

UDK 551.4.08(497.562)  
556.32(497.562)  
911.2:556](497.562)

Izvorni znanstveni rad  
Original scientific paper

DOI <https://doi.org/10.21861/AGC.2019.45-46.02>

## GEOEKOLOŠKA ANALIZA U PROCJENI UTJECAJA NA OKOLIŠ – PRIMJER BUDUĆE AKUMULACIJE KOSINJ U LICI

### *GEOECOLOGICAL ANALYSIS IN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT - AN EXAMPLE OF THE FUTURE ACCUMULATION OF KOSINJ IN LIKA*

VALERIJA BUTORAC, MARTINA CVITKOVIĆ

#### Izvod

*U postupcima procjene utjecaja na okoliš u Republici Hrvatskoj primjetan je izostanak analize abiotičkog dijela okoliša. Abiotički dio okoliša uključuje geološka, geomorfološka i pedološka obilježja određenog prostora. Cilj rada je prikazati ulogu georaznolikosti i geoekološkog vrednovanja u analizi mogućeg utjecaja na okoliš na primjeru akumulacije Kosinj.*

*Odabranim metodama kabinetskog i terenskog rada koje uključuju geomorfološku analizu, metodu relativnog vrednovanja reljefa i primjenu GIS alata, kvantificirana je intrinzična vrijednost reljefa, tj. georaznolikost promatranog područja. Rezultati navedenih analiza osnova su za interpretaciju georaznolikosti kao jedne od sastavnica okoliša te procjenu utjecaja na georaznolikost i propisivanje adekvatnih mjera ublažavanja utjecaja.*

**Ključne riječi:** georaznolikost, geomorfologija, geoekološko vrednovanje, GIS, holistički pristup

#### Abstract

*In environment impact assessment procedures in Republic of Croatia there is noticeable absence of analysis of abiotic part of nature. Abiotic part of environment comprises geological, geomorphological and pedological features of certain area. The aim of this research is to emphasise the role of geodiversity and geoecological evaluation in the analysis of the possible impact on the environment on the example of accumulation lake Kosinj.*

*With the selected methods of cabinet and field work which include geomorphological analysis, relative relief evaluation method and application of GIS tools, the intrinsic value of the relief was quantified, ie the geodiversity of the observed area. The results of these analyses are the basis for the interpretation of geodiversity as one of the components of the environment and the assessment of the impact on geodiversity and the prescribing of adequate mitigation measures.*

**Key words:** geodiversity, geomorphology, geoecological evaluation, GIS, holistic approach

#### UVOD

Georaznolikost je sveukupna raznolikost krajolika, oblika i procesa na površini Zemlje i u njenoj unutrašnjosti koja uključuje njihove značajke, odnose i sustave. Čine ju geološka, geomorfološka i pedološka raznolikost (Gray, 2013). Prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19 i 127/19), georaznolikost je definirana kao raznolikost tla, stijena, minerala, fosila, reljefnih oblika, podzemnih objekata i struktura te prirodnih procesa koji su ih stvarali kroz geološka razdoblja.

Najveća prijetnja georaznolikosti je antropogeni pritisak odnosno utjecaj ljudske djelatnosti. Prekomjerna eksploatacija mineralnih sirovina, onečišćenje voda, zahvati na vodotocima, ilegalna odlagališta otpada, širenje građevinskih područja (ilegalna gradnja) te izgradnja prometnica u najvećoj mjeri negativno utječu na georaznolikost. Najbitnija ka-

rakteristika georaznolikosti koju je potrebno naglasiti jest ta da je uglavnom neobnovljiva, za razliku od drugih sastavnica okoliša (Gray, 2013). S druge strane jedna od realnih prijetnji georaznolikosti Hrvatske jest njena neistraženost ili nepostojanje cjelovite inventarizacije i samim time izostanak interpretacije procjene utjecaja prethodno navedenih radnji i u konačnici izostanak zaštite georaznolikosti.

Pojam georaznolikosti nov je u zaštiti okoliša no među geolozima i geomorfolozima koristi se od 1990-ih kako bi se opisala raznolikost abiotičkog dijela prirode. Bognar već 1990. godine objavljuje rad u kojem na temelju metode geomorfološke analize i sinteze, terenskog istraživanja i kartiranja vrši ekološko vrednovanje reljefa otoka Hvara (Bognar, 1990). U kasnijem radu daje naglasak na vezu između geomorfologije i antropogenog utjecaja (Bognar i Bognar,

2010). Bognar (1992) piše kako su detaljna geomorfološka istraživanja uz ostala, važna za donošenje točnih propisa i pravila u građevini kako bi se uz stabilnost i funkcionalnost gradnje postigla i optimalna zaštita okoliša. Narednih godina nitko se nije detaljno i konkretno posvetio problematici i poveznici između zaštite okoliša i geomorfologije, odnosno georaznolikosti. Nekolicina autora bavi se geokološkim vrednovanjem u svrhu analize utilitarne vrijednosti koja se ne dotiče konkretno zaštite okoliša. Radovi su orijentirani na mogućnosti turističkog iskorištavanja geobaštine te georaznolikosti kao podloge za razvoj određenih oblika turizma (Buzjak, 2008; Mamut, 2010a, 2010b, 2010c).

Kroz razvoj politike zaštite okoliša u Hrvatskoj te kroz razvoj postupaka procjene utjecaja na okoliš geološke, a posebice geomorfološke značajke određenog prostora isključivo su opisivane deskriptivno. Takvim pristupom do sada u Hrvatskoj nije bila moguća procjena realnih utjecaja niti propisivanje adekvatnih mjera kojima bi se utjecaji na abiotički dio okoliša ublažili ili u potpunosti izbjegli. Litosfera, uz atmosferu, hidrosferu i pedosferu jedna od temeljnih sastavnica okoliša koja ima veliku ulogu u kontekstu usluga ekosustava. Reljef kao rezultat interakcije abiotičkih i biotičkih sastavnica okoliša nameće se kao prikladan indikator stanja okoliša te predmet geokološkog vrednovanja. S naglaskom na holističkom pristupu u zaštiti okoliša cilj ovog rada je prikazati važnost georaznolikosti i ulogu reljefa u geokološkom vrednovanju i analizi mogućeg utjecaja na okoliš te sprječavanja ili ublažavanja prepoznatih utjecaja. Kroz rad je prikazan primjer iz prakse, tj. primjena geokološkog pristupa u procjeni utjecaja izgradnje hidroenergetskog sustava na reljef. Koncept georaznolikosti korišten je kao pokazatelj vrijednosti reljefa.

## METODE RADA

Osnovna metoda korištena u radu je metoda relativnog vrednovanja reljefa (Bognar, 1990; Bognar i Bognar, 2010). Metoda relativnog vrednovanja reljefa primijenjena je u GIS okruženju. Prije samog vrednovanja reljefa u svrhu analize prostorne distribucije georaznolikosti korištena je metoda digitalne analize reljefa. Za tu svrhu poluatomatskom vektorizacijom vektorizirane su izohipse s orohidrografske karte RH koja je izvedena iz topografske karte RH 1:25 000 te je izrađen digitalni model reljefa rezolucije 25 x 25 m. Princip relativnog vrednovanja reljefa tj. određivanja bonitetnih kategorija prostora izveden je korištenjem kriterija intrinzične vrijednosti reljefa. Intrinzična vrijednost reljefa odnosi se na etičko vjerovanje da su stvari ili pojave (u ovom slučaju

georaznolikost) vrijedne zbog toga što jesu, više nego zbog njihove moguće upotrebe od strane čovjeka, tj. njihove utilitarne vrijednosti. Intrinzična vrijednost reljefa obuhvaća vrijednost promatranog prostora i njegovih obilježja u geološkoj/geomorfološkoj vremenskoj skali, a ne u odnosu na čovjekov vijek. U konkretnom primjeru geomorfoloških obilježja reljefa takvim pristupom sagledava se evolucija reljefa te njegove paleo značajke jednako kao i one recentne te buduće (Gray, 2013).

Geomorfološkom analizom reljefa kao temeljnim postupkom primijenjene geomorfologije dolazimo do spoznaje o procesima nastanka i razvoja reljefa, njegove veze s geološkom građom, morfostrukturnim i recentnim procesima. Geomorfološka analiza prvi je korak u geokološkom vrednovanju reljefa. Kabinetskim radom obavljena je orografska, morfogenetska (strukturno i egzogeno – geomorfološka obilježja) i morfometrijska analiza istraživanog prostora. Morfometrijom kao kvantitativnom analizom reljefa, utvrđuju se različiti veličinski parametri reljefa istraživanog prostora, u ovom slučaju prostora zahvata Kosinj. U geokološkoj analizi, u obzir su uzete analize hipsometrije, vertikalne raščlanjenosti reljefa, nagiba padina i ekspozicije padina kao obilježja kriterija intrinzične vrijednosti.

Glavni izvor za digitalnu analizu predmetnog prostora bio je digitalni model reljefa iz kojeg su napravljene morfometrijske karte, karte točkastih i linijskih geomorfoloških oblika te karte gustoće i usmjerenosti geomorfoloških oblika.

Metoda relativnog vrednovanja reljefa jedna je od praktičnih geokoloških metoda za planiranje optimalnog gospodarenja prostorom. Cilj te metode je utvrditi pogodnosti i ograničenja prostora za određenu društvenu ili gospodarsku aktivnost (Mamut, 2010a). Kod spomenute metode vrlo je bitan ulazni broj podataka kako bi se izbjegla subjektivnost pri vrednovanju. Temeljena je na dostupnim podacima prikupljenim tijekom terenskog rada, zatim kabinetskim radom na digitalnoj analizi reljefa i geomorfološkoj analizi (Butorac i dr., 2017).

Prvi korak u provođenju metode relativnog vrednovanja reljefa sastoji se od određivanja kriterija vrednovanja, u ovom slučaju intrinzične vrijednosti. Nadalje se determiniraju obilježja kriterija intrinzične vrijednosti te kategorije odabranih obilježja. S obzirom na to da je cijeli postupak digitaliziran i izveden u GIS okruženju odabrana obilježja i kategorije obilježja prikazani su u rasterskim podlogama na jediničnoj površini veličine 25 x 25 m. Svaka rasterska podloga predstavlja jedno obilježje kriterija intrinzične vrijednosti. Svaki raster posjeduje atributnu tablicu koja sadrži

Kriterij vrednovanja / Assessment criteria	Obilježje kriterija / Criteria feature	Kategorije obilježja / Feature categories	Bodovi / Points		
Intrinzična vrijednost reljefa (100 bodova) / Intrinsic value (100 points)	Hipsometrija (50 bodova) / Hypsometry (50 points)	100-200	16.666		50:3=16.666
		200-300	33.334	→	50-16.666=33.334
		>500	50		33.334-16.666=16.666
	Nagib padina (50 bodova) / Slope (50 points)	0 - 2°	8.333		50:6=8.333
		2 - 5°	16.668		50-8.333=41.667
		5 - 12°	25.001	→	41.667-8.333=33.334
		12 - 32°	33.334		33.334-8.333=25.001
		35 - 55°	41.667		25.001-8.333=16.668
		> 55°	50		16.668-8.333=8.333

Sl. 1. Model simetričnog bodovanja s maksimalnim brojem bodova 100 te dva obilježja kriterija koja imaju različit broj kategorija obilježja

Fig. 1 Symmetric scoring model with a maximum number of points of 100 and two feature criteria that have a different number of feature categories

kategorije obilježja. Obilježja kriterija koja su definirana su sljedeća:

- Strukturna obilježja
- Litološka obilježja
- Hidrogeološke pojave
- Krški geomorfološki oblici
- Padinski geomorfološki oblici
- Fluviokrški geomorfološki oblici
- Hipsometrija
- Nagibi padina
- Ekspozicije padina
- Vertikalna raščlanjenost reljefa
- Kernel gustoća ponikvi
- Kernel gustoća hidrogeoloških pojava
- Kernel gustoća strukturnih elemenata prostora

Reljefni oblici i elementi reljefa sistematizirani su u obilježja reljefa, a obilježja reljefa su dalje podijeljena na kategorije u kojima se ta obilježja manifestiraju (Bognar i Bognar, 2010). Sistematizacija te geokološko vrednovanje temeljeni su na provedenoj geomorfološkoj analizi. Obilježja koja vrednujemo su morfometrijska, morfogenetska, strukturna i litološka te obilježja gustoće geomorfoloških oblika. Odabrana obilježja kriterija razvrstana su po kategorijama. Kada su postavljeni svi parametri vrednovanja određen je maksimalan broj bodova. Maksimalan broj bodova raspoređen je po obilježjima kriterija. U slučaju vrednovanja intrinzične vrijednosti koja se provodi u svrhu izrade procjene utjecaja na okoliš bodovi su raspodijeljeni simetrično po obilježjima kriterija (sl. 1).

