

# Morfometrijske značajke otoka Visa

## *Morphometrical Features of the Vis Island*

Sanja Lozić

Sveučilište u Zadru  
Odjel za geografiju  
e-mail: slozic@unizd.hr

Ante Šiljeg

Sveučilište u Zadru  
Odjel za geografiju  
e-mail: asiljeg@unizd.hr

Kristina Krklec

Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet  
Zavod za pedologiju  
e-mail: kristina.krklec@yahoo.com

UDK 551.4 (210.7 VIS)

Izvorni znanstveni članak / Original scientific paper  
Rukopis primljen / Paper accepted: 21. 6. 2012.

### Sažetak

Predmet ovog istraživanja su morfometrijske značajke reljefa otoka Visa, odnosno svih padina nagiba  $<2^\circ$ . Padine se mogu definirati kao reljefne plohe određene geografskim položajem, hipsometrijskim razredima, nagibom u odnosu prema horizontalnoj površini te ekspozicijom stranama svijeta. Recentni oblik padina posljedica je utjecaja niza prirodnih i društvenih čimbenika tijekom geneze i evolucije reljefa. Analizom morfometrijskih parametara moguće je dovesti u vezu značajke padina s geološkom građom i sastavom, ali i ostalim prirodno-geografskim čimbenicima (npr. klima, pedologija, vegetacija itd.).

Ciljevi ovog istraživanja su: a) analiza morfometrijskih pokazatelja reljefa (hipsometrija, nagibi i ekspozicije padina), b) analiza odnosa između morfometrijskih pokazatelja, i c) analiza odnosa između morfometrijskih pokazatelja, strukturnih i litoloških značajki, da bi se dobio detaljniji uvid u egzogeomorfološke i morfostrukturne značajke područja i omogućila procjena opsega i intenziteta dominantnih geomorfoloških procesa. Pritom, posebna pažnja posvećena je detaljnoj geomorfometrijskoj analizi makromorfostrukture otoka Visa u GIS okruženju temeljem digitalnog modela reljefa (DMR). Geomorfometrijska analiza reljefa primijenjena u ovom radu uključila je korištenje različitih metoda za precizno računanje numeričkih parametara reljefa istraživanog područja, što je omogućilo međusobnu usporedbu spomenutih parametara, ali i usporedbu s kartom tektonskih jedinica i geološkom kartom. Cilj ovakvog pristupa je egzaktnija interpretacija morfometrijskih parametara reljefa kao indikatora značajki endogenih i egzogenih procesa na istraživanom području.

### Summary

*The object of this study are hillslopes of the Vis island. The slopes can be defined as relief surfaces determined by geographical position, slope inclination (related with horizontal surface) and slope aspect.*

*Recent slope shapes can be defined as result of series of natural and anthropogenic factors during relief genesis and evolution. It is possible to correlate slope characteristics with geological structure and other natural geographic features (climate, soils, vegetation etc.) using geomorphometrical analysis.*

*The main aims of this study are: a) analysis of morphometrical relief indicators (hypsometry, slope inclination and slope aspect), b) analysis of relationships between morphometrical indicators, and c) analysis of relationships between morphometrical parameters, structural and lithological features, in order to gain more detailed understanding of exogeomorphological and morphostructural features of the investigated area. The final intention is to assess extent and intensity of dominant geomorphological processes. Special attention was given to detailed geomorphometrical analysis of morphostructures of Vis island in GIS environment based on DMR. Applied geomorphometrical relief analysis included use of different methods for precise calculation of numerical relief parameters of investigated area, which enabled mutual comparison of specified parameters and comparison with maps of tectonic units and lithology.*

*The aim of this approach is more exact analysis and interpretation of morphometrical relief parameters as indicators of characteristics of endogenous and exogenous processes in the investigated area.*

### UVOD / Introduction

Otok Visa (Sl. 1) pripada srednjodalmatinskoj otočnoj skupini. Dug 17 km (rt Barjaci - rt Kampanel), a širok 8 km (Pritiščina - Oključna), svojom površinom od 89,7 km<sup>2</sup> deveti je otok po veličini

među hrvatskim otocima (Duplančić et al., 2004). Uz istočnu obalu Visa smješteni su mnogi grebeni i otočići, od kojih su najveći Ravnik, Budihovac, Paržanj i Greben. Dužina obale otoka Visa iznosi

### KLJUČNE RIJEČI

padine  
morfometrijska analiza  
DMR  
otok Vis

### KEY WORDS

hillslopes  
morphometrical analysis  
DMR  
Vis Island

84,9 km, a koeficijent razvedenosti 2,28 svrstava ga u skupinu slabije razvedenih otoka (Pomorski leksikon, 1990). Od kopna je udaljen 45 km i najveći je pučinski otok na Jadranu.



Slika 1. Geografski položaj otoka Visa  
Figure 1 Geographical position of the island of Vis

Za otok Vis karakterističan je približno tzv. hvarski smjer pružanja (Z-I odnosno, ZJZ-ISI), tj. odstupanje od dalmatinskog smjera pružanja (SZ-JI).

U ovom radu provedena je geomorfometrijska analiza temeljnih parametara reljefa otoka Visa (hipsometrija, nagibi i ekspozicije) i njihovog značaja kao indikatora endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa. S obzirom na spomenute parametre, analiza je u najvećoj mjeri usmjerena na padine nagiba  $>2^\circ$ , ali dat je i osvrt na površine koje pripadaju kategoriji  $<2^\circ$ , što se prije svega odnosi na područja polja u kršu otoka Visa, ali i na ostale manje reljefne oblike s ovom kategorijom nagiba (uvale, suhe doline, zaravni).

Suvremena geomorfometrijska analiza, temeljena na GIS metodama, odnosi se u prvom redu na analizu digitalnog modela reljefa (Ganas et al. 2005.; Jordan & Csillag, 2001.; Smith & Clark, 2005.; Franklin, 1987.). Digitalni model reljefa matematički je prikaz Zemljine površine u rasterskom ili vektorskom obliku koji sadrži nizove vrijednosti visina. S obzirom na prostornu rezoluciju postoje različiti rasterski modeli reljefa, a o njoj izravno ovisi kvaliteta i preciznost izlaznih rezultata. Za potrebe ovog rada izrađen je digitalni rasterski model reljefa otoka Visa automatskom vektorizacijom izohipsa s topografskih karata mjerila 1:25000.

