

GEOMORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE OPĆINE ZEMUNIK DONJI

Sanja Lozić

Odjel za geografiju,
Sveučilište u Zadru

Ante Šiljeg

Odjel za geografiju,
Sveučilište u Zadru

Denis Radoš

Odjel za geografiju,
Sveučilište u Zadru

UVOD

Digitalna geomorfometrija skup je metoda i tehnika za izvođenje morfometrijskih parametara ili varijabli (Shary i dr., 2002.), topografskih atributa (Wilson i Gallant, 2000.) ili općenitih informacija o terenu na temelju digitalnog modela reljefa. Digitalni model reljefa služi za vizualnu i matematičku analizu topografije, krajobraza, reljefnih oblika i hidrografske mreže te za modeliranje površinskih procesa (Dikau i dr., 1995.; Giles, 1998.; Bishop i Shroder, 2000.; Millaresis i Argialas, 2000.; Tucker i dr., 2001.).

Digitalno modeliranje reljefa i geomorfometrijska analiza mogu se podijeliti u pet odvojenih faza (sl. 1.): 1) prikupljanje podataka – prikupljanje visinskih podataka pomoću različitih metoda, tehnika i procedura (uključujući i proces služenja podacima: ispravljanje, filtriranje i spajanje); 2) interpolacija – faza odabira najprikladnije determinističke ili geostatističke metode interpolacije. Uključuje primjenu metoda usporedbi, metoda interpolacije i odabir najprikladnije prostorne (horizontalne) rezolucije; 3) analiza i vizualizacija – faza primjene skupa metoda i tehnika za izvođenje morfometrijskih parametara iz izrađenog DMR-a; 4) interpretacija i sinteza – izdvajanje korisnih informacija o odabranim morfometrijskim parametarima primjenom različitih metoda, korelacija, interpretacija unutar konteksta (cjeline) i 5) primjena (razvoj odgovarajućih aplikacija za specifične svrhe).

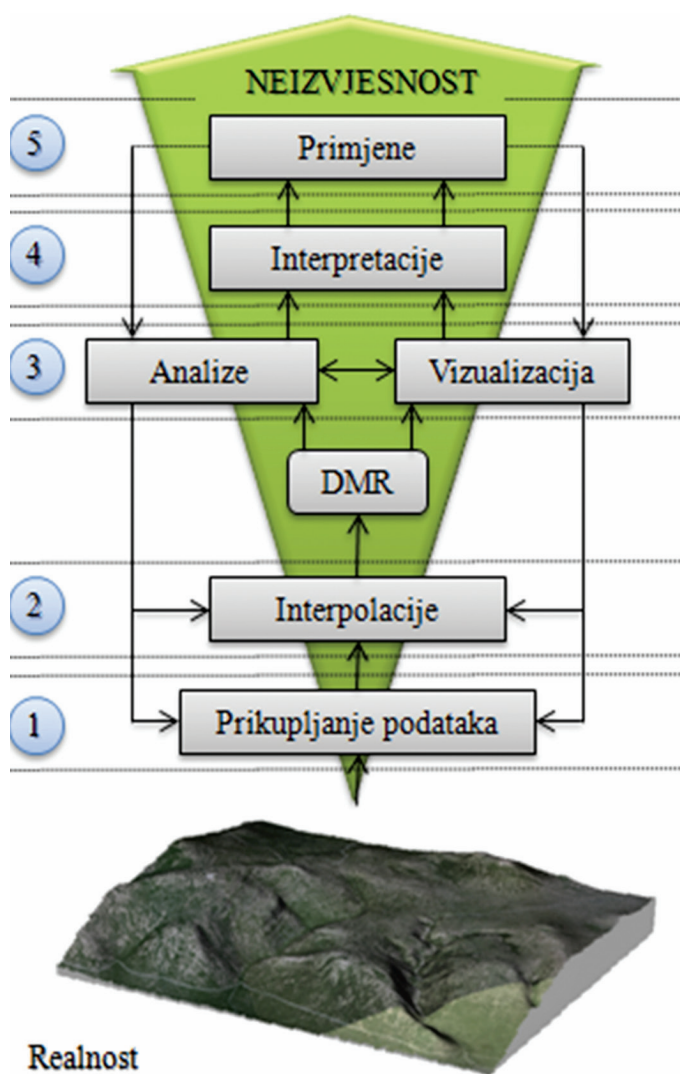
Nekoliko čimbenika uvelike utječe na izlazne rezultate digitalne analize reljefa (Florinsky, 1998.; Thompson i dr., 2001.): vertikalna raščlanjenost reljefa, gustoća uzoraka (uvjetovana metodom prikupljanja podataka), *grid* razmak ili veličina piksela, metode interpolacije (algoritmi), vertikalna rezolucija i algoritmi digitalne analize reljefa.

Digitalni geomorfološki parametri najčešće se grupiraju kao primarni i sekundarni ili lokalni i globalni (Wilson i Galant, 2000.; Shary i dr., 2002.; Olaya, 2009.). Međutim, mogu se grupirati i u sljedeće 3 skupine: 1) morfometrijski, 2) hidrološki i 3) klimatološki (Hengel i dr., 2003.). Morfometrijski parametri (primarni) definiraju morfologiju terena, npr. nagib, ekspoziciju, hipsometriju i zakrivljenost padina. Hidrološki parametri upućuju na rizik od denudacijskih, a posebno erozijskih procesa. Klimatološki su parametri varijable na koje utječe čimbenik reljefa. Oni su najzahtjevniji za izradu jer najčešće nastaju kombinacijom više parametara.

Geomorfometrijske značajke, kao odraz geomorfoloških prilika istraživanog područja, treba promatrati općenito i u širem kontekstu Ravnih kotara. Reljefne su strukture na istraživanom području endogeno i egzogeno oblikovane u predtransgresijskoj fazi i posljedica su izmjena sinklinala (udolina) i antiklinala (uzvisina). U oblikovanju udolina, uzvisina i prijevoja veoma su važni bili ra-

sjedi pravca pružanja NE-SW, kao i manji poprečni rasjedi (Majcen i Korolija, 1967.). Antiklinalne morfostrukture građene su od vapnenačkih i, u manjoj mjeri, dolomitnih stijena gornjokredne i tercijarne starosti s izrazitim dinarskim pravcem pružanja i izmjenjuju se sa sinklinalnim udolinama građanim od eocenskih naslaga prekrivenim kvartarnim sedimentima (deluvij). Ti sedimenti odnose se na naslage lapora, vapnenaca, konglomerata i breča. Također treba spomenuti iznimku od ovog pravila, naime, postoje slučajevi tzv. inverznog reljefa (Fritz, 1973.), što znači da su tjemena antiklinala razorena zbog djelovanja egzogenih geomorfoloških procesa i/ili tektonike, i obrnuto, sinklinala mogu predstavljati uzvisine. Takav primjer zabilježen je i na području Općine Zemunik Donji (linija Smoković – D. Zemunik).

Načelno, izmjena sinklinala i antiklinala sa spomenutim iznimkama reljefu Općine Zemunik Donji (kao i širem području Ravnih kotara) daje valovit oblik. U Ravnim kotarima, bez obzira na povoljnu geološku građu i strukturu te pedološki pokrov u udolinama, male dubine eocenskih naslaga, uza slabu denivelaciju reljefa, smanjuju mogućnost pojave veće količine stalnih izvora, pa se najčešće



SANJA LOZIĆ, ANTE ŠILJEG,
DENIS RADOŠ
GEOMORFOMETRIJSKE
ZNAČAJKE OPĆINE
ZEMUNIK DONJI

SLIKA 1.
**Faze digitalnog
modeliranja
reljefa**
Šiljeg, 2013.

pojavljaju povremeni izvori i vodeni tokovi koji su u kišnim razdobljima bogati vodom. Od stalnih potoka važnih za istraživano područje treba spomenuti Miljašić jarugu čije je sabirno područje između Zemunika i Visočana, a utječe u more u blizini Nina. Važan je i povremeni vodotok Kotarka koji na prostoru zemuničke općine usijeca reljefno dobro izraženo korito. U zaseoku Mostaru taj je tok premošten (otud i ime zaseoka), a po tradiciji, na tom je mjestu protok vode bio toliki da su Zemuničani izgradili mlinice. Ravni su kotari, zbog specifične geološke građe i sastava te fizičko-geografskih značajki kroz povijest bili vrijedno poljoprivredno područje u kombinaciji sa stočarskim zimovalištem. D. Zemunik, kao središte općine, u sinklinalnoj je udolini koja se proteže JI od Miljašić jaruge, SI od Murvice, između Donjeg i Gornjeg Zemunika, a završava sjeverno od Nadinskog blata (v. sl. 2. u uvodu ove knjige).

Ciljevi su istraživanja izrada digitalnog modela reljefa (DMR-a), usporedba determinističkih i geostatističkih metoda interpolacije, određivanje optimalne prostorne rezolucije za izrađene modele, klasificiranje reljefnih oblika, analiza primarnih geomorfometrijskih parametara, usporedna analiza odnosa između geomorfometrijskih parametara, kvantificiranje odnosa između reljefnih oblika i geomorfometrijskih parametara i sinteza. Površina je istraživanog područja, prema najnovijem izračunu predstavljenom u ovom radu, 54,9 km² (54 894 349 m²).

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U istraživanju su primijenjene determinističke i geostatističke metode interpolacije, usporedbe, metoda interpolacije, metode odabira prostorne (horizontalne) rezolucije, metode digitalne analize reljefa te metode geomorfometrijske, statističke, krajobrazne i geomorfološke analize. Proces modeliranja reljefa i geomorfometrijske analize odvijao se u nekoliko faza: 1) prikupljanje visinskih podataka, 2) interpolacija i ekstrapolacija, 3) izvođenje morfo-

metrijskih pokazatelja, vizualizacija i klasifikacija, 4) analiza, interpretacija i sinteza te 5) primjena.

1) Prikupljanje visinskih podataka

Za izradu DMR-a korišteni su visinski podatci prikupljeni fotogrametrijskom restitucijom, preuzeti iz Topografske baze podataka DGU-a (korišteno je 17 slojeva ili 65 943 visinske točke). Izrada modela iz navedenih podataka uključivala je konvertiranje lomnih točaka i topološke korekcije (9,27 % preklapljenih točaka).

2) Interpolacija i ekstrapolacija

Uspoređeno je sedam metoda interpolacije zbog njihova utjecaja na izlazne rezultate digitalnih analiza reljefa: četiri determinističke: inverzna udaljenost (*inverse distance weighting* – IDW), radijalna osnovna funkcija (ROF) – splajn s tenzijom (*spline with tension* – SWT), ROF – potpuno regulirani splajn (*completely regularized spline* – CRS), ROF – multikvadratna (*multiquadric* – MQ), i tri geostatističke: obični kriging (*ordinary kriging* – OK), jednostavni kriging (*simple kriging* – SK), obični kokriging (*ordinary cokriging* – OCK) s dva teorijska modela (Šiljeg, 2013.; Šiljeg i dr., 2015.). Najboljom se determinističkom metodom interpolacije pokazala ROF multikvadratna, a najboljom geostatističkom obični kokriging kružni teorijski model.

Za usporedbu metoda interpolacije poslužila je metoda unakrsnog vrjednovanja (Šiljeg, 2013.; Šiljeg i dr., 2015.). Najprikladnija metoda interpolacije odabrana je na temelju uspostavljenih 8 parametara (varijabli): minimalne vrijednosti, maksimalne vrijednosti, dosega, zbroja vrijednosti, srednje vrijednosti, varijance i standardne devijacije.

S obzirom na važnost prostorne rezolucije (veličine piksela), u kreiranju modela testirano je više metoda za izračun veličine piksela (Šiljeg, 2013.; Šiljeg i dr., 2015.). Najprikladnijom se pokazala analiza gustoće točaka (*point pattern analysis*). Veličina piksela za izrađeni model iznosila je 15 metara.

TABLICA 1.
Parametri metoda interpolacije

Metoda interpolacije	Jačina	Model	Doseg	Prag	Odstupanje	Odmak	Udaljenost	Broj odmaka	Tip kvadranta	Broj susjeda
IDW	2,400						4 442,9		1	15
CRS	0,420						4 442,9		1	15
SWT	0,001						4 442,9		1	15
MQ	4,131						4 442,9		1	15
OK		sferni	13 865,8	1 140,8	0	1 178,2	14 138,4	12	4 (45°)	5
SK		sferni	5 181,4	658,1	0	849,7	10 196,4	12	4 (45°)	5
OCK-k		kružni	8 218,9	808,6	0	808,6	9 703,2	12	4 (45°)	5
OCK-s		sferni	9 741,1	843,1	0	1 046,5	12 558,0	12	4 (45°)	5

TABLICA 2.