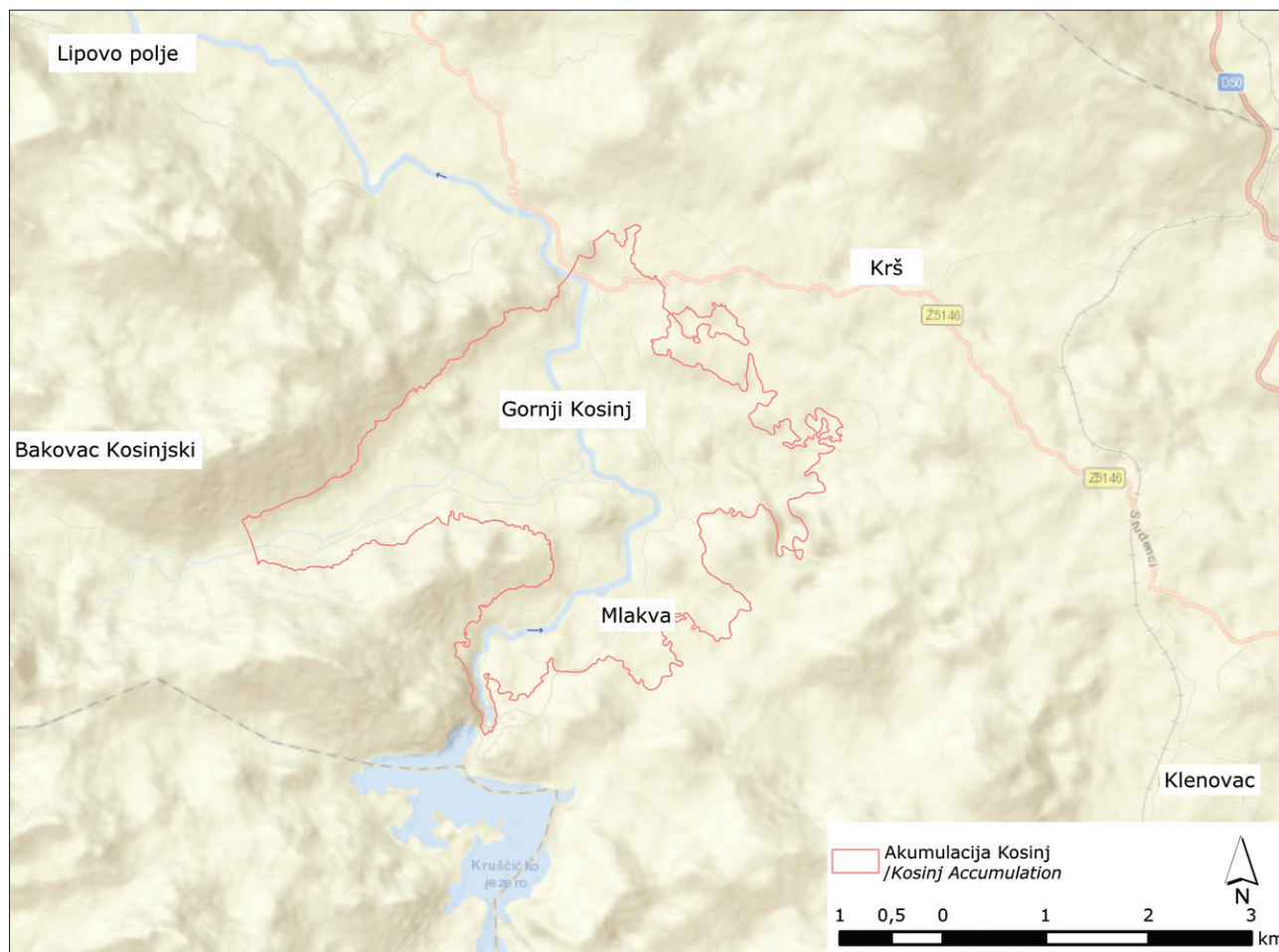
Nakon određivanja obilježja kriterija vrednovanja, određene su i definirane kategorije obilježja (nadmorska visina, vertikalna raščlanjenost reljefa, nagib padina, mobilnost padina itd.) te pozitivne i negativne implikacije svake pojedine kategorije na sadašnji i budući razvoj reljefa. Uzeti su u obzir izravni i neizravni utjecaji reljefa na aktivnost koja se provodi ili se planira provoditi u krajobrazu te utjecaji zahvata na reljef. U ovom slučaju zahvat je izgradnja hidroenergetskog sustava. Kategorije obilježja su kvantitativne i kvalitativne ovisno o samome obilježju. Tako su primjerice nagibi i hipsometrijska obilježja iskazani u kvantitativnim kategorijama (° i m n.v.) dok su s druge strane strukturna obilježja izražena kvalitativno (rasjed, čelo navlake i sl).

Svako obilježje koje ulazi u kriterij intrinzične vrijednosti prikazano je na rasterskoj podlozi. Svaka rasterska podloga u atributnoj tablici sadrži podatke vrednovanja koji su korištenjem metoda susjedstva u ArcMap-u zbrojeni pomoću funkcije statistike ćelija koja računa statističke parametre ćelija iste lokacije unutar više rastera.

## PROSTORNI OBUHVAT I GEOMORFOLOŠKI POLOŽAJ

Obuhvat prostora za koji se izvodi analiza određen je obuhvatom predmetnog zahvata (prostor buduće akumulacije) te buffer zonom širine 500 m od granice zahvata (sl. 2 i 3) Prostor zahvata Kosinj nalazi se u Kosinjskom polju, oko 10 km istočno od državne ceste D50 (Otočac – Gospić) i 25 km sjeverno od administrativnog središta Ličko – senjske županije, grada Gospića. Geografski obuhvat istraživanog





Sl. 2. Prikaz prostornog obuhvata akumulacije Kosinj. Kartografska podloga: World Street Map (Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)

Fig. 2 Overview of the spatial scope of the Kosinj accumulation lake. Cartographic background: : World Street Map (Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)

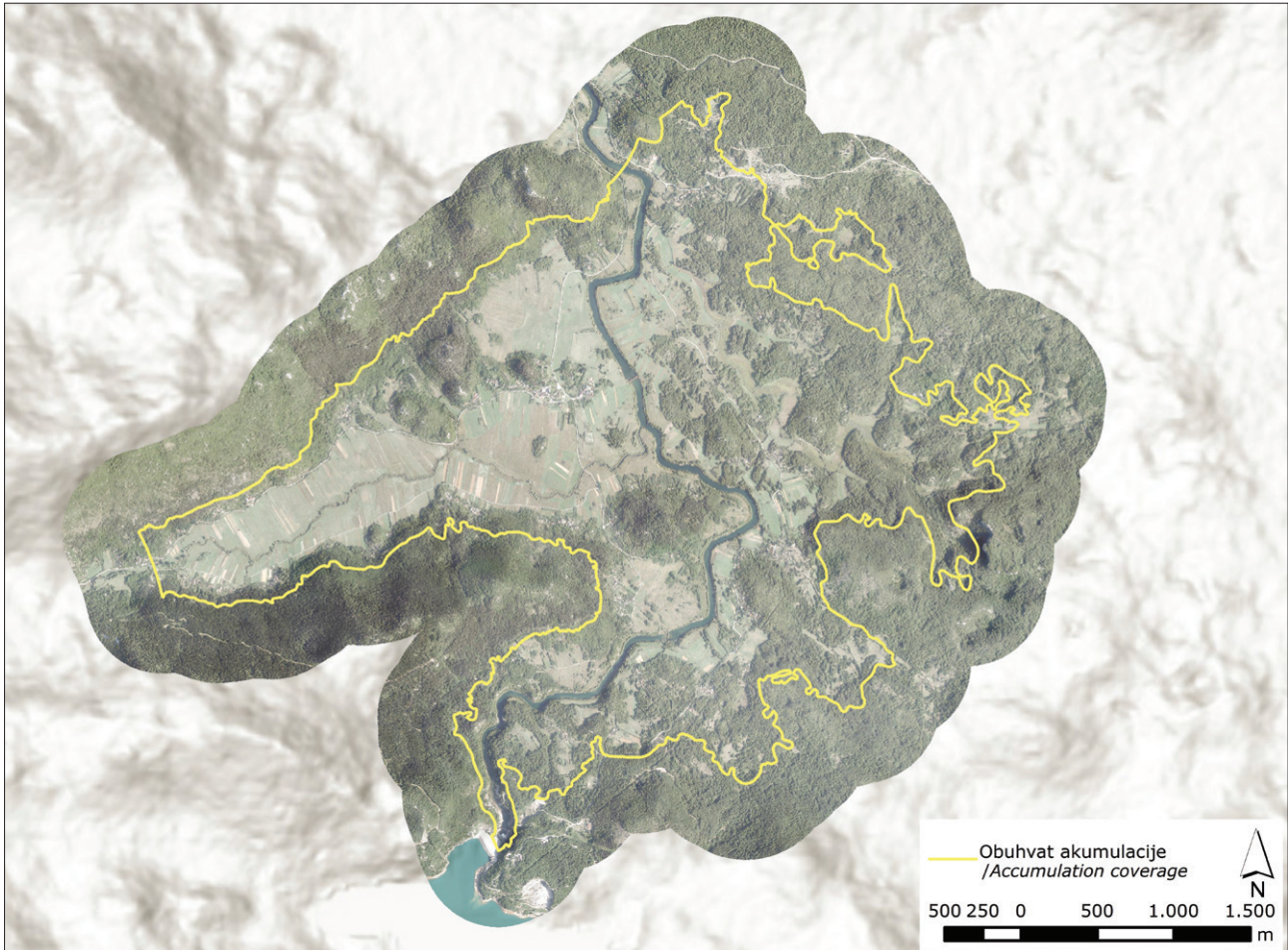
prostora nalazi se u rasponu od 15°11'40" do 15°20'45" istočne geografske dužine i 44°40'42" do 44°46'36" sjeverne geografske širine. Raspon nadmorskih visina istraživanog prostora je od najniže točke na 490 m n.v. do najviše točke na 774 m n.v.

Na temelju morfostrukturnih, morfogenetskih, orografskih, litoloških i hidrografskih obilježja napravljena je geomorfološka regionalizacija prostora Hrvatske (Bognar, 2001). Prostor zahvata Kosinj proteže se kroz tri geomorfološke subregije:

- 2.1.7.2. Niz zavala Oltari – Krasno – Lipovo Polje,
- 2.1.7.3. Gorski masiv sjevernog Velebita s udolinom Bakovca i

- 2.1.7.4. Gorski hrbat srednjeg Velebita s Bužimskim i Perušićkim pobrđem.

