

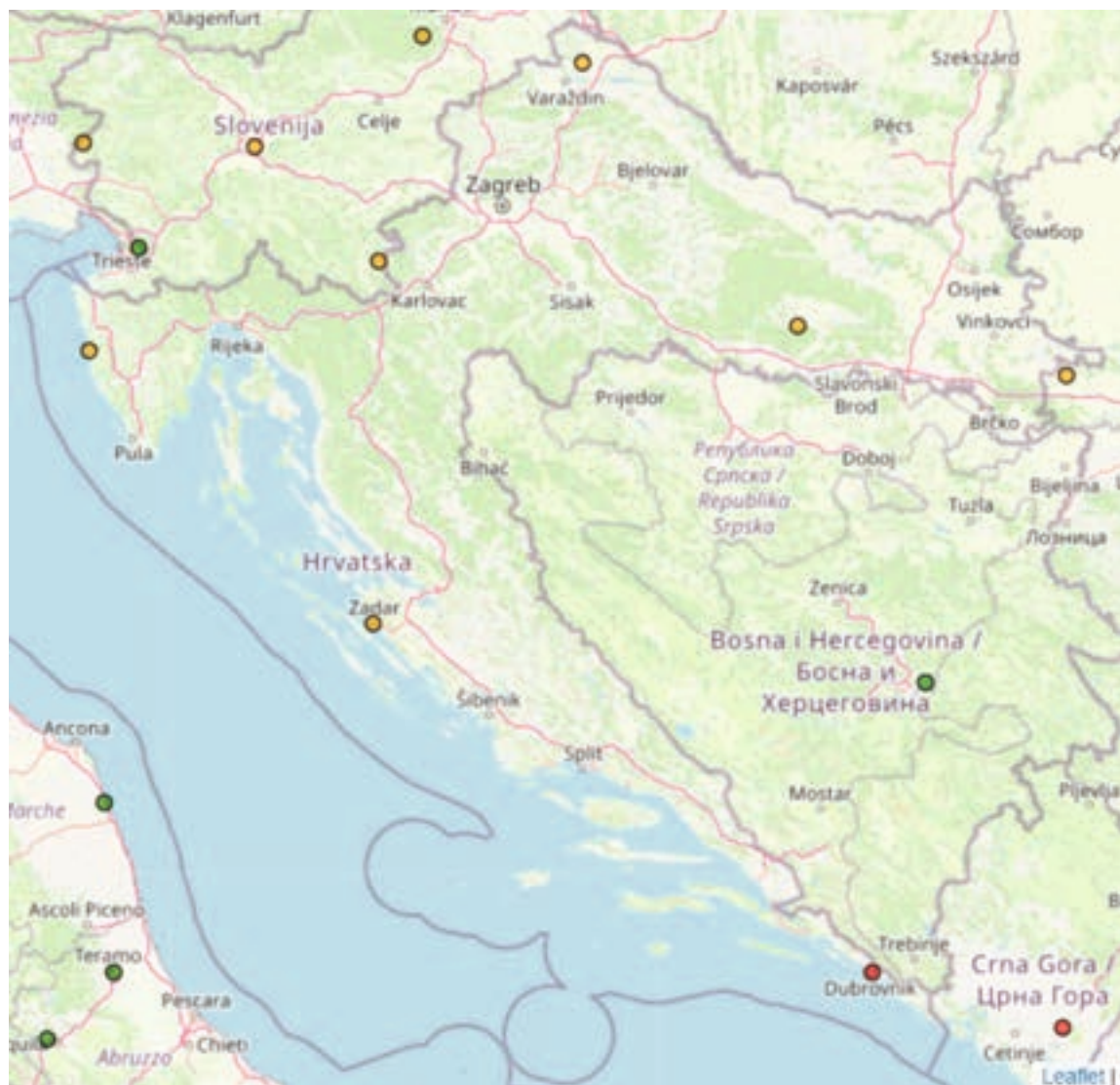
UDK: 528

CODEN: GDLIAW

ISSN 0016-710X (Tisak)
ISSN 1849-0611 (Online)

Geodetski list

GLASILO HRVATSKOGA GEODETSKOG DRUŠTVA



GEOD. LIST

GOD. 79 (102) 4

S. 255-352

ZAGREB

PROSINAC 2025.

Izdavač / Published by:



HRVATSKO GEODETSKO DRUŠTVO CROATIAN GEODETIC SOCIETY

HR-10000 Zagreb, Berislavićeva 6, Tel./Fax.: (+385 1) 46 39 371, IBAN: HR1723600001101433512 (Zagrebačka banka);
E-mail: HGD1952hr@gmail.com, URL: <https://www.hgd1952.hr/>

Glavni urednik / Editor-in-chief:

Prof.dr.sc. Damir Medak

Zamjenici glavnog urednika / Associate editors:

Prof.dr.sc. Robert Župan

Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Tomić

Tehnički urednik / Technical editor:

Prof.dr.sc. Mladen Zrinjski

Urednički odbor / Editorial board:

Univ.Prof.Dr.-Ing. Thomas Wunderlich (München, Germany),

Prof.dr.ing. Pavao Štefanović (Enschede, Netherland),

Prof.Dr. Alojz Kopačik (Bratislava, Slovakia), prof.dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenia),

prof.dr.sc. Tomislav Bašić, prof.dr.sc. Mario Brkić, prof.dr.sc. Teodor Fiedler,

prof.dr.sc. Stanislav Frangeš, prof.dr.sc. Damir Medak,

izv.prof.dr.sc. Hrvoje Tomić, prof.dr.sc. Mladen Zrinjski,

prof.dr.sc. Robert Župan (svi iz Zagreba), prof.dr.sc. Ivana Racetin (Split)

Adresa uredništva / Editorial board:

Geodetski fakultet, HR-10000 Zagreb, Kačićeva 26

Tel.: +385 1 46 39 222, Fax: +385 1 48 28 081

E-mail: geodetskilist@gmail.com

Uredništvo ne mora uvijek biti suglasno sa stavovima autora.

Časopis je besplatno dostupan / Free available:

<https://hrcak.srce.hr/geodetski-list>; <https://www.hgd1952.hr/index.php/geodetski-list>

Lektorica / Proof reader:

Branka Makovec, prof.

Geodetski list se tiska uz financijsku pomoć

Ministarstva znanosti, obrazovanja i mladih Republike Hrvatske.

Međunarodni izvori u kojima se referiraju članci iz Geodetskog lista

1. Emerging Sources Citation Index (Web of Science Core Collection) - od broja 1/2005
2. Science Citation Index Expanded (Web of Science) - od broja 1/2007 do broja 1/2011
3. SCOPUS
4. DOAJ - Directory of Open Access Journals
5. Bibliographia Cartographica, Internationale Dokumentation des kartographischen Schrifttums, K.G. Saur München, New Providence, London, Paris
6. Bibliography of Publications in the Field of Geodetic Computations, Geodesy Bulletin, Cracow
7. GEOBASE
8. GEOPHOKA
9. TRIS
10. Referativnyj žurnal 52. Geodezija i aerofotogrametrija, VINITI, Moskva
11. Referativnyj žurnal 07. Geografija, 07M Kartografija, VINITI, Moskva
12. Übersicht über die Literatur im Vermessungswesen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart
13. Journal of Geodesy (Continuation of Bulletin Geodesique and manuscripta geodaetica), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Geodetski list izlazi u pravilu četiri puta u godini. Cijena: 40 kn. Godišnja pretplata: 120 Kn; umirovljenici, đaci, studenti 20 Kn; inozemstvo 30 €. Za članove HGD-a pretplata je uključena u članarinu.

Tisak / Printed by:

Feroproms d.o.o., Zagreb

Priprema / Copyset:

Tomislav Kalmar, Zagreb

Naklada / Issue: 1000

Geodetski list

GEOD. LIST

GOD. 79 (102) 4

S. 255–352

ZAGREB, PROSINAC 2025.

SADRŽAJ

Izvorni znanstveni članak

<i>Poslončec-Petrić, Nevistić, Cibilić, Plazonić: Višekriterijska prostorna analiza kvalitete života u gradovima: primjer grada Splita</i>	255
--	-----

Pregledni znanstveni članci

<i>Hanžek, Bačić, Nevistić: Pregled postignuća uporabe materijala daljinskih opažanja s dronova za praćenje i detekciju stanja klizišta</i>	279
<i>Jelić, Bačić, Šugar, Nevistić: Status i trendovi razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi</i>	301
Terminologija	331
Vijesti	339
Pregled stručnog tiska i softvera	345
In memoriam	348
Predstojeći događaji	350
Godišnji sadržaj	351

CONTENTS

Original scientific paper

<i>Poslončec-Petrić, Nevistić, Cibilić, Plazonić: Multicriteria Spatial Evaluation of Quality of Life in Urban Areas: A Case Study of City of Split</i>	255
---	-----

Reviews

<i>Hanžek, Bačić, Nevistić: Overview of Achievements in the Use of Remote Sensing Material from UAV for Monitoring and Detecting the State of Landslides</i>	279
<i>Jelić, Bačić, Šugar, Nevistić: Status and Development Trends of Permanent GNSS Networks in Europe</i>	301
Terminology	331
News	339
Publications and Software review	345
In memoriam	348
Forthcoming events	350
Yearly Contents	351

INHALT

Originalbeiträge

<i>Poslončec-Petrić, Nevistić, Cibilić, Plazonić: Multikriterielle räumliche Analyse der Lebensqualität in Städten am Beispiel der Stadt Split</i>	<i>255</i>
<i>Wissenschaftliche Übersichtsartikel</i>	
<i>Hanžek, Bačić, Nevistić: Überblick über den Stand der Nutzung drohnengestützter Fernerkundungsdaten zur Überwachung und Detektion von Erdbeben</i>	<i>279</i>
<i>Jelić, Bačić, Šugar, Nevistić: Status und Entwicklungstrends der GNSS-Permanentnetze in Europa</i>	<i>301</i>
Terminologie	331
Nachrichten	339
Bücher- und Softwareschau	345
In Memoriam	348
Termine	350
Jahresinhalt	351

SOMMAIRE

Contribution scientifique authentique

<i>Poslončec-Petrić, Nevistić, Cibilić, Plazonić: Analyse spatiale multicritère de la qualité de vie dans les villes: l'exemple de la ville de Split</i>	<i>255</i>
<i>Contributions scientifiques synoptiques</i>	
<i>Hanžek, Bačić, Nevistić: Synthèse des réalisations dans l'utilisation de données de télédétection acquises par drones pour le suivi et la détection de l'état des glissements de terrain</i>	<i>279</i>
<i>Jelić, Bačić, Šugar, Nevistić: État et tendances du développement des réseaux GNSS permanents en Europe</i>	<i>301</i>
Terminologie	331
Actualités	339
Revue de la littérature professionnelle et du software	345
In memoriam	348
Événements précédents	350
Sommaire annuel	351

СОДЕРЖАНИЕ

Подлинная научная статья

<i>Послончеч-Петрич, Невистич, Цибилич, Плазониц: Многокритериальный пространственный анализ качества жизни в городах: пример города Сплита ...</i>	<i>255</i>
<i>Обзорные научные статьи</i>	
<i>Ханжек, Бачич, Невистич: Обзор достижений в использовании данных дистанционного зондирования с дронов для мониторинга и выявления состояния оползней</i>	<i>279</i>
<i>Елич, Бачич, Шугар, Невистич: Состояние и тенденции развития постоянных сетей GNSS в Европе</i>	<i>301</i>
Терминология	331
Новости	339
Обзор специальной печати и программного обеспечения	345
In memoriam/В память	348
Предстоящие события	350
Годовое содержание	351

UDK 910:004.65:504.7:504.03

Izvorni znanstveni članak / Original scientific paper

Višekriterijska prostorna analiza kvalitete života u gradovima: primjer grada Splita

Vesna POSLONČEC-PETRIĆ, Zvonimir NEVISTIĆ,
Iva CIBILIC – Zagreb¹, Eleonora PLAZONIĆ – Split²

SAŽETAK. Cilj ovog istraživanja je procijeniti kvalitetu života u gradu Splitu korištenjem višekriterijske prostorne analize temeljene na GIS alatima. U analizu je uključeno sedam kriterija koji obuhvaćaju okolišne (buka, zelene površine), infrastrukturne (promet, dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova) i socioekonomske pokazatelje (cijene nekretnina, gustoća stanovništva i izgrađenost). Svi su kriteriji normalizirani i rangirani prema važnosti te objedinjeni u sveobuhvatni indeks kvalitete života po gradskim četvrtima. Rezultati su prikazani kartografski, što omogućuje prepoznavanje prostornih obrazaca i nejednakosti unutar grada. Dobiveni nalazi ukazuju na izražene razlike u kvaliteti života unutar pojedinih gradskih četvrti u gradu Splitu. Zapadne četvrti ističu se višom kvalitetom života zahvaljujući povoljnim okolišnim uvjetima i dostupnosti sadržaja, dok istočne i rubne četvrti pokazuju niže vrijednosti indeksa zbog prometnog opterećenja, više buke i slabije dostupnosti javnih usluga. Razvijeni metodološki okvir, temeljen na otvorenim podacima, pokazao se transparentnim i fleksibilnim, a moguće ga je nadograditi uključivanjem dodatnih kriterija poput sigurnosti, kvalitete zraka ili dostupnosti zdravstvenih ustanova. Ovaj pristup nije primjenjiv samo na Split nego i na druge gradove, pružajući vrijedan alat za urbano planiranje, donošenje odluka i smanjenje prostornih nejednakosti u kvaliteti života.

Ključne riječi: kvaliteta života, GIS, višekriterijska analiza, gradske četvrti, Split.

¹ izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: vesna.posloncec-petric@geof.unizg.hr

dr. sc. Zvonimir Nevistić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zvonimir.nevistic@geof.unizg.hr

Iva Cibilić, mag. ing. geod. et geoinf., Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: iva.cibilic@geof.unizg.hr

² Eleonora Plazonić, univ. mag. ing. geod. et geoinf., HR-21000 Split, Hrvatska

1. Uvod

Kvaliteta života u urbanim sredinama danas je jedno od ključnih pitanja suvremenog urbanističkog planiranja i održivog razvoja. Budući da polovica svjetskog stanovništva danas živi u gradovima s tendencijom daljnjeg rasta (procjena je da će 68% svjetskog stanovništva živjeti u gradovima do 2050. godine), sve je važnije razumjeti kako različiti prostorni, okolišni, ekonomski i društveni čimbenici oblikuju životne uvjete stanovnika (UN 2019). Prema Eurostatu, kvaliteta života (*Quality of Life – QoL*) obuhvaća materijalne uvjete života, zdravlje, stanovanje, obrazovanje, rad, socijalne odnose, sigurnost i subjektivnu percepciju zadovoljstva životom (Eurostat 2022). Europska komisija (EK) naglašava da je za cjelovito razumijevanje kvalitete života u urbanim sredinama potrebno kombinirati objektivne pokazatelje, poput dostupnosti usluga i stanja okoliša, sa subjektivnim pokazateljima, poput osobnog zadovoljstva i osjećaja sigurnosti (URL 1).

Grad Split, drugo najveće urbano središte u Republici Hrvatskoj, suočava se s brojnim izazovima kvalitete života. Kao jedno od najvažnijih i najprometnijih turističkih odredišta na Jadranu, Split bilježi izraženi porast broja stanovništva, što dovodi do prometnih gužvi, povećane razine buke i općenitog pritiska na svu gradsku infrastrukturu. Neravnomjerna raspodjela javnih sadržaja, poput vrtića, škola i zdravstvenih ustanova, dodatno pridonosi razlikama među četvrtima (Beroš i dr. 2022). Prema podacima portala Nekretnine.hr (URL 2), prosječna cijena stambenog kvadrata u Splitu u 2025. godini iznosi 5.204 €/m², dok u pojedinim zonama prelazi i 5.700 €/m², čime stanovanje postaje sve manje dostupno većini prosječnog stanovništva grada. Uz to, središnji dijelovi grada pokazuju nedostatak zelenih površina, dok periferni dijelovi imaju više prirodnih resursa, ali slabiju prometnu povezanost. Također, u Splitu je prisutna i neravnomjerna prostorna raspodjela javnih sadržaja, poput dječjih vrtića, osnovnih i srednjih škola te fakulteta što dodatno produbljuje nejednakosti među gradskim četvrtima. Spomenuti kriteriji, kao što su minimalna količina zelenih površina po broju stanovnika (WHO 2017), razina buke po gradskim četvrtima, prometna povezanost i dr., koriste se u prostornim analizama za procjenu QoL-a u gradovima (Pacione 2003, Milošević i dr. 2023, Gelan 2024). Prilikom analize QoL-a vrlo je važno razlikovati objektivne indikatore (mjerljive varijable poput razine buke, cijena stanova, broja zdravstvenih ustanova ili količine zelenih površina) i subjektivne indikatore (zadovoljstvo životom, osjećaj sigurnosti, percepcija prostora). Istraživanja pokazuju da objektivni i subjektivni indikatori često nisu u potpunom skladu, ali zajedno pružaju cjelovitu sliku životnih uvjeta (Wesz i dr. 2023). Takva kombinacija pruža mogućnost donošenja informiranih odluka temeljenih na podacima i davanje konkretnih smjernica za svrhe urbanog planiranja.

Cilj ovog istraživanja je razviti metodološki okvir za analizu kvalitete života u gradu Splitu na razini gradskih četvrti, kvantificirati razlike među njima te identificirati najpovoljnije i najugroženije zone (gradske četvrti) kroz integraciju višestrukih indikatora – razina buke, prometne povezanosti, cijene nekretnina, dostupnost zelenih površina, koeficijenti izgrađenosti te prostorne raspodjele odgojno-obrazovnih ustanova. Rezultati doprinose boljem razumi-

jevanju prostornih nejednakosti i služe kao vrijedan alat za urbanističko planiranje i oblikovanje javnih politika.

2. Prostorni aspekti kvalitete života: uloga GIS-a i višekriterijske analize

Kvaliteta života (QoL) složen je i višedimenzionalan koncept koji se može definirati na različite načine, no svim definicijama zajedničko je da obuhvaća i objektivne i subjektivne pokazatelje. Eurostat (2022) definira QoL kroz devet dimenzija: materijalne uvjete života, rad, zdravlje, obrazovanje, slobodno vrijeme i socijalne aktivnosti, ekonomsko i fizičko okruženje, sigurnost, subjektivno zadovoljstvo građana, upravljanje i osnovna prava. WHO (2017) naglašava važnost okolišnih čimbenika, osobito dostupnost i kvalitetu zelenih površina što ponajprije utječe na tjelesno i mentalno zdravlje stanovništva. OECD (URL 3) i Mercer indeksi (2024) dodatno naglašavaju kombinaciju ekonomskih indikatora, društvenih uvjeta i percepcije zadovoljstva životom.

Prostorni aspekti kvalitete života danas sve više dobivaju na važnosti. Dostupnost javnih usluga, prometna povezanost i raspored zelenih površina imaju izravni utjecaj na svakodnevni život građana. U posljednjih dvadesetak godina upravo su GIS alati i višekriterijska analiza (Multiple-criteria decision analysis – MCDA) postali dominantni metodološki okvir za kvantificiranje prostornih razlika u kvaliteti života. Korištenje GIS-a i višekriterijske analize u ovakvim istraživanjima ima posebnu važnost. GIS omogućuje integraciju različitih prostornih podataka, njihovu vizualizaciju i analizu (npr. buffer analiza dostupnosti, interpolacija podataka o buci, analiza gustoće prometa), dok višekriterijska analiza (MCDA) pak omogućava kombiniranje heterogenih kriterija te njihovo rangiranje prema važnosti u lokalnom kontekstu (Malczewski 2006, Zhalehdoost i Taleai 2025). Time se dobiva fleksibilan i transparentan alat za donošenje odluka u urbanom planiranju jer se omogućuje integracija prostornih podataka s različitim socijalnim, okolišnim i infrastrukturnim kriterijima. Brojna istraživanja pokazuju kako je jedan od glavnih pristupa za pouzdano mjerenje kvalitete života u gradovima analiza prostornih podataka koristeći različite GIS alate. Reig-Mullor i dr. (2024) razvili su fuzzy model mjerenja kvalitete života koji kombinira zdravlje, stanovanje, okoliš i socijalne usluge. Istraživanje pokazuje da gradovi imaju različite profile kvalitete života ovisno o lokalnim kontekstima. Gelan (2024) je primijenio višekriterijsku GIS analizu (GIS-MCDA) u Etiopiji za identifikaciju optimalnih zona zelenih površina u urbanim sredinama. U radu je naglašena važnost višekriterijskog pristupa, a kao ključni čimbenici koji utječu na prikladnost urbanih zelenih površina prepoznati su namjena zemljišta, blizina naselja, cesta i vodenih površina, gustoća naseljenosti, vlasništvo, topografija i atraktivnost krajolika. Milošević i dr. (2023) analizirali su grad Zadar koristeći GIS i višekriterijsku analizu te pokazali kako dostupnost, vlasništvo i ekološki faktori mogu biti uspješno integrirani u donošenje prostornih odluka na razini gradskih vlasti. Gorjian (2025) je u sistematskom pregledu više od 200 radova pokazao kako su GIS metode postali ključni alati u analizi prostorne nejednakosti u urbanim sredinama što se odražava u neravnomjernoj prostornoj raspodjeli resursa, usluga i prilika. Studija Haslauer i dr. (2015) provedena u Beču po-

kazuje kako čimbenici poput dostupnosti zelenih površina i javnog prijevoza znatno koreliraju s percepcijom kvalitete života, dok Aquilué Junyent i dr. (2024) demonstriraju primjenu GIS-MCDA za planiranje urbane mobilnosti u Barceloni te pokazuju njen pozitivan utjecaj na kvalitetu života kroz promicanje pristupačnosti i održivosti. Abd El Karim i Awawdeh (2020) demonstrirali su kako GIS-MCDA može služiti za procjenu dostupnosti javnih sadržaja i usluga u urbanim četvrtima, dok su Vakilipour i dr. (2021) usporedili više MCDA metoda (TOPSIS, VIKOR, ELECTRE) kako bi odredili koje najbolje reflektiraju objektivne pokazatelje kvalitete života. Pacione (2003) u svom radu naglašava da je kvaliteta života u gradovima neodvojiva od okolišnih i prostornih uvjeta, dok Iamtrakul i dr. (2024) ukazuju na to da prostorne nejednakosti u dostupnosti urbanih sadržaja uzrokuju značajne razlike u životnim uvjetima među četvrtima. U radu Othman i dr. (2024) prikazano je kako se korištenjem mobilnih aplikacija i GIS alata može kartirati i analizirati razina buke u gradskim sredinama, a krajnji produkti iskoristivi su za višekriterijske i druge analize kvalitete života. Ovakvi primjeri potvrđuju da GIS i MCDA predstavljaju suvremen i fleksibilan okvir za procjenu prostornih nejednakosti i za oblikovanje politika usmjerenih na poboljšanje uvjeta života u gradovima. U kontekstu turizma i obalnih gradova, kvaliteta života dodatno je pod utjecajem sezonskih promjena i pritiska turističke ekonomije. Istraživanja pokazuju da turizam značajno utječe na cijene stanova, prometne gužve i buku, čime se narušava kvaliteta života lokalnog stanovništva (Gutović i dr. 2022, Baloch i dr. 2023). Slični problemi identificirani su i u Splitu, gdje sezonski pritisci dodatno opterećuju prometnu infrastrukturu i javne sadržaje.

Sve navedeno ukazuje na tri ključna elementa: (1) kvaliteta života je višedimenzionalni koncept koji se mora sagledavati kroz kombinaciju objektivnih i subjektivnih indikatora, (2) prostorna komponenta kvalitete života nezaobilazna je zbog nejednake dostupnosti resursa u urbanim područjima, te (3) GIS i višekriterijska analiza predstavljaju suvremene i moćne alate za integraciju i analizu tih podataka u svrhu donošenja odluka.

3. Područje istraživanja, podaci i metode

Grad Split smješten je na srednjoj Jadranskoj obali, u Splitsko-dalmatinskoj županiji, i predstavlja drugo najveće urbano središte u Republici Hrvatskoj. Prema posljednjem popisu stanovništva iz 2021. godine u gradu živi 160 557 stanovnika (URL 4), raspoređenih u 26 gradskih četvrti koje se značajno razlikuju po gustoći naseljenosti, razini izgrađenosti i dostupnosti javnih sadržaja. Prikaz gradskih četvrti grada Splita s gustoćom naseljenosti prikazan je na slici 1. Split je istodobno gospodarsko, prometno i turističko središte Dalmacije. Prisutne su dnevne migracije stanovnika okolnih satelitskih gradova poput Solina, Kaštela i Omiša koji gravitiraju gradskom središtu radi zaposlenja, obrazovanja i pristupa javnim uslugama. Njegova posebnost leži i u snažnom utjecaju turizma: zbog povoljnih vremenskih uvjeta i blage mediteranske klime grad je tijekom većine godine opterećen turističkim pritiskom, što rezultira prometnim gužvama, povećanom razinom buke i pojačanim opterećenjem gradske infrastrukture. Upravo zbog tih specifičnosti Split je pogodan primjer

za ispitivanje kvalitete života u urbanim sredinama, budući da kombinira izazove koji proizlaze iz intenzivne urbanizacije i turizma s raznolikim socijalnim i okolišnim uvjetima.



Slika 1. Karta gustoće naseljenosti grada Splita po gradskim četvrtima.

U istraživanju su korišteni različiti pokazatelji kako bi se omogućila integrirana analiza kvalitete života na razini gradskih četvrti. Uključeni kriteriji, uz spomenutu gustoću naseljenosti, obuhvaćaju razine buke, prometnu dostupnost i opterećenje, cijene stambenih nekretnina, raspoloživost i distribuciju zelenih površina, koeficijente izgrađenosti te dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova (vrtići, osnovne i srednje škole, fakulteti). Ovi kriteriji odabrani su zbog njihove otvorene dostupnosti u relevantnim bazama podataka, kao i zbog njihove izravne povezanosti s osnovnim dimenzijama kvalitete života u gradovima. Glavno ograničenje istraživanja predstavlja uključivanje dodatnih čimbenika u analizu, poput sigurnosti (npr. podaci Ministarstva unutarnjih poslova), dostupnosti zdravstvenih ustanova ili blizine drugih javnih sadržaja. Međutim, zbog ograničene dostupnosti i konzistentnosti takvih podataka, ova pilot studija oslanja se na kriterije koji su bili pouzdano dostupni, posebice u prostornom kontekstu.

Podaci su prikupljeni kombinacijom službenih i otvoreno dostupnih podataka te vlastitih terenskih mjerenja. Službeni izvori uključuju podatke Državnog zavoda za statistiku (URL 4), gradske strateške dokumente i prostorne planove (URL 5, URL 6), dok su otvoreni izvori obuhvatili baze poput OpenStreetMapa (URL 7), Geoportala DGU (URL 8), Google Maps Traffic (URL 9) i dostupnih online oglasnika za nekretnine (URL 2). Terenskim mjerenjem prikupljeni su podaci o buci te je napravljena verifikacija lokacija javnih sadržaja, čime se omogućila preciznija i pouzdanija prostorna analiza, kartiranje i prostorna pokrivenost.

Za obradu podataka korišteni su GIS alati ArcGIS Online (URL 10) i QGIS (URL 11) koji omogućuju integraciju i prostornu vizualizaciju heterogenih podataka. Primijenjene su metode interpolacije (*Inverse Distance Weighting* – IDW) za procjenu razine buke u područjima gdje izravna mjerenja nisu bila provedena, analiza gustoće (*Kernel Density Estimation* – KDE) za procjenu prostorne koncentracije javnih sadržaja, te buffer analiza kako bi se utvrdila

dostupnost sadržaja unutar pješačke ili biciklističke udaljenosti (za odgojno-obrazovne ustanove). Konačno, višekriterijska analiza (MCDA) omogućila je integraciju svih kriterija, njihovu ocjenu kvalitete i rangiranje četvrti prema ukupnoj procjeni kvalitete života. Ovakav pristup oslanja se na metodološke okvire koji potvrđuju da kombinacija GIS-a i MCDA predstavlja pouzdan alat za procjenu prostornih nejednakosti i oblikovanje smjernica za prostorno planiranje opisanih u prethodnom poglavlju.

Dodatno, analiza se naslanja na koncept tzv. „*x-minute city*“, najčešće poznat kao „*15-minute city*“, u kojem se nastoji osigurati da su svi ključni sadržaji poput obrazovnih ustanova, trgovina, zdravstvenih i rekreacijskih objekata dostupni stanovnicima unutar 10 do 15 minuta hoda ili vožnje biciklom (Logan 2022). U ovom istraživanju taj koncept implementiran je kroz buffer analize i procjenu prostorne dostupnosti, kako bi se identificirale četvrti u Splitu koje ispunjavaju ili odstupaju od ovog standarda. Time se dobiva dublji uvid u prostorne nejednakosti među gradskim četvrtima kao i bolja podloga za budući razvoj urbane infrastrukture, što je ključno za kreiranje politika usmjerenih na podizanje kvalitete života stanovnika Splita.

4. Rezultati

Analiza kvalitete života u gradu Splitu provedena je kroz šest tematskih skupina podataka koje obuhvaćaju okolišne, infrastrukturne i društveno-ekonomske aspekte. Odabrani kriteriji uključuju razinu buke, prometnu dostupnost i opterećenje, cijene nekretnina, raspoloživost i distribuciju zelenih površina, koeficijente izgrađenosti te dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova. Svaki od ovih kriterija doprinosi kvaliteti života u urbanoj sredini, a njihova prostorna analiza omogućava uvid u razlike među gradskim četvrtima Splita.

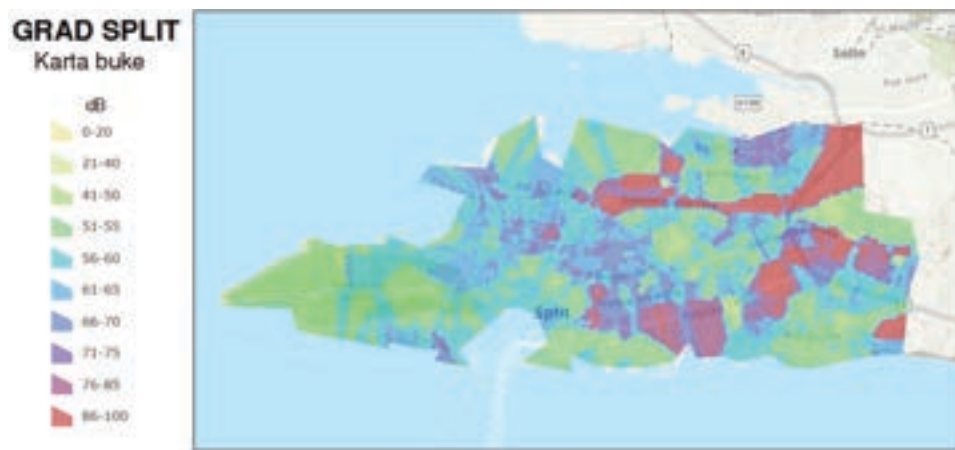
Kako bi rezultati bili usporedivi i vizualno razumljivi, svi su kriteriji analizirani i prikazani pomoću GIS alata, pri čemu su korištene metode interpolacije, analize gustoće i buffer analiza. Na taj način dobiveni su kartografski prikazi koji ilustriraju prostorne obrasce i nejednakosti. Budući da pojedini kriteriji ne djeluju izolirano nego se međusobno nadopunjuju, na kraju je provedena višekriterijska analiza (MCDA) kojom su objedinjeni svi pokazatelji i izrađena procjena kvaliteta života gradskih četvrti. U nastavku su prikazani rezultati po pojedinim kriterijima, dok završni dio donosi integrirani prikaz višekriterijske analize s rangiranjem četvrti prema ukupnoj kvaliteti života.

4.1. Buka

Buka je jedan od ključnih okolišnih čimbenika koji neposredno utječe na kvalitetu života u urbanim sredinama. Prema izvješćima Svjetske zdravstvene organizacije (WHO 2019, 2022) dugotrajna izloženost prometnoj buci iznad 55 dB danju i 45 dB noću povezuje se s povećanim rizikom za kardiovaskularne bolesti, poremećaje spavanja i općenito smanjenje kvalitete života stanovništva. U Europskoj uniji procjenjuje se da je više od 100 milijuna ljudi

izloženo razinama buke koje premašuju preporučene granice, pri čemu cestovni promet predstavlja glavni izvor (EEA 2020).

Radi zaštite javnog zdravlja uspostavljen je niz propisa koji definiraju dopuštene razine izloženosti buci, određuju odgovarajuće pokazatelje slušnog opterećenja te predlažu mjere upravljanja bukom. Europska unija je 2002. donijela direktivu kojom obvezuje države članice na izradu strateških karata buke i pripadajućih akcijskih planova za urbana područja (EU 2002). Direktivom je predviđeno kartiranje buke za gradove s više od 250 000 stanovnika i integriranje tih karata u prostorno-plansku dokumentaciju kao temelj za smanjenje buke, u skladu s politikama održivog razvoja usmjerenima na poboljšanje kvalitete života stanovnika (Costa i dr. 2022). Za područje grada Splita posljednja službena Strateška karta buke izrađena je 2016. godine (URL 6), što ju čini zastarjelom jer ne odražava aktualne uvjete u gradu. Zbog toga je u ovom istraživanju izrađena nova karta buke, temeljena na vlastitim terenskim mjerenjima i GIS analizi. Podaci o buci prikupljeni su pomoću mobilne aplikacije NoiseCapture (URL 12), koja bilježi ekvivalentnu razinu zvuka (LAeq) zajedno s GPS koordinatama. Mjerenja su provedena na odabranim rutama koje obuhvaćaju glavne prometnice, stambene zone te osjetljive lokacije poput škola i parkova. Aplikacija bilježi podatke u intervalima od jedne sekunde, uključujući minimalne i maksimalne vrijednosti, geografsku lokaciju i trajanje mjerenja. Kako bi se dobio kontinuirani prostorni prikaz razine buke, korištena je metoda interpolacije IDW, pri čemu su tiša područja vizualizirana zelenim nijansama, a bučnija crvenim. Finalna izrađena karta buke za sve gradske četvrti u gradu Splitu prikazana je na slici 2.



Slika 2. Kombinirana karta razine buke na području grada Splita (Plazonić 2025).

