utjecaja na čovjeka i okolinu. To se u prvom redu odnosi na prirodne katastrofe – poplave, požare, erupcije vulkana, oluje, ili ugroze uzrokovane ljudskim djelovanjem, kao što su urbani toplinski otoci, zagađenja vodenih tijela ili većeg kopnenog područja, te nekontrolirane sječe većih šumskih površina. Do tih informacija se dolazi poznavanjem i korištenjem osnovnih fizikalnih svojstava površine tla, objekata i fenomena na njemu, u odnosu na refleksiju odnosno emitiranje elektromagnetskog spektra. Stoga je potrebno poznavati načine interakcije tih objekata i elektromagnetskog spektra koji se koristi za zapisivanje informacija na brojčanim (digitalnim) slikama, kako bi se rezultati metoda daljinskih istraživanja kvalitetno interpretirali i izvukli zaključci korisni za stručnjake za pojedina područja ljudskog djelovanja, koji pak na osnovu njih mogu donositi odluke o smanjenju ugroze ili otklanjanju šteta nakon njih.

Ovim tekstom želi se skrenuti pozornost na fenomen toplinskih otoka i na koji način se on može pratiti u prostoru i vremenu pomoću metoda daljinskih istraživanja (poglavito satelitskim podacima). Motivacija za ovakav osvrt očituje se u procjeni da danas oko 54% svjetske populacije živi u gradovima, a da će se do 2050. godine broj ljudi koji žive u gradovima povećati za još 2.5 milijarde. Zagrijavanjem površina na kojima se protežu gradovi povećavaju se šanse za stvaranje ekstremnih udara topline na njihovim područjima, što se očituje u činjenici da je u gradovima, u posljednjih 25 godina, zabilježen najveći porast srednje godišnje temperature zraka, a to najviše utječe na zdravlje ljudi i ekonomiju gradova (<http://www.climatecentral.org/>).

Temperatura površine tla je informacija koliko bi "površina" Zemlje bila topla na dodir na određenom mjestu. S gledišta satelita, "površina" je sve što senzor

'vidi' kada gleda kroz atmosferu prema tlu. To može biti gola zemlja, izgrađeni objekt (zgrade), vodene površine, snijeg i led ili razne vrste vegetacije. Dakle, površinska temperatura nije isto što i temperatura zraka. Računanje procjene temperature površine tla je prvi uvjet za određivanje toplinskih otoka. Nakon nje potrebno je provesti klasifikaciju područja od interesa, računanje vegetacijskog indeksa (najčešće je to NDVI) i odrediti koeficijente emisivnosti pojedine vrste objekata na sceni.

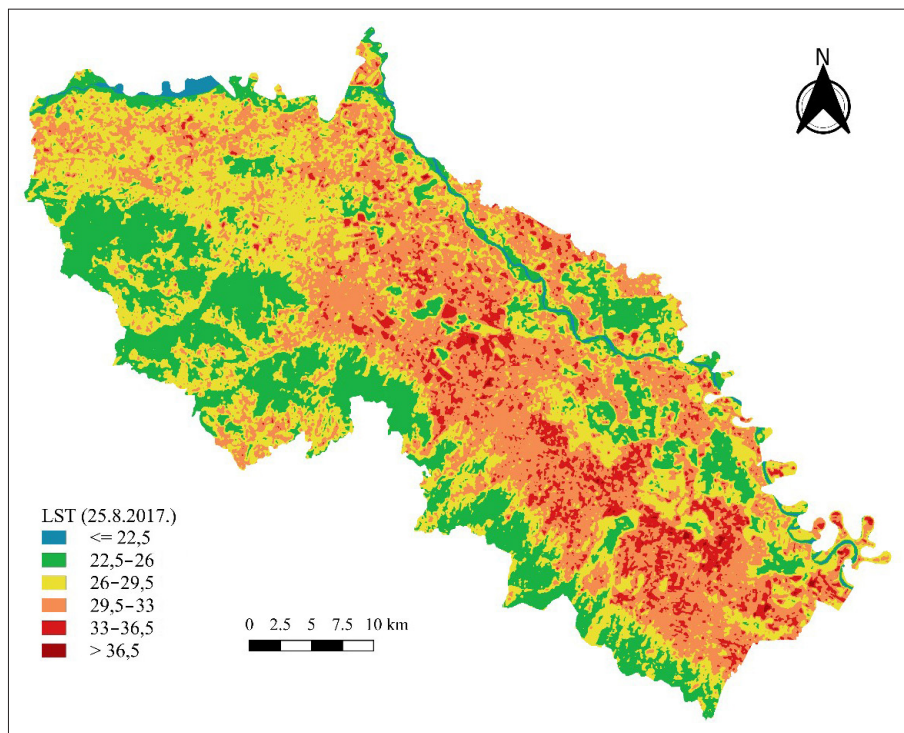
U današnje vrijeme stručnoj i znanstvenoj zajednici dostupni su besplatni softverski paketi za provođenje metoda daljinskih istraživanja i GIS analiza (kao što je QGIS) i besplatne satelitske snimke (kao što su: Landsat, Sentinel, Hyperion). Ipak, ova blagodat rezultira i negativnom činjenicom da se zaista svatko može baviti metodama daljinskih istraživanja i dobivati rezultate koje ne zna interpretirati, a pravilna priprema provođenja tih metoda, validacija podataka (odabir satelitskih snimki s adekvatnom prostornom rezolucijom, na kojima se određeni objekt ili fenomen može uočiti i pratiti) i rezultata je osnova za kvalitetno izdvajanje informacija iz satelitskih brojčanih snimki.

Temperatura površine tla

Temperatura površine tla (eng. *Land Surface Temperature*, LST; **Slika 1**) jedan je od najvažnijih parametara u fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima površinske energije tla i vodenih površina od lokalne do globalne razine (Kustas & Anderson, 2009; Karnieli et al., 2010; Li et al, 2013). Izračunavanje procjene LST-a na bazi satelitskih snimki je često korištena metoda za provođenje klimatskih studija i studija o utjecaju klimatskih promjena (globalno zagrijavanje) na čovjekovu okolinu. Koristi se za analizu utjecaja promjena površine tla diljem svijeta. Poznavanje LST-a pruža informacije o vremenskim i prostornim varijacijama površinske temperature tla. Na ovaj način se može provoditi vremenska analiza širenja urbanih područja na uštrb vegetacije ili vodenih površina, ili zdravstvene analize na mikrolokacijama čije visoke temperature mogu utjecati na kvalitetu zdravlja ljudi na njima.

Zbog jake heterogenosti karakteristika kopnene površine (gola zemlja u različitim oblicima: pijesak, sti-

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb; e-mail: akrtalic@geof.hr



Slika 1. Vrijednosti LST-a na području Podravine na dan 25.08.2017. godine, svrstanih u šest temperaturnih klasa: plava – ispod 22.5 °C, tamnocrvena – preko 36.5 °C (Turščak, 2024).

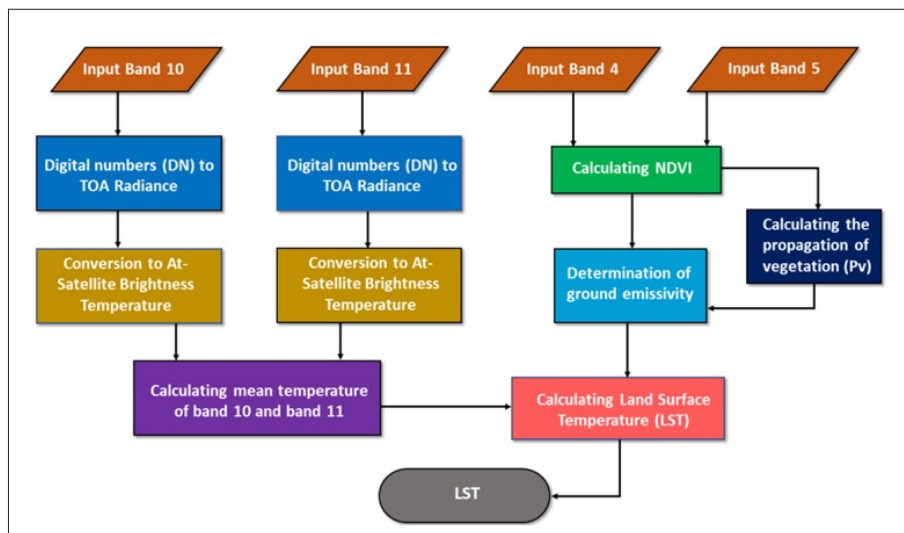
jene, njive; izgrađeni objekti: asfalt, beton, crijep; razne vodene površine; razne vrste vegetacije; Li et al., 2013; Liu et al., 2006), LST se brzo mijenja u prostoru i vremenu (Prata et al., 1995). S obzirom na spomenutu heterogenost površinskog pokrova i složenost površinske temperature tla, mjerenja na tlu praktički ne mogu dati vrijednosti na većim područjima. Razvojem svemirskih daljinskih istraživanja (satelitski podaci za računanje LST-a su dostupni od 1972. godine – senzor: *Landsat Thematic Mapper-TM*), satelitski podaci nude jedinu mogućnost mjerenja LST-a na cijeloj zemaljskoj kugli s dovoljno visokom vremenskom rezolucijom i s potpuno prostornim, a ne točkastim vrijednostima.

Na veće promjene LST-a u vremenu utječu i atmosferske prilike. Uz korištenje satelitskih snimki za računanje procjene LST-a potrebno je preuzeti i meteorološke po-

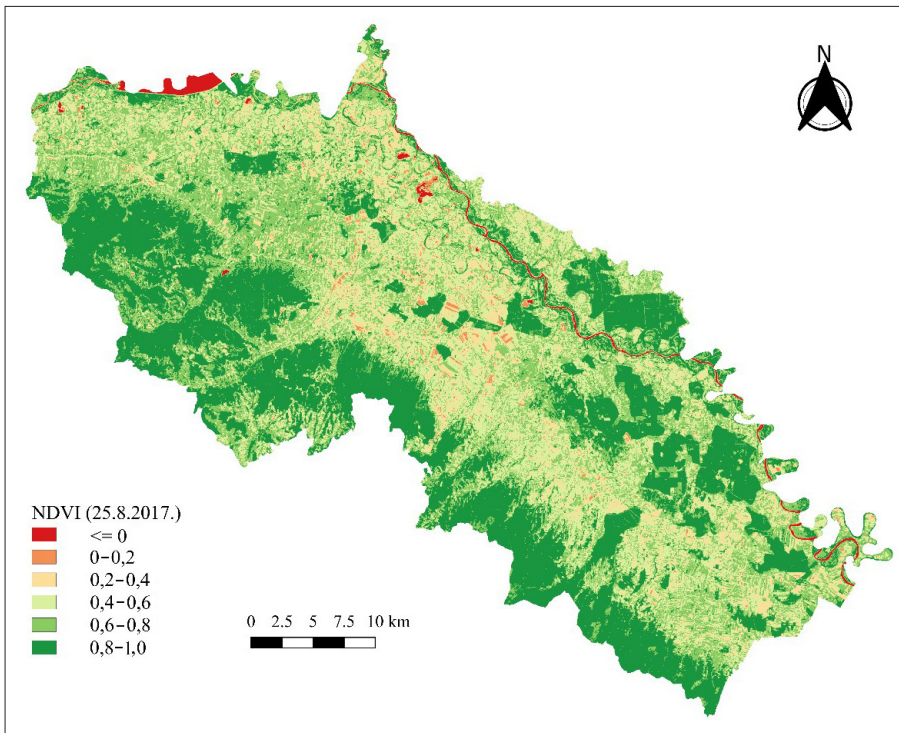
datke za dan prolaska satelita iznad snimanog područja, kao i za tjedan dana unazad, jer za isto područje procjena LST-a neće biti ista ako se određuje u dugom sušnom periodu ili nakon višednevnih obilnih padalina.

Najčešće korišteni satelitski podaci za računanje procjene LST-a su podaci satelitskih sustava Landsat (senzori: *Operational Land Imager (OLI)* i *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*), koji proizvode multispektralne kanale koji pokrivaju raspone spektra od 0,4–2,3 μm (OLI – vidljivi, blisko infracrveni i srednje infracrveni dio spektra) i 10,6–12,51 μm (TIRS – dugovalno infracrveno područje) (Slika 2).

Predobrade snimki se provode kako bi se minimizirale radiometrijske i geometrijske pogreške senzora, te normirali atmosferski utjecaji (na osnovu Landsat datoteke s metapodacima). Landsat 8 i 9 imaju dva termal-



Slika 2. Dijagram toka za izračun procjene LST-a s multispektralnim kanalima Landsat satelitskog sustava (<https://space4climateaction.unoosa.org/content/land-surface-temperature>).



Slika 3. Vrijednosti NDVI-a na području Podravine na dan 25.08.2017. godine, svrstanih u šest klasa (Turščak, 2024).

na kanala (10. i 11.) pa se računaju srednje vrijednosti temperatura i koriste kao jedinstvena slika za računanje LST-a (Slika 1). Multispektralni kanali vidljivog do srednje infracrvenog dijela spektra se koriste za provođenje klasifikacije, a crvenog (kanal 4) i infracrvenog (kanal 5) dijela spektra za računanje Normaliziranog vegetacijskog indeksa razlike (NDVI; Slika 3). Klasifikacijom područja od interesa svi vektori vrijednosti piksela se svrstavaju u određenu klasu, a za svaku klasu (objekt ili tvar) se dalje određuje koeficijent emisivnosti. Koeficijent emisivnosti je omjer energije zračenja koju neko tijelo emitira i ukupne energije zračenja koje je primilo od nekog izvora.

Za sve navedene postupke izvedene su i korištene sljedeće formule.