Padine se mogu definirati kao reljefne plohe određene geografskim položajem,

iskazani podaci morfometrijskih parametara, promatrani u lokalnom okviru, upozoravaju na posljedice djelovanja egzogenih geomorfoloških procesa, dok u regionalnom okviru pokazuju djelovanje endogenih (u prvom redu neotektonskih) morfostrukturnih procesa (Marković, 1983).

Ciljevi ovog istraživanja su: a) analiza morfometrijskih pokazatelja reljefa (hipsometrija, nagibi i ekspozicije padina), b) analiza odnosa između morfometrijskih pokazatelja, c) analiza odnosa između morfometrijskih pokazatelja, strukturnih i litoloških značajki, i d) sinteza dobivenih rezultata da bi se dobio detaljniji uvid u egzogeomorfološke i morfostrukturne značajke područja i omogućila procjena opsega i intenziteta dominantnih geomorfoloških procesa.

## METODOLOGIJA / Methods Proces obrade podataka / Data processing procedure

Proces obrade podataka temeljio se na analizi digitalnog modela reljefa, koji je za potrebe ovog rada izrađen metodom automatske vektorizacije izohipsa s topografskih karata (Sl. 2). Korišteno je 3 lista topografske karte mjerila 1:25000, od kojih su neki vektorizirani u potpunosti, a drugi djelomično, ovisno o obliku istraživanog područja. Dobiven je DMR rasterske GRID strukture, veličine piksela 25 metara. On se nalazi unutar četverokuta dimenzija 18 km u smjeru istok – zapad i 9 km u smjeru sjever - jug. S

nagibom u odnosu prema horizontalnoj površini, izloženošću (ekspozicijom) u odnosu prema stranama svijeta, te stupnjem zakrivljenosti (profilne i planarne). Recentni oblik padina posljedica je utjecaja niza prirodnih i društvenih čimbenika tijekom geneze i evolucije reljefa. Analizom morfometrijskih parametara moguće je dovesti u vezu značajke padina s geološkom građom i sastavom, ali i ostalim prirodno-geografskim čimbenicima. Numerički

obzirom da tijekom izrade modela dolazi do pogrešaka, moguće su manje greške u izlaznim rezultatima, pošto dobiveni podatci nisu uspoređivani s drugim digitalnim modelima reljefa. Obično se uzima da je visinska točnost jednaka 1/4 ili 1/5 ekvidistance, pa bi visinska točnost dobivenog DMR-a bila oko 2 m.

## Digitalni model reljefa otoka Visa / Digital model of the relief of the island of Vis

Za potrebe geomorfometrijske analize istraživanog područja uz pomoć GIS alata bilo je neophodno izraditi digitalni model reljefa. Razlozi izrade DMR-a su nedostupnost besplatnog detaljnijeg DMR-a, bolja kvaliteta u odnosu prema dostupnim DMR i preciznijim izlaznim podatcima (Weibel & Heller, 1991; Hengel et al., 2003).

Proces izrade digitalnog modela reljefa uključivao je sljedeće korake:

1. Vektorizaciju izohipsi i dodavanje atributa (podataka o visinama s topografskih karata). Poluautomatska vektorizacija izohipsi uključivala je odstranjivanje šumova, skeletiranje (stanjivanje), poboljšanje čvorova, praćenje linija, spajanje segmenata i topološku rekonstrukciju.
2. Interpolaciju – korištena je negeostatistička metoda interpolacije TIN (*triangulated irregular network*) (Lee & Heap, 2008) zbog brzine geoprocesiranja podataka. TIN (vektorski model reljefa) sastoji se od točaka, linija i trokuta te predstavlja temelj izrade rasterskog modela reljefa. Na osnovi lomnih točaka (sastavni dio izohipse) konstruirana je triangulacijska nepravilna mreža.
3. Izradu rasterskog digitalnog modela reljefa. DMR temeljni je akronim koji se danas koristi u literaturi koja se tiče GIS-a, daljinskih istraživanja i srodnih područja. Digitalni model reljefa predstavlja digitalni prikaz Zemljine površine, s kontinuiranim nizom z-vrijednosti, ali bez vegetacije ili produkata antropogenog djelovanja. Dakle, DMR prikazuje samo „temeljnu“ ili „golu“ površinu Zemlje, odnosno reljef. Zbog toga je i logičan njegov naziv.

Korištenje GIS alata u analizi DMR-a omogućilo je stvaranje novih podataka i njihovu analizu.

**MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE /  
Morphometrical features**  
**Hipsometrijske značajke /  
Hypsometric features**

Na otoku Visu izdvojeno je 12 hipsometrijskih razreda raspona od 0 do >500 m (Sl. 3, tab. 1). Najviši vrhovi otoka, Hum (587 m.n.m.), Orlovica (567 m.n.m.) i Sv. Duh (563 m.n.m.), smješteni su na zapadnom dijelu otoka, jugoistočno od Komiže.

Na istočnom dijelu otoka uzvišenja ne prelaze 300 m nadmorske visine, dok u njegovom zapadnom dijelu uzvišenja premašuju 500 m nadmorske visine. Visine zonalno rastu od obale prema unutrašnjosti, gdje je naglašen središnji greben (pružanja od Komiže do Visa) koji dijeli otok na sjeverni i južni dio.