Rezultati analize pokazuju izražene prostorne razlike. Najviši intenzitet buke (iznad 75 dB) zabilježen je uz glavne gradske prometnice, uključujući Poljičku cestu, Ulicu Domovinskog rata, Vukovarsku i Solinsku cestu, kao i u blizini prometnih čvorišta na Mejašima i oko trajektne luke. Suprotno tome, područja s najmanjom razinom buke (30–50 dB) nalaze se na zapadnim dijelovima

grada, osobito u četvrtima Meje, Varoš i Spinut te na području Marjana, gdje manja prometna opterećenja i veća zastupljenost zelenih površina djeluju kao prirodne barijere od buke. U usporedbi sa strateškom kartom iz 2016. godine (URL 6), rezultati pokazuju širenje zona povišene buke prema unutrašnjosti Splita 3, Pujanki i istočnog dijela Žnjana, što se može povezati s povećanim intenzitetom prometa i turističkim aktivnostima u posljednjem desetljeću.

Izrada nove karte buke na temelju otvorenih podataka i terenskih mjerenja pokazala se kao učinkovit i fleksibilan pristup koji omogućava brže ažuriranje podataka u odnosu na službene procedure. Iako je metoda podložna određenim ograničenjima, poput nejednakog vremena mjerenja tijekom dana, dobiveni rezultati pružaju vrijedan uvid u opterećenje grada Splita bukom te jasno identificiraju zone u kojima bi se trebale poduzeti mjere smanjenja buke.

4.2. Prometna infrastruktura

Promet predstavlja jedan od najvažnijih čimbenika koji oblikuju kvalitetu života u Splitu. Zbog reljefnih ograničenja i uskog obalnog koridora ograničen je razvoj i kapacitet gradske prometne mreže, što u razdobljima pojačanog opterećenja dodatno narušava protočnost. Posebno je izražen sezonski pritisak tijekom ljetnih mjeseci, kada se broj vozila višestruko povećava zbog turističke potražnje i dolaska velikog broja posjetitelja. Prema Planovima održive urbane mobilnosti, Split se ubraja među hrvatske gradove s najvišim udjelom osobnih automobila u svakodnevnim putovanjima, što rezultira gužvama na glavnim prometnicama i povećanim razinama buke i onečišćenja zraka (Šošćarić i dr. 2023).

Provedena GIS analiza prometne mreže obuhvatila je glavne gradske prometnice, prometne gužve dobivene iz izvješća Google Maps Traffica, dostupnost javnog prijevoza po gradskim četvrtima i udaljenost pojedinih četvrti od ključnih prometnih čvorišta (autocesta, zračna luka, trajektna luka, autobusni i željeznički kolodvor te javne plaže). Kako su trajektna luka te željeznički i autobusni kolodvor na istoj lokaciji provedena je zajednička analiza udaljenosti do tih lokacija. Vezano za prometne gužve, provedena je analiza koja je uključivala 3 različita razdoblja u danu kroz tjedan dana, te su kao rezultat dobiveni prometni pravci s povećanim prometnim opterećenjem klasificirani u 3 kategorije (prva (najniža), druga i treća (najviša) razina prometne gužve). Svaka gradska četvrt zasebno je analizirana kroz šest parametara (dostupnost stanica i linija gradskog prijevoza, blizina zračne luke, blizina izlaza iz grada (autoceste), blizina javne plaže i prometno opterećenje) te je svakome od njih dodijeljena vrijednost od 0 do 1 (loša ili dobra pokrivenost autobusnim linijama). Ukupna kvaliteta prometne infrastrukture dobivena je zbrojem dodijeljenih vrijednosti za svaki parametar, pri čemu je veća težina (0.3) stavljena za prometno opterećenje i javni gradski prijevoz, dok su ostali parametri imali jednaku težinu (0.1). Konačni rezultat podijeljen je u 4 razreda kvalitete prikazan različitim diferenciranjem boja na slici 3.



Slika 3. Klasifikacija gradskih četvrti prema prometnoj infrastrukturi.

Središnje i zapadne gradske četvrti imaju bolju prometnu povezanost, dok istočni rubni dijelovi, poput Mejaša i Sirobuje, bilježe slabiju dostupnost i veću ovisnost o osobnim vozilima. Najizraženija prometna opterećenja su na Poljičkoj cesti, Ulici Domovinskog rata i Solinskoj cesti.

Rezultati pokazuju prostorne nejednakosti u dostupnosti javnog prijevoza. Dok gradska jezgra, Bačvice i Split 3 bilježe relativno dobru pokrivenost autobusnim linijama, rubne četvrti poput Mejaša, Brda i Neslanovca ostaju prometno izolirane. Ove nejednakosti potvrđuju da prometna infrastruktura i sustav javnog prijevoza nisu ravnomjerno razvijeni, što utječe na mobilnost i svakodnevni život stanovnika.

Analiza je pokazala da promet u Splitu s jedne strane osigurava povezanost i doprinosi atraktivnosti grada, osobito u kontekstu turizma, dok s druge strane prometno opterećenje, gužve i neravnomjerna dostupnost javnog prijevoza smanjuju kvalitetu života, osobito u istočnim i rubnim dijelovima grada. Dobiveni rezultati upućuju na potrebu daljnjih ulaganja u održivu mobilnost, jačanje javnog prijevoza i razvoj prometne infrastrukture kako bi se smanjio pritisak na ključne gradske prometnice.

4.3. Cijene nekretnina

Cijene stambenih nekretnina jedan su od ključnih socioekonomskih indikatora kvalitete života jer određuju dostupnost stanovanja, utječu na demografske trendove i oblikuju socijalnu strukturu pojedinih gradskih četvrti. U posljednjih desetak godina Split bilježi kontinuirani rast cijena stanova, što se povezuje s povećanom potražnjom uzrokovanom turizmom, investicijama u nekretnine za kratkoročni najam te ograničenim kapacitetima za novu izgradnju. Prema podacima portala Nekretnine.hr, prosječna cijena stambenog kvadrata u Splitu u 2025. godini iznosi 5.204 €/m², dok u pojedinim zonama prelazi i 5.700 €/m² (URL 2). Time Split spada među najskuplje gradove u Hrvatskoj, što značajno utječe na pristupačnost stanovanja za mlade obitelji i stanovnike s prosječnim prihodima.

U sklopu ovog istraživanja prikupljeni su podaci s online oglasnika nekretnina u razdoblju od siječnja – srpnja 2025., a oglasi su filtrirani prema stambenim jedinicama i geolocirani prema gradskim četvrtima. Nakon uklanjanja ekstremnih vrijednosti i duplikata izračunate su prosječne cijene po gradskim četvrtima i prikazane u četiri cjenovna razreda na slici 4.



Slika 4. Karta prosječne cijene kvadrata u gradu Splitu po gradskim četvrtima.

Rezultati pokazuju jasne prostorne razlike u cijenama stanovanja. Najviše prosječne cijene zabilježene su u središnjim i zapadnim četvrtima (Meje, Bačvice, Varoš, Spinut), koje kombiniraju atraktivnu lokaciju uz more, blizinu kulturnih sadržaja i dobru prometnu dostupnost. Nasuprot tome, istočne i periferne četvrti (Mejaši, Pujanke, Brda, Sirobuja) bilježe znatno niže prosječne cijene. Posebno se ističe Žnjan, gdje iako je riječ o atraktivnoj lokaciji uz more, cijene variraju zbog nerazvijene infrastrukture i nedovršenih urbanističkih projekata.

Usporedba cijena nekretnina s ostalim kriterijima kvalitete života pokazuje određene razlike. Primjerice, četvrti s najvišim cijenama stanova ne bilježe uvijek najbolje vrijednosti okolišnih i infrastrukturnih indikatora (npr. buka ili dostupnost zelenih površina), što upućuje na to da tržište nekretnina često više reflektira atraktivnost lokacije i turističku potražnju nego stvarne uvjete života. Ovi rezultati potvrđuju važnost integracije socioekonomskih indikatora s okolišnim i infrastrukturnim kriterijima u analizi kvalitete života.

4.4. Zelene površine

Zelene površine u urbanim sredinama predstavljaju važan element kvalitete života jer doprinose ekološkim, rekreacijskim i socijalnim funkcijama grada. Prema smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO 2017), pristup zelenim površinama unutar udaljenosti od 300 metara od mjesta stanovanja značajno doprinosi tjelesnom i mentalnom zdravlju stanovnika; također, preporučena minimalna količina zelenih površina iznosi 9 m² po stanovniku. Europska agencija za okoliš (EEA 2020) ističe da gradovi s neravnomjernom raspodjelom zelenih površina često bilježe izraženije socijalne nejednakosti i

nižu razinu subjektivnog zadovoljstva životom. Grad Split u prosjeku zadovoljava kriterij WHO-a s 10,28 m² po stanovniku, no detaljna analiza ukazuje na neravnomjernu distribuciju zelenih površina po gradskim četvrtima.

Analiza zelenih površina provedena je na temelju podataka OSM-a i alata Overpass Turbo. Prikaz zelenih površina u Gradu Splitu i ocjena kvalitete gradske četvrti u četiri razreda klasifikacije u ovisnosti od ukupne površine zelenila po broju stanovnika prikazana je na slici 5. Rezultati jasno pokazuju da prosjek na razini grada skriva velike unutarnje razlike, pri čemu je ukupno 16 gradskih četvrti ispod preporuke WHO-a, dok su pojedine na samoj granici (tri gradske četvrti) ili osjetno iznad.



Slika 5. Klasifikacija gradskih četvrti prema zelenim površinama.

Rezultati pokazuju da su zapadni dijelovi grada (Marjan, Meje, Spinut, Varoš) najbogatiji zelenim površinama, uključujući i najveću gradsku parkšumu Marjan koja predstavlja ključni ekološki i rekreacijski resurs. Središnje četvrti (Manuš, Lučac, Bačvice) imaju relativno slabiju dostupnost zelenih površina, dok su istočne i jugoistočne četvrti (Žnjan, Mejaši, Sirobuja) prostorno siromašne zelenilom, što dodatno pogoršava uvjete života u zonama visokog prometnog i građevinskog opterećenja. Poseban problem uočava se u novijim stambenim naseljima, gdje urbanistički planovi nisu predvidjeli dovoljan broj javnih zelenih površina, već dominira visoka gustoća izgrađenosti.

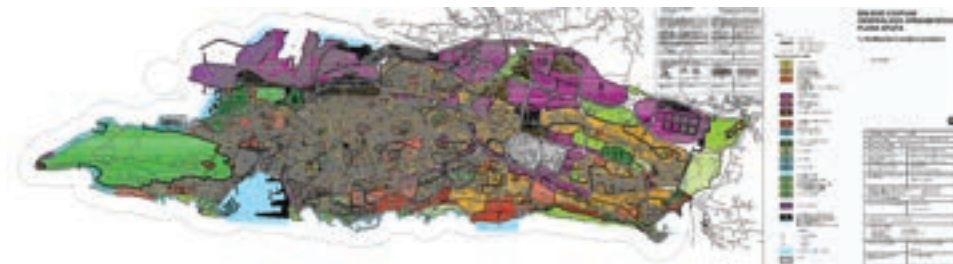
Ovi rezultati ukazuju na potrebu sustavnog planiranja i očuvanja javnih zelenih površina, ne samo u rekreativne svrhe nego i kao ključnog faktora koji doprinosi smanjenju urbanih toplinskih otoka, smanjenju razina buke i poboljšanju socijalne kohezije u gradu.

4.5. Koeficijent izgrađenosti

Koeficijent izgrađenosti i koeficijent iskorištenosti spadaju među temeljne pokazatelje u prostornom planiranju jer opisuju intenzitet korištenja prostora i razinu urbanizacije pojedinog područja. Ovi pokazatelji izravno utječu na kvalitetu života jer određuju gustoću naseljenosti, dostupnost javnih prostora

te prisutnost zelenih površina unutar naselja.

U ovom istraživanju korišteni su podaci iz Generalnog urbanističkog plana Grada Splita (GUP) (slika 6). GIS analizom provedeno je prepoznavanje četvrti s većom gustoćom gradnje i područja u kojima dominira otvoreniji prostorni raspored.



Slika 6. Generalni urbanistički plan Grada Splita (URL 5).

Rezultati pokazuju značajne prostorne razlike unutar grada. Središnje četvrti poput Lučac-Manuš i Bačvica bilježe visoke vrijednosti koeficijenta izgrađenosti, što ukazuje na izrazitu gustoću gradnje i manjak slobodnog prostora. Isto vrijedi i za novija stambena naselja poput Pujanki i Brda, gdje dominira višestambena izgradnja uz relativno mali udio javnih površina. Suprotno tome, zapadni dijelovi Splita (Meje, Spinut, Varoš) te područje Marjana bilježe niže vrijednosti koeficijenta izgrađenosti-a, što je posljedica veće zastupljenosti obiteljskih kuća, zelenih površina i niže gustoće izgradnje.

Usporedba rezultata s ostalim kriterijima kvalitete života pokazuje da veća gustoća izgrađenosti ne mora nužno značiti i bolju dostupnost sadržaja. Primjerice, u četvrtima s višim koeficijentima izgrađenosti često nedostaje javnih zelenih površina i parkirališnih kapaciteta, što smanjuje kvalitetu stanovanja. Nasuprot tome, četvrti s nižim koeficijentima izgrađenosti pružaju ugodnije okruženje, no istodobno bilježe slabiju prometnu povezanost i manju gustoću javnih usluga.

4.6. Odgojno-obrazovne institucije

Dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova jedan je od ključnih čimbenika kvalitete života u gradovima jer izravno utječe na svakodnevni život obitelji s djecom, a neizravno i na atraktivnost pojedinih četvrti za stanovanje. Prema konceptu „*x-minute city*“ (Logan 2022), preporuka je da osnovne javne usluge, uključujući vrtiće i škole, budu dostupne stanovnicima unutar desetak minuta pješačke udaljenosti. Neravnomjerna prostorna raspodjela ustanova stoga može uzrokovati socijalne nejednakosti, prometna opterećenja i smanjeno zadovoljstvo stanovnika.

Analiza provedena u ovom istraživanju obuhvatila je predškolske ustanove (dječje vrtiće), osnovne i srednje škole te visokoškolske institucije na području

Splita. Podaci su prikupljeni iz otvorenih izvora (OpenStreetMap, Geoportal) te verificirani terenskim obilaskom. Lokacije ustanova obrađene su u GIS-u, a pomoću *Kernel Density Estimation* (KDE) metode izrađen je prikaz gustoće obrazovnih ustanova, dok je *Join attributes by location* korišten za izračun broja ustanova po gradskoj četvrti.

Rezultati pokazuju jasne razlike među četvrtima. Središnje četvrti (Manuš, Lučac, Bačvice, Split 3) bilježe visoku koncentraciju obrazovnih ustanova, pri čemu Split 3 posebno prednjači zahvaljujući planiranom urbanističkom konceptu s integriranim javnim sadržajima. U tim četvrtima dostupnost obrazovnih ustanova je visoka te je većina stanovnika unutar preporučenog doseg od 10 minuta hoda. Nasuprot tome, istočne četvrti (Mejaši, Sirobuja, Žnjan) pokazuju manju gustoću i slabiju prostornu raspodjelu ustanova, što uzrokuje potrebu za duljim putovanjima i veću ovisnost o osobnim vozilima ili javnom prijevozu. Na slikama 7 i 8 prikazani su krugovi radijusa 500 m oko osnovnih i srednjih škola u Splitu koji označavaju područja što udovoljavaju kriteriju 10 minuta hoda do najbliže ustanove.



Slika 7. Prikaz obuhvata udaljenosti 500 m od osnovnih škola.



Slika 8. Prikaz obuhvata udaljenosti 500 m od srednjih škola.

Visokoškolske ustanove u Splitu, uključujući Sveučilišni kampus na Visokoj, koncentrirane su na istočnom dijelu grada (slika 9), što osigurava dobru dostupnost studentima, ali istovremeno stvara prometna opterećenja u toj zoni. Vrtići (slika 10) i osnovne škole, iako prisutni u većini četvrti, nisu jednako raspoređeni, pa stanovnici u pojedinim novijim naseljima nailaze na problem nedostatka mjesta u ustanovama ili većih udaljenosti od mjesta stanovanja do škole.



Slika 9. Prikaz obuhvata udaljenosti 500 m od fakulteta.



Slika 10. Prikaz obuhvata udaljenosti 500 m od dječjih vrtića.

Iako Split na gradskoj razini ima razmjerno dobru mrežu odgojno-obrazovnih ustanova, rezultati prostorne analize potvrđuju da je njihova raspodjela neravnomjerna. To stvara prostorne nejednakosti i naglašava potrebu za planiranjem kako bi se osigurala ravnomjernija dostupnost odgojno-obrazovnih sadržaja svim stanovnicima.

5. Višekriterijska prostorna analiza kvalitete života

Nakon prostorne analize pojedinih parametara po gradskim četvrtima, provedena je integrirana višekriterijska analiza (MCDA) kako bi iz pojedinačnih pokazatelja kvalitete života dobili sistematiziranu ocjenu kvalitete života po pojedinoj gradskoj četvrti u Splitu. Analiza je kreirana tako da bude transparentna, odnosno da je svaki korak ponovljiv, metodološki konzistentna (svi kriteriji su na istoj skali) i prenosiva na druge gradove koristeći isti algoritam.

U model ulaze kriteriji koji obuhvaćaju okolišne, infrastrukturne i socioekonomske aspekte. Kako je opisano u prethodnom poglavlju, rezultati analize gustoće stanovništva, buke, cijene nekretnina, stupnja izgrađenosti i zelene površine klasificirani su u četiri razreda pri čemu je ocjena 1 najpovoljnija, a ocjena 4 najlošija. Odgojno-obrazovne ustanove (vrtići, OŠ, SŠ i fakulteti) prikazani su kao prostorni obuhvat i broj ustanova po gradskoj četvrti, a prostornom analizom svakoj je dodijeljen isti raspon od četiri ocjene koji obuhvaća sve ustanove zajedno. Prometna kvaliteta klasificirana je također u četiri razreda, ali u rasponu od 0 do 1, gdje je 1 najbolja ocjena prometne kvalitete. Zbog različitih skala, u konačnoj analizi sve su izvorne ocjene 1–4 pretvorene u korisnost 0–1 tako da veća vrijednost znači povoljniji ishod. U skladu s time provedena je normalizacija za kriterije u skali 1–4 primjenom linearne inverzije prema izrazu:

$$\frac{4 - S_i}{3} \quad (1)$$

gdje je S_i izvorna ocjena, a $U_i \in [0,1]$ korisnost. Za kvalitetu kriterija prometa nije bilo potrebno invertiranje.

U skladu s ciljem istraživanja te uzimajući u obzir preporuke literature i lokalni kontekst grada Splita kao i slična prostorno-analička istraživanja provedena u europskim gradovima (Marans i Stimson 2011, Lee i Sener 2016, WHO 2019, EC 2020, OECD 2020) definirane su težine (ω) za svaki pojedini kriterij čiji je ukupni zbroj 1. U navedenim radovima dosljedno se ističe veći značaj okolišnih i servisnih čimbenika u odnosu na strukturne čimbenike. Sukladno tome, težine korištene u ovom istraživanju reflektiraju relativni doprinos svake skupine kriterija prema dominantnim trendovima u literaturi i ranijim empirijskim analizama. Veće težine dodijeljene su servisno-zdravstvenim i okolišnim čimbenicima (buka, promet, dostupnosti odgojno-obrazovnih ustanova i zelenilo) zbog njihova neposrednog utjecaja na zdravlje i svakodnevno iskustvo stanovnika. Istodobno, strukturni i socijalni čimbenici (cijene stanovanja, gustoća i stupanj izgrađenosti) imaju važan, ali posredniji učinak na QoL, pa su im težine niže. Takav pristup je u skladu s višedimenzionalnim okvirima kvalitete života (OECD 2024, Eurostat 2025) i nalazi potvrđuju povezanost preopterećenosti stambenim troškovima s nižim zadovoljstvom životom (Acolin i Reina 2022). Konačno, slijedili smo preporuke OECD/JRC priručnika za kompozitne indikatore o transparentnom utemeljenju težina (OECD 2008) te dobili sljedeći skup težina: buka 0.20, promet 0.20, dostupnost obrazovanja 0.20, zelene površine 0.15, cijene nekretnina 0.10, gustoća stanovništva 0.075, stupanj izgrađenosti 0.075. Konačni indeks kvalitete života po gradskoj četvrti računa se kao zbroj korisnosti prema izrazu (2). Objašnjenje težina dano je u tablici 1.

$$\begin{aligned}
 QoL = & 0.2U_{buka} + 0.2U_{promet} + 0.2U_{odgojno-obrazovne\ ustanove} \\
 & + 0.15U_{zelene\ površine} + 0.1U_{cijene} + 0.075U_{gustoća} \\
 & + 0.075U_{izgrađenost} = \sum_{j=1}^m w_j U_{qj}
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Tablica 1. Težine kriterija QoL-a s objašnjenjima i izvorima.

Kriterij	Težina (ω)	Obrazloženje (sažeto)	Izvor
Buka	0.20	Dokazani nepovoljni učinci na zdravlje (kardiovaskularni rizik, san, dobrobit), visoka izloženost u EU gradovima – visoki prioritet.	WHO 2019, EEA 2020
Promet	0.20	Pristupačnost i mobilnost izravno oblikuju svakodnevno iskustvo i dobrobit, središnja dimenzija urbanog QoL-a.	Lee i Sener 2016, Mouratidis 2021
Dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova	0.20	Ključna komponentna – dostupnost škola/vrta utječe na svakodnevno kretanje stanovništva i zadovoljstvo.	OECD 2024, EC 2020
Zelene površine	0.15	Ekološki i rekreativni aspekt – sustavno povezano s boljim zdravstvenim ishodima i dobrobiti, utječe na smanjenje buke i toplinskih otoka.	Twohig-Bennett i Jones 2018
Cijene nekretnina	0.10	Socioekonomski uvjet – strukturni utjecaj na materijalne uvjete i subjektivno zadovoljstvo, preopterećenost troškovima smanjuje zadovoljstvo.	OECD 2020, Acolin i Reina 2022
Gustoća stanovništva	0.075	Posredni utjecaji kroz komfor/ pritisak na infrastrukturu i okoliš, važnost ovisi o lokalnom kontekstu.	Mouratidis 2021
Stupanj izgrađenosti	0.075	Odražava zagušenje/dostupnost prostora, indirektan utjecaj na QoL u odnosu na zdravlje/usluge.	Mouratidis 2021

Indeks (QoL) je u rasponu 0–1 (više = bolje). Radi kartografskog prikaza i jasne interpretacije, indeks je klasificiran u četiri razreda kvalitete: Vrlo visok (≥ 0.60), Visok (0.40–0.59), Srednji (0.30–0.39) i Niski (< 0.30) QoL indeks. Implementacija QoL-a provedena je u GIS okruženju spajanjem atributnih tablica po četvrtima, normalizacijom prema izrazu (2), izračunom QoL-a te klasifikacijom rezultata. Konačni rezultati normalizacije korisnosti pojedinog kriterija kvalitete nalaze se u tablici 2, a krajnji vizualni prikaz kvalitete života po gradskim četvrtima prikazan je na slici 11.

Tablica 2. *Ukupni rezultat korisnosti pojedinog kriterija kvalitete po gradskim četvrtima.*

Gradska četvrt	Gustoća stanov.	Buka	Promet	Zelene površine	Odgojno-obrazovne ustanove	Kig*	Cijene nekretnina	QoL
Bačvice	1.000	0.333	0.333	1.000	0.333	0.333	0.000	0.4498
Blatine	0.000	0.667	0.667	0.000	0.333	0.000	0.667	0.4001
Bol	0.333	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.333	0.2583
Brda	1.000	0.000	0.667	0.000	0.333	0.333	0.667	0.3667
Grad	0.333	0.333	0.667	0.000	1.000	0.000	0.000	0.4250
Gripe	0.333	0.000	0.667	0.000	0.333	0.000	0.000	0.2250
Kman	0.333	0.000	0.667	0.000	0.667	0.333	0.667	0.3835
Kocunar	0.000	0.000	0.333	0.667	0.333	0.000	0.667	0.3000
Lokve	0.000	0.000	0.667	0.000	1.000	0.000	0.333	0.3667
Lovret	1.000	0.333	0.000	0.333	0.667	0.000	0.333	0.3583
Lučac-Manuš	0.333	0.333	0.667	0.000	0.667	0.667	0.000	0.4084
Mejaši	1.000	0.000	0.333	0.333	0.000	0.000	0.667	0.2583
Meje	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.7000
Mertojak	0.333	0.333	0.333	0.000	0.333	0.333	0.333	0.2831
Neslanovac	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	0.2000
Plokite	0.000	0.000	0.333	0.000	0.667	0.000	0.667	0.2667
Pujanke	0.333	0.333	0.000	0.000	0.333	0.000	0.667	0.2249
Ravne njive	0.333	0.333	0.333	0.000	0.333	0.333	1.000	0.3498
Šine	1.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	0.2666
Sirobuja	1.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	0.2666
Spinut	0.667	1.000	1.000	0.667	1.000	0.667	0.333	0.8334
Split 3	0.333	0.333	1.000	0.000	1.000	0.333	0.333	0.5499
Sučidar	0.333	0.333	0.000	0.000	0.667	0.000	0.333	0.2583
Trstenik	0.333	0.333	0.667	0.000	0.333	0.667	0.333	0.3749
Varoš	1.000	0.667	0.667	1.000	0.333	1.000	0.333	0.6667
Visoka	0.667	0.333	0.000	0.667	0.000	0.667	0.667	0.3334
Žnjan	1.000	0.333	0.667	0.333	0.333	0.667	0.333	0.4749

*koeficijent izgrađenosti



Slika 11. Karta kvalitete života u Splitu prema QoL indeksu.

Kartografski prikaz i dobivene vrijednosti pokazuju jasnu razliku kvalitete između zapadnih i istočnih četvrti. Varoš, Meje i Spinut sustavno ostvaruju najviše vrijednosti QoL, što je rezultat kombinacije nižih razina buke, iznadprosječne dostupnosti zelenih površina (Marjan kao ključni resurs), te dobre prometne i obrazovne dostupnosti. Središnji obalni pojas (npr. Bačvice, dijelovi Centra) ulazi u razred „Visoka“, iako ih visoke cijene nekretnina i povišena sezonska buka povremeno spuštaju unutar gornjeg srednjeg raspona. Istočni i rubni dijelovi grada (npr. Sirobuja, Šine, pojedini dijelovi Mejaša) spadaju u razred niske kvalitete, što se može povezati s višim prometnim opterećenjem uz slabiju pokrivenost javnim prijevozom, većom bukom uz glavne prometnice, manjom prisutnošću zelenih površina i nižom dostupnošću obrazovnih sadržaja u pješačkom doseg. Pojedine četvrti poput Žnjana pokazuju višu ukupnu ocjenu od očekivane s obzirom na prijašnje infrastrukturne nedostatke: u predstavljenom QoL modelu to proizlazi iz prednosti u obalnoj rekreacijskoj zoni i povoljnih komponenti prometa koje, uz zadane težine, kompenziraju slabije stavke drugih kriterija. Takvi slučajevi su vrijedni za ciljano planiranje jer jasno pokazuju što četvrt čini kvalitetnijom za život i gdje su potencijali za daljnje unaprjeđenje u kontekstu urbanog planiranja.

Tri glavna kriterija – buka, promet i dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova – najviše određuju QoL indeks. Četvrti koje spajaju tiši okoliš s dobrom mrežom javnih sadržaja i kvalitetnom mobilnošću gotovo se redovito svrstavaju u viša dva razreda. Sljedeći po važnosti, zelene površine često presuđuju između „Visokog“ i „Vrlo visokog“ QoL-a, u kontekstu Splita posebno izraženo na zapadu grada. Cijene nekretnina, gustoća i izgrađenost u ovom modelu djeluju kao prateći čimbenici. Kako bi se provjerila stabilnost analize, uz QoL model preporučuje se i analiza osjetljivosti (npr. promjena svake težine za $\pm 0,05$). U slučaju grada Splita, rang najekstremnijih četvrti (najboljih i najslabijih) ostaje stabilan, dok se srednji razred može „prelijevati“ ovisno o tome povećava li se važnost buke/zelene infrastrukture ili, primjerice, cijene stanovanja. Time model zadržava vjerodostojnost uz očekivanu elastičnost u graničnim slučajevima.

Za korištenje modela postoji i određeno ograničenje, a to je vremenska dimenzija obzirom da podaci poput razine buke i prometna opterećenost imaju

dnevne i sezonske varijacije. Također, analiza je gotovo u cijelosti napravljena na otvorenim podacima (npr. OSM) što može dovesti do različite potpunosti podataka u pojedinim četvrtima. Unatoč ograničenjima, model se može primijeniti na bilo koji grad uz minimalne prilagodbe: prikupiti ekvivalentne slojeve (buka, promet, obrazovanje, zelenilo, cijene, gustoća, izgrađenost), kartirati ih na istu skalu 1–4 (1 = najbolje), potom normalizirati 1–4 $\rightarrow$ 0–1, prilagoditi težine lokalnim prioritetima (npr. u gradovima s teškim zagađenjem zraka uvesti kvalitetu zraka kao zaseban kriterij; u gradovima s visokim sigurnosnim rizikom uvesti indeks sigurnosti), izračunati QoL indeks i klasificirati ga u 4 razreda i vizualizirati. Na kraju, potrebno je provesti analizu osjetljivosti.

Radi procjene robusnosti proveli smo analizu osjetljivosti s variranjem težina ključnih kriterija za $\pm 0,05$ uz proporcionalne promjene ostalih težina. Za svaki scenarij ponovno je izračunat QoL indeks. Analiza osjetljivosti upućuje na stabilnost prostornih obrazaca i poretka ekstremnih četvrti (najviše/najniže QoL), dok se manje promjene uočavaju u srednjem rasponu, pri čemu svaka četvrt ostaje promjenom u jednakom razredu QoL-a (Vrlo Visoka, Visoka, Srednja ili Niska), a alternativne sheme težina ne mijenjaju temeljne zaključke.

6. Zaključak

Ovim istraživanjem provedena je sveobuhvatna analiza kvalitete života u gradu Splitu korištenjem višekriterijskog pristupa temeljenog na GIS alatima. U analizu su uključeni pokazatelji koji obuhvaćaju okolišne (buka, zelene površine), infrastrukturne (promet, dostupnost odgojno-obrazovnih ustanova), te socioekonomske aspekte (cijene nekretnina, gustoća stanovništva i izgrađenost). Normalizacijom podataka dobiven je indeks kvalitete života po gradskim četvrtima, koji omogućuje usporedbu i identifikaciju prostornih nejednakosti unutar grada.

Rezultati pokazuju jasne prostorne razlike. Zapadni dijelovi Splita, osobito Varoš, Meje i Spinut, ostvaruju najviše vrijednosti indeksa zahvaljujući povoljnim okolišnim uvjetima, dostupnosti zelenih površina i obrazovnih ustanova te relativno nižim razinama buke. Suprotno tome, istočni i rubni dijelovi grada, poput Sirobuje, Šina i Mejaša, bilježe najniže vrijednosti indeksa zbog kombinacije prometnog opterećenja, više buke, manjka zelenih površina i slabije pokrivenosti javnim uslugama. Ovakva analiza omogućuje jasno prepoznavanje zona s visokim kvalitetama života, ali i onih koje zahtijevaju ciljane intervencije.

Metodološki okvir korišten u ovom istraživanju pokazao se robusnim i prilagodljivim. Njegova prednost leži u transparentnosti postupka i mogućnosti primjene na različite urbane kontekste. Model je moguće nadograditi uključivanjem dodatnih kriterija, poput sigurnosti, kvalitete zraka ili dostupnosti zdravstvenih usluga, čime se dobiva još sveobuhvatnija procjena kvalitete života. Na taj način, razvijeni pristup ne služi samo kao analitički alat za grad Split, već i kao generički model koji se može primijeniti na bilo koji grad koji raspolaže prostornim i statističkim podacima.

Istraživanje potvrđuje da prostorna analiza kvalitete života predstavlja vri-

jedan instrument za urbano planiranje, donositelje odluka i lokalne vlasti jer omogućuje prepoznavanje razvojnih prioriteta i ciljano usmjeravanje politika urbanog razvoja. U slučaju Splita, rezultati upućuju na potrebu daljnjeg jačanja održive mobilnosti, ravnomjernije distribucije zelenih površina i javnih sadržaja te intervencija u istočnim i rubnim dijelovima grada kako bi se smanjile prostorne nejednakosti i poboljšala kvaliteta života svih stanovnika.

Literatura

- Abd El Karim, A., Awawdeh, M. M. (2020): Integrating GIS Accessibility and Location-Allocation Models with Multicriteria Decision Analysis for Evaluating Quality of Life in Buraidah City, KSA, *Sustainability*, 12, 1412.
- Acolin, A., Reina, V. (2022): Housing cost burden and life satisfaction, *Journal of Housing and the Built Environment*, 37 (4), 1789–1815.
- Aquilué Junyent, I., Martí Casanovas, M., Roukouni, A., Moreno Sanz, J., Roca Blanch, E., Homem, G., Correia, A. (2024): Planning shared mobility hubs in European cities: A methodological framework using MCDA and GIS applied to Barcelona, *Sustainable Cities and Society*, Volume 106.
- Baloch, Q. B., Shah, S. N., Iqbal, N., Sheeraz, M., Asadullah, M., Mahar, S., Khan, A. U. (2023): Impact of tourism development upon environmental sustainability: a suggested framework for sustainable ecotourism, *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (3), 5917–5930.
- Beroš, I., Carić, H., Ivandić, N., Sever, I., Telišman-Košuta, N., Turk, S. (2022): Studija turističkog nosivog kapaciteta grada Splita, Institut za turizam, Zagreb.
- Costa, D. G., Peixoto, J. P. J., Jesus Thiago, C., Portugal, P., Vasques, F., Rangel Elivelton, O., Peixoto, M. (2022): A Survey of Emergencies Management Systems in Smart Cities, *IEEE Access* 2022, *Environmental Science, Engineering, Computer Science*.
- European Commission (EC) – Directorate-General for Regional and Urban Policy (DG REGIO) (2020): Report on the quality of life in European cities, 2020, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Environment Agency (EEA) (2020): Health risks caused by environmental noise in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Environment Agency (EEA) (2020): Environmental noise in Europe – 2020, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EU (2002): Directive 2002/49/EC of the European Parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, *Off. J. Eur. Communities*, 2002, 189.