Navedene subgeomorfološke regije dio su megageomorfološke regije 2. Dinarski gorski sustav, oblikovanog tijekom Alpske orogeneze, makrogeomorfološke regije 2.1. Gorska Hrvatska te mezogeomorfološke regije 2.1.7. Gorski hrbat – masiv Velebita.



Sl. 3. Prikaz prostornog obuhvata akumulacije Kosinj. Podloga: DOF (Državna geodetska uprava, [www.geoportal.dgu.hr](http://www.geoportal.dgu.hr))

Fig. 3 Overview of the spatial scope of the Kosinj accumulation lake. Cartographic background: DOF (State Geodetic Administration, [www.geoportal.dgu.hr](http://www.geoportal.dgu.hr))

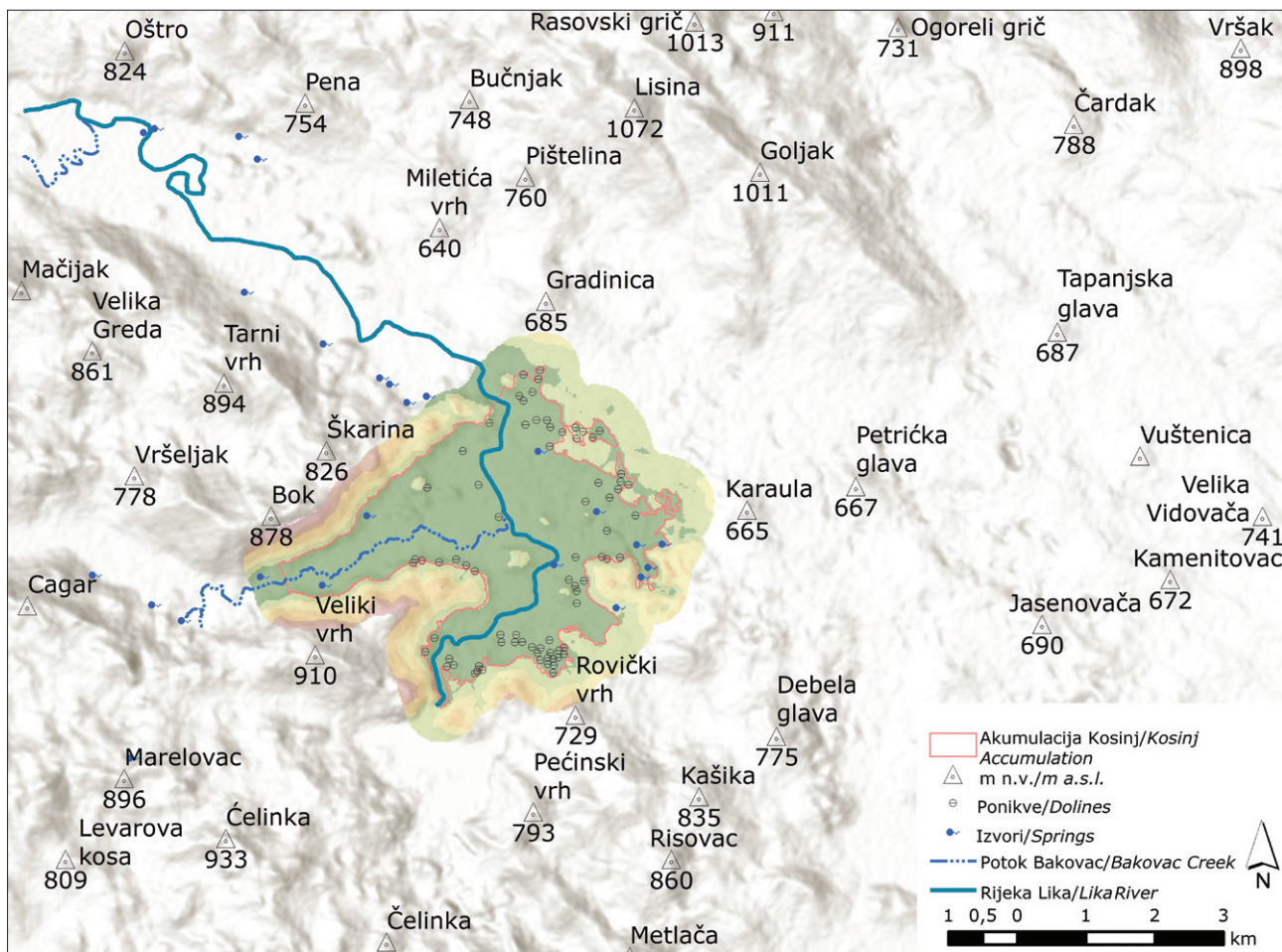
### GEOMORFOLOŠKI I GEOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Na području zahvata od negativnih (udubljenih) orografskih elemenata prostire se Kosinjsko polje dinarskog usmjerenja, na koje se spaja dolina potoka Bakovca, usmjerenja Z – I. Kosinjsko polje i dolina potoka Bakovca otvaraju se u prostrano Lipovo polje koje je približno dinarskog pravca pružanja. Navedene cjeline ujedno su i najveće orografske cjeline koje dominiraju prostorom. Uzvišenja su većinom rubna te poneko izdvojeno unutar zaravnjenih cjelina. Zapadnu stranu Lipovog polja zatvaraju rubna uzvišenja u razredu nadmorske visine 800 – 900 m n.v. To su: Mačljak, Velika Greda, Tarni vrh, Škarina, Bok. Sjeveroistočni rub Lipovog polja zatvaraju uzvišenja hipsometrijskih razreda 640 – 824 m n.v. na koja se dalje nastavljaju višlja uzvišenja Kuterevske kose i grebena koji odvaja Gacko i Lipovo polje (Pena, Miletića vrh, Gradinica).

Južnu stranu Kosinjskog polja zatvaraju niža uzvišenja s vrhovima od 665 do 775 m n.v., Karaula, Debela glava, Rovički vrh. U tom pojasu uzvišenja su osamljena i odvojena terenom manjih nagiba. Sjeverna i južna strana Bakovačke doline omeđena je uzvišenjima od 778 do 910 m n.v., Veliki vrh, Cagar i Vršeljak. Važnu orografsku cjelinu čine doline rijeke Like i potoka Bakovca (sl. 4).

U geološkoj građi terena prevladavaju karbonatne stijene. Iz geološke karte (sl. 5) vidljive su sljedeće litostratigrafske jedinice: proluvijum, vapnenačke breče, konglomerati i vapnenci te vapnenci i vapnenačke breče kredne starosti (Velić, 1974). Donjokredne naslage vapnenaca i vapnenačkih breča izgrađuju rubno S, SI, I i II područje zahvata. Naslage terciarnih klastita litoški gledano sastavljene su od vapnenačke breče u kojima se javljaju ulošci konglomerata, kalkarenita i fino-zrnastih vapnenaca. Ove naslage prekrivaju najveće područje zahvata. Predstavljaju tipske akumulacijske breče nast-





Sl. 4. Prikaz akumulacije Kosinj s najistaknutijim točkastim elementima reljefa

Fig. 4 Overview of the Kosinj accumulation lake with accentuated point elements of relief

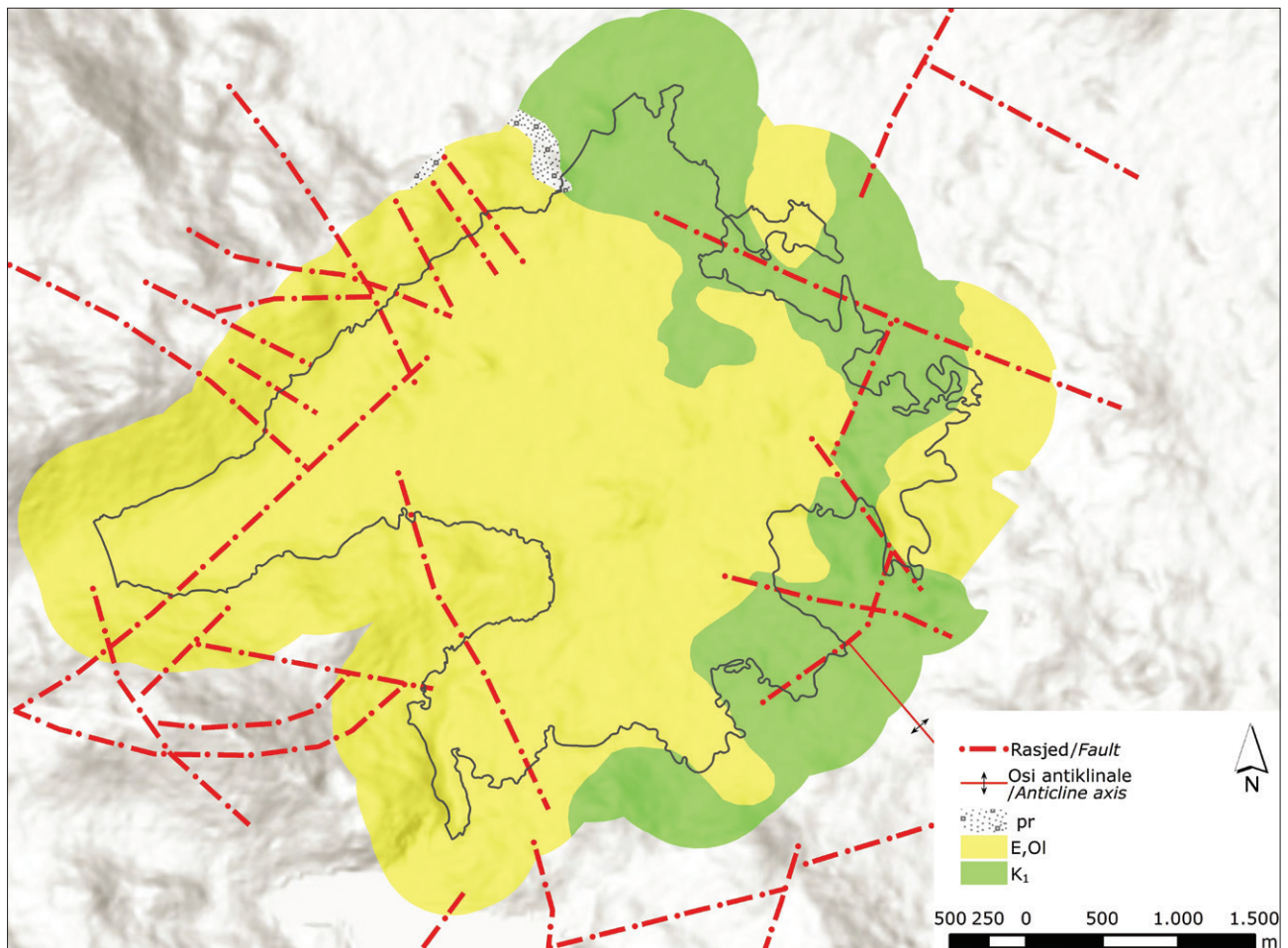
le normalnim sedimentacijskim procesima. Na području zahvata nalazimo i kvartarne naslage. Najviše su rasprostranjene proluvijalne naslage na rubu Lipovog polja. Karakteriziraju ih razni klastični nanosi, pretežito šljunci i ilovače te pijesci koji su u gornjem pleistocenu snešeni s viših terena u polja i uvale (Velić, 1974).

Orografska obilježja promatranog prostora odraz su geološke građe i tektonske strukture područja. Odnos strukture i reljefa je relativno sukladan.