Postupak za računanje efektivne temperature na satelitu Landsat 8 (TIRS senzor), u Kelvinima, opisan je na službenim stranicama USGS-a (<https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>). Postupak započinje pretvaranjem digitalne bročane vrijednosti (eng. *Digital Number*, DN) termalnih infracrvenih kanala u vrijednosti spektralne radijance (1).

$$L_\lambda = (M_L * Q_{cal}) + A_L \quad (1)$$

Gdje je:

L_λ – spektralna radijanca na vrhu atmosfere,

M_L – multiplikativni faktor iz metapodataka za određenu satelitsku snimku,

Q_{cal} – DN vrijednost,

A_L – aditivni faktor iz metapodataka za određenu satelitsku snimku.

Spektralna radijanca na vrhu atmosfere se preračunava u efektivnu temperaturu na satelitu, u Kelvinima, pomoću inverzije Plankove funkcije (Smith et al., 2013; Barane & Dwarakish, 2017 (2)).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Gdje je:

T – efektivna temperatura na satelitu u Kelvinima,

L_λ – spektralna radijanca na vrhu atmosfere,

K_1, K_2 – konstante temperaturne konverzije iz metapodataka za određenu satelitsku snimku koje služe za kalibraciju.

Povezanost efektivne temperature na satelitu i LST-a opisuje se koeficijentom emisivnosti objekta (korekcija efektivne temperature na satelitu). Svaki objekt ima drugačije termalne kapacitete i karakteristike o kojima ovisi vrijednost koeficijenta emisivnosti, a samim tim i temperaturni prikaz na satelitskoj snimci (T_c (3)).

$$T_c = \frac{T}{1 + \left(\lambda * \frac{T}{\rho}\right) \ln e} \quad (3)$$

Gdje je:

T_c – temperatura površine tla u Kelvinima, korigirana za emisivnost,

T – efektivna temperatura na satelitu u Kelvinima,

λ – valna duljina emitiranog zračenja ($\lambda = 11.5 \text{ um}$),

ρ – konstanta, $\rho = \frac{h*c}{K} = 1.438 * 10^{-2} \text{ mK}$,

h – Planckova konstanta ($6.626 * 10^{-34} \text{ Js}^{-1}$),

c – brzina svjetlosti ($2.998 * 10^8 \text{ m/s}$),

K – Boltzmanova konstanta ($1.38 * 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$),

e – emisivnost.

U formuli (3) jedina nepoznata vrijednost je vrijednost emisivnosti. Koeficijenti emisivnosti preuzimaju se iz literature, a načini određivanja (4) i povezivanja pojedinog koeficijenta emisivnosti s pojedinim pikselom su različiti. Jedan od njih se bazira na LU/LC klasifikaciji (engl. *LandUse/LandCover* – uporaba zemljišta/pokrov zemljišta) i daje najbolju procjenu raspodjele vrijednosti emisivnosti na odgovarajuće objekte. Drugi način se bazira na računanju NDVI-a (6) i raspodjeli vrijednosti emisivnosti na odgovarajuće objekte prema vrijednostima NDVI-a.

$$e = 0.004P_v + 0.986 \quad (4)$$

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (6)$$

Gdje je:

P_v – udio vegetacije,

NDVI – Normalizirani vegetacijski indeks razlike,

RED – vrijednost crvenog kanala,

NIR – vrijednost blisko infracrvenog kanala.

Preračunavanje LST-a izraženih u Kelvinima, T_C u Celzijeve stupnjeve, provodi se po formuli (7). Na taj način se dolazi do konačne vrijednosti LST-a, izražene u Celzijevim stupnjevima (Senanayake et al., 2013; Barane & Dwarakish, 2017).

$$T_{LST}(C^0) = T_C - 273.15 \quad (7)$$

Toplinski otoci

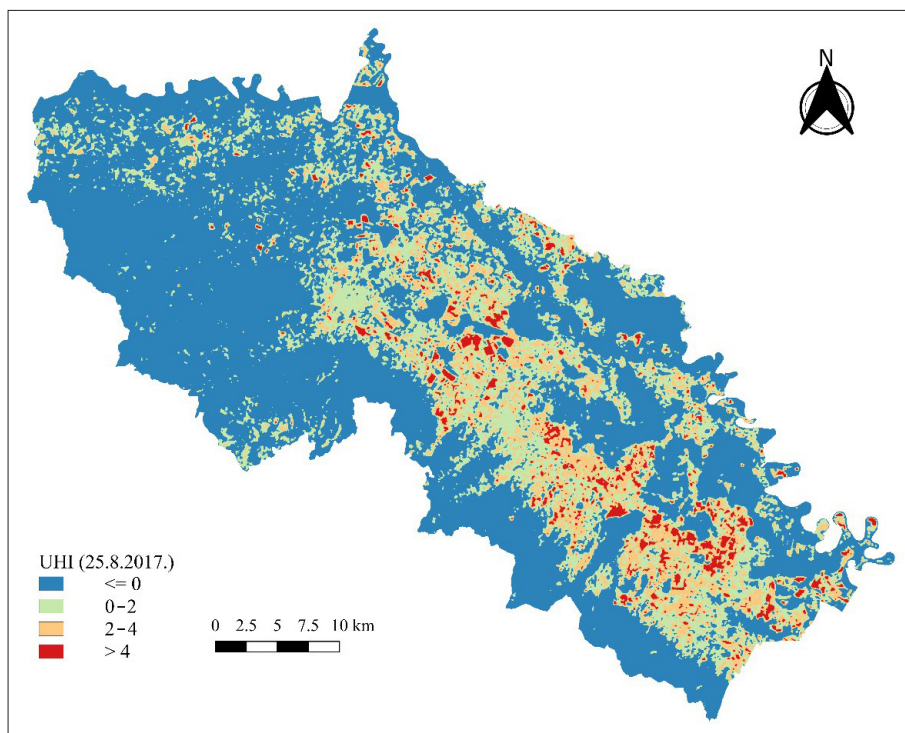
Efekt toplinskog otoka definira se kao područje znatno povišene temperature zraka u odnosu prema okolini, koje nastaje prije svega u gradovima te je zbog toga uveden pojam urbanih toplinskih otoka (engl. *Urban Heat Island*, UHI, **Slika 4**; http://glossary.ametsoc.org/wiki/Urban_heat_island). Sve većom globalnom urbanizacijom i razvojem tehnologije ovaj fenomen dobiva veliku pozornost diljem svijeta. Promjene prirodnih površina, nepravilno urbanističko planiranje, zagađenje zraka i korištenje materijala niskog albeda uzrokuju ovaj rastući fenomen odgovoran za smanjenje kvalitete zdravlja ljudi u visoko urbanim područjima, ljudske žrtve te globalne i lokalne klimatske promjene (Nuruzzaman, 2015).

Najčešći uzrok stvaranja UHI-ja je velika gustoća naseljenosti i izgrađenosti raznih građevina (stambene, gospodarske). Visoke građevine koje su izgrađene u nizu i s malim međusobnim udaljenostima, blizina industrijskih pogona i slabo provjetranje između tih objekata uzrokuju povišenje i dugotrajno zadržavanje topline (i tokom noći) na tim područjima. Sve navedeno odnosi se na urbane prostore ljeti (ako postoje četiri godišnja

doba) ili na geografskim područjima gdje prevladava topla ili vruća klima. Stvaranje UHI-ja može pridonijeti i efektu globalnog zatopljenja, uzrokujući prekomjerno povećanje površinske temperature, zbog velike izgrađenosti i dodatne proizvodnje energije potrebne za rashlađenje tih prostora (pokretanje klima uređaja). Brzi urbani razvoj i rast stanovništva (naročito u tropskim i suptropskim krajevima i megalopolisima diljem svijeta) i povećanjem lokacija UHI-ja, pokazuje i ukazuje na veliku promjenu u prirodnom okolišu koja je dovela do mnogih zdravstvenih i ekoloških izazova na urbanim područjima (Roth, 2007). Tijekom procesa urbanizacije izravna ekološka posljedica je modifikacija zemljišnih površina. To rezultira promjenom njihovih pokrova, odnosno fizičkih svojstava (ako se vegetacijska površina pretvara u građevinsku ili industrijsku), što dovodi do promjene toplinskih kapaciteta materijala. U tom slučaju se mijenjaju površinska refleksija i emisivnost, što pak dovodi do promjene temperature površine tla.

U svrhu praćenja trenda pojavljivanja i povećanja UHI-ja, potrebno je doći do adekvatnih podataka. Podatke o trenutnoj temperaturi tla moguće je prikupljati *in situ* mjerenjima, pomoću sonde postavljenih u objekte od interesa ili računanjem procjene temperature tla pomoću satelitskih ili zračnih snimki. Prednosti *in situ* mjerenja su kontinuirano prikupljanje podataka u duljem vremenskom periodu (24 ili više sati), čime se prati dnevno kretanje temperature, i točnost mjerenja. Negativne strane su točkastost podataka i dugotrajnost, kad se radi o većim površinama. Prednost računanja procjene LST-a metodama daljinskih istraživanja je u istodobnom prikupljanju podataka o velikom prostoru (raster). Još jedna prednost ove metode prikupljanja je u korištenju termalnih snimki, odnosno definiranju i praćenju UHI-ja i u noćnim satima. Negativne strane se očituju u vremenskoj rezoluciji satelita (ponovljivost prikupljanja podataka iste lokacije) i manjoj točnosti određivanja temperature površine tla. LST izračunata metodama daljinskih istraživanja je trenutni pokazatelj stanja i ne daje apsolutne vrijednosti, međutim, ako se koristi istodobno s *in situ* metodom (prikupljanje podataka u vrijeme kad nadlijeće satelit), moguće je kalibrirati te podatke. Manja točnost određivanja LST-a također nije presudna u ovom slučaju, jer se metodama daljinskih istraživanja želi detektirati pozicije maksimalnih temperatura LST-a i njihov trend kretanja, ako se analiziraju vremenski podaci. Nadalje, u prilog toj tvrdnji ide i činjenica da vrijednosti LST-a uveliko ovise o atmosferskim prilikama prije prikupljanja podataka (prolaska satelita). U slučaju obilnih padalina LST će imati manje, a u slučaju sušnog perioda veće vrijednosti za isto područje. Ipak, relativni odnosi bi trebali biti očuvani, a područja s maksimalnim vrijednostima LST-a ista.

UHI se računa oduzimanjem LST rastera od srednje vrijednosti kojoj je dodana polovica standardne devijaci-



Slika 4. Lokacije UHI-ja na području Podravine na dan 25.08.2017. godine (crvene površine, Turščak, 2024).

je (Aprilia et al., 2021) (8).

$$UHI = LST - (\mu + 0.5\alpha) \quad (8)$$

Gdje je:

μ – prosječna vrijednost temperature površine tla,

α – vrijednost standardne devijacije temperature površine tla.

Indeks kritičnosti područja

LST i UHI su tematski prikazi kontinuiranog rasporeda temperature tla na nekom području, izračunati za svaki piksel digitalne slike. Pomoću izraza (8) se računaju prikazi koji bolje ističu područja koja imaju veći utjecaj na okolinu i ugrozu ljudskog zdravlja u urbanim sredinama. Ipak, za identifikaciju kritičnih toplinskih područja većinom se koristi Indeks kritičnosti područja (engl. *Environmental Criticality Index*, ECI, **Slika 5**; Senanayake et al., 2013). ECI se računa radi prikaza utjecaja toplinskih otoka na urbanu sredinu, a koristi se za identifikaciju kritičnih područja na temelju omjera između LST-a i NDVI-a (9). 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 u prikazu 8-bitne slike prikaza indeksa.

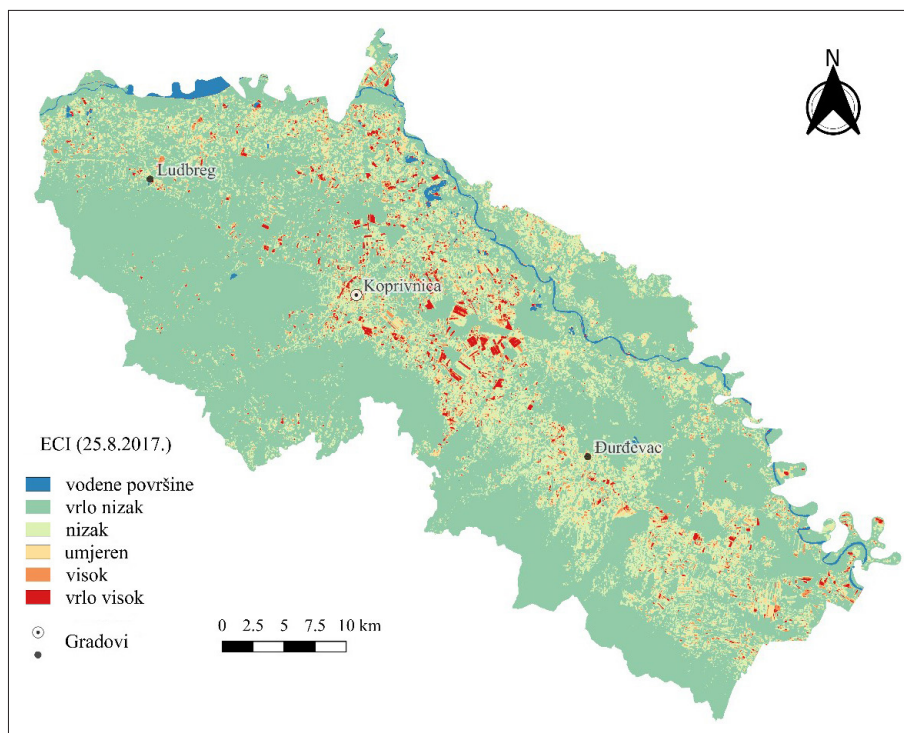
$$ECI = \frac{LST_{rastegnuto\ 1-255}}{NDVI_{rastegnuto\ 1-255}} \quad (9)$$

Vrijednosti piksela korištenih rastera za računanje ECI su rastegnute od 1 do 255 (9) kako bi se povećala jasnoća i kontrast u rezultatima i izbjegle beskonačno male vrijednosti u NDVI. Niske vrijednosti NDVI imaju veći utjecaj na kritičnost okoliša, a primjer toga je područje grada s mnogo zgrada i bez vegetacije što

znači da se na takvom području stvara urbani toplinski otok. U prikazu rastera ECI izostavljaju se vrijednosti NDVI koje su ispod 0, zato što su to vodene površine (Čmrlec, 2019). Važnost ECI-ja je u tome što stvara uvid u trenutno stanje lokacija kritičnih područja UHI-ja, a to može poslužiti urbanistima i gradskim vlastima za izradu urbanističkih planova, planova za očuvanje okoliša te za definiranje mjera odstranjivanja utjecaja UHI-ja na zdravlje stanovnika.

