

KVANTITATIVNA GEOMORFOLOŠKA ANALIZA PROSTORA RAVNE PLANINE I PALJANSKE KOTLINE

Jelena Golijanin

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Filozofski fakultet, Katedra za geografiju, Alekse Šantića 1, Pale, Bosna i Hercegovina jelena.golijanin@ffuis.edu.ba

Emir Temimović

Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za geografiju, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosna i Hercegovina emirtemimovic@yahoo.com

Mevlida Operta

Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za geografiju, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosna i Hercegovina opertamevlida@yahoo.com

U radu je provedena kvantitativna geomorfološka analiza prostora Ravne planine i Paljanske kotline. Pomoću GIS-a, kartografskih i matematičko-statističkih metoda analizirane su morfometrijske karakteristike navedenog prostora. Analizom su obuhvaćene: hipsometrijske karakteristike, vertikalna raščlanjenost, nagib i ekspozicija reljefa. Prednost ovakve analize je da dobijeni podaci imaju numeričku vrijednost i da su, zahvaljujući tome, provjerljivi i višestruko primjenljivi u praksi, za svakodnevne i dugoročne potrebe čiji je zadatak identifikacija prostora povoljnog sa stanovišta ravnoteže i stabilnosti (poljoprivreda, vodoprivreda, infrastruktura, građevinarstvo, urbanizam, turizam, prostorno planiranje itd.). Rezultati kvantitativne analize reljefa Ravne planine i Paljanske kotline prezentovani su na tematskim geomorfološkim kartama i statističkim dijagramima.

Ključne riječi: kvantitativna geomorfološka analiza, reljef, GIS, Ravna planina, Paljanska kotlina.

QUANTITATIVE GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF AREA RAVNA MOUNTAIN AND PALE VALLEY

Jelena Golijanin

University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Department of Geography, Alekse Šantića 1, Pale, Bosnia and Herzegovina jelena.golijanin@ffuis.edu.ba

Emir Temimović

University of Sarajevo, Faculty of Science, Department of Geography, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina emirtemimovic@yahoo.com

Mevlida Operta

University of Sarajevo, Faculty of Science, Department of Geography, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina opertamevlida@yahoo.com

In this paper has performed quantitative geomorphological analysis of area Ravna Mountain and Pale Valley. By using GIS, cartographic and mathematical-statistical methods, were analyzed morphometric characteristics specified area. Analysis covered: hypsometric characteristics, vertical dissection, slope and aspect of relief. The advantage of this analysis is that obtained data have a numerical value and thereby is verifiable and multi useful in practice for daily and long-term purposes, whose task is to identify suitability area from the point of balance and stability (agriculture, water management, infrastructure,

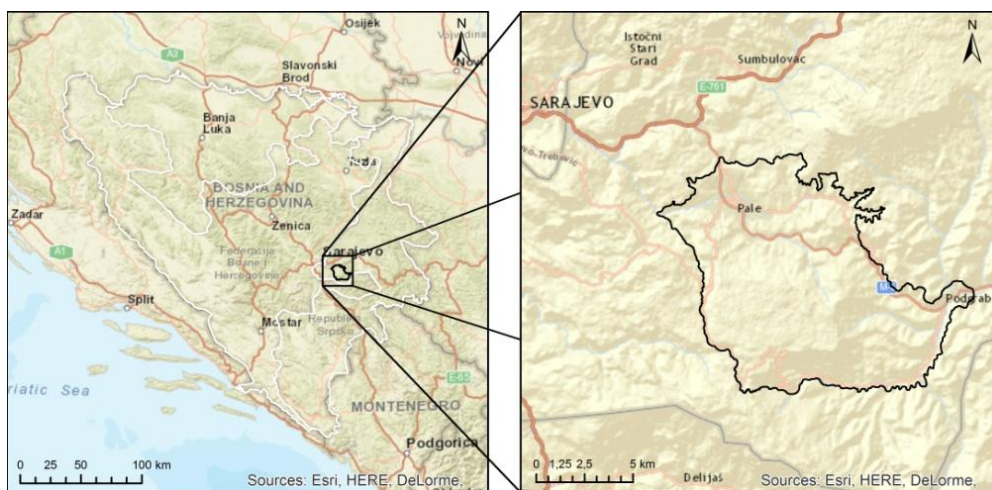
construction, urbanism, tourism, urban planning, etc.). Results of quantitative analysis of relief Ravna Mountain and Pale Valley are presented in thematic geomorphological maps and statistical charts.

Key words: quantitative geomorphological analysis, relief, GIS, Ravna Mountain, Pale Valley.

UVOD

INTRODUCTION

Pod kvantitativnom geomorfološkom analizom podrazumijeva se iskazivanje morfoloških procesa, oblika i reljefa uopšte pomoću brojčanih parametara, pri čemu je važno naglasiti da je njihov broj praktično neograničen (Marković i dr., 2003). Primarna karakteristika ovakve analize je da su njeni podaci dimenzionirani i da su, zahvaljujući tome, provjerljivi i višestruko primjenljivi u praksi. Rezultati imaju široku upotrebnu vrijednost i nezaobilazni su u postupku utvrđivanja intenziteta erozivnih procesa, zaštiti i unapređenju prostora i životne sredine itd.