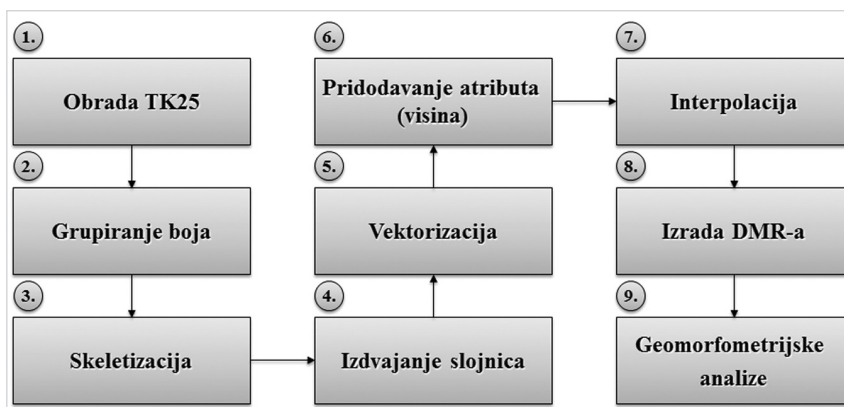
Vis ima jasno izražen približno hvarski pravac pružanja W-E (WSW-ENE), a iz morfostrukturne građe slijedi i relativno nepravilan zonalni raspored hipsometrijskih razreda. Antiklinala koja izgrađuje otok razlomljena je nizom rasjeda paralelnih dužoj osi otoka (Sl. 4).

Paralelno tim rasjedima oblikovani su najistaknutiji morfološki oblici na otoku: sustav krških polja na jugu, prostrana suha dolina na sjeveru i uzvišenja koja ih okružuju. Na zapadnom dijelu otoka hipsometrijski raspored upućuje na izraženu asimetriju, izraženu naglim prijelazom hipsometrijskih razreda iz viših u niže, što je, osim strukturnim značajkama antiklinala (Palenik, 2005.), uvjetovano i litološkim sastavom (prevlast vapnenaca i dolomita, Sl. 4).

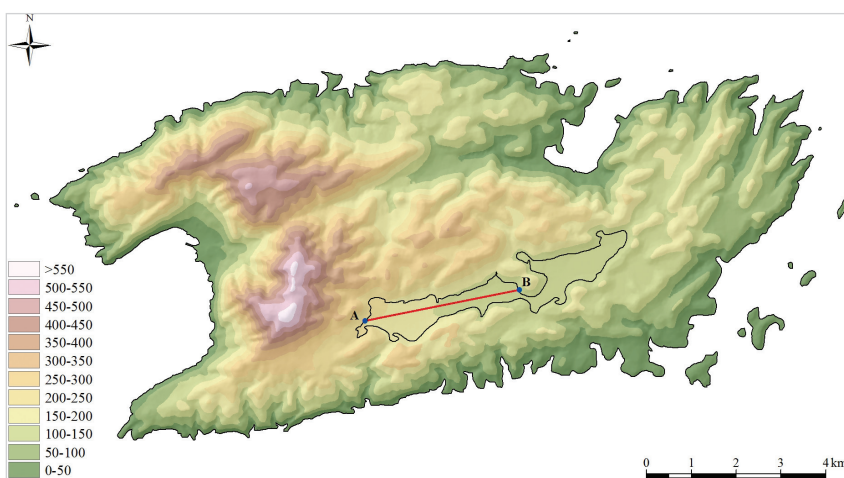
Tablica 1. Hipsometrijski razredi i njihove površine.

Table 1 Hypsometric classes and their surfaces

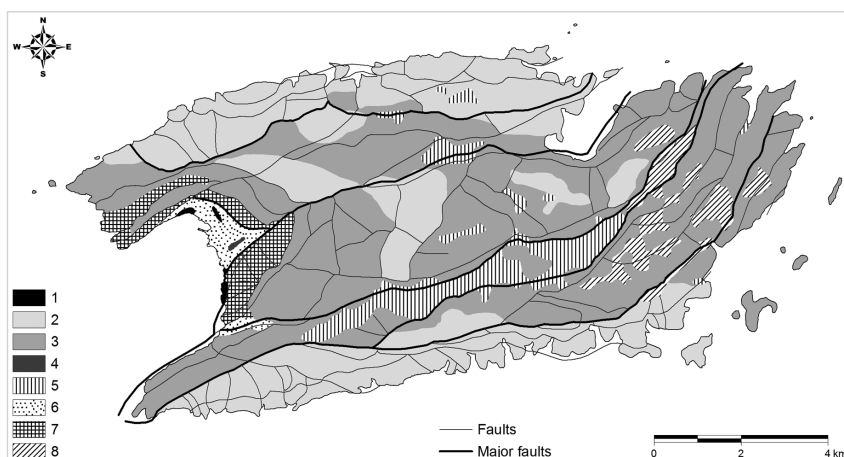
Visina (m)	Površina (km <sup>2</sup> )	Površina (%)
0-50	13,94	15,34
50-100	13,92	15,31
100-150	21,02	23,12
150-200	13,74	15,11
200-250	9,23	10,50
250-300	7,82	8,60
300-350	3,89	4,27
350-400	2,95	3,25
400-450	2,14	2,36
450-500	1,36	1,50
500-550	0,73	0,18
>550	0,17	0,19



Slika 2. Metodološka shema  
Figure 2 Methodological scheme



Slika 3. Hipsometrijska karta s profilom kroz Dračevo polje  
Figure 3 Hypsometric map with the profile through Dračevo polje



Slika 4. Hidrogeološka karta otoka Visa (prema Terzić, 2004). 1 – klastične stijene trijasa; 2 – vapnenci gornje krede; 3 – kalcitični dolomiti krede; 4 – vulkanske stijene trijasa; 5 – terra rossa sa stijenskim fragmentima; 6 – breče i konglomerati; 7 – neokomski dolomiti; 8 – pijesci.

Figure 4 Hydrogeological map of Vis Island (according to Terzić 2004). 1 - Triassic clastic rocks; 2 - Upper Cretaceous limestones; 3 - Cretaceous calcitic dolomites; 4 - Triassic volcanic rocks; 5 - terra rossa with rock fragments; 6 - breccias and conglomerates; 7 - Neocomian dolomites; 8 - sands.

### Nagibi padina / Slope inclination

Nagibi padina u velikoj mjeri odražavaju strukturne značajke terena i dobar su indikator recentnih ili potencijalnih procesa na padinama (Marković, 1983). Prostorni raspored, kao i učestalost pojedinih krških oblika u velikoj mjeri ovisi o nagibu. Ti oblici (kao što su npr. krška polja ili uvale) znatno su raznovrsniji i izraženiji na horizontalnim podlogama i blago nagnutim padinama (do 12°), na kojima dominira poniranje vode i korozijski proces u unutrašnjosti karbonatnog stijenskog kompleksa. Suprotno tome, na padinama s većim nagibima, pojava takvih oblika znatno je rjeđa, što je u prvom redu posljedica bržega površinskog otjecanja vode, zbog čega je smanjena mogućnost intenzivnijeg djelovanja korozije.