Područje zahvata smješteno je u centralnom dijelu strukturne jedinice Ličko sredogorje. Ova jedinica je na J i JI odijeljena uzdužnim Bakovačkim rasjedom od strukturne jedinice Velebit, koji uz Veliku Kapelu predstavlja najvišu morfološku barijeru prema Jadranu. S druge strane, na S i SI Ličko sredogorje omeđeno je strukturnom jedinicom Mala Kapela – Plješivica. Između ovih jedinica pruža se rasjed od Brloga na zapadu duž južnog ruba Gackog polja do Ramljana. Pod-

ručje zahvata smješteno je u tektonske okolnosti u kojima se dominantno razvijala kolizija blokova i navlačenje. Najveće rasjedne zone dinarskog su pravca pružanja jer je tijekom gornje krede i paleogena tektonski potisak bio usmjerenja J – SZ. Izražene su paraklaze i rasjedi usmjerenja I – Z i JZ – SI koji su posljedica recentne tektonike. Uz zonu rasjednih sustava mjestimično su razvijene mnogobrojne ponikve i speleološki objekti iste orijentacije. Evidentirana su manja laktasta skretanja na vodotocima koja su neposredni odraz neotektonike.

Od egzogenih geomorfoloških procesa na promatranom području najzastupljeniji su krški i fluviokrški procesi, dok su padinski procesi manje značajni i odnose se na oblikovanje grebena i vrhova te poneke jaruge. Najizraženiji su krški reljefni oblici s obzirom na to da je prostor dominantno građen od karbonatnih stijenskih naslaga. Na promatranom području prevladavaju ponikve kao indikatori krša. Razvijene su na podlozi vapnenca i vapnenačkih breča donjokredne, paleogenske i neogenske starosti. Najveća gustoća ponikvi izražena je u



Sl. 5. Geološka karta promatranog područja (prema Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Otočac, 1-44. Geološki institut, Zagreb. i Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Otočac L33-115. Geološki institut, Zagreb.)

Fig. 5 Geological map of the observed area (after Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Otočac, 1-44. Geološki institut, Zagreb. i Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Otočac L33-115. Geološki institut, Zagreb.)

hipsometrijskom razredu od 530-600 m n.v., u razredu nagiba od 5-2° te u razredu vertikalne raščlanjenosti od 0-30 m/km<sup>2</sup>.

Na cijelom području (izuzev dna zavale polja u kršu i doline potoka Bakovca) nema površinskog otjecanja već je razvijena podzemna hidrografija. Od ostalih izraženih egzogeomorfoloških krških oblika uočljivi su manji humovi i glavice na samoj ravnoj površini zavale polja koji su uglavnom nastali diferencijalnom denudacijom kao rezidualni ostaci otpornijih stijena. U ovom slučaju zavalna polja je prekrivena aluvijalnim i proluvijalnim naslagama, dok su humovi i glavice građeni od vapnenačkih breča, konglomerata i vapnenaca. Prevladava pokriveni i ponikvasti krš dok su na samom dnu zavale polja aktivni fluvioakumulacijski i fluviodenudacijski procesi u samom koritu tekućice, rijeke Like.

Dominantni orografski element promatranog područja, Kosinjsko i Lipovo polje su zavale polja u kršu. Zavale polja u kršu su velike zatvorene udubine pretežito zaravnjenog (uglavnom akumulacijskog) dna koje se sastoje od zavale i polja u dnu zavale. Sinonim uvriježen u geomorfološkoj literaturi je i polje u kršu. Strane zavala su relativno strme (5-12°, 12-32°) a dno je zaravnjeno s ponekim humom i glavicom kojih najviše ima u najjužnijem i najsjevernijem djelu polja. Zavale polja u kršu karakterizira površinsko otjecanje. Polje na južnom kraju prima vodu (rijeka Lika i potok Bakovac) a na sjevernom kraju ponire na dva mjesta (Dankov ponor i Markov ponor). Zavalna Lipovog i Kosinjskog polja povremeno je plavljena. Sam nastanak ovakvog oblika je poligenetski, ali je tektonski predisponiran (Bahun, 1974).



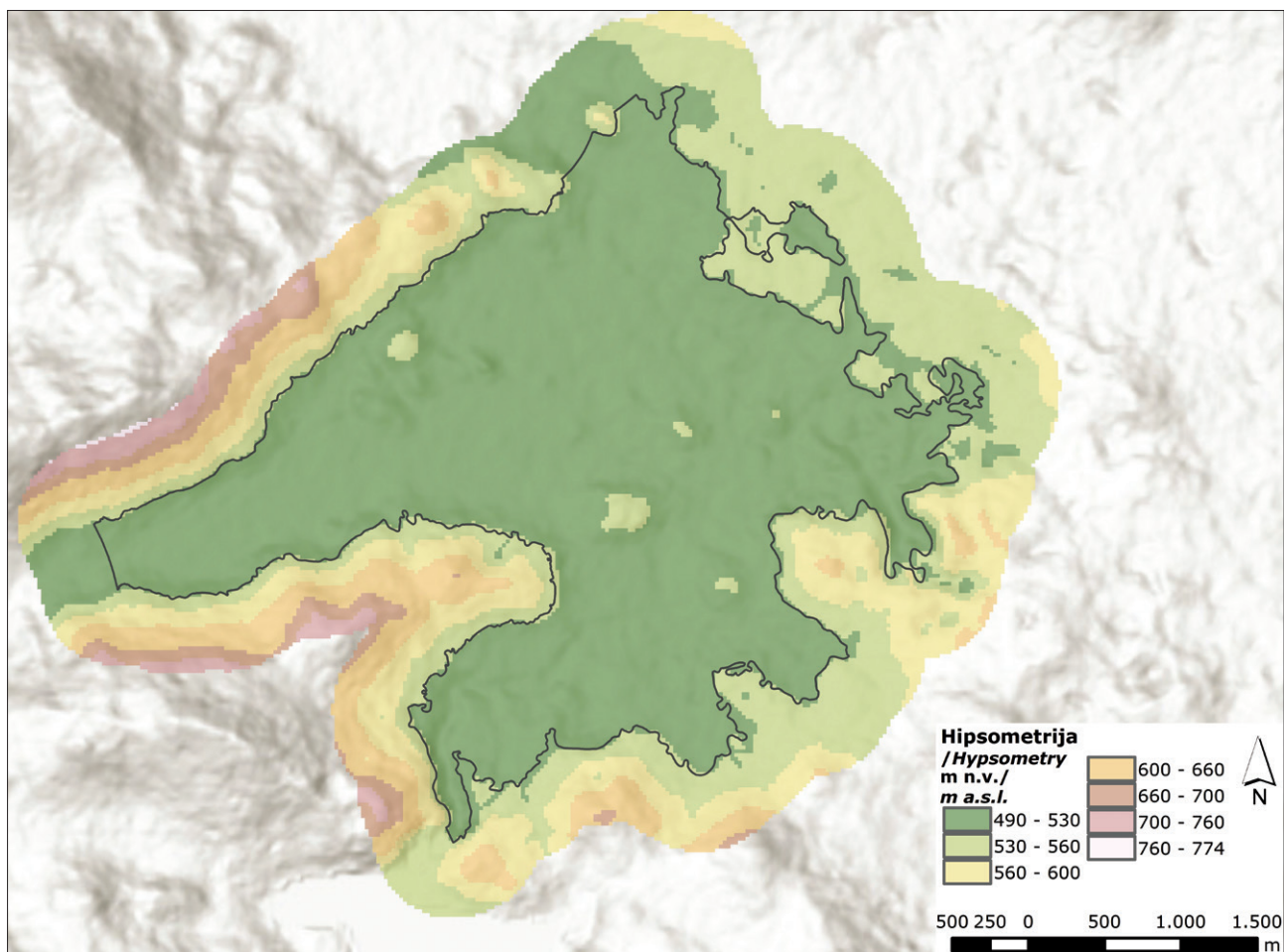
Korito rijeke Like usječeno je fluviodenudacijskim procesima dok je dno zavale oblikovano fluvioakumulacijskim procesima koji i danas dominiraju. Dolina potoka Bakovca tektonskog je postanka, a oblikovana je kompleksom geomorfoloških procesa te predstavlja morfogenetski tip reljefa – fluviokrš. Dolina potoka Bakovca morfogenetski je oblik arealnog fluviokrša. Bakovac se vodom priskrbljuje podzemnim pritokama te je vidljiv niz izvora na južnoj dolinskoj strani. Valja napomenuti kako je promatrano područje naseljeno i izgrađeno tako da je prisutan antropogeni reljef.

## REZULTATI I RASPRAVA

### HIPSOMETRIJSKE ZNAČAJKE

Najniža vrijednost nadmorske visine promatranog područja je 475 m n.v., a najviša 1071 m n.v., dok prosječna

visina iznosi 629 m n.v. Definirani visinski razredi se pružaju u dinarskom smjeru, osim malih odstupanja na JZ i J dijelu istraživanog područja. Izohipse se postepeno povijaju u smjeru Z – I. Hipsometrijski razred 490 - 530 m n.v. određen je s posebnom namjerom pošto je 530 m najviša kota predviđene akumulacije. U navedenom razredu nalazi se cijeli prostor Kosinjskog i Lipovog polja te Bakovačke doline. Jugoistočni i južni dio istraživanog prostora je znatno niži te su u njemu zastupljene visine od 530 do 700 m n.v. bez značajnijih uzvišenja te s uočljivim lokalnim mikrodepresijama. Najzastupljeniji hipsometrijski razred je 490 - 530 m n.v. te zauzima 55,4 % ukupne površine. Slijedi ga razred od 530 do 560 m n.v. s 23,47 % zauzetog prostora. Udjeli razreda u kojima su zastupljene visine veće od 560 m n.v. proporcionalno opadaju do razreda 760-774 m n.v. koji je najmanje zastupljen s 0,4 % (sl. 6).