- Eurostat (2022): Quality of life indicators – measuring quality of life, European Commission, Luxembourg.
- Eurostat (2025): Key figures on European living conditions – 2025 edition, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Gelan, E. (2024): GIS-based multi-criteria analysis for sustainable urban green spaces planning in emerging towns of Ethiopia: the case of Sululta town, *Environ Syst Res*, 10, 13.
- Gorjian, M. (2025): Statistical Perspectives on Urban Inequality: A Systematic Review of GIS-Based Methodologies and Applications, *SocArXiv*.
- Gutović, T., Relja, R., Goreta, D. (2022): Tourism and the Quality of Split City Center and Diocletian's Palace Residents' Life, *Proceedings of the International Malatya Gastronomy Culture and Tourism Conference 2022*, Malatya, Turkey, IKSAD Publications.
- Haslauer, E., Delmelle, E. C., Keul, A., Blaschke, T., Prinz, T. (2015): Comparing Subjective and Objective Quality of Life Criteria: A Case Study of Green Space and Public Transport in Vienna, Austria, *Social Indicators Research*, 124 (3), 911–927.
- Iamtrakul, P., Chayphong, S., Gao, W. (2024): Assessing spatial disparities and urban facility accessibility in promoting health and well-being, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 25 (2), 101126.
- Lee, R., Sener, I. (2016): Transportation planning and quality of life: Where do they intersect?, *Transport Policy*, 48, 146–155.
- Logan, K. (2022): The x-minute city: Measuring the 10, 15, 20-minute city and an evaluation of its use for sustainable urban design, *Cities*, 131, 103748.
- Malczewski, J. (2006): GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), 703–726.
- Marans, R., Stimson, R. (2011): Investigating quality of urban life: Theory, methods, and empirical research, *Social Indicators Research Series*, 45, 1–29.
- Mercer (2024): Quality of Living City Ranking 2024.
- Milošević, R., Šiljeg, S., Domazetović, F. (2023): GIS Multicriteria Decision Analysis in Selecting the Optimal Location for Urban Green Space: A Case Study of Zadar City, *Proceedings of the 9th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (GISTAM 2023)*, 237–243.
- Mouratidis, K. (2021): Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being, *Cities*, 115, 103229.
- OECD (2020): How's Life? 2020: Measuring Well-being, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2024): How's Life? 2024: Well-being and Resilience in Times of Crisis, OECD Publishing, Paris.

- Othman, E., Cibilić, I., Poslončec-Petrić, V., Saadallah, D. (2024): Investigating Noise Mapping in Cities to Associate Noise Levels with Sources of Noise Using Crowdsourcing Applications, *Urban Sci.*, 8, 13.
- Pacione, M. (2003): Urban environmental quality and human well-being: a social geographical perspective, *Landscape and Urban Planning*, 65 (1–2), 19–30.
- Plazonić, E. (2025): Integracija prostorno-vremenskih podataka za analizu kvalitete života u urbanim područjima grada Splita, diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Reig-Mullor, J., Garcia-Bernabeu, A., Pla-Santamaria, D., Salas-Molina, F. (2024): Measuring quality of life in Europe: A new fuzzy multicriteria approach, *Technological Forecasting and Social Change*, 206, 123494.
- Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) (2022): Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment, 2022 update, Chapter 11, Environmental Noise, Geneva, Švicarska.
- Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) (2019): Environmental noise guidelines for the European Region, Copenhagen, Danska.
- Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) (2017): Urban green space interventions and health: A review of impacts and effectiveness, Full report, Geneva, Švicarska.
- United Nations (UN) (2019): World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420), United Nations, New York.
- Vakilipour, S., Sadeghi-Niaraki, A., Ghodousi, M., Choi, S.-M. (2021): Comparison between Multi-Criteria Decision-Making Methods and Evaluating the Quality of Life at Different Spatial Levels, *Sustainability*, 13, 7, 4067.
- Wesz, J. G. B., Miron, L. I. G., Delsante, I., Tzortzopoulos, P. (2023) Urban Quality of Life: A Systematic Literature Review, *Urban Sci.*, 7, 56.
- Zhalehdost, A., Taleai, M. (2025): Enhancing urban quality of life evaluation using spatial multi criteria analysis, *Sci Rep*, 15, 22048.

Mrežne adrese

- URL 1: Europska Komisija – Sustaining our quality of life: food security, water and nature,
https://commission.europa.eu/priorities-2024-2029/quality-life_en,
(15. 9. 2025.).
- URL 2: Nekretine.hr – Housing prices in the municipality of Split,
<https://www.nekretnine.hr/en/cijene-nekretnina/dalmacija/split/>,
(15. 9. 2025.).

- URL 3: OECD Better Life Indeks,
<https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-better-life-index.html>,
(15. 9. 2025.).
- URL 4: Državni zavod za statistiku – Konačni rezultati Popisa 2021,
<https://dzs.gov.hr/vijesti/objavljeni-konacni-rezultati-popisa-2021/1270>,
(16. 9. 2025.).
- URL 5: Generalni urbanistički plan grada Splita,
<https://split.hr/strateski-dokumenti/prostorno-planska-dokumentacija/planovi-na-snazi/gup-splita>, (16. 9. 2025.).
- URL 6: Strateška karta buke grada Splita,
<https://split.hr/natjecaji/detalj-natjecaja/strateska-karta-buke-grada-splita-1>, (16. 9. 2025.).
- URL 7: OpenStreetMap,
<https://www.openstreetmap.org/#map=14/43.50959/16.45692&layers=P>,
(16. 9. 2025.).
- URL 8: Geoportal DGU, <https://geoportal.dgu.hr/>, (16. 9. 2025.).
- URL 9: Google Maps – Traffic, google.com/maps/dir/, (22. 9. 2025.).
- URL 10: ArcGIS Online, <https://www.arcgis.com/index.html>, (16. 9. 2025.).
- URL 11: QGIS, <https://qgis.org/>, (16. 9. 2025.).
- URL 12: NoiseCapture, <https://noise-planet.org/noisecapture.html>,
(18. 9. 2025.).

Multicriteria Spatial Evaluation of Quality of Life in Urban Areas: A Case Study of City of Split

ABSTRACT. The aim of this study is to assess the quality of life in the city of Split using a multi-criteria spatial analysis based on GIS tools. The analysis included seven criteria covering environmental factors (noise, green spaces), infrastructural aspects (traffic, accessibility of educational institutions), and socio-economic indicators (housing prices, population density, and built-up area). All criteria were normalized and weighted according to their importance and subsequently aggregated into a comprehensive quality-of-life index at the neighborhood level. The results are presented cartographically, enabling the identification of spatial patterns and inequalities within the city. The findings reveal pronounced differences in quality of life across Split's neighborhoods. Western districts stand out with higher quality-of-life scores due to favorable environmental conditions and better accessibility to amenities, whereas eastern and peripheral districts exhibit lower index values as a result of traffic congestion, higher noise levels, and limited access to public services. The developed methodological framework proved to be transparent and flexible, with the possibility of being extended to include additional criteria such as safety, air quality, or accessibility of healthcare facilities. Thus, this approach can be applied not only to Split but also to other cities, providing a valuable tool for urban planning, decision-making, and reducing spatial inequalities in quality of life.

Keywords: quality of life, GIS, multi-criteria analysis, neighborhoods, Split.

Primljeno / Received: 2025-10-08

Prihvaćeno / Accepted: 2025-10-22

UDK 528:528.7:624.131.537:629.73
Pregledni znanstveni članak / Review

Pregled postignuća uporabe materijala daljinskih opažanja s dronova za praćenje i detekciju stanja klizišta

Matej HANŽEK – Osijek¹, Željko BAČIĆ, Zvonimir NEVISTIĆ – Zagreb²

SAŽETAK. Tijekom protekla dva desetljeća bespilotne letjelice su postale jedna od osnovnih metoda opažanja klizišta. Rad daje pregled postignuća dosadašnjih materijala daljinskih opažanja s dronova za praćenje i detekciju klizišta. UAV (eng. unmanned aerial vehicle) uz sve svoje senzore i kombinaciju s drugim metodama opažanja omogućava praćenje i detekciju stanja klizišta. Pri opažanju prikupljaju se podaci o prostornim promjenama i vremenskoj dinamici te reakcijama klizišta. Pregledni rad opisuje uloge i metode različitih tipova bespilotnih letjelica i senzora RGB (eng. red, green, blue), LiDAR (eng. Light Detection and Ranging) i SAR (eng. Synthetic Aperture Radar). Opisuje se uloga UAV-a u mogućnostima prikupljanja podataka te kartiranja i modeliranja istih. Opisana je i uloga opažanja i podataka u hitnim scenarijima i mogućnosti automatske i poluautomatske detekcije pomoću algoritama strojnog učenja. Rasprava prikazuje usporedbu podataka prikupljenih različitih sensorima za izradu 3D modela klizišta kako bi se isti mogli pratiti s prostornom i vremenskom komponentom.

Ključne riječi: daljinska istraživanja, fotogrametrija, klizište, UAV, GNSS.

1. Uvod

Zemljina površina podložna je promjenama koje uzrokuju različiti faktori (geodinamički, geološki, klimtološki i hidrološki faktori te djelovanje čovjeka), djelujući samostalno ili u međusobnim kombinacijama. Jedna od vidljivih promjena Zemljine površine su i klizišta. Klizište se definira kao pomicanje

¹ Matej Hanžek, mag. ing. geod. et geoinf., Graditeljsko-geodetska škola Osijek, Drinska 16a, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: mhanzek@geof.hr

² prof. dr. sc. Željko Bačić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zeljko.bacic@geof.unizg.hr
dr. sc. Zvonimir Nevistić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zvonimir.nevistic@geof.unizg.hr

mase stijena, krhotina ili zemlje niz padinu. Klizište može započeti polaganom deformacijom i površinskim puknućem tlak na strmoj padini, pri čemu nastaju površinska oštećenja. Nakon toga se kretanje Zemljine mase ubrzava, raspada i raste, a tok postaje lavina (Hungri dr. 2014). Klizišta su vrsta masovnog otpada, koja označava svako pomicanje tla i stijena nizbrdo pod izravnim utjecajem gravitacije (URL 1). Površinska erodibilnost tla događa se kao rezultat raznih problema kao što su krčenje šuma, povećanje potrošnje zbog sve veće populacije i nekontrolirano korištenje zemljišta (Nadim i dr. 2006).

Klizišta, iako najčešće lokalnog karaktera, uzrokuju velike materijalne štete i nerijetko ugrožavaju ljudske živote, pogotovo u urbaniziranim područjima. Da bi se takve situacije izbjegle, dijelovi Zemljine površine koji su detektirani kao potencijalno ili aktivno klizište opažaju se različitim postupcima i instrumentima u svrhu praćenja pomaka tla. Uz ekonomsku i materijalnu štetu klizišta utječu i na zdravlje ljudi i kvalitetu života zbog čega je potrebno uključiti sve raspoložive senzore kako bi se ona mogla pratiti neovisno o veličini. Uz utjecaje na zdravlje ljudi zbog smrtnih slučajeva i ozljeda uzrokovanih klizištima, kvaliteta života opada zbog financijskih gubitaka i uništavanja imovine pogotovo u područjima koja su slabo razvijena.

Zbog svih navedenih razloga vrši se integracija svih dostupnih senzora s različitim načinima prikupljanja podataka kako bi se povećala sigurnost ljudi. Klizišta se smatraju prirodnim katastrofama, a u takvim situacijama potrebno je raditi brzo i s ograničenim mogućnostima i nerijetko beskontaktno što omogućuje besposadna letjelica opremljena senzorima odnosno besposadni leteći sustav (UAS eng. unmanned aircraft system). Za rad s UAS-om nije potreban veliki prostor za polijetanje moguće je doći blizu klizišta što omogućuje veliki broj podataka u kratkom vremenu što udovoljava svim problemima s prikupljanjem podataka nakon pojave klizišta. Stanje Zemljine površine i njezinog pokrova ne omogućava lak pristup području ugroze stoga se koriste bespilotne letjelice za opažanje. Sve je veća primjena UAV u inženjerskim poslovima zbog male veličine, niske cijene, lake uporabe, male mase i jednostavne integracije sa senzorima poput IMU (eng. inertial measurement unit) i GNSS (eng. global navigation satellite system) uz zadovoljavajuću prostornu rezoluciju. Pomoću UAS moguće je izraditi DEM (eng. Digital elevation model) koji služi za proučavanje horizontalnog i vertikalnog pomaka terena ili pomoću oblaka točaka kod kojega se nakon usporedbe stanja prije i poslije mogu uočiti pomaci i deformacije.

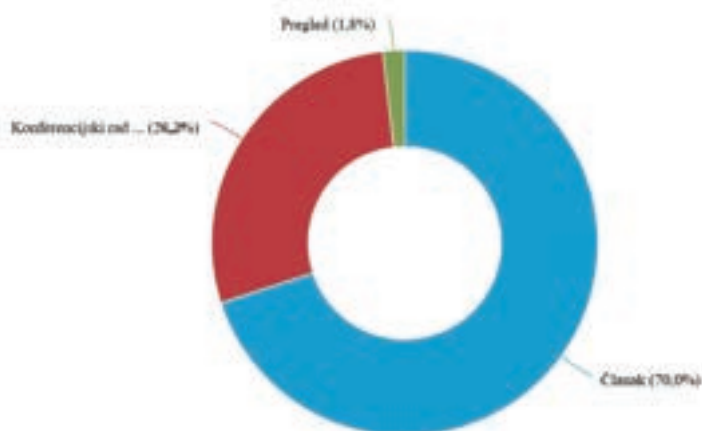
Cilj ovoga rada je rada je izvršiti pregled publikacija i sadržaja publikacija koje se odnose na opažanje klizišta pomoću UAS. U pregledu publikacija fokus je na primjeni dronova pri praćenju i predikciji klizišta te koja je točnost i pouzdanost pri opažanju postignuta. Svi podaci se moraju obraditi stoga će se uz rezultate praćenja proučiti i moguća rješenja odnosno modeli predikcije.

2. Materijali

Pojam UAV i klizišta je pretražen u Scopus bazi podataka. Pronađeno je 255 radova koji se odnose na predmetno područje od kojih najveći dio čine radovi s konferencija njih 154, 97 članaka te 4 pregledna rada. Broj radova je grafički prikazan na slici 1. Kriteriji za radove su zajedničko pojavljivanje u

ključnim riječima rada te da je rad članak, pregledni rad ili rad na konferenciji. Područje u kojemu se mora nalaziti rad ograničeno je na informatiku, ekologiju i inženjerske radove. Obzirom na to da je ovo pregledni rad druge kombinacije ključnih riječi nisu korištene kako bi pregled publikacija bio fokusiran na što uže predmetno područje.

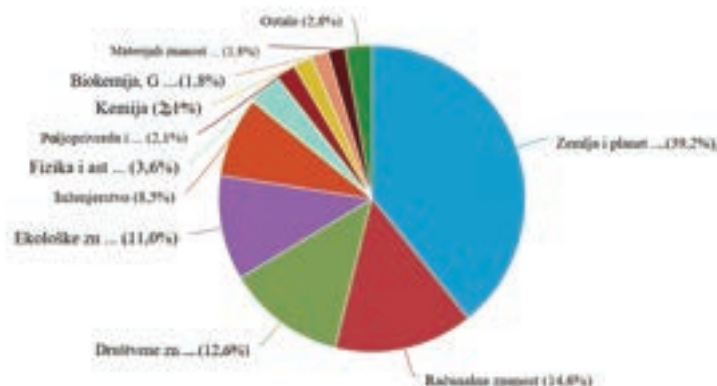
Dokumenti po vrsti



Slika 1. Prikaz tipa objavljenih radova izražen postotcima (URL 2).

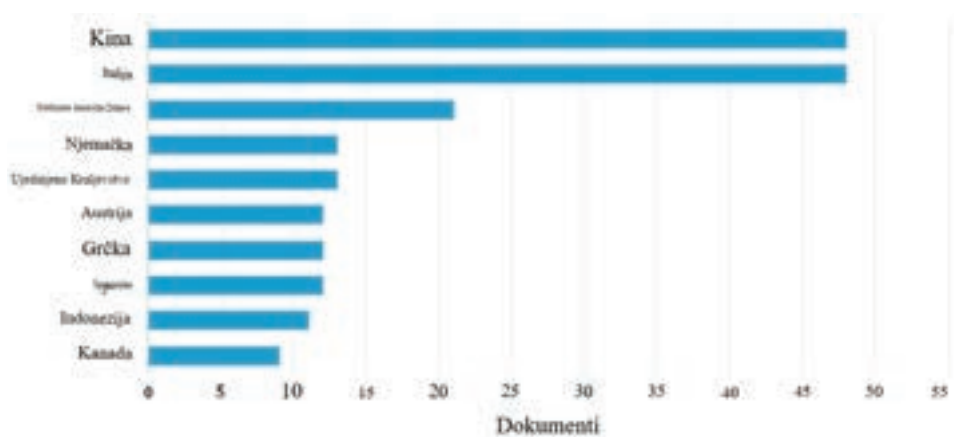
Najveći broj radova je iz područja planetarnih znanosti, društvenih znanosti, informatike i znanosti o okolišu koje su prikazane na slici 2. Pojmovi koji se vežu na predmetnu pretragu protežu se kroz veliki broj ostalih polja znanosti, ali u količinama koje su minimalne.

Dokumenti po područjima znanosti



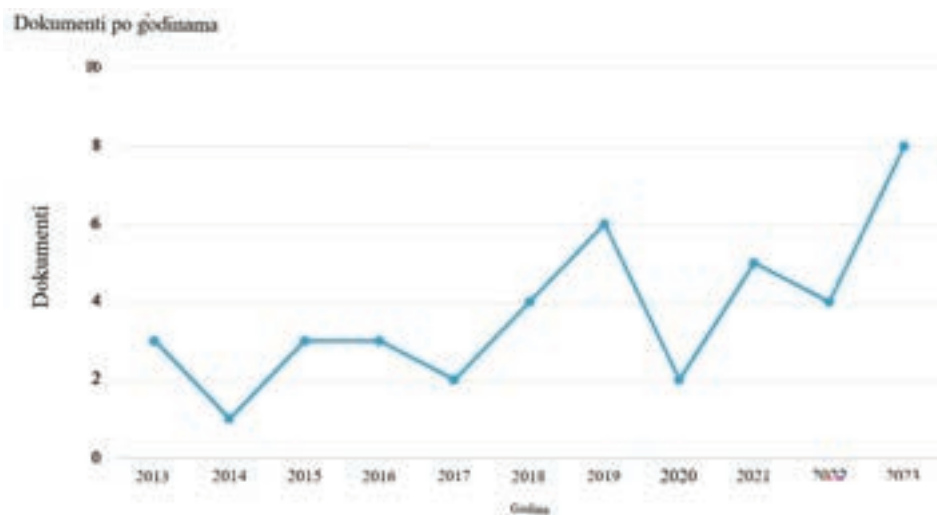
Slika 2. Prikaz članaka po područjima na koje se odnosi izraženo u postotcima (URL 2).

Praćenje i detekcija klizišta s dronovima i različitim senzorima u fazi je ekspanzije i istraživanja stoga ne postoji veliki broj radova kao pri nekim općenitijim pojmovima i temama. Najveći broj radova objavljen je 2021. godine dok je nešto manji broj objavljen u naredne dvije godine. Obzirom na broj radova to nije značajan pad broja istraživanje već na istraživanje utječe i broj klizišta koja su se pojavila i na kojem području. Područje istraživanja u ovome radu nije ograničeno nego su se u obzir uzeli radovi područja cijelog svijeta koji pripadaju temi. Najviše radova je s područja Kine, koja kao i u velikom broju znanstvenih područja ulaže puno u proučavanje i znanost općenito, dok s europskog tla prednjači Italija. Države koje se bave istraživanjem ove teme za sobom povlače činjenicu da je nekolicina aktivnih klizišta na tom području poput Indonezije koja je posvetila veliku pažnju ovoj temi u odnosu na ostale grane znanosti.



Slika 3. Prikaz broja dokumenata po državama (URL 2).

Pri čitanju radova u obzir su uzeti kriteriji koji se vežu na vrijeme publikacije rada, predmetno područje i relevantnost teme obzirom na tip rada radilo se o istraživačkom ili preglednom radu. Uz tek nedavni porast znanstvenih radova na temu može se pripisati i sve veća ekspanzija i razvoj različitih proizvođača dronova s različitim specifikacijama koje mogu utjecati na široku primjenu. Široka primjena dronova i pojava klizišta zbog velikog djelovanja čovjeka očekuje se da će biti učestalija stoga u budućnosti je moguće očekivati i sve intenzivnije proučavanje ove teme.



Slika 4. Prikaz broja objavljenih članaka po godinama koje uključuju i pojam UAS (URL 3).

Uz pojam UAV veže se i pojam UAS – Unmanned Aircraft Systems koji se odnosi na letjelice koje sadrže senzore na sebi dok se UAV veže samo na letjelicu bez ikakvih dodataka. Broj radova u Scopus bazi radova koji sadrže pojam UAS uz pojmove UAV i klizišta je 44 i u porastu je što ukazuje na sve veću ulogu u znanstvenim istraživanjima i praktičnoj primjeni, a prikazan je na slici 4. Područje istraživanja nije ograničeno već se odnosi na sve radove iz svih znanstvenih područja koji sadrže navedene ključne pojmove.

3. Tehnika opažanja UAV-om

3.1. Tipovi UAV-a

Razvoj različitih tipova UAV doveo je do širokog spektra dronova s različitim specifikacijama i različitih proizvođača. UAV se koriste u različite svrhe, ali ih se sve može podijeliti na fizičke karakteristike i karakteristike pri letenju. Obzirom na veličinu i tip UAV-a oni mogu nositi terete i po nekoliko stotina kilograma te letjeti na visini i do nekoliko kilometara. Dije se na letjelice s fiksiranim krilima, letjelice s rotacijskim krilima – helikoptere i multikoptere te letjelice s hibridnim krilima i prikazane su na slici 5. Letjelice s fiksiranim krilima prilagođenije su područjima s manjim nagibom, koriste se za kartiranje klizišta zbog svojih mogućnosti opažanja velikog područja u jednom letu. Multikopteri su korisniji u područjima s velikim nagibom i složenim terenima gdje je potrebna detaljnija izmjera. U najširoj komercijalnoj uporabi nalaze se multikopteri zbog svoje praktičnosti. Letjelice s hibridnim krilima kombiniraju značajke letjelica s fiksiranim krilima i letjelice s rotacijskim krilima.

Krilo	Rotorsko krilo	Rotorsko krilo	Hibridno krilo
Učinkovito pokrivanje velikih područja, dulja izdržljivost leta Ne može lebdjeti; ne može održavati visinu iznad tla (AGL); potrebno otvoreno područje za polijetanje i slijetanje  CropCam Brzina leta: ~60 km/h Težina pri letu: 2,7 kg Maksimalno trajanje: 30m	Helikopter Visoka učinkovitost, sposoban lebditi i raditi detaljne inspekcije iz blizine Mehanički složen  Vapor 55 Brzina leta: 0–54 km/h Nosivost: <10 kg Maks. hover teme: 45min	Višekopter Velika upravljivost, jednostavan za korištenje  DJI Phantom 4 Brzina leta: 0–68 km/h Težina pri letu: 1,4 kg Maks. hover teme: 25min	Kombinira vertikalno polijetanje/slijetanje (VTOL) s učinkovitošću fiksnog krila, prilagodljiv raznim terenima Složeniji dizajn i upravljanje, potencijalno veći trošak  JOUAV CW-15 Brzina 0–61 km/h Porjantal: <3 kg Maks. prča 180min

Slika 5. Prednosti i nedostaci različitih tipova UAV (Sun i dr. 2024).

3.2. Senzori UAV-a

Zbog specifičnosti svakoga zadatka i potrebe za detaljnim opažanjem integracija dodatnih senzora može biti od kritične važnosti. Senzori koji se integriraju s UAV-om dijele se na senzore za prikupljanje snimaka i senzore za prikupljanje trodimenzionalnih informacija i prikazani su na slici 6. Za prikupljanje snimaka koriste se RGB kamere, termalne infracrvene kamere, multispektralne kamere i hiperspektralne kamere dok za akviziciju trodimenzionalnih podataka terena se koristi LiDAR i SAR tehnologija.



Slika 6. Senzori koji se integriraju s UAV-om, a) RGB kamera, b) multispektralne kamere, c) hiperspektralne kamere, d) LIDAR (Zhang i Zhu 2024).

RGB kamera je senzor koji se najčešće koristi kod opažanja UAV-om. Kamere su kreirane za opažanje valnih duljina vidljivog svjetla. Naziv RGB su dobile zbog osjetljivosti na primarne boje crvenu, zelenu i plavu. RGB kamera se koristi pri opažanju velikih područja, a rezolucija snimaka ovisna je o rezoluciji senzora. Sensori opažaju u crvenom, zelenom i plavom spektru dok se obrada snimaka vrši u nekom od programa za fotogrametrijsku obradu podataka. Za specifične zadatke koji se najčešće odnose na vegetaciju potrebno je koristiti multispektralne kamere koje opažaju pojaseve nevidljive ljudskom oku dijela elektromagnetskog spektra. Multispektralne kamere smatraju se naprednim RGB kamerama jer detaljnije opažaju više pojaseva elektromagnetskog spektra. Hiperspektralni senzori jedni su od najsloženijih tehnologija spektralnog opažanja koje se koristi za veliki broj namjena. Trenutno nisu u širokoj uporabi kao drugi spektralni senzori zbog vrlo visoke cijene opreme, zahtijevaju veliku nosivost UAV-a i složene operativne postupke (URL 4). Termalne infracrvene kamere rade na temelju detekcije emitirane termalne radijacije, gdje toplije površine emitiraju više infracrvene radijacije u odnosu na hladnije objekte (Robles-Kelly i Huynh 2012). Područja klizišta su geološki nestabilna i dinamična, a termalne kamere se koriste za praćenje termalnih anomalija koje su nevidljive ljudskom oku. Podaci prikupljeni termalnim kamerama niže su rezolucije i za opažanje njima potrebno je biti bliže objektu.

LiDAR je metoda daljinskog istraživanja za opažanje Zemljine površine. Mjeri domet u obliku lasera s impulsima koji u kombinaciji s podacima skenera i GPS prijamnika pruža trodimenzionalne informacije o predmetnom području. Sastoji se od lasera, skenera i GNSS prijamnika. Na temelju prikupljenih podataka podaci se računaju na temelju potrebnog vremena za put signala i brzine svjetlosti. Najveća prednost LiDAR-a u odnosu na ostale metode mjerenja je visoka preciznost prikupljanja podataka o visini u okolini kojoj je teško pristupiti i gdje vidljivost može biti ograničena. LiDAR senzori se posljednjih godina sve više koriste u raznim područjima uglavnom zbog tehnološke dostupnosti i rasprostranjenosti diljem svijeta. Ostale tehnike generiranja oblaka točaka, poput fotogrametrije, ograničene su jer ovise o parametrima povezanim sa slikama poput osvjetljenja, meteoroloških uvjeta i dr. (Tan i dr. 2022). Konfiguracije instrumenta unutar LiDAR instrumenta je već postavio proizvođač i mogu biti ograničene mogućnosti da budu specijalizirane za potrebe korisnika (Del Savio i dr. 2022).

SAR je metoda prikupljanja podataka koja mjeri količinu reflektirane energije emitiranog pulsa energije nakon interakcije s Zemljinom površinom. SAR metoda je aktivna što znači da slika nastaje nakon interakcije emitiranog pulsa s predmetnim područjem. Radar sa sintetičkom aperturom – SAR vrši kontinuirano skeniranje tijekom jednog prolaska duž jednog ravnog dijela rute. Tijekom kretanja radar obavlja niz mjerenja, koja se na kraju obrađuju odgovarajućim algoritmima za generiranje jedne slike (Stecz i Gromada 2020). UAV platforme imaju neka ograničenja kada se koristi SAR metoda. Jedan od najvažnijih je neželjena odstupanja od nominalne trajektorije leta koja može uzrokovati defokusiranje, geometrijska izobličenja ili fazne pogreške SAR slike (Lort i dr. 2018).

3.3. Proizvodi UAS-a za praćenje klizišta

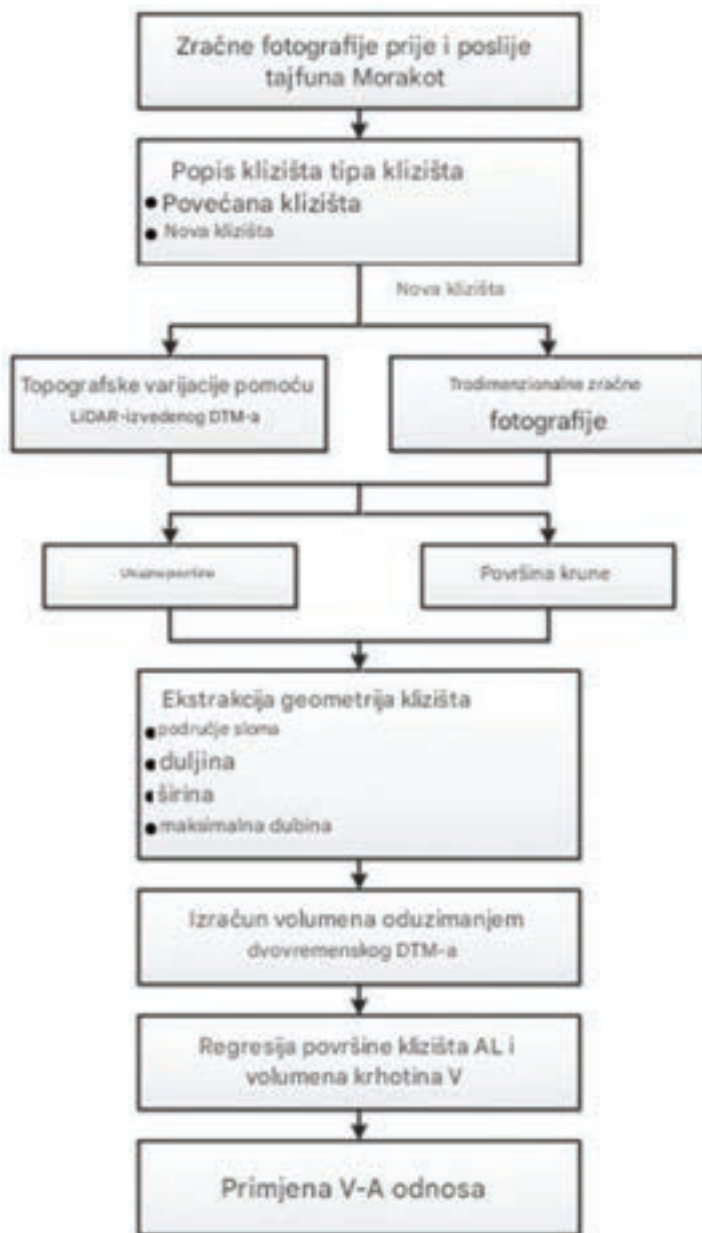
Osim kontinuiranog sustava praćenja u stvarnom vremenu, znanja o kinematici klizišta mogu se steći različitim tehnikama praćenja, koje se razlikuju prema metodi mjerenja (Jakopec i dr. 2022). Produkti za praćenje klizišta koji postoje ovisno o metodi mjerenja i korištenom instrumentariju mogu biti: snimke UAS-a, rekonstrukcija modela klizišta i otkrivanje promjena klizišta na temelju viševremenskih 3D modela. Iz navedenih moguće je izraditi Digitalni model terena, Digitalni model visina i Digitalni model površine.

UAV pruža snimke koje su prikupljene iz ptičje perspektive čija se prvobitna zadaća mogućnost karakterizacije klizišta i procjena rizika. Snimke bespilotnih letjelica prikupljene pomoću optičkih senzora pružaju velike količine podataka određene rezolucije ovisno o kameri (Chen i dr. 2020). Točnost prikupljanja podataka izražena je pomoću GSD-a (eng. ground sample distance), koji označava udaljenost između dvaju piksela na terenu. Međutim, u studijama klizišta situacija postaje složenija zbog varijacija u nadmorskoj visini unutar vidnog polja, različitih kutova nagiba bespilotnih letjelica i razmatranja fluktuacije razine iznad tla koja se u određenim slučajevima ne može zanemariti (Sun i dr. 2024).

Rekonstrukcija modela klizišta dopušta 3D prikaz objekta što je vrlo bitno zbog vertikalnih komponenti koje sadrži klizište. LIDAR brzo i efektivno prikuplja informacije o površinskim značajkama snimanog objekta i predstavlja ih u obliku oblaka točaka (Pan i dr. 2019). Vizualni pregled klizišta predstavlja izvrstan alat za kartiranje klizišta. Kao što ne postoji fiksna metodologija za takav pristup bez terenskog obilaska, neke geološke strukture mogu oponašati strukture klizišta zbog čega je potrebno kombinirati metodologije kako bi vizualizacija bila ispravna. Najvažniji aspekt je sposobnost otkrivanja pokretanja klizišta prije katastrofalnih posljedica (Jaboyedoff i Derron 2020). Kvalitetne snimke pri snimanju bespilotnom letjelicom ovise o kvaliteti kamere, visini leta koja utječe na veličinu piksela snimke i nagibu kamere koja mora biti prilagođena ovisno o objektu. Kontrolne točke su točke poznatih koordinata koje služe za uklapanje prikupljenih snimaka u referentni koordinatni sustav. Točke se mogu opažati GNSS metodom nakon čega se identificiraju na snimkama unutar softvera i pridodaju im se opažane koordinate. Snimke se u referentni koordinatni sustav uklapaju pomoću kontrolnih točaka čija distribucija mora biti na terenu pravilna kako bi raspored veznih točaka bio gust i ne bi došlo do rupa u snimkama (Luhmann i Robson 2011). U fotogrametriji kontrolne točke moraju biti široko i ravnomjerno raspoređene po cijelom bloku, posebno prema njegovoj periferiji (Martínez-Carricondo i dr. 2018). Rekonstrukcija modela pomoću UAS snimaka nudi isplativu i učinkovitu alternativu za generiranje detaljnih topografskih informacija bez potrebe za složenim mjerenjima (Carrivick i dr. 2016).

Za razumijevanje klizišta i procjenu opasnosti potrebno je razumijeti klizište što se može postići praćenjem kroz vrijeme. 3D modeli visoke rezolucije potrebni su zbog kompleksnosti klizišta koji se može sastojati od područja akumulacije, područja cirkulacije i područja izvora (Sun i dr. 2024). 3D modeli objekata prikupljeni u različitom vremenskom periodu mogu se spojiti na različite načine:

oblak na oblak, oblak na mrežu točaka i usporedba oblak točaka različitih modela, a dijagram obrade podataka prikazan je na slici 7.