Za fluviokrške oblike vrijedi suprotni mehanizam. Tijekom faze intenzivnijeg fluviokrškog oblikovanja u pleistocenu, u uvjetima velikih sezonskih termičkih kontrasta (Bond et al., 1997), došlo je do nastanka fluviokrških i derazijskih reljefnih oblika. Na tektonski predisponiranim područjima, mehaničkim trošenjem i korozijom karbonatnih stijena oblikovane su jaruge, suhe i derazijske doline, uvale i polja. Daljnjim trošenjem karbonatnih stijena, na strmijim ogoljelim padinama stvarao se razdrobljeni materijal, koji je pod utjecajem gravitacijskih procesa premješten na niže hipsometrijske nivoe, gdje je došlo do akumulacije tog koluvijalnog i deluvijalnog materijala, što je za posljedicu imalo nastanak padina blažeg nagiba.

GIS analizom digitalnog modela reljefa dobiveni su točni podatci o nagibima otoka Visa. Utvrđeno je pet kategorija nagiba padina (Sl. 5). Najveći udio (57,8%) pripada kategoriji nagiba 12-32° koja je izrazito dominantna i zastupljena na cijelom otoku. Slijede kategorija nagiba 5-12° s 25,8% ukupne površine i kategorija nagiba 2-5° s 8,8% ukupne površine, dok nagibi <2° obuhvaćaju 4,7% ukupne površine i zastupljeni su većinom na južnom dijelu otoka (krška polja). Kategorija nagiba >32° zauzima svega 2,75% površine promatranog područja. Unutar te kategorije, nagibi veći od 55° imaju udio od samo 0,13%. Izrazito velik udio kategorije nagiba 12°-32° od izuzetnog je značaja za morfološko oblikovanje s obzirom da na padinama nagiba >12° derazijski procesi postaju vrlo jaki, tj.

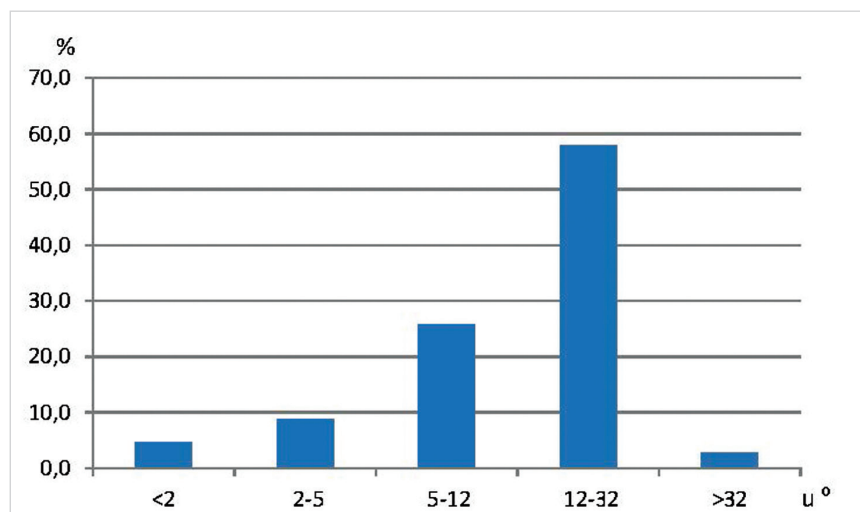
javlja se masovno kretanje nevezanog ili slabo vezanog materijala. Kao posljedica toga, procesi denudacije (disperzije i kolapsa) se intenziviraju. U prostornom smislu, uočavaju se određene razlike. Najviše vrijednosti nagibi dosežu na zapadnom višem dijelu otoka, na područjima strmijih obalnih padina na sjevernoj i južnoj strani te na manjim unutrašnjim dijelovima padina sjevernog i južnog hrpta. Najniže vrijednosti vezane su uz dna krških polja, suhih i derazijskih dolina i ostalih depresija (Sl. 7).

Korelacija vrijednosti nagiba i hipsometrijskih razreda pokazala je nekoliko bitnih činjenica.

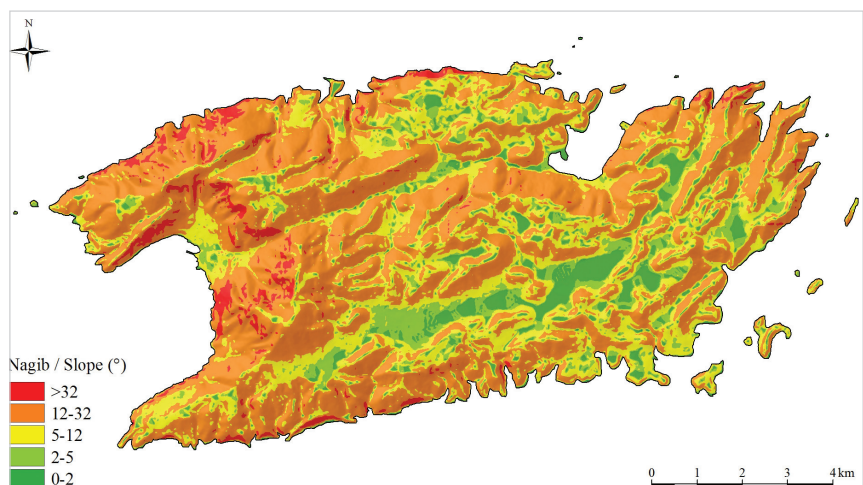
Apsolutni i relativni udio nagiba <2° najveći je unutar hipsometrijskog razreda 100-150 m (2,35% od 21,02%, koliko iznosi udio svih kategorija nagiba unutar ove hipsometrijske kategorije,

odnosno 2,35% od 4,32%, koliko iznosi udio ove kategorije nagiba u odnosu prema svim hipsometrijskim razredima). Radi se najvećim dijelom o području jugoistočnog dijela otoka Visa na kojem su koncentrirane najveće površine krških polja. Unutar ostalih, relativno nižih hipsometrijskih kategorija uglavnom se radi o depresijama a na manjim površinama najviših hipsometrijskih razreda o vršnim zaravnjenim dijelovima reljefnih uzvišenja.