Sl. 1. Položaj Ravne planine i Paljanske kotline u Bosni i Hercegovini

Fig. 1. Location of Ravna Mountain and Pale Valley in Bosnia and Herzegovina

Izvor: ESRI ArcGIS Resource Centers – World Street Map (<http://services.arcgis.com>)

Kao posljedica dominantnog uticaja endogenih procesa (boranje, rasjedanje), koji su u znatnoj mjeri usmjerili djelovanje egzogeno-geomorfoloških procesa (korozija, padinski i fluvijalni procesi), reljef proučavanog prostora je zadobio specifične morfometrijske karakteristike. Pojedine morfometrijske odlike reljefa Ravne planine i Paljanske kotline (hipsometrijske karakteristike, vertikalna raščlanjenost, uglovi nagiba i ekspozicija reljefa), analizirane su na osnovu metoda kvantitativne geomorfološke analize, kartografskih i matematičko-statističkih metoda, i to uz pomoć softverskog paketa ArcGIS Desktop 10.1.

Digitalni model na osnovu kog je izvršena kvantitativna geomorfološka analiza, te izvedene pojedine procentualne vrijednosti, predstavljen je rasterom čija je veličina jedinične ćelije 30×30 m. Raster je dobijen na osnovu vektorisanih topografskih karata razmjere 1:25000. Rezultati analize omogućili su uvid u hipsometrijske odnose i definiciju orografske strukture proučavanog prostora kao i kartografski uvid u raspored površina različitih kategorija vertikalne raščlanjenosti, nagiba i ekspozicije reljefa.

PREDMET RADA CASE STUDY

Analizirani prostor nalazi se jugoistočno od Sarajeva, između 43°43'31" i 43°50'18" sjeverne geografske širine te između 18°31'01" i 18°43'09" istočne geografske dužine (Sl. 1.). Površine je oko 117 km², dominantno planinskog karaktera (najviša tačka istraživanog prostora iznosi 1640 m, visinska amplituda je 920 m, a srednja visina terena 1064 m). U geotektonskom pogledu ovaj prostor pripada petoj zoni u Bosni i Hercegovini (zona alohtone paleozojske i trijasko formacije) (Hrvatović, 2005). Veća cjelina, Ravna planina, je karstifikovana planinska površ koja se stepenasto spušta prema Paljanskoj kotlini. Dio je prostranog masiva Jahorine na sjeveroistoku. Paljanska kotlina je poligenetskog porijekla, spuštena rasjedima u odnosu na okolne pozitivne morfostrukture prostora.

Kvantitativna geomorfološka analiza Quantitative geomorphological analysis

Analiza karakteristika reljefa bazirana na GIS tehnikama odnosi se u prvom redu na analizu digitalnog modela terena. Da bi se dobila predstava o morfometrijskim karakteristikama proučavanog prostora, urađene su četiri morfometrijske karte: hipsometrijska, vertikalne raščlanjenosti, nagiba i ekspozicije reljefa i njima pripadajući grafikoni sa podacima o procentualnim odnosima (Sl. 2.).

Hipsometrijske odlike reljefa osnova su svih daljih istraživanja i daju jasan prikaz o terenu koji se analizira. Poznavanje karakteristika nadmorske visina prostora od značaja je za mogućnosti planiranja i pravilnog korišćenja istog. „Srednja nadmorska visina terena predstavlja nezaobilazan podatak u izračunavanju intenziteta erozivnih procesa, retencije nanosa i ulazi u strukturu velikog broja empirijskih formula za izračunavanje intenziteta erozije“ (Dragičević i Filipović 2009, 89). Hipsometrijska karta reljefa Ravne planine i Paljanske kotline urađena na ovakav način daje jasnu predstavu o visinskim karakteristikama analiziranog terena (Sl. 2.a). U zavisnosti od visine terena nameću se mogućnosti njegovog planiranja i pravilnog korišćenja. Na osnovu podataka iz karte dobijeni su pokazatelji koji su dati i u tabelarnom obliku zbog bolje preglednosti (Tab. 1.).

Rezultati analize vertikalne raščlanjenosti reljefa Ravne planine i Paljanske kotline daju uvid u raspored, odnose i veličinu površine pojedinih kategorija. Korelacijom sa ostalim morfometrijskim pokazateljima (npr. nagibi), moguće je sa većom pouzdanošću locirati površine veće ili manje pogodnosti za praktične namjene kao što su određene poljoprivredne, šumskoprivredne i sl. aktivnosti.

Vrijednosti relativnih visinskih odnosa, u ovom slučaju vertikalne raščlanjenosti reljefa, dobijene su na osnovu analize digitalnog modela terena Ravne planine i Paljanske kotline i prikazane su na Sl. 2. b. Izmjerene vrijednosti predstavljaju visinske razlike između ćelija grida unutar površine od 1 km², iskazane u metrima.