Reference

- Aprilia, H.C., Jumadi & 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). doi: 10.53824/ijddi.v1i1.4.
- Barane, P. & Dwarakish, G.S. (2017): Development of a tool for land surface temperature retrieval from Landsat data products. Conference: Global Civil Engineering Challenges in Sustainable Development and Climate Change, ICGSGC 2017, March 17–18, 2017, Mangalore.
- Čmrlec, K. (2019) Određivanje i kartiranje toplinskih otoka u Gradu Zagrebu pomoću satelitskih podataka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R.T., Anderson, M., Imhoff, M.L. & Gutman, G.G. (2010). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of Climate*, 23, 618–633.
- Kustas, W. & Anderson, M. (2009). Advances in thermal infrared remote sensing for land surface modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 2071–2081.



Slika 5. Lokacije i vrijednosti ECI-ja na području Podravine na dan 25.08.2017. godine, svrstane u 6 klasa (Turščak, 2024).

- Li, Z., Tang, B., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z. & Sobrino, J.A. (2013): Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14–37. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.008>
- Liu, Y., Hiyama, T. & Yamaguchi, Y. (2006): Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sensing of Environment*, 105, 115–128.
- Nuruzzaman, M.D. (2015): Urban heat island: causes, effects and mitigation measures – a review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3/2, 67–73.
- Oluseyi O.I., Fanan, U. & Magaji, J. (2009): An evaluation of the effect of land use/cover change on the surface temperature of Lokoja town, Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3/3, 86–90.
- Prata, A.J., Caselles, V., Coll, C., Sobrino, J.A. & Ottlé, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from

satellites: Current status and future prospects. *Remote Sensing Reviews*, 12, 175–224.

- Roth, M. (2007). Review of urban climate research in (sub)tropical regions. *International Journal of Climatology*, 27/14, 1859–1873.
- Senanayake, I.P., Welivitiya, W.D.D.P. & Nadeeka, P.M. (2013): Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate*, 5, 19–35.
- Smith, R.B., Bonneau, L., Lee, X., Woo, L. & Fein, F. (2013): Yale guide to Landsat 8 image processing. Yale University.
- Turščak, M. (2024) Analiza temperaturnih promjena tla Podravine pomoću satelitskih snimki. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

Analiza toplinskih otoka u Gradu Zagrebu pomoću satelitskih podataka u 2017. godini

Karlo Čmrlec¹ i Andrija Krtalić¹

Uvod

U 2017. godini određene su lokacije urbanih toplinskih otoka na području Grada Zagreba na osnovi satelitskih podataka Landsat 8. Izrađeni su tematski prikazi temperatura površine tla (LST), urbanih toplinskih otoka (UHI) i indeksa kritičnosti okoliša (ECI) za odabrani dan u svakom mjesecu u godini (obrade jedne snimke u svakom mjesecu godine), a nakon toga su usrednjeni na bazi godišnjih doba. Na osnovi polučenih rezultata provedena je geoprostorna analiza i donešeni zaključci o efektu urbanih toplinskih otoka na okolinu u Gradu Zagrebu.

Climate Central (<http://www.climatecentral.org/>) je nezavisna organizacija vodećih znanstvenika i novinara koji istražuju i izvješćuju činjenice o klimatskim promjenama i njihovim utjecajima na ljudski život. U prethodna tri desetljeća zabilježen je najveći porast srednje godišnje temperature zraka u gradovima. Zagreb spada u tu kategoriju te se prema *Climate Central* podacima nalazi na visokom sedmom mjestu. Ako se zagađenje zraka ne smanji, prosječna ljetna temperatura u Zagrebu će do 2100. godine biti za čak 7,8 °C veća nego danas. Ljeta u Zagrebu će tako do kraja stoljeća izgledati kao što danas izgledaju ljeta u turskom gradu Izmiru, gdje je prosječna temperatura ljeti već sada 32,2 °C, dok je u Zagrebu 24,3 °C (<http://www.climatecentral.org/>, <http://www.climatecentral.org/news/global-cities-climate-change-21584>).

Područje interesa: Grad Zagreb

Područje interesa je administrativno područje Grada Zagreba koji je smješten u središnjem kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske (45°49'N, 15°59'E), na obalama rijeke Save i južnim obroncima Medvednice. Prostire se na 641 km² koje nastanjuje više od 800.000 stanovnika, a sa širim gradskim područjem preko milijun stanovnika. Prema geografskom smještaju područje Grada Zagreba spada u umjerene širine u kojima su razvijena sva četiri godišnja doba. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime Zagreb spada u Cfb klimatski tip, tj. ima umjereno toplo vlažnu klimu s toplim ljetom (Filipčić, 1998). Prosječna ljetna temperatura iznosi 20 °C, a zimska iznosi 1 °C (<https://worldweather.wmo.int/019/c00070.htm>).

Izgrađenost Zagreba se prostire optimalno orijentacijom istok–zapad s obzirom na planinsku prepreku Medvednicu.

Podaci

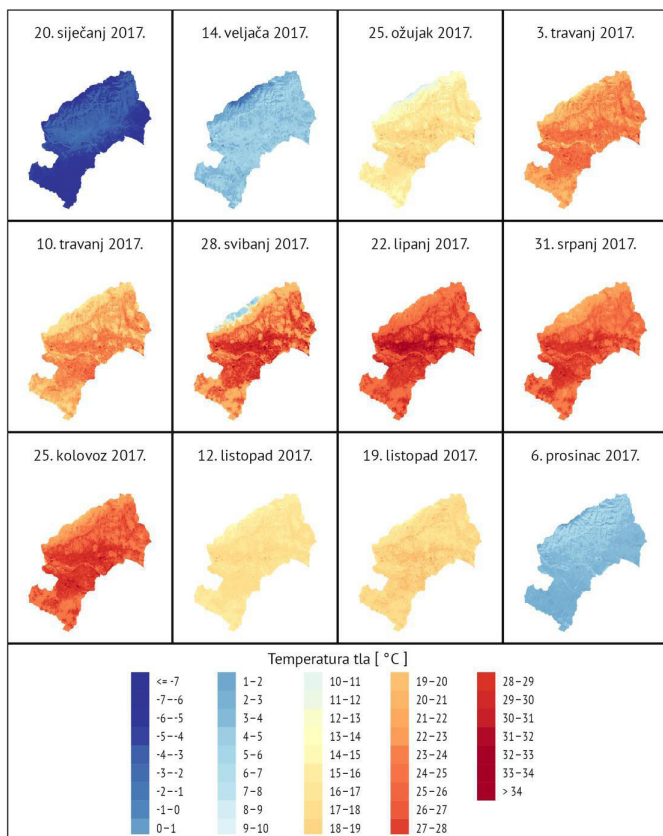
U svrhu otkrivanja urbanih toplinskih otoka na području Grada Zagreba korištene su snimke prikupljene senzori-*ma Operational Land Imager (OLI) i Thermal Infrared Sensor (TIRS)* satelitskog sustava Landsat 8. Snimke navedenih senzora preuzete su u GeoTiff formatu i UTM projekciji (engl. *Universal Transvers Mercator*), a prostorna rezolucija multispektralnih kanala senzora OLI je 30 m, odnosno 100 m za kanale senzora TIRS. Vrijeme prolaska satelita iznad Zagreba je između 9:39 i 9:45 po UTC vremenu. Satelitske snimke su preuzete sa službenih stranica USGS-a (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Svaka satelitska snimka sadrži i popratni dokument s metapodacima koji se kasnije koriste u obradi. Odabrane satelitske snimke, s obzirom na pokrivenost oblacima i pristupačnost meteoroloških podataka za određene datume, prikazani su u **Tablici 1**. Sadržaj svih odabranih snimki izrezan je na površinu od interesa (granica Grada Zagreba), radi boljeg uvida u rezultate i lakše obrade.

Za iste datume su pribavljeni meteorološki podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) s tri meteorološke stanice u Zagrebu: Grič i Puntijarka (gdje se mjeri temperatura zraka) te Maksimir (gdje se mjeri temperatura zraka i tla). Podaci DHMZ-a su korišteni za usporedbu s rezultatima LST-a, tj. analizu točnosti izračunatih procjena rastera LST-a. Važno je napomenuti

Tablica 1. Popis datuma prikupljanja korištenih satelitskih snimki sustava Landsat 8.

Datum	Godišnje doba
20.01.2017.	zima
14.02.2017.	zima
25.03.2017.	proljeće
03.04.2017.	proljeće
10.04.2017.	proljeće
28.05.2017.	proljeće
22.06.2017.	ljetno
31.07.2017.	ljetno
25.08.2017.	ljetno
12.10.2017.	jesen
19.10.2017.	jesen
06.12.2017.	zima

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb; e-mail: akrtalic@geof.hr



Slika 1. Rasterski prikazi za sve odabrane datume, sa zajedničkom skalom boja kojom su prikazane vrijednosti rastera koje predstavljaju temperaturu tla [°C] (Čmrlec, 2019).

kako se LST rasteri odnose na temperaturu tla u vrijeme snimanja satelita, a DHMZ podaci su srednja dnevna vrijednost temperature zraka, pri čemu je vrijeme za navedene dane bilo sunčano.

LST

Izrađeni LST-i za sve odabrane snimke (**Slika 1**) omogućuju lociranje urbanih toplinskih otoka na mjestima gdje se akumulira najveća količina topline s obzirom na područje od interesa koje se promatra. Svi rezultati su prikazani s jedinstvenom skalom temperatura, u odnosu na minimalnu i maksimalnu vrijednost piksela rastera koji se obrađuju. Na taj način je lakše uvidjeti godišnje i sezone promjene u LST-ima.

Pogledom na LST za pojedine dane u godini (**Slika 1**), može se uvidjeti u kojim dijelovima godine (godišnjim dobima) postoji problem UHI-ja i njihovog utjecaja na okolinu, a u kojima ne. Nadalje, vizualno se mogu raspoznati područja više temperature od ostatka područja od interesa, odnosno UHI-ja koji utječu na okolinu. To je najizraženije u ljetnim mjesecima, a u proljetnim i jesenskim nešto manje. U slučaju Grada Zagreba, urbani toplinski otoci nastaju na području gusto naseljenog i izgrađenog centra grada, velikih i prometnih cesta i na području gdje prevladava golo tlo, asfalt ili beton, s

vrlo malo vegetacije u okolini. Za uvid u kretanje LST-a po godišnjim dobima, izrađeni su LST i NDVI rasteri za pojedino godišnje doba njihovim usrednjavanjem.

ECI

LST rasteri za pojedino godišnje doba (**Slika 2**) izračunati na osnovi snimki pojedinih dana pojedinog godišnjeg doba, uz dodatak odgovarajućeg NDVI rastera, korišteni su za izračun ECI rastera kako bi se, s obzirom na kritičnost okoliša, locirala područja s kritičnom razinom temperature pogodna za stvaranje UHI-ja. Zbog vrijednosti temperature i stanja vegetacije u određeno doba godine (bjelogorica, crnogorica), prikazi za proljeće, ljeto i jesen imaju jednu skalu boja, dok zima ima drugu.

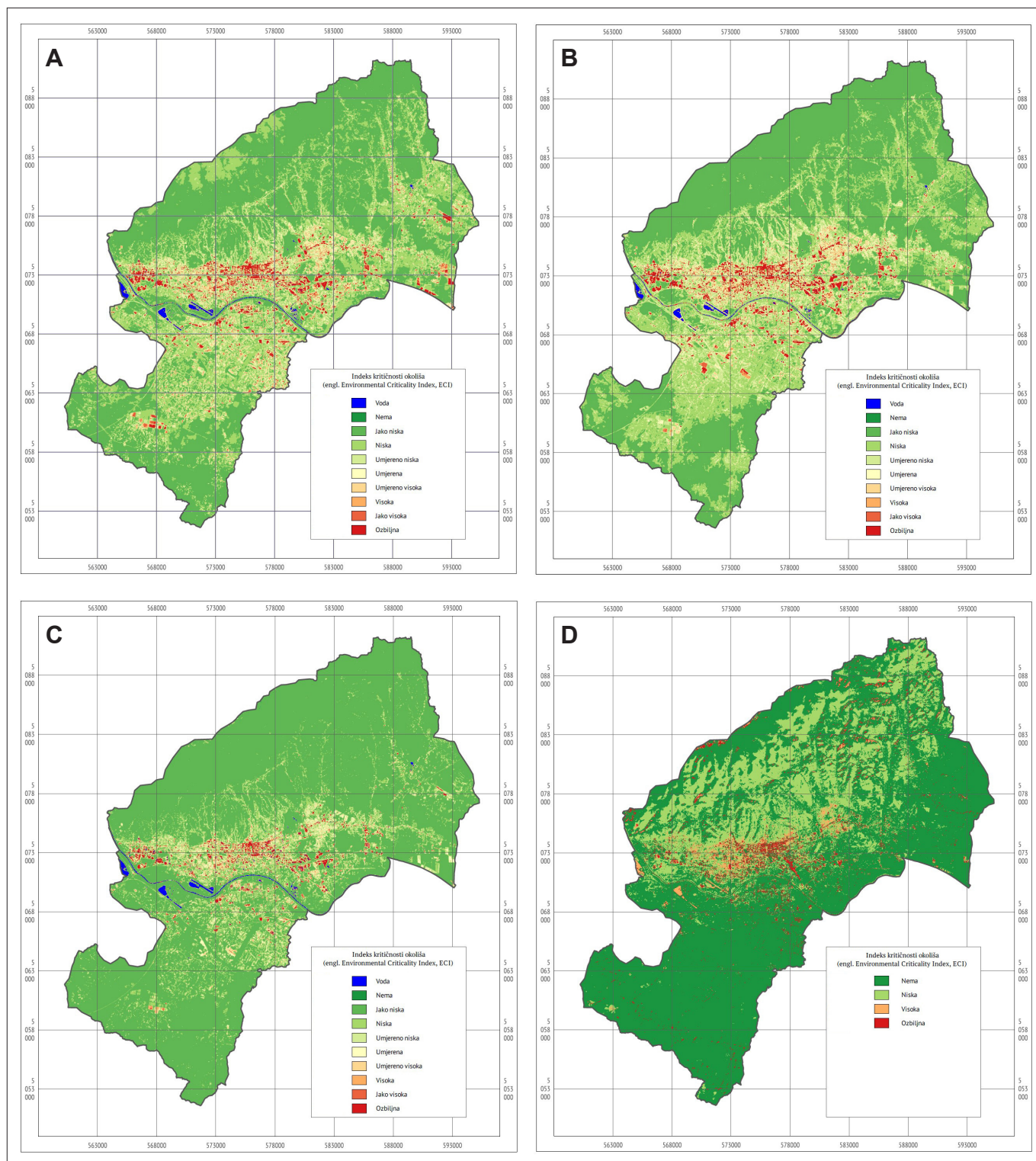
Temperature zraka i tla dosežu maksimalne vrijednosti tijekom ljetnih dana, pa je zato najveći doprinos temperature kritičnosti okoliša upravo tada. Tijekom ljeta je vegetacija najbujnija i doprinos temperature kritičnosti okoliša tad je najmanji na područjima koje prekriva, ali s obzirom da je u slučaju detektiranja UHI-ja urbano područje, gdje nema vegetacije ili je nema u dovoljnoj količini, kritičnost okoliša bit će funkcija samo temperature površine tla i poprimati će najveće vrijednosti na području centra Grada Zagreba.