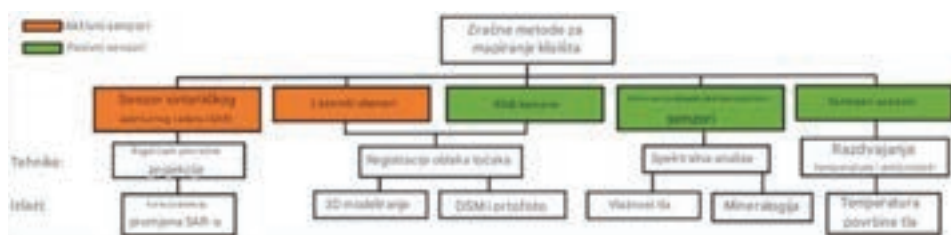


Slika 7. Dijagram procesa obrade podataka klizišta (Tseng i dr. 2013).

Visoko automatiziran tijek rada uklanja vegetaciju i povezuje površinske promjene izvedene iz oblaka točaka izravno na geomorfološki značajne klase objekata i na pojedinačne objekte (Mayr i dr. 2020).

3.4. Primjena UAS-a za praćenje klizišta

Sposobnost brojnih točkastih mjerenja pomaka preko tijela klizišta omogućuju otkrivanje i kartiranje deformacije aktivne padine (Righini i dr. 2012). Kartiranje klizišta sastoji se od identifikacije dijela Zemljine površine na kojoj je moguće da se dogodi pomak uz sve popratne pojave, klizišta je moguće kartirati na različite načine koji su prikazani na slici 8.



Slika 8. Sustavi koji se koriste za kartiranje klizišta prema tipovima senzora, mogućim tehnikama obrade i dostupnim rezultatima (Hussain i dr. 2022).

Klizišta karakteriziraju pukotine, škrape, tekture i mikrooblici terena koji su jedinstveni za svaki slučaj. Svi navedeni elementi su osnova kako bi se mogla shvatiti dinamika klizišta.

Uz opis klizišta nakon njegove pojave potrebno je i kartirati područja na koja se sumnja da bi mogla biti osjetljiva na klizišta. Karta osjetljivosti na klizišta uzima u obzir gdje se klizišta pojavljuju i što ih uzrokuje poput nagiba, vrsta tla i utjecaja toka vode na predmetnom području (URL 5). Kartiranje područja osjetljivog na klizište je ne samo kako bi se utvrdili čimbenici koji su najviše utjecali na pojavu klizišta u području već i procijeniti relativni doprinos svakog faktora za pojavu klizišta (Wubalem 2021). Izrada karte osjetljivosti određenog područja na klizištu koristan je alat u upravljanju opasnostima od klizišta jer pokazuje stupanj osjetljivosti područja na pojavu klizišta (Mersha i Meten 2020).

U hitnim slučajevima potrebno je reagirati brzo i precizno što bespilotna letjelica omogućuje svojim snimkama visoke rezolucije i lakim prikupljanjem podataka. Strategija ne može biti jedinstvena jer je svaki slučaj zaseban zbog svojih značajki stoga je bitno iz svakoga izvući pouke, a proces učenja prikazan je na slici 9. Dok se razvija strategija za hitne slučajeve na klizištima velikih razmjera, integracija u postojeći sustav je važno pitanje koje ne samo da može smanjiti administrativne troškove već i može i povećati prihvaćanje od strane stanovnika (Tsai i dr. 2021). Procesi strategije u hitnim slučajevima uključuju uspostavu sustava ranog upozoravanja, razvoj planova evakuacije, pružanje

hitnih skloništa i zaliha, operacije spašavanja, pomoć pogođenim zajednicama i obnova infrastrukture, između mnogih drugih postupaka usmjerenih na smanjenje ovih opasnosti (Varol i Derin Cengiz 2023).



Slika 9. Proces učenja kod hitnih slučajeva za upravljanje katastrofama (Faturahman 2018).

Utjecaj loših vremenskih uvjeta se pojavljuje kao negativna strana korištenja UAV-a kod situacija procjene rizika. Drugi faktor koji može biti prepreka je domet UAV-a koji može varirati ovisno o lokaciji. UAS kod hitnih slučajeva doprinosi očuvanju ljudskih života sa svim svojim prednostima i nedostacima.

Tablica 1. Primjena različitih metoda opažanja u praćenju klizišta.

Metoda prikupljanja podataka	Opis	Primjena
GNSS	Precizno pozicioniranje stalnih točaka	Praćenje pomaka u stvarnom vremenu
LiDAR	Lasersko skeniranje iz zraka	Detaljan DMT i oblak točaka
Dron + fotogrametrija	Izrada ortofota i 3D modela	Brza analiza promjena
SAR	Velike površine, povremeno snimanje	Dugoročno praćenje deformacija

Tablica 1 prikazuje primjene različitih metoda prikupljanja podataka navedenih u ovom poglavlju. Podatke je potrebno kombinirati ovisno o predmetnom području, veličini i vrsti klizišta.

4. Rezultati i rasprava

Pri praćenju i detekciji klizišta potrebno je detektirati statičke karakteristike i praćenje promjena kroz vrijeme na klizištu. Promatranje statičkih komponenti uključuje karakterizaciju i kartiranje klizišta dok dinamičko praćenje

se odnosi na promatranje promjena u pukotinama i promjena na površinama pomoću podataka iz različitih vremenskih sesija. Podatke je moguće prikupiti na različite načine ovisno o produktu koji se želi izraditi. Za promatranje statičkih karakteristika koriste se satelitske snimke i podaci prikupljeni GNSS metodom dok za izradu 3D modela se koriste preklopi avio snimaka i podaci prikupljeni LIDAR-om. Glavni kriteriji za izbor vrste podataka koji će se koristiti pri praćenju i detekciji su: potrebno vrijeme za izmjeru, troškovi izmjere i točnost prikupljenih podataka. Usporedba različitih vrsta podataka će se temeljiti na navedenim glavnim kriterijima. Uz kombinaciju sve tri metode korištene u četvrtom poglavlju postižu se rezultati centimetarske točnosti. Obzirom na kompleksnost pojedinih klizišta određene dijelove istih potrebno je dodatno analizirati. Stoga se uz opažanje kompletnog klizišta kombiniranje metoda koristi se kako bi se određene dijelove predmetnog područja veličine do 1 m poput pukotina i pomaka sedimenata opažalo dodatno te omogućilo dodatnu analizu.

4.1. UAV snimke

UAV snimke neovisno o kojoj vrsti letjelice se radi pruža prednosti svoje male težine, jeftini su, male veličine i jednostavne uporabe. Mobilne platforme za mjerenje prikupljaju snimke iz ptičje perspektive koje karakteriziraju klizišta. Prednosti snimaka pomoću UAV-a je karakterizacija morfoloških osobina specifičnih za svako klizište na temelju RGB zračnih snimaka (Li i dr. 2024, Mercuri i dr. 2024). Snimke je moguće dobiti brzo i efikasno bez potrebe za približavanjem pogođenom području. Uz detekciju klizišta razvijaju se analize mehanizama deformacija (Li i dr. 2025, Sandirc i dr. 2023, Cui i dr. 2025), analize karakteristika i stabilnosti (Li i dr. 2024) te geometrijskih promjena (Pasternak i dr. 2024, Ahmad i dr. 2024) nevisno o dubini predmetnog područja. Strojno učenje omogućuje automatsku detekciju na velikim područjima što je bitno zbog potrebe za reakcijom hitnih službi (Kutpanova i dr. 2025). Na temelju snimaka izrađuju se algoritmi za automatsku detekciju (Deng i dr. 2024) kako samih klizišta tako i pratećih pojava poput odrona. Slike se analiziraju različitim metodama strojnog učenja (Yang i dr. 2022, Maggiori i dr. 2017, Liu i Elrahman 2018) koje mogu biti temeljene na regiji ili regresiji (Teo i dr. 2023) s različitim algoritmima.

4.2. GNSS metoda

GNSS metoda mjerenja i prijemnici se primjenjuju kod geodetskog praćenja objekata (Šegina i dr. 2020, Notti i dr. 2020) odnosno u ovom slučaju dinamike klizišta (Dai i dr. 2024). Obzirom na visoke cijene GNSS prijamnika, a veliku mogućnost štete na nesigurnom području koriste se jeftini (Hamza i dr. 2023) jednofrekventni ili dvofrekventni prijemnici i kalibrirane višepojasne GNSS antene. Jednofrekventne antene koriste se za monitoring klizišta (Komac i dr. 2015, Carlà i dr. 2019) kroz duži period vremena i mogu se lako koristiti u kombinaciji s drugim izvorima podataka. Podaci se prikupljaju pomoću PPP servisa

koji pruža centimetarsku točnost što zadovoljava predmetni zadatak. Prijamnici se postavljaju u mrežu točaka (Li i dr. 2023, Yang i dr. 2023) na predmetnom području na temelju kojih se prilagođavaju duljine baznih linija i period opažanja i prijenosa podataka na temelju kojih se izrađuju modeli (Chen i dr. 2023). Dvofrekventni prijamnici (Parizia i dr. 2024) podatke mogu prikupljati pomoću statičkih relativnih metoda ili PPP metoda (Hamza i dr. 2020, Hamza i dr. 2021). Mogu se detektirati pomaci veličine nekoliko milimetara (Alemdag i dr. 2024, Xi i dr. 2024), te je poželjno koristiti metode koje prate periodične pomake (Chen i dr. 2023) kako bi bilo moguće bolje objasniti dinamiku klizišta. Podaci se prikupljaju pomoću prijarnika i šalju u glavnu stanicu u kojoj se vrši NTRIP metoda obrade podataka. Podaci se obrađuju na temelju numeričke analize. Pri opažanju koriste se prijamnici niske cijene zbog velike opasnosti od moguće štete, ali koji također omogućuju podatke centimetarske točnosti i kontinuirano opažanje.

4.3. LiDAR

LiDAR se koristi za izradu visokopreciznih digitalnih modela terena koji čine 3D predstavu terena. Obzirom na sve veći razvitak LiDAR tehnologije i njezine primjene u praksi raste i broj publikacija koje se odnose različite mogućnosti primjene pri detekciji klizišta. Podaci se obrađuju pomoću oblaka točaka čija točnost ovisi o poziciji i vrsti senzora na instrumentu, a može se kretati od metarske do milimetarske točnosti. Ključne informacije o klizištu su veličina područja koje je obuhvatilo klizište, volumen materijala koji se pokrenuo i kasnija moguća evolucija širenja klizišta (Chang i dr. 2010). Razvijanjem LiDAR tehnologije povećanja se točnost opisivanja i mikrodijelova klizišta poput pukotina manjih od 1 m (He i dr. 2025, Micu i dr. 2023) i pratećih pojava poput odrona i sl. (Noël i Nordang 2025, Minervino Amodio i dr. 2024, Ambrosino i dr. 2023) te također pomaka sedimenata (Tunncliffe i dr. 2024) povezanih s klizištima. Za određivanje istih potrebno je odrediti mehanizme praćenja (Li i dr. 2025) koji su specifični za svaku pojedinu lokaciju. U sadašnjosti pri analiziranju i detekciji koristi se i umjetna inteligencija (Alam i dr. 2024, Maxwell i dr. 2021) i tehnike strojnog učenja (Barbarella i dr. 2021, Al-Najjar i dr. 2021) pomoću koje se može provoditi automatska (Li i dr. 2023) ili poluautomatska (Zangana i dr. 2024) detekcija klizišta. Tehnologija obrade podataka i izrade modela i grafičkih prikaza je razvijena, LiDAR se razvija u smjeru izrade multitemporalnih modela i izrade baze podataka klizišta (Létal i dr. 2025, Ritonga i dr. 2022, Glenn i dr. 2010).

Uz općeniti opis različitih senzora prikazan u ovom poglavlju, tablica 2 prikazuje usporedbu senzora za prikupljanje navedenih u ovom radu po kriterijima rezolucije snimaka, prednosti, nedostataka i cijene.

Tablica 2. *Usporedba senzora za prikupljanje podataka.*

Senzor	Prostorna rezolucija Očekivana točnost detekcije klizišta	Prednosti	Nedostaci	Cijena
RGB kamera (UAV)	<10 cm 10–20 cm	lako prepoznati vizualne promjene, laka obrada i interpretacija podataka, jeftino	ne vidi se ispod vegetacije, osjetljiv na sjene, male informacije o termalnim promjenama	1000 – 4000 €
LiDAR	2–5 cm 1–5 cm	vrlo precizna izmjera promjena na terenu, izmjera pukotina i manjih pojava na klizištu	skupi senzori, zahtjevnija obrada podataka	20 000– 90 000 €
Multispektralna kamera	20–50 cm 20–50 cm	lakša klasifikacija vegetacije i prikaz stanja vegetacije, bolja pri pojavi sjena u odnosu na RGB	ograničena spektralna rezolucija	5000– 15 000 €
Hiperspektralna kamera	50–100 cm 97% preciznost detekcije (koristi se u kombinaciji s drugim senzorima)	razlikuje materijale, korisno pri otkrivanju novih rizičnih područja ili klizišta	velika količina podataka, niža prostorna rezolucija, zahtjeva dobru kalibraciju	30 000–150 000 €
Termalna kamera	10–50 cm 1–5 °C	detektira promjene temperature i vlage što je mogući predznak pojave klizišta	samo površinska temperatura, interpretacija podataka kompleksna	2000– 6000 €

Cijena se odnosi na prosječnu cijenu senzora koji zadovoljavaju točnost i kvalitetu podataka za detekciju klizišta na tržištu na državnoj razini. Podaci o prostornoj rezoluciji, očekivanoj točnosti prednosti i manama UAV-a (Albanwan i dr. 2024), LiDAR-a (Jaboyedoff i dr. 2012), multispektralne kamere (Shahabi i dr. 2021, Furukawa i dr. 2021), hiperspektralne (Chengming i dr. 2019) i termalne kamere (Ma i dr. 2020) prikupljene su kroz čitavu literaturu navedenu u radu i predstavljaju trenutno opće stanje pri detekciji klizišta. Nijedan senzor ne pruža idealno rješenje, već se moraju kombinirati različiti senzori kako bi se maksimalno efektivno kako financijski tako i precizno klizište detektiralo, a svako klizište je specifično zbog mogućih različitih uvjeta na terenu i vrste klizišta.

5. Zaključak

Pregled metoda za detekciju i praćenje klizišta naglašava značajne doprinose svake od metoda LiDAR-a, UAV-a i GNSS u današnjici. Metode opisane u radu služe za promatranje i detekciju statičkih karakteristika i dinamičkih pomaka. Isti se mogu promatrati u dugom ili kratkom vremenskom periodu ovisno o potrebama predmetnog područja i aktivnosti klizišta. Kod klizišta je moguće doći do naglih poremećaja i aktivacije klizišta ili su potrebna opažanja u dugom periodu kod predmetnih područja koja predstavljaju opasnost po okolinu, ali su pomaci malog iznosa. Svi načini opažanja podržani su instrumentima koji omogućuju rezultate visoke razlučivosti određene točnosti, ovisno o uvjetima na terenu i dostupnim senzorima što omogućuje zadovoljavajuće vremenske i prostorne podatke. Uz opažanje pomaka i osobina svi podaci imaju ključnu ulogu u strategijama za hitne slučajeve. Stvaraju se baze podataka i multi-temporalni modeli za duga periodička praćenja i same mehanizme praćenja. Razvijanjem instrumentarija moguće je i opažati geološke karakteristike povezane s pojavom klizišta na malim dijelovima klizišta. Na tim malim dijelovima klizišta mogu se promatrati specifični pomaci sedimenata, odroni i sl. Prikupljeni podaci upotpunjavaju se i razvijaju upotrebom umjetne inteligencije i tehnikama strojnog učenja, dok detekcija na temelju podataka može biti automatska ili poluautomatska. Zaključno sve tri metode sa svojim proizvodima omogućuju bolje razumijevanje statičkih i dinamičkih karakteristika klizišta s zadovoljavajućom točnosti dok se metoda prikupljanja podataka prilagođava predmetnom području i zadatku. Obzirom na tehnološki razvoj i integraciju različitih tipova podataka s metodama strojnog učenja i upotrebom umjetne inteligencije ključno je posjedovati baze podataka i modele za detekciju klizišta kako bi se omogućili brzi odgovori na hitne slučajeve i povećala primjena navedenih metoda u istraživanju i detekciji klizišta.

Literatura

- Ahmad, N., Shafique, M., Hussain, M. L., Islam, F., Tariq, A., Soufan, W. (2024): Characterization and Geomorphic Change Detection of Landslides Using UAV Multi-Temporal Imagery in the Himalayas, Pakistan, Land, 13, 904.
- Alam, M. J. B., Manzano, L. S., Debnath, R., Ahmed, A. A. (2024): Monitoring Slope Movement and Soil Hydrologic Behavior Using IoT and AI Technologies: A Systematic Review, Hydrology, 11, 111.
- Albanwan, H., Qin, R., Liu, J.-K. (2024): Remote Sensing-Based 3D Assessment of Landslides: A Review of the Data, Methods, and Applications, Remote Sens., 16, 455.
- Alemdag, S., Yalvaç, S., Bjelotomić Oršulić, O., Kara, O., Zeybek, H. İ., Bostanci, H. T., Markovinović, D. (2024): Monitoring Surface Deformations in a Fossil Landslide Zone and Identifying Potential Failure Mechanisms: A Case Study of Gümüşhane State Hospital, Sensors, 24, 4995.

- Al-Najjar, H. A. H., Pradhan, B., Kalantar, B., Sameen, M. I., Santosh, M., Alamri, A. (2021): Landslide Susceptibility Modeling: An Integrated Novel Method Based on Machine Learning Feature Transformation, *Remote Sens.*, 13, 3281.
- Ambrosino, A., Di Benedetto, A., Fiani, M. (2023): LiDAR Data and HRSI to Evaluate the Mitigating Effect of Forests into Rockfall Risk Analysis Using SOM: Mt San Liberatore Case Study, *Remote Sens.*, 15, 4523.
- Barbarella, M., Di Benedetto, A., Fiani, M. (2021): Application of Supervised Machine Learning Technique on LiDAR Data for Monitoring Coastal Land Evolution, *Remote Sens.*, 13, 4782.
- Carlà, T., Tofani, V., Lombardi, L., Raspini, F., Bianchini, S., Bertolo, D., Thuegaz, P., Casagli, N. (2019): Combination of GNSS, Satellite InSAR, and GBInSAR Remote Sensing Monitoring to Improve the Understanding of a Large Landslide in High Alpine Environment, *Geomorphology*, 335.
- Carrivick, J. L., Smith, M. W., Quincey, D. J. (2016): *Structure from Motion in the Geosciences*, John Wiley & Sons, Hoboken, NY, USA.
- Chang, K., Chan, Y., Chen, R., Hsieh, Y.-C. (2010): Existing large-scale landslides assessment by means of LiDAR data: Example from Tatun volcanic area, northern Taiwan, AGU Fall Meeting Abstracts.
- Chengming, Y., Yao, L., Peng, C., Li, L., Saeid, P., Marcato, J. (2019): Landslide Detection of Hyperspectral Remote Sensing Data Based on Deep Learning With Constrains, in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12 (12), 5047–5060.
- Chen, H., Lu, T., Huang, J., He, X., Yu, K., Sun, X., Ma, X., Huang, Z. (2023): An Improved VMD-LSTM Model for Time-Varying GNSS Time Series Prediction with Temporally Correlated Noise, *Remote Sens.*, 15, 3694.
- Chen, S., Xiang, C., Kang, Q., Zhong, W., Zhou, Y. and Liu, K. (2020): Accurate landslide detection leveraging UAV-based aerial remote sensing, *IET Commun.*, 14, 2434–2441.
- Chen, Z., Huang, G., Xie, W., Zhang, Y., Wang, L. (2023): GNSS Real-Time Warning Technology for Expansive Soil Landslide – A Case in Ningming Demonstration Area, *Remote Sens.*, 15, 2772.
- Cui, F., Xiong, C., Wu, Q., Zhou, Y., Hou, C., Fan, L., Liu, M., Xu, H., Pan, X. (2025): Dynamic mechanism triggering the catastrophic Xinjing Landslide in Alxa, Inner Mongolia, *Engineering Geology*, 346.
- Dai, L., Jia, C., Chen, L., Zhang, Q., Chen, W. (2024): Development Characteristics and Reactivation Mechanism of a Large-Scale Ancient Landslide in Reservoir Area, *Appl. Sci.*, 14, 3107.
- Del Savio, A. A., Luna Torres, A., Chicchón Apaza, M. A., Vergara Olivera, M. A., Llimpe Rojas, S. R., Urdy Ibarra, G. T., Reyes Nique, J. L., Macedo Arevalo, R. I. (2022): Integrating a LiDAR Sensor in a UAV Platform to Obtain a Georeferenced Point Cloud, *Appl. Sci.*, 12, 12838.
- Deng, B., Xu, Q., Dong, X., Li, W., Wu, M., Ju, Y., He, Q. (2024): Automatic Method for Detecting Deformation Cracks in Landslides Based on Multidimensional Information Fusion, *Remote Sens.*, 16, 4075.

- Faturahman, B. M. (2018): Strategy of Emergency Response of Flood and Landslide Disaster in Pacitan Regency, *Jurnal Ilmu Administrasi: Media Pengembangan Ilmu dan Praktek Administrasi*.
- Furukawa, F., Laneng, L. A., Ando, H., Yoshimura, N., Kaneko, M., Morimoto, J. (2021): Comparison of RGB and Multispectral Unmanned Aerial Vehicle for Monitoring Vegetation Coverage Changes on a Landslide Area, *Drones*, 5, 97.
- Glenn, N., Spaete, L., Shrestha, R., O'Leary, P., Thackray, G., Chadwick, J. (2010): Landslide Monitoring with Multi-Temporal Airborne LiDAR, AGU Fall Meeting Abstracts.
- Hamza, V., Stopar, B., Ambrožič, T., Sterle, O. (2021): Performance Evaluation of Low-Cost Multi-Frequency GNSS Receivers and Antennas for Displacement Detection, *Appl. Sci.*, 11, 6666.
- Hamza, V., Stopar, B., Ambrožič, T., Turk, G., Sterle, O. (2020): Testing Multi-Frequency Low-Cost GNSS Receivers for Geodetic Monitoring Purposes, *Sensors*, 20, 4375.
- Hamza, V., Stopar, B., Sterle, O., Pavlovčič-Prešeren, P. (2023): A Cost-Effective GNSS Solution for Continuous Monitoring of Landslides, *Remote Sens.*, 15, 2287.
- He, Q., Dong, X., Li, H., Deng, B., Sima, J. (2025): A Micro-Topography Enhancement Method for DEMs: Advancing Geological Hazard Identification, *Remote Sens.*, 17, 920.
- Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L. (2014): The Varnes classification of landslide types, an update, *Landslides*, 11, 2, 167–194.
- Hussain, Y., Schlögel, R., Innocenti, A., Hamza, O., Iannucci, R., Martino, S., Havenith, H.-B. (2022): Review on the Geophysical and UAV-Based Methods Applied to Landslides, *Remote Sens.*, 14, 4564.
- Jaboyedoff, M., Derron, M. H. (2020): Landslide analysis using laser scanners, *Developments in Earth Surface Processes*, Elsevier, 23, 207–230.
- Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Abellán, A. (2012): Use of LIDAR in landslide investigations: a review, *Nat Hazards*, 61, 5–28.
- Jakopec, I., Marendić, A., Grgac, I. (2022): A Novel Approach to Landslide Monitoring based on Unmanned Aerial System Photogrammetry, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 37 (5), 83–101.
- Komac, M., Holley, R., Mahapatra, P., van der Marel, H., Bavec, M. (2015): Coupling of GPS/GNSS and Radar Interferometric Data for a 3D Surface Displacement Monitoring of Landslides, *Landslides*, 12, 241–257.
- Kutpanova, Z., Kadhim, M., Zheng, X., Zhakiyev, N. (2025): Multi-UAV path planning for multiple emergency payloads delivery in natural disaster scenarios, *Journal of Electronic Science and Technology*, 23.
- Létal, A., Klimes, J., Šandric, I. (2025): Building landslide inventory with LiDAR data and deep learning, *Earth Observation Applications to Landslide Mapping, Monitoring and Modeling*, Elsevier, 297–311.
- Li, D., Tang, X., Tu, Z., Fang, C., Ju, Y. (2023): Automatic Detection of Forested

- Landslides: A Case Study in Jiuzhaigou County, China, *Remote Sens.*, 15, 3850.
- Li, M., Xiu, Z., Han, J., Meng, F., Wang, F., Ji, H. (2024): Characterization and Stability Analysis of Rock Mass Discontinuities in Layered Slopes: A Case Study from Fushun West Open-Pit Mine, *Appl. Sci.*, 14, 11330.
- Li, X., Guo, C., Chen, W., Wei, P., Jin, F., Yan, Y., Liu, G. (2025): Deformation Mechanisms and Rainfall Lag Effects of Deep-Seated Ancient Landslides in High-Mountain Regions: A Case Study of the Zhongxinrong Landslide, Upper Jinsha River, *Remote Sens.*, 17, 687.
- Li, Z., Ma, Y., Liu, J., Liu, Y., Ren, W., Zhao, Q. (2023): Short-Term Rainfall Forecasting by Combining BP-NN Algorithm and GNSS Technique for Landslide-Prone Areas, *Atmosphere*, 14, 1309.
- Li, Z.-H., Shi, A.-C., Xiao, H.-X., Niu, Z.-H., Jiang, N., Li, H.-B., Hu, Y.-X. (2024): Robust Landslide Recognition Using UAV Datasets: A Case Study in Baihetan Reservoir, *Remote Sens.*, 16, 2558.
- Liu, T., Elrahman, A. (2018): Comparing fully convolutional networks, random forest, support vector machine, and patch-based deep convolutional neural networks for object-based wetland mapping using images from small unmanned aircraft system, *GISci. Remote Sens.*, 55, 243–264.
- Luhmann, T., Robson, S. (2011): *Close Range Photogrammetry: Principles, Methods and Applications*, Cdr ed., Whittles Publishing, Dunbeath, UK.
- Lort, M., Aguasca, A., López-Martínez, C., Marín, T. M. (2018): Initial Evaluation of SAR Capabilities in UAV Multicopter Platforms, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11 (1), 127–140.
- Ma, J., Niu, X., Liu, X., Wang, Y., Wen, T., Zhang, J. (2020): Thermal Infrared Imagery Integrated with Terrestrial Laser Scanning and Particle Tracking Velocimetry for Characterization of Landslide Model Failure, *Sensors*, 20, 219.
- Maggiori, E., Tarabalka, Y., Charpiat, G., Alliez, P. (2017): Convolutional neural networks for large-scale remote-sensing image classification, *Remote Sens.*, 55, 645–657.
- Martínez-Carricondo, P., Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Mesas-Carrascosa, F. J., García-Ferrer, A., Pérez-Porras, F. J. (2018): Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 72, 1–10.
- Maxwell, A. E., Sharma, M., Donaldson, K. A. (2021): Explainable Boosting Machines for Slope Failure Spatial Predictive Modeling, *Remote Sens.*, 13, 4991.
- Maxwell, A. E., Sharma, M., Kite, J. S., Donaldson, K. A., Maynard, S. M., Malay, C. M. (2021): Assessing the Generalization of Machine Learning-Based Slope Failure Prediction to New Geographic Extents, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10, 293.
- Mayr, A., Rutzinger, M., Geitner C. (2020): Multitemporal analysis of objects in 3d point clouds for landslide monitoring, *The International Archives of*

- the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2, 2018 ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry 2020", 4–7 June 2018, Riva del Garda, Italy.
- Mercuri, M., Biondino, D., Ciurleo, M., Cofone, G., Conforti, M., Gullà, G., Stellato, M. C., Borrelli, L. (2024): The Use of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for First-Failure Landslide Detection, *GeoHazards*, 5, 683–699.
- Mersha, T., Meten, M. (2020): GIS-based landslide susceptibility mapping and assessment using bivariate statistical methods in Simada area, northwestern Ethiopia, *Geoenviron Disasters*, 7, 20.
- Micu, M., Vasile, M., Miron, F., Onaca, A., Sirbu, F. (2023); Skyline Drones Team. Deciphering Complex Morphology and Structural Connectivity of High-Magnitude Deep-Seated Landslides via Airborne Laser Scanning: A Case Study in the Vrancea Seismic Region, Romanian Carpathians, *Remote Sens.*, 15, 5286.
- Minervino Amodio, A., Corrado, G., Gallo, I. G., Gioia, D., Schiattarella, M., Vitale, V., Robustelli, G. (2024): Three-Dimensional Rockslide Analysis Using Unmanned Aerial Vehicle and LiDAR: The Castrocuco Case Study, Southern Italy, *Remote Sens.*, 16, 2235.
- Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., et al. (2006): Global landslide and avalanche hotspots, *Landslides*, 3, 159–173.
- Noël, F., Nordang, S. F. (2025): Quantitative Rockfall Hazard Assessment of the Norwegian Road Network and Residences at an Indicative Level from Simulated Trajectories, *Remote Sens.*, 17, 819.
- Notti, D., Cina, A., Manzano, A., Colombo, A., Bendea, I. H., Mollo, P., Giordan, D. (2020): Low-Cost GNSS Solution for Continuous Monitoring of Slope Instabilities Applied to Madonna Del Sasso Sanctuary (NW Italy), *Sensors*, 20, 289.
- Pan, Y., Han, Y., Wang, L., Chen, J., Meng, H., Wang, G., Zhang, Z., Wang, S. (2019): 3D Reconstruction of Ground Crops Based on Airborne LiDAR Technology, *IFAC-PapersOnLine*, 52 (24), 35–40.
- Parizia, F., Roberti, G., Clague, J. J., Alberto, W., Giardino, M., Ward, B., Perotti, L. (2024): Landslide Deposit Erosion and Reworking Documented by Geomatic Surveys at Mount Meager, BC, Canada, *Remote Sens.*, 16, 1599.
- Pasternak, G., Pasternak, K., Koda, E., Ogródnik, P. (2024): Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Monitoring the Geometric Changes of Reclaimed Landfills, *Sensors*, 24, 7247.
- Righini, G., Pancioli, V., Casagli, N. (2012): Updating landslide inventory maps using Persistent Scatterer Interferometry (PSI), *International Journal of Remote Sensing*, 33 (7), 2068–2096.
- Ritonga, R., Gomi, T., Sidle, R., Arata, Y., Noviandi, R. (2022): Small size but densely distributed: Insights from a LiDAR-based manual inventory of the recent earthquake-induced landslides case in Japan.
- Robles-Kelly, A., Huynh, C. P. (2012): *Imaging Spectroscopy for Scene Analysis*, Springer Science & Business Media, Berlin/Heidelberg, Germany.

- Șandric, I., Irimia, R., Ilinca, V., Chițu, Z., Gheuca, I. (2023): Using UAV Time Series to Estimate Landslides' Kinematics Uncertainties, Case Study: Chirlești Earthflow, Romania, *Remote Sens.*, 15, 2161.
- Shahabi, H., Rahimzad, M., Tavakkoli Piralilou, S., Ghorbanzadeh, O., Homayouni, S., Blaschke, T., Lim, S., Ghamisi, P. (2021): Unsupervised Deep Learning for Landslide Detection from Multispectral Sentinel-2 Imagery, *Remote Sens.*, 13, 4698.
- Stecz, W., Gromada, K. (2020): UAV Mission Planning with SAR Application, *Sensors*, 20, 1080.
- Sun, J., Yuan, G., Song, L., Zhang, H. (2024): Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Landslide Investigation and Monitoring: A Review, *Drones*, 8, 30.
- Šegina, E., Peternel, T., Urbančič, T., Realini, E., Zupan, M., Jež, J., Caldera, S., Gatti, A., Tagliaferro, G., Consoli, A., et al. (2020): Monitoring Surface Displacement of a Deep-Seated Landslide by a Low-Cost and near Real-Time GNSS System, *Remote Sens.*, 12, 3375.
- Tan, Y., Li, G., Cai, R., Ma, J., Wang, M. (2022): Mapping and modelling defect data from UAV captured images to BIM for building external wall inspection, *Autom. Constr.*, 139, 104284.
- Teo, T. A., Fu, Y. J., Li, K. W., Weng, M. C., Yang, C. M. (2023): Comparison between image- and surface-derived displacement fields for landslide monitoring using an unmanned aerial vehicle, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 116.
- Tsai, Y.-J., Syu, F.-T., Shieh, C.-L., Chung, C.-R., Lin, S.-S., Yin, H.-Y. (2021): Framework of Emergency Response System for Potential Large-Scale Landslide in Taiwan, *Water*, 13, 712.
- Tseng, C. M., Weei Lin, C., Stark, C. P., Kin Liu, J., Yuan Fei, L., Chung Hsieh, Y. (2013): Application of a multi-temporal, LiDAR-derived, digital terrain model in a landslide-volume estimation, *Earth Surf. Process. Landforms*, 38, 1587–1601.
- Tunncliffe, J., Howarth, J., Massey, Ch. (2024): Controls on fluvial sediment evacuation following an earthquake-triggered landslide: Observations from LiDAR time series, *Science advances*.
- Varol, N., Derin Cengiz, L. (2023): An Overview of Landslide Management: Scope, Difficulties, Limitations with Future Directions and Opportunities, *Afet Ve Risk Dergisi*, 6 (2), 609–621.
- Wubalem, A. (2021): Landslide susceptibility mapping using statistical methods in Uatzau catchment area, northwestern Ethiopia, *Geoenviron Disasters*, 8, 1.
- Xi, K., Tao, P., Niu, Z., Zhu, X., Duan, Y., Ke, T., Zhang, Z. (2024): Three-Dimensional Deformation Estimation from Multi-Temporal Real-Scene Models for Landslide Monitoring, *Remote Sens.*, 16, 2705.
- Yang, B., Guo, Z., Wang, L., He, J., Xia, B., Vakily, S. (2023): Updated Global Navigation Satellite System Observations and Attention-Based Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory Network

- Deep Learning Algorithms to Predict Landslide Spatiotemporal Displacement, *Remote Sens.*, 15, 4971.
- Yang, K., Li, W., Yang, X., Zhang, L. (2022): Improving Landslide Recognition on UAV Data through Transfer Learning, *Appl. Sci.*, 12, 10121.
- Zangana, I., Bell, R., Drăguț, L., Sirbu, F., Schrott, L. (2024): Semi-Automatic Mapping of Forest-Covered Landslides Using Geographic Object-Based Image Analysis, Jena, Germany.
- Zhang, Z., Zhu, L. (2023): A Review on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing: Platforms, Sensors, Data Processing Methods, and Applications, *Drones*, 7, 398.