Nagibi od 2-5° u velikoj su mjeri zastupljeni unutar hipsometrijskih kategorija 0-50 m i 100-150 m (2,56% od 21,02%, koliko iznosi udio svih kategorija nagiba unutar ovih hipsometrijskih razreda, odnosno 2,56% od 8,01%, koliko iznosi udio ove kategorije nagiba u odnosu prema svim hipsometrijskim razredima). Radi se o područjima blagog



Slika 5. Relativni udjeli kategorija nagiba  
Figure 5 Relative proportions of the categories of the slopes



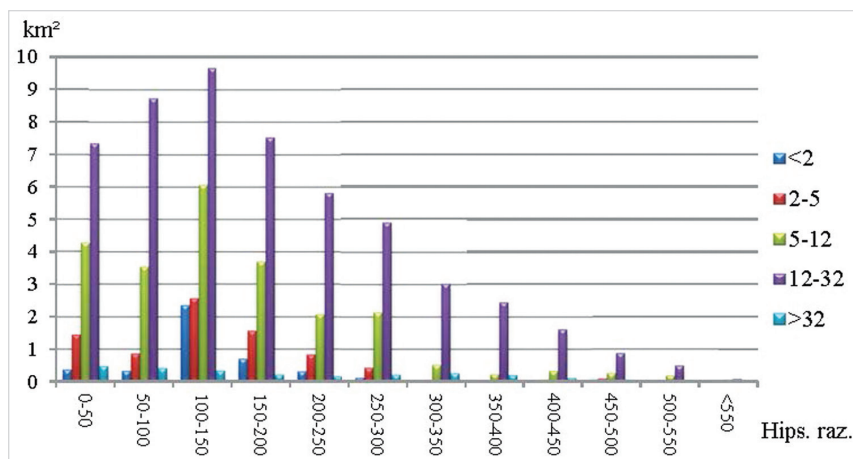
Slika 6. Karta nagiba padina  
Figure 6 Slope inclination map

prijelaza iz dna polja prema donjim dijelovima padina uzvišenja.

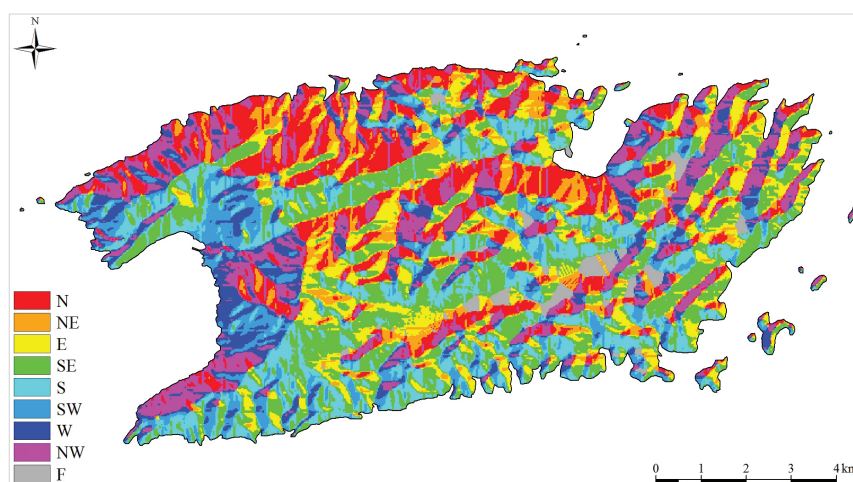
Nagibi 5-12° također su u velikoj mjeri zastupljeni unutar kategorije 100-150m (6,08% od 21,02%, koliko iznosi udio svih kategorija nagiba unutar ovog hipsometrijskog razreda, odnosno 6,08% od 23,45%, koliko iznosi udio ove kategorije nagiba u odnosu prema svim hipsometrijskim razredima). Radi se o blažim padinama tj. nešto strmijem nastavku blagih pregiba između dna polja i okolnih padina. Slična distribucija nagiba zastupljena je i uz bočne strane suhih i derazijskih dolina, uvala, manjih zaravnih te uz obalne dijelove, osobito u blizini gradova Visa i Komiže. Nagibi 5-12° dominiraju na područjima ispod hipsometrijske granice od 300m, iznad koje se javljaju samo u manjoj mjeri.

Kategorija nagiba 12-32° najveću rasprostranjenost ima unutar hipsometrijskog razreda 100-150m (9,68% od 21,02%, koliko iznosi udio svih kategorija nagiba unutar ovog hipsometrijskog razreda odnosno 9,68% od 52,61%, koliko iznosi udio ove kategorije nagiba u odnosu prema svim hipsometrijskim razredima). Ako se razmotri širi kontekst (svi hipsometrijski razredi), ova kategorija najzastupljenija je unutar prva četiri hipsometrijska razreda (33,3% u odnosu prema 52%, koliki je udio ove kategorije unutar svih hipsometrijskih razreda). No, s porastom visine povećava se njezin relativni udio u odnosu prema ostalim kategorijama nagiba (Sl. 6), izuzev unutar hipsometrijskih razreda 100-150m i 150-200m. Razlog tome je dominacija krških polja i istočnog dijela najprostranije suhe doline (koja se pruža od grada Visa prema zapadnom dijelu otoka) unutar ove hipsometrijske kategorije.

Visinski raspored kategorije nagiba >32° pokazuje određene specifičnosti. Javlja se unutar svih hipsometrijskih razreda s dominacijom na vršnim dijelovima uzvišenja zapadnog, najvišeg dijela Visa (gdje je zastupljena i najveća dinamika reljefa). Također, površine ove kategorije rasprostranjene su na padinama uz južnu i osobito sjevernu obalu otoka te na bočnim dijelovima dublje usječenih jaruga položenih više ili manje okomito na spomenute obalne dijelove (na čiji nastanak je veliki utjecaj imalo postojanje konsekvantne mreže lokalnih rasjeda).