Kao krajnji rezultat izrađen je ECI raster za cijelu 2017. godinu (ili preciznije: na osnovi podataka prikupljenih u toj godini) pomoću aritmetičke sredine ECI rastera za određeno godišnje doba (**Slika 3**). Uvidom u krajnji rezultat vidljive su pretpostavljene lokacije UHI-ja u Gradu Zagrebu.

Specifične lokacije unutar Grada Zagreba

Specifična područja raspodjele UHI-ja prikazana su preklapanjem rastera OpenStreetMap-a i Google Maps-a s ECI rasterom rezultata za ljeto, jer je efekt UHI-ja najveći tijekom tog razdoblja (to je najtoplije godišnje doba). Specifična područja pokazuju dijelove Grada Zagreba u kojima se pojavljuju UHI-ji. Efekti UHI-ja se pojavljuju na područjima naglog porasta temperature zraka (a time i tla) gdje je vegetacijski pokrov zamijenjen građevinama ili velikim područjima asfalta i betona, na kojima LST doseže svoj maksimum. Na području Grada Zagreba najčešće lokacije UHI-ja su na istoku (**Slika 4**): Žitnjak (poslovne zgrade, industrijska zona, trgovački centri) i Jakuševac (odlagalište otpada); na zapadu (**Slika 5**): Prečko i Jankomir (trgovački centri i poslovne zgrade); tramvajska okretišta i spremišta, željeznički kolodvori te sam centar Grada Zagreba (**Slike 6 i 7**, Čmrlec, 2019).

Trešnjevka je lokacija specifična po tome što je gusto izgrađena, što je idealno za stvaranje UHI-ja. Dodatno, kroz Ozaljsku ulicu i Zagrebačku aveniju protječe gust promet kroz zbijene zgrade, pa se visoke temperature zraka i tla dugo zadržavaju na tim prostorima. Okretište

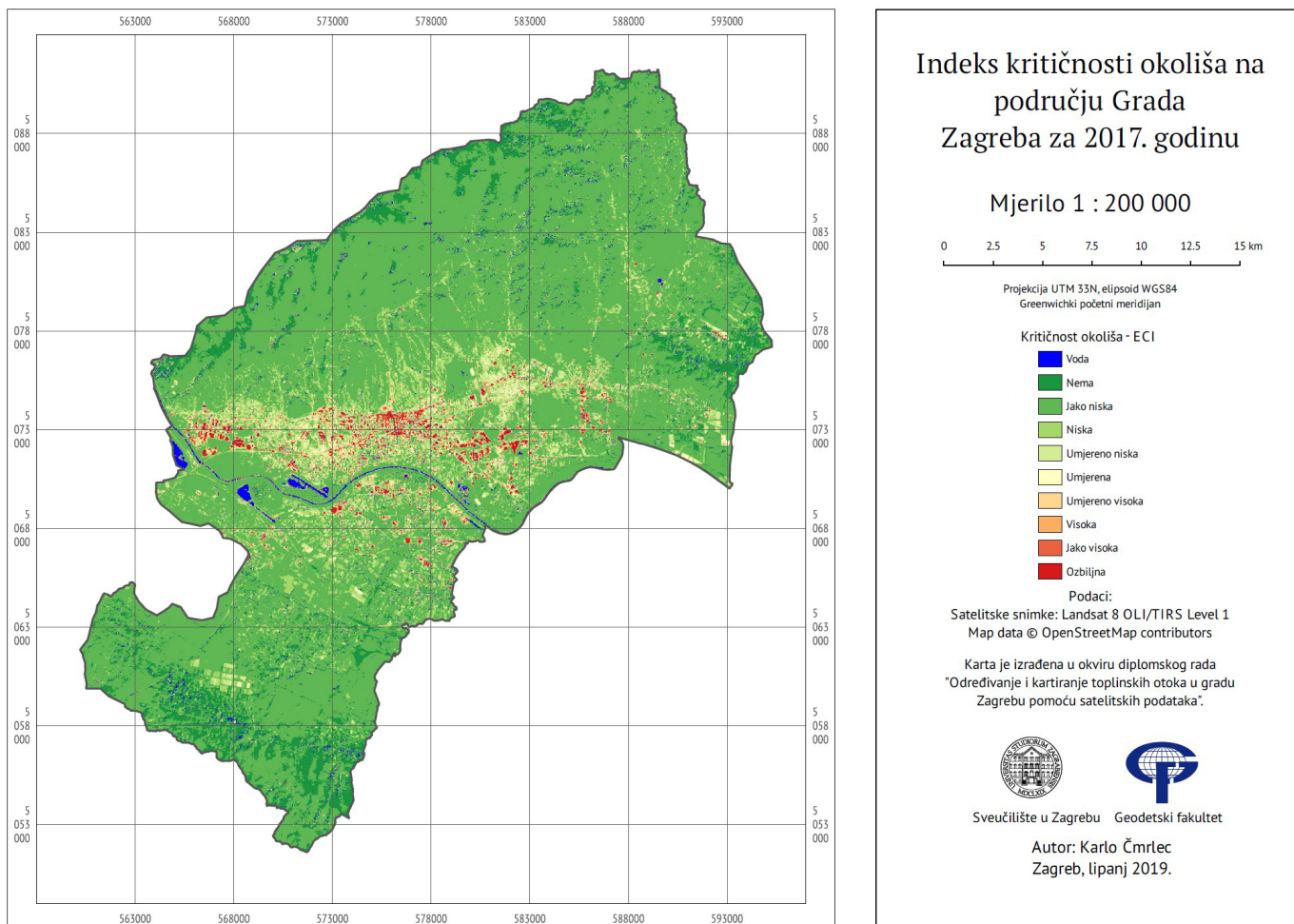


Slika 2. Rasterski prikazi ECI-a za godišnja doba: A) proljeće, B) ljeto, C) jesen, D) zima (Čmrlec, 2019).

i spremište tramvaja Ljubljana ima slična svojstva kao i Glavni željeznički kolodvor (Slika 6), pa se zato jedan veliki UHI nalazi unutar gusto izgrađene Trešnjevke. Specifični UHI-ji u Novom Zagrebu su trgovački centar i sportska dvorana Arena Zagreb, Zagrebački Velesajam, Muzej suvremene umjetnosti, ostali trgovački centri i prometnica Avenija Dubrovnik (Slika 7, Čmrlec, 2019).

Zaključak

Provedene analize su ograničene vremenskom i prostornom rezolucijom TIRS senzora Landsat 8 satelitskog sustava. Rezultati polučeni na ovaj način, analiziranjem ograničenog skupa satelitskih podataka (samo 12 snimki za cijelu godinu), pružaju uvid u temperaturne geoprostorne odnose na području Grada Zagreba. Uočena su područja osjetljiva na stvaranje i zadržavanje maksi-

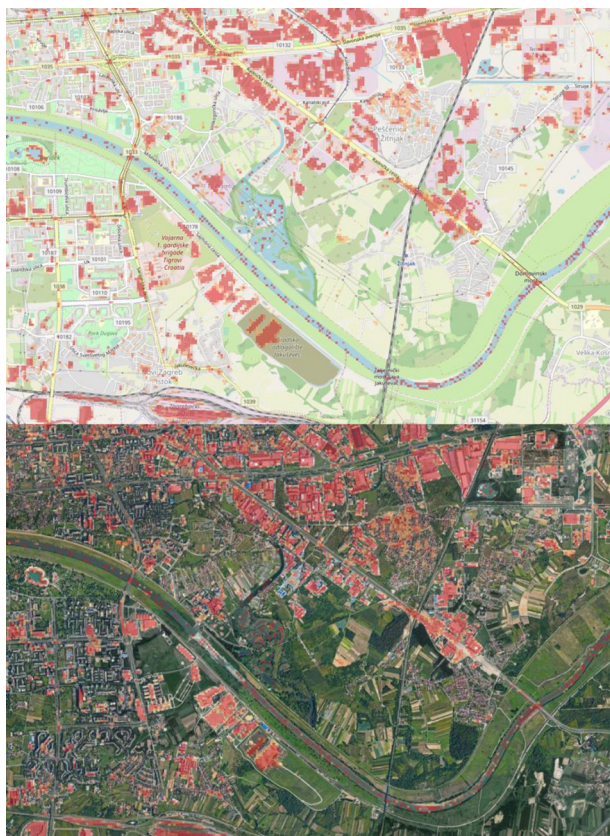


Slika 3. Rasterski prikazi ECI-a na osnovi podataka iz 2017. godine (Čmrlec, 2019).

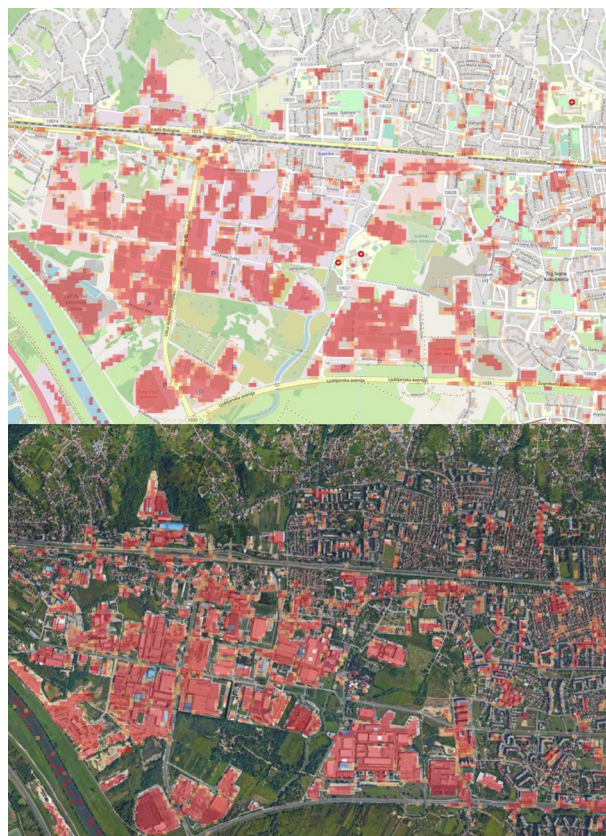
malnih vrijednosti temperature zraka i tla koja su osnova za stvaranje UHI-ja (zbijenost objekata koji ih uzrokuju). Područje Grada Zagreba se sastoji od urbanog dijela, ali i značajnih površina pod vegetacijom i vodenim površinama. Na sjeveru Grada Zagreba nalazi se Medvednica, čije područje je umjereno urbanizirano i vegetacija prevladava u velikom omjeru, pa je zbog toga tamo detektiran mali broj UHI-ja i njihov utjecaj na okoliš je zanemariv. Jug Grada Zagreba obilježava nizina i slaba urbanizacija s obzirom na centar, istok i zapad, ali to se područje sve više urbanizira te je pitanje vremena kad će i taj dio imati probleme s efektom urbanih toplinskih otoka. Najurbaniziraniji dio Grada Zagreba nalazi se između Medvednice i Save. U većini slučajeva u centru Grada Zagreba objekti imaju sličnu visinu, uz neka odstupanja kao što su neboderi i trgovački centri, ali su ti objekti gusto zbijeni jedni pored drugih. Ta jednolična visina objekata dovodi do nedostatka stepeničaste vertikalne morfologije i vjetar ne može tako dobro rashladiti površinu tla (Čmrlec, 2019).

Reference

- Čmrlec, K. (2019): Određivanje i kartiranje toplinskih otoka u Gradu Zagrebu pomoću satelitskih podataka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Filipčić, A. (1998): Klimatska regionalizacija Hrvatske po W. Köppenu za standardno razdoblje 1961.–1990. u odnosu na razdoblje 1931.–1960. *Acta Geographica Croatica* 33/1, 7–14.