**Rezultati
za metodu
unakrsnog
vrjednovanja**

Metoda interpolacije	Broj izmjerenih točaka	Minimalna vrijednost (m)	Maksimalna vrijednost (m)	Doseg (m)	Zbroj vrijednosti (m)	Srednja vrijednost (m)	Varijanca (m ²)	Standardna devijacija (m)
IDW	40 320	- 11,706	16,854	28,560	629,553	0,016	0,626	0,791
CRS	40 320	- 36,565	22,100	58,665	492,280	0,012	0,519	0,721
SWT	40 320	- 22,862	24,721	47,583	499,368	0,012	0,651	0,807
MQ	40 320	- 10,539	11,037	21,576	334,636	0,008	0,401	0,633
OK	40 320	- 10,976	11,935	22,911	190,268	0,005	0,384	0,619
SK	40 320	- 10,971	11,942	22,914	138,072	0,003	0,384	0,620
OCK-k	40 320	- 6,391	6,930	13,320	108,896	0,003	0,130	0,361
OCK-s	40 320	- 6,873	7,454	14,327	117,317	0,003	0,150	0,388

3) Izvođenje morfometrijskih pokazatelja, vizualizacija i klasifikacija

Za potrebe analize i vizualizacije iz DMR-a su izvedeni i vizualizirani morfometrijski parametri hipsometrije, nagiba, ekspozicije, planarne i profilne zakrivljenosti te je provedena klasifikacija reljefnih oblika.

4) Analiza, interpretacija i sinteza

Ova faza istraživanja obuhvatila je analizu pojedinačnih morfometrijskih parametara, komparativnu analizu svih parametara, određivanje i klasifikaciju geomorfoloških oblika te interpretaciju odnosa između morfometrijskih parametara i reljefnih oblika s analitičkog i sintetičkog aspekta.

5) Primjena

Tijekom faza analize, interpretacije i sinteze upozoreno je na mogućnosti primjene uspostavljenog metodološkog okvira u praksi (poljoprivreda, naselja, promet, infrastruktura, turizam, prostorno planiranje, znanstvena istraživanja i dr.).

REZULTATI

Analiza i interpretacija geomorfometrijskih parametara

1. Hipsometrijske značajke

Iako apsolutne visine istraživanog područja nisu velike (najviši vrhovi na sjeveroistočnom dijelu ne premašuju 160 m), morfostrukturna predispozicija utjecala je na izraženu hipsometrijsku diferencijaciju između najvišega, krajnjega sjeveroistočnog dijela (antiklinala u blizini Vidukina gaja; 153,4 m) s jedne strane, i sinklinale sjeverozapadnog te jugoistočnog dijela. To je i logično s obzirom na širi kontekst dinarskog pravca morfostrukture (SZ – JI), koji je prisutan i na području Ravnih kotara.

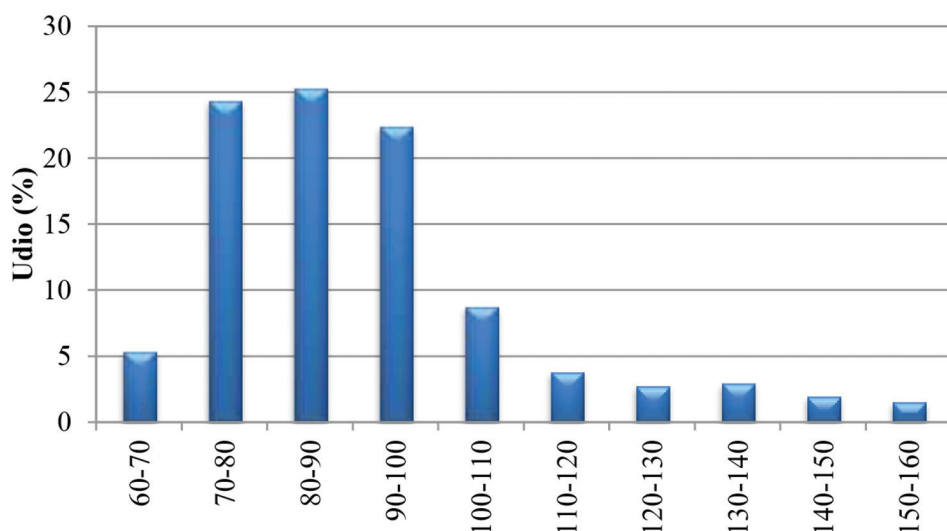
Raspon je visina od 60 do 160 m. n. v. Prilikom izrade hipsometrijske karte izdvojeno je 10 visinskih razreda (tab. 3., sl. 2. i 3.).

Unutar cijelog istraživanog područja uočljiva je dominacija hipsometrijskih razreda 70 – 80, 80 – 90 i 90 – 100 m (tab. 3., sl. 2. i 3.). Ta tri razreda zauzimaju ukupno 39 715 650 m² (39,7 km²) ili 72,33 % ukupne površine. Dakle, riječ je o izrazitoj dominaciji nižih hipsometrijskih razreda, tj. područja unutar visinskog raspona od 70 do 100 m. U geomorfološkom smislu, ta su područja najniži, zaravnjeni dijelovi udolina te najniži dijelovi padina uzvisina, na kojima dominira akumulacija materijala. Udio područja viših od 100 m. n. v. iznosi 22,16 %. To se osobito odnosi na sjeveroistočni dio općine (visine do 120 m), i, u manjoj mjeri na antiklinalu izduženu od središta područja prema sjeverozapadu. Takve hipsometrijske značajke upućuju na izraženiju reljefnu dinamiku koja utječe na modifikaciju mikroklimatskih i vegetacijskih prilika. Malo veći udio hipsometrijskih kategorija 100 – 110 i 110 – 120 m (8,83 %) nego viših kategorija upozorava na vrlo blag prijelaz između udolina i uzvisina, što pogoduje nesmetanu rastu poljoprivrednih kultura jer umanjuje vjerojatnost pojave prirodnih hazarda (bujice, klizišta i sl.). Mali udio najniže kategorije (60 – 70 m) odnosi se uglavnom na područja bliža lokalnoj erozijskoj bazi (npr. dna udolina ili najniži dijelovi zaravnjenih područja; sl. 2. i 3.). Da bi se bolje razumjela važnost hipsometrijske analize, potrebno je spomenuti osnovne značajke vertikalne promjene temperature zraka. Naime, u skladu s mehanizmom grijanja i hlađenja zraka mijenja se i njegova temperatura, s tim da su najveće temperaturne amplitude između dana i noći u najnižem sloju zraka. S porastom visine amplitude se smanjuju. Glavni je razlog tomu temperaturna inverzija koja je u prizemnom sloju zraka, u konkavnim reljefnim oblicima izrazita i u hladnom i u toplom dijelu godine. To je veoma važno jer najveće promjene temperature nastaju u sloju u kojem raste većina biljaka. Ako je sinoptička situacija karakterizirana vedrim i mirnim vremenom (bez

TABLICA 3.

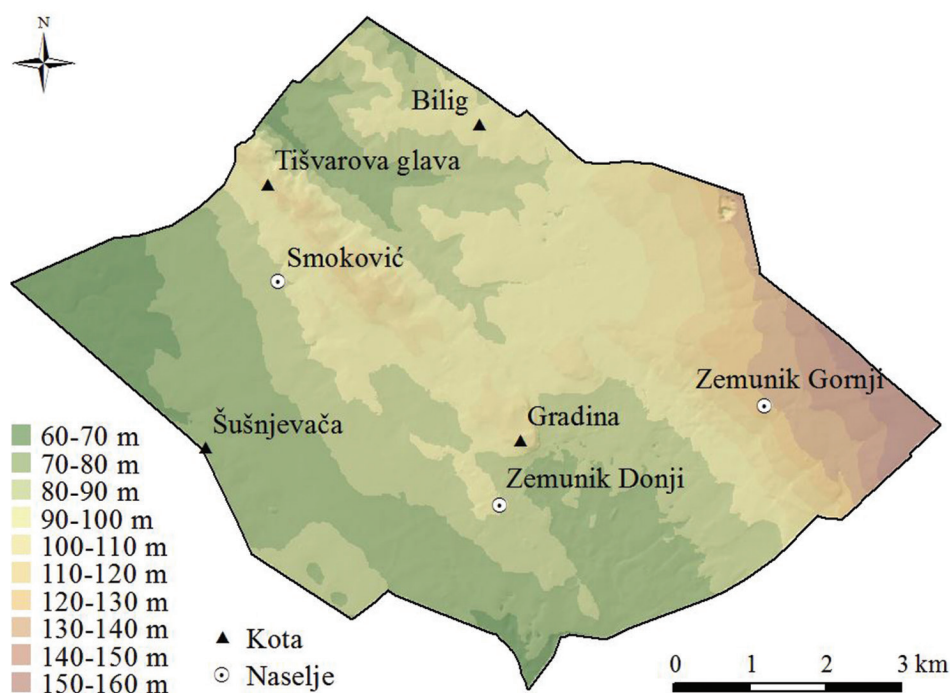
Klase i prostorni obuhvat hipsometrijskih razreda

Visina (m)	Srednja površina (m ²)	Min. površina (m ²)	Maks. površina (m ²)	Broj geobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
60 - 70	248 362,50	225	2 470 500	12	22 590	2 980 350	5,428
70 - 80	479 458,90	225	11 705 175	28	70 470	13 424 850	24,450
80 - 90	278 829,00	225	8 868 150	50	111 240	13 941 450	25,391
90 - 100	882 096,43	225	12 339 000	14	92 040	12 349 350	22,491
100 - 110	485 055,00	225	2 760 975	10	51 600	4 850 550	8,834
110 - 120	125 722,06	225	1 707 525	17	27 030	2 137 275	3,893
120 - 130	773 550,00	225	1 546 875	2	17 370	1 547 100	2,818
130 - 140	418 275,00	225	1 672 425	4	15 150	1 673 100	3,047
140 - 150	223 200,00	225	1 099 125	5	9870	1 116 000	2,033
150 - 160	887 400,00	225	887 400	1	8160	887 400	1,616



SLIKA 2.

Udjeli hipsometrijskih razreda



SLIKA 3.

Hipsometrijska karta Općine Zemunik Donji

vjetra ili s vrlo slabim vjetrom koji bi miješao zrak) tijekom kojeg dugovalna radijacija nije spriječena, danju je toplo, a noću hladno, što utječe osobito na vegetacijsku fazu rasta biljaka. Na to negativno utječe i povremeni mraz (Šegota i Filipčić, 1996., Penzar i Penzar, 2000.). Iako na istraživanom području visinske razlike nisu velike, spomenute mikroklimatske značajke ipak su bitne za odabir odgovarajućih poljoprivrednih kultura koje se najbolje mogu prilagoditi ovakvim temperaturnim prilikama.

Hipsometrijski odnosi donekle utječu i na hidrogeografske prilike. Naime, male visinske razlike, u kombinaciji s odgovarajućim preduvjetima geološke građe i sastava, smanjuju mogućnost stvaranja veće količine stalnih izvora, pa se najčešće pojavljuju povremeni izvori i vodeni tokovi koji su u kišnim razdobljima bogati vodom. Uzevši to u obzir, može se ustvrditi da vjerojatnost pojave prirodnih hazarda (bujice, odroni i sl.), s obzirom na mali hipsometrijski raspon, a time i slabu vertikalnu raščlanjenost, nije velika i teorijski je moguća samo na manjim arealima unutar najviših hipsometrijskih razreda. Kako su ti areali sukcesivno okruženi sve većim površinama areala nižih nadmorskih visina, osobito na jugozapadnom dijelu područja (blagi prijelaz padina uzvisina u udoline) (tab. 3., sl. 2. i 3.), takva geomorfološka situacija uvelike ublažava mogući rizik od hazarda u hladnom dijelu godine, osobito tijekom dugotrajnije i obilnije kiše.

Prilikom analize strukture svih parametara bitno je razmotriti broj geobjekata (apstraktnih prikaza pojava iz stvarnog svijeta koji imaju geometrijska obilježja i definirani su uz pomoć osnovnih geometrijskih oblika: točke, linije i površine) kao pokazatelj fragmentacije/homogenosti svakog parametra pojedinačno i potom provesti usporednu analizu da bi se mogli steći određeni zaključci o geodiverzitetu prostora, što utječe na abiotičke i biotičke procese te antropogene aktivnosti koje su u uskoj vezi s njima.

Analizom broja geobjekata unutar hipsometrijskih kategorija (tab. 3.) može se uočiti da je broj geobjekata u usporedbi s ostalim analiziranim parametrima mnogo manji, što

Nagib (°)	Srednja površina (m ²)	Min. površina (m ²)	Maks. površina (m ²)	Broj geoobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
< 2	74 920,28	225	41 496 975	572	523 170	4 285 4400	78,048
2 – 5	10 608,35	225	2 073 375	1 039	556 230	1 102 2075	20,074
5 – 12	3 522,81	225	203 625	274	78 240	965 250	1,758
12 – 32	5 788,64	225	30 600	11	5 760	63 675	0,116
> 32	506,25	225	900	4	390	2 025	0,004

TABLICA 4.
Klase i prostorni obuhvat nagiba padina

upućuje na to da je riječ o relativno slabo fragmentiranom reljefu. Zanimljivo je da se brojem geoobjekata ističe hipsometrijska kategorija 80 – 90 m, za razliku od npr. kategorija 70 – 80 m i 90 – 100 m, koje su površinski gotovo jednako zastupljene, a imaju znatno manji broj geoobjekata. Iz ovoga proizlazi zaključak da je kategorija 80 – 90 m prostorno najheterogenija kategorija na istraživanom području, što znači da je uvelike isprekidana sa susjedne dvije kategorije (niža kategorija – niža područja; viša kategorija – viša područja) što se u prostoru izražava vrlo blagim denivelacijama terena.