Tab. 1. Vrijednosti hipsometrijskih kategorija reljefa proučavanog prostora
Tab. 1. Values of hypsometrical categories of studied area

| Br. | Nadmorska visina (m) | Površina (km ²) | Udio u ukupnoj površini (%) | Kategorija reljefa (%) | |
|--------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|----------|
| 1. | 720 – 800 | 4,2579 | 3,65 | niskoplaninski reljef (53,56%) | |
| 2. | 800 – 900 | 25,7013 | 22,03 | | |
| 3. | 900 – 1000 | 32,5206 | 27,88 | | |
| 4. | 1000 – 1100 | 13,5675 | 11,63 | srednjeplaninski reljef do 1500 m (43,78%) | (46,44%) |
| 5. | 1100 – 1200 | 8,1081 | 6,95 | | |
| 6. | 1200 – 1300 | 6,1002 | 5,23 | | |
| 7. | 1300 – 1400 | 16,1811 | 13,87 | | |
| 8. | 1400 – 1500 | 7,1181 | 6,10 | | |
| 9. | 1500 – 1600 | 3,0627 | 2,63 | | |
| 10. | 1600 – 1640 | 0,0396 | 0,03 | srednjeplaninski reljef preko 1500 m (2,66%) | |
| Ukupno | | 116,6571 | 100 | 100% | |

Izvor: Golijanin (2015)

U skladu sa intenzitetom tektonskih pokreta i djelovanja različitih geomorfoloških procesa, vertikalna raščlanjenost obilježena je odgovarajućom dinamikom. Shodno tome vertikalna raščlanjenost analiziranog reljefa pokazuje značajne razlike po pojedinim reljefnim cjelinama, ali i unutar njih samih. Karta vertikalne raščlanjenosti reljefa je pokazatelj predisponiranosti terena za pojavu erozivnih i akumulativnih procesa. Da li će se oni zaista i javiti na topografskoj površini i u kojoj mjeri, zavisi od spleta fizičkogeografskih parametara kao što su osobine geološke podloge, klimatski uslovi, pošumljenost terena i sl. (Manojlović i dr. 2004).

Tab. 2. Vrijednosti pojedinih kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa proučavanog prostora
Tab. 2. Values of individual vertical dissection categories of studied area

| Br. | Vertikalna rašč. (m/km ²) | Površina (km ²) | Udio u ukupnoj površini (%) | Kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa |
|--------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 1. | 0 – 5 | 0 | 0 | zaravnjen reljef |
| 2. | 5 – 30 | 0 | 0 | slabo raščlanjene ravnice |
| 3. | 30 – 100 | 16,43241 | 14,09 | slabo raščlanjen reljef |
| 4. | 100 – 300 | 87,35151 | 74,88 | umjereno raščlanjen reljef |
| 5. | 300 – 800 | 12,87318 | 11,04 | izrazito raščlanjen reljef |
| 6. | > 800 | 0 | 0 | vrlo izrazito raščlanjen reljef |
| Ukupno | | 116,6571 | 100 | - |

Izvori: Gams i dr. (1981); Bognar (1992); Lozić (1995); Golijanin (2015)

Iako postoji veći broj algoritama za određivanje nagiba reljefa, većina ih je bazirana na računanju prvog izvoda vrijednosti unutar kvadrata 3×3 , što je primijenjeno i u ovom radu.¹ Razlike se mahom odnose na broj ćelija po određenim smjerovima, uključenih u proračun. Da bi se odredio erozivni potencijal nekog prostora veoma je važno uraditi kartu uglova nagiba terena. Metodologija pripreme podataka poznata je od ranije (Marković, 1983), a njena izrada olakšana pomoću softverskog paketa ArcGIS Desktop 10.1. Analiza nagiba padina provedena u radu bazirala se na prijedlogu koji sadrži Projekt jedinstvenog ključa za detaljnu geomorfološku kartu svijeta (IGU, 1968), na osnovu kog su izdvojene sljedeće kategorije (klase) nagiba reljefa:

Tab. 3. Vrijednosti pojedinih kategorija uglova nagiba reljefa proučavanog prostora

Tab. 3. Values of individual slope categories of studied area

| Br. | Ugao nagiba (°) | Površina (km ²) | Udio u ukupnoj površini (%) | Kategorija nagiba reljefa |
|--------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1. | 0-2 | 6,2001 | 5,31 | zaravnjen teren |
| 2. | 2-5 | 10,3311 | 8,86 | blago nagnut teren |
| 3. | 5-12 | 33,993 | 29,14 | nagnut teren |
| 4. | 12-32 | 64,2546 | 55,08 | znatno nagnut teren |
| 5. | 32-55 | 1,8702 | 1,6 | veoma strme padine |
| 6. | >55 | 0,0081 | 0,01 | litice |
| Ukupno | | 116,6571 | 100 | - |

Izvori: IGU (1968); Bognar (1990); Golijanin (2015)

Značaj ekspozicije za intenzitet recentnih geomorfoloških procesa posebno se ogleda u modifikaciji uticaja zračenja Sunca na amplitude temperature vazduha i zemljišta, mehaničko razoravanje stijenske mase, dužinu vegetacionog perioda, te nejednaku izloženost padina smjeru kišonosnih vjetrova i sl. Maksimalne razlike uticaja ekspozicije reljefa na spomenute pojave uočavaju se u naspramnim ekspozicijama smjerom meridijanskog pružanja, tzv. osojnim i prisojnim stranama padina. Ekspozicija modifikuje značaj visine Sunca iznad horizonta, tako što prisojne strane omogućavaju povećanje upadnog ugla njegovih zraka, a osojne njegovo smanjivanje (Dragičević, 2007). Prisojne padine obilježava veća insolacija što se odražava kroz veće zagrijavanje u odnosu na osojnu padinu, veće temperaturne amplitude u dnevnom hodu kao i kraće zadržavanje snježnog pokrivača. Analiza ekspozicije reljefa u sklopu morfometrijskih karakteristika Ravne planine i Paljanske kotline provedena je na osnovu karte ekspozicije reljefa (Sl. 2. d).