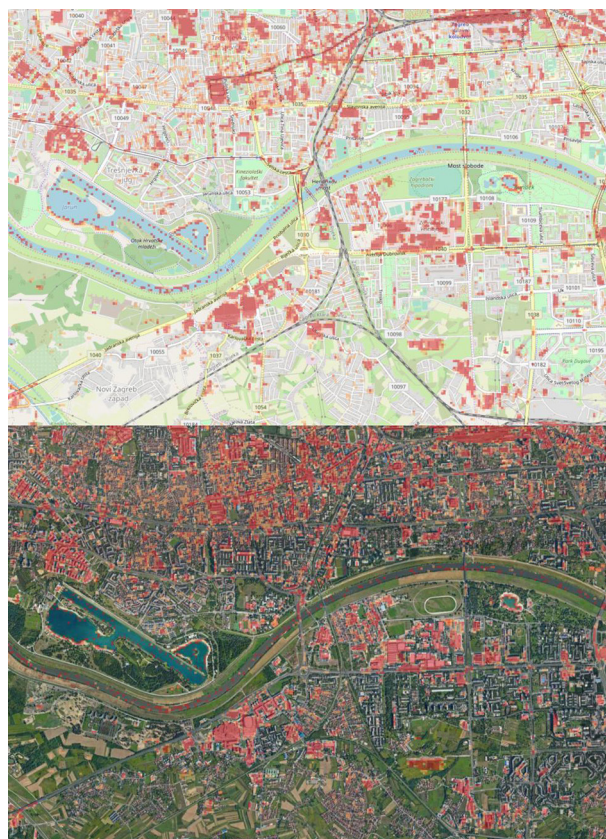
Slika 4. ECI (crveni poligoni) za dio Grada Zagreba, istok, prikazani preko OpenStreetMap-a (gore) i Google Maps-a (dolje) (Čmrlec, 2019).



Slika 5. ECI (crveni poligoni) za dio Grada Zagreba, zapad, prikazani preko OpenStreetMap-a (gore) i Google Maps-a (dolje) (Čmrlec, 2019).



Slika 6. ECI (crveni poligoni) za dio Grada Zagreba, centar, prikazani preko OpenStreetMap-a (gore) i Google Maps-a (dolje) (Čmrlec, 2019).



Slika 7. ECI (crveni poligoni) za dio Grada Zagreba, centar i dio Novog Zagreba, prikazani preko OpenStreetMap-a (gore) i Google Maps-a (dolje) (Čmrlec, 2019).

Vremenska analiza ljetnih temperatura pokrova Istre pomoću metoda daljinskih istraživanja

Larisa Mišetić¹ i Andrija Krtalić¹

Uvod

Provedena je blic analiza promjena ljetne površinske temperature tla (LST) istarskog poluotoka u razdoblju od 2010. do 2020. godine. Vremenska analiza je provedena pomoću satelitskih snimki prikupljenih za tri datuma u ljetnim mjesecima (kada LST ima najveće vrijednosti) svakih pet godina (2010., 2015. i 2020.). LST je izračunat na osnovi satelitskih podataka Landsat 5 i Landsat 8. Analiza je obuhvatila i utjecaj toplinskih otoka na okolišu. Izrađene su tematske karte LST-a te indeksa kritičnosti okoliša (ECI). Na temelju rezultata izvršena je analiza i interpretacija LST-a u Istri, te su locirani pojedini urbani toplinski otoci.

Područje interesa: Istra

Istra je najveći hrvatski poluotok. Nalazi se na zapadnom dijelu Republike Hrvatske, na sjevernom dijelu Jadranskog mora, a manjim dijelom zauzima i teritorij susjedne Slovenije i Italije (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Istra>). Istarska županija zauzima najveći dio hrvatskog dijela poluotoka, 2813 km² s 208.440 stanovnika (podaci iz popisa 2011. godine). Kad se govori o granicama Istarske županije, one se protežu od uvale Stupova kraj Brestove (Plomin) preko hrpta Učke i Ćićarije do hrvatsko-slovenske granice između Muna i Vodica. Obalna je crta vrlo razvedena s nekoliko većih zaljeva kao što su Limski kanal, Medulinski zaljev te Plominski zaljev. Isto tako, zapadna obala je nisko položena i razvedena, s otocima i otočnim skupinama, dok je, s druge strane, istočna obala strmija, slabije razvedena te bez većih naselja. Neki od većih gradova, na koje se obratila najveća pozornost u analizi su Pula, Pazin, Poreč i Labin (<https://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/1225/istarska-zupanija>).

Klima na istarskom poluotoku je uvjetovana činjenicom da poluotok s triju strana okružuje more, s udaljavanjem od kojeg sredozemna klima prelazi u umjerenu kontinentalnu. Utjecaj Atlantika, koji je ujedno i izvor topline i vlage, se osjeća sa zapada i sjeverozapada, dok Sredozemno i Jadransko more ublažavaju neugodne utjecaje suhe i vruće sjeverne Afrike. Sve navedeno uzrokuje blage i vlažne zime te vruća i sparna ljeta. Osim mora, na temperaturu u Istri utječe i nadmorska visina. Stoga najniži obalni dio, do oko 150 m nadmorske visi-

ne, ima prosječnu siječansku temperaturu od 4 °C, dok je srpanjska od 22–24 °C. Nadalje, porastom nadmorske visine u unutrašnjosti Istre prosječne se siječanske temperature spuštaju na 2–4 °C. Srpanjske su temperature u unutrašnjosti 20–22 °C, na brdovitoj Ćićariji 18–20 °C, a na najvišim vrhovima čak i ispod 18 °C (<http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1369>). Na temelju svega može se reći da se u Istri razlikuju tri tipa podneblja i to obalni pojas između Novigrada i Rapca, koji se ističe po najvišim temperaturama, prima najmanje oborina i ima sredozemnu klimu (Cs po Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji). Umjereno toplu vlažnu klimu s vrućim ljetima (Cfa) ima područje sjeverno od rijeke Mirne na zapadnoj i sjeverozapadnoj obali te preostali obalni pojas u Liburnijskom primorju na istočnoj strani. Unutrašnjost poluotoka ima inačicu umjerene tople vlažne klime s toplim ljetima (Cfb). Iako se podneblja Cfa i Cfb u Istri razlikuju od sredozemnog područja prvenstveno po nešto većoj vlažnosti i nižim temperaturama, ona još uvijek imaju puno sredozemnih značajki, stoga ih se često naziva i submediteranskim podnebljima (<http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1369>). Sva tri podneblja i njihove granice prikazane su na **Slici 1** (Mišetić, 2023).

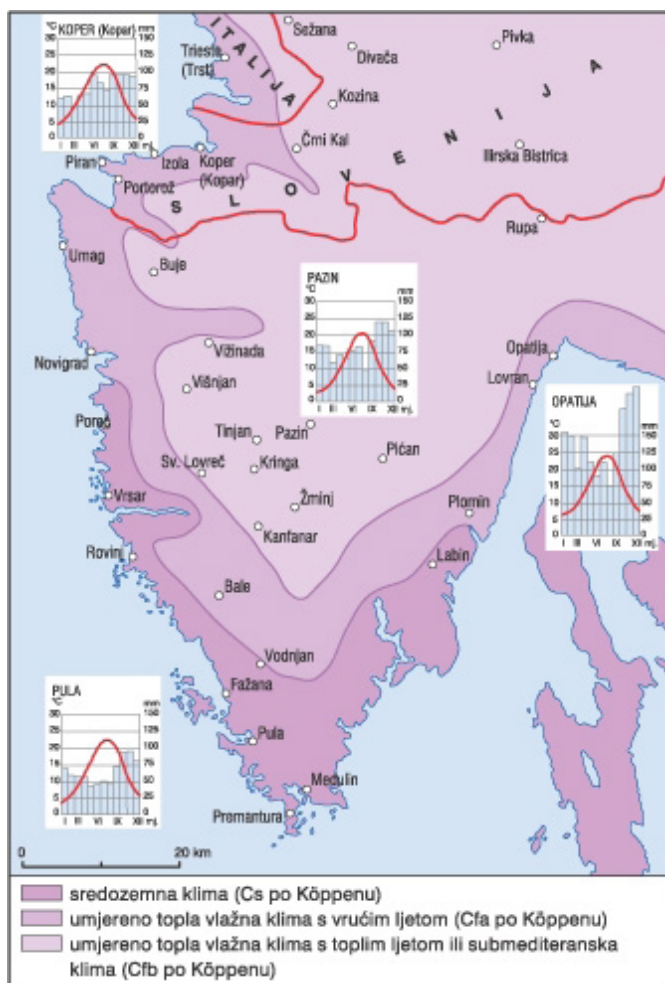
Podaci

Zbog činjenice da se vremenska analiza provodila za razdoblje od 2010. do 2020. godine korištene su snimke Landsat 5 i Landsat 8 satelitskih sustava. Snimka za 2010. godinu produkt je senzora *Multispectral Scanner* (MSS) i *Thematic Mapper* (TM) Landsat 5 sustava. Landsat 8 je lansiran 2013. godine, pa su snimke korištene za 2015. i 2020. godinu prikupljene senzorima *Operational Land Imager* (OLI) i *Thermal Infrared Sensor* (TIRS).

Pri odabiru satelitskih snimki obratila se pozornost na snimke iz ljetnih mjeseci na kojima teren nije prekriven oblacima. Datumi za koje su prikupljene snimke su bili 12.7.2010., 10.7.2015. i 8.8.2020. godine.

Snimke Landsat 5 satelitskog sustava imaju prostornu rezoluciju multispektralnih kanala od 30 m, dok ona za termalni kanal iznosi 120 m. Snimke Landsat 8 satelitskog sustava dijele istu prostornu rezoluciju multispektralnih kanala (OLI) s Landsat 5 snimkama, dok je prostorna rezolucija za termalne kanale (TIRS) 100 m.

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb; e-mail: akrtalic@geof.hr



Slika 1. Klimatska podneblja istarskog poluotoka (<http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1369>).

Snimke su preuzete u UTM / WGS 84 projekciji.

U svrhu jednostavnosti i brže obrade satelitske snimke izrezane su na površinu od interesa, odnosno na granice Istarske županije. Vektorski podaci, odnosno

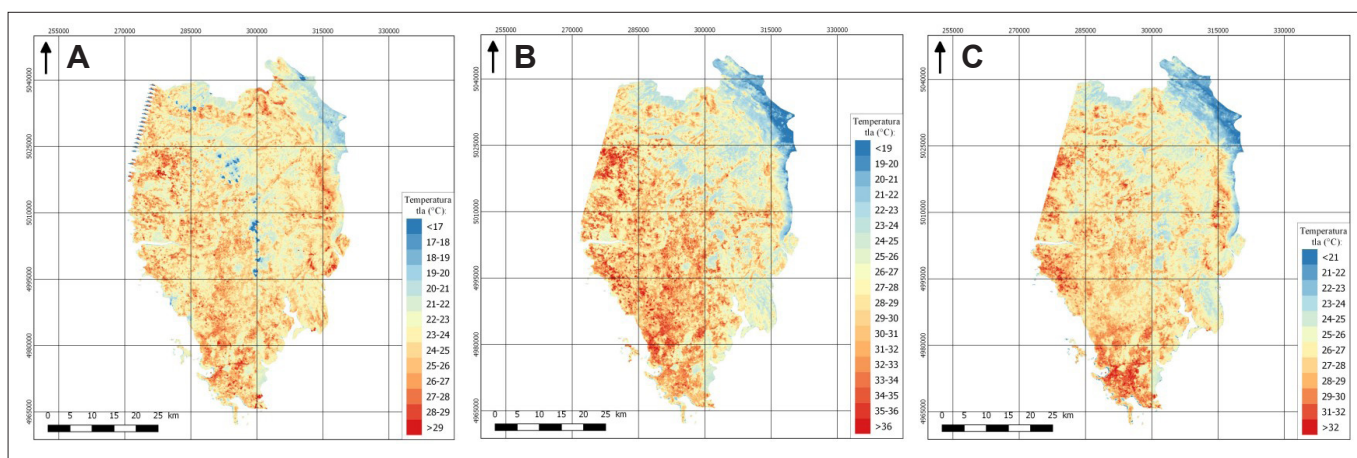
granice područja od interesa preuzete su s web stranice DIVA-GIS (<https://www.diva-gis.org/gdata>).

LST

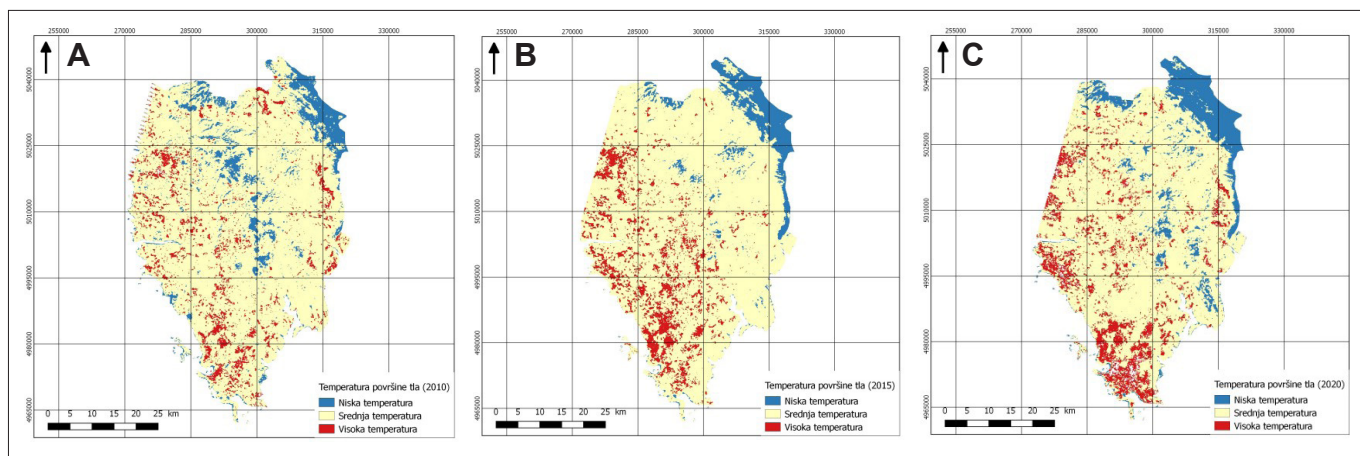
Ova blic analiza, koja koristi samo tri seta podataka za tri dana (tražene su snimke što bliže jedna drugoj u odnosu na doba, mjesec i dan u godini, u odnosu na oblačnost) u rasponu od 10 godina, ima za cilj uočiti trendove kretanja vrijednosti LST-a i potencijalna povećanja 'toplijih područja' (toplinskih otoka). Nisu korišteni meteorološki podaci ni saznanja o padalinama neposredno prije prelijetanja satelita. Temperaturne skale boja su određene na temelju raspona temperatura, tj. minimalne i maksimalne vrijednosti piksela pojedinog rastera koji je obrađen (Slika 2). Svaki raster sadrži različitu skalu boja, pa je prilikom vizualnog uspoređivanja rastera potrebno obratiti pozornost na to. Osim rastera LST-a, prikazanih različitim skalama boja (u ovisnosti na minimalnu i maksimalnu temperaturu svake snimke), izrađene su i tematske karte LST-a na kojima su vrijednosti prikazane u tri klase: „Niske temperature“, „Srednje temperature“ i „Visoke temperature“ (Slika 3; Mišetić, 2023).