Slika 7. Odnos kategorija nagiba i hipsometrijskih razreda  
Figure 7 The ratio of the categories of the slopes and hypsometric classes



Slika 8. Karta ekspozicija padina  
Figure 8 The map of the exposition of the slopes

Iz analize odnosa nagiba i hipsometrije (Sl. 7) može se zaključiti da postoji izrazita dominacija nagiba od 12-32° unutar svih hipsometrijskih razreda tj. na cijelom području otoka Visa (52,61%). Relativni udio kategorije nagiba od 12-32° u odnosu prema ostalim kategorijama nagiba raste s visinom (izuzev hipsometrijskih razreda od 100-150 i 150-200, zbog postojanja krških polja), što upućuje na izrazitije mehaničko trošenje padina na višim nadmorskim visinama, na kojima je veća i relativna zastupljenost kategorije >32° (prosječna visina 186 metara).

#### Ekspozicije padina / Exposition of the slopes

Analizom ekspozicija može se uočiti da je tzv. „topla orijentacija“ padina (J, J, JZ) izrazito zastupljena, s čak 40,85%. (Tab. 2, Sl. 8). To znači da je veliki dio padina otoka izložen jakoj dnevnoj kratkovalnoj radijaciji (osobito u toplom dijelu

godine) i većim dnevnim i sezonskim temperaturnim amplitudama, što izravno utječe na pojačan intenzitet mehaničkog trošenja, osobito na onim dijelovima otoka gdje prevladavaju dolomiti.

Tablica 2. Struktura ekspozicija padina otoka Visa

Table 2 The structure of the exposition of the slopes of the island of Vis

Strana svijeta	Azimut (°)	Površina (km <sup>2</sup> )	Površina (%)
Sjever	337-22	13,07	14,38
Sjeveroistok	22-67	7,97	8,77
Istok	67-112	10,10	11,11
Jugoistok	112-157	16,93	18,62
Jug	157-202	12,73	14,00
Jugozapad	202-247	7,48	8,23
Zapad	247-292	7,42	8,16
Sjeverozapad	292-337	12,94	14,23
zaravnjeno	-	2,27	2,50

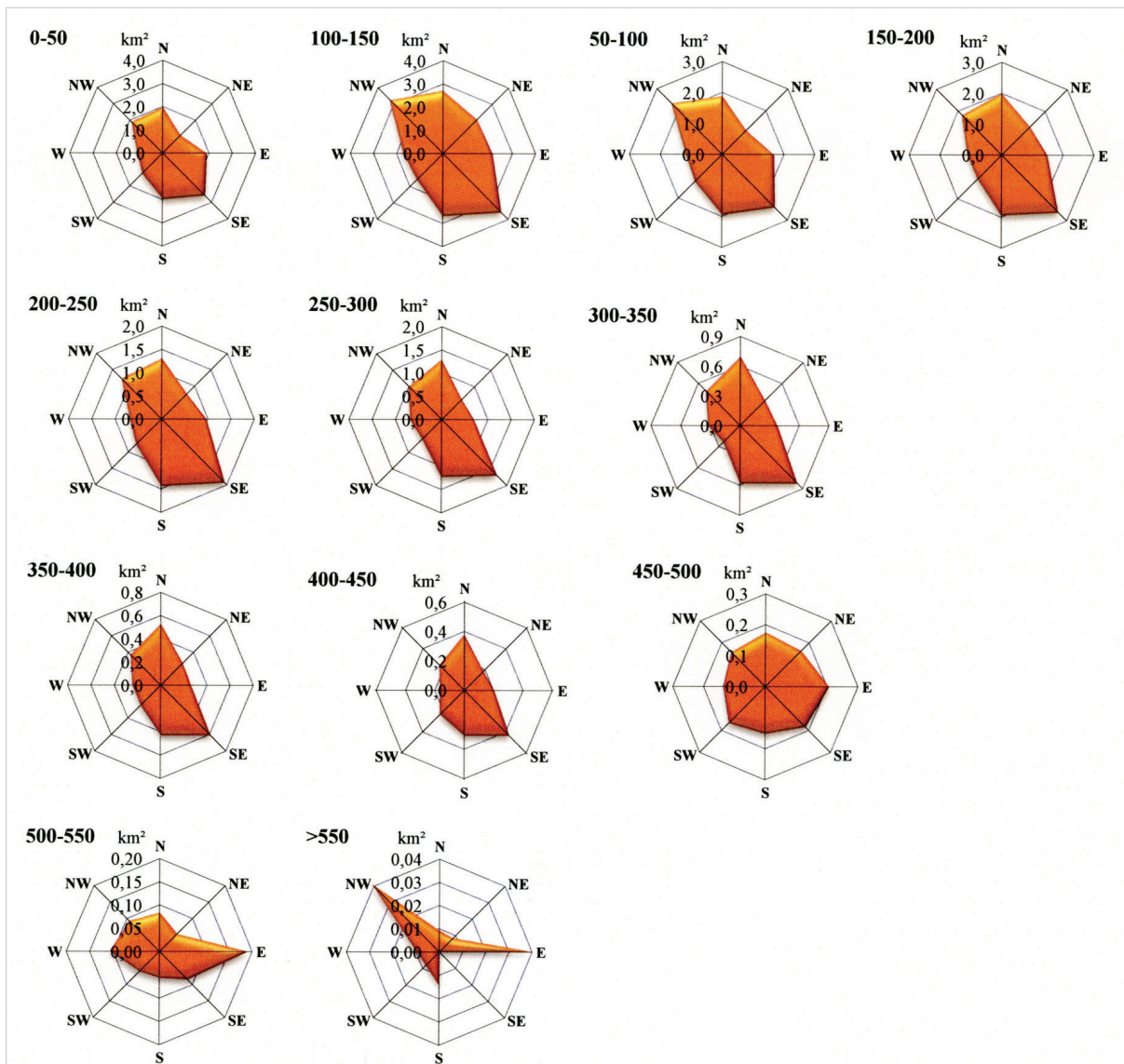
Korelacijom ekspozicija padina i hipsometrijskih razreda (Sl. 9) jasno se uočavaju dominantni smjerovi izloženosti