Na geografskim širinama kojima pripada proučavani prostor, najveću količinu toplote prima reljef čije su padine južno eksponirane, gdje se javlja najveće zagrijavanje topografske površine ali i najveće amplitude. To je uslovljeno činjenicom da su ove ekspozicije u proljećnim i jesenjim danima obasjane velikim upadnim uglom sunčevih zraka, a na osnovu provedenih mjerenja ustanovljeno je da se i tokom zimskog perioda stjenovite površine

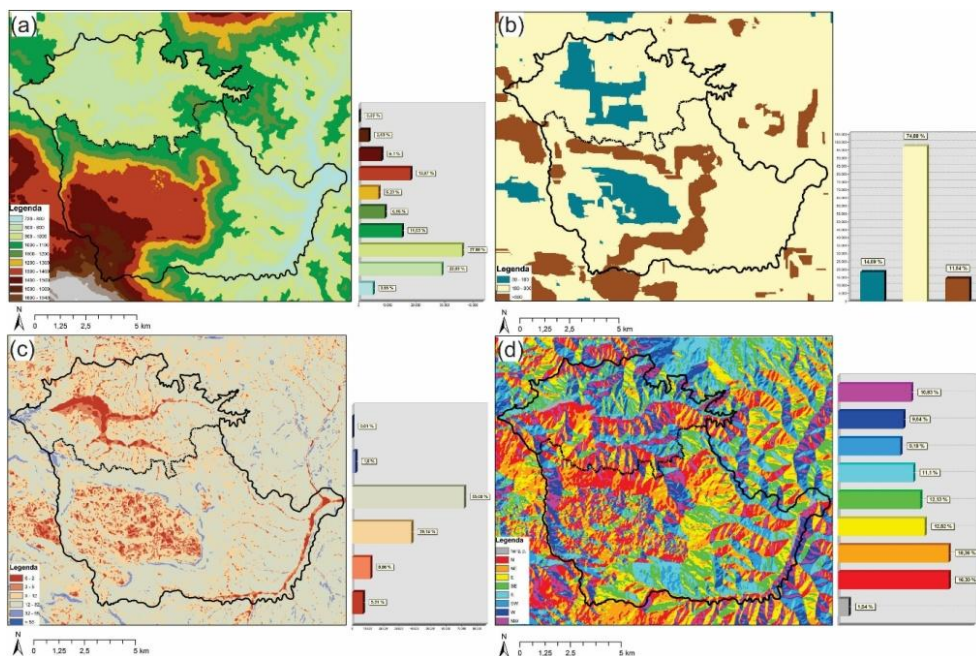
¹ Računanje nagiba reljefa na osnovu visinskih podataka digitalnog modela terena, definisano je maksimalnom promjenom vrijednosti visina između središnje ćelije i okružujućih susjednih ćelija.

južne ekspozicije u podnevnim časovima mogu zagrijati do 50°C, a u isto vrijeme sjeverne padine imati temperaturu oko 0°C (Šibalić, 1986; Dragičević, 2007).

Tab. 4. Vrijednosti kategorija ekspozicije reljefa proučavanog prostora
Tab. 4. Values of aspect categories of studied area

| Br. | Ugao ekspozicije (°) | Površina (km ²) | Udio u ukupnoj površini (%) | Kategorija ekspozicije reljefa |
|--------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. | horizontalne pov. (-0.5-0) | 1,7991 | 1,54 | bez izražene ekspozicije |
| 2. | N (0-22,5 i 337,5-359,5) | 19,1241 | 16,39 | sjeverne ekspozicije |
| 3. | NE (22,5-67,5) | 19,0818 | 16,36 | sjeveroistočne ekspozicije |
| 4. | E (67,5-112,5) | 14,9535 | 12,82 | istočne ekspozicije |
| 5. | SE (112,5-157,5) | 14,148 | 12,13 | jugoistočne ekspozicije |
| 6. | S (157,5-202,5) | 12,9546 | 11,1 | južne ekspozicije |
| 7. | SW (202,5-247,5) | 10,7199 | 9,19 | jugozapadne ekspozicije |
| 8. | W (247,5-292,5) | 11,2464 | 9,64 | zapadne ekspozicije |
| 9. | NW (292,5-337,5) | 12,6297 | 10,83 | sjeverozapadne ekspozicije |
| Ukupno | | 116,6571 | 100 | - |

Izvor: Golijanin (2015)



Sl. 2. Morfometrijske karte reljefa Ravne planine i Paljanske kotline: (a) hipsometrijska karta; (b) karta vertikalne raščlanjenosti; (c) karta nagiba i (d) karta ekspozicija reljefa

Fig. 2. Morphometric maps of relief Ravna Mountain and Pale Valley: (a) hypsometric map; (b) vertical dissection map; (c) slope map and (d) aspect map

Sa druge strane, padine sjeverne ekspozicije velikog ugla nagiba i približno iste nadmorske visine mogu ljeti (u vrijeme najvišeg položaja Sunca), imati nižu temperaturu od južnih za više od 20°C (Penzar i Penzar 1989). Takođe, istraživanja su pokazala da su zapadne ekspozicije toplije od istočnih, što zavisi od perioda dnevnog osunčavanja. Istočne ekspozicije izložene su direktnom sunčevom zračenju u prijedpodnevnim časovima kada se najveći dio toplotne energije troši na isparavanje vlage sa topografske površine, dok su padine zapadne ekspozicije obasjane sunčevim zracima u poslijepodnevnim časovima, kada je (usljed povećanja temperature) već ispario najveći dio vlage iz zemljišta. U periodu njihove eksponiranosti sunčevim zracima toplotna energija se direktno troši na zagrijavanje topografske površine, a samim tim i vazduha, što utiče na niz uzajamno povezanih pojava i procesa (temperatura zemljišta i vazduha i na toj osnovi i temperaturno razoravanje stijena). Takođe, ustanovljeno je da se javlja veća vlažnost na sjevernim ekspozicijama nego na južnim, što utiče na izraženu pošumljenost i debljinu pedološkog pokrivača, ali i na gustinu riječne mreže (intenzitet denudacije je manji nego na južnim padinama) (Dragičević, 2007).