Vidljivo je da se najviše temperature, na svim rasterima, protežu na području većih gradova poput Pule, Rovinja i Labina. Naravno, visoke temperature nisu samo u većim gradovima, već se golo tlo u ruralnim područjima tijekom ljetnih mjeseci također jako zagrijava. Tako se mogu pronaći velika polja daleko od gradova čije tlo ima istu ili čak i višu temperaturu u usporedbi s gradovima. Isto tako važno je napomenuti da se temperature tla odnose na trenutak snimanja satelita, a to lokalno vrijeme je za 12.07.2010. bilo u 11:36 h, 10.07.2015. u 11:45 h, a 08.08.2020. u 11:46 h.

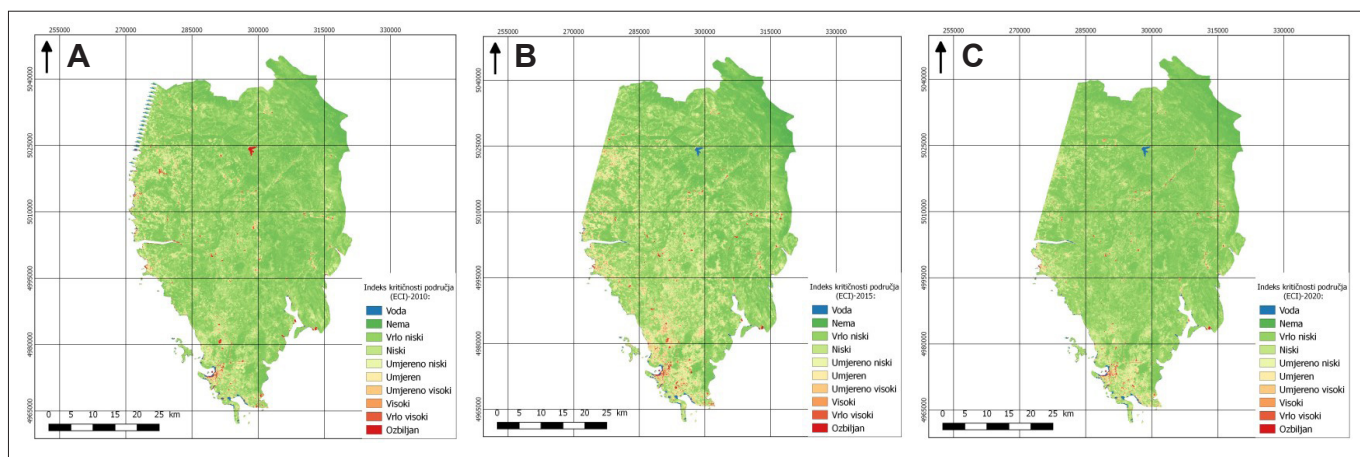
Najniže temperature zabilježene su na područjima vrhova Ćićarije gdje i u ljetnim mjesecima temperatura



Slika 2. Kontinuirane vrijednosti LST-a istarskog poluotoka na dan: a) 12.07.2010., b) 10.07.2015., c) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).



Slika 3. Vrijednosti LST-a istarskog poluotoka svrstane u tri klase, na dan: a) 12.07.2010., b) 10.07.2015., c) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).



Slika 4. Vrijednosti LST-a istarskog poluotoka na dan: a) 12.07.2010., b) 10.07.2015., c) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).

bude i ispod 18 °C. Na rasteru LST-a za datum u 2010. godini (**Slika 3a**) primjećuju se nepravilnosti s obzirom da je po skali boja temperatura u unutrašnjosti, u okolini Pazina, bila manja čak i od vrhova Ćićarije. Iako je i na ostalim rasterima to područje manje temperature, nepravilnost na spomenutom rasteru nastala je zbog prisutnosti oblaka. Nadalje, na visoke temperature na zapadnoj obali Istre, te na jugu, utječu većinom tamošnji gradovi, poput Umaga na sjevernom dijelu zapadne obale, Vrsara, Poreča i Rovinja u središnjem te Fažane i Pule u južnom dijelu. U navedenim gradovima, posebno tijekom ljetnih mjeseci, obitava mnoštvo ljudi s obzirom da su to vrlo turistički razvijena područja.

ECI

Omjerom LST-a i NDVI-a izračunat je ECI za sva tri analizirana datuma (**Slika 4**). Radi lakše usporedbe (u ovom slučaju to ima smisla jer se radi o indeksu a ne direktno određivanoj veličini), za razliku od LST rastera, za sva tri prikaza je korištena ista skala boja.

Na temelju detaljnije analize rezultata LST-a i ECI-a (mikrolokacije na poluotoku) može se uočiti trend pov-

raćavanja vrijednosti ECI-a uslijed širenja pojedinih gradova i nicanja cijelih naselja (**Slika 5**), ili širenja kame-noloma (**Slika 6**), odnosno trend smanjivanja vrijednosti ECI-a kroz vrijeme, zbog maslinika posađenog na prijašnjem golom tlu (**Slika 7**).

Zaključak

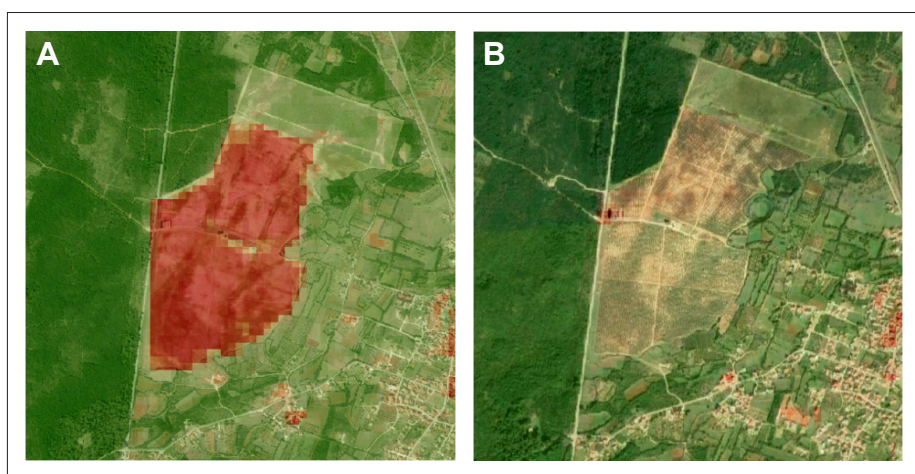
Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da vrijednosti LST-a poprimaju najmanje vrijednosti na području vrhova Ćićarije i Učke. Također, unutrašnjost poluotoka za nekoliko je stupnjeva hladnija od obalnog dijela poluotoka. Naravno, najviše temperature se odnose na nešto veće gradove na zapadnoj obali Istre poput Poreča, Umaga, Rovinja i Pule. Kao i svugdje u svijetu, gradovi na području od interesa imaju tendenciju širenja i razvijanja. U razdoblju od 2010. do 2020. godine gotovo je za sve veće gradove uočljivo širenje, ponajviše za najveći grad u Istri, Pulu. Vegetaciju zamjenjuju prvenstveno industrijske i poslovne zone te trgovački centri. Osim izgrađenosti gradova na LST istarskog poluotoka uvelike utječe i golo tlo, odnosno polja na kojima se ne uzgaja nikakva vegetacijska kultura. Polje bez vegetacije ljeti



Slika 5. Vrijednosti ECI-a okolice Rovinja prikazane preko DOF-a 1:5000 prikazuju širenje grada, na dan: A) 12.07.2010., B) 10.07.2015., C) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).



Slika 6. Vrijednosti ECI-a prikazane preko DOF-a 1:5000 otkrivaju širenje kamenoloma, na dan: A) 12.07.2010., B) 10.07.2015., C) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).



Slika 7. Vrijednosti ECI-a na polju kraj Vodnjana prikazane preko DOF-a 1:5000 pokazuju utjecaj novog maslinika na snižavanje temperature, na dan: A) 12.07.2010., B) 08.08.2020 (Mišetić, 2023).

se zagrije te LST-i dostižu maksimalne vrijednosti. Analizirajući LST i ECI može se zaključiti kako se na istarskom poluotoku u promatranom razdoblju povećava interes za poljoprivredom. Naime sama promjena kulture ili sadnja maslina na golom tlu čini bitnu razliku LST-a, kako tog područja, tako i njegove okoline. Nadalje, ono što je također uočeno kao ekstremno žarište jesu kame-

nolomi. Kamen je materijal koji vrlo dobro apsorbira sunčevu toplinu te se područje prekomjerno zagrijava. Godinama se kamenolomi sve više i više šire, smanjujući udio vegetacije. Ponekad promatrajući samo rastere LST-a promjena kroz godine nije bila vidljiva, no kada bi se u analizu uključio ECI raster situacija bi se preokrenula. Naime, ECI je funkcija i temperature tla i vegetacije

te zbog toga može pružiti uvid u neke promjene iako to kod LST-a nije vidljivo (Mišetić, 2023). A to je i bila ideja ove vremenske analize sa samo tri snimke u razdoblju od 10 godina.

Reference

Mišetić, L. (2023): Vremenska analiza ljetne temperature tla na području Istre na osnovi satelitskih podataka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

Predstavljanje HRZZ projekta “Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma (CLOSER-FORINVENT)”

Ivan Balenović^{1*} i Andro Kokeza¹

Osnovne informacije o projektu

Naziv: Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma

Akronim: CLOSER-FORINVENT

Projekt ID: IP-2022-10-9246

Izvor financiranja: Hrvatska zaklada za znanost <https://hrzz.hr/financiranje/baza-projekata/?ID=15584#baza>

Program: HRZZ Istraživački projekti

Znanstveno područje / polje: Biotehničke znanosti / Šumarstvo

Proračun: 197.800,00 EUR

Trajanje: četiri godine (18.12.2023.–17.12.2027.)

Voditelj: Ivan Balenović (Hrvatski šumarski institut)

Suradnici: Krunoslav Indir, Andro Kokeza i Nikola Zorić (Hrvatski šumarski institut), Anita Šimić Milas (Bowling Green State University, Ohio, SAD), Damir Medak i Mario Miler (Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet), Fran Domazetović (Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju), Luka Jurjević (GeoUnit d.o.o. Zadar)

Kontakt: Ivan Balenović (ivanb@sumins.hr), Andro Kokeza (androk@sumins.hr)

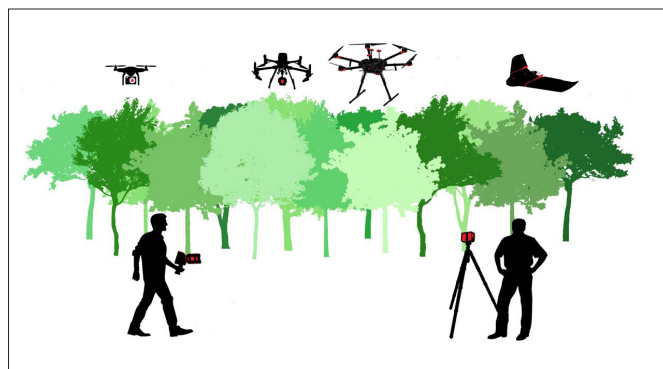
Web stranica:

<https://www.sumins.hr/projekti/blizu-predmetna-daljinska-istrazivanja-za-preciznu-inventuru-suma/>

Sažetak projekta

Projekt CLOSER-FORINVENT predstavlja nastavak projekta 3D-FORINVENT (IP-2016-06-7686, <https://jaska.sumins.hr/3d-forinvent/>) u pogledu daljnjeg testiranja i razvoja prikladnih metodoloških pristupa različitim tehnologijama blizu-predmetnih daljinskih istraživanja (engl. *Close Range Remote Sensing* – CR-RS) za primjenu u izmjeri odnosno inventuri šuma. Glavna ideja je provesti temeljito testiranje različitih najsuvremenijih CR-RS tehnologija (bespilotne letjelice opremljene različitim senzorima, statički i mobilni terestrički laserski skeneri

– Slika 1) za preciznu inventuru šuma u gospodarski najvažnijim hrvatskim šumskim sastojinama (hrast lužnjak, obična bukva) različitih strukturnih i terenskih karakteristika. Istraživanje će uključivati testiranje različitih procesa prikupljanja podataka, različitih algoritama i metoda obrade te različitih skupova podataka prikupljenih korištenjem različitih senzora. Također će se istražiti mogućnost fuzije podataka različitih senzora. Sve to, zajedno s prikupljanjem vrlo preciznih terenskih referentnih podataka, provesti će se kako bi se procijenila točnost i prikladnost različitih CR-RS tehnologija u raznim zadacima inventure šuma, kao što su generiranje DTM-a, detekcija i segmentacija pojedinačnog stabla, određivanje položaja stabla, klasifikacija vrste stabla i procjena glavnih atributa (prsni promjer, visina, volumen) na razini stabla, plohe i sastojine. Uz to, projekt CLOSER-FORINVENT testirat će integraciju, tj. kombinaciju CR-RS podataka i dostupnih nacionalnih podataka daljinskih istraživanja s ciljem povećanja procjena na veća šumska područja tzv. *wall-to-wall* kartiranjem. Trenutno nedostaju takva detaljna, komparativna istraživanja koja se bave učinkovitošću i primjenjivošću različitih naprednih CR-RS tehnologija u inventuri šuma, posebno u kompleksnom šumskom okruženju, kao što su mješovite listopadne šume različitih strukturnih karakteristika. Stoga je od velike važnosti za šumarsku znanost provesti istraživanje kojim će se razviti i pre-



Slika 1. Različite tehnologije blizu-predmetnih daljinskih istraživanja (bespilotne letjelice opremljene fotogrametrijskim kamerama i LiDAR senzorima, statički i mobilni terestrički laserski sustavi) koje se planiraju koristiti u CLOSER-FORINVENT projektu.