2. Nagibi padina

Nagibi padina, kao i hipsometrijske značajke, uvelike odražavaju morfostrukturne značajke, prostorni raspored te učestalost pojedinih geomorfoloških oblika i procesa. Analiza prostornog rasporeda i obuhvata pojedinih kategorija nagiba padina pokazatelj je intenziteta i prostornog rasporeda morfostrukturnih i egzogeomorfoloških (denudacijskih i akumulacijskih) procesa. Iako na istraživanom području prevladavaju zaravnjene površine ili one s vrlo blagim nagibom (< 2°), nešto više od 20 % pripada kategorijama većim od 2°, pa im je iz praktičnih razloga potrebno obratiti pozornost jer znatno utječu na dubinu i sastav tala, a time i odabir kultura za poljoprivrednu proizvodnju.

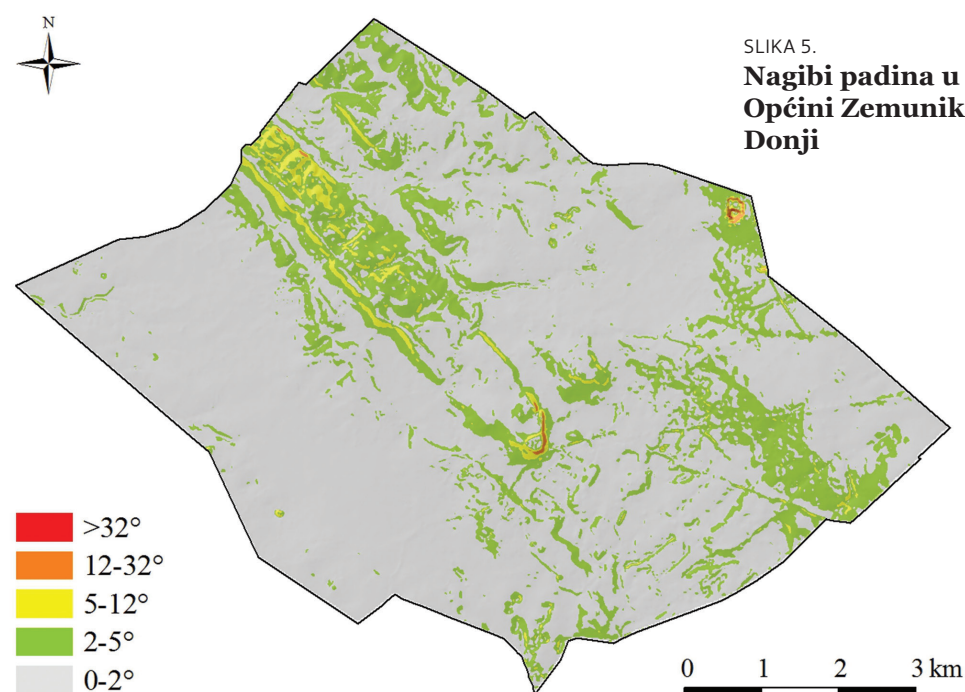
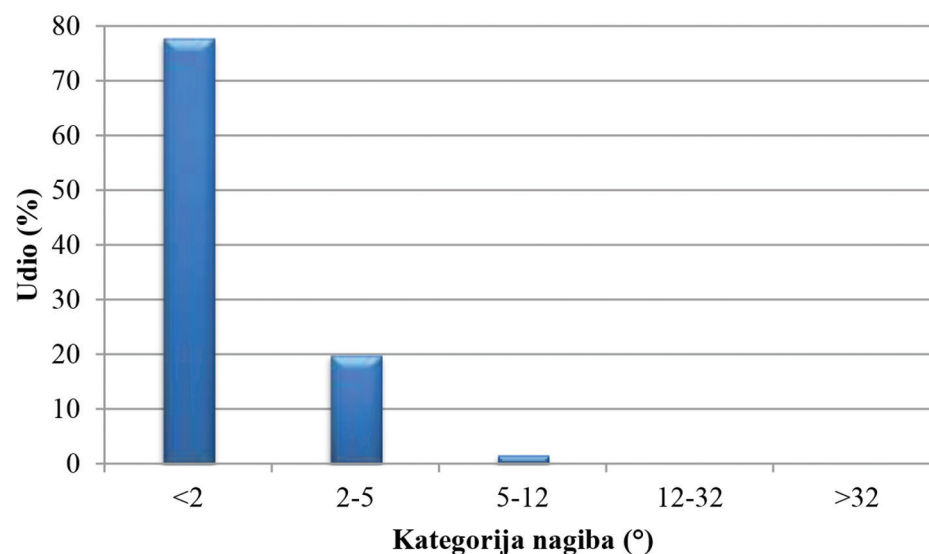
Kategorija nagiba manjih od 2° izrazito je dominantna unutar cijelog područja (tab. 4., sl. 4. i 5.). Najvećim dijelom riječ je o zaravnjenim područjima u kojima dominira akumulacija deluvijalnog i koluvijalnog materijala s okolnih padina djelovanjem denudacijskih procesa (spiranje i jaruženje) (sl. 5.). Ti procesi osobito su bili izraženi tijekom vlažnijih i hladnijih geoloških razdoblja (pleistocen), a prisutni su i danas.

Nagibi kategorije 2–5° u geomorfološkom su smislu blagi prijelaz prema višim, uglavnom vapnenačkim uzvisinama.

Padine nagiba 5 – 12° zastupljene su sa 1,78 %, a one nagiba 12 – 32° i > 32° sa samo 0,12 % površine područja. To je veoma važno jer na padinama nagiba >12° derazijski procesi postaju vrlo jaki, tj. javlja se masovno kretanje nezvanog ili slabo vezanog materijala. Više kategorije nagiba prevladavaju uglavnom na vršnim dijelovima vapnenačkih ili eocenskih uzvisina (sl. 5.) (npr. područja sjeveroistočno od Paravinja i Smokovića, zapadno od D. Zemunika i istočno od Potkosa na SI dijelu područja). Ovdje vrijedi slično pravilo kao i za hipsometrijske kategorije, tj. s obzirom na

veliki kontrast između malih površina viših kategorija nagiba i prevladavajućih zaravnjenih ili tek blago nagnutih udolina, mogućnost pojave prirodnih hazarda nije velika i teorijska je samo na manjim arealima unutar najviših hipsometrijskih razreda. Kako su ti areali sukcesivno okruženi sve većim površinama areala nižih nadmorskih visina i

SLIKA 4.
Udjeli nagiba padina u Općini Zemunik Donji



nagiba (u geomorfološkom smislu izraženih kao blagi prijelaz padina uzvisina u udoline) (tab. 4., sl. 4. i 5.), takva geomorfološka situacija uvelike ublažava mogući rizik od nepredviđenih nepogoda u hladnom dijelu godine, osobito tijekom dugotrajnije i intenzivnije kiše. Još preciznije, tome ponajviše pridonosi veća površina areala s nagibom $2^{\circ} - 5^{\circ}$ i $5^{\circ} - 12^{\circ}$ (koji se nalaze između spomenutih malih područja koja su izrazito nagnuta, s izraženim derazijskim procesima (nagibi veći od 12°)) i zaravnjenih područja udolina u kojima prevladavaju akumulacijski procesi. Ta dva areala ublažavaju potencijalno negativne derazijske procese na manjim vapnenačkim i dolomitnim površinama viših kategorija nagiba koji bi se mogli pojaviti zbog većih količina kiše (spiranje, urušavanje, pojava bujica).

Analizom broja geobjekata (tab. 4.) uočena je zanimljiva činjenica: broj geobjekata unutar kategorije $2^{\circ} - 5^{\circ}$ mnogo je veći od onih unutar kategorije $0^{\circ} - 2^{\circ}$ koja je površinom mnogo prostranija (78 % : 20 %). To je i logično s obzirom na to da u kategoriji $0^{\circ} - 2^{\circ}$ prevladavaju zaravnjene površine kojih je na istraživanom području najviše. Kategorija $2^{\circ} - 5^{\circ}$ ima posve drukčije značajke, tj. izrazitu fragmentaciju, što je vidljivo i na prikazu njezina prostornog rasporeda (sl. 5.). Riječ je o područjima koja se geomorfološki odnose na niže i srednje dijelove padina i prijelaz su prema višim dijelovima uglavnom vapnenačkih uzvisina (antiklinala). Na padinama te kategorije nagiba izražena je reljefna disekcija koja je najveći intenzitet imala u pleistocenu, ali je prisutna i danas. Dokaz je tomu rebrast reljef, tj. relativno pravilna izmjena udolina i jaruga te sekundarnih grebena. Sve navedeno, uz relativno veliku površinu te kategorije (20,07 %), objašnjava tako velik broj geobjekata.

3. Ekspozicija padina

Ekspozicija je orijentacija padine s obzirom na strane svijeta. Pri tome se kut orijentacije određuje najčešće od pravca sjevera u smjeru kazaljke na satu. U konceptualnom smislu, funkcija ekspozicije odnosi se na izračun vrijednosti ekspozicije središnjeg piksela u odnosu prema osam susjednih (mreža piksela 3×3). Smjer prema ko-

jem je ploha okrenuta predstavlja ekspoziciju za središnji piksel (Burrough i McDonnell, 1998.). Nakon toga vrijednost ekspozicije konvertira se u stupnjeve ($0 - 360^{\circ}$).

Raspored ekspozicija padina vrlo je važan jer različito eksponirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja, što utječe na karakteristike klimatskih elemenata kao geomorfoloških agensa te na raspored vegetacije. U skladu s prividnim kretanjem Sunca preko obzora tijekom dana ili različitih godišnjih doba, mijenja se i intenzitet kratkovalnoga Sunčeva zračenja na padinama. Na sjevernoj hemisferi najviše Sunčeva zračenja primaju južne padine, a sjeverne najmanje. Istočno i zapadno eksponirane padine ozračene su manje od južnih, a više od sjevernih; istočne najviše zračenja prime ujutro, a zapadne u predvečerje (Šegota i Filipčić, 1996.).

Na istraživanom području ekspozicije nisu toliko važne zbog malih razlika u nadmorskim visinama. Ipak, i ovdje indirektno utječu na promjene vezane uz denudaciju i akumulaciju padinskog materijala te hidrološke procese na padinama. Primjerice, povećano kratkovalno zračenje na padinama eksponiranim prema južnom kvadrantu (SW, S i SE) posredno utječe na povećanje evapotranspiracije, što u sušnijem dijelu godine rezultira bržom nestašicom vode u povremenim tekućicama (osobito na mjestima na kojima je u podlozi vapnenac). Posljedica je isušivanje tala što može utjecati na smanjenje obuhvata i broja biljnih vrsta, odnosno na prorjeđivanje vegetacije. To pogoduje jačem površinskom otjecanju utječući time na intenziviranje denudacije. Dugoročno, spiranje i osipanje tla, uz ostale denudacijske procese, može uzrokovati povećanje nagiba na višim dijelovima padina (intenzivnija denudacija) i smanjenje u nižim dijelovima (pojačana sedimentacija) (Kirkby, 2004.). S druge strane, utjecaj SW, S i SI ekspozicija, zbog jače insolacije, povoljan je za rast i razvoj biljaka, osobito u vegetacijskom razdoblju, što više ili manje poništava prethodno opisan negativan utjecaj mehaničkog trošenja. Razlike u značajkama SW, S i SI ekspozicija i NW, N i NI ekspozicija na ovom području nisu u većoj mjeri izražene s obzirom na male visinske razlike i prevladavajuće niže kategorije

TABLICA 5.
Klase i prostorni obuhvat ekspozicije padina

Ekspozicija	Srednja površina (m ²)	Min. površina (m ²)	Maks. površina (m ²)	Broj geobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
N	2 434,254	225	89 775	3 779	545 970	4 598 550	8,375
NE	3 225,846	225	665 100	1 418	314 400	4 574 250	8,331
E	2 400,880	225	106 650	1 363	279 390	3 272 400	5,960
SE	2 096,005	225	148 050	1 727	317 550	3 619 800	6,593
S	3 878,502	225	285 075	1 842	498 900	7 144 200	13,011
SW	6 886,651	225	1 297 125	2 180	731 430	15 012 900	27,342
W	5 122,997	225	1 089 450	2 172	653 490	11 127 150	20,265
NW	2 787,450	225	405 675	1 994	423 720	5 558 175	10,123

nagiba. Ipak treba istaknuti da se na sjevernim osojnim padinama vlaga u tlu zadržava dulje nakon oborina što dodatno pogoduje razvoju vegetacije i omogućuje povoljnije uvjete za stvaranje i očuvanje tla.

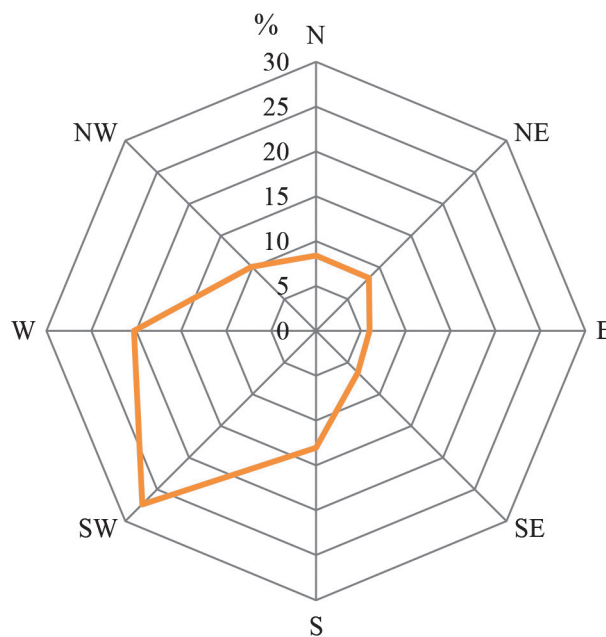
Na području Općine Zemunik Donji prevladava SW ekspozicija i, nešto manje W i S, što ukupno iznosi 60,62 % (tab. 5.). Taj udio povoljnih i djelomično povoljnih ekspozicija izrazito je visok što se pozitivno odražava na broj sunčanih sati i utječe na izbor poljoprivrednih kultura kojima takvi uvjeti odgovaraju.