Radi lakšeg sagledavanja ekspozicije reljefa Ravne planine i Paljanske kotline urađena je karta ekspozicija reljefa. Karta prikazuje prostorni raspored i udio svih osam kategorija ekspozicija zajedno sa kategorijom koja izdvaja horizontalne površine, tj. dijelove terena bez izražene orijentacije ka stranama svijeta (Tab. 4.).

DISKUSIJA DISCUSSION

Analizom hipsometrijske karte reljefa Ravne planine i Paljanske kotline utvrđeno je da reljef istraživnog prostora ima dominantno planinske odlike, sa najnižom tačkom na 720 m, i najvišom na 1640 m. Izdvojeno je 10 visinskih pojaseva koji jasno ocrtavaju reljefnu plastiku istraživnog prostora. Tereni nadmorskih visina od 800 do 1000 m su najzastupljeniji (49,91%). Izuzetak tome čine niske ravni oko riječnih tokova (visine ispod 800 m) koje učestvuju sa udjelom od 3,65%, te izdvojeni vrhovi (visina preko 1400 m) sa udjelom od 8,76%. Generalno posmatrano, reljef visina do 1000 m zauzima više od polovine teritorije (53,56% - niskoplaninski reljef), dok viši tereni, od 1000 m do 1640 m nadmorske visine zahvataju nešto manji dio analiziranog prostora. Srednjeplaninski reljef, visina od 1000 m do 1500 m zauzima 43,78%, dok tereni srednjeplaninskog reljefa preko 1500 m nadmorske visine zahvataju tek 2,66% teritorije (Tab. 1.). Na jugozapadnom dijelu područja Ravne planine, prostorni raspored visinskih zona upućuje na jače izraženu asimetriju. Na sjevernom i istočnom dijelu uočavaju se niža područja, oblikovana u udolini, dok su okolni viši dijelovi Ravne planine predstavljeni uzvišenjem. Visinske razlike između vrhova i presjedinna Ravne planine relativno su male. Reljefno najmarkantnija cjelina na proučavanom prostoru predstavljena je zaravnjenom visijom Ravne planine uočljivo izbušenom brojnim vrtačama. Izdužena je u pravcu istok-zapad i sa blagim padom od juga ka sjeveru. Najviši vrhovi nalaze se neposredno uz jugozapadni rub površi ka visoravni Gole Jahorine. Najviši, jugozapadni dio površi Ravne planine ima srednje nadmorske visine preko 1500 m (visine vrhova 1552 m do 1640 m). Nadalje, ka sjeveru i sjeveroistoku srednje visine opadaju i u najvećem dijelu površi iznose 1300 – 1400 m (nadmorske visine vrhova od 1328 do 1422 m). Rubna područja platoa Ravne planine omeđavaju brojni riječni tokovi koji znatno diseciraju reljef. Paljanska kotlina, sa druge strane, predstavljena je depresijom sa nekoliko manjih uzvišenja na istoku i jugu. Izdužena je pravcem istok – zapad i čini erozivno proširenje toka Paljanske Miljacke. Lučno skretanje Paljanske Miljacke iz pravca

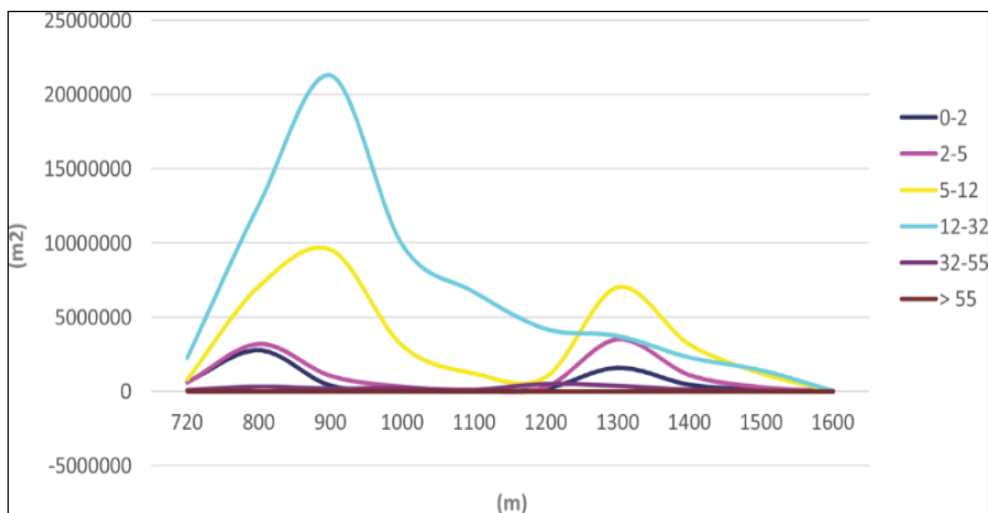
sjevera prema zapadu oko uzvišenja V. Koran (1013 m) ukazuje na njegovu neotektonsku aktivnost.