Sl. 6. Hipsometrijska karta promatranog područja

Fig. 6 Hypsometry map of observed area



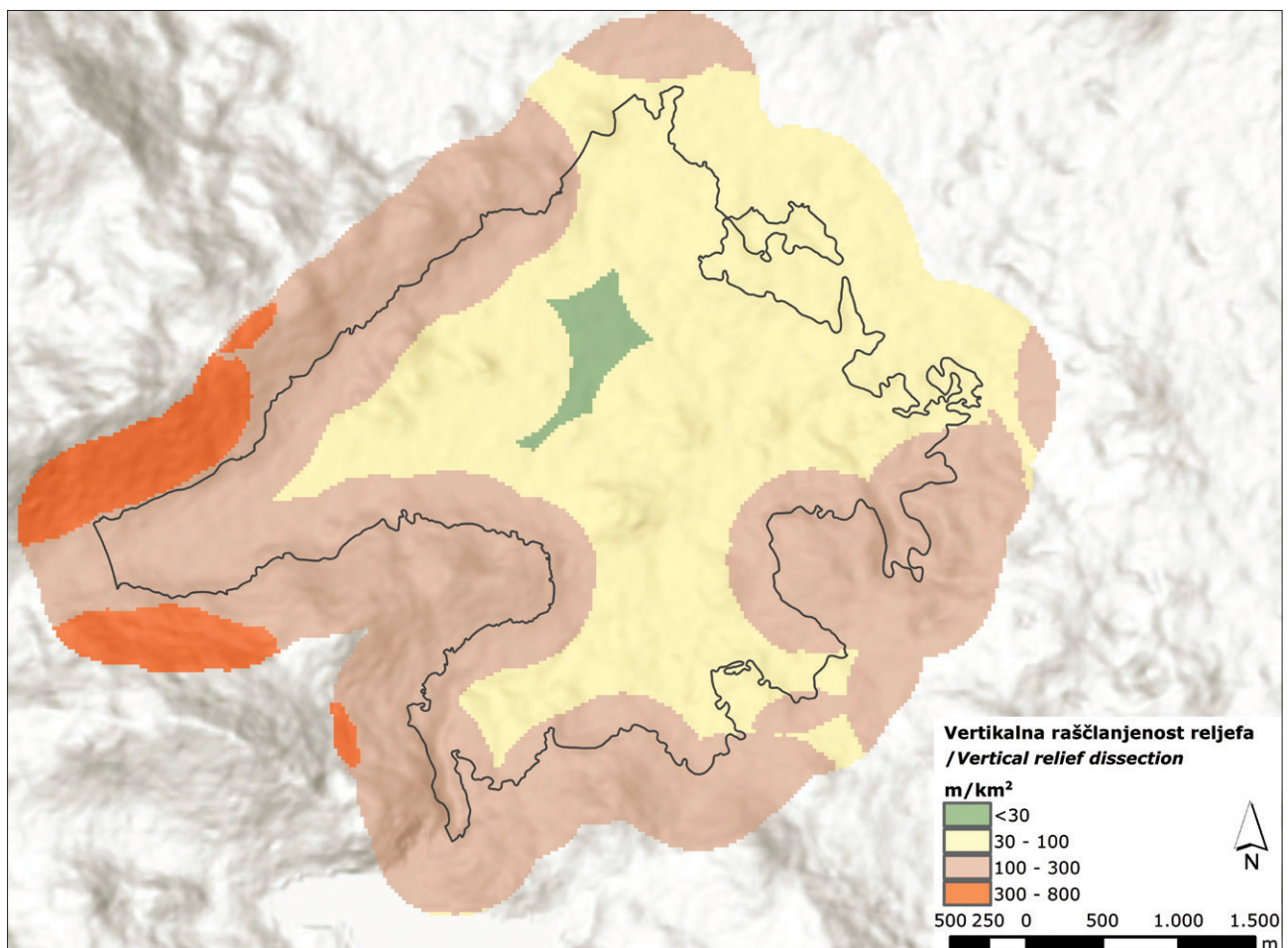
### VERTIKALNA RAŠČLANJENOST RELJEFA

Vertikalna raščlanjenost reljefa kao kvantitativna značajka reljefa pokazuje visinsku razliku najviše i najniže točke po jedinici površine. U lokalnim okvirima, vertikalna raščlanjenost reljefa uvjetovana je specifičnostima terena (litološki sastav, količina vode itd.) i predstavlja parametar intenziteta egzogenih procesa. U regionalnom kontekstu odraz je neotektonskih procesa. Prostor zahvata prema vertikalnoj raščlanjenosti podijeljen je prema unaprijed utvrđenim kriterijima (Gams i dr., 1981. prema Lozić, 1995.), izdvojeno je šest kategorija od kojih tri nalazimo na istraživanom području. To su: 0-5 m/km<sup>2</sup> (zaravnjen reljef), 5-30 m/km<sup>2</sup> (slabo raščlanjene ravnice) i 100-300 m/km<sup>2</sup> (slabo raščlanjen reljef). Prva navedena kategorija karakteristična je za zaravnjene predjele i polja u kršu što je ovdje i slučaj te je zastupljena s 24,5 %. Druga kategorija također je karakteristična za polja u kršu te je u ovome prostoru najzastupljenija s 69,8 % ukupne

površine. Najmanje zastupljena kategorija je slabo raščlanjen reljef s 5,5 % te je karakteristična za predgorske stepenice, hrptove i masive. Zaravnjen reljef predstavljaju dna polja, manjih uvala i velikih ponikvi. Najveća vertikalna raščlanjenost reljefa promatranog područja je u litostratigrafskoj jedinici tercijskih klastita (paleogene breče) (sl. 7).

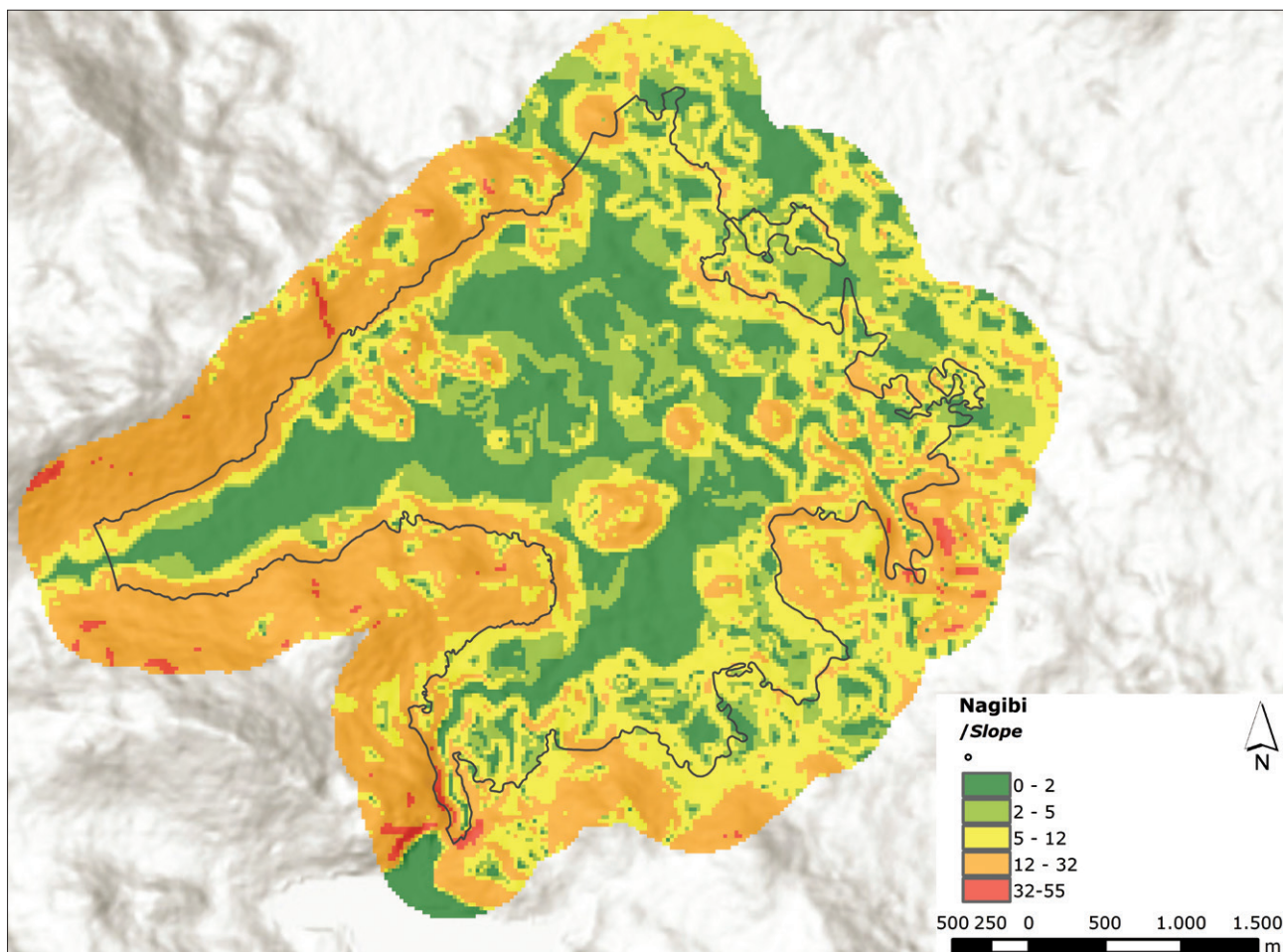
### NAGIB PADINA

Nagib padina u lokalnim okvirima predstavlja neposrednu posljednicu egzogenih procesa, dok u regionalnim okvirima predstavlja pokazatelj djelovanja endogenih procesa (Marković, 1983). Geomorfološka klasifikacija nagiba padina temeljena je na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o vrijednosti inklinacije (Lozić, 1996). Istim kategorijama nagiba padina podijeljeno je i promatrano područje. Najzastupljeniji razred nagiba padina je 12-32° (41,6 %) (sl. 8). Prema geomorfološkoj klasifikaciji



Sl. 7. Karta vertikalne raščlanjenosti reljefa

Fig. 7 Vertical relief dissection map



Sl. 8. Karta nagiba padina promatranog područja

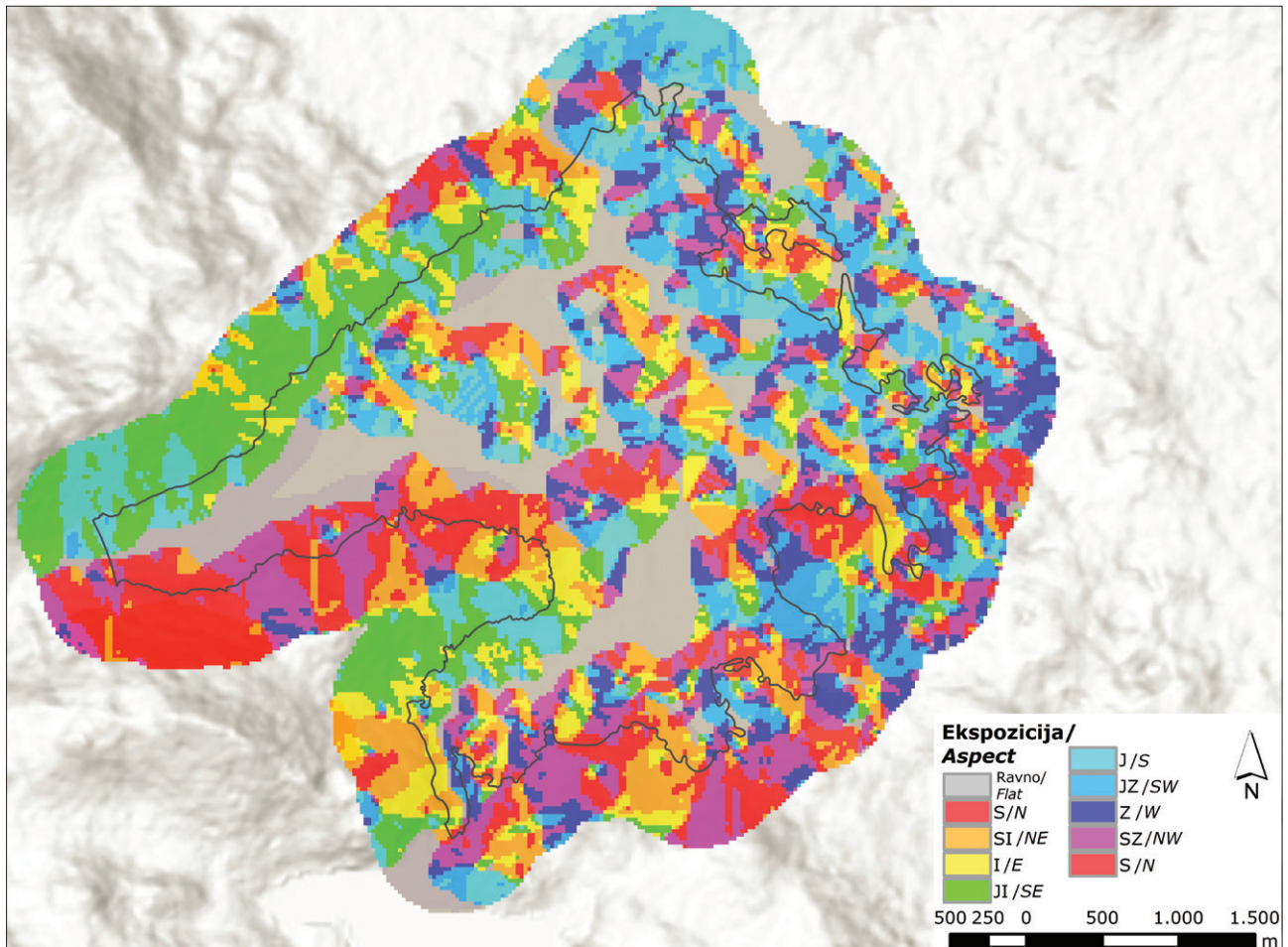
Fig. 8 Slope map of observed area

nagiba padina (Demek, 1972), određene vrijednosti nagiba su okidači određenih geomorfoloških procesa. Kategorija nagiba koja je u promatranom području najzastupljenija (12-32° - jako nagnuti teren) pogoduje sljedećim procesima: snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa. Na području istraživanja to su strme strane polja i doline potoka Bakovca te strme strane manjih uvala i ponikava. Druga najzastupljenija kategorija je od 5-12° (nagnuti teren) u kojoj se odvijaju karakteristični procesi pojačanog spiranja i kretanja masa. U toj kategoriji razvijaju se ponikve koje su indikator snažnog okršavanja. U promatranom području nagibi prethodno spomenutog razreda najzastupljeniji su u JI i I dijelu. Taj dio morfometrijski je mozaičan jer se izmjenjuju strme strane uvala i ponikvi te njihova blaže inklinirana dna. Najstrmiji tereni s nagibom od 32 do 55° tektonski su predisponirani i uvijek se nalaze uz rasjed ili rubove geoloških struktura. Kategorije s najmanjim vrijednostima su akumulacijski (denudacijski oblici).