Mrežne adrese

- URL 1: USGS, <https://www.usgs.gov/faqs/what-landslide-and-what-causes-one>, (29. 12. 2023.).
- URL 2: Scopus, <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sort=plff&src=s&sid=02b10564c3e02e321c8cef9dfc36d570&sot=a&sdt=a&cluster=scosubjabbr%2c%22EART%22%2ct%2c%22ENGI%22%2ct%2c%22COMP%22%2ct%2c%22ENVI%22%2ct%2bscosubtype%2c%22ar%22%2ct%2c%22cp%22%2ct%2c%22cr%22%2ct%2c%22re%22%2ct%2bscoexactkeywords%2c%22Unmanned+Aerial+Vehicles+%28UAV%29%22%2ct%2c%22Landslides%22%2ct%2c%22Landslide%22%2ct%2bscolang%2c%22English%22%2ct%2bscofreetoread%2c%22all%22%2ct&sl=32&s=TITLE-ABSKEY%28uav+and+landslide%29&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results>, (4. 1. 2024.).
- URL 3: Scopus, <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=2505ccb8877379b71a33d953b55c7b18&sot=a&sdt=a&cluster=scoexactkeywords%2c%22Unmanned+Aerial+Vehicles+%28UAV%29%22%2ct%2c%22Landslides%22%2ct%2c%22Landslide%22%2ct%2c%22UAS%22%2ct%2c%22Unmanned+Aerial+Systems%22%2ct%2c%22Unmanned+Aircraft+System%22%2ct&sl=40&s=TITLE-ABS-KEY%28uas+AND+UAV+AND+LANDSLIDE%29&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results0>, (28. 5. 2024.).
- URL 4: University of Florida, <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AE565>, (9. 3. 2024.).
- URL 5: Geological Survey Ireland, <https://www.gsi.ie/en-ie/programmes-and-projects/geohazards/projects/Pages/Landslide-Susceptibility-Mapping.aspx>, (23. 3. 2024.).

Overview of Achievements in the Use of Remote Sensing Material from UAV for Monitoring and Detecting the State of Landslides

ABSTRACT. Over the past two decades, unmanned aerial vehicles have become one of the basic methods of landslide observation. The paper provides an overview of the achievements of the current remote sensing materials from drones for landslide monitoring and detection. UAVs, with all their sensors and in combination with other observation methods, enable the monitoring and detection of landslide conditions. During observation, data on spatial changes and temporal dynamics, as well as the reactions of landslides and geological structures over time, are collected. The review paper describes the roles and methods of different types of unmanned aerial vehicles and RGB, LIDAR and SAR sensors. The role of UAVs in the possibilities of data collection, mapping and modeling is described. The data enable the monitoring of spatial evolution over time, which more closely depicts the dynamic processes of landslides. The role of observations and data in emergency scenarios and the possibilities of automatic and semi-automatic detection using machine learning algorithms are also described. The discussion describes the need to combine different observation methods in order to create 3D models of landslides as soon as possible after their occurrence and so that they can be monitored with spatial and temporal components.

Keywords: remote sensing, photogrammetry, landslide, UAV, GNSS.

Primljeno / Received: 2025-06-24

Prihvaćeno / Accepted: 2025-10-23

UDK 528.067:528:629.056.8

Pregledni znanstveni članak / Review

Status i trendovi razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi

Petar JELIĆ, Željko BAČIĆ, Danijel ŠUGAR,
Zvonimir NEVISTIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. Permanentne GNSS mreže u Europi čine ključnu infrastrukturu za precizno pozicioniranje, geodetska mjerenja, znanstvena istraživanja i različite inženjerske primjene. Njihov razvoj, pogotovo u zadnjih 10-ak godina, obilježen je povećanjem broja stanica, modernizacijom postojećih mreža zamjenom starih s novim, višefrekvencijskim i višekonzelacijske antenama i prijamnicima, uz rasm broja korisnika koji koriste precizno pozicioniranje u negeodetske svrhe. Nacionalne mreže država članica EU i drugih europskih zemalja sve više se razvijaju ili prenamijenjuju u višenamjenske – kombinirajući znanstvene, referentne i komercijalne usluge i servise. Cilj ovoga rada je analizirati aktualno stanje i trendove razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi, s posebnim naglaskom na nacionalne servise, modele dostupnosti i progušćenje mreža što rezultira povećanjem broja stanica. Pregled je izrađen na temelju podataka iz međunarodne baze M³G, izvješća i prezentacija sa skupova EUREF-a te javno dostupnih nacionalnih izvora i službene korespondencije s institucijama. Istraživanjem je pronađena 161 mreža u 51 državi Europe, uključujući više od 3.500 aktivnih stanica, od kojih je 423 uključeno u EPN. Posebno se ističe uloga EPN-a u standardizaciji metapodataka i osiguravanju homogenog referentnog okvira. Istraživanje je pokazalo kako otvoreni modeli pristupa potiču eksponencijalni rast korisnika, dok komercijalni ili hibridni modeli imaju stabilniji, ali sporiji razvoj. Analiza prikupljenih podataka permanentnih GNSS mreža u Europi pokazuje rast broja stanica mreže što rezultira boljom pokrivenošću teritorija regija ili država, kao i raznolikijom primjenom preciznog pozicioniranja. Ovi pokazatelji potvrđuju da permanentne GNSS mreže u Europi postaju sve dostupnije, pouzdanije i multifunkcionalnije,

¹ Petar Jelić, mag. ing. geod. et geoinf., Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: petar.jelic@geof.unizg.hr
prof. dr. sc. Željko Bačić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zeljko.bacic@geof.unizg.hr
izv. prof. dr. sc. Danijel Šugar, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: danijel.sugar@geof.unizg.hr
dr. sc. tech. Zvonimir Nevistić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zvonimir.nevistic@geof.unizg.hr

te time sve više doprinose razvoju digitalizacije, tehnologije i infrastrukture u Europi.

Ključne riječi: GNSS permanentne mreže, CORS, državni pozicijski sustav, RTK, trendovi rasta, EPN.

1. Uvod

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) omogućuju precizno određivanje položaja bilo gdje na Zemlji i u blizini Zemljine površine pomoću signala odaslanih s umjetnih satelita. Njihova primjena, koja konstantno raste, postala je neizostavan dio svih modernih tehnologija, kao i naše svakodnevice. Razvoj GNSS tehnologije doveo je do značajnog napretka u preciznom pozicioniranju. Kako bi se iskoristile mogućnosti koje nam pružaju satelitski sustavi uspostavljene su mreže stalno operativnih GNSS referentnih stanica – CORS (engl. *Continuously Operating Reference Stations*) s ciljem poboljšanja preciznosti i pouzdanosti pozicioniranja i navigacije unutar pokrivenog područja.

CORS stanice su stacionarni permanentni prijamnici s poznatim koordinatama koji kontinuirano opažaju signale odaslane sa satelita. Stanice unutar mreže postavljene su na odabranim mjestima u određenom području te su raspoređene na približno podjednakim udaljenostima tvoreći mreže trokuta s najbližim susjednim CORS stanicama. Lokacije na koja se postavljaju CORS stanice moraju biti geološki stabilne, pružati sigurnost od oštećenja ili vanjskih utjecaja koji bi rezultirali pomacima stanica. Postavljaju se na betonske ili metalne stupove temeljene u stabilnom tlu oko kojih je izgrađena zaštitna ograda. U urbanim područjima, stanice se postavljaju na krovove visokih zgrada tako da imaju otvoren horizont za primanje signala satelita. CORS stanicama mora se osigurati konstantno napajanje i komunikacijska oprema s kontrolnim centrom, a uz stanicu često se postavlja i manja meteorološka stanica koja prati atmosferske uvjete (Stone 2000).

Svaka pojedina stanica mreže prikuplja opažanja koja šalje kontrolnom centru gdje se provodi obrada podataka. Računaju se korekcijski parametri koji se dalje distribuiraju krajnjim korisnicima u realnom vremenu. Korekcijski parametri dobiveni su iz usporedbe trenutačno izračunatog položaja stanica s unaprijed poznatim položajem istih stanica, dobivenim dugotrajnim opažanjem pri uspostavi permanentne mreže. Osim obrade, računanja i distribucije podataka, kontrolni centar ima zadaću nadzora rada sustava i podrške korisnicima.

U pretraživanju permanentnih GNSS mreža u Europi nije se naišlo na nikakvu sveobuhvatnu bazu koja obuhvaća većinu stanica, mreža i institucija koje su uspostavile i održavaju te mreže. Najveća pronađena baza podataka je M³G (Sustav upravljanja i distribucije metapodataka za višestruke GNSS mreže) koja omogućuje prijenos, validaciju i distribuciju GNSS metapodataka. Primarno je razvijena za podršku GNSS mrežama EPOS-a (engl. *European Plate Observing System*), EPN-a (engl. *EUREF Permanent Network*) i njegova progušćenja. Razvoj i održavanje M³G baze podataka povjereno je Kraljevskom opservatoriju Belgije (ROB, engl. *Royal Observatory of Belgium*). U nju su upisane 3.550 stanice u 84 mreže, od čega je 68 mreža na području Europe (za dan

12.9.2025.). Za mnoge stanice u M³G bazi podataka nije navedena mreža kojoj pripadaju (URL 1).

Drugi veliki izvor podataka u istraživanju bile su prezentacije s EUREF (engl. *EUROpean Reference Frame*) simpozija na kojima se raspravlja o aktivnostima EUREF-a i donose rezolucije vezane za definiranje, realizaciju i održavanje Europskog referentnog okvira. Također, na simpoziju nacionalne agencije izlažu promjene i novosti vezane za geodetske radove, permanentne mreže, CORS stanice, katastar i slično. Pojedinačno internet pretraživanje, znanstveni članci, časopisi i e-mail upiti prema nadležnim institucijama zaduženim za održavanje nacionalne CORS mreže također su urodili plodom.

U ovom članku fokus je postavljen na nacionalne mreže koje pružaju mogućnost RTK (engl. *Real-Time Kinematic*) pozicioniranja. Iz svih izvora, sveukupno je pronađena 161 aktivna permanentna GNSS mreža (uz pretpostavku da ih ima još) na području 51 države Europe koje pokrivaju područje od više zemalja do lokalnog područja u pojedinim gradovima. U samom istraživanju nerijetko se naišlo na različite podatke, pogotovo o broju stanica mreže, koji su često izostajali kod mreža regionalnih i lokalnih područja, specifičnih ili znanstveno-istraživačkih namjena, a pogotovo kod privatnih mreža.

Prikazane su brojke o povećanju broja stanica unutar mreža kao i rast broja korisnika koji su registrirani i koriste RTK servis pozicioniranja pri čemu su obuhvaćene mreže s naplatom korištenja servisa i one bez naplate. Još jedan od statističkih pokazatelja je i prosječna udaljenost između stanica dobivena tako da se kopnena površina države podijelila s brojem stanica gdje je rezultat površina koju pokriva jedna stanica. Poznato je da signal stanice pokriva kružno područje, a ona se nalazi u njegovu centru. Aproximirana prosječna udaljenost između stanica određena je kao dvostruki radijus kruga od jedne do druge stanice. Unatoč brojnim izvorima podataka, i dalje nedostaje jedinstvena i sveobuhvatna baza permanentnih GNSS mreža koja bi obuhvatila sve europske države i operatore. Ovaj nedostatak otežava usporedbu i sustavno praćenje trendova, što opravdava potrebu za integriranim pregledom i analizom kakav donosi ovaj rad.

2. Podjela permanentnih GNSS mreža

Mreže možemo kategorizirati prema: području tj. veličini zemljine površine koju pokrivaju (globalne, kontinentalne, internacionalne, nacionalne, regionalne, lokalne), namjeni mreže (pozicioniranje, geodinamička, znanstveno-istraživačka, specifična namjena mreže, kombinirana namjena), prema modelu ili dostupnosti podataka (besplatne, komercijalne) i prema vlasništvu (državna, privatna ili kombinirano vlasništvo).

Područja koja permanentne mreže pokrivaju su uglavnom na razini cijele države ili određenih geografskih ili geoloških regija u toj državi. Mnoge geodinamičke mreže pokrivaju regionalno područje od interesa, ali se mogu protezati i kroz više država.

Namjena mreža vrlo često je kombinirana jer se iskorištava mogućnost obrade istih primljenih podataka na više različitih načina, a najčešća kombinacija

je referentna mreža za pozicioniranje i geodinamička mreža. Znanstveno-istraživačke mreže ili mreže za specifičnu namjenu uglavnom su mreže s manjim brojem stanica i lokalnog su karaktera.

Postoje dva glavna modela GNSS permanentnih mreža: državne ili privatne mreže. Državne su one u kojima su prikupljeni podaci otvorenog tipa – besplatni za korištenje, najčešće nakon registracije u sustav. Najčešće su financirani od strane državnih institucija, sveučilišta ili drugih organizacija. Pojedine zemlje usluge pozicioniranja u stvarnom vremenu pružaju putem komercijalnih partnera koji naplaćuju svoje usluge.

Mreža može biti u vlasništvu države na način da je održavana i postavljana od strane neke državne agencije koja se bavi geodezijom, kartografijom, prostornim podacima, katastrom ili je pod kontrolom vojne institucije. Mreža u privatnom vlasništvu je mreža neke tvrtke, sveučilišta, institucije ili drugo. Mogu biti namijenjene za određenu granu gospodarstva ili industrije za koju onda nude specijalizirane usluge tj. podatke i rezultate ovisno o potrebama istih. Postoje primjeri nacionalnih mreža u kojima su integrirane permanentne stanice postavljene od strane pojedinih privatnih tvrtki, čime one postaju partneri u suradnji.

Kod privatnih mreža najčešće govorimo o mrežama koje su postavljene i održavane od strane određene tvrtke, a korištenje njihovih podataka dostupno uz određenu naknadu. One su najčešće u vlasništvu najvećih proizvođača GNSS opreme, a na području Europe istaknute su tri: Trimble s VRS Now mrežom, Leica Geosystems sa svojom SmartNet mrežom i Topcon koji je vlasnik Topnet Live mreže (slika 1). Upravo su te navedene mreže najpoznatije i najveće globalne komercijalne mreže za pozicioniranje i navigaciju s najvećim brojem korisnika u Europi.



Slika 1. VRS Now (lijevo, URL 2), SmartNet (sredina, URL 3), Topnet Live (desno, URL 4).

3. EUREF permanentna mreža – EPN

EUREF djeluje kao potkomisija IAG-a (engl. *International Association of Geodesy*) za područje Europe. Bavi se definiranjem i održavanjem europskog geo-

detskog referentnog okvira (ETRS89 i kasnijih realizacija) kao i postavljanjem smjernica i standarda za usklađenost i interoperabilnost permanentnih GNSS mreža davanjem preporuka za unaprjeđenje postojećih sustava u europskim zemljama. U Europi, ali i u svijetu, GNSS permanentne mreže se razvijaju kroz nacionalne i regionalne sustave. Svaka zemlja razvila je vlastitu mrežu referentnih stanica, a neke od tih stanica uključene su u Europsku permanentnu mrežu GNSS stanica – EPN.

EPN je mreža permanentnih GNSS stanica postavljenih na području cijele Europe koja je stvorena 1995. godine. Današnji rezultat je doprinos više od 130 agencija, organizacija i sveučilišta diljem Europe. Od 35 stanica koje su dostavljale dnevne RINEX (engl. *Receiver INdependent EXchange*) podatke u 1996. godini, mreža na dan 12.9.2025. broji 423 permanentne GNSS stanice koje opažaju višefrekvencijske multikonstelacijske signale. Pet stanica Hrvatske permanentne GNSS mreže – CROPOS (engl. *CROatian POSitioning System*) je uključeno u EPN mrežu: Čakovec, Dubrovnik, Poreč, Požega i Zadar (slika 2).



Slika 2. EPN stanice u Europi (lijevo) i u Hrvatskoj (desno). Zelenom bojom su označene stanice koje pružaju podatke u stvarnom vremenu, žutom bojom stanice koje daju satne i dnevne podatke, a crvenom bojom stanice daju samo dnevne podatke (URL 5).

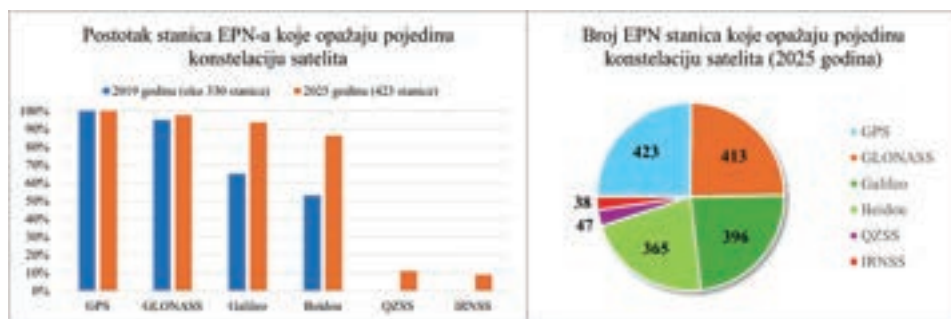
Glavna zadaća EPN-a, uz održavanje i poboljšanje ETRS89 referentnog sustava, je pružanje korisnicima visoko preciznih položaja, brzina i troposferskih parametara svih EPN stanica. Na temelju tih proizvoda pridonosi se dugoročnom praćenju tektonskih pomaka i deformacija, praćenju klimatskih promjena, praćenju promjena ionosfere i varijacija troposfere te varijacija u razinama mora tijekom vremena (Bruyninx i dr. 2019). U 2025. godini, do sredine rujna, šest novih stanica je uključeno u EPN mrežu: po dvije iz Francuske i Luksemburga, a po jedna dolazi iz Italije i Cipra (URL 5).

Osim mreže stanica, koje kontinuirano prikupljaju podatke odaslane sa satelita, EPN se sastoji od podatkovnih centara, centara za analizu GNSS podataka koji generiraju rezultate dobivene iz opažanja i analize te središnjeg ureda. Podatkovni centri pohranjuju i arhiviraju RINEX podatke opažanja i pritom ih čine dostupne korisnicima. Analitički centri, na temelju tih podataka računaju, tj. generiraju podatke poput preciznih položaja stanica i zenitnog troposferskog

kašnjenja. Središnji ured, koji je pod upravom Kraljevskog opservatorija Belgije, zadužen je za koordinaciju mreže, upravljanje i održavanje sustava, validaciju i nadzor kvalitete podataka kao i posredovanja između stanica, centara i korisnika (Bruyninx i dr. 2019).

Svaka stanica u sklopu EPN mreže učitava dnevne RINEX datoteke u podatkovne centre. Čak 93% stanica dostavlja RINEX podatke svakih sat vremena, koji se najčešće koriste za određivanje ukupnog zenitnog kašnjenja u gotovo stvarnom vremenu. Ovi podaci moraju biti dostupni s kašnjenjem od najviše deset minuta. Podatke u stvarnom vremenu pruža 218 ili 51,5% svih EPN stanica. Za omogućavanje toka podataka u stvarnom vremenu zadužena su tri regionalna centra: Savezna agencija za kartografiju i geodeziju iz Njemačke (njem. *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* – BKG), Talijanska svemirska agencija (ASI, tal. *Agenzia Spaziale Italiana*) i Kraljevski opservatorij Belgije (URL 5). Važno je napomenuti da se u EPN mrežu uključuju samo one stanice koje ispunjavaju specifične uvjete koji se mogu pronaći u dokumentu „GUIDELINES FOR EPN STATIONS“ dostupnom na URL 6.

Iz EUREF izvješća 2019. godine, sve EPN stanice opažaju američke GPS satelite dok 95% njih opaža ruske GLONASS, 65% europske Galileo, a preko 50% kineske Beidou satelite (Bruyninx i dr. 2019). U trenutku pisanja prikupljeni su podaci za rujun 2025 (URL 5) i uspoređeni su s podacima iz izvješća 2019. godine. Na slici 3 za Japanske i Indijske satelite nema podataka iz 2019., s obzirom na to da je QZSS (engl. *Quasi-Zenith Satellite System*) postao operativan tek krajem 2018., a NavIC (prethodno poznat kao IRNSS (engl. *Indian Region Navigation Satellite System*)) je regionalni sustav koji je postao operativan sredinom 2016. godine. Vidljivo je kako se u razdoblju od 5–6 godina broj stanica povećao za 90-ak te kako novo postavljene stanice imaju mogućnost opažanja signala europskih Galileo i kineskih Beidou satelita ili su stare stanice modernizirane.

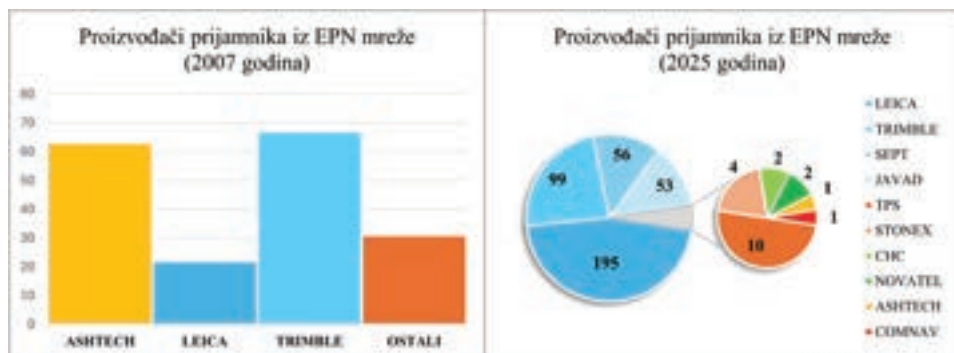


Slika 3. Postotak stanica prema opažanju konstelacija u 2019. (Bruyninx i dr. 2019) i 2025. (URL 5) (lijevo) i broj stanica koje opažaju određenu konstelaciju u 2025. godini (URL 5) (desno).

Otpriblike 30%, točnije 122 stanice, koje su dio EPN-a također su dio IGS (engl. *International GNSS service*) globalne GNSS mreže, dok je njih 379 ili oko 90% dio EPOS-a koji služi pojednostavljenom integriranom korištenju podataka,

podatkovnih proizvoda i objekata iz distribuiranih istraživačkih infrastrukturna za znanost o čvrstoj Zemlji u Europi (URL 5). Navedene mreže pokušavaju koristiti iste standarde za prikupljanje i obradu podataka kako bi osigurale homogenost i kompatibilnost u radu.

Prema vrsti proizvođača prijamnika na raspolaganju su podaci iz 2007. (Grgić i dr. 2007) i 2025. godine (URL 5) (slika 4). Skoro dvadesetak godina unazad tadašnji glavni predstavnik Ashtech je pao s 60-ak prijamnika na svega jedan. Leica, koja je bila treći najzastupljeniji proizvođač u EPN mreži s oko 20-ak prijamnika, danas broji najviše stanica – njih 195 te čini 46% svih stanica EPN-a. Modela Leica GR50 ima 82, a modela Leica GR30 ima 79. Slijedi Trimble s 98 od kojih 57 Alloy i 34 NetR9 modela (URL 5). Sveukupan broj porastao je s 183 na 423 stanice. Osim proširenja mreže za 240 stanica, Hexagon Leica se razvila i probila na tržište te prednjači u broju stanica s njihovom opremom u EPN mreži (slika 4).



Slika 4. Broj prijamnika pojedinog proizvođača GNSS opreme u EPN mreži 2007. godine (Grgić i dr. 2007) (desno) i 2025. godine (lijevo) (URL 5).

3.1. Primjeri nacionalnih GNSS mreža u Europi

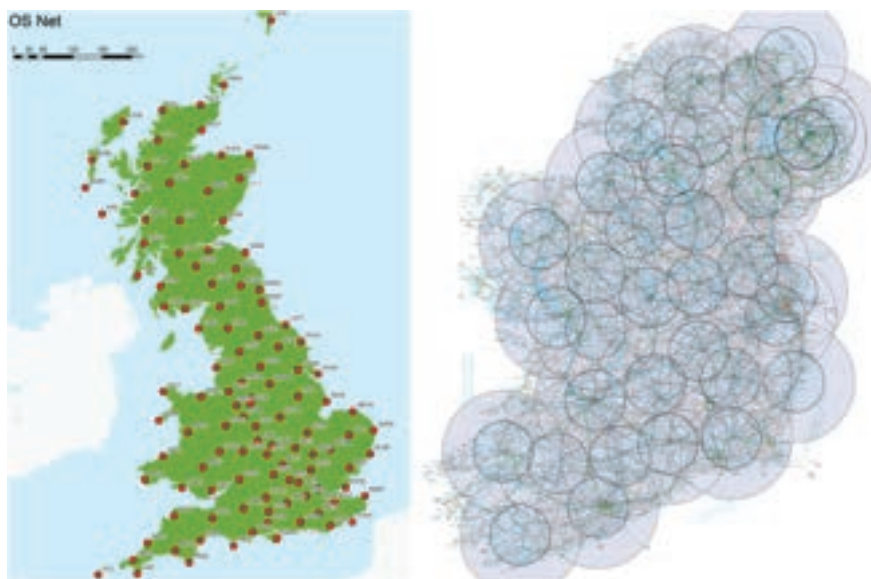
Tijekom povijesti, susjedne europske zemlje sa sličnim jezikom i kulturom stvarale su saveze, kojima su postavili temelje za njihovu suradnju u modernom dobu. Današnja potreba za preciznim pozicioniranjem u stvarnom vremenu potaknula je međusobnu razmjenu podataka CORS stanica u blizini granica susjednih zemalja, čiji se podaci opažanja integriraju u mrežno rješenje jedne i druge države. Ovakva suradnja povećava pouzdanost sustava i osigurava veću točnost za korisnike s obje strane granice. U primjerima prikazane zemlje pokazuju više različitih pristupa i modela nacionalnih mreža za pozicioniranje.

3.1.1. Velika Britanija i Irska

OS Net je nacionalna mreža CORS GNSS stanica na otoku Velikoj Britaniji (koji čine države Engleska, Škotska i Wales) u državnom vlasništvu kojom upravlja Ordnance Survey (OS) – nacionalna agencija za mapiranje i geopros-

torne podatke za vladu Velike Britanije. Mreža se sastoji od 114 stanica (slika 5), što je povećanje za 6 stanica u odnosu na 2017. godinu. U bliskoj budućnosti mreža se planira proširiti za novih 5 stanica uz relokaciju određenog broja postojećih stanica. U EPN mrežu uključeno je 16 stanica OS Net mreže, od kojih je 9 uključeno nakon 2017. godine. RTK usluge besplatne su za zaposlenike OS-a. Za ostale korisnike, usluge pozicioniranja i navigacije dostupne su putem komercijalnih partnera koji nadopunjuju OS Net mrežu s vlastitim stanicama. Trenutno u Velikoj Britaniji postoji sedam komercijalnih pružatelja RTK usluga: Hexagon (SmartNet), Trimble (VRS Now), Topcon (Topnet Live), AXIO NET (FarmRTK), SoilEssentials (EssentialsNetRTK), Premium Positioning (RTK Premium) i Point One (Polaris) (URL 7).

U ožujku 2023. Ordnance Survey Ireland (OSI) se spojio s Uredom za procjenu vrijednosti i Uredom za registraciju imovine u novostvoreno državno tijelo Tailte Éireann (TE). Tailte Éireann je neovisna vladina agencija pod okriljem Ministarstva za stambena pitanja, lokalnu upravu i baštinu. Leica SmartNet, Trimble VRSnow i Topcon Topnet Live su komercijalni pružatelja podataka koja se koriste Irskom nacionalnom GNSS mrežom (URL 8). Permanentna GNSS mreža za Irski otok (slika 5) rezultat je suradnje između Tailte Éireann i Ordnance Survey of Northern Ireland (OSNI). Mrežu čini 40 referentnih stanica – 30 pod upravljanjem TE, a 10 pod OSNI (URL 8). Radi usporedbe u 2012. godini mreža se sastojala od 23 stanice – 17 na području Irske i 6 na području Sjeverne Irske (Martin i McGovern 2012). U idućih par godina plan je progustiti mrežu za dodatne dvije stanice. Sveukupno četiri stanice u Irskoj uključene su u EPN: Dublin, Valentia, Mace Head i Malin Head.



Slika 5. OS net stanice na području Velike Britanije (lijevo) (Greaves i dr. 2024) i permanentna GNSS mreža koja koristi Leica-ine uređaje na Irskom otoku (desno) (URL 8).

3.1.2. Nizozemska

Nizozemska ima više različitih mreža permanentnih GNSS stanica, od one koju koriste samo određene državne službe, do komercijalnih mreža dostupnih privatnim korisnicima. Mreža permanentnih stanica, koju koriste nizozemski katastar i Rijkswaterstaat, naziva se NETPOS (slika 6). NSGI (engl. *Dutch Geodetic Infrastructure Cooperation*) zadužen je za upravljanje i održavanje NETPOS-a. NETPOS mreža se sastoji od 36 stanica s prosječnom udaljenosti od 40 kilometara između njih što omogućuje dobru pokrivenost teritorija države. U planu je proširenje mreže za jednu stanicu. Osam permanentnih stanica na teritoriju Nizozemske uključeno je u EPN mrežu. NETPOS koristi opremu različitih dobavljača kako bi se izbjegla ovisnost o jednom proizvođaču osiguravajući stabilnost u slučaju incidenta (URL 9).

U Nizozemskoj postoji nekoliko komercijalnih pružatelja usluga GNSS korekcija, kao što su 06-GPS (URL 10), VRS-Next (URL 11) i LNR net (URL 12). 06-GPS je prva neovisna kompanija u Nizozemskoj koja je izgradila mrežu od 135 referentnih GNSS stanica, koje pokrivaju područje cijelog Beneluxa, za pružanje usluga u komercijalne svrhe. Samo na teritoriju Nizozemske nalazi se njih 43, dok je sveukupno njih 58 uključeno u mrežno rješenje. VRS-Next pokriva zemlje Beneluxa s 53 stanice. LNR net je mreža 53 referentnih stanica na prosječnim udaljenostima od oko 50 km.



Slika 6. Raspored CORS stanica NETPOS mreže i drugih pružatelja usluga pozicioniranja na području Nizozemske (Huisman i dr. 2023).

3.1.3. Belgija

Belgija je zemlja podijeljena na tri autonomne regije, a jednako toj podjeli je podijeljeno i regionalno upravljanje permanentnim GNSS stanicama na području zemlje. Cijela suradnja između ove tri mreže objedinjena je pod nazivom Aktivna geodetska mreža (slika 7) (URL 13). U tablici 1 dani su podaci za svaku od triju mreža.



Slika 7. Položaj permanentnih stanica u Belgiji u njenim trima autonomnim regijama (URL 13).

Tablica 1. Pregled triju Belgijskih regionalnih mreža (URL 13, URL 14, URL 15, podaci dobiveni u korespondenciji s National Geografisch Instituut, Belgium).

Active Geodetic Network	FLEPOS	WALCORS	GPSBru
Odgovorna organizacija	Digitaal Vlaanderen	Javna služba Valonije	Nacionalni Geografski Institut
Broj stanica mreže	33	22	1
Broj partnerskih stanica	13	11	ovisno o načinu korištenja
Upravljački softver	Trimble	Leica	GEO++
Broj registriranih korisnika (2024)	14253	3366	299
Prosječni broj dnevnih konekcija na mrežu (2024)	1975	746	-
Ukupan broj sati povezanih na mreži (2024)	2,8 milijuna	131 691	-
Svrhe korištenja mreže	Ne podržava aplikacije za sigurnost života	Geodetske aplikacije, podršku obrazovanju i istraživanja	Ne podržava aplikacije za sigurnost života

WALCORS mreža u 2023. godini je modernizirala prijamnike na 14 od 22 stanica čime je omogućeno opažanje Beidou satelita i smanjen utjecaj potencijalnog namjernog i nenamjernog ometanja (URL 14). FLEPOS mreža je u 2023. zabilježila porast od 15% na korištenje RTK usluga te se broj registriranih korisnika povećao s 9728 na 11720, a u 2024. korištenje RTK usluga povećalo se za oko 20%, a broj korisnika za 21%. Od sveukupnog broja korisnika 32% otpada na poljoprivrednike. Isto kao i kod WALCORS-a dolazi do modernizacije antena. Servis pozicioniranja u realnom vremenu, naknadna obrada kao i RINEX datoteke dostupne su besplatno registriranim korisnicima (URL 15). Unutar EPN-a integrirano je 5 Belgijskih stanica smještenih u gradovima: Bruxelles, Dentergem, Dourbes, Redu i Waremmе.

3.1.4. Francuska i Italija

Podaci o mrežama za jedne od najvećih država Europe – Italiju i Francusku – nisu u toj količini javno dostupni kao za druge prikazane države.

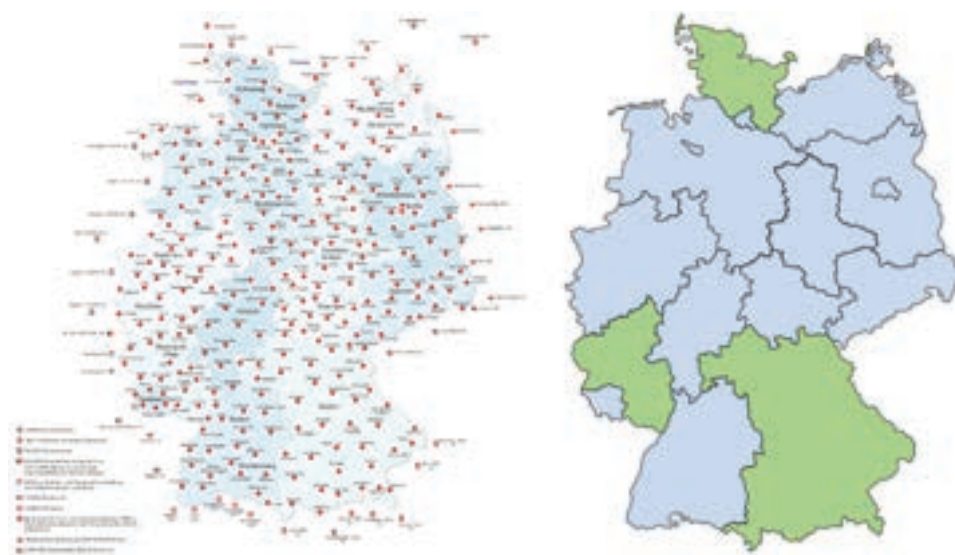
U Italiji postoji više regionalnih mreža koje nisu objedinjene na istom mjestu. Do informacija o njima teško doći ili su iste stare više godina pa se ne može potvrditi njihova aktualnost. Pretraživanjem se dolazi do podataka o geodinamičkim mrežama RDN (ital. *Rete Dinamica Nazionale*), RDN2 i RING (ital. *Rete Integrata Nazionale GNSS*) koje služe za praćenje i proučavanje tektonskih pomaka te za uspostavu referentnog sustava u Italiji. Za RTK pozicioniranje, osim regionalnih mreža, Italija koristi Leicinu SmartNet i Topconovu Topnet Live mrežu (slika 1) tj. servis. Najnovija RTK mreža, uspostavljena specifično za područje Italije i puštena u rad 2024. godine je Pegaso VRS Now, koja je nastala u suradnji s Trimble-om, certificirana od strane talijanskog Vojno-geografskog instituta. Mreža je komercijalna, broji preko 190 CORS stanica, a informacije o trenutačnom broju korisnika nisu dostupne (URL 16). Za razliku od Španjolske, koja ima jedinstvenu web stranicu s popisom navedenih svih regionalnih mreža, permanentnih stanica i poveznice na njihove stranice, Italija takav objedinjeni pristup nema. Regionalne mreže moraju se pojedinačno pretraživati, a rezultati pretraživanja bili su djelomično uspješni.