Od mogućih šest kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa, na proučavanom prostoru zastupljene su tri kategorije. Nisu zastupljene prve dvije kategorije male raščlanjenosti reljefa (zaravnjen reljef i slabo raščlanjene ravnice), kao ni šesta kategorija (vrlo izrazito raščlanjen reljef). Sa druge strane, procentualno najzastupljeniju kategoriju čini reljef umjerene raščlanjenosti koji učestvuje sa udjelom od 74,88% ukupne teritorije. Ovako raščlanjen reljef pretežno je zastupljen na dijelovima gdje u geološkoj građi dominiraju klastiti. Izrazito raščlanjen reljef ($>300 \text{ m/km}^2$) dominira uz sjeverozapadni, sjeverni, istočni i jugoistočni obod platoa Ravne planine. Prisutan je sa udjelom od 11,04% od ukupne površine proučavanog prostora. Naspram navedenog, reljef nižih vrijednosti apsolutne vertikalne raščlanjenosti reljefa u najvećem obimu je zastupljen na centralnim dijelovima površi Ravne planine kao i duž dijela toka Paljanske Miljacke i njenih pritoka. Na navedenim područjima dominira reljef male vertikalne raščlanjenosti. Najniže kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa pripadaju trećoj kategoriji (slabo raščlanjen reljef $30\text{-}100 \text{ m/km}^2$). Zastupljene su na dnu Paljanske kotline, kao i na centralnom i zapadnom dijelu površi Ravne planine (14,09%). Primjetno je da je slabo raščlanjen reljef većinom zastupljen na krečnjačkim terenima (centralni i zapadni dio Ravne planine), dok terene na kojima dominiraju klastiti karakteriše veća vertikalna raščlanjenost reljefa. Ovakav prelaz uslovljen je i rasporedom rasjednih struktura.

Analizom vrijednosti uglova nagiba reljefa izdvojeno je šest kategorija. Prostorni raspored i zastupljenost pojedinih kategorija uglova nagiba padina jasno obilježavaju pojedine reljefne cjeline. Na prostoru Ravne planine i Paljanske kotline nagibi su zastupljeni sa svih šest osnovnih kategorija reljefa: $0\text{-}2^\circ$, $2\text{-}5^\circ$, $5\text{-}12^\circ$, $12\text{-}32^\circ$, $32\text{-}55^\circ$ i više od 55° . Procentualno učešće nagiba proporcijalno raste do kategorije $12\text{-}32^\circ$, nakon čega naglo opada. Nagibi proučavanog terena u velikoj mjeri odražavaju morfostrukturna obilježja reljefa. Najveći dio terena karakterišu nagibi četvrte kategorije (vrijednosti od 12° do 32°), međutim uočavaju se i određene razlike. U pojedinačnom pregledu udjela pojedinih kategorija nagiba reljefa utvrđeno je da su najrasprostranjeniji tereni znatno nagnutog reljefa, sa uglom nagiba od $12\text{-}32^\circ$ (55,08% teritorije), zaravnjeni tereni i tereni blaže nagnutog reljefa ($0\text{-}5^\circ$) zastupljeni su sa udjelom od 14,17%, dok na izrazitije nagnute terene ($5\text{-}12^\circ$) otpada 29,14% teritorije proučavanog prostora. Tereni sa veoma nagnutim reljefom (veoma strme padine i litice) obuhvataju 1,61%. Najviše vrijednosti nagibi dostižu na rubnim područjima visoravni Ravne planine, uz tok Bistrice na zapadu i na krajnjem zapadnom dijelu Paljanske kotline. Naročito su izraženi nagibi na mjestima kontakta krečnjačkih i klastičnih tvorevina ($32\text{-}55^\circ$ i preko 55°), i strukturnim sklopom predisponiranim padinama ($12\text{-}32^\circ$ i $32\text{-}55^\circ$). U najvećoj mjeri, relativno veliki iznos nagiba padina zastupljen je u oblasti fluvio-denudacione raščlanjene klastične zone na istočnom i jugoistočnom dijelu Ravne planine i rubnim dijelovima Paljanske kotline ($12\text{-}32^\circ$). Paljansku kotlinu i dijelove oko toka Prače i njenih pritoka karakterišu nagibi manji od 2° , te nagibi čije se vrijednosti kreću od $2\text{-}5^\circ$. Iznosi ovako malih vrijednosti nagiba zastupljeni su i na terenima centralnog platoa Ravne planine, te lokalitetima Dvorišta na zapadu i Podovi na sjeveroistoku. Centralni i zapadni dio Ravne planine blago je nagnut u pravcu sjeveroistoka. Najniže vrijednosti nagiba vezane su za dna kraških uvala. Ovako relativno zaravnjen teren ispresijecan je pojedinim manjim površinama sa nešto većim iznosom nagiba njihovih strana. Obodni dijelovi površi Ravne planine predstavljeni su izrazito strmim terenima sa iznosima nagiba $12\text{-}32^\circ$ i $32\text{-}55^\circ$. Samo na pojedinim manjim dijelovima zastupljeni su izuzetno strmi tereni sa nagibima vrijednosti