#### EKSPOZICIJA PADINA

Ekspozicija je orijentiranost padina s obzirom na strane svijeta. Pošto su klimatski elementi egzogeni geomorfološki agens, utjecaj orijentiranosti padina (ekspozicije) na geomorfološke procese je veoma bitan jer različito orijentirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja. Osim navedenog, ekspozicije utječu na denudaciju, koroziju i sedimentaciju te na hidrološke procese na padinama. Dna polja, dolina i ponikvi su bez orijentacije te njihov udio u ukupnoj površini iznosi 2,74 %. Najviše je SI orijentiranih padina te njihov udio iznosi 38 %. Ukupan udio hladno i umjereno hladno orijentiranih padina je 59,9 %, što je iznimno značajan udio. 33,16 % površine je toplo i umjereno toplo orijentirano (JI-JZ). Prevladavanje hladno i umjereno hladno orijentiranih padina znači da se vlaga dulje zadržava u tlu što omogućava razvoj vegetacije te uvjete za stvaranje i očuvanje tala. U tim okolnostima denudacija je svedena na minimum te ne dolazi do većih promjena nagiba tako ori-





Sl. 9. Ekspozicija padina promatranog područja

Fig. 9 Aspect map of observed area

jentiranih padina. Južne padine mnogo su ustrmljenije što se može primijetiti preklapanjem kartografskih prikaza vrijednosti nagiba i ekspozicije.

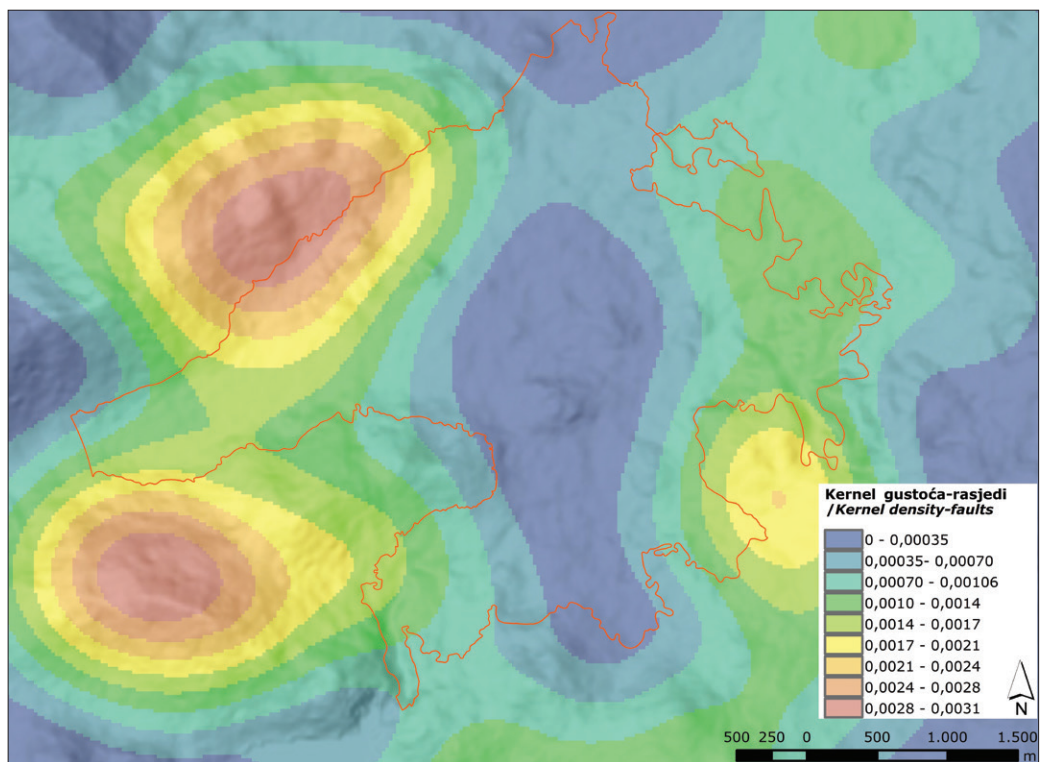
Na SZ rubu područja predviđene akumulacije koji je ujedno i strma strana doline potoka Bakovca prevladava JI orijentacija padina čime se može predvidjeti jača denudacija uslijed povećanog kratkovalnog zračenja i time povećane evapotranspiracije čime je uvjetovana rjeđa vegetacija i brže isušivanje tla (sl. 9).

#### KERNEL GUSTOĆA IZDVOJENIH ELEMENATA RELJEFA

Osim morfometrijskih obilježja, izračunate su i koncentracije pojedinih linijskih i točkastih elemenata promatranog prostora. Obzirom na veličinu promatranog prostora te činjenicu da se točkasti i linijski elementi, za razliku od velikih poligona i rastera na toj prostornoj skali „izgube“

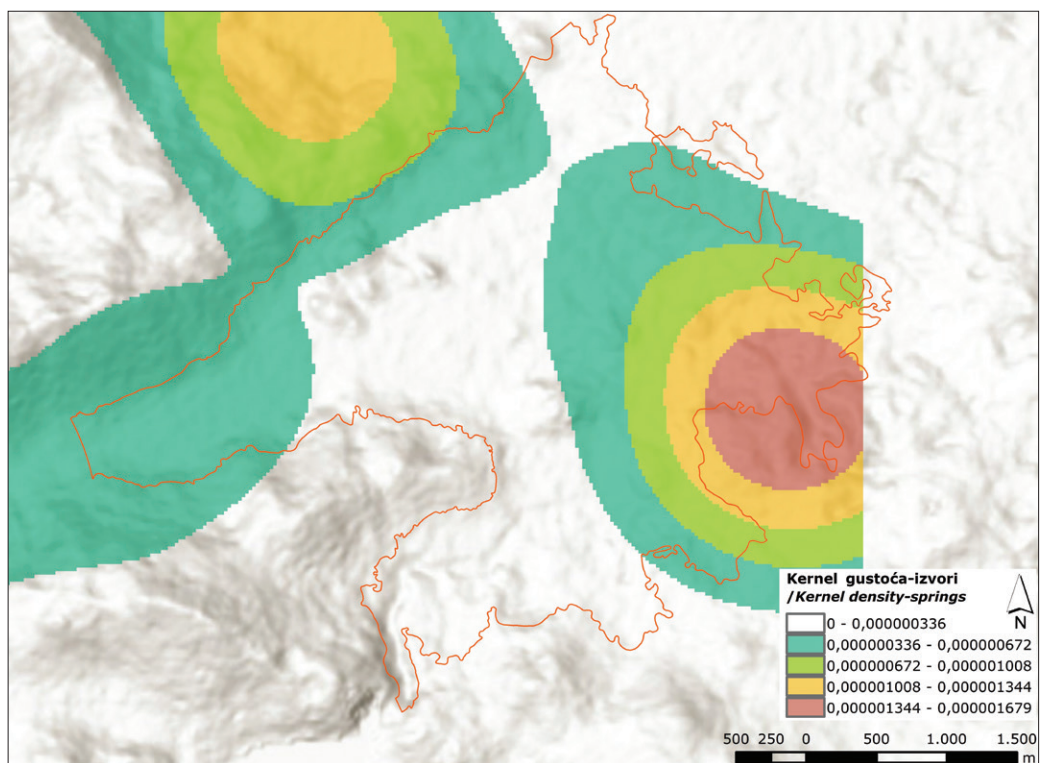
korištena je funkcija Kernel gustoće (Cox, 2007) kojom se računa gustoća određenih oblika u zadanom susjedstvu oko promatranih oblika (Forte i dr., 2018). Tri obilježja koja su uzeta u obzir pri metodi relativnog vrednovanja reljefa su i Kernel gustoća ponikvi, izvora i rasjeda. Ponikve su dijagnostički krški geomorfološki oblici, izvori su točke na kojima voda koncentrirano izlazi iz krškog sustava, javljaju se na kontaktima stijena različite permeabilnosti te na taj način ukazuju i na raznolikost litologije te važnost raznolikosti litologije. Rasjedi su strukturni elementi reljefa koji u krškom i fluviokrškom morfogenetskom tipu reljefa korespondiraju s većom koncentracijom geomorfoloških oblika. Veća gustoća određene pojave ujedno znači i veći intenzitet geomorfoloških procesa.

Područja najveće gustoće rasjeda položena su rubno u odnosu na prostor predviđene akumulacije. Pružanje svih razreda gustoće rasjeda sukladno je s pružanjem istaknutih morfostrukture na promatranom području (sl. 10).



Sl. 10. Kernel gustoća rasjeda na širem promatranom području

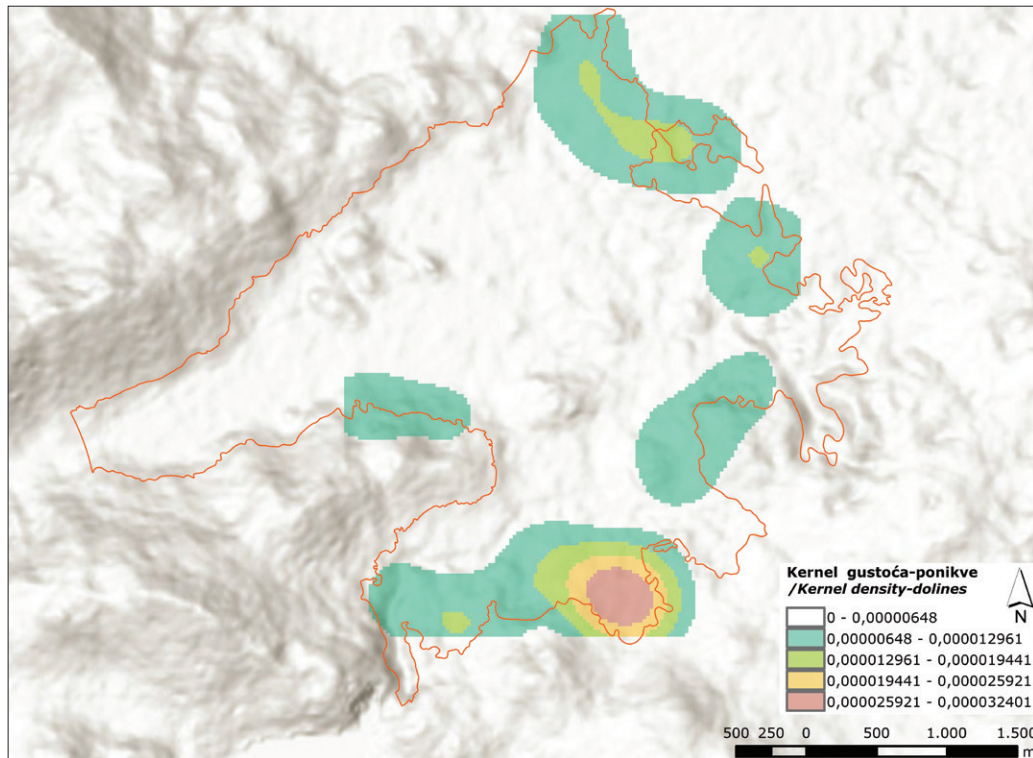
Fig. 10 Kernel density of faults in the wider observed area