¹ Hrvatski šumarski institut, Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Trnjanska cesta 35, 10000 Zagreb, Hrvatska; e-mail: ivanb@sumins.hr



Slika 2. Logotipi institucija članova projektnog tima CLOSER-FORINVENT projekta.

poručiti najprikladnije metode za moguću primjenu CR-RS tehnologija u operativnoj inventuri šuma.

Projektni tim je multidisciplinaran te se sastoji od devet znanstvenika s pet različitih institucija (Hrvatski šumarski institut, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Odjel za Geografiju Sveučilišta u Zadru, Bowling Green State University, Ohio, SAD i GeoUnit d.o.o. Zadar; **Slika 2**). Članovi projektnog tima su u različitim fazama svojih karijera od doktoranada do iskusnih znanstvenika, što bi trebalo pridonijeti uspješnoj provedbi projektnih aktivnosti (**Slike 3 i 4**).

Zahvala: Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom **IP-2022-10-9246**.



Slika 3. Uvodni radni sastanak članova projektnog tima CLOSER-FORINVENT projekta održan 20.12.2023. godine u prostorijama Hrvatskog šumarskog instituta u Jastrebarskom.



Slika 4. Projektni tim na terenu u nizinskoj šumi hrasta lužnjaka (g. j. Bolčanski-Žabljački lug, šumarija Vrbovec, Uprava šuma podružnica Bjelovar).

Sudjelovanje na ljetnoj školi “9th SPLIT Remote Sensing Professional Summer School 2024”

Andro Kokeza¹

Na devetom izdanju ljetne škole SPLIT Remote Sensing Professional Summer School koja je održana u Granadi (Španjolska) od 1.–5. srpnja 2024. godine, stekao sam iskustvo koje je kombiniralo teorijsko znanje i praktične vještine iz područja daljinskih istraživanja. Svaki dan bio je osmišljen kako bi polaznicima omogućio razumijevanje ključnih tema, od obrade LiDAR podataka i umjetne inteligencije, do tehnika poput analize SAR snimaka, izrade digitalnih blizanaca i multisenzorskog kartiranja.

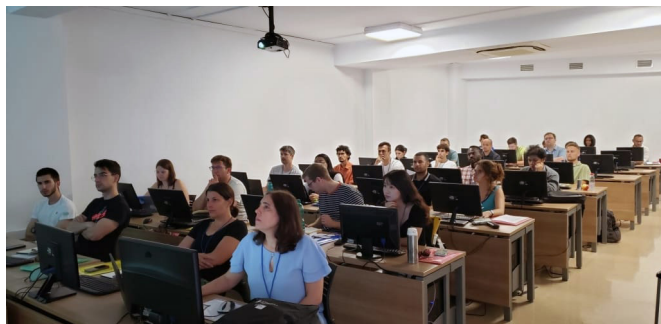
Prvog dana, kroz predavanje predavača Jorge Delgado-Garcíe, sudionici su se upoznali s LAStools-om, softverskim alatom za obradu LiDAR podataka. Predstavljena je njegova brzina i efikasnost, posebno u radu s velikim datasetovima, što je bilo popraćeno praktičnim vježbama koje su omogućile primjenu teorije u praksi. Predstavnicu LASTOOLS softvera Silke Kämmerer prisustvovala je predavanju te je na kraju iznijela nekoliko riječi o planovima za budući razvoj tog softvera.

Drugi dan bio je posvećen umjetnoj inteligenciji i strojnome učenju. Predavači Luis Paulo Reis i Brígida Mónica Faria vodili su nas kroz osnovne koncepte generativne umjetne inteligencije, neuralnih mreža i rudarenja podataka, s naglaskom na praktični rad u Jupyter Notebooku. Kroz predavanja smo naučili o razlici između klasifikacije i regresije, što nam je dalo novi uvid u analizu podataka.

Treći dan bio je usmjeren na Synthetic Aperture Radar (SAR) tehnologiju. Predavač Mattia Callegari objasnio je temelje SAR-a, uključujući interferometriju i preprocesiranje SAR podataka, dok je predavač Antonio Miguel Ruiz-Armenteros pokazao kako se te tehnike mogu primijeniti za praćenje infrastrukture. Predavanja su pokazala koliko je SAR svestran i kako omogućava monitoring u gotovo svim vremenskim uvjetima.

Četvrtog dana su predavanja dr. Davida Jurada Rodrígueza o interaktivnim alatima za označavanje podataka pojasnila kako se višesenzorski podaci mogu kombinirati za bolje razumijevanje okoline. Ostatak dana smo proveli na terenu u nacionalnom parku Sierra Nevada gdje smo u pratnji stručnjaka Juana Loritea i Dominga Alcaraza naučili kako koristiti dronove i senzore za prikupljanje podataka iz okoline.

Posljednjeg dana radionice fokus je bio na razvoju prediktivnih modela i digitalnih blizanaca, pod vods-



Slika 1. Sudionici 9th SPLIT Remote Sensing Professional Summer School na jednom od predavanja.



Slika 2. Terenski rad s dronovima i senzorima u nacionalnom parku Sierra Nevada.



Slika 3. Sudionici ljetne škole međusobno raspravljaju o odslušanim predavanjima.

tvom Maríe Isabel Ramos Galán, Ruth Córdoba Ortega i Lidije M. Ortega. Naučili smo kako multisenzorski podaci i alati poput Google Earth Engine-a mogu olakšati donošenje odluka u poljoprivredi. Predavanje Juana Roberta Jiménez Péréza o hiperspektralnim podacima bilo je korisno za razumijevanje kako se kombinacijom geo-

¹Hrvatski šumarski institut Trnajska cesta 35, 10000 Zagreb; e-mail: androk@sumins.hr

metrijskih i spektralnih informacija može dobiti detaljan 3D model stvarnog svijeta. Cijelu radionicu je zaključio Antonio Garrido-Almonacid radionicom o GIS alatima, na kojoj smo izrađivali karte, povezivali podatke i izrađivali indikatore koristeći QGIS.

Ova ljetna škola bila je prilika za stjecanje novih znanja, praktičnih vještina i razumijevanja naprednih tehnologija daljinskih istraživanja. Sudionici škole potaknuti su na daljnji rad i istraživanje u ovom sve razvijenijem području znanosti, a stručnost i podrška predavača ostavili su dojam da ove tehnologije imaju svoje mjesto u

budućnosti znanosti. Organizatorica ljetne škole Anita Šimić Milas uložila je poseban trud kako bi svi sudionici uživali u opuštenoj atmosferi te kroz otvorene razgovore s predavačima i ostalim sudionicima stekli nova znanja i poznanstva koja bi u budućnosti mogla prerasti u uspješne suradnje.

Zahvala: Ovo sudjelovanje na ljetnoj školi financirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom **IP-2022-10-9246** "Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma CLOSER-FORINVENT".

Predstavljanje projekta GEOsensor NETworks for real-time monitoring of unStable tErrain and artificial structures – GeoNetSee

Laszlo Podolszki¹ i Matko Patekar¹



Osnovni podaci o projektu

Naziv projekta: An AI/IoT-based system of GEOsensor NETworks for real-time monitoring of unStable tErrain and artificial structures

Akronim projekta: GeoNetSee

Projekt ID: DRP0200783

Izvor financiranja: EU fondovi

Budžet GeoNetSee-a: 1,791.280,00 EUR

Budžet HGI-a: 107.840,00 EUR

Voditelj GeoNetSee-a: izv. prof. dr. sc. Vladimir Rajović, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Voditelj za HGI: dr. sc. Laszlo Podolszki, Hrvatski geološki institut

Web stranica projekta:

<https://interreg-danube.eu/projects/geonetsee>

Trajanje projekta: 01.01.2024.–30.06.2026. (30 mjeseci).

U projekt GeoNetSee uključeno je 14 partnera iz devet zemalja dunavske regije. GeoNetSee teži razvijanju rješenja za monitoring nestabilnih padina i umjetnih struktura pomoću mreže geosenzora i razvijanju platforme za prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu. Global Navigation Satellite Systems (GNSS) podaci imaju široku primjenu u monitoringu pomaka i deformacija, ali zahtijevaju veliku preciznost i kontinuirano mjerenje, dok su ograničenja u primjeni uglavnom vezana uz visoku cijenu GNSS sustava.

GeoNetSee će preuzeti postojeća dobra iskustva i spoznaje iz dunavske regije, ali će težiti i razvoju novih održivih tehnologija i pristupačnijih senzora za mjerenje pomaka. Tijekom Projekta se planira i razvijanje “digi-



Slika 1. Članovi GeoNetSee projekta na projektnoj radionici održanoj u Geološkom zavodu Slovenije u rujnu 2024. godine.

talne platforme znanja” – Danube Collaborative Center (DCC), koja bi omogućila dijeljenje postojećih i prikupljenih podataka, rezultata istraživanja, “dobre prakse” i ekspertize u različitim poljima, a koja bi rezultirala i novim partnerstvima i suradnjama na razini EU, ali i šire. Namjera je da se pomoću DCC-a poveže područje istraživanja (dunavska regija) neovisno o političkim granicama, odnosno da naglasak bude na komunikaciji između investitora (traže rješenja za određenu problematiku) i istraživača (daju primjenjiva rješenja). Uspostavljanjem DCC platforme osigurala bi se i ostavština projekta i dugoročni benefit – velika količina lako dostupnih specijaliziranih podataka i znanja koja bi omogućila i daljnji razvoj “dobre prakse”, te pružila mogućnost usklađivanja i primjenjivanja optimalnih rješenja na širem području Dunava. HGI kao projektni partner će svoj doprinos dati u obliku transfera znanja, a očekivani benefit je i primjena projektnih iskustava na pilot području klizišta u Hrvatskoj Kostajnici, te unapređivanje postojećeg sustava upravljanja geohazardima u Hrvatskoj koji je tek u začetku. Također, kroz projekt će se implementirati i monitoring klizišta u Crnoj Gori, Bosni i Hercegovini te Srbiji, a kako je naglasak na obradi velikih količina podataka za očekivati je da bi dobiveni rezultati projekta (uz neke modifikacije) mogli biti u budućnosti primjenjivi i na širem području sjeverne Hrvatske, odnosno da bi se monitoring pojedinih klizišta mogao obavljati prema istom principu i na pojedinim lokacijama na području RH.

¹ Hrvatski geološki institut: Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska; lpodolszki@hgi-cgs.hr.

Izvešće o radu Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti za 2023. godinu

**Igor Vlahović¹, Dubravko Gajski², Laszlo Podolszki³, Iris Bostjančić³, Tomislav Džoić⁴,
Petra Mikuš Jurković⁵, Izidor Pelajić⁵, Ivan Landek⁶ i Luka Valozić⁷**

Rad Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja je tijekom 2023. godine bio dijelom obilježen problemima s privremenim nedostatkom prostora uzrokovanim obnovom zgrada Akademije, tako da su sastanci Izvršnog odbora održavani online.

Najvažnije aktivnosti Vijeća održavane prikazane su kroz sekcije kako slijedi.

Sekcija za snimanje, opću interpretaciju i GIS

(Izvojestitelj: izv. prof. dr. sc. Dubravko Gajski)

ITijekom 2023. godine u radu Sekcije mogu se izdvojiti sljedeće aktivnosti:

Obranjeni doktorski radovi

Josip Križanić, mag. ing. geod. et geoinf., obranio je 16. lipnja 2023. doktorski rad: "Modeliranje procesa diseminacije podataka sustava upravljanja zemljištem". Mentor rada bio je prof. dr. sc. Miodrag Roić.

Grgo Dželalija, mag. ing. geod. et geoinf., obranio je 22. rujna 2023. doktorski rad: "Implementacijski model upisa komunalne infrastrukture u LADM-u". Mentor rada bio je prof. dr. sc. Miodrag Roić.

Konferencije

Međunarodna konferencija "International Conference on Earth Observation and Geo-spatial Information (ICEOGI 2023)" održana je od 22. do 24. svibnja 2023. u Alžiru. Konferenciju je organiziralo Sveučilište znanosti i tehnologije Houdine Boumediene u Alžiru (Faculté de Génie Electrique, Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene), jedno od partnerskih sveučilišta na Erasmus+ CBHE SEED4NA projektu.

Ljetne škole

Druga ljetna škola u okviru Erasmus+ projekta "GEOinformation educational resources for CLimate Change Management – GEOCLIC" održana je od 24. do 28. srpnja 2023. na Vrije Universiteit Brussel (VUB)

u Belgiji. S Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ljetnu školu su pohađali asistenti Dubravka Maurer, Iva Cibilić, Andrea Miletić i Karlo Kević, zajedno sa sudionicima s partnerskih sveučilišta: Sveučilišta Vrije iz Brisela (Belgija), Politehničkog sveučilišta u Valenciji (Španjolska), Sveučilišta primijenjenih znanosti Weihenstephan-Triesdorf (Njemačka) i Sveučilišta u Nikoziji (Cipar). Glavni cilj GeoCLIC Erasmus+ projekta je povećati analitičke i profesionalne vještine među studentima kako bi poboljšali svoje kompetencije u upravljanju klimatskim promjenama korištenjem GIS-a i alata za daljinsko istraživanje. Više o projektu dostupno je na web stranicama: <http://geoclic.be/>.