Sustavi RTK pozicioniranja u Francuskoj su uglavnom komercijalnog karaktera. Osim VRS Now, SmartNet i Topnet Live mreža, tri najpoznatije komercijalne mreže su: Orphéon koja broji preko 220 stanica (URL 17), Teria (URL 18) i Satinfo koja ih ima oko 230 (URL 19). Centipede-RTK je globalna platforma otvorenog koda za dijeljenje GNSS RTK podataka koji se mogu koristiti u svrhe RTK pozicioniranja. Mreža se sastoji od stanica smještenih primarno u Francuskoj i Mađarskoj. Budući da se radi o podacima otvorenog koda, korisnici samostalno odgovaraju za provjeru točnosti i pouzdanosti podataka (URL 20). Korzika, treći najveći otok Europe, ima svoju regionalnu mrežu ActiSat koja prekriva cijeli otok Trimbleovim stanicama (URL 21).

3.1.5. Njemačka

Njemačka SAPOS mreža (njem. *Satellitenpositionierungsdienst*) je nacionalna CORS GNSS mreža čije je upravljanje i održavanje podijeljeno na odabrane institucije 15 saveznih pokrajina. Točnog broja stanica unutar SAPOS mreže nema, ali se zna da mreža ima oko 270 stanica uz koje koristi podatke od oko 40-ak stanica susjednih zemalja (slika 8). CORS stanice dobro pokrivaju područje zemlje i nema planova ni potrebe za progušćivanjem iste. SAPOS nudi tri servisa pozicioniranja: HEPS – pozicioniranje u stvarnom vremenu na centimetarskoj razini opazajući sve dostupne konstelacije satelita, EPS – pozicioniranje u stvarnom vremenu na decimetarskoj razini te GPPS – pozicioniranje u naknadnoj obradi sposobno postići subcentimetarsku točnost oslanjajući se na RINEX formate (URL 22).

Od 2015. godine, počevši od Berlina, u određenim saveznim pokrajinama ne naplaćuje se korištenje servisa pozicioniranja. Ostale savezne pokrajine omogućile su slobodno korištenje u godinama koje slijede, a trenutačno naplatu vrši njih samo tri (slika 8), ali uz posebne uvjete prema korisnicima iz poljoprivrednog sektora (URL 23).

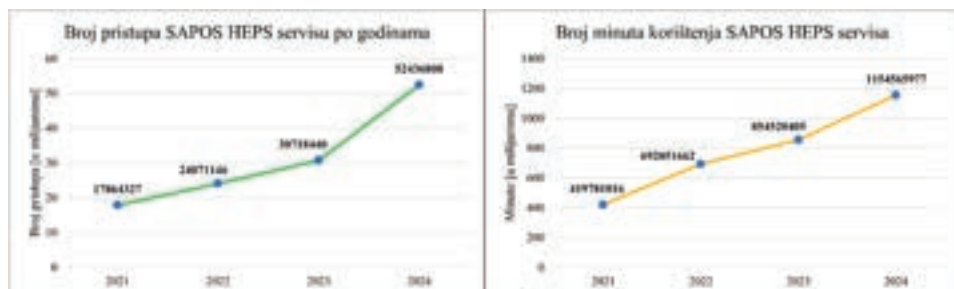


Slika 8. Položaj CORS stanica SAPOS mreže (lijevo) (URL 24) i savezne pokrajine u kojima su usluge pozicioniranja i podaci dostupni besplatno (plava) i uz naplatu (zeleni) (desno) (URL 23).

Njemačka je jedna od prvih država koja je uvela PPP-RTK (engl. *Precise Point Positioning – RTK*) uslugu pozicioniranja nazvanu GEPOS. PPP-RTK je tehnologija koja kombinira značajke sustava PPP (daje točnost na centimetarskoj razini koristeći satelitske popravke) i RTK (brzo inicijalizira i koristi mrežne korekcije za brzo određivanje ambiguiteta). Umjesto oslanjanja isključivo na lokalne referentne stanice kao RTK, PPP-RTK koristi mrežu ref-

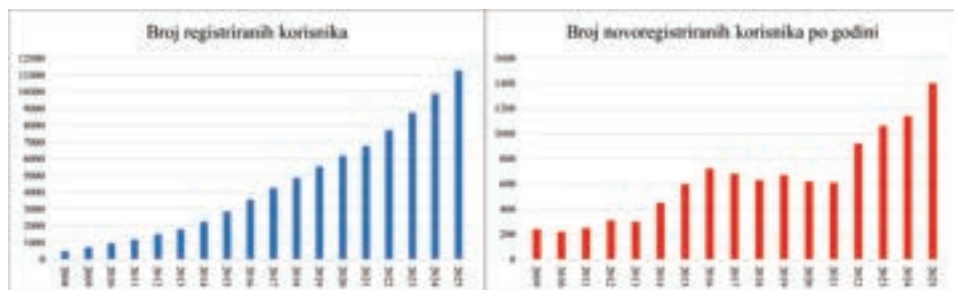
erentnih stanica za prikupljanje podataka potom ih obrađuje u modele korekcija i zatim distribuira na prijemnike putem satelita ili mobilne mreže. Projekt implementacije i optimizacije GEPOS usluge trajao je od 2022. godine, a od početka 2025. usluga je postala dostupna svim korisnicima (URL 25).

Sve savezne pokrajine prikupljaju podatke o korištenju SAPOS HEPS servisa od 2019. godine. U 2022. i 2023. godini po jedna savezna država je otvorila pristup podacima, a u 2024. godini to su učinile dvije. To je dovelo do vidljivog porasta u korištenju HEPS servisa prvenstveno od strane novih korisničkih skupina. Pristup servisu između 2023. i 2024. godine povećao se za 70,7%, a vrijeme korištenja servisa (dano u minutama) povećalo se za 35,1% (slika 9).



Slika 9. Trend korištenja SAPOS HEPS servisa iskazan brojem pristupa i vremenima korištenja u zadnje četiri godine (prevedeno i preuzeto iz URL 23).

Otvaranjem pristupa podacima u novim savezним pokrajinama kroz zadnje četiri godine rastao je i broj registriranih korisnika (slika 10) (URL 24).



pod upravom su IGN-a (*šp. Instituto Geografico Nacional de Espana*), no one stanice koje su ujedno i dio regionalnih mreža imaju dijeljeno vlasništvo s institucijama regije u kojoj se nalaze. Kraljevina Španjolska podijeljena je na 17 regija tj. autonomnih zajednica od kojih 15 regija ima svoje regionalne mreže GNSS stanica. Popis regionalnih mreža nalazi se u nastavku (URL 26):

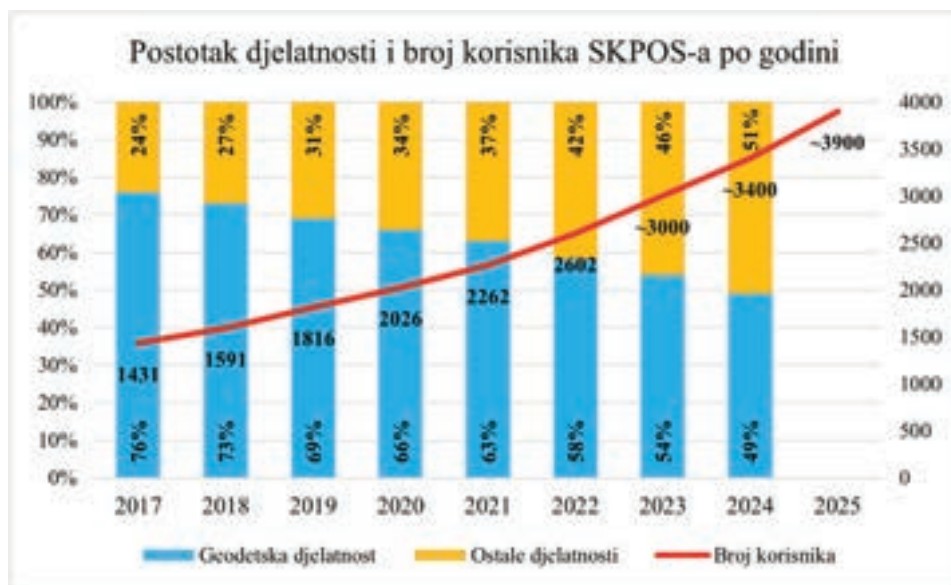
- ARAGEA: Aragonija
- CATNET: Katalonija
- ERVA: Valencijska zajednica
- GRAFCAN (REPCAN): Kanarski otoci
- ITACYL: Kastilija i León
- RAP: Andaluzija
- REGAM: Regija Murcia
- REP: Ekstremadura
- RGAC (REDGNSSCANT): Kantabrija
- RGAN: Navara
- RGAPA: Kneževina Asturija
- RGE: Baskija
- RGM: Zajednica Madrid
- RIOJA (GNSSCAR): La Rioja
- XGAIB: Balearski otoci

ERGNSS mreža koristi GNSMART (Geo++) softver za RTK i Bernese 5.4 za naknadnu obradu podataka. Usluga pozicioniranja u realnom vremenu SPTR (*šp. Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real*) nastala je kao rezultat dobre suradnje regionalnih i nacionalnih servisa pozicioniranja. Koristi 272 stanice podjeljene u 17 podmreža s ciljem podjele optimalne učinkovitosti u obradi mreže (korekcija) uz adekvatno pokrivanje teritorija (URL 26).



Slika 11. Stanice ERGNSS-a u vlasništvu IGN-a (crveni trokutići) zajedno s prikazom regionalnih permanentnih stanica (kružići različitih boja) i akronimom svake mreže (Sánchez Sobrino 2024).

Na slici 11 je vidljivo kako oko područja glavnog grada Madrida nema regionalne mreže. Tu je svoju priliku vidio Trimble i uspostavio mrežu od 9 permanentnih stanica čime je omogućeno RTK pozicioniranje pomoću Trimbleovog VRS Now servisa (URL 2).



Slika 13. Rast broja korisnika i negeodetskih djelatnosti koje se koriste SKPOS sustavom (podaci dobiveni u korespondenciji s administratorom SKPOS sustava).

3.1.8. Švedska

SWEPOS (engl. *Swedish positioning system*) naziv je za švedsku nacionalnu mrežu stalnih GNSS stanica koja je pod upravom Lantmäterieta odnosno švedske agencije za katastar, zemljišne knjige i kartiranje. Švedska mreža SWEPOS (slika 14) se sastoji od 483 referentnih stanica od kojih su 62 klase A (antene postavljene na betonske stupove ili rešetkaste stupove s čvrstim sidrištem u stijeni), a preostalih 421 klase B (antene postavljene na krovove zgrada) (Kempe i dr. 2024).

Osim SWEPOS stanica u mrežu su uključene: 22 stanice postavljene od strane privatnih tvrtki (na slici označene plavom bojom), 23 su norveške stanice, 6 je finskih, 7 danskih, a planirana je izgradnja dodatnih 5 novih stanica (Kempe i dr. 2024). Unutar EPN-a uključeno je 29 SWEPOS stanica. Prema podacima navedenim u prezentacijama s EUREF simpozija u tablici 2 dani su podaci o broju rasta stanica, rastu broja korisnika te postotak povećanja vremena korištenja RTK servisa u odnosu na prethodnu godinu.

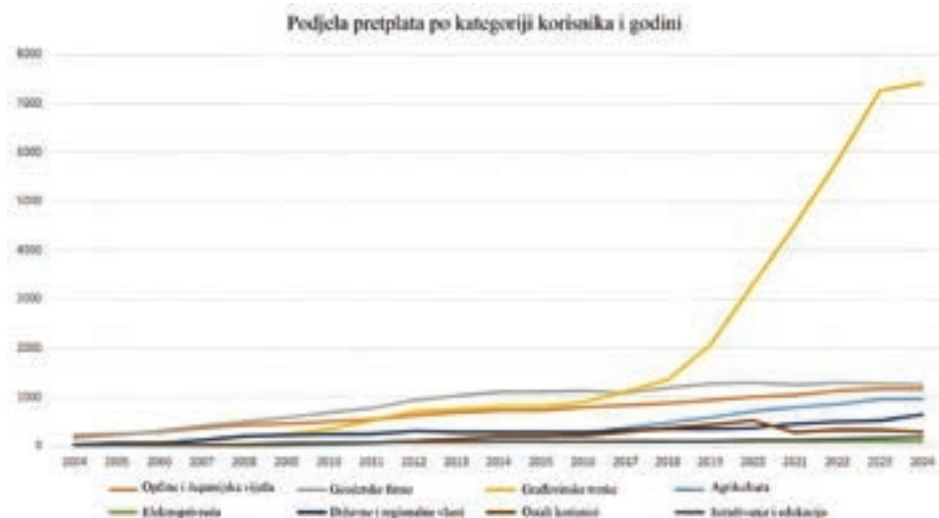


Slika 14. Prikaz stanica SWEPOS permanentne mreže za pozicioniranje (URL 29).

Tablica 2. Rast broja stanica, registriranih korisnika i RTK korištenja SWEPOS sustava (Kempe i dr. 2017, Lilje i dr. 2018, Kempe i dr. 2019, Kempe i dr. 2021, Kempe i dr. 2022, Kempe i dr. 2023 te na temelju statistike Lantmäteriet iz 2025. godine dobivene u korespondenciji sa voditeljem programa SWEPOS).

Godina	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.
Broj stanica mreže	381	398	421	454	458	459	479	483
Broj RTK korisnika	3320	3760	4450	6200	7285	8100	9800	13000
Povećanje korištenja RTK	23,68%	26,36%	28,94%	52,72%	36,14%	18,82%	16,31%	20,79%

Na slici 15 prikazan je rast broja korisnika po kategorijama kroz godine.



Slika 15. Rast broja pretplata (korisnika) po kategorijama kroz godine (podatak dobiven na temelju statistike Lantmäteriet iz 2025. godine dobivene u korespondenciji sa voditeljem programa SWEPOS, prilagođeno i prevedeno na hrvatski jezik).

Vidljivo je kako je Švedska u zadnjih 7–8 godina progustila mrežu za oko stotinjak stanica. Od 2018. godine vidljiv je značajan porast broja korisnika koji dolaze iz građevinskih tvrtki. Razlog tomu je potpora koju Švedska agencija za katastar, zemljišne knjige i kartiranje pruža Švedskoj prometnoj administraciji pri izgradnji novih većih prometnica. Uzduž trasa postavljene su CORS stanice na udaljenostima od oko 10 kilometara kako bi se nesigurnost mjerenja maksimalno smanjila u fazi izgradnje, a vrijeme mjerenja smanjilo. Progušćivanje mreže je rezultiralo malim, ali vidljivim poboljšanjima točnosti koordinata, posebice u visinskoj komponenti. (SP Report 2008).

4. Rezultati i analiza istraživanja

Fokus istraživanja stavio se na nacionalne mreže do čijih je podataka bilo lakše doći ili su javno dostupni za razliku od permanentnih mreža u privatnom vlasništvu. U idućim tablicama predstavljeni su trendovi rasta u obliku povećanja broja stanica ili progušćivanja permanentnih mreža (tablica 3). Podaci su dobiveni iz korespondencije s nadležnim institucijama ili su preuzeti iz prezentacija s EUREF simpozija koje su dostupne na URL 30.

Tablica 3. *Prikaz nacionalnih permanentnih mreža i porast stanica kroz godine (URL 30, podaci dobiveni u korespondenciji s administratorima mrežnih sustava).*

Država	Nacionalna mreža	Broj stanica u mreži	za godinu	Broj stanica u mreži (srpanj, 2025)	Prosječna udaljenost između stanica (promjer kruga) [km]
Hrvatska	CROPOS	33	2021.	41	41,92
Albanija	ALBCORS	16	2021.	27	36,82
Austrija	APOS	36	2019.	41	51,03
BiH	BiHPOS	38	2021.	41	39,85
Češka	CZEPOS	28	2021.	29	58,84
Danska	KMSNet	12	2019.	15	60,48
Estonija	ESTPOS	20	2021.	40	37,94
Finska	FINPOS	47	2019.	118	60,43
Njemačka	SAPOS	~270	2021.	~270	41,04
Grčka	HEPOS	98	2021.	98	41,41
Mađarska	GNSSNet	35	2021.	47	50,20
Island	IceCORS	23	2021.	33	63,04
Irska	OSI	27	2019.	28	56,53
Sj. Irska	OSNI	9	2018.	12	38,72
Latvija	LATPOS	27	2019.	27	55,19
Litva	LITPOS	31	2019.	35	48,74
Sj. Makedonija	MAKPOS	14	2017.	15	46,72
Poljska	ASG-EUPOS	107	2023.	120	57,60
Portugal	ReNEP	47	2019.	47	49,98
Rumunjska	ROMPOS	74	2016.	86	64,05
Slovačka	SKPOS	33	2019.	38	40,53
Slovenija	SIGNAL	16	2017.	16	40,17
Španjolska	ERGNSS	106	2019.	125	71,79
Švedska	SWEPOS	381	2017.	480	34,56
Švicarska	AGNES	41	2023.	42	35,38
Velika Britanija	OSNet	108	2017.	114	48,35

Broj koji prikazuje prosječnu udaljenost između stanica dobiven je tako da se kopnena površina države podijelila s trenutačnim brojem stanica mreže. Kao rezultat dobiva se prosječna udaljenost između dviju permanentnih stanica odnosno radijus dvaju jednakih krugova čiji su centri zapravo permanentne stanice. Zbog svoje male površine države poput Andore, Lihtenštajna, Malte i dr. koriste permanentne GNSS mreže susjednih država.

Iz tablice je vidljivo kako gotovo sve zemlje Europe rade na povećanju broja stanica i time progušćuju svoje nacionalne mreže. Podaci su uzeti u zadnjem desetljeću, a najveći broj podataka o prethodnom broju stanica pronađen je u EUREF nacionalnim izvješćima iz 2019. i 2021. godine. Na slici 16 dan je prikaz nacionalnih permanentnih mreža tj. država u kojima se ona nalaze prema prosječnoj udaljenosti između CORS stanica.

Mnoge zemlje poput Austrije, Češke, Danske, Irske, Litve, Slovačke i dr. progustile su svoje nacionalne mreže manjim brojem stanica pritom nastavljajući raditi na tome da u narednim godinama postave dodatne stanice. Najveći broj stanica dodale su zemlje poput Finske, koja radi na uspostavi nacionalne mreže, Estonije koja je nedavno završila s postavljanjem i uključenjem 13 novih stanica u mrežu te Švedske koja je predstavljena u ovome radu.

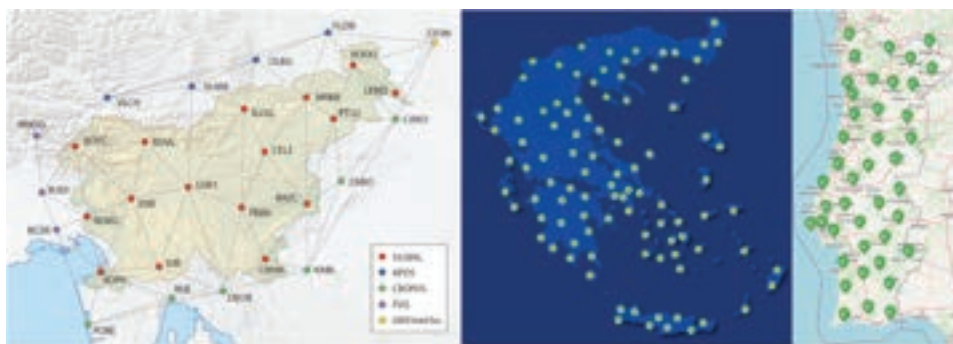


Slika 16. *Prosjeća udaljenost CORS stanica nacionalnih permanentnih mreža u 2025. godini.*

Dvije zemlje s najmanjom prosječnom udaljenosti između stanica su Švedska i Švicarska. U primjeru Švedske znamo kako su na određenim područjima CORS stanice postavljene na udaljenostima od 10-ak kilometara za potrebe gradnje prometne infrastrukture. U Švicarskoj AGNES mreži 42 stanice postavljene su na 32 lokacije. To znači da su na 10 lokacija, na udaljenostima od oko 20 metara i manje, postavljene dvije permanentne GNSS stanice gdje je druga stanica postavljena iz razloga modernizacije i prijelaza s GPS i GLONASS antena na GNSS. Uzimajući ovo u obzir, od država prikazanih u tablici 3, Albanija je zemlja s najmanjom prosječnom udaljenosti između svojih CORS stanica. Iako Španjolska nacionalna mreža ERGNSS ima najveće udaljenosti, ona je potpomognuta s 14 regionalnih manjih mreža. Slijede Rumunjska koja, pre-

ma EUPOS izvješćima, aktivno povećava i koja je u 2024. godini modernizira većinu svojih stanica, Island koji je pretežito obalna zemlja i ne zahtijeva veći broj stanica u unutrašnjosti otoka te Danska i Finska koje rade na promjenama i uspostavi stanica za potrebe nacionalnih referentnih okvira i neovisnosti o privatnim pružateljima RTK usluga (informacija dobivena u korespondenciji s administratorima sustava).

Zemlje poput npr. Slovenije, Grčke i Portugala nisu povećavale broj stanica, ali uvidom u kartu i raspored vidljivo je kako je broj stanica i raspored istih više nego zadovoljavajući za potrebe preciznog pozicioniranja (slika 17).



Slika 17. Raspored CORS stanica u slovenskoj SIGNAL mreži (lijevo) (URL 31), Grčkoj (sredina) (URL 32) i Portugalu (desno) (URL 33).

Hrvatska također prati trend povećanja broja stanica. Od uspostave sustava 2008. godine, kada se mreža sastojala od 30 stanica, do danas je progušćenje mreže provedeno u četiri navrata. Godine 2014. broj stanica je povećan na 33, godine 2023. taj broj je narastao na 38, godinu dana nakon dodana je jedna, a 2025. godine dodane su stanice u Daruvaru i Čazmi. Plan je kroz idućih par godina pronaći odgovarajuće lokacije u Slavoniji i Dalmatinskoj zagori za postavljanje novih stanica čime bi se popunile praznine u tim područjima (Marjanović i dr. 2025).

Do informacija o broju registriranih korisnika koji RTK servis teže je doći jer velik broj zemalja ne objavljuje podatke na godišnjoj razini. Putem e-mailova dobiveni su okvirni brojevi koji su prikazani brojevi u tablici 4. Podaci za Hrvatsku (svibanj 2025.) predstavljeni su u Marjanović i dr. (2025). U tablici 4 prikazane su one zemlje za koje su pronađeni podaci o trenutnom broju korisnika i broju od prije nekoliko godina.

Tablica 4. *Prikaz rasta broja korisnika RTK usluga pozicioniranja koje pružaju nacionalne mreže (URL 30, podaci dobiveni u korespondenciji s administratorima mrežnih sustava).*

Država	Mreža	Naplaćivanje usluga	Broj korisnika usluga mreže	za godinu	Broj korisnika (2025)
Hrvatska	CROPOS	Ne	2571	2023.	3586
Austrija	APOS	Da	5900	2022.	7800
Češka	CZEPOS	Da	2100	2021.	3000
Mađarska	GNSSNet	Da	2900	2018.	4900
Latvija	LATPOS	Ne	750	2017.	2400
Litva	LITPOS	Da	1430	2021.	4000
Njemačka	SAPOS	Ne	5500	2019.	11200
Norveška	SATREF	Da	4850	2023.	>5500
Poljska	ASG-EUPOS	Ne	3500	2017.	28000
Portugal	ReNEP	Ne	2100	2017.	>6300
Slovačka	SKPOS	Da	1430	2017.	3900
Španjolska	ERGNSS	Ne	8000	2022.	16000
Švedska	SWEPOS	Da	3320	2017.	17000
Švicarska	AGNES	Da	2700	2017.	>3000

Prema modelu poslovanja, RTK usluge se mogu naplaćivati ili mogu biti besplatno dostupne uz eventualnu jednokratnu naplatu registracije u sustav. Broj nacionalnih permanentnih GNSS mreža za koje su pronađeni podaci o naplati i koje naplaćuju RTK usluge iznosi 23, dok broj zemalja s besplatnim RTK uslugama iznosi 13.

Vidljiv je porast broja registriranih korisnika RTK usluga u svim zemljama, a najizraženiji je u Poljskoj i u Švedskoj. Eksplozivni porast u Poljskoj se dogodio krajem 2022. godine i u narednim godinama nakon što je Središnji ured geodezije i kartografije u Poljskoj ukinuo naknade za korištenje svih servisa za registrirane korisnike (URL 34). Broj korisnika u Španjolskoj sve više raste, isto kao i broj stanica nacionalne mreže, a najviše korisnika je iz područja poljoprivrede. U Švedskoj je porast povezan s građevinskom sektoru gdje se u roku od tri godine broj korisnika povećao za skoro 5000. Ostale djelatnosti također imaju blagi uzlazni trend, ali ni približno ovako izražen. U primjeru Švicarske u 2022. i 2023. godini došlo je do pada u broju korisnika zbog uvođenja naplate naknada. Postojeći korisnici servisa su prilagodili broj licenci koje su im bile potrebne za rad, a određen broj se odlučio za usluge privatnih pružatelja (Swiss Geodetic Commission 2023).

CROPOS nudi tri različita servisa: DPS (Diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu – točnost ispod 1 m), VPPS (Visokoprecizni servis pozi-

cioniranja u realnom vremenu – centimetarska točnost) i GPPS (Geodetski precizni servis pozicioniranja – subcentimetarska točnost). Za korištenje servisa potrebno je obaviti registraciju koja se jednokratno naplaćuje. Registracija uključuje podnošenje zahtjeva nakon kojeg administratori sustava dodjeljuju korisničko ime i lozinku za pristup sustavu. Korištenje DPS i VPPS servisa je besplatno dok se usluga GPPS-a (naknadna obrada) naplaćuje po odabranom vremenskom intervalu (URL 35).

Hrvatska je imala konstantan rast od godine 2010. do 2021., a onda se broj novootvorenih tvrtki, broj licenci za visokoprecizni servis pozicioniranja i vrijeme njegova korištenja osjetno povećao. Razlog tomu je stupanje na snagu zakona kojim se ukida naknada za korištenje DPS i VPPS servisa pozicioniranja (Zakon o izmjenama i dopuni Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, URL 36). Od 2022. godine do danas izdano je više VPPS licenci nego što je bilo od uspostave CROPOS-a. Vrijeme korištenja VPPS servisa se u 2021. godini s oko 13 milijuna minuta povećalo na preko 25 milijuna minuta u 2024. Prosjek novootvorenih tvrtki u periodu do 2021. iznosio je oko 80 godišnje, dok u zadnje četiri godine (uključujući 2025. godinu do lipnja) taj prosjek iznosi 177 novih tvrtki godišnje (Marjanović i dr. 2025). Još jedan od razlog cjelokupnog povećanja je prevedba višegodišnjeg programa katastarskih izmjera građevinskih područja u cijeloj zemlji.

Kada bi uspoređivali rast broja stanica u mrežama s naplatom ili bez naplate RTK usluga, ne može se doći do jedinstvene uzročno posljedične veze. Broj stanica raste i zbog postavljanja novih stanica na lokacije u područjima koja prilikom projektiranja mreže nisu bila pokrivena. U pojedinim državama, više od proglašavanja mreža radi se na modernizaciji sustava gdje dolazi do zamjene starih prijamnika (koji podržavaju GPS i GLONASS) višefrekvencijskim prijamnicima koji mogu opažati sve konstelacije GNSS satelita. Te antene također su dugovječnije i otpornije na namjerna i nenamjerna ometanja, a radi se i na uvođenju novih verzija softvera za kontrolu, održavanje mreže i obradu podataka sve kako bi se u potpunosti iskoristile mogućnosti novih sustava.

Usluge pozicioniranja koje nude permanentne mreže sve više nalaze primjenu u raznim segmentima poput precizne poljoprivrede i inženjerskih radova. Cilj korištenja preciznog pozicioniranja je potaknuti automatizaciju procesa uz ubrzanje obrade poljoprivrednih površina. U građevinskom sektoru, na gradilištima kapitalnih objekata, GNSS tehnologija sve se više implementira čime se radovi ubrzavaju, a rješenja su dovoljno precizna i robusna.

5. Zaključak

Permanentne GNSS mreže u Europi tijekom posljednjeg desetljeća doživjele su značajan tehnološki i infrastrukturni napredak. Njihova uloga postaje sve važnija u dobu digitalizacije, automatizacije i preciznog upravljanja prostornim podacima. Analiza dostupnih podataka ukazuje na trend rasta broja stanica i sve većeg broja korisnika u svim europskim zemljama. Najveće ograničenje pri istraživanju predstavljala je dostupnost podataka. M³G baza podataka o stanicama nadopunjuje se svakodnevno, ali i dalje ne obuhvaća sve stanice i mreže,

a dostupni podaci često su nepotpuni. Poseban problem predstavlja činjenica da ne postoji jedinstvena baza podataka permanentnih mreža. Podaci o privatnim ili znanstvenim mrežama puno teže se pronalaze u odnosu na podatke o nacionalnim mrežama u vlasništvu države, a do informacija o broju stanica ili korisnika uglavnom nije moguće doći. Najveća javno dostupna arhiva o statusu mreža tijekom prošlih godina jesu prezentacije s EUREF simpozija, u kojima se nalaze podaci od interesa za tu godinu. Za mnoge zemlje i godine podaci poput broja registriranih korisnika, stanica, tvrtki, vremena korištenja servisa pozicioniranja i slično se ne prikazuju dosljedno.

Osnovna uloga permanentnih GNSS mreža ostaje u održavanju europskog i nacionalnog referentnog koordinatnog sustava i pružanju pozicioniranja u stvarnom vremenu, ali više nije ograničena na njih. Danas se kod postavljanja novih permanentnih stanica razmišlja o njihovoj višenamjenskoj ulozi. Sve češće se pri postavljanju novih stanica vodi računa o njihovoj ulozi u monitoringu geodinamičkih i seizmičkih procesa, ne samo za potrebe pozicioniranja. Takva CORS infrastruktura izravno doprinosi inženjerskim aplikacijama, znanstvenom istraživanju i upravljanju rizicima od prirodnih katastrofa. Na ovaj način permanentne GNSS mreže dobivaju sve veću stratešku vrijednost – kako za znanost, tako i za gospodarstvo, sigurnost i za društvo u cjelini.

Primarni razlog za rast broja referentnih GNSS stanica usko je povezan s povećanjem broja korisnika i njihovih zahtjeva. Što je mreža gušća, to su korekcije pouzdanije, a rješenja robusnija. Paralelno s tim, sve veću pažnju dobiva razvoj naprednih rješenja i tehnologija poput PPP-RTK, koja omogućuje visoku točnost i pouzdanost čak i izvan područja guste pokrivenosti referentnim stanicama. Time se otvara mogućnost da GNSS usluge postanu jednako dostupne u udaljenim područjima.

Kako raste broj stanica i korisnika, tako raste i važnost njihove pouzdanosti i sigurnosti. Jasno je da svaki prekid ili netočnost podatka i informacije može imati ozbiljne posljedice. Upravo zato otpornost na ometanje signala i zaštita od lažnih signala postaju prioriteta. Jedan od mogućih pravaca unaprijeđenja je razvoj monitoring sustava u stvarnom vremenu koji mogu detektirati anomalije u prijenosu signala i točnosti opažanja CORS stanice uz postupak automatskog upozorenja operatorima i korisnicima. Integracija takvih rješenja s tehnologijama poput PPP-RTK-a omogućila bi dodatnu sigurnost.

Razvoj permanentnih GNSS mreža usko je povezan s trendovima otvorenih podataka (engl. *Open Data*) i digitalne interoperabilnosti. Sve više nacionalnih agencija otvara pristup sirovim GNSS podacima, korekcijama i metapodacima što omogućava njihovu integraciju u šire geoprostorne sustave. Veliki izazov predstavlja osiguranje interoperabilnost podataka. Nužan korak prema potpunoj povezanosti podataka permanentnih mreža je uspostava jedinstvenih standarda unutar EUREF-a i EU inicijativa. Upravo taj trend otvorenih podataka i osiguranje interoperabilnosti čine GNSS mreže ključnim dijelom nacionalnih i europskih infrastruktura prostornih podataka – SDI (engl. *spatial data infrastructure*) usklađene s INSPIRE (engl. *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*) direktivom. Njihova uloga proširit će se s klasičnog geodetskog pozicioniranja na podršku pametnim transportnim sustavima, preciznoj poljoprivredi, nadzoru okoliša i praćenju deformacija pro-

stora u realnom vremenu. Ovakav razvoj zahtijeva jačanje koordinacije između javnog i privatnog sektora te kontinuirano ulaganje u edukaciju i interoperabilne platforme.

U konačici, rast i modernizacija permanentnih GNSS mreža usko je povezana sa strateškim ulaganjima od strane nacionalnih ili europskih projekata. Kontinuirana ulaganja u infrastrukturu predstavljaju ključni izazov u nadolazećem razdoblju. Trend koji se očekuje je nastavak rasta broja stanica permanentnih GNSS mreža i korisnika usluga diljem Europe, uz stalno poboljšanje dostupnosti RTK i PPP-RTK usluga. Daljnji razvoj permanentnih GNSS mreža i povezanih rješenja dodatno će učvrstiti njihovu ulogu ne samo kao alata za precizno pozicioniranje, već i kao jednog od ključnih elemenata sigurnosti, kontinuiteta i pouzdanosti digitalne budućnosti Europe.