Sl. 11. Kernel gustoća izvora na širem promatranom području

Fig. 11 Kernel density of springs in the wider observed area





Sl. 12. Kernel gustoća ponikvi na širem promatranom području

*Fig. 12 Kernel density of dolines in the wider observed area*

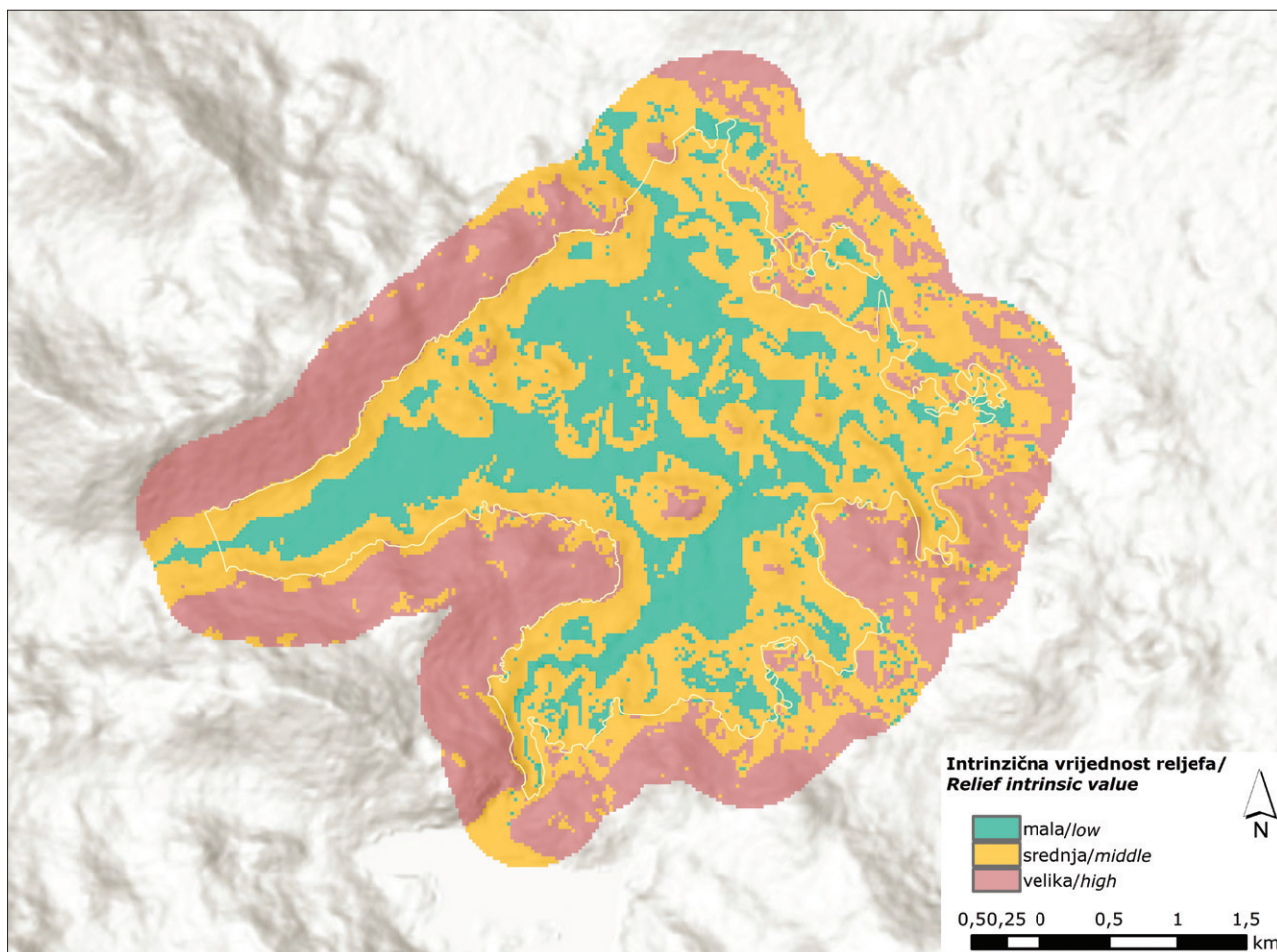
Područja veće gustoće izvora generalno se poklapaju s prethodno opisanim područjima najveće gustoće rasjeda (sl. 11). S druge strane, najveća gustoća ponikvi nalazi se na blaže inkliniranim padinama te izvan zona najveće gustoće rasjeda (sl. 12). Takvi odnosi prostorne distribucije te pokazatelja gustoće ponikvi te strukturnih obilježja promatranog prostora ukazuju na koroziju kao glavni agens u genezi ponikvi, a područja najveće gustoće ponikvi kao područja intenzivne krške denudacije (Ford i Williams, 2007).

#### INTRINZIČNA VRIJEDNOST PROMATRANOG PROSTORA

Preklapanjem te konačnim zbrajanjem vrijednosti ćelija svih rasterskih podloga dobivena je kumulativna karta intrinzične vrijednosti (georaznolikosti) za promatrani prostor. Pri geomorfološkoj analizi i analizi svih obilježja kriterija intrinzične vrijednosti izdvojene su neke kategorije obilježja koje su dinamičnije od ostalih kategorija. Kroz proces analize te preklapanje tih izraženih kategorija pojedinih obilježja međusobno, jasno se izdvajaju određena područja u kojima su geomorfološki procesi intenzivniji te u kojima je koncentracija geomorfoloških oblika veća. Ko-

rištenjem digitalne metode preklapanja i zbrajanja obilježja rezultati dobiveni geomorfološkom analizom su kvantificirani.

Obzirom da je geokološko vrednovanje provedeno u sklopu postupka procjene utjecaja na okoliš, te da je do sada uvažen prostorni obuhvat svakog dijela procjene utjecaja na okoliš bio samo stvarni obuhvat tj. rasprostiranje zahvata u prostoru, smanjena je mogućnost stvarne i objektivne procjene utjecaja zahvata na geomorfološke značajke prostora. U konkretnom slučaju HE Kosinj predmetni prostor zapravo korespondira s krajobraznom cjelinom Kosinjskog polja. Sama krajobrazna cjelina s aspekta relativne vrijednosti reljefa (u odnosu na cijelu RH) svakako je krajobrazna cjelina od nacionalne važnosti. Obzirom na postupak procjene utjecaja na okoliš te vremensku i sadržajnu ograničenost izrade, relativna vrijednost krajobrazne cjeline nije vrednovana kvantitativno tj. metodom relativnog vrednovanja reljefa. Prethodno navedeno je produkt sustavnog zanemarivanja i izostavljanja geomorfoloških značajki prostora u postupcima procjene utjecaja na okoliš. Izostankom takve analize koja predmetni prostor ne stavlja u odnos s prostorom cijele Hrvatske stvara se kriva slika o vrijednosti tog prostora te s druge strane nepotpuna procjena utjecaja na okoliš pa samim time i izostanak adekvatnih



Sl. 13. Intrinzična vrijednost reljefa

Fig. 13 Intrinsic value of relief

mjera zaštite okoliša. Analiza koja je provedena je analiza reljefne raznolikosti tj. intrinzične vrijednosti reljefa predmetnog prostora u apsolutnom smislu. Procjena je temeljena na metodi relativnog vrednovanja reljefa samo prostornog obuhvata zahvata bez stavljanja tog istog prostora u kontekst prostora cijele RH.

Na prostoru predviđenom za buduću akumulaciju prevladava mala i srednja intrinzična vrijednost reljefa. Takva ocjena proizlazi iz činjenice da je dno polja u kršu (koje zauzima najveću površinu prostora buduće akumulacije) većim dijelom zaravnjeno, neorijentiranih padina i malih nagiba čime je mobilnost padina minimalna, a time i intenzitet geomorfoloških procesa te brojnost geomorfoloških oblika. Prostor velike intrinzične vrijednosti prostire se rubno, ali i dalje u zoni mogućeg utjecaja (sl. 13). Osim rubno, izdvajaju se „otočne“ površine velike intrinzične vrijednosti reljefa. Izdvojene otočne površine su humovi i

glavice te manja područja s većom gustoćom ponikvi koja se nalaze na dnu polja u kršu, okružena velikim zaravnjenim površinama, čime se postiže spomenuti dojam „otočnosti“.

U relativnom smislu, tj. georaznolikosti promatranog prostora u odnosu na georaznolikost Hrvatske teško je donijeti konkretne zaključke. Ono što se može zaključiti odnosi se na vrijednost pojedinih geomorfoloških oblika kao primjerice velika vrijednost krškog geomorfološkog oblika polja u kršu (Kosinjskog polja s dolinom Bakovca). S obzirom na broj polja u kršu u Hrvatskoj, njihovo značenje s aspekta geomorfologije i hidrologije krša te pedologije jasno je kako bi promjena morfogenetskih uvjeta (iz krških u limničke) imala značajan utjecaj na geomorfološka obilježja promatranog prostora.

Geokološkom analizom i vrednovanjem intrinzične vrijednosti reljefa i zbrajanjem relativne ocjene vrijedno-



sti krajobrazne cjeline Kosinjskog polja dolazi se do ocjene kojom je Kosinjsko polje u cijelosti vrijedna reljefna/krajobrazna cjelina koja nadalje unutar sebe sadrži prostore velike intrinzične vrijednosti reljefa. Potapanjem Kosinjske doline i posljedičnom promjenom iz krških i fluviokrških u limničke uvjete morfogeneze utjecaj na geomorfološke značajke ocjenjuje se kao značajan.

S obzirom na to da se prilikom izrade PUO sagledavaju lokalna obilježja i značenje sastavnica okoliša, karta intrinzične vrijednosti reljefa nije dostatna osnova za interpretaciju georaznolikosti, procjenu utjecaja i propisivanje mjera zaštite okoliša na promatranom području.

Obzirom da samo apsolutni pokazatelj nije pokazatelj koji je usporediv s drugim prostorima u Hrvatskoj, potrebno je geomorfološke analize i vrednovanja u svrhu procjena utjecaja na okoliš izvoditi na razini krajobraznih jedinica te relativnim pokazateljima.

Karta intrinzične vrijednosti reljefa pokazatelj je reljefne raznolikosti promatranog prostora te je kao takva dobra osnova za procjenu utjecaja zahvata na geomorfološke značajke prostora. S druge strane, obzirom na prostornu manifestaciju geomorfoloških oblika i procesa takvu je procjenu potrebno proširiti s dodatnim kriterijima vrednovanja kao što su znanstvena i edukativna vrijednost.