U geološkom i geomorfološkom smislu, iako je situacija na širem okolnom dijelu istraživanog područja mnogo složenija, takva distribucija ekspozicija upozorava na asimetričnost antiklinalnih struktura, tj. jugozapadno orijentirana krila bora položiti su, s većim udjelom nagiba nižih kategorija, a sjeveroistočna krila strmije se spuštaju prema udolinama.

Izmjena vapnenačkih uzvisina i eocenskih udubina s kvartarnim pokrovom ne mora biti pravilo. Mjestimično može biti prisutna i inverzija reljefa, tj. antiklinalne vapnenačke strukture u višim dijelovima tijekom morfogeneze razorene su procesima korozije i mehaničkog trošenja pa predstavljaju udubine, a strukture izgrađene od eocenskih sedimenata, osobito onih otpornijih na mehaničko trošenje, predstavljaju uzvisine (Majcen i Korolija, 1967.). Sve to može se uočiti korelacijom prikaza ekspozicija i hipsometrijskih kategorija s geološkim značajkama područja (Fritz, 1973.) (sl. 3. i sl. 7.).

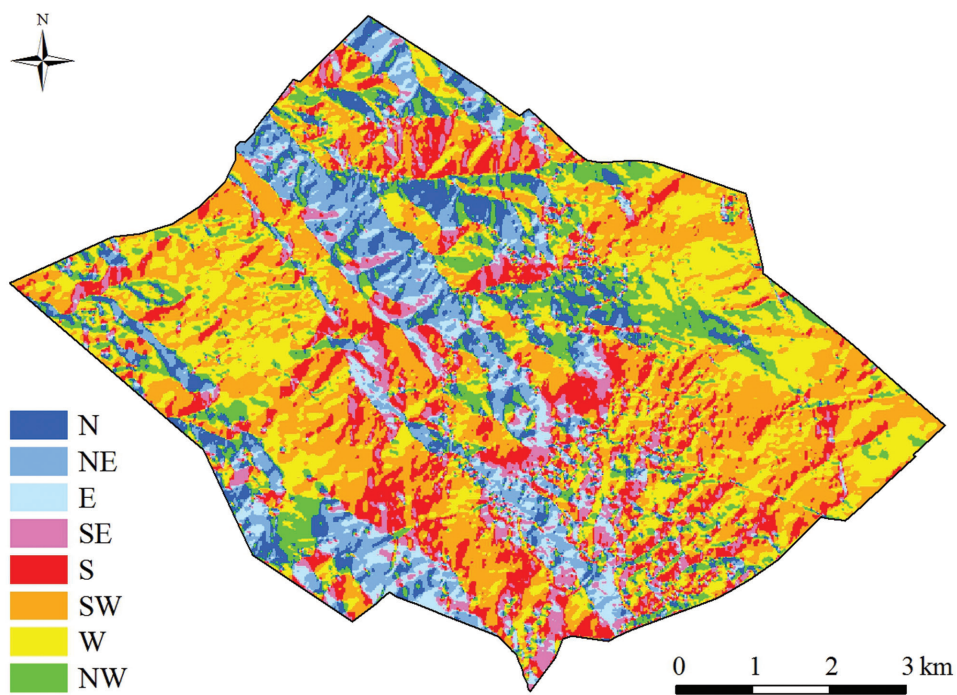
Dominacija padina S, SW i W ekspozicija unutar cijelog područja izuzetno je važna za prirodno-geografske (reljef, mikroklima, hidrogeografske prilike, tlo i vegetacija) i društveno-geografske značajke (stanovništvo i gospodarstvo). Naime, dominantni smjerovi strujanja zračnih masa na ovom području su NE (bura) i SE (jugo) (Vrsaljko, 2008.). Što se tiče bure, pozitivan čimbenik, uz manju površinu padina ekspozicija prema sjevernom kvadrantu, jest geografski položaj, tj. velik dio istraživanog područja donekle je zaštićen od utjecaja tog vjetra zbog relativno velike udaljenosti od Velebita. S druge strane, područje je zbog dominantnih ekspozicija izloženo jugu, koje, uz povećanu insolaciju uvjetovanu ekspozicijama, dodatno utječe na isušivanje tla i zna nanijeti veliku štetu, osobito u razdoblju cvatnje (Vrsaljko, 2008.). To donekle ograničava poljoprivredne aktivnosti pa je nužan odabir odgovarajućih kultura.

Analizom geoobjekata uočen je najveći broj na padinama N ekspozicije (3779) (tab. 5). To upućuje na povećanu heterogenost areala te ekspozicije, čemu je vjerojatno uzrok pojačana disekcija tijekom hladnijih i vlažnijih razdoblja u pleistocenu, i to na mikrorazini. Posljedica je disekcije rebrast reljef, tj. relativno pravilna izmjena udolina i jaruga te sekundarnih grebena. Sve navedeno može objasniti takvu rasprostranjenost i heterogenost geoobjekata.



SANJA LOZIĆ, ANTE ŠILJEG,
DENIS RADOŠ
GEOMORFOMETRIJSKE
ZNAČAJKE OPĆINE
ZEMUNIK DONJI

SLIKA 6.
**Udjeli
ekspozicije
padina**



4. Zakrivljenost padina

Zakrivljenost padine odnosi se na njezin geometrijski oblik koji je rezultat sinergijskog djelovanja denudacijskih (spiranje, puženje, tečenje, osipanje i urušavanje) i akumulacijskih procesa, uzrokovanih endogenim i egzogenim geomorfološkim agensima.

Konveksne padine (ili dijelovi padina) indikator su pozitivnih tektonskih pokreta (izdizanja) povezanih s dominacijom denudacijskih procesa čiji intenzitet raste s porastom nagiba padine. Pravocrtne padine ili dijelovi padina upućuju na prostorno uravnotežene tektonske pokrete pozitivnog i negativnog predznaka na makrorazini

SLIKA 7.
**Ekspozicija
padina u Općini
Zemunik Donji**

TABLICA 6.
**Klase i prostorni
obuhvat
planarne
zakrivljenosti
padina**

Zakrivljenost	Srednja površina (m ²)	Min. površina (m ²)	Maks. površina (m ²)	Broj geoobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
Konkavna	2 457,332	225	350 325	10 532	2 497 080	25 880 625	47,135
Pravocrtna	322,742	225	18 225	9 666	696 270	3 119 625	5,682
Konveksna	2 506,499	225	339 300	10 336	2 481 780	25 907 175	47,183

i denudacijske na mikrorazini, koji utječu na jednolično kretanje padinskog materijala niz padinu. Dugoročno, ako za to postoje uvjeti, paralelno se povlače padine nasuprotne grebenu ili hrptu. Konkavne padine (ili njihovi dijelovi) pokazatelj su tektonskih pokreta s negativnim predznakom (spuštanje) povezanih s pojačanom akumulacijom i sedimentacijom padinskog materijala (Dikau i dr., 2004.). Konkavne, konveksne i pravocrtne padine moguće je, uz primjenu algoritama u GIS-u, detaljnije analizirati u okviru triju tipova zakrivljenosti: profilne, planarne i pravocrtne. To omogućuje precizniji uvid u strukturu padina jer su precizno obuhvaćene sve promjene u dvodimenzionalnoj i trodimenzionalnoj (horizontalnoj i vertikalnoj) zakrivljenosti unutar jedne ili više padina, što je veoma važno za analizu i usporedbu geomorfoloških i hidroloških procesa koji se odvijaju na njima.

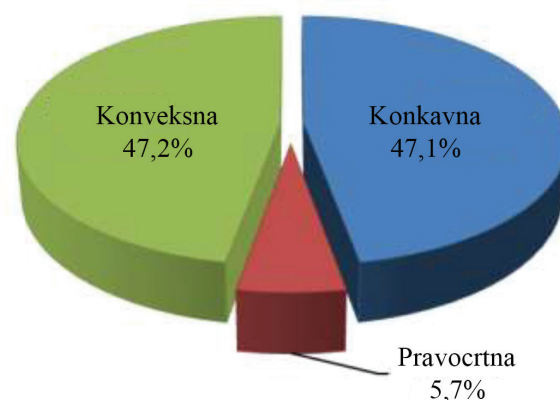
a) Planarna zakrivljenost padina

Planarna zakrivljenost jest zakrivljenost padine u sekanti izohipse okomitoj na smjer najvećeg nagiba. Pozitivna vrijednost upućuje na konveksni oblik padine, negativna na konkavni, a nulta vrijednost označava linearnu (pravocrtnu) padinu. Ako je zadani smjer okomit na smjer najvećeg nagiba (horizontalna sekanta izohipse), tada se modelom zakrivljenosti padina mogu procjenjivati divergencija (konveksne, izbočene padine) odnosno konvergencija (konkavne, udubljene padine) hipotetskog otjecanja, a time i lokalne ocjeditosti ili vlažnosti tla na padini (Antonić, 1996.). Konvergentno otjecanje povezano je s procesima akumulacije vode, tla ili detritusa, a divergentno otjecanje uz derazijske procese spiranja, puzanja, jaruženja i bujičenja.

Iz podataka o udjelu planarnih konveksnih, konkavnih i pravocrtnih padina (tab. 6., sl. 8. i 9.) uočljivo je da veće razlike nema, tj. udio između konkavnih i konveksnih padina gotovo je identičan. Udio pravocrtnih padina mnogo je manji. Takva situacija upućuje na uravnoteženo djelovanje endogenih i egzogenih procesa u recentnom oblikovanju reljefa. Uzrok je tomu relativno pravilan raspored morfostruktura u širem prostornom kontekstu, geološka građa i sastav te male nadmorske visine i nagibi, što utječe na relativno uravnoteženo djelovanje egzogenih geomorfoloških procesa (denudacija i sedimentacija). To je jasno uočljivo i na prikazu pro-

stornog rasporeda planarnih konveksnih, konkavnih i pravocrtnih padina (sl. 9.) koji je uglavnom homogen, s izuzetkom krajnjega jugoistočnog dijela područja na kojem je udio pravocrtnih padina nešto veći. Razlog je tomu morfologija terena, što je vidljivo usporedbom prostornog rasporeda tog parametra s hipsometrijskom kartom i kartom nagiba (sl. 3. i 5.). Na primjer, na jugoistočnom dijelu prijelaz padina uzvisine koja se pruža NE od linije Paravinja – Smoković – Gradina u udolinu blaži je i postupniji u usporedbi s ostalim dijelom područja, a nagibi padina manji su od 2°. Uravnoteženost djelovanja egzogeomorfoloških procesa lijepo se može uočiti na području uzvisine između crte Paravinja – Smoković – D. Zemunik i crte Reljići – Radnovac – dio SE od Goleša, gdje se pravilno izmjenjuju manje sekundarne udoline i grebeni, tj. poprečni dijelovi koji su okomiti prema glavnom grebenu antiklinale i spuštaju se prema SE i NW.

Dimenzije padina ili dijelova planarno zakrivljenih padina na istraživanom području (tab. 6.) vrlo su varijabilne, s rasponom površine konkavnih padina od 225 m² do 350 325 m², a konveksnih od 225 m² do 339 300 m². To upućuje na heterogenu i složenu strukturu padina, odnosno na postojanje brojnih izmjena površina različitih nagiba unutar određene padine ili dijela padine, duž linija planarne zakrivljenosti. Zbog toga je struktura nagiba padina u stvarnosti mnogo složenija od uobičajene generalizacije, što utječe na mnogo veći raspon i varijabilnost njihove zakrivljenosti (odnos minimalne i maksimalne površine) te na broj geoobjekata. I za pravocrtne planarne padine, kao i za pravocrtne planarne zakrivljenosti vrijedi isto, iz gore navedenih razloga. Uz to, i njih je u ukupnoj površini manje.