preko 55° (odsjeci: Hladilo, Dubovik, Ždrijela i sl.). Na obodnim, nižim područjima, najveći nagibi reljefa prisutni su u klisurastim dijelovima tokova Paljanske Miljacke i Bistrice, u blizini njihovog spajanja na sjeverozapadnom dijelu proučavanog prostora. Od ostalih kategorija nagiba padina dominiraju nagibi vrijednosti od 12° do 32°, naročito na sjeveroistočnim i istočnim dijelovima proučavanog prostora. Veću zastupljenost znatno nagnutog terena (nagib padina četvrte kategorije od 12° do 32°) na prostoru Ravne planine i Paljanske kotline, moguće je objasniti većim brojem i dužinom buičnih tokova koji se duboko usijecaju u klastične sedimente terena. Tako se i na kartografskom prikazu nagiba jasno uočavaju strmije padine fluvio-derazijskih dolina nagiba 12°-32° čiji je pravac pružanja, na pojedinim dijelovima istraživanog prostora, okomit na dominantni pravac pružanja reljefnih oblika (S-SZ – J-JI). Takođe, jasno se uočavaju i dna širih derazijskih dolina, čiji su nagibi u kategorijama manjim od 5°.

U pogledu ekspozicije reljefa, na proučavanom prostoru dominiraju sjeveroistočno i sjeverno orijentisane padine na koje otpada trećina analiziranog prostora (32,75%). U nešto manjem obimu zastupljene su istočno (12,82%), jugoistočno (12,13%) i južno (11,1%) orijentisane padine, dok su padine u najmanjem procentu orijentisane ka jugozapadu (9,19%), zapadu (9,64%) i sjeverozapadu (10,83%). Na proučavanom prostoru javljaju se i horizontalne površine koje su zastupljene sa udjelom od 1,54%. Padine su znatno manje orijentisane ka južnim i zapadnim stranama (oko 41%), a u većem procentu su orijentisane ka sjevernim i istočnim stranama (oko 57%) koje se smatraju za hladnije.

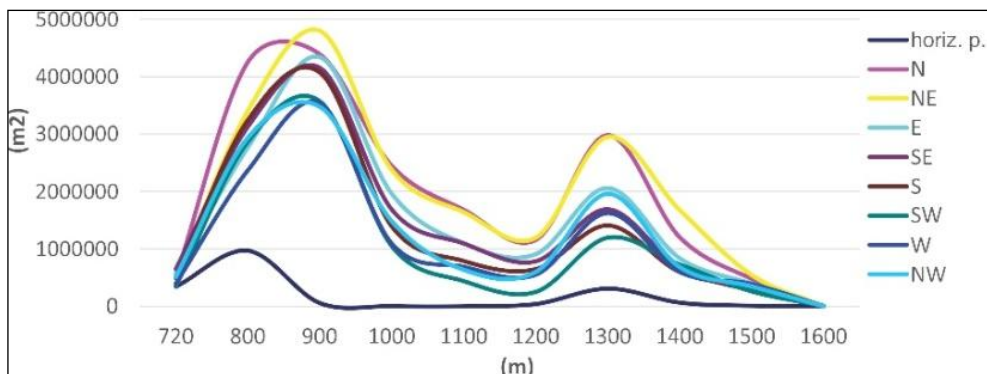


Sl. 3. Distribucija kategorija nagiba reljefa Ravne planine i Paljanske kotline u odnosu na hipsometrijske karakteristike

Fig. 3. The distribution of slope categories of Ravna Mountain and Pale Valley in relation to hypsometric characteristics

Distribucija kategorija nagiba reljefa Ravne planine i Paljanske kotline u odnosu na hipsometriju (Sl. 3.) ukazuje na specifičnosti osnovnih reljefnih cjelina izučavanog prostora. Tako se najniže kategorije nagiba padina vezuju za hipsometrijske razrede do 900 m nadmorske visine (zaravni Paljanske kotline i Podgraba), te se ponovo pojavljuju na visinama iznad 1200 m kao fragmenti zaravnjenih dijelova površi Ravne planine. Suprotno

visinskoj distribuciji najnižih kategorija nagiba padina, najveća distribucija strmih padina vezana je za hipsometrijski raspon od 1150 do 1400 m i odnosi se na padine rubnih područja platoa Ravne planine. Ipak, nesumnjivo je primjetna dominacija padina sa iznosima nagiba od 12° do 32°, koje svoj maksimum dostižu na visinama od 900 m (prostor oko gornjeg toka Prače), a idući dalje sa visinom nagibi padina ove kategorije postepeno opadaju.



Sl. 4. Distribucija hipsometrije reljefa Ravne planine i Paljanske kotline u odnosu na ekspoziciju
Fig. 4. Hypsometry distribution of Ravna Mountain and Pale Valley relief in relation to aspect

Ukoliko se posmatra odnos ekspozicije padina i hipsometrije reljefa (Sl. 4.), jasno se uočava dominacija ekspozicije padina na dva hipsometrijska razreda (900-1000 m i 1300-1400 m) koja su procentualno i najviše zastupljena na proučavanom prostoru. Ipak, uočljivo je da na njima dominiraju padine sjeveroistočnog i sjevernog smjera pružanja dok

su najmanje zastupljene padine naspramnog – jugozapadnog smjera pružanja. U izvjesnoj mjeri prisutne su zaravnjene površine, naročito u kotlinskim proširenjima Prače i Paljanske Miljacke i na samoj površi Ravne planine, na kojoj su, usljed male asimetrije i blage zatalasanosti terena zastupljene i sve ostale vrijednosti ekspozicije padina. Na najvišim dijelovima visoravni (preko 1400 m), koje su predstavljene malim površinama, raspored ekspozicije padina je jednolik, bez dominantnog smjera. Na jugoistočnom dijelu (lijeva strana toka Prače) padine su orijentisane u smjeru sjever-sjeveroistok i jug-jugozapad, a idući više prema zapadu (u pravcu Ravne planine), dominira orijentacija padina u smjeru istok-jugoistok.