Znanstveni projekti

Horizon 2020 i EU projekti – strukturni, kohezijski, regionalni razvoj i europski socijalni fond:

- Horizon 2020 – Projekt: Twinning Open Data Operational (TODO), Gr. No. 857592 – TODO, trajanje: 1.10.2019.–30.9.2023., voditelj: doc. dr. sc. Ana Kuveždić Divjak.
- Europski fond za regionalni razvoj, operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.–2020. Projekt: HIDROLAB – Integrirani hidrografski sustav za održivi razvoj morskog ekosustava (KK.01.1.1.04.0053), Trajanje: 01.03.2019.–28.02.2023. Voditelj: prof. dr. sc. Boško Pribičević.
- Europski fond za regionalni razvoj, Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.–2020. Projekt: Multisenzorsko zračno snimanje Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa, Trajanje: 20.05.2020.–31.12.2023. voditelj na Geodetskom fakultetu: prof. dr. sc. Boško Pribičević.
- Horizon 2020 – Integrating High Resolution Solar Physics – SOLARNET Gr. No. 824135, trajanje: 01.01.2019.–31.12.2022., voditelj na Geodetskom fakultetu: dr. sc. Roman Brajša.
- EU HORIZON EUROPE – Specification, Analysis &

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 10000 Zagreb; e-mail: igor.vlahovic@rgn.unizg.hr;

² Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb; e-mail: dgajski@geof.hr;

³ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10000 Zagreb; e-mail: lpodolszki@hgi-cgs.hr, ibostjancic@hgi-cgs.hr;

⁴ Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište I. Meštrovića 63, 21000 Split; e-mail: dzoic@izor.hr;

⁵ Državni hidrometeorološki zavod, Ravnice 48, 10000 Zagreb; e-mail: mikus@cirius.dhz.hr, izidor.pelajic@cirius.dhz.hr;

⁶ Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, Ulica Republike Austrije 14, 10000 Zagreb; e-mail: ivan.landek@mpgi.hr;

⁷ Institut za turizam, Vrhovec 5, 10000 Zagreb; e-mail: luka.valozic@iztg.hr.

Re-Calibration Of High Energy Particle Data, trajanje: prihvaćen za financiranje, očekivani početak projekta 01.01.2024., voditelj na Geodetskom fakultetu: dr. sc. Mateja Dumbović.

Znanstveni projekti ugovoreni s Hrvatskom zakladom za znanost:

- HRZZ projekt: IP-2020-02-9893 – Interaction of CORonal HOles and Solar Storms – ICOHOSS Interakcija koroninih šupljina i sunčevih oluja. Trajanje: 01.03.2021.–28.02.2025., voditelj: dr. sc. Mateja Dumbović.

Drugi znanstveno-istraživački projekti

- ESA – European Space Agency – Prvi nacionalni ESA poziv – CR1_01 – ESA Contract no. 4000135501/21/NL/SC/hm – Forbush Decrease Analysis Using Model Fitting to SOHO/EPHIN Data. Trajanje: 01.10.2021.–31.12.2022. Voditelj: dr.sc. Mateja Dumbović.
- ESA – European Space Agency – Prvi nacionalni ESA poziv – Automatic Monitoring of Narrow-Leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) Forests by Remote Sensing Methods and Copernicus Data. Trajanje: 01.11.2021.–30.04.2023. Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mateo Gašparović.
- ESA – European Space Agency – Kartiranje Natura 2000 nizinskih šumskih staništa korištenjem satelitskih opažanja i umjetne inteligencije ESANA-TURA2000. Trajanje: 2022. –2024. Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mateo Gašparović.
- ESA – European Space Agency – Forbush Decrease Analysis Throughout Heliosphere using Forbush Decrease Model ForbMod. Prihvaćen za financiranje, očekivani početak projekta u 2024. Voditelj: dr.sc. Mateja Dumbović.
- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), projekt: Data Infrastructures and Earth Observation Education and Training for North Africa (SEED4NA), trajanje: 15.01.2020.–14.01.2023., voditelj na Geodetskom fakultetu: izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić.
- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), projekt: University Network for Disaster Risk Reduction and Management in Indian Ocean Rim (UN4DRR), trajanje: 15.01.2020.–14.01.2023., voditelj na Geodetskom fakultetu: prof. dr. sc. Željko Bačić.
- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), projekt: Curricula Innovation in Climate-Smart Urban Development Based on Green and Energy Efficiency with the Non-Academic Sector (SmartWB), trajanje: 15.1.2023.–14.1.2026., voditelj na Geodetskom fakultetu: prof. dr. sc. Željko Bačić.
- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), projekt: GEOinformation educational

resources for CLimate Change Management (Geo-CLIC), trajanje: 15.1.2022.–14.1.2025., voditelj na Geodetskom fakultetu: prof. dr. sc. Željko Bačić.

Sekcija za geologiju i geofiziku

(Izvjestitelji: dr. sc. Laszlo Podolszki i dr. sc. Iris Bostjančić)

U okviru sekcije za geologiju i geofiziku metode daljinskih istraživanja su se primjenjivale sukladno mogućnostima kako na znanstvenom tako i na gospodarstvenom planu. U proteklom razdoblju aktivnost ove sekcije u primjeni metoda daljinskih istraživanja bila je vrlo raznolika, a neke od aktivnosti, osobito unutar Hrvatskog geološkog instituta, izdvojene su u daljnjem tekstu.

U sklopu projekta “RESPONsa” koji se provodi u okviru INTERREG IPA programa Hrvatska–Bosna i Hercegovina–Crna Gora, izvršeno je detaljno LIDAR snimanje iz zraka za odabrana pilot područja u Republici Hrvatskoj. Snimljeno je preko 200 km² terena, a interpretacija i analiza dobivenih detaljnih DEM-ova za određena područja je u završnoj fazi uz brojne druge aktivnosti na projektu, tako da se i sam projekt privodi kraju.

Na području Hrvatske je na više područja korištena elektromagnetska geofizička metoda za mjerenje podpovršinske električne vodljivosti zemlje odnosno magnetotelurika radi geotermalnih istraživanja.

Na određenim klizištima su snimljeni geofizički profili (električna tomografija) koji su korišteni pri modeliranju klizišta odnosno utvrđivanju materijala u pokretu.

Također, djelatnici HGI-a su se u svom terenskom radu i tijekom 2023. godine oslanjali i na besposadne letjelice za prikupljanje brojnih vrijednih terenskih podataka. Periodički se provode snimanja na klizištima, osobito u središnjoj Istri, gdje je na devet ogolina uspostavljen sustav monitoringa.

Objavljeni su znanstveni radovi koji su se oslanjali na korištenje metoda i podataka dobivenih daljinskim istraživanjima, više detalja može se naći na poveznici: <https://www.hgi-cgs.hr/najnoviji-objavljeni-radovi/>.

Sekcija za oceanografiju

(Izvjestitelj: dr. sc. Tomislav Džoić)

U sklopu projekta CAAT (eng. Coastal Autopurification Assessment Technology – Razvoj tehnologije za procjenu autopurifikacijskih sposobnosti priobalnih voda) pod vodstvom Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu u kojem je kao partner sudjelovao Institut za oceanografiju i ribarstvo pribavljen je i pušten u upotrebu visoko-frekventni radar za mjerenje strujanja na površini mora. Lokacija radara je punta Marjan, kod zgrade Instituta.

Projekt CAAT je imao za cilj povezati fundamentalna istraživanja iz područja atmosferskog i oceanografskog modeliranja s procesima toka i transporta zagađenja

površinskim i podzemnim otjecanjem prema priobalnim vodama Jadranskog mora, a sve u svrhu kvantificiranja stvarnog opterećenja na spomenuta vodna tijela te njihovih potencijalnih autopurifikacijskih sposobnosti.

Sekcija za hidrometeorologiju

(Izjestitelji: dr. sc. Petra Mikuš Jurković i Izidor Pelajić,
mag. phys.-geophys)

Suradnja s organizacijom EUMETSAT

Kao predstavnik RH u organizaciji EUMETSAT, DHMZ je sudjelovao u radu delegatskih tijela EUMETSAT-a (Vijeće, Znanstveno-tehnička grupa, Grupa za administraciju i financije) DHMZ je sudjelovao i u upravljanju AC-SAF-om – Centrom za izvrsnost u obradi satelitskih podataka s primjenom u mjerenju sastava atmosfere.

Prvi satelit treće generacije MTG-I1 lansiran je 13. prosinca 2022., u svibnju 2023. objavljena je prva snimka snimljena pomoću instrumenta Flexible Combined Imager, a u srpnju animacije koje je snimio Lightning Imager. DHMZ je tijekom 2023. godine aktivno radio na pripremama za prihvrat podataka i integriranje novih meteoroloških produkata s europskog meteorološkog satelita treće generacije u operativne poslove.

Projekt METMONIC

Meteorološki radari

U sklopu projekta modernizacije meteorološke motriteljske mreže u Hrvatskoj METMONIC vrijednog oko 45 milijuna EUR, u 2023. godini završeni su građevinski radovi te je u operativan rad pušten i šesti novi C-band Doppler dvojno polarizirani meteorološki radar tvrtke Vaisala OYJ na lokaciji RC Puntijarka. Podnicomjeri su instalirani na lokacijama Osijek, Varaždin, Ogulin i Zagreb (Maksimir), a od 2021. vjetrovni presječnik (eng: wind profiler) radi na lokaciji Monte Kope (Istra). Vizualizacija i vanjski pristup podacima ovih instrumenata su još uvijek u izradi.

SEEMET tečajevi za obuku

TU 2023. održan je Advanced SEEMET Satellite Course s posebnim naglaskom na interpretaciju i korištenje satelitskih produkata meteoroloških geostacionarnih satelita druge i treće generacije za potrebe analize i prognoze duboke mokre konvekcije, odnosno intenzivnih grmljavinskih oluja. Domaćin radionice bio je Hidrometeorološki zavod Sjeverne Makedonije, tako da je radionica održana u Ohridu. Radionica je trajala pet dana i sastojala se od usmenih izlaganja i praktičnih, interaktivnih vježbi, simulatora i diskusija. Odaziv meteorologa u regiji bio je odličan, a evaluacija radionice je pokazala da su sudionici bili vrlo zadovoljni sadržajem i načinom

treninga. Stručnjaci s DHMZ-a sudjelovali su u organizaciji tečaja, ali i kao predavači na radionici.

Projekt EUMeTrain

DHMZ je i u 2023. godini aktivno sudjelovao u projektu EUMeTrain, kojeg sufinancira EUMETSAT. Riječ je o trening projektu, posvećenom izradi materijala i tečaja za obuku korisnika EUMETSAT satelitskih podataka i produkata. Materijal predviđen za učenje putem računala dostupan je na internetskoj stranici: eumetrain.org. U 2023. godini DHMZ je radio na izradi konceptualnog modela Medicane koji je u fazi revizije, kao i case study-a i simulatora vezanog uz slučaj jake oborine na području Rijeke. Tijekom posljednjeg sastanka projekta u listopadu odlučeno je i da će se krenuti s radom na novom konceptualnom modelu: Derecho. Također, aktivno se radilo na provođenju redovitog mjesečnog Weather Briefinga – analize trenutne meteorološke situacije u koju se putem interneta mogu uključiti zainteresirani iz cijelog svijeta, a DHMZ je vodio dva Weather Briefinga, u svibnju i studenom. U DHMZ-u je na projektu zaposlen jedan djelatnik kao tehnička podrška projektu, u radu aktivno sudjeluje još dvoje, a prema potrebi (za izradu weather briefing-a, predavanja, ...) uključi se još barem dvoje djelatnika iz Sektora za vremenske i pomorske analize i prognoze.

Projekt OPERA

U području radarske meteorologije DHMZ surađuje u projektu Opera posvećenom standardizaciji radarskih produkata na području Europe i izradi kompozitne radarske slike europskih radara. U rad projekta uključena su dva djelatnika DHMZ-a, i to na definiranju programskih alata, asimilaciji podataka te na održavanju baze podataka.

Sekcija za zaštitu okoliša i prostorno planiranje

(Izjestitelj: dr. sc. Ivan Landek)

Tijekom 2023. godine završeno je lidar skeniranje cijelog područja Republike Hrvatske, izrađeno je 5000 listova DOF 5 za područje Republike Hrvatske i ažurirano 25 listova Topografske karte u mjerilu 1:20.000.

Iz lidar skeniranja izrađen je DOF za cijelo područje Republike Hrvatske točnosti 25 cm.

Izmjerena je nova obalna linija te određeni baferi od 25 i 100 m od obalne linije za projektiranje kampova i hotela, a izvršeni su i pripremni radovi za izradu modela podataka mora.

Tijekom 2023. godine objavljen novi Pravilnik e-planovi.

Bilten
Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja
Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti
Vol. 20/2023

Sadržaj

Slovo Uredništva.....	1
Andrija Krtalić: Procjena temperature tla i isticanje toplinskih otoka pomoću metoda daljinskih istraživanja.....	3
Karlo Čmrlec i Andrija Krtalić: Analiza toplinskih otoka u Gradu Zagrebu pomoću satelitskih podataka u 2017. godini.....	9
Larisa Mišetić i Andrija Krtalić: Vremenska analiza ljetnih temperatura pokrova Istre pomoću metoda daljinskih istraživanja.....	14
Ivan Balenović i Andro Kokeza: Predstavljanje HRZZ projekta "Blizu-predmetna daljinska istraživanja za preciznu inventuru šuma (CLOSER-FORINVENT)"	19
Andro Kokeza: Sudjelovanje na ljetnoj školi "9th SPLIT Remote Sensing Professional Summer School 2024"	21
Laszlo Podolszki i Matko Patekar: Predstavljanje projekta GEOSensor NETWORKS for real-time monitoring of unStable tErrain and artificial structures – GeoNetSee.....	23
Igor Vlahović, Dubravko Gajski, Laszlo Podolszki, Iris Bostjančić, Tomislav Džoić, Petra Mikuš Jurković, Izidor Pelajić, Ivan Landek i Luka Valožić: Izvješće o radu Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti za 2023. godinu.....	24