padina, SZ-JI i S-J, približno okomiti na smjer hvarskog pravca (Z-I) pružanja glavnih reljefnih cjelina. Najveći prostorni obuhvat spomenute četiri ekspozicije imaju unutar prvih osam hipsometrijskih razreda, u rasponu od 0 do 400 m (53,24%, Sl. 9), koji obuhvaćaju najveći dio područja (95%), što ima dalekosežne posljedice na karakter i opseg morfoloških procesa. Zastupljenost padina spomenutih ekspozicija unutar najvećeg broja hipsometrijskih razreda gotovo je podjednaka, kao posljedica simetričnosti reljefnih struktura triju dominantnih otočnih hrptova. Na takvu situaciju nailazimo sve do hipsometrijskog razreda 450-500 m, gdje dominantni smjerovi SZ-JI i S-J ustupaju mjesto ravnomjernijoj distribuciji (Sl. 9). Još viši hipsometrijski razredi, tj. manja vršna područja neposredno uz grebene uzvišenja imaju

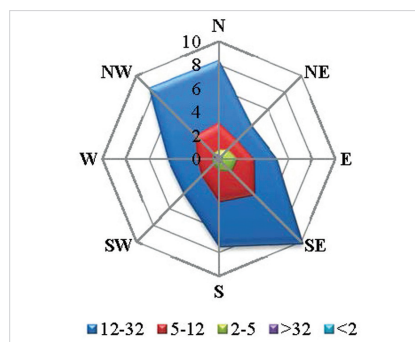
izrazito izražene smjerove Z-I (500-550 m) ili SZ-I (>550 m).

Distribuciju ekspozicija s obzirom na nagib padina (Sl. 10) obilježava dominacija strmijih padina (nagibi od 12°-32°) i nasuprotnih ekspozicija izduženih u smjerovima SZ-JI i S-J s udjelom od 39,31% u odnosu prema 59,36%, koliko iznosi udio ove kategorije nagiba za sve ekspozicije. Ove ekspozicije približno su okomite na hvarski pravac pružanja i zastupljene su prvenstveno na višim dijelovima padina triju otočnih grebena, osobito na sjevernim i južnim primorskim padinama, na mjestima gdje krila antiklinale tonu (Palenik, 2005.), posljedica čega je oblikovanje strmih obala. Ocrn kategorije nagiba 5°-12° pokazuju isti dominantan smjer nasuprotnih padina (SZ-JI i S-J), ali izražen u manjoj mjeri jer se radi o reljefu

nižih pobrđa ili nižim i blaže položenim dijelovima padina. Distribucija nagiba 2°-5° pokazuje izrazitu dominaciju ekspozicija istočnog kvadranta (SI, I i JI), s udjelom 4,8% od ukupno 9,02%, koliko iznosi cjelokupni udio ove kategorije nagiba za sve ekspozicije. Područja ovih nagiba i ekspozicija odnose se uglavnom na niže dijelova padina bočnih dijelova polja, suhih dolina i ostalih depresija. Unutar kategorije padina 0-2°, koja se odnosi na zaravnjen ili blago valovit teren dna depresija (osobito polja, suhih dolina i uvala), zastupljene su sve ekspozicije, ali neujednačeno, s dominacijom SI ekspozicije na površinama krških polja. Razlog tome je blagi hipsometrijski pad terena od jugozapadnog prema sjeveroistočnom dijelu otoka, što se lijepo može uočiti na uzdužnim profilima većih polja (primjer Dračevog polja, Sl. 11).

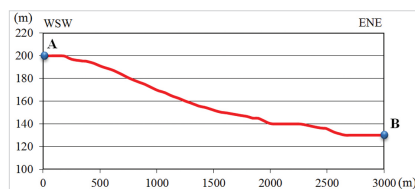


Slika 9. Odnos ekspozicija i hipsometrijskih značajki  
 Figure 9 The ratio of the exposition and hypsometric features



Slika 10. Odnos kategorija nagiba i ekspozicija.

Figure 10 The ratio of the categories of the slope inclination map exposition



Slika 11. Uzdužni profil kroz Dračevo polje (WSW-ENE)

Figure 11 Longitudinal profile through Dračevo polje (WSW-ENE)

## RASPRAVA / Discussion

Analiza morfometrijskih pokazatelja i njihovog međudnosa upozorila je na trenutno stanje i potencijal stabilnosti padina, što je od presudnog značaja za opseg i intenzitet prirodnih procesa (klimatoloških, geomorfoloških, hidroloških, pedoloških i biogeografskih) i društvenih značajki otoka Visa (naseljenost i gospodarske značajke kao što su poljoprivreda, turizam, infrastruktura i dr.).

Na temelju provedene analize može se zaključiti sljedeće:

1. Na otoku Visu postoji izrazita dominacija nagiba 12-32° unutar svih hipsometrijskih razreda. Relativni udio kategorije nagiba 12-32° u odnosu prema ostalim kategorijama nagiba raste s visinom (izuzev krških polja), što upućuje na izrazitije mehaničko trošenje padina na višim nadmorskim visinama, na kojima je veća i relativna zastupljenost kategorije >32°.
2. Korelacijom ekspozicija padina i hipsometrijskih razreda jasno se uočavaju dominantni smjerovi izloženosti padina (SZ-JI i S-J) približno okomiti na smjer pružanja glavnih reljefnih cjelina. Najveći prostorni obuhvat spomenute četiri

ekspozicije imaju unutar prvih šest hipsometrijskih razreda, u rasponu 0 – 400 m, koje zauzimaju i najveći udio u ukupnoj površini. Ovo je važno jer je mehaničko trošenje izraženije na padinama eksponiranim prema južnom kvadrantu (JI, J i JZ), zbog intenzivnijih termokrških procesa koji su posljedica veće dnevne i sezonske amplitude temperature kao i veće količine oborina, s obzirom na dominantni vjetar iz JI smjera (jugo).