SLIKA 8.
**Udjeli planarne
zakrivljenosti
padina u Općini
Zemunik Donji**

Što se broja geobjekata tiče, njihov relativno nevelik broj u odnosu prema ukupnoj površini upućuje na kontinuitet reljefnih morfostrukture (npr. vršni dijelovi antiklinala, grebeni i udoline) na mikrorazini gdje su geobjekti povezani. Treba istaknuti da na prikazu planarne zakrivljenosti nisu znatnije uočljive veće morfostrukture kao na prikazu profilne zakrivljenosti. Ovdje više do izražaja dolaze mikroforme odnosno izmjena sekundarnih grebena i udolina. Osobito je to izraženo na jugoistočnom području općine (veliki areal jugoistočno od G. i D. Zemunika; sl. 9.).

b) Profilna zakrivljenost padina

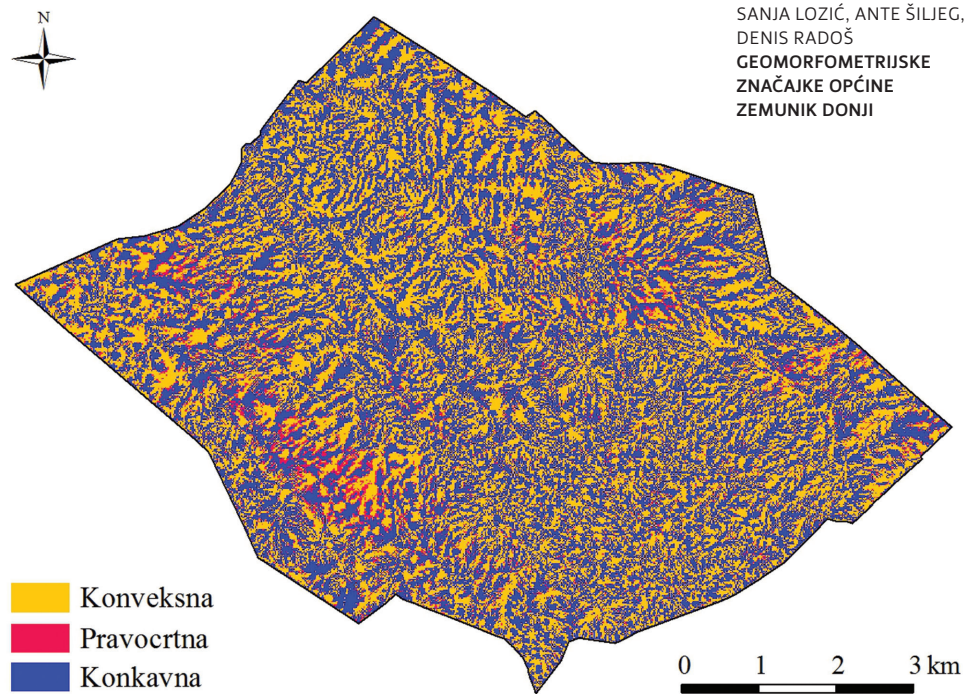
Profilna zakrivljenost padina odnosi se na zakrivljenost padina ili njihovih dijelova duž linija okomitih na izohipse i njome se određuje stopa promjene nagiba za svaki piksel. Negativna vrijednost upućuje na konveksni uzdužni profil padine, pozitivna na konkavni, a nulta vrijednost označava linearnu (pravocrtnu) padinu. Riječ je o vrlo preciznu određivanju svake promjene unutar padine, razmjerno veličini piksela. Profilna zakrivljenost utječe na brzinu otjecanja vode, odnosno na brzinu kretanja detritusa niz padinu.

Struktura profilne zakrivljenosti padina na istraživanom području slična je planarnoj u smislu dominacije konveksnih i konkavnih padina, međutim, iako nevelike, postoje razlike između udjela konveksnih i konkavnih padina.

Iz podataka o strukturi i prostornom rasporedu profilne zakrivljenosti na istraživanom području (tab. 7., sl. 10. i 11.), uočljiva je veća učestalost konkavnih nego konveksnih padina, iako razlika nije velika (48,6 % : 45,8 %). Udjel je pravocrtnih padina 5,6 % što je gotovo identično udjelu planarnih pravocrtnih padina (5,7 %). Analiza tih odnosa upućuje na malo izraženiji udio površina na kojima je intenzitet akumulacijskih ili denudacijskih procesa koji su utjecali na zaravnjavanje izraženiji. To se može uočiti usporedbom prikaza prostornog rasporeda profilne zakrivljenosti i geološke karte (Fritz, 1973.).

Usporedbom prostornog rasporeda planarnih i profilnih padina (sl. 9., sl. 11.) može se uočiti da je struktura profilne zakrivljenosti padina nepravilnija i složenija od planarne. Tome vjerojatno pridonosi izrazito rebrasta i raščlanjena struktura padina (reprezentirana vertikalnim linijama okomitim na izohipse) koja je formirana dugotrajnim djelovanjem egzogenih geomorfoloških procesa, mjestimično predisponiranih poprečnim rasjedima.

Na prikazu prostornog rasporeda konveksnih i konkavnih padina (sl. 11.) jasno se može uočiti područje (u obliku izduženog pojasa) dominacije konkavnih padina na središnjem i sjeverozapadnom dijelu općine, izduženog i ovalnog oblika, koje okružuje unutarnju povišenu antiklinalnu morfostrukturu (asimetrična bora). Taj pojas, koji je paralelan s osi sinklinale, proteže se od predjela Paravi-



SANJA LOZIĆ, ANTE ŠILJEG,
DENIS RADOŠ
GEOMORFOMETRIJSKE
ZNAČAJKE OPĆINE
ZEMUNIK DONJI

nja, preko naselja Smoković sve do D. Zemunika (pravac NW-SE), gdje zaokružuje rub morfostrukture i vraća se od naselja Gradina do šireg područja predjela Reljići (pravac SE-NW), gdje se jedan dio širi prema sjeveroistoku, a drugi nastavlja izvan istraživanog područja. Unutarnji rubni dijelovi ovog pojasa naglo prelaze u područje grebena uzvisine s linijama većih nagiba, tj. 5–12°, osobito na dijelu koji se proteže od NW prema SE uz koji se paralelno proteže os sinklinale, a na krajnjem SE dijelu, gdje pojas zaokružuje morfostrukturu i skreće natrag prema NW, nagibi su čak 12–32° i > 32°. Iz takvog morfostrukturnog rasporeda može se zaključiti da na spomenutom području djeluju neotektonski pokreti negativnog predznaka koji utječu na tonjenje područja s vanjske strane navedenog pojasa. To je osobito izraženo na krajnjem SE dijelu, uz D. Zemunik, gdje se teren strmo spušta, odnosno gdje je najizrazitiji hipsometrijski kontrast kao i razlika u nagibima unutar malog područja. Također, unutar sinklinalne izdužene uzvisine više je manjih i plićih jaruga koje mjestimično upućuju na postojanje poprečnih rasjeda i, uz izmjenu s grebenima, ono je morfološki izraženo kao rebrasti reljef, što je vidljivo i na prikazima planarne i profilne zakrivljenosti (sl. 9. i 11.).

Analizom profilnih konkavnih i konveksnih padina, uočljiv je veći udio konkavnih padina, što s planarnom zakrivljenosti nije tako (vrijednosti su približno slične). Naime, udjel profilnih konkavnih padina veći je oko 3 % od konveksnih (48,58 % : 45,84 %). To upućuje na dominaciju procesa akumulacije detritusa na padinama, iako razlike nisu izrazito velike.

Površine maksimalnih vrijednosti profilnih konkavnih zakrivljenih padina iznose 3 684 150 m², za razliku od

SLIKA 9.
Planarna zakrivljenost padina u Općini Zemunik Donji

TABLICA 7.

Klase i prostorni obuhvat profilne zakrivljenosti padina

Zakrivljenost	Srednja površina (m ²)	Min. površina (m ²)	Maks. površina (m ²)	Broj geobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
Konkavna	2 653,639	225	3 684 150	10 051	2 453 970	26 671 725	48,576
Pravocrtna	324,223	225	16 200	9 456	683 340	3 065 850	5,584
Konveksna	2 375,859	225	1 364 175	10 594	2 439 090	25 169 850	45,841

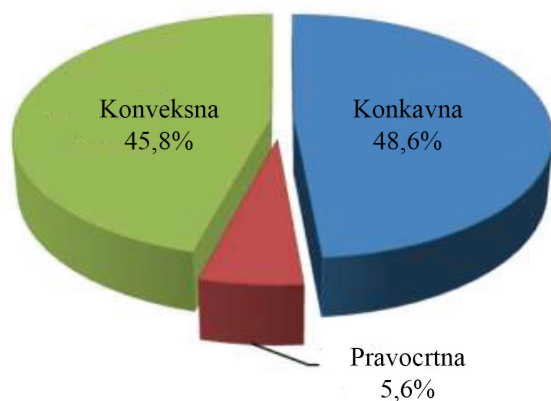
planarnih, čija maksimalna površina iznosi 350 325 m². Maksimalna površina profilnih konveksnih padina iznosi 1 364 175 m² (u planarnih 339 300 m²), a odnosi su između pravocrtnih profilnih i planarnih padina slični (16 200 m² prema 18 225 m²). To upućuje na heterogeniju i složeniju strukturu padina s profilnom zakrivljenošću nego padina s planarnom zakrivljenošću, tj. na postojanje manjeg broja diskontinuiteta unutar linija profilne zakrivljenosti padina. Drugim riječima, manje je izmjena nagiba na površinama padina što izravno utječe na površinsko otjecanje, gravitacijske procese, a time i na njihovu stabilnost (u pozitivnom smislu). Kao i kad je riječ o planarnoj zakrivljenosti, padine su kontinuum, odnosno svaka padina ili njezin dio ima određenu vrijednost nagiba. Zbog toga

je struktura nagiba padina (planarnih i osobito profilnih; konveksnih i konkavnih) u stvarnosti mnogo složenija od uobičajene generalizacije predstavljene razredima, što utječe na mnogo veći raspon i varijabilitet zakrivljenosti padina. I za pravocrtne profilne padine, kao i za pravocrtne planarne zakrivljenosti vrijedi isto, iz navedenih razloga (kontinuum prijelaza nagnutosti terena unutar kategorije 0° – 2°). Uz to, i njihov je udio u ukupnoj površini manji.

Slično planarnoj zakrivljenosti, relativno nevelik broj geobjekata u izrazitu je nesrazmjeru prema ukupnoj površini. To upućuje na izraženiji kontinuitet reljefnih morfostruktura (u odnosu prema planarnoj zakrivljenosti), tj. uzvisina i depresija gdje su geobjekti uvelike povezani, što se može uočiti na sl. 11. (npr. šire područje Vlaka i Ruštine glavice, područje oko Istoka, šire područje jugozapadno od Kalapića, Prostrana i Matića).

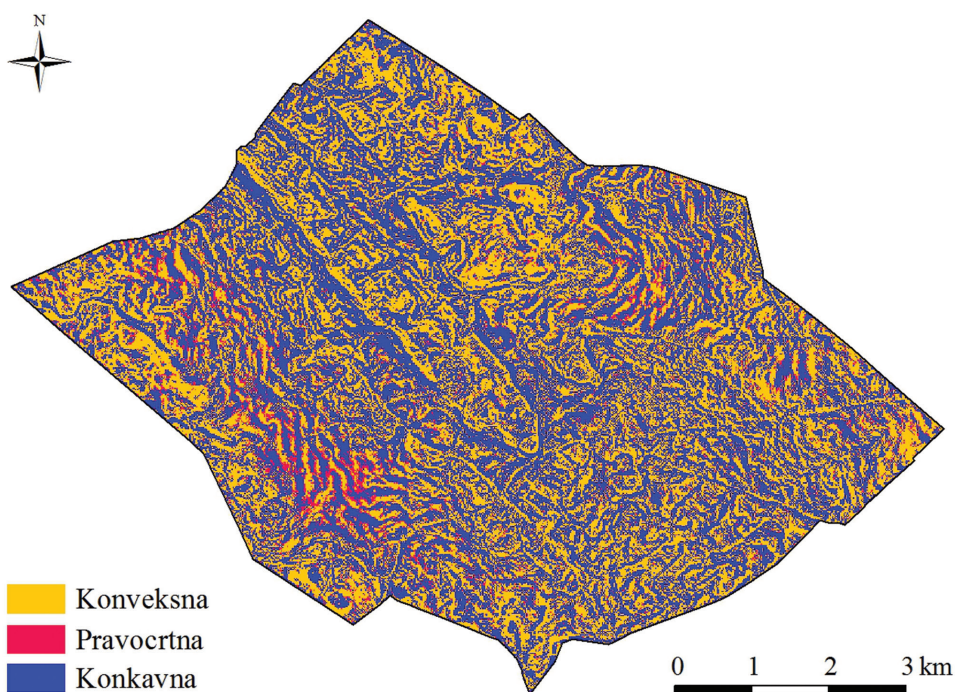
SLIKA 10.

Udjeli profilne zakrivljenosti padina u Općini Zemunik Donji



SLIKA 11.

Profilna zakrivljenost padina u Općini Zemunik Donji



KLASIFIKACIJA RELJEFNIH OBLIKA

Pri klasifikaciji reljefnih oblika primijenjen je višekriterijski model (Weiss, 2001.; Jenness, 2004), na temelju kojeg su reljefni oblici klasificirani u 10 klasa (tab. 8.).

Analizom parametara o prostornom obuhvatu reljefnih oblika (tab. 9., sl. 12. i 13.) utvrđeno je da je najviše zaravni, odnosno područja s nagibom < 2° (66,36 %). Iza njih, ali s mnogo manjim udjelima slijede doline U-oblika (17,11 %), viši dijelovi padina te zaravnjena viša područja (15,83 %). Ostali reljefni oblici zastupljeni su sa samo 0,7 %.

Zaravni dominiraju na velikoj površini jugozapadno od ceste uz koju su zaseoci Paravinja, Smoković, Smrdelj, Kasapi, središnji dio D. Zemunika i Mostar. Također, dominantne su na sjevernom, širem području Ruštine dražice (između Goleša i Potkosa). U izmjeni su s područjima otvorenih padina i zaravnjenih područja na vršnim dijelovima uzvisina na jugoistočnom dijelu područja na čijim su rubnim dijelovima D. Zemunik, Mostar, Istok, G. Zemunik, Goleš i Gradina.