Literatura

- AvD – Udruženje geodetskih uprava saveznih država Republike Njemačke (2025): National Report of Germany 2025, prezentacija na EUREF simpoziju 2025. godine, Covilhã, Portugal, 25–26. 6. 2025.
- Bruyninx, C., Legrand, J., Fabian, A., Pottiaux, E. (2019): GNSS metadata and data validation in the EUREF Permanent Network, GPS Solut, 23, 106.
- Greaves, M., Bateson, L., Susnik, A. (2024): Great Britain National Report 2024, prezentacija na EUREF simpoziju 2024. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2024Barcelona/p-02-06-Greaves.pdf>.
- Grgić, I., Bačić, Ž., Lučić, M. (2007): Status VRS sustava i servisi u okruženju, konferencijski rad, Prvi kongres o katastru u BiH, Neum, 31. 5. – 2. 6. 2007.
- Häkli, P., Lahtinen, S., Bilker-Koivula, M., Näränen, J., Ollikainen, M., Koivula, H., Poutanen, M., Marila, S., Rouhiainen, P., Saarinen, V., Saari, T., Turunen, M. (2019): National Report of Finland, EUREF 2019 Symposium, Tallinn, Estonia, May 22–24, 2019, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2019Tallinn/05-07-Finland.pdf>.
- Huisman, L., Alberts, B., Hanssen, R., Lasparre, J., de Ligt, H., van der Marel, H. (2023): National report the Netherlands, prezentacija na EUREF simpoziju 2023. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-16-Netherlands.pdf>.
- Kempe, C., Abraha, K. E., Dahlström, F., Engfeldt, A., Jivall, L., Jämnäs, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Nilsson, T., Ning, T., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P. (2023): National Report of Sweden to the EUREF 2023 Symposium – Geodetic Activities at Lantmateriet, Presented at the EUREF 2023 Symposium in Gothenburg, Sweden, 24–26 May, 2023, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-23-p-Sweden.pdf>.

- Kempe, C., Alfredsson, A., Alissa, S., Engfeldt, A., Dahlström, F., Håkansson, M., Jivall, L., Jämnäs, L., Lidberg, M., Ning, T., Norin, D., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P., Ågren, J. (2021): National Report of Sweden to the EUREF 2021 Symposium – Geodetic Activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2021 Symposium online from Ljubljana, Slovenia, 26–28 May, 2021, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2021Online-from-Ljubljana/04-25-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Alfredsson, A., Alissa, S., Engfeldt, A., Dahlström, F., Håkansson, M., Jivall, L., Jämnäs, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Ning, T., Norin, D., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Tirén, K., Wiklund, P., Ågren, J. (2022): National Report of Sweden to the EUREF 2022 Symposium – Geodetic Activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2022 Symposium online from Zagreb, Croatia, 1–3 June, 2022, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2022Online-from-Zagreb-Croatia/04-22-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Alfredsson, A., Alm, L., Engfeldt, A., Eurenus, B., Lidberg, M., Lilje, M., Ning, T., Norin, D., Olsson, P.-A., Steffen, H., Wiklund, P., Ågren, J. (2019): National Report of Sweden to the EUREF 2019 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2019 Symposium in Tallinn, Estonia, 22–24 May, 2019, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2019Tallinn/05-26-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Jivall, L., Norin, D., Steffen, H., Ågren, J., Engfeldt, A., Ning, T., Alm, L., Jämnäs, L., Lilje, M., Lidberg, M., Wiklund, P. (2017): National Report of Sweden to the EUREF 2017 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2017 Symposium in Wrocław, Poland, May 17–19, 2017, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2017Wroclaw/05-22-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, T., Abraha, K. E., Dahlström, F., Engfeldt, A., Jivall, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Ning, T., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Puwakpitiya Gedara, C., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P. (2024): National Report of Sweden to the EUREF 2024 Symposium, Geodetic Activities at Lantmäteriet.
- Lilje, C., Alm, L., Jivall, L., Kempe, C., Lidberg, M., Lilje, M., Ning, T., Olsson, P.-A., Steffen, H., Wiklund, P., Ågren, J. (2018): National Report of Sweden to the EUREF 2018 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2018 Symposium in Amsterdam, the Netherlands, May 30–June 1, 2018, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2018Amsterdam/05-23-p-Sweden.pdf>.
- Marjanović, M., Ciprijan, M., Babić, M., Katalenić-Bertić, D., Bralo, H. (2025): Trenutni status CROPOS sustava i njegov budući razvoj, prezentacija s Trimble Express 2025 simpozija, 3. 6. 2025., Zagreb.

- Martin, A., McGovern, E. (2012): An evaluation of the performance of networks RTK GNSS services in Ireland, FIG Working Week 2012, Rim, Italija, 6–10. svibnja 2012.
- Sánchez Sobrino, J. A. (2024): Coordination of the GNSS networks in Spain, prezentacija na EUREF simpoziju 2024. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2024Barcelona/13-02-Sobrino.pdf>.
- SP Technical research Institute of Sweden, Chalmers University of Technology (2008): Results of Project Close – Chalmers, Lantmäteriet, Onsala, "äSpe".
- Stone, W. A. (2000): An overview of global positioning system continuously operating reference stations, NOAA, dostupno: https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/GPS_CORRS.html.
- Swiss Geodetic Commission (2023): Swiss National report on the Geodetic Activities in the years 2019 to 2023, Presented to the XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics in Berlin, Germany, July 2023.

Mrežne adrese

- URL 1: Sustav za upravljanje i distribuciju metapodataka za više GNSS mreža, <https://gnss-metadata.eu/site/stations?StationSearchModel%5BvalidMetadata%5D=1>, (12. 9. 2025.).
- URL 2: Trimble VRS Now via Internet – karta pokrivenosti, <https://tnzmarcom.com/dev/svg-world2/#>, (12. 9. 2025.).
- URL 3: HxGN SmartNet | NRTK karta pokrivenosti, <https://hxgnsmartnet.com/coverage-map>, (12. 9. 2025.).
- URL 4: Topnet Live RTK i PPP karta pokrivenosti, <https://www.topconpositioning.com/solutions/technology/infrastructure-software-and-services/topnet-live-corrections>, (12. 9. 2025.).
- URL 5: EPN mreža i podaci – karte, https://www.epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php, (12. 9. 2025.).
- URL 6: Guidelines for ENP stations, https://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_ENP_stations.pdf, (12. 9. 2025.).
- URL 7: Ordnance Survey UK, <https://www.ordnancesurvey.co.uk/geodesy-positioning/os-net>, (12. 9. 2025.).
- URL 8: Tailte Éireann geodetski servisi, <https://tailte.ie/services/geodetic/>, (12. 9. 2025.).
- URL 9: NSGI – Nizozemski katastar, <https://www.nsgi.nl/referentiepunten-en-gnss-data>, (12. 9. 2025.).
- URL 10: 06-GPS, <https://06-gps.nl/>, (12. 9. 2025.).

- URL 11: VRS Next, <https://www.vrsnext.com/en/>, (12. 9. 2025.).
- URL 12: LNR Net, <https://lnrnet.com/>, (12. 9. 2025.).
- URL 13: Aktivna geodetska mreža Belgije, <https://agn.ngi.be/FR/FR0.jsp>, (12. 9. 2025.).
- URL 14: WALCORS pozicijski sustav u Belgijskoj regiji Valoniji, <https://gnss.wallonie.be/walcors.html>, (12. 9. 2025.).
- URL 15: FLEPOS pozicijski sustav u Belgijskoj regiji Flandriji, <https://www.vlaanderen.be/digitaal-vlaanderen/onze-diensten-en-platformen/flepos-centimeternauwkeurige-positiebepaling>, (12. 9. 2025.).
- URL 16: Pegaso VRS Now permanentna mreža, <https://www.igmi.org/en/servizi/reti-geodetiche/la-rete-pegaso>, (12. 9. 2025.).
- URL 17: Orphéon GNSS CORS mreža u Francuskoj, <https://reseau-orpheon.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 18: Teria GNSS CORS mreža, <https://www.reseau-teria.com/en/teria-network-coverage/>, (12. 9. 2025.).
- URL 19: Satinfo mreža na području Francuske, <https://satinfo.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 20: Centipede-RTK mreža otvorenog koda, <https://www.centipede-rtk.org/the-centipede-rtk-network>, (12. 9. 2025.).
- URL 21: ActiSat mreža na Korzici, <https://www.actisat.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 22: SAPOS proizvodi, <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/SAPOS/>, (12. 9. 2025.).
- URL 23: SAPOS izvješće o kvaliteti 2025, <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/SAPOS/binarywriterservlet?imgUid=a9a30b66-d848-891c-03ff-836c845193ea&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>, (12. 9. 2025.).
- URL 24: Nacionalno izvješće za Njemačku, SAPOS mreža, 2024 godine, <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-09-Germany.pdf>, (12. 9. 2025.).
- URL 25: AvD – Udruženje geodetskih uprava saveznih pokrajina Njemačke, <https://www.adv-online.de/Startseite/>, (12. 9. 2025.).
- URL 26: Nacionalni Geografski institut Španjolske – Geodezija, <https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-area-geodesia>, (12. 9. 2025.).
- URL 27: Nacionalno izvješće Španjolske na EUREF simpoziju 2022. godine, <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2022Online-from-Zagreb-Croatia/04-21-Spain.pdf>, (12. 9. 2025.).
- URL 28: Slovak real-time positioning service, SKPOS mreža, <https://skpos.gku.sk/en/o-skpos.php>, (12. 9. 2025.).
- URL 29: SWEPOS Švedski pozicijski servis, <https://swepos.lantmateriet.se/default.aspx>, (12. 9. 2025.).

- URL 30: Prezentacije s EUREF simpozija grupirane po godinama,
<https://www.euref.eu/euref-symposia>, (12. 9. 2025.).
- URL 31: Slovenska SIGNAL mreža, <https://gu-signal.si/>, (12. 9. 2025.).
- URL 32: Grčka HEPOS mreža, <https://www.hepos.gr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 33: Portugalska ReNEP mreža,
<https://renep.dgterritorio.gov.pt/estacoes>, (12. 9. 2025.).
- URL 34: ASG-EUPOS, Poljska nacionalna GNSS mreža,
<https://www.asgeupos.pl/language/en/>, (12. 9. 2025.).
- URL 35: CROPOS hrvatski pozicijski sustav,
<https://www.cropos.hr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 36: Ukidanje troškova korištenja usluga CROPOS-a,
<https://cropos.hr/obavijesti/170-zakon-o-izmjenama-i-dopuni-zakona-o-drzavnoj-izmjeri-i-katastru-nekretnina>, (12. 9. 2025.).

Status and Development Trends of Permanent GNSS Networks in Europe

ABSTRACT. Permanent GNSS networks in Europe constitute a key infrastructure for precise positioning, geodetic measurements, scientific research, and various engineering applications. Their development, especially over the past decade, has been marked by an increase in the number of stations, the modernization of outdated technology through the replacement of old equipment with new multi-frequency and multi-constellation antennas and receivers, and the growth in the number of users employing precise positioning for non-geodetic purposes. National networks of EU member states and other European countries are increasingly being developed or repurposed into multi-purpose networks, combining scientific, reference, and commercial services. The aim of this paper is to analyze the current status and development trends of permanent GNSS networks in Europe, with particular emphasis on national services, models of availability, and network densification through the addition of more stations. The analysis is based on data from the international M3G database, reports and presentations from EUREF meetings, as well as publicly available national sources and official correspondence with institutions. The research identified 161 networks across 51 European countries, including over 3,500 active stations, of which 423 are part of the EPN. The role of the EPN in metadata standardization and ensuring a homogeneous reference frame is particularly highlighted. The study showed that open-access models encourage exponential growth in users, whereas commercial or hybrid models exhibit a more stable but slower development. Analysis of the collected data on permanent GNSS networks in Europe indicates that the growth in the number of network stations results in better coverage of regional or national territories, as well as a more diverse application of precise positioning. These indicators confirm that permanent GNSS networks in Europe are becoming increasingly accessible, reliable, and multifunctional, thereby contributing more significantly to the development of digitalization, technology, and infrastructure in Europe.

Keywords: Permanent GNSS networks, CORS, national positioning system, RTK, growth trends, EPN.

Primljeno / Received: 2025-10-10

Prihvaćeno / Accepted: 2025-11-24

NOVI GEODETSKO-GEOINFORMATIČKI NAZIVI 7

Nakon šest objavljenih priloga s definicijama novih geodetsko-geoinformatičkih naziva pripremili smo za čitatelje Geodetskog lista i sedmi. Razlog je ubrzani razvoj tehnologije koji svakodnevno stvara nove nazive. Uključeni su i nazivi iz drugih struka nužni i geodetima.

Svi nazivi poredani su po abecedi. Kada se naziv sastoji od dviju ili više riječi, prva je uvijek imenica. Na primjer *etična umjetna inteligencija* uvrštena je u rječnik kao *inteligencija, etična umjetna*. Zarez znači da je uobičajeni redoslijed riječi obrnut. Na isti način upisani su u rječnik i nazivi na stranim jezicima.

Sinonim nazivu u hrvatskom jeziku označen je s *također*. Prednost se daje prvom navedenom nazivu. Ako u stranom jeziku postoje sinonimi, odvojeni su točkom sa zarezom (;).

S *vidi* upućuje se na nazive koji su poslužili u definiciji određenog naziva ili su u uskoj vezi s njim.

U *napomenama* dane su neke dodatne informacije.

baština, geološka

Vidi: geobaština

dataizam

filozofski koncept koji podatak smatra središnjom kategorijom, ne samo u društvu, već i u prirodi te svemiru

Napomena: Dataizam podrazumijeva da su podaci temelj svega te da se svijet može razumjeti i objasniti isključivo analizom podataka.

En. dataism

Fr. dataïsme

Nj. Dataismus

FCD

Vidi: podaci o kretanju vozila

generacija X

osobe rođene otprilike između 1965. i 1980.

Napomena: Odrasli bez interneta, pa 2025. imaju oko 45 – 60 godina.

En. Generation X; Gen X

Fr. génération X

generacija Y

Također: milenijalci

osobe rođene otprilike između 1981. i 1996.

Napomena: Svjedoci dolaska interneta, mobitela i društvenih mreža, pa 2025. imaju oko 29 – 44 godine.

En. Generation Y; Gen Y

Fr. génération Y

generacija Z

osobe rođene otprilike između 1997. i 2012.

Napomena: Prva generacija koja ne pamti život bez interneta i pametnih telefona, takozvani digitalni urođenici, pa 2025. imaju oko 13 – 28 godina.

En. Generation Z; Gen Z

Fr. génération Z

generiranje proširenog pretraživanja

okvir umjetne inteligencije koji poboljšava velike jezične modele uključivanjem vanjskih izvora znanja, poput baza podataka ili baza znanja, u njihove odgovore
Napomena: To pomaže velikim jezičnim modelima da generiraju točniji, ažurniji i kontekstualno relevantniji tekst, smanjujući rizik od netočnih ili "haluciniranih" informacija.

Vidi: okvir umjetne inteligencije

En. generation, retrieval augmented; RAG

Fr. génération augmentée de récupération; RAG

geobaština

Također: baština, geološka

minerali, stijene, tlo, fosili i oblici reljefa koji imaju veliku vrijednost koja opravdava njihovo očuvanje i pravilno upravljanje

Napomena: Iako je naziv udomaćen u engleskom, francuskom i njemačkom jeziku, nije najsigurnije odabran jer prefiks geo- pripada i drugim disciplinama, kao što su npr. geografija i geodezija.

En. geoheritage; heritage, geological

Fr. géopatrimoine

Nj. Geo-Erbe

GeoFM

Vidi: model, geo-temeljni

inteligencija, digitalna

sposobnost digitalnih sustava da obrađuju informacije, uče i djeluju inteligentno

Napomena: Obuhvaća i umjetnu inteligenciju i način na koji ljudi koriste i razumiju digitalne tehnologije.

En. intelligence, digital

Fr. intelligence numérique

Nj. Intelligenz, digitale

inteligencija, etična umjetna

umjetna inteligencije koja osigurava usklađenost s etičkim normama, uključujući temeljna prava kao što su moralna prava, etička načela i povezane temeljne vrijednosti

Vidi: inteligencija, umjetna (Frančula i dr. 2020)

En. intelligence, ethical artificial

Fr. éthique de l'intelligence artificielle

Nj. Ethik der künstlichen Intelligenz

inteligencija, kolektivna

sposobnost skupine ljudi (ili ljudi i strojeva) da zajednički stvara znanje, donosi odluke ili rješava probleme na učinkovitiji način nego što bi to mogao pojedinac

En. intelligence, collective

Fr. intelligence collective

Nj. Intelligenz, kollektive

inteligencija, odgovorna umjetna

umjetna inteligencija koja je korisna, etična, i pouzdana, usklađena s ljudskim vrijednostima, i koja istovremeno minimizira potencijalni rizik i negativne posljedice
Napomena: Uključuje pridržavanje načela poput pravednosti, transparentnosti, odgovornosti, privatnosti, sigurnosti i usmjerenosti na čovjeka te provedbu okvira i praksi za usklađivanje umjetne inteligencije s ljudskim vrijednostima i društvenim dobrom.

Vidi: inteligencija, umjetna (Frančula i dr. 2020)

En. intelligence, responsible artificial; AI, responsible

LMM

Vidi: modeli, veliki multimodalni

MAS

Vidi: sustav, višeagentni

milenijalci

Vidi: generacija Y

En. Millennials

Fr. milléniaux

model, geo-temeljni

temeljni model treniran na geografskim ili prostorno relevantnim podacima

Napomena: Model ima “temeljno znanje” o geografskim informacijama, kartama, satelitskim snimkama, topografiji, prostornim podacima i sličnom.

Vidi: model, temeljni

En. model, geo-foundation

Fr. modèle de géo-fondation

model, temeljni

veliki, općeniti model umjetne inteligencije koji je treniran na vrlo velikim skupovima podataka i koji može obavljati različite zadatke, a da nije za svaki zadatak posebno treniran

En. model, foundation

Fr. modèle de fondation

model, veliki multimodalni

sustav umjetne inteligencije koji može obrađivati i razumjeti više vrsta modaliteta podataka, kao što su tekst, slike, zvuk i video

Napomena: Istovremeno može integrirati i analizirati informacije iz različitih izvora.

En. models, large multimodal; LMM

Fr. grands modèles multimodaux

okvir umjetne inteligencije

alati, biblioteke i strukturirano okruženje za pojednostavljenje razvoja sustava

umjetne inteligencije, kao što su modeli dubokog učenja i strojnog učenja

En. AI framework

Fr. Cadre d'IA

Nj. KI-Framework

pismenost, digitalna

kognitivne, tehničke i socijalno-emocionalne kompetencije i vještine potrebne za učinkovito funkcioniranje u digitalnom okruženju

En. literacy, digital

Fr. littératie numérique

Nj. Kompetenz, digitale

pismenost u području umjetne inteligencije

sposobnost razumijevanja, procjene i primjene sustava i alata umjetne inteligencije na siguran, etičan i učinkovit način

Napomena: Obuhvaća ne samo tehničko znanje o tome kako umjetna inteligencija funkcionira, već i društvene, etičke i praktične implikacije njezine upotrebe.

En. literacy, artificial intelligence; literacy, AI

podaci o kretanju vozila, plutajući ili pomični

podaci koji sadrže vrijeme, položaj i brzinu, a koje izravno prikupljaju vozila u pokretu

Napomena: Tradicionalni prometni podaci prikupljaju se na fiksnoj lokaciji stacionarnim uređajem ili promatračem. Ti se podaci koriste za procjenu prometnih uvjeta u navigaciji, upravljanju prometom i drugim primjenama u prometu.

En. data, floating car; FCD

Fr. données de voiture flottantes

ponovljivost

sposobnost postizanja konzistentnih (dosljednih) rezultata istog istraživačkog tima koristeći se istim eksperimentalnim pristupom

Napomena: Odnosi se na tvrdnju ili hipotezu, nacrt pokusa, provedbu, ishode (rezultate), analizu ishoda i zaključke. Za umjetnu inteligenciju ponovljivost opisuje ponaša li se test umjetne inteligencije na isti način kada se ponovi u istim uvjetima.

En. repeatability

Fr. répétabilité

Nj. Wiederholbarkeit

putanje, virtualne

simulirani putevi ili nizovi točaka, često generirani iz modela ili podataka, koji služe kao osnova za kontrolu, vođenje ili analizu u raznim područjima poput robotike, autonomnih sustava i vizualizacije podataka

Napomena: Za razliku od stvarnih fizičkih putanja, virtualne putanje su apstraktne, predstavljaju željene pokrete, projicirane puteve virtualnih objekata ili rekonstruirane povijesne pokrete i mogu sadržavati više dimenzija poput položaja, semantičkog značenja i vremenskih elemenata. Koriste se u raznim područjima poput robotike, neuroznanosti i analize podataka za razumijevanje i modeliranje složenih sustava.

En. trajectories, virtual

Fr. trajectoires virtuelles

RAG

Vidi: generiranje proširenog pretraživanja

sustav pozicioniranja, vizualni

sustav pozicioniranja koji koristi kameru uređaja za analizu okoline i usporedbu s postojećom 3D kartom ili bazom podataka vizualnih značajki, omogućujući vrlo precizno lociranje i orijentaciju u stvarnom vremenu bez oslanjanja na GPS

Napomena: Ta tehnologija pokreće aplikacije poput proširene stvarnosti (AR) za navigaciju u zatvorenom prostoru (npr. u trgovačkim centrima i zračnim lukama) i u robotici, pružajući preciznije navođenje od tradicionalnih metoda. Vizualni sustav pozicioniranja je ključan za aplikacije koje zahtijevaju precizno usklađivanje s fizičkim svijetom, kao što su slojevi za digitalne blizance, navigacija za autonomne dronove i dijeljena AR iskustva.

Vidi: Wi-Fi trilateracija

En. system, visual positioning; VPS

Fr. système de positionnement visuel

Nj. Positionierungssystem, visuelles

sustav, višeagentni

distribuirani računalni sustav u kojem više autonomnih agenata međusobno djeluje u zajedničkom okruženju kako bi postigli zajedničke ili individualne ciljeve

Napomena: Ti agenti mogu biti softverski programi, roboti ili senzori, svaki sa specijaliziranim ulogama i mogućnostima donošenja odluka, što sustavu omogućuje rješavanje složenih problema s kojima jedan agent ne bi mogao upravljati. Višeagentni sustavi su učinkoviti u decentraliziranom rješavanju problema, složenim simulacijama i upravljanju velikim sustavima poput lanaca opskrbe i prometnih mreža. Svaki agent može percipirati svoju okolinu, donositi odluke i poduzimati radnje neovisno, ali prava snaga višeagentnog sustava leži u kolektivnom ponašanju koje proizlazi iz njihovih interakcija.

En. system, multi-agent; MAS

tehnologija plovila, inteligentna

integracija digitalnih sustava, uključujući umjetnu inteligenciju, senzore interneta stvari (IoT) i analitiku velikih podataka, s ciljem optimizacije pomorskih operacija

En. technology, intelligent vessel

Nj. Schiffstechnologie, intelligente

udžbenik, inteligentan

moderan, digitalan, interaktivan udžbenik koji se koristi tehnologijom umjetne inteligencije i srodnih područja kako bi poboljšao način na koji učenici uče i ostvaruju interakciju sa sadržajem

En. textbook, intelligent

urođenici, digitalni

Vidi: generacija Z

VPS

Vidi: sustav pozicioniranja, vizualni

web inteligencija

područje istraživanja koje koristi umjetnu inteligenciju za razumijevanje i korištenje World Wide Weba,

En. Web intelligence; WI

WI

Vidi: web inteligencija

Wi-Fi

tehnologija koja omogućuje bežični prijenos podataka između uređaja, obično u obliku lokalne mreže

Napomena: Skraćenica potječe od engleskog naziva Wireless Fidelity, koji nema neko posebno značenje, već je više marketinški izraz.

En. Wi-Fi

Wi-Fi triangulacija

Vidi: Wi-Fi trilateracija

Wi-Fi trilateracija

metoda određivanja položaja uređaja mjerenjem jačine signala s više obližnjih Wi-Fi pristupnih točaka kako bi se procijenila udaljenost od uređaja do svake pristupne točke, a zatim izračunavanjem presjeka tih udaljenosti pronašao položaj uređaja

Napomena: Često se pogrešno naziva Wi-Fi triangulacija.

Vidi: Wi-Fi

En. Wi-Fi trilateration

znanost, urbana

interdisciplinarno područje koje proučava raznolika urbana pitanja i probleme

Napomena: Na temelju istraživačkih nalaza različitih disciplina poput povijesti, ekonomije, sociologije, uprave, arhitekture, urbanog inženjerstva, prometnog inženjerstva, krajobrazne arhitekture, inženjerstva zaštite okoliša i geoinformatike, cilj joj je stvoriti teorijsko i praktično znanje koje doprinosi razumijevanju i rješavanju problema urbanih pitanja u suvremenom društvu.

En. science, urban

Fr. sciences urbaines

Nj. Wissenschaft, urban

Literatura

Casebourne, I., Shi, S., Hogan, M. et al. (2025): Using AI to Support Education for Collective Intelligence, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35, 3, 1597–1629, <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00437-7>, (25. 9. 2025.).

Dilmegani, C. (2025): Large Multimodal Models (LMMs) vs LLMs in 2025, *AI Multiple Research*, <https://research.aimultiple.com/large-multimodal-models/>, (4. 6. 2025.).

Europska komisija (2019): Etičke smjernice za pouzdanu umjetnu inteligenciju, https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/

- JURI/DV/2019/11-06/Ethics-guidelines-AI_HR.pdf, (8. 5. 2025.).
- Frančula, N., Lapaine, M., Jazbec, I.-P. (2000): Kartografski rječnik, Hrvatsko kartografsko društvo, Naklada Dominović,
<https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/knjiga/19366>, (8. 10. 2025.).
- Hashemi-Pour, C., Gillis, A. S. (2025): What is responsible AI? TechTarget,
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/responsible-AI>,
(8. 5. 2025.).
- Janowicz, K., Mai, G., Huang, W., Zhu, R., Lao, N., Cai, L. (2025): GeoFM: how will geo-foundation models reshape spatial data science and GeoAI? International Journal of Geographical Information Science, 39, 9, 1849–1865,
<https://doi.org/10.1080/13658816.2025.2543038>, (25. 9. 2025.).
- Jung, J., You, J., Kim, D. (2025): Effective but sustainable? A case of a digital literacy program for older adults, Education and Information Technologies, 30, 13309–13330,
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-025-13364-4>, (10. 7. 2025.).
- Kreativno.hr (2020): Tehno religija – Internet svih stvari,
<https://kreativno.hr/techo-religija-internet-svih-stvari/>, (2. 7. 2025.).
- Peng, Z., Kuai, X., Ke, S., Dong, X., Guo, R. (2025): Enhancing geodatabases operability: advanced human-computer interaction through RAG and Multi-Agent Systems, Big Earth Data, 9, 2, 217–242,
<https://doi.org/10.1080/20964471.2025.2483541>, (7. 6. 2025.).
- Pepple, G. T., Iwueze, S. N. (2025): Emerging Technologies and their integration in Surveying Profession, Coordinates, 7, 23–27,
<https://mycoordinates.org/pdf/july25.pdf>, (23. 8. 2025.).
- ScienceDirect (2021): Geoheritage,
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geoheritage>,
(9. 5. 2025.).
- Sosnovsky, S., Brusilovsky, P., Lan, A. (2025): Intelligent Textbooks, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 35, 3, 967–986,
<https://doi.org/10.1007/s40593-024-00451-9>, (25. 9. 2025.).
- Wikipedia (2024): Urban science,
https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_science, (6. 6. 2025.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine

POSTAUTORSKA KARTOGRAFIJA

Dennis Edler glavni je urednik časopisa *KN - Journal of Cartography and Geographic Information* i podnaslovom *Kartographische Nachrichten*. Pod tim podnaslovom časopis je počeo izlaziti 1951. Od 1997. izlazi pod sadašnjim nazivom u izdanju Springerera.

Kao uvodnik br. 3 iz 2025. D. Edler napisao je tekst pod naslovom: *Are We Moving Toward a "Post-Authorial Cartography"?* (Edler 2025). Tekst je objavljen i na njemačkom jeziku pod naslovom: *Sind wir auf dem Weg zu einer „post-autorenhaften Kartographie“?*

Sve do pojave generativne umjetne inteligencije, koja se sve više uključuje i u izradu karata, pitanje autorstva karata nije bilo upitno. Autori karata bili su pojedinci ili ustanove. „Oni su preuzimali odgovornost za cijeli kartografski tijek rada: odabir tema, prikupljanje podataka, postavljanje prioriteta, generaliziranje i oblikovanje vizualnog rezultata.“ Stoga ni naziv „autorska kartografija“ ne postoji u kartografskoj terminologiji. Autor citiranog teksta ga uvodi da bi što jasnije naglasio razliku prema postautorskoj kartografiji.

Danas, kada karte mogu nastati u sekundama na osnovi upita pojedine osobe, postavlja se pitanje autorstva takve karte. Je li to: „Osoba koja projektira uputu? Programeri modela? Tvrtke koje ih pružaju? Bezbrojni anonimni suradnici čiji su podaci korišteni u obuci? Ili čak sam stroj, kao naizgled autonomni entitet?“

Stoga, prema Edleru, ulazimo u razdoblje postautorske kartografije, koju on definira kao kartografiju u kojoj karte nastaju kao rezultat interakcija između ljudi, strojeva, algoritama, skupova podataka i društvenog konteksta.

Literatura

- Edler, D. (2025): Are We Moving Toward a "Post-Authorial Cartography"? *KN – Journal of Cartography and Geographic Information*, 75, 3, 139–141, <https://doi.org/10.1007/s42489-025-00196-y>, (18. 10. 2025.).

Nedjeljko Frančula

STUDENT GEODETSKOG FAKULTETA DOBITNIK REKTOROVE NAGRADE ZA AKADEMSKU GODINU 2024./2025.

Rektorovu nagradu Sveučilišta u Zagrebu za akademsku godinu 2024./2025. osvojilo je 108 radova u šest kategorija:

- a) Nagrada za individualni znanstveni i umjetnički rad (jedan ili dva autora) – 73 rada
- b) Nagrada za timski znanstveni i umjetnički rad (tri do deset autora) – 9 radova
- c) Nagrada za individualni ili timski znanstveni i umjetnički rad u području translacijskih istraživanja (jedan do deset autora) – 1 rad
- d) Nagrada za znanstveni i umjetnički rad većih razmjera – timski znanstveni i umjetnički rad (više od deset autora) – 4 rada
- e) Nagrada za posebne natjecateljske uspjehe pojedinaca ili timova (na prijedlog člника sastavnice ili rektora) – 5 radova
- f) Nagrada za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici (na prijedlog člника sastavnice ili rektora) – 16 radova.

Unutar navedenih kategorija Rektorove nagrade su podijeljene za devet područja:

- a) Područje biomedicine i zdravstva
- b) Područje biotehničkih znanosti
- c) Područje društvenih znanosti
- d) Područje humanističkih znanosti
- e) Područje prirodnih znanosti
- f) Područje tehničkih znanosti
- g) Umjetničko područje
- h) Interdisciplinarno znanstveno područje
- i) Umjetničko interdisciplinarno područje.

Rektorovu nagradu za akademsku godinu 2024./2025. osvojio je jedan student Geodetskog fakulteta: Marko Liović.

Marko Liović dobitnik je Rektorove nagrade u kategoriji a) Nagrada za individualni znanstveni i umjetnički rad u području tehničkih znanosti za rad: „*Trodimenzijska vizualizacija elemenata geometrijske geodezije i geodetske astronomije u alatu otvorenog koda GeoGebra®*“. Mentor nagrađenog rada je izv. prof. dr. sc. Marko Pavasović.

Sažetak rada: „*Ovaj rad omogućuje prvenstveno studentima, ali i zainteresiranoj geosposobnoj javnosti stjecanje i bolje razumijevanje nastavne materije geometrijske geodezije, matematičkih operacija nad koordinatama i geodetske astronomije, pokrivene kroz predmete „Geodetski referentni okviri“ i „Državna izmjera“ na sveučilišnom prijediplomskom studiju Geodezija i geoinformatika Sveučilišta u Zagrebu – Geodetskog fakulteta u vidu upotrebe trodimenzionalnih, dinamičkih modela u programskom rješenju otvorenog koda (engl. open-source) GeoGebra®. Navedeni modeli teorijski su potkrijepljeni, te im je omogućeno manipuliranje u vidu promjene parametara koji su od značaja jer se promjenom istih omogućuje automatska promjena geometrijskih odnosa koji definiraju model. Na ovaj način korisniku (studentu, nastavniku i inom geosposobnom članu društva) je omogućeno bolje razumijevanje samog modela, odnosno nastavnog gradiva te stjecanje novih znanja na jedinstven i interaktivan način. Alat GeoGebra® povrnut je SWOT analizi, te su u radu spomenute prednosti i nedostaci istog.*“

Svečana dodjela Rektorove nagrade održana je 6. studenoga 2025. godine na Sveučilištu u Zagrebu (u zgradi SEECEL-a). Izložba postera, na kojima su studenti predstavili svoje nagrađene radove, održana je u zgradi SEECEL-a od 6. do 14. studenoga 2025.

Čestitamo studentu Geodetskog fakulteta Marku Lioviću na dobivenoj Rektorovoj nagradi te njegovu mentoru izv. prof. dr. sc. Marku Pavasoviću.

Mladen Zrinjski

SVEUČILIŠNI PRVOSTUPNICI (BACCALAUREUSI) INŽENJERI GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE

Na sveučilišnom prijediplomskome studiju Geodezija i geoinformatika na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 17. rujna 2025. godine, Završni ispit položilo je 13 pristupnika i time su ostvarili akademski naziv sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka geodezije i geoinformatike, odnosno sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) inženjer geodezije i geoinformatike.

Pregled sveučilišnih prvostupnika inženjera geodezije i geoinformatike na sveučilišnom prijediplomskome studiju Geodetskog fakulteta u ak. god. 2024./2025.:

17. rujna 2025.