3. Nestabilnosti padina na velikim površinama pridonosi i distribucija ekspozicija s obzirom na nagib padina. Zastupljena je dominacija strmijih padina (nagibi od 12°-32°) i nasuprotnih ekspozicija izduženih u smjerovima SZ-JI i S-J. Ove ekspozicije najvećim su dijelom zastupljene na višim dijelovima padina triju otočnih grebena. Najveći utjecaj na destruktivne procese imaju na južnoj primorskoj padini, na kojoj je zbog intenzivne denudacije (mekaničko trošenje i korozija) u razdobljima geološke prošlosti (pliocen, pleistocen i vlažnija razdoblja holocena; Šegota, 1982; Bond et al., 1997; White, 2007) došlo do nastanka i razvoja jaruga i oblikovanja strmih obala. Pedološki i vegetacijski pokrov u ovakvim uvjetima bio je i ostao oskudan; prevladavaju litosol, terra rossa, plitko i koluvijalno smeđe tlo te karbonatni koluvij na kojima su se razvile travnate i grmolike zajednice. Nešto razvijenije zajednice gariga i makije mogu se naći samo na bočnim, zaštićenijim dijelovima jaruga. Ovakva situacija utjecala je na izostanak antropogenog utjecaja tijekom historijsko-geografskog razvoja, zbog čega na južnoj primorskoj padini nema bitnijih elemenata tradicionalnog kulturnog krajolika (npr. suhozida). Suprotna situacija je na sjeverno eksponiranoj primorskoj padini, koja je zbog povoljnijih uvjeta (slabiji intenzitet mehaničkog razaranja, manja erozija tla i posljedično, razvijenija vegetacija, osobito makija i šuma) bila puno jače izložena antropogenom utjecaju. O tome svjedoči i razvijena mreža suhozida, koji su danas uglavnom u fazi urušavanja i obrastanja vegetacijom

koja je u sukcesiji.

4. Svi analizirani morfometrijski parametri, odnosno oblici i procesi koje reprezentiraju, u korelaciji su sa strukturnim i litološkim osobinama Visa. To je potvrdila i usporedba s geološkom kartom područja (Sl. 4). U najvećem broju primjera, položaj i orijentacija reljefnih depresija (polja, uvale, jaruge i dr.) poklapa se s pružanjem glavnih i sporednih rasjeda, a karakter destruktivnih procesa ovisi o litološkom sastavu (na dolomitima prevladava mehaničko trošenje, a na vapnencima kombinacija korozije i mehaničke destrukcije).

## ZAKLJUČAK / Conclusion

Primjenjivost morfometrijske analize provedene u ovom radu temelji se na njezinom sintetičkom karakteru, jer su svi morfometrijski parametri, kao predstavnici utjecaja endogenih i/ili egzogenih morfoloških procesa, dovedeni u međusobnu vezu. Tako je moguće izdvojiti područja različitih značajki endogenih i egzogenih morfoloških procesa, a korelacija s tektonskom i litološkom kartom omogućuje dodatnu verifikaciju utvrđenih činjenica vezanih uz značajke spomenutih procesa. Moguća je procjena recentnog stanja dinamičke stabilnosti reljefa, što može biti od velike praktične važnosti za lokalnu zajednicu prilikom planiranja razvoja prostora otoka Visa, kao i očuvanja postojećih vrijednosti prirodnog i kulturnog krajolika.

## LITERATURA / References

1. Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., Demenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. & Bonani, G. (1997): A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and Glacial Climates, *Science*, 278, 1257-1265.
2. Duplančić Leder, T., Ujević, T. & Čala, M. (2004): Duljine obalne crte i površine otoka na hrvatskom dijelu Jadranskog mora određene s topografskih karata mjerila 1:25 000, *Geoadria*, 9/1, 5-32.
3. Franklin, S.E. (1987): Geomorphometric processing of digital elevation models. *Computers & Geosciences*, Vol. 13, issue 6, pages 603-609
4. Ganas, A., Pavlides, S. & Karastathis, V. (2005): DEM-based morphometry of range-front escarpments in Attica, central Greece, and its relation to fault slip rates. *Geomorphology*, 65, 301-319
5. Hengel, T., Gruber, S. & Shrestha, D. P. (2003): Digital Terrain Analysis in ILWIS. *Digital*

- manuscripts, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands
6. Jordan, G. & Csillag, G. (2001): Digital terrain modelling for morphotectonic analysis: A GIS framework, Ed. by H. OHMORI: *DEM-s and Geomorphology*, Special Publication of the Geographic Information Systems Association, Nihon University, Tokyo, 60-61
  7. Lee, J. & Heap, A.D. (2008): A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. Technical Report GeoCat # 68229, Australian government
  8. Marković, M. (1983.), Osnovi primenjene geomorfologije, Geoinstitut, Posebna izdanja, knjiga 8, Beograd, 172 str.
  9. Nejašmić, I. & Mišetić, R. (2006): Depopulation of Vis Island, Croatia, *Geoadria* 11/2, 283-309.
  10. Nicod, J., Julian, M., Anthony, E. & Sauro, U. (1993): Environmental change and human impacts on the Mediterranean karsts of France, Italy and the Dinaric region. In Williams, P.W. (ed.), *Karst Terrains, Environmental Changes, Human Impact*, Catena Suppl. 25: 59-98.
  11. Palenik, D. (2005): Strukturni sklop otoka Visa, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, pp. 122.
  12. POMORSKI LEKSIKON (1990), JLZ "Miroslav Krleža", Zagreb.
  13. Smith, M.J. & Clark, C.D. (2005): Methods for visualisation of high resolution digital elevation models for landform mapping. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30/7, 885-900.
  14. Šegota, T. (1982): Razina mora i vertikalno gibanje dna Jadranskog mora od ris-virmskog interglacijala do danas. *Geol. vjesnik* 35, 93-109.
  15. Terzić, J. (2004): Hidrogeološki odnosi na krškim otocima – primjer otoka Visa, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 16, 47-58, Zagreb.
  16. Weibel, R. & Heller, M. (1991): Digital Terrain Modeling. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (eds.). *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London: Longman, 269-297.
  17. White, W. B. (2007): Evolution and age relations of karst landscapes. *Time in Karst*, Postojna, 45-52.