Područja viših dijelova padina i zaravnjenih vršnih područja u izmjeni s dolinama U-oblika dominiraju u središnjem, južnom i sjevernom dijelu općine. Osobito su izražena na području koje se proteže u pravcu NW – SE uz prethodno spomenutu cestu između Paravinja i Mostara. Također, velike površine na kojima prevladavaju spomenuti reljefni oblici sjeveroistočno su od Paravinja,

TABLICA 8.
**Klase reljefnih
oblika**

Klase reljefnih oblika / Relief forms categories		
1	Deeply incised streams	duboko urezani površinski tokovi
2	Midslope drainages, shallow valleys	drenažni bazeni srednjih nagiba, plitke doline
3	Upland drainages, headwaters	izvorišni dijelovi drenažnih bazena
4	U-shape valleys	doline U-oblika
5	Plains	zaravni
6	Open slopes	otvorene padine
7	Upper slopes, mesas	viši dijelovi padina, zaravnjena vršna područja
8	Local ridges / hills in valleys	manji grebeni, brežuljci unutar dolina
9	Midslope ridges, small hills in plains	srednje strmi grebeni, manji brežuljci unutar zaravnjenih područja
10	High ridges	visoki grebeni

na širem području Reljića, Pavića, vrha Bilig, Vlake, Smokovića, Senja, zapadno od Gradine i Goleša. Tu se može uočiti pružanje uzvisina u izmjeni s dolinama U-oblika paralelno s prethodno spomenutim područjem (između Paravinja i Mostara). To je područje, kao i prethodno, izduženog oblika i proteže se sjeveroistočno od Paravinja, Smokovića, Senja i sjeveroistočno od Gradine (sl. 2. uvoda ove knjige, sl. 13.).

Na krajnjem sjeverozapadnom dijelu može se uočiti specifičnost u pravcu pružanja morfostruktura, tj. postoje dvije uzvisine između kojih se nalazi udolina U-oblika. Te strukture paralelno se pružaju i pod kosim kutom, pravca W – E i sijeku s prethodno opisanim paralelnim morfostrukturama koje se pružaju pravcem NW – SE. Ta specifičnost može se uočiti i na prikazu hipsometrijskih odnosa. Razlog te aberacije vjerojatno je morfotektonski.

Sjeverni i sjeveroistočni dio (izuzev šireg zaravnjenog područja oko Ruštine dražice) blago se uspinje prema NE, a obilježavaju ga izmjena isprekidanih viših dijelova padina i zaravnjenih vršnih područja u izmjeni s dolinama U-oblika. Dakle, riječ je o nepravilnim morfostrukturama koje su vjerojatno dijelovi razlomljenoga krila vapnenačke antiklinale, i to kao posljedica blokovskog izdizanja/tonjenja duž manjih rasjeda i pukotina. Nepravilna izmjena uzvisina i depresija može se uočiti i na SE dijelu (na širem području D. i G. Zemunika), međutim tu nije riječ o antiklinalnoj vapnenačkoj strukturi, već o antiklinali građenoj od eocenskih i osobito kvartarnih (deluvijalnih) naslaga. To je vjerojatno posljedica tektonskih odnosa koji su utjecali na izdizanje morfostrukture, na koju je kasnije uvelike utjecala i još utječe selektivna erozija. To znači da se manje otporne stijene troše brže nego otpornije (npr. pješčenjak nego lapor i konglomerati ako je riječ o eocenskim naslagama).

Pri analizi strukture svih parametara bitno je razmotriti vrijednost standardne devijacije u odnosu prema srednjoj vrijednosti površine, odnosno izračunati koefici-

jent varijabilnosti (V) kao standardizirani pokazatelj fragmentacije/homogenosti svakoga reljefnog oblika. Nakon toga može se provesti usporedna analiza da bi si mogli donijeti određeni zaključci o značajkama geomorfološkog diverziteta prostora. To je veoma važno jer geomorfološka raznolikost utječe na abiotičke i biotičke procese te antropogene aktivnosti koje su u uskoj vezi s njima. Analizirana su tri najzastupljenija reljefna oblika na istraživanom području: zaravni, doline U-oblika i viši dijelovi padina sa zaravnjenim vršnim dijelovima.

Najveće je odstupanje veličine geoobjekata od srednje vrijednosti (STDEV) u 5. kategoriji (zaravni), slijede kategorija 4. (doline U-oblika) i 7. (viši dijelovi padina sa zaravnjenim vršnim dijelovima), ali mnogo manje. Što se 5. kategorije tiče, to je logično ako se STDEV usporedi s maksimalnom vrijednošću površine geoobjekata (33 597 450 m²), ukupnom površinom (36 437 900 m²) i srednjom (prosječnom) površinom svih geoobjekata ove kategorije (155 717,31 m²). Sve vrijednosti izrazito su veće od ostalih reljefnih oblika. To potvrđuje i koeficijent varijabilnosti koji iznosi 1411,26, što je daleko najviše od svih zastupljenih kategorija reljefnih oblika. Ti podatci upućuju na izrazitu heterogenost odnosno nepravilan raspored cijelog areala koji je svojim najvećim dijelom isprekidan površinama ostalih kategorija pa se ne može smatrati posve zaravnjenim, već radije blago valovitim (to se najbolje može uočiti usporedbom prikaza reljefnih oblika (sl. 12.) s prikazima svih morfometrijskih parametara, osobito prikaza nagiba (sl. 4.). Naravno, u obzir treba uzeti i najveći udio te kategorije u ukupnoj površini (66,36 %).

Četvrta kategorija reljefnih oblika, tj. doline U-oblika, prema ukupnoj površini na drugom je mjestu, međutim razlike u udjelu u ukupnoj površini istraživanog prema 5. su kategoriji velike (17,11 % u prema 66,36 %). Standardna devijacija prema srednjoj površini vrlo je izražena, tj. koeficijent varijabilnosti iznosi 514,93, kao i raspon između minimalne i maksimalne površine. Ovo, kao i u 5. kate-

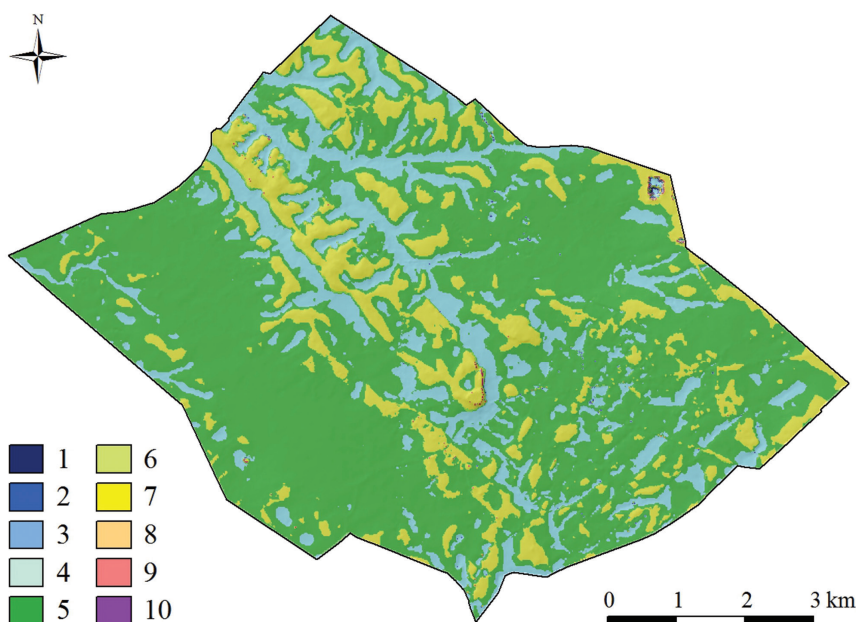
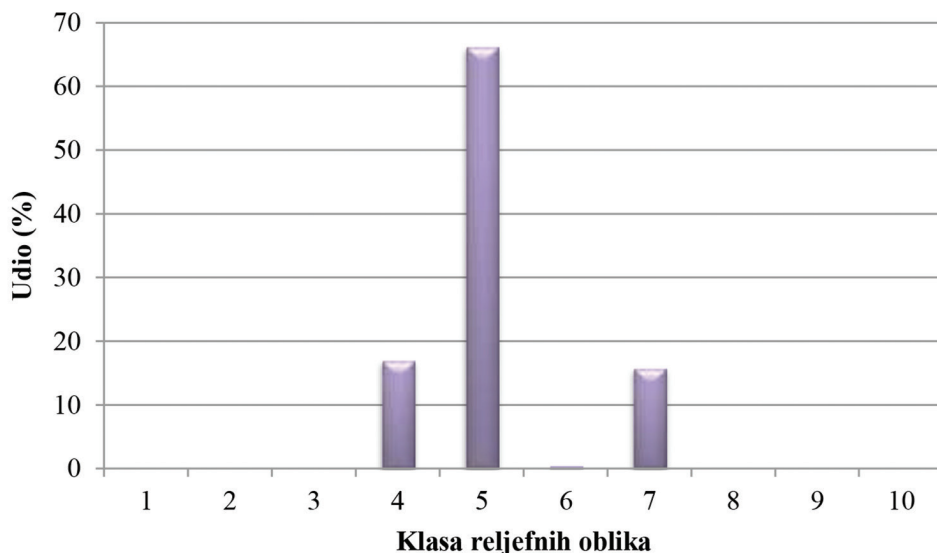
Klase reljefnih oblika	Minimalna površina (m ²)	Maksimalna površina (m ²)	Srednja površina (m ²)	Standardna devijacija (m)	Koeficijent varijabilnosti (V)	Broj geoobjekata	Opseg (m)	Ukupna površina (m ²)	Udio (%)
1	225	5 625	415,56	640,77	154,19	98	8 040	40 700	0,07
2	225	2 025	345,00	464,76	134,71	15	1 080	5 200	0,01
3	225	450	337,50	120,27	35,64	8	600	2 700	0,00
4	225	1 600 425	24 857,14	127 997,10	514,93	378	284 010	9 396 000	17,11
5	225	33 597 450	155 717,31	2 197 577,70	1 411,26	234	502 290	36 437 900	66,36
6	225	11 925	712,50	1 305,75	183,26	396	46 650	282 200	0,51
7	225	1 431 225	25 942,84	96 760,47	372,98	335	245 400	8 690 900	15,83
8	225	2 475	700,00	814,71	116,39	9	1 110	6 300	0,01
9	225	450	232,26	40,41	17,40	31	1 890	7 200	0,01
10	225	2 700	442,24	473,52	107,07	87	7 650	38 500	0,07

TABLICA 9.

Klase i prostorni obuhvat reljefnih oblika

SLIKA 12.

Udjeli reljefnih oblika u Općini Zemunik Donji



goriji, upućuje na znatne razlike u veličini geoobjekata i posljedično, varijabilnosti i heterogenosti toga reljefnog oblika (tab. 9.). Na takve varijabilne morfostrukturne i egzomorfološke značajke upućuju svi morfometrijski parametri, osobito oni o zakrivljenosti padina. To se može uočiti usporedbom prikaza reljefnih oblika 4. kategorije (sl. 13.) s prikazima planarne i osobito profilne zakrivljenosti (sl. 9. i 11.), gdje su uočljiva podudaranja geoobjekata različitih tipova zakrivljenosti s linijama dolina. Usporedba prostornog rasporeda dolina U-oblika s prikazom ekspozijsija vrlo je zanimljiva jer je na kontaktnim područjima suprotnih ili približno suprotnih ekspozijsija uočljivo podudaranje, odnosno vrlo se dobro mogu determinirati udoline (sl. 9. i 7.).

Kategorija 7., odnosno područja viših dijelova padina sa zaravnjenim vršnim područjima, zauzima 15,83 % površine. Standardna devijacija nije toliko izražena kao u prethodnim dvjema kategorijama, tj. koeficijent varijacije iznosi 372,98. Raspon između minimalne i maksimalne vrijednosti nešto je manji nego u 4. kategoriji, ali srednja je površina geoobjekata veća, a njihov broj manji (tab. 9.). Uzevši u obzir sve ovo, može se zaključiti da su reljefni oblici ove kategorije homogeniji od oblika 4. kategorije. Na prikazu reljefnih oblika može se uočiti da su najčešće izduženog oblika, slično 4. kategoriji, što se podudara s prikazima svih ostalih morfometrijskih parametara. Dakle, kao i u svim ostalim kategorijama, uočljiva je izrazita povezanost morfometrijskih parametara s reljefnim oblicima.

SLIKA 13.

Reljefni oblici u Općini Zemunik Donji

1. Duboko urezani površinski tokovi, 2. Drenažni bazeni srednjih nagiba, plitke udoline, 3. Izvorišni dijelovi drenažnih bazena 4. Doline U-oblika, 5. Zaravni, 6. Otvorene padine, 7. Viši dijelovi padina, zaravnjena vršna područja, 8. Manji grebeni, brežuljci unutar dolina, 9. Srednje strmi grebeni, manji brežuljci unutar zaravnjenih područja, 10. Visoki grebeni

Numerički pokazatelji odnosa između klasa reljefnih oblika i geomorfometrijskih pokazatelja omogućili su precizniju determinaciju kvantitativnih značajki pojedinih reljefnih oblika. To je važno jer se na temelju egzaktnih vrijednosti preciznije definiraju morfološke značajke svakoga pojedinog reljefnog oblika, što povećava mogućnost konkretne primjene u praksi. To vrijedi i za procese koji se na taj način mogu procijeniti posredno, međutim ostaje predmet novih analiza jer prelazi okvire ovog rada.