Prema listi potencijalno štetnih operacija (Gray, 2013.) one koje su prijetnja georaznolikosti a povezane su s izgradnjom akumulacijskog jezera su:

- Modifikacija strukture vodotoka uključujući njihove obale i korita, kao i preusmjeravanje, pregrađivanje i jaružanje.
- Mijenjanje vodostaja i vodnog lica i korištenja voda (uključujući skladištenje i apstrakciju postojećih vodnih tijela)

Izgradnja velikih brana i akumulacija uglavnom se smatra jednim od glavnih uzroka gubitka georaznolikosti zbog inundacije geokaliteta. Osim negativnih učinaka može doći i do povoljnog učinka na georaznolikost stvaranjem novih hidroloških geokaliteta, no rijetki su slučajevi kompenzacije ukupnog gubitka georaznolikosti (Roudrigues i Silva, 2012). Najveći utjecaj bit će vidljiv u promjeni hidroloških uvjeta i stvaranju nove lokalne erozijske baze, što je vezano direktno za područje u neposrednoj blizini predviđene akumulacije te nastanak novih morfogenetskih uvjeta i geomorfoloških oblika te potpuni gubitak dijela georaznolikosti.

## ZAKLJUČAK

S obzirom na to da na primjeru akumulacije nema mogućnosti za premještanje lokacije zahvata, mjere zaštita okoliša moraju biti osmišljene tako da smanje i kompenziraju utjecaj na georaznolikost koji je procijenjen u postupku. To je moguće primjerice poboljšanjem dostupnosti određenog dijela prostora velike georaznolikosti ili valorizacijom georaznolikosti koja će zahvatom biti nepovratno izgubljena za korištenje primjerice u edukacijske svrhe. Nastavno na prethodno napisano, ako je procijenjen gubitak dijela georaznolikosti potrebno je poduzeti adekvatne mjere kojima će geološke i geomorfološke značajke promatranog prostora biti dokumentirane (Bruschi, Coratza, 2018). Obzirom da je procijenjen potpuni gubitak georaznolikosti te promjena geomorfoloških oblika i procesa što dovodi do zaključka da će zahvat u takvom obliku imati značajan utjecaj na geomorfološke značajke predmetnog prostora, osmišljen je niz mjera kojima bi značajan negativan utjecaj bio ublažen ili barem djelomično nadomješten. Važno je napomenuti kako znanstvene metode i istraživački rad još uvijek nemaju mjesto u PUO postupcima, već se ocjena utjecaja zahvata na pojedine sastavnice te s njima povezane mjere zaštite okoliša osmišljavaju prema trenutnom zakonodavnom okviru i Uredbi o procjeni utjecaja na okoliš (NN 61/14 i 3/17).

U nastavku su primjeri mjera zaštite okoliša za akumulaciju Kosinj:

1. Prije početka izvođenja radova potrebno je izraditi Geokonzervacijski elaborat koji će uključivati sljedeće:
  - izradu detaljne geomorfološke karte obuhvata zone građevinskih radova
  - geokološku valorizaciju obuhvata zone građevinskih radova koja će uključivati valorizaciju znanstvene i edukacijske vrijednosti reljefa
  - na temelju izrađene geokološke valorizacije potrebno je determinirati i fotodokumentirati područja najveće znanstvene i edukacijske vrijednosti
  - geokološko vrednovanje budućeg reljefa koje će uključiti znanstvenu i edukacijsku vrijednost reljefa
  - prijedlog korištenja i interpretacije georaznolikosti na temelju prethodno izrađenih analiza
  - inženjersko-geomorfološku kartu te determinaciju područja s povećanim rizikom od padinskih procesa (klizanje, derazija, urušavanje itd.) i ostalih geoloških i geomorfoloških hazarda tijekom faze izgradnje te nakon izgradnje.

2. Ako dođe do otkrivanja izdanaka koji su od stratigrafskog interesa, novog geološkog profila ili geomorfoloških oblika koji prije nisu bili otkriveni potrebno je obavijestiti angažirane stručnjake iz područja geologije i geomorfologije kako bi procijenili važnost otkrića te isto obradili u Geokonzervacijskom elaboratu.
3. Pri otkrivanju novog speleološkog objekta detaljno istražiti hidrološke, geološke i geomorfološke značajke objekta te georaznost objekta.

S obzirom na to da je primjer akumulacije Kosinj prvi pokušaj analize georaznost i procjene utjecaja na georaznost unutar PUO u Republici Hrvatskoj, umjesto konkretnog zaključka priložene su smjernice za daljnji razvoj geokološkog pristupa unutar PUO u RH.

- Svaki zahvat u okolišu kao i lokacija istog je specifična, stoga je potrebno sagledati ga s regionalnog i nacionalnog aspekta prije postupka geokološkog vrednovanja (npr. krško područje u startu ima veću početnu vrijednost kao morfogenetski tip reljefa zbog svoje dinamike nastanka i osjetljivosti.)
- Ako je zahvat lociran u krškom ili fluviokrškom morfogenetskom tipu reljefa, potrebno je istražiti i podzemni reljef te procijeniti utjecaj na georaznost podzemnih reljefnih oblika tj. georaznosti podzemlja
- Potrebno je napraviti detaljnu geomorfološku analizu područja kako bi kasnije vrednovanje bilo što objektivnije (preporuka: izlazak na teren – geomorfološko kartiranje, izrada i korištenje digitalnih modela reljefa u analizi)
- Stvaranje jedinstvene baze podataka georaznosti na području Republike Hrvatske
- Potrebno je osmisliti jedinstvenu metodologiju procjene utjecaja na georaznost u Republici Hrvatskoj

Koncept georaznosti temelj je geokonzervacije te zaslužuje biti prihvaćen i usvojen i u Republici Hrvatskoj. Od posebne je važnosti da se taj koncept te geokološki pristup u sektoru zaštite okoliša usvoji kroz legislativu i u konačnici same postupke procjene utjecaja na okoliš u kojima se procjenjuje utjecaj onih djelatnosti čovjeka koje su najveće prijetnje georaznosti.



## LITERATURA

- Bahun, S. (1974): Tektogeneza Velebita i postanak Jelar naslaga. *Geološki vjesnik* 27, 35-51.
- Bognar A. (1979): Uloga i zadaci geomorfologije u proučavanju i zaštiti okoliša. *Geographica Slovenica* 9, 127-130.
- Bognar A. (1990): Geomorfološke i inženjersko – geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa. *Geografski glasnik* 52, 49 - 65
- Bognar, A. (2001): Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica* 34, 7-29
- Bognar, A. i Bognar, H. (2010): Geokološko vrednovanje reljefa R Hrvatske, u: Ivanović, S., Lješević, M., Nikolić, G., Bušković, V. (ur.), *Geokologija XXI vijeka – teorijski i aplikativni zadaci*, Zbornik referata, Žabljak - Nikšić, 44-65.
- Bruschi, V.M. i Coratza, P. (2018): geohéritage and environmental impact assessment (EIA). U: Reynard, E i Brilha, J. (ur.), *Geohéritage - Assessment, Protection, and Management*, Elsevier, 251–264.
- Butorac, V., Lončar, G., Cvitković, M. i Vranješ, D. (2017): Geokološko vrednovanje unutar studija o utjecaju na okoliš – primjer dosadašnje prakse: HE Kosinj / Senj 2. *Inženjersvo okoliša*, 4/2, 129-137.
- Cox, N.J. (2007): Kernel estimation as a basic tool for geomorphological data analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1902-1912.
- Demek, J. (1972): *Manual of detailed geomorphological Mapping*, IGU – Commission on Geomorphological survey and mapping, Czechoslovak Academy of Science, Prague
- Ford, D. i Williams, P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley i Sons, Chichester, West Sussex, England, 562 pp.
- Gams I., Zeremski M., Marković M., Lisenko S. i Bognar, A. (1985): Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ u razmeru 1:500.000. Odbor za geodinamiku srpske akademije nauka i umetnosti: 0–160
- Geoportal, digitalni ortofoto Republike Hrvatske, <http://www.dgu.hr> (16.09.2017.)
- Lozić, S. (1995): Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske. *Acta Geographica Croatica*. 30/1, 17–26
- Lozić, S. (1996): Nagib padina kopnenog dijela Republike Hrvatske. *Acta Geographica Croatica* 31, 41–50.
- Mamut, M. (2010 a): Primjena metode relativnog vrednovanja reljefa na primjeru otoka Rave (Hrvatska). *Naše more* 57(5-6), 260–271.
- Mamut, M (2010 b): Geokološko vrednovanje reljefa otoka Pašmana. *Geoadria* 15/2; 241-267.
- Mamut, M (2010 c): Geokološki i turistički potencijal krajolika otoka Ugljana. *Socijalna ekologija* 19/3; 247-271.
- Rodrigues, S.C. i Silva T.I. (2012): Dam construction and loss of geodiversity in the Araguari river basin, Brazil. *Land Degradation & Development* 23: 419–426.
- Šegota, T. i Filipčić, A. (1996): *Klimatologija za geografe*. Zagreb, 481 pp.
- Uredba o procjeni utjecaja na okoliš NN 61/14 i 3/17)
- Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Otočac, 1-44. Geološki institut, Zagreb.
- Velić, I. Bahun, S., Sokač, B. i Galović, I. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Otočac L33-115. Geološki institut, Zagreb
- World Street Map (Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)
- Zakon o zaštiti prirode NN 80/13, 15/18, 14/19 i 127/19

## SUMMARY

Environment impact assessment as state mechanism in the environment protection sector should consider all components of the environment and evaluate them objectively to minimize or to avoid negative impacts of certain anthropogenic interventions. Abiotic components of environment are often completely omitted or processed marginally and descriptive in such procedures. The lithosphere, along with the atmosphere, hydrosphere and pedosphere is one of the fundamental components of the environment that plays a major role in the context of ecosystem services. Relief as a result of the interaction of abiotic and biotic components of the environment is imposed as an appropriate indicator of the state of the environment and the subject of geoecological research and evaluation. With an emphasis on a holistic approach to environmental protection, the aim of this paper is to show the importance of geodiversity and the role of relief in geoecological evaluation and analysis of possible environmental impacts and to prevent or mitigate identified impacts. The paper presents an example from practice, i.e. the application of a geoecological approach in assessing the impact of the construction of a hydropower system on the relief. The concept of geodiversity was used as an indicator of the value of the relief. The basic method used in the paper is the method of relative relief evaluation applied in the GIS environment (Bognar, 1990; Bognar and Bognar, 2010). Based on primary data collected during the fieldwork, and series of secondary data, extensive digital relief analysis was conducted as pre-process for relative relief evaluation. The features used in quantifying the relief values in relative relief evaluation method are:

- geological structure
- lithology
- hydrological forms and processes
- karst forms and processes
- slope forms and processes
- fluviokarstic forms and processes
- morphometric features
- dolines density
- hydrogeological features density
- structural elements of relief density

In addition to the methodology itself, the paper provides recommendations for further improvement of the geoecological approach and examples of measures to mitigate the negative impact on abiotic components of the environment. One of the conclusions is that the spatial level of the assessment of the impact on abiotic components of the environment must be the natural boundaries of the geocosystem or landscape unit, because otherwise when impact assessment is observed only within the limits of the planned anthropogenic intervention the assessment itself becomes questionable. The concept of geodiversity is the foundation of geoconservation and deserves to be accepted and adopted in the Republic of Croatia. It is of particular importance that this concept and the geo-ecological approach in the environmental protection sector be adopted through legislation and ultimately the environmental impact assessment procedures themselves, in which the impact of those human activities that are the greatest threats to geodiversity is assessed.

### Valerija Butorac

Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, Zagreb,  
*Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19/II, Zagreb*  
vbutorac@geog.pmf.hr

### Martina Cvitković

Eko Invest d.o.o., Draškovićeva 50, Zagreb, Radnička cesta 80, Zagreb,  
*Eko Invest Ltd, Draškovićeva 50, Zagreb*  
martina.cvitkovic@ekoinvest.hr