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| ▪ Josip Brkić | ▪ Kristijan Osojnički |
| ▪ Katarina Fičko | ▪ Jurica Palajsa |
| ▪ Dominik Firingner | ▪ Viktorija Požega |
| ▪ Damir Franičić | ▪ Ivan Vranjković |
| ▪ Nikola Hrtica | ▪ Lucija Zekanović |
| ▪ Tomislav Kovačić | ▪ Leo Žagar |
| ▪ Mia Maras | |

Kratice za ovaj akademski naziv je: univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Čestitamo novim sveučilišnim prvostupnicima inženjerima geodezije i geoinformatike.

Mladen Zrinjski

SVEUČILIŠNI MAGISTRI INŽENJERI GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 7. studenoga 2025. godine, na sveučilišnom diplomskom studiju Geodezija i geoinformatika diplomiralo je dvoje pristupnika i time su ostvarili akademski naziv sveučilišna magistra inženjerka geodezije i geoinformatike, odnosno sveučilišni magistar inženjer geodezije i geoinformatike.

Pregled sveučilišnih magistara inženjera geodezije i geoinformatike na sveučilišnom diplomskom studiju Geodezija i geoinformatika Geodetskog fakulteta:

Pristupnik Naslov diplomskog rada	Datum obrane, mentor
<i>Josipa Humski</i> "Beyond Layers: Interactive Visualisation and Exploration of Linked Geospatial Data" ("Više od slojeva: interaktivna vizualizacija i istraživanje geoprostornih podataka")	7. 11. 2025., doc. dr. sc. Ana Kuveždić Divjak
<i>Luka Skelo</i> "Otkrivanje objekata na satelitskim snimkama metodama strojnog učenja"	7. 11. 2025., doc. dr. sc. Luka Rumora

Kratica za ovaj akademski naziv je: univ. mag. ing. geod. et geoinf.

Čestitamo novim sveučilišnim magistrima inženjerima geodezije i geoinformatike.

Mladen Zrinjski



IZVANREDNI SABOR HRVATSKOGA GEODETSKOG DRUŠTVA



U prostorijama Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 4. studenoga 2025. godine, održana je Izvanredna izborna sjednica Sabora Hrvatskoga geodetskog društva (HGD). Sjednica je sazvana u posebnim i emotivnim okolnostima, nakon što je geodetsku zajednicu potresao prerani odlazak dosadašnjeg predsjednika, izv. prof. dr. sc. Rinalda Paara, koji je svojim radom i energijom ostavio neizbrisiv trag u radu Društva.

Radni dio sjednice započeo je odavanjem počasti preminulom predsjedniku, nakon čega se pristupilo izboru novog predsjednika kako bi se osigurao nesmetan nastavak započetih aktivnosti. Članovi Sabora su jednoglasnom odlukom za novog predsjednika HGD-a, do kraja mandatnog razdoblja 2025. – 2029., izabrali prof. dr. sc. Miodraga Roića, profesora Geodetskog fakulteta.

U svom nastupnom govoru, profesor Roić istaknuo je kako izbor na ovu funkciju prihvaća s velikom odgovornošću, naglasivši kako će mu primarni cilj biti očuvanje vizije i postignuća svog prethodnika. Uz očuvanje tradicije, novi predsjednik najavio je daljnje jačanje struke davanjem podrške informatizaciji, modernizaciji katastarskog sustava i snažnijem povezivanju hrvatskih geodeta s europskim i svjetskim institucijama.

Unatoč sjeti zbog gubitka izv. prof. dr. sc. Rinalda Paara, sjednica je zaključena u duhu zajedništva i odlučnosti da HGD ostane stožerni stup promicanja geodetske znanosti i prakse u Hrvatskoj i inozemstvu.

Jasmina Trupković

VIII. HRVATSKI KONGRES O KATASTRU



Predsjedništvo Hrvatskoga geodetskog društva (HGD), donijelo je službenu odluku o organizaciji VIII. hrvatskog kongresa o katastru. Pod krovnom temom „Katastar – podrška gospodarenju zemljištem“, ovaj središnji strukovni događaj održat će se od 13. do 15. svibnja 2026. godine u Zagrebu.

Donošenje odluke o održavanju osmog izdanja Kongresa označava važan trenutak za hrvatsku geodeziju, jer se skup ponovno organizira u suradnji s Međunarodnom udrugom geodeta (FIG), točnije njezinim Povjerenstvom 7 (Katastar i gospodarenje zemljištem) i Povjerenstvom 9 (Vrednovanje i gospodarenje nekretninama). Ovakva međunarodna sinergija jamči visoku znanstvenu i stručnu razinu te izravan uvid u najnovije globalne trendove.

VIII. kongres o katastru osmišljen je kao međunarodna znanstvena konferencija koja će okupiti stručnjake iz javne uprave, akademske zajednice i privatnog sektora kako bi raspravljali o ključnim izazovima modernih sustava upravljanja

zemljištem. Središnja tema kongresa, „Katastar – podrška gospodarenju prostorom“, naglašava ulogu katastra kao nezaobilaznog upisnika za sustavno gospodarenje prostorom i resursima.

Znanstveni odbor je definirao niz aktualnih tema koje će biti u žarištu:

- vrednovanje nekretnina i procjene: analiza tržišta i transparentnost sustava,
- gospodarenje zemljištem i komasacije: razvoj zemljišnih politika nužnih za gospodarski napredak,
- katastarski digitalni blizanci (3D i 4D): implementacija naprednih tehnologija za trodimenzionalni prikaz prostora,
- standardizacija i LADM: primjena međunarodnog modela područja upravljanja zemljištem,
- povijest i budućnost katastra: razmatranje evolucije struke u digitalnom dobu.

Poseban značaj skupu dat će pozvana predavanja uglednih stručnjaka poput Petera Achea (predsjednik FIG Povjerenstva 9) i Anke Lisec s ljubljanskog Fakulteta za građevinarstvo i geodeziju.

VIII. hrvatski kongres o katastru bit će održan po hibridnom modelu, omogućujući sudjelovanje uživo, ali i praćenje na daljinu. Mjesto održavanja uživo je Hotel Antunović u Zagrebu, koji će tih dana biti središte stručne razmjene i druženja. Službeni jezici kongresa su hrvatski i engleski, što potvrđuje njegov međunarodni karakter.

Organizacijski odbor objavio je ključne rokove za autore radova i sudionike, pozivajući cijelu stručnu zajednicu na pravovremenu pripremu:

- 24. prosinca 2025.: Rok za prijavu sažetaka (do 200 riječi),
- 10. siječnja 2026.: Obavijest o prihvatanju sažetaka,
- 15. veljače 2026.: Rok za dostavu cjelovitih radova,
- 20. travnja 2026.: Krajnji rok za ranu registraciju.

Radovi se prijavljuju putem online sustava EasyChair, a bit će objavljeni u Zborniku radova, čime će ostati trajan doprinos geodetskoj literaturi.

Ovaj Kongres nije samo prilika za stjecanje novih znanja, već i prilika za jačanje utjecaja geodetske struke u društvu. Hrvatsko geodetsko društvo poziva sve članove, partnere i zainteresirane dionike da se aktivno uključe u rad kongresa, kako bismo zajednički oblikovali katastar budućnosti. Sve dodatne informacije i prijave dostupne su na mrežnoj stranici: <https://8hkk.hgd1952.hr/>.

Miodrag Roić

SLANJE RADOVA ZA OBJAVU U GEODETSKOM LISTU

Dragi autori i čitatelji Geodetskog lista,

od broja 1/2026 svi radovi za objavu u Geodetskom listu šalju se isključivo putem Open Journal Systems (OJS), poveznica:

<https://ojs.srce.hr/index.php/geodetski-list>

Mladen Zrinjski

PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U GENERIRANJU ZGRADA U OPENSTREETMAPU

Fila i dr. (2025) objavili su opsežnu studiju o zgradama generiranim umjetnom inteligencijom u OpenStreetMapu (OSM) te o razlikama u odnosu na zgrade koje nisu generirane umjetnom inteligencijom. Iz te opsežne studije izdvajamo, u ovom kratkom prikazu, samo neke osnovne podatke.

Kartiranje primjenom umjetne inteligencije u OpenStreetMapu (OSM) ima korijene u suradnji između organizacija i lokalnih OSM zajednica. Facebook je bio pionir u ovom pristupu kartiranjem cesta u Tajlandu (2017. – 2018.) i Indoneziji (2018. – 2019.). Nakon toga, Microsoft je primijenio kartiranje uz pomoć umjetne inteligencije kako bi generirao tlocrte zgrada za OSM u SAD-u, Kanadi, Tanzaniji i Ugandi. Posebni projekti također su usmjereni na zemlje u razvoju, a Meta organizira inicijative kartiranja cesta u raznim zemljama od 2017. Između listopada 2021. i listopada 2022., Microsoft je kartirao zgrade u Keniji i Nigeriji.

Uz izradu skupova podataka, razvijeni su i alati za integraciju podataka generiranih umjetnom inteligencijom u aplikacije za kartiranje u OSM-u. Od 2019. godine, alati poput Rapid Editora i JOSM-a s dodatkom MapWithAI, poboljšali su kartiranje uz pomoć umjetne inteligencije u OSM-u automatiziranim tijekovima rada.

Kartiranje primjenom umjetne inteligencije nužno je kontrolirati. Na primjer, tijekom potresa u Turskoj i Siriji u veljači 2023., umjetna inteligencija je primijenjena za brzu izradu karata kako bi se pomoglo u spasilačkim radovima. Mnogi početnici u kartiranju prihvatili su podatke generirane umjetnom inteligencijom bez provjere njihove točnosti, što je zahtijevalo ponovno kartiranje.

Za analizu kvalitete i količine zgrada generiranih umjetnom inteligencijom u podacima OSM-a, potrebno je koristiti se oznakama koje identificiraju zgrade generirane umjetnom inteligencijom (npr. `source = microsoft/BuildingFootprints`). Na dan 1. siječnja 2024. navedenu oznaku sadrže 20 267 542 zgrade, što čini 3,45 % od približno ukupno 587 milijuna zgrada u OSM-u.

Trenutačno je u SAD-u kartirano više od 10 milijuna zgrada generiranih umjetnom inteligencijom. Pet zemalja s najvećim brojem zgrada generiranih umjetnom inteligencijom (SAD, Nigerija, Alžir, Indija, Kenija) zajedno čine više od 75 % svih zgrada generiranih umjetnom inteligencijom u OSM-u.

Analiza kvalitete zgrada generiranih umjetnom inteligencijom, koje nudi Microsoft u odabranom području Nigerije ukazuje na to da, iako je skup podataka generiran umjetnom inteligencijom općenito pouzdan u predviđanju postojanja zgrada, značajan broj postojećih zgrada ostaje neotkriven.

Zanimljivo je da je većina (82 %) Microsoftovih zgrada generiranih umjetnom inteligencijom u proučavanom području modificirana nakon što su dodane u OSM. To pokazuje da suradnici ne prihvaćaju pasivno podatke generirane umjetnom inteligencijom, već aktivno provjeravaju i prilagođavaju oblike zgrada.

Autori citirane studije napominju da su rezultati ove studije slučaja ograničeni odabirom samo jedne lokacije za koju su bili dostupni referentni podaci.

Literatura

- Fila, M., Štampach, R., Herfor, B. (2025): AI-generated buildings in OpenStreetMap: frequency of use and differences from non-AI-generated buildings, *International Journal of Digital Earth*, 18, 1, 2473637, <https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2473637>, (14. 10. 2025.).

Nedjeljko Frančula

KARTAVIEW

KartaView, do studenoga 2020. poznat kao OpenStreetCam (Frančula 2020), je, kao i Mapillary (Frančula 2019), otvorena platforma za masovno prikupljanje fotografija cesta koje ljudi najčešće snimaju iz svojih automobila (slika 1).



Slika 1. Frankopanska ulica u Zagrebu.

Najpoznatija besplatna internetska usluga s panoramskim snimkama razine cesta, ulica i staza širom svijeta jest Googleov Street View, pokrenut 2007. godine i uključen u Google Maps i Google Earth. Već do 2015. Googleovi su automobili snimili fotografije cesta i ulica gotovo cijele Hrvatske (Frančula 2015).

Pozivajući se na literaturu, Biljecki i Ito (2021) ističu da snimke razine ulica imaju mnogobrojne primjene, primjerice u procjeni vrijednosti nekretnina, demografskim studijama, prikupljanju podataka o broju pješaka, razumijevanju kriminala, analizi pristupačnosti te kartografiranju nedostataka infrastrukture.

Uslugu KartaView razvila je tvrtka TeleNav sa sjedištem u SAD-u, a od 2019. je u vlasništvu Grab Holdingsa (Wikipedia 2025). Na mrežnoj stranici KartaViewa (2025) piše da su doprinosi korisnika javni, besplatni za pristup i da pomažu u poboljšanju OpenStreetMapa.

Ceste i ulice koje su korisnici snimili na karti označene su plavim crtama. Klikne li se mišem na određeno mjesto, prikazuje se fotografija ceste koju je moguće zumirati i rotirati. Snimke snimljene iz unutrašnjosti automobila nisu panoramske, odnosno mogu se rotirati samo djelomično. Pokrivenost Hrvatske KartaViewovim fotografijama ne može se uspoređivati s pokrivenošću Googleova Street Viewa. U Zagrebu je detaljno pokriven samo južni dio Trešnjevke, tj. područje između Zagrebačke avenije i jezera Jarun.

Literatura

- Biljecki, F., Ito, K. (2021): Street view imagery in urban analytics and GIS: A review, *Landscape and Urban Planning*, Volume 215, 104217, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204621001808?via%3Dihub>, (19. 11. 2025.).
- Frančula, N. (2015): Googleov Street View pokriva cijelu Hrvatsku, *Geodetski list*, 69 (92), 1, 62–63, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/217515>, (19. 11. 2025.).

- Frančula, N. (2019): Masovno podržana izrada karata cesta za autonomna vozila, Geodetski list, 73 (96), 1, 84, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/263398>, (19. 11. 2025.).
- Frančula, N. (2020): OpenStreetCam, Geodetski list, 74 (97), 3, 351–352, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/287210>, (19. 11. 2025.).
- KartaView (2025): <https://kartaview.org/landing>, (19. 11. 2025.).
- Wikipedia (2025): KartaView, <https://en.wikipedia.org/wiki/KartaView>, (19. 11. 2025.).

Nedjeljko Frančula

IZV. PROF. DR. SC. RINALDO PAAR**(1975. – 2025.)**

Duboko nas je potresla vijest da je u subotu 11. listopada 2025. godine u 51. godini života preminuo naš kolega i prijatelj, izv. prof. dr. sc. Rinaldo Paar. Teško je prihvatiti činjenicu da više nije među nama, a njegov prerani odlazak ostavio je prazninu koju osjećamo svi koji smo ga poznavali i radili s njim dugi niz godina.

Rinaldo Paar rođen je 5. svibnja 1975. u Brežicama, a odrastao je u Samoboru, gdje je završio osnovnu školu i gimnaziju prirodoslovno-matematičkog smjera. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisao je 1993., a diplomirao 2000. godine. Već kao student pokazivao je izniman interes za područje inženjerske geodezije, sudjelujući u demonstraturama, geodetskim projektima i GPS kampanjama, što je kasnije obilježilo cijelu njegovu karijeru.

Nakon kratkog razdoblja rada u struci, 2001. godine zapošljava se na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao mlađi asistent. Od tada je predano gradio svoju akademsku karijeru: magistrirao je 2006. godine, a doktorsku disertaciju obranio 2010. godine. U zvanje docenta izabran je 2013. godine na Katedri za inženjersku geodeziju, čiji je pročelnik bio od 2015. do 2021. godine. U zvanje izvanrednog profesora izabran je 2021. godine.

Izv. prof. dr. sc. Rinaldo Paar bio je iznimno predan nastavnom, znanstvenom i stručnom radu. Njegov doprinos nastavi bio je obilježen iskrenom željom da studentima prenese znanje, potakne ih na razvoj i otvori im put prema profesionalnom usavršavanju. Posebno je cijenio važnost praktičnog iskustva te je uvijek nastojao studentima omogućiti uvid u stvarne izazove struke. Aktivno je podržavao rad Centra za razvoj karijera studenata Geodetskog fakulteta, pomažući u organizaciji posjeta gradilištima i drugim stručnim aktivnostima koje su studentima pružale neprocjenjiva iskustva.

Poticao je i omogućavao sudjelovanje studenata na kongresima i stručnim skupovima. Kao mentor diplomskih i doktorskih radova pristupao je s maksimalnom posvećenošću, pružajući studentima ne samo znanstveno vodstvo nego i podršku, razumijevanje i poticaj. Bio je glavni urednik znanstvenih monografija i zbornika radova te autor i koautor više od šezdeset znanstvenih i stručnih radova. Zahvaljujući njegovoj predanosti, brojni kongresi, simpoziji i stručni susreti Hrvatskog geodetskog društva, Geodetskog

fakulteta te Hrvatske komore ovlaštenih inženjera geodezije bili su uspješni, izvrsno organizirani i sadržajno iznimno vrijedni.

Poseban trag ostavio je u inženjerskoj geodeziji, gdje je sudjelovao na više od pet stotina projekata ispitivanja konstrukcija, mostova i infrastrukturnih objekata. Njegovo praktično iskustvo, povezano sa znanstvenom preciznošću, činilo ga je osobito cijenjenim u struci. Svoje znanje prenosio je studentima, potičući ih na promišljanje i primjenu znanja u stvarnim situacijama.

Od 2017. godine bio je predsjednik Hrvatskog geodetskog društva, kojemu je dao novu energiju i vidljivost. Bio je pokretač, organizator, vizionar i, prije svega, čovjek koji je svojim entuzijazmom i energijom okupljao sve oko zajedničkog cilja – jačanja naše struke i promicanja geodezije u društvu. Zalagao se za povezanost generacija geodeta, za razvoj lokalnih udruga i za međunarodnu prisutnost hrvatske geodetske zajednice. Kao delegat u Međunarodnoj udruzi geodeta (FIG), predstavljao je hrvatske geodete s velikom odgovornošću i ponosom. Njegov rad prepoznat je i 2023. godine dodjelom Medalje Zagrebačke udruge geodeta.

U svemu što je radio, odlikovala ga je profesionalnost, posvećenost i neprestano nastojanje za unapređenjem struke i suradnje među kolegama. Teško je pomiriti se s time da ga više nema – ne samo kao stručnjaka, nego kao kolege s kojim smo dijelili terene, projekte, ideje i godine zajedničkog rada.

Dragi Rino, hvala ti na svemu što smo zajedno prošli: na znanju, razgovorima, suradnji i povjerenju. Ostat ćeš dio ove zajednice i dio svih nas koji smo imali privilegiju raditi s tobom.

Ante Marendić i Ozren Šukalić

2026 – VELJAČA**EUROCIVILENG2026***Paris, France, 19.-21. 2.*Web: <https://eurocivileng2026.synergiasummits.com/>E-mail: eurocivileng2026@synergiasummits.com**TRAVANJ****Geospatial World Forum 2026***Amsterdam, Nederland, 27. 4. – 1. 5.*Web: <https://geospatialworld.net/gwf/2026/>E-mail: membership@ion.org**SVIBANJ****EGU General Assembly 2026***Vienna, Austria & Online, 3.-8. 5.*Web: <https://www.egu26.eu/>E-mail: egu26@copernicus.org**VIII. hrvatski kongres o katastru***Zagreb, Hrvatska, 13.-15. 5.*Web: <https://8hkk.hgd1952.hr/>E-mail: hgd1952hr@gmail.com**XXVIII FIG Congress 2026***Cape Town, South Africa, 24.-29. 5.*Web: <https://www.fig.net/fig2026/>E-mail: fig@fig.net**LIPANJ****GeoAI 2 – geoinformacije i umjetna inteligencija***Zagreb, Hrvatska i online, 6. 6.*Web: <https://www.kartografija.hr/>E-mail: hkd@kartografija.hr**10th International Conference on Cartography and GIS***Nessebar, Bulgaria, 14.-19. 6.*Web: <https://iccgis.cartography-gis.com/>E-mail: iccgis@cartography-gis.com**International Conference on Sensors and Sensing Technology – ICSST2026***Florence, Italy, 15.-17. 6.*Web: <https://sensors2026.conplusmeetings.com/>E-mail: contact@conplusmeeting.com**SRPANJ****26th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2026***Albena, Bulgaria, 4.-13. 7.*Web: <https://www.sgem.org/>E-mail: sgem@sgem.org**5th International Congress on Earth and Geological Sciences – ICEGS 2026***Vienna, Austria, 23.-24. 7.*Web: <https://unitedresearchforum.com/geology-earthscience/>E-mail: jackharrison@unitedforum.uk**KOLOVOZ****3rd International Conference on AI Sensors and Transducers***Jeju, South Korea, 2.-7. 8.*Web: <https://sciforum.net/event/AIS2026>**22nd International Conference on Geometry and Graphics – ICGG 2026***Zagreb, Croatia, 3.-7. 8.*Web: <https://icgg2026.grad.hr/>E-mail: icgg2026@grad.unizg.hr**RUJAN****22nd International Conference Geoinformation and Cartography***Zagreb, Croatia & Online, 3.-5. 9.*Web: <https://www.kartografija.hr/>E-mail: hkd@kartografija.hr**ION GNSS+ 2026***Orlando, Florida, USA, 14.-18. 9.*Web: <https://www.ion.org/gnss/future-meetings.cfm>E-mail: membership@ion.org**LISTOPAD****19. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije***Vodice, Hrvatska, 2.-4. 10.*Web: <https://hkoig.hr/>E-mail: simpozij@hkoig.hr**PROSINAC****AGU 2026 Fall Meeting***San Francisco, CA, USA, 7.-11. 12.*Web: <https://www.agu.org/annual-meeting>**2027****EGU General Assembly 2027***Vienna, Austria & Online, 4.-9. 4.*Web: <https://www.egu27.eu/>E-mail: egu27@copernicus.org**FIG Working Week 2027***Stavanger, Norway, 23.-27. 5.*Web: <https://www.fig.net/fig2027/>E-mail: fig@fig.net**29th IUGG General Assembly 2027***Incheon, South Korea, 16.-22. 7.*Web: <https://iugg.org/>E-mail: secretariat@iugg.org**33rd International Cartographic Conference***Warsaw, Poland, 18.-23. 7.*Web: <https://icaci.org/icc2027/>E-mail: secgeneral@icaci.org

Mladen Zrinjski

Članci:

<i>Družević, Barković, Zrinjski, Baričević</i> : Mjerni sustavi i metode umjeravanja vertikalnog kruga geodetskih instrumenata (PZČ)	17
<i>Dubrović, Nevistić, Bačić</i> : Ispitivanje interferencije signala na bespilotne letjelice (IZČ)	151
<i>Dželalija, Racetin, Župan</i> : Open source webGIS tehnologija: kako prikazati prostorne podatke pomoću web karte? (SČ)	39
<i>Hanžek, Bačić, Nevistić</i> : Pregled postignuća uporabe materijala daljinskih opažanja s dronova za praćenje i detekciju stanja klizišta (PZČ)	279
<i>Ivanišević, Župan, Dželalija, Racetin</i> : Interaktivne karte ACI marina u Republici Hrvatskoj (SČ)	119
<i>Jelić, Bačić, Šugar, Nevistić</i> : Status i trendovi razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi (PZČ)	301
<i>Kryachok, Belenok, Liashenko, Hebryn-Baidy, Tretiak, Boyko</i> : Osobitosti primjene sustava vizualizacije na platformama UAV-a za daljinsko praćenje gama zračenja (PZČ)	95
<i>Lapaine</i> : Deformacija površina pri uspravnoj i poprečnoj Mercatorovoj projekciji (IZČ)	77
<i>Mulahusić, Kanjir, Radočaj, Jurić, Topoljak, Tuno</i> : Ispitivanje potencijala satelitskih snimaka visoke rezolucije za analizu urbanog širenja (PZČ)	1
<i>Poslončec-Petrić, Nevistić, Cibilić, Plazonić</i> : Višekriterijska prostorna analiza kvalitete života u gradovima: primjer grada Splita (IZČ)	255
<i>Singla, Gupta, A., Pankaj, Singh, Gupta, V. K.</i> : Učinkovito prikupljanje otpada: GIS metoda optimizacije rute (IZČ)	177
<i>Šugar, Jelić</i> : Format opažanja RINEX i GPPS CROPOS-a (PZČ)	199

Prilozi:

<i>Debeljak, Tupek</i> : WorldSkills Croatia 2025 – državno natjecanje učenika strukovnih škola (V)	228
<i>Frančula, Kuveždić Divjak, Stojnović i Lapaine</i> : Umjetna inteligencija i računanje površine geodetskog četverokuta na elipsoidu (PSTS)	142
<i>Frančula, Lapaine</i> : Alati za mjerenje površina Google Eartha i Google Mapsa i umjetna inteligencija (PSTS)	241
<i>Frančula, Lapaine</i> : Aspekt kartografske projekcije i umjetna inteligencija (PSTS)	247
<i>Frančula, Lapaine</i> : Gemini i klasifikacija kartografskih projekcija (PSTS)	137
<i>Frančula, Lapaine</i> : Grok i definicije kartografskih projekcija (PSTS)	72
<i>Frančula, Lapaine</i> : Kineski DeepSeek i definicije konusnih pseudokonusnih i cilindričnih projekcija (PSTS)	68
<i>Frančula, Lapaine</i> : Novi geodetsko-geoinformatički nazivi 5 (T)	55
<i>Frančula, Lapaine</i> : Novi geodetsko-geoinformatički nazivi 6 (T)	223
<i>Frančula, Lapaine</i> : Novi geodetsko-geoinformatički nazivi 7 (T)	331
<i>Frančula</i> : Digitizacija, digitalizacija i digitalna transformacija (T)	52

<i>Frančula</i> : Građanska znanost (T)	54
<i>Frančula</i> : KartaView (PSTS)	346
<i>Frančula</i> : Osvrt na tri časopisa namijenjena primjeni umjetne inteligencije u geoznanostima i obrazovanju (PSTS)	244
<i>Frančula</i> : Postautorska kartografija (T)	338
<i>Frančula</i> : Primjena umjetne inteligencije u generiranju zgrada u OpenStreetMapu (PSTS)	345
<i>Frančula</i> : Suvremeni pogled na geomatiku (PSTS)	246
<i>Frančula</i> : Zašto i kako komercijalne organizacije doprinose OpenStreetMapu (PSTS)	147
<i>Lapaine</i> : GeoAI – geoinformacije i umjetna inteligencija (V)	232
<i>Marendić, Šukalić</i> : Izv. prof. dr. sc. Rinaldo Paar (1975. – 2025.) (IM)	348
<i>Paar</i> : Dani hrvatskih geodeta – XXI. susreti, 8./9. – 11. svibnja 2025., hotel Medena, Seget Donji (kod Trogira) (V)	61
<i>Roić</i> : VIII. hrvatski kongres o katastru (V)	343
<i>Trupković</i> : Izvanredni Sabor Hrvatskoga geodetskog društva (V)	342
<i>Udruga geodeta Bjelovarsko-bilogorske županije</i> : Damir Dubravac, dipl. ing. geodezije (20. 1. 1966. – 20. 8. 2025.) (IM)	252
<i>Zrinjski, Barković, Tupek, Špoljar i Stipetić</i> : Festival znanosti 2025 (V)	132
<i>Zrinjski</i> : Dobitnici nagrade Geodetskog fakulteta za ak. god. 2024./2025. (V)	236
<i>Zrinjski</i> : Dodijeljene nagrade zaposlenicima Geodetskog fakulteta za ak. god. 2024./2025. (V)	236
<i>Zrinjski</i> : Predstojeći događaji (PD)	76
<i>Zrinjski</i> : Predstojeći događaji (PD)	149
<i>Zrinjski</i> : Predstojeći događaji (PD)	254
<i>Zrinjski</i> : Predstojeći događaji (PD)	350
<i>Zrinjski</i> : Student Geodetskog fakulteta dobitnik Rektorove nagrade za akademsku godinu 2024./2025. (V)	339
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni magistri inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	65
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni magistri inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	134
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni magistri inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	238
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni magistri inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	341
<i>Zrinjski</i> : Slanje radova za objavu u Geodetskom listu (V)	344
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni prvostupnici (baccalaureusi) inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	237
<i>Zrinjski</i> : Sveučilišni prvostupnici (baccalaureusi) inženjeri geodezije i geoinformatike (V)	340



*Čestit Božić i sve najbolje
u Novoj 2026. godini*

Geodetski list

*Blagoslovljen Božić
i uspješnu 2026. godinu
želi Vam*

Uredništvo

OPREMA RUKOPISA

1. Rukopis na hrvatskom književnom jeziku ili engleskome podnosi se uredništvu s jednostrukim proredom na stranici papira formata A4 (210 x 297 mm). Margine: 2,5 cm (lijevo), 2,5 cm (desno), 2,5 cm (gore) i 2,5 cm (dolje). Sve stranice rukopisa označavaju se rednim brojevima.
Radovi se šalju na: <https://ojs.srce.hr/index.php/geodetski-list>
2. Opseg rada treba ograničiti na najviše 16 stranica s jednostrukim proredom.
3. Naslov treba biti jasan, informativan i po mogućnosti što kraći.
4. Rad treba napisati u najkraćem obliku što ga jasnoća izlaganja dopušta. Tekst treba biti jasan, koncizan, gramatički ispravan, bez tipografskih pogrešaka. Za isticanje važnih riječi i rečenica u radu upotrebljavati kurziv (*italic*), a ne masno (**bold**) pismo.
5. Crteži, dijagrami i fotografije prilažu se u digitalnom obliku, uključeni u rad i odvojeno (*.tif, *.jpg, *.bmp), te moraju biti kvalitetni.
6. Osobitu pozornost treba posvetiti pravilnom citiranju literature. Citiranu literaturu treba poredati po abecednom redu prezimena autora.
Članci u časopisu se citiraju sljedećim redoslijedom: prezime autora (ako ih ima više, odvajaju se zarezom), inicijali imena, godina u zagradi, naslov članka, naziv časopisa ili međunarodna kratica, broj sveska, početna i završna stranica.
Na primjer: Božićnik, M. (1992): Geodeti u hramu prirode Plitvička jezera, Geodetski list, 4, 497–505.
Knjige se citiraju na sljedeći način: prezime autora, inicijali imena, godina u zagradi, naslov knjige, izdavač, mjesto izdanja.
Na primjer: Macarol, S. (1950): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.
Pojedini naslovi iz popisa literature citiraju se u tekstu rukopisa navođenjem prezimena autora i godine, npr. (Macarol 1950).
URL adrese citiraju se u tekstu članka po njihovu redoslijedu: (URL 1), (URL 2), itd. U popisu literature na kraju članka treba biti: naslov, cijela URL adresa i datum posljednjeg pristupa navedenoj adresi, *na primjer:*
URL 1: Hrvatsko geodetsko društvo, <http://www.hgd1952.hr>, (25. 11. 2006.).
U popisu literature mogu se uvrstiti samo naslovi i URL adrese koji su citirani u tekstu.
7. Rad treba sadržavati ključne riječi i sažetak, koji mora objasniti svrhu rada i prikazati najznačajnije podatke i zaključke. Optimalan je opseg sažetka do 250 riječi. Sažetak i ključne riječi na jeziku članka nalaze se ispod naslova i imena autora, a naslov, sažetak i ključne riječi na drugom jeziku (npr. engleskome), na kraju članka.
8. U *popratnom dopisu* koji se šalje uz članak treba navesti: naslov članka, točno ime(na) i prezime(na) autora, njegovu stručnu spremu (npr. diplomirani inženjer geodezije), znanstveno zvanje (npr. doktor znanosti), naziv i adresu ustanove u kojoj radi, e-mail i točnu adresu te prijedlog rubrike i kategorizacije članka.

VAŽNO UPOZORENJE!

MOLIMO AUTORE DA SE TOČNO PRIDRŽAVAJU UPUTA.

ČLANKE KOJI NE BUDU NAPISANI U SKLADU S UPUTAMA VRATIT ĆEMO AUTORIMA NA DORADU.

Zainteresirani za objavljivanje oglasa mogu dobiti informacije o mogućnostima oglašavanja i cijenama u tajništvu Hrvatskoga geodetskog društva, e-mail: hgd1952hr@gmail.com

Geodetski instrumenti i programski paketi talijanskog proizvođača STONEX S.r.l. za geodetska mjerenja, 3D skeniranja, fotogrametrijska mjerenja i GIS.

www.stonex.hr



TOTALNE STANICE



GIS GNSS I KONTROLERI



RTK GNSS PRIJEMNICI



3D SKENERI & SLAM



UREDSKI I TERENSKI SOFTVER

WINGTRARAY

wingtraOne GEN II

VTOL, PPK, 60 min. leta, Izmjenjivi RGB i LiDAR, GSD 0.7cm, Globalna točnost <2cm



www.geosustavi.hr



Točnost | Izdržljivost | Sigurnost

Neka svaka koordinata bude pouzdana!

Uz poboljšanu GNSS točnost i dokazanu TILT tehnologiju, novi HiPer XR omogućuje vam da vjerujete svakom podatku, čak i u teškim uvjetima kao što je pojačana ionosferska aktivnost.

Zahvaljujući mogućnosti **nadzora integriteta** signala, HiPer XR zna jesu li primljeni satelitski signali opterećeni smetnjama i pogreškama, zbog čega možete raditi brže, nositi se s neočekivanim izazovima i postići preciznost koja ulijeva povjerenje i sigurnost u svaku koordinatu vašeg projekta.



Engineered for

every day.

Trimble SX12

The Trimble® SX12 Scanning Total Station is the one instrument you need to handle any survey project by integrating surveying, imaging and 3D scanning capabilities into your everyday workflow.



Topo



Roading



Tunneling



As-Built



Powerline



Stakeout



Geomatika
SHOLCAE & S.



Trimble
Authorized Distribution Partner

TRIMBLE: NEXT GEN PRODUCTIVITY

Geospatial.trimble.com/SX12

THE **BEST** JUST GOT **BETTER**

 **Trimble**
Authorized Distribution Partner

© 2014, Trimble Inc. All rights reserved. PN 022516-724

TRIMBLE R980 GNSS SYSTEM

Elevate survey productivity with unmatched performance and Trimble trusted workflows. With a full suite of enhanced connectivity features, the Trimble® R980 GNSS system sets a new benchmark in versatility and enables you to tackle the most demanding GNSS environments to get the job done.

geospatial.trimble.com/r980


Geomatika
SINCE 2004