Odnos reljefnih oblika i hipsometrije

Najniže su minimalne vrijednosti visina unutar 4. i 5. kategorije (udoline U-oblika i zaravnjena područja). To su područja lokalne erozijske baze zbog čega na njima prevladava proces akumulacije detritusa s okolnog višeg reljefa otjecanjem površinske vode. To je bilo izraženo osobito u hladnijim i vlažnijim dijelovima pleistocena, ali je prisutno i danas, osobito u hladnom dijelu godine kada je količina oborina najveća pa se aktiviraju povremeni tokovi.

Najviše maksimalne vrijednosti uočene su unutar 3. kategorije (95,14 m; tab. 10.). To je logično jer je riječ o izvorišnim područjima drenažnih bazena gdje su izraženiji nagibi zbog vertikalne raščlanjenosti reljefa, odnosno morfostrukturnih značajki. U ostalim su kategorijama reljefnih oblika vrijednosti između 62,10 m (kategorija 1.) i 79,73 (kategorija 8.). Takav raspored maksimalnih vrijednosti visina upućuje na kontrast između zaravnjenih područja i viših dijelova izvorišnih područja nekadašnjih vodenih tokova, a svi su ostali reljefni oblici između ovih dvaju ekstrema.

Srednje hipsometrijske vrijednosti također su najviše u 3. kategoriji (129,16 m), a najniže u 4. i 5. kategoriji, što se podudara s distribucijom minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Treba istaknuti da su razlike između srednjih vrijednosti za svaki pojedini reljefni oblik manje od ekstremnih vrijednosti, što je i logično s obzirom na to da je riječ o srednjim vrijednostima. Precizniji pokazatelj veličine razlika između srednjih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti jest standardna devijacija. Najveće vrijednosti SD utvrđene su unutar 2., 5., 7., 9. i 10. kategorije, što upućuje na nešto veću varijabilnost odnosno manju homogenost reljefa, a time i veću diferencijaciju geomorfoloških procesa koji djeluju unutar ovih reljefnih oblika.

Pri upravljanju i planiranju aktivnosti treba voditi računa o gore navedenim činjenicama jer zbog njih svaki reljefni oblik zahtijeva različit pristup. Pri tome treba imati na umu da je ovdje riječ o dvjema razinama pristupa: na široj i općenitijoj pristup planiranju i upravljanju temelji se na diferencijaciji između svakog pojedinog reljefnog

oblika, a na užoj i lokalnoj na razlikama unutar određenog individualnog reljefnog oblika.

Odnos reljefnih oblika i nagiba

Niskih minimalnih vrijednosti nagiba padina ima u svim kategorijama, osim u 6. kategoriji (5,01°; otvorene padine) i mnogo manje u 2. (2,79° drenažni bazeni s plitkim udolinama). Više maksimalne vrijednosti mogu se naći unutar gotovo svih kategorija s izuzetkom 3. i osobito 5. kategorije. To je logično jer se 5. kategorija odnosi na zaravnjena područja. Najviše vrijednosti zabilježene su unutar 1., 8. i 9. kategorije (više od 30°). Riječ je o područjima dublje incizije reljefa, veće horizontalne raščlanjenosti i izraženijih derazijskih i gravitacijskih procesa (područja u blizini grebena, padine sa strmim padom prema okolnom nižem području).

Srednje vrijednosti nagiba padina najviše su unutar 1., 2., 3., 6., 8. i 9. kategorije, detaljnije opisanih u tab. 8., s tim da vrijednosti unutar 8. kategorije uvelike nadmašuju sve ostale (17,27°). To je i razumljivo jer je riječ o reljefu s dominantnim grebenima uzvišenja, dakle višim i strmijim dijelovima reljefa. Minimalne srednje vrijednosti pronađene su u 4., 5. i 7. kategoriji, koje su i najzastupljenije u istraživanom području (tab. 9.). Niže vrijednosti standardne devijacije za te tri kategorije potvrđuju da je uglavnom riječ o slabo raščlanjenom, stabilnom reljefu sa slabije izraženim procesima denudacije, izuzev malih rubnih područja koja se strmo spuštaju prema 5. kategoriji (npr. područje Gradine, NW od središnjeg dijela D. Zemunika). Standardna devijacija najveća je u 1., 8. i 9. kategoriji, što upućuje na to da je riječ o područjima veće reljefne amplitude (veći raspon visina i nagiba padina), a time i manje ravnoteže odnosno stabilnosti. Riječ je o istim područjima na kojima su utvrđene izrazite maksimalne vrijednosti, pa im je, prilikom korištenja u gospodarske svrhe, potrebno obratiti više pozornosti u smislu održivosti da bi se spriječile moguće negativne posljedice antropogenog djelovanja (osipanje, urušavanje, puženje, pojava klizišta i dr.).

Odnos reljefnih oblika i ekspozicija

Analizom distribucije vrijednosti minimalnih i maksimalnih vrijednosti ekspozicija uočljivo je da su u svim kategorijama reljefnih oblika zastupljene vrlo niske (0,00° – 85,05°) i vrlo visoke vrijednosti (od 275,99° do 360°). Donekle se izdvajaju kategorije 3., 8. i 9. s nešto višim vrijednostima minimalnih vrijednosti (NE kvadrant) te 3. kategorija s nešto nižom maksimalnom vrijednosti (W smjer) (tab. 8.). S obzirom na to da se razmatraju reljefni oblici i da su velike varijacije između različitih padina kao i svake individualne padine, korisno je usporediti minimalne i maksimalne sa srednjim vrijednostima. Podatci upućuju na raspon srednjih vrijednosti unutar svih reljefnih obli-

ka između $171,53^\circ$ (kat. 1.) do $212,06^\circ$ (kat. 5.). Gotovo svi reljefni oblici imaju veliki raspon smjerova padina, osim kategorija 3., 8. i 9., u kojima je on nešto manje izražen. To upućuje na zaključak da ti reljefni oblici (izvorišni dijelovi drenažnih bazena paleotokova, srednje strmi grebeni i brežuljci unutar zaravnjenih područja i osobito lokalne uzvisine unutar depresija) u morfo-genetskom smislu predstavljaju manje (s obzirom na udio u ukupnoj površini), izdužene morfostrukture s izraženim grebenima i posljedično nagibima, zbog čega je polaritet ekspozicija izraženiji. To potvrđuje i usporedba prikaza ekspozicija padina i reljefnih oblika (sl. 7. i 13.).

Odnos reljefnih oblika i planarne/profilne zakrivljenosti

Raspon je planarne i profilne zakrivljenosti između različitih vrijednosti s negativnim (konkavni oblik) i pozitivnim predznakom (konveksni oblik), s tim da vrijednost 0 predstavlja potpuno ravnu površinu.

Analizom pokazatelja *planarne zakrivljenosti* (tab. 10.) uočljivo je podudaranje minimalnih i maksimalnih sa srednjim vrijednostima. Najniže minimalne vrijednosti zastupljene su u 1. kategoriji, a najviše maksimalne u 8. i osobito u 9. kategoriji. Srednje vrijednosti najniže su unutar kategorija 1. (- 1,38) i 2. (- 0,97), a najviše unutar kategorija 8. (0,93), 9. (1,09) i 10. (0,98). Standardna devijacija najviša je u 1., 8. i 9. kategoriji. Dakle, unutar područja s duboko urezanim nekadašnjim stalnim, a sadašnjim povremenim tokovima i dijelovima nekadašnjih drenažnih bazena i plitkih udolina, prevladavaju konkavni oblici. To upućuje na dulje morfo-genetsko djelovanje endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa i prevlast neotektonskih procesa negativnog predznaka uz izraženiju akumulaciju stijenskog materijala. Suprotno tome, unutar područja u blizini lokalnih grebena i umjereno strmih vršnih područja te izoliranih uzvisina unutar udolina i zaravnjenih područja dominiraju pozitivni, konveksni oblici. To upućuje na morfo-genetski i morfostrukturno mlađi reljef na kojem prevlast imaju neotektonski procesi pozitivnog predznaka, a u egzogeomorfološkom smislu prevladavaju denudacijski procesi. To su izvorišna područja stijenskog materijala koji se gravitacijskim i atmosferskim procesima tijekom pleistocena (a i danas, osobito tijekom vlažnijeg dijela godine) transportirao u niža područja. Tim reljefnim oblicima treba obratiti osobitu pozornost pri planiranju antropogenih zahvata jer je riječ o dinamički labilnijim morfostrukturama.

Što se *profilne zakrivljenosti* tiče, situacija je nešto drugačija. Analizom tab. 10. uočljivo je da su minimalne vrijednosti niže od analognih planarne zakrivljenosti i da se ne podudaraju vrijednosti u istim kategorijama reljefa, a pojedine se kategorije reljefa razlikuju i po predznaku. Tako npr. 8., 9. i 10. kategorija imaju minimalne vrijed-

nosti - 8,74 (kat. 8.), - 6,09 (kat. 9.), - 11,75 (kat. 10.), za razliku od planarne zakrivljenosti gdje su tako male vrijednosti zabilježene samo u 1. kategoriji (- 8,70). Znatno su niske vrijednosti i u 4. kategoriji (- 4,22). I u maksimalnim vrijednostima ima nepodudaranja s planarnom zakrivljenosti, kako vrijednosti, tako i predznaka. Naime, najviše vrijednosti utvrđene su u 1. kategoriji (8,34), a u planarne je to tako samo s 9. kategorijom (8,69) i donekle s 5. (5,31). Kao i u minimalnih vrijednosti, pojedine kategorije reljefa razlikuju se prema predznaku.

Kad je riječ o srednjim vrijednostima, postoje razlike i u vrijednostima i u predznaku između pojedinih kategorija reljefnih oblika. Tako npr. 1. kategorija ima iste vrijednosti profilne i planarne zakrivljenosti, ali različit predznak. I većina ostalih kategorija razlikuje se prema predznacima, osim 5. i 6. kategorije. Najveća je razlika između srednje vrijednosti zakrivljenosti u 8. kategoriji, gdje je vrijednost profilne zakrivljenosti - 3,01, a planarna iznosi 0,93. Slijede kategorije 1 (1,83 / -1,38), 2 (1,36 / - 0,98), 3 (1,33 / - 0,43), 9 (-1,50/1,09) i 10 (- 1,73/0,98). Između 4., 5., 6. i 7. kategorije nema znatnijih razlika (vrijednosti su oko 0). Standardna devijacija najveća je u 1. i 8. kategoriji, što se većim dijelom podudara s vrijednostima za planarnu zakrivljenost.

Razlozi podudaranja i nepodudaranja vrijednosti i predznaka zakrivljenosti padina složeni su i ovise o više čimbenika koji su djelovali i djeluju na formiranje njihova današnjeg oblika u planarnoj i profilnoj dimenziji. To se prije svega odnosi na djelovanje neotektonskih pokreta različitih predznaka i intenzitet egzogeomorfoloških procesa u prošlosti i danas, koji su u uskoj vezi s klimatskim, geološkim, pedološkim i vegetacijskim značajkama, kao i o složenom i dugotrajnom antropogenom utjecaju. To se odnosi na modeliranje svake individualne padine (ili njezina dijela), a opseg i intenzitet djelovanja endogenih i egzogenih procesa na oblik padine može se procijeniti na temelju ostalih ovdje analiziranih morfometrijskih parametara (hipsometrije, nagiba i ekspozicija), ali i nekih koji nisu uzeti u obzir, tj. klimatoloških i hidroloških parametara kao što su dnevna količina primljene Sunčeve radijacije, količina, raspored i intenzitet oborina, smjer potencijalnog otjecanja atmosferske vode i dr.).

Kao i u svih ostalih geomorfometrijskih parametara, i tu tijekom planiranja prostora i upravljanja njime treba voditi računa o navedenim činjenicama jer su one korisne smjernice za primjenu različitih pristupa vrjednovanju svakog reljefnog oblika u praktične svrhe.

Geomorfometrijska analiza pokazala se vrlo korisnom pri determinaciji i klasifikaciji reljefnih oblika. Naime, reljefni oblici, zasebno ili kao prostorna cjelina, mogu se vrlo precizno definirati usporednom analizom i sintezom morfometrijskih parametara. To vrijedi i za geomorfološ-

Morfometrijski parametri	Deskriptivna statistika	Klase reljefnih oblika									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hipsometrija (m)	Minimalna vrijednost	62,10	71,42	95,14	56,56	57,84	66,48	64,43	79,73	65,56	71,46
	Maksimalna vrijednost	134,40	131,72	139,33	152,82	162,76	143,70	164,57	126,47	128,06	141,99
	Srednja vrijednost	99,97	110,60	129,16	88,13	90,53	95,79	100,17	117,73	93,83	113,01
	Standardna devijacija	18,73	21,96	14,90	14,69	19,40	12,00	19,16	13,42	18,29	20,92
Nagib (°)	Minimalna vrijednost	0,22	2,79	1,99	0,01	0,00	5,01	0,01	0,88	0,35	0,34
	Maksimalna vrijednost	40,79	24,15	13,66	32,49	5,00	19,55	21,46	33,58	33,73	26,87
	Srednja vrijednost	9,52	9,20	7,03	1,81	1,19	6,56	1,97	17,27	8,02	8,89
	Standardna devijacija	8,73	5,82	3,45	1,36	0,82	1,84	1,60	9,08	7,88	5,34
Ekspozicija (0-360°)	Minimalna vrijednost	0,29	0,14	21,14	0,00	0,00	0,15	0,02	85,05	17,99	2,07
	Maksimalna vrijednost	357,74	351,65	275,99	360,00	359,99	359,69	359,99	359,82	348,33	359,23
	Srednja vrijednost	171,53	182,35	126,79	194,57	212,06	163,67	187,95	209,13	158,21	173,96
	Standardna devijacija	102,17	103,24	69,94	96,38	85,06	101,45	95,31	71,39	96,67	100,52
Planarna zakrivljenost (k = 1/R)	Minimalna vrijednost	- 8,70	- 2,94	- 1,31	- 2,56	- 1,22	- 2,74	- 1,79	- 1,39	- 0,80	- 1,18
	Maksimalna vrijednost	1,75	0,24	0,30	1,64	1,32	1,73	2,24	5,31	8,69	5,24
	Srednja vrijednost	- 1,38	- 0,97	- 0,43	- 0,04	0,00	0,00	0,04	0,93	1,09	0,98
	Standardna devijacija	1,31	0,72	0,48	0,12	0,06	0,27	0,11	1,48	1,47	0,91
Profilna zakrivljenost (k = 1/R)	Minimalna vrijednost	- 0,85	0,04	0,42	- 4,22	- 1,53	- 1,22	- 2,87	- 8,74	- 6,05	- 11,75
	Maksimalna vrijednost	8,34	2,43	2,10	2,96	1,41	2,23	1,69	- 0,29	- 0,27	0,64
	Srednja vrijednost	1,83	1,36	1,33	0,05	0,00	0,08	- 0,04	- 3,01	- 1,50	- 1,73
	Standardna devijacija	1,44	0,59	0,41	0,14	0,07	0,34	0,14	2,09	1,25	1,39

TABLICA 10.
Odnos između klasa reljefnih oblika i odabranih geomorfometrijskih parametara (rasterski model)

ke procese koji su izravno povezani s oblicima, iako njihovo obilježje i opseg nisu detaljnije analizirani jer bi to premašilo okvire ovog rada. Treba napomenuti da preciznost određivanja morfometrijskih parametara, izvođenje manje ili više detaljna prikaza geomorfoloških oblika kao i zaključivanje o obilježju endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa ovisi o cilju i svrsi analize, odnosno potrebama određenog zadatka u praksi.

Primjenjivost geomorfometrijske analize temelji se na omogućivanju krajnje sinteze jer se svi morfometrijski parametri kao reprezentanti utjecaja endogenih i/ili egzogenih morfoloških procesa mogu povezati što omogućuje cjelovitiju i slojevitiju interpretaciju stanja na terenu. Pri tome se uvijek uzima u obzir cjelina odnosno kontekst prostora i njegovih geomorfometrijskih, krajobraznih i ostalih prirodnih i/ili društvenih značajki (sintetički pristup).

Tako se mogu izdvojiti i definirati klase reljefnih oblika različitih značajki endogenih i egzogenih morfoloških procesa, a korelacija s tektonskim i litološkim, klimatološkom, biogeografskim i drugim značajkama omogućuje dodatnu verifikaciju utvrđenih činjenica vezanih uza značajke navedenih procesa.

Kako je reljef važan dio krajobraza, pokazateljima (indeksima) koji se rabe u krajobraznoj metrici (Forman, 1995., Botequilha-Leitão, Ahern, 2002., Lang, Blaschke, 2010.) može se odrediti stupanj fragmentacije, tj. homogenosti/heterogenosti geomorfoloških oblika. Ovdje su, uz uobičajene statističke pokazatelje (standardna devijacija, koeficijent varijacije) analizirani krajobrazni pokazatelji kao što su minimalna, maksimalna i srednja površina geobjekata, broj geobjekata, srednja i ukupna površina geobjekata.

Fragmentacija reljefnih oblika može se promatrati kao dinamički proces kojim se veći areali određenih morfostruktura dijele u više manjih, u manjoj ili većoj mjeri izoliranih, analogno fragmentaciji krajobraza. Na taj proces uvelike je utjecao i utječe čovjek. Brojna su istraživanja upozorila na nedvosmislen utjecaj antropogenih djelatnosti na prostornu strukturu krajobraznih elemenata (Haila, 2002.; Fahrig, 2003.; Rutledge, 2003.; Fischer, Lindenmayer, 2007.; Didham, 2010.; Fahrig i dr., 2011., Lozić i dr., 2013.a, Lozić i dr. 2013.b.) što se može primijeniti i na reljefne značajke. Prema tome, uz temeljne statističke pokazatelje, primjena indeksa u analizama krajobraza omogućuje detaljniju i cjelovitiju procjenu recentnog stanja dinamičke stabilnosti reljefa i njegova utjecaja na strukturu i funkcije staništa i ekosustava, što je važno za gotovo sve aspekte ljudske djelatnosti. Također, krajobrazni indeksi mogu biti korisni pri procjeni i vrjednovanju bilo kojeg areala na istraživanom području za konkretno korištenje u gospodarske svrhe (npr. poljoprivreda, stočarstvo, promet i dr.) te za prostorno planiranje, predviđanja prirodnih/društvenih hazarda i učinkovitije upravljanje okolišem. Takav pristup ima višestruk učinak, tj. omogućuje procjenu antropogenog utjecaja na fragmentaciju geomorfostruktura, ali i cijeloga krajobraza, tj. njegovih abiotičkih i biotičkih komponenata.

Iz analize morfometrijskih pokazatelja na individualnoj razini, kao i njihova odnosa s reljefnim oblicima, vidljivo je da je stupanj fragmentacije na istraživanu području velik, iako se to možda na prvi pogled, zbog male denivelacije reljefa, ne čini. Međutim, podatci pokazuju da je fragmentacija prisutna i da je važan čimbenik koji će se, pri nedostatku odgovarajućih mjera upravljanja u skladu s održivim razvojem, u budućnosti povećavati, sa svim negativnim posljedicama. Stoga je korištenje zemljišta na području Općine Zemunik Donji potrebno vrlo pomno

planirati kako bi se očuvala dinamička stabilnost reljefa i cijeli prirodni/kulturni krajobraz.

ZAKLJUČAK

Tijekom planiranja aktivnosti vezanih uz upravljanje prostorom i korištenje njime potrebno je uzeti u obzir značajke geomorfometrijskih parametara, pokazatelje vezane uz prostorni raspored i obilježja reljefnih oblika te njihov međuodnos jer su to korisne smjernice za primjenu različitih pristupa vrjednovanju svakoga reljefnog oblika u praktične svrhe. Također, unutar metodološkog okvira planiranja i upravljanja nužno je primijeniti dvije razine pristupa: širu i općenitiju koja se temelji na diferenciranom vrjednovanju svakoga pojedinoga reljefnog oblika i njihova međuodnosa (pri čemu hijerarhijski pristup vrjednovanju ne mora ovisiti samo o udjelu određenog reljefnog oblika unutar površine cijele općine već i o njegovim karakteristikama, tj. podložnosti prirodnim i društvenim hazardima) te na užu i lokalnu koja je usredotočena na razlike unutar određenoga individualnog reljefnog oblika. Glavni je cilj ove analize racionalniji pristup upravljanju i gospodarenju prostorom na području Općine Zemunik Donji, ali i šire. Ovakav metodološki pristup može biti jedna od paradigma pri upravljanju bilo kojim prostorom kada to zatreba.

LITERATURA I IZVORI

- Antonić, O. (1996.): *Modeli utjecaja topoklime na vegetaciju krša*, disertacija, PMF – Biološki odsjek, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Bishop, M. P., Shroder, J. F. (2000.): Remote sensing and geomorphometric assessment of topographic complexity and erosion dynamics in the Nanga Parbat massif, u: *Tectonics of the Nanga Parbat Syntaxis and the Western Himalaya*, ur. Khan, M. A. i dr., Geological Society London, London, 181–199.
- Botequilha-Leitão, A., Ahern, J. (2002.): Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning, *Landscape and Urban Planning*, 59, 65–93.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., (1998.): *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press, New York.
- Didham, R. K. (2010.): Ecological Consequences of Habitat Fragmentation, u: *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Dikau, R., Brabb, E. E., Mark, R. K., Pike, R. J. (1995.): Morphometric landform analysis of New Mexico, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Suppl.-Bd. 101, 109–126.
- Dikau, R., Rasemann, S., Schmidt, J., (2004.): Hillslope Form, u: *Encyclopedia of Geomorphology*, ur. Goudie, A. S., Routledge, London, 516–521.
- Fahrig, L. (2003.): Effects of habitat fragmentation on biodiversity, *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 34, 487–515.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M., Martin, J. L. (2011.): Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes, *Ecology Letters*, 14, 101–112.
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B. (2007.): Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis, *Global Ecology and Biogeography*, 16, 265–280.
- Florinsky, I. V. (1998.): Derivation of topographic variables from a digital elevation model given by a spheroidal trapezoidal grid, *International Journal of Geographical Information Science*, 12 (8), 829–852.
- Forman, R. T. T. (1995.): *Land mosaic: the ecology of landscape and regions*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Fritz, F. (1973.): Hydrogeological relations in the catchment area of „Bokanjačko blato – Poličnik“, *Dalmatia. Bull. Sci. Cons. Acad. RSF, Yugosl. Sect. A*, 18/7–9, Zagreb.
- Giles, P. T. (1998.): Geomorphological signatures: classification of aggregated slope unit objects from digital elevation and remote sensing data, *Earth Surface Processes and Landforms*, 23 (7), 581–594.
- Haila, Y. (2002.): A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology, *Ecological Applications*, 12, 321–334.
- Haines-Young, R., Chopping, M. (1996.): Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes, *Progress in Physical Geography*, 20 (4), 418–445.
- Hengl, T., Gruber, S., Shrestha, D. P. (2003.): *Digital terrain analysis in ILWIS: lecture notes and user guide*, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands.
- Jenness, J. (2004.): Calculating landscape surface area from digital elevation models, *Wildlife Society Bulletin*, 32 (3), 829–839.
- Kirkby, M. (2004.): Aspect and Geomorphology, u: *Encyclopedia of Geomorphology*, Vol. 1, Routledge, London, 34–36.
- Lang, S., Blaschke, T. (2010.): *Analiza krajolika pomoću GIS-a*, ITD Gaudeamus, Požega.
- Lozić, S., Šiljeg, A., Krklec, K. (2013.): Strukturne značajke suhozidne mreže kao pokazatelji antropogenog utjecaja na krajobraz – primjer južnog dijela otoka Visa, Hrvatska, *Annales – Ser. hist. sociol.*, 23 (2), 501–518.
- Lozić, S., Šiljeg, A., Krklec, K., Jurišić, M., Šiljeg, S. (2013.): Some basic Indices of Horizontal Landscape Structure of the Southern Part of Vis Island, *Geodetski list*, 2, 67–92.
- Majcen, Ž., Korolija, B. (1967.): *Osnovna geološka karta 1 : 100 000*, Tumač za list Zadar L 33–139. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, 44, Beograd.
- Millaresis, G. C., Argialas, D. P. (2000.): Extraction and delineation of alluvial fans from digital elevation models and Landsat Thematic Mapper images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66 (9), 1093–1101.
- Olaya, V. (2009.): Basic land surface parameters, u: *Geomorphometry – Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science*, ur. Hengl, T., Reuter, H. I., Elsevier, Amsterdam, 141–169.
- Penzar I., Penzar, B. (2000.): *Agrometeorologija*, Školska knjiga, Zagreb.
- Prostorni plan uređenja Općine Zemunik Donji* (Tekstualni dio – obrazloženje), Županijski zavod za prostorno planiranje, Zadar, 2006.
- Rutledge, D. (2003.): *Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?*, Science Internal Series, 98, New Zealand, Department of Conservation.
- Shary, P. A., Sharaya, L. S., Mitusov, A. V. (2002.): Fundamental quantitative methods of land surface analysis, *Geoderma*, 107 (2), 1–32.
- Šegota, T., Filipčić, A. (1996.): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb.
- Šiljeg, A. (2013.): *Digitalni model reljefa u analizi geomorfoloških parametara – primjer PP Vransko jezero*, disertacija, PMF – Geografski odsjek, Sveučilište u Zagrebu.
- Šiljeg, A., Lozić, S., Šiljeg, S. (2015.): A comparison of interpolation methods on the basis of data obtained from a bathymetric survey of Lake Vrana, Croatia, *Hydrology and earth system sciences*, 9, 3653–3666.
- Thompson, J. A., Bell, J. C., Butler, C. A. (2001.): Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modelling, *Geoderma*, 100 (1–2), 67–89.
- Tucker, G. E., Catani, F., Rinaldo, A., Bras, R. L. (2001.): Statistical analysis of drainage density from digital terrain data, *Geomorphology*, 36 (3–4), 187–202.
- Vrsaljko, A. (2008.): Ekologija Ravnih kotara za uzgoj kinesko-japanskih sorti šljiva. *Pomologia Croatica*, 14 (4), 235–252.
- Weiss, A. (2001.): *Topographic position and landforms analysis*, Poster Presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.
- Wilson, J. P., Gallant, J. C. (2000.): Digital terrain analysis, u: *Terrain analysis: principles and applications*, ur. Wilson, J. P., Gallant, J. C., John Wiley and Sons: New York, New York, 1–27.