Sl. 5. Distribucija nagiba reljefa Ravne planine i Paljanske kotline u odnosu na ekspoziciju
Fig. 5. Slope distribution of Ravna Mountain and Pale Valley in relation to aspect

Distribucija nagiba reljefa proučavanog prostora u odnosu na ekspoziciju (Sl. 5.) obilježava jasna orijentacija znatno nagnutih padina, koje dominiraju ka ekspozicijama S-SI-I. Ovakva orije-ntacija padina zastupljena je djelimično i zbog dinarskog pravca pružanja sjeverozapadnog dijela Ravne planine (SZ-JI). Sa te strane dominantne sjeveroistočno orjentisane padine zauzimaju okomit smjer u odnosu na dinarski, dok to sa jugozapadno orjentisanim padinama nije slučaj. Na ovakvu situaciju udjela je imala aktivna tektonika i presjecanje orografske strukture Ravne planine na jugoistoku u dolini toka Prače, usljed čega je ova orografska jedinica zadobila pravac pružanja zapad-istok, a padine ovog dijela planine su zadobile ekspozicije sjever-sjeveroistok i jug-jugozapad.

U osnovi preovlađuju padine sjeverne i istočne ekspozicije i to skoro na svim kategorijama nagiba reljefa. Krivulje nižih nagiba padina takođe pokazuju dominantan smjer sjeverno orjentisanih padina. Kategorija padina nagiba manjih od 2° ima prilično ravnomjeran ocrtni dijagram distribucije ekspozicije, odnosno ujednačenu zastupljenost svih razreda ekspozicija. Ekspozicija padina nagiba preko 32° vezana je isključivo za J, JZ i SI ekspozicije, dok distribucija razreda nagiba padina od 12-32° dominira i pokazuje orijentisanost padina djelimično okomitu na dinarski pravac pružanja. Takođe, primjetna je nešto veća zastupljenost sjeveroistočnih padina u odnosu na jugozapadnu ekspoziciju, što je najvjerovatnije posljedica asimetričnosti reljefne strukture Ravne planine koja dominira istraživanim prostorom.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Analizom obuhvaćeni kvantitativni parametri izraz su morfostrukturnih i morfogenetskih odlika reljefa prostora Ravne planine i Paljanske kotline. Ove odlike su dinamičkog karaktera i služe kao indikatori oblika i recentnih procesa koji se odvijaju u reljefu. Sintezni karakter kvantitativne geomorfološke analize povećava njenu primjenjivost u praksi, i to u prvom redu za svakodnevne i dugoročne potrebe čiji je zadatak identifikacija prostora povoljnog sa stanovišta ravnoteže i stabilnosti (poljoprivreda, vodoprivreda, infrastruktura, građevinarstvo, urbanizam, turizam, prostorno planiranje itd.).

Detaljno provedena kvantitativna geomorfološka analiza hipsometrije, vertikalne raščlanjenosti, nagiba i ekspozicije reljefa Ravne planine i Paljanske kotline često se koristi u postupku geokološkog vrednovanja prirodnih potencijala, gdje se kao primjer mogu navesti nagibi reljefa koji neposredno (pri evaluaciji reljefa) i posredno (npr. pri evaluaciji šuma) utiču na geokološku vrijednost određenog prostora i kao takvi predstavljaju jedan od važnijih kriterijuma vrednovanja.

Ovakva vrsta analiza najčešće koristi geomorfološke karte koje mogu biti različite razmjere, a u radu su korišćene krupnorazmjerne karte čime je dat detaljan prikaz prostora na osnovi od 1km². Takođe, obzirom da je baza podataka zasnovana na grid sistemu, mogućnosti preklapanja podataka i njihova korelaciona analiza je višestruka i otvara brojne mogućnosti korišćenja i primjene geoprostornih podataka.

Literatura Literature

Bognar, A., 1990: Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa, *Hrvatski geografski glasnik* 52, 49-65.

- Bognar, A., 1992: Inženjersko-geomorfološko kartiranje, stanje i mogućnosti, *Acta Geographica Croatica* 27, 173-185.
- Dragičević, S., 2007: *Dominantni erozivni procesi u sluvu Kolubare*, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, str. 246.
- Dragičević, S., Filipović, D., 2009: *Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora*, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, str. 272.
- ESRI ArcGIS Resource Centers (Esri, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, increment P Corp, GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI and the GIS User Community), *World Street Map*, <http://services.arcgisonline.com> (08.01.2016.).
- Gams, I. i dr., 1981: Uputstvo za izradu pregledne geomorfološke karte SFRJ u razmjeru 1:500.000, Radna grupa Naučnog veća međurepubličko-pokrajinskog projekta za geomorfološko kartiranje, Beograd.
- Golijanin, J., 2015: *Geokološka evaluacija prirodnih potencijala Ravne planine i Paljanske kotline u funkciji održivog razvoja*. Doktorska disertacija, Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, str. 352.
- Hrvatović, H., 2005: *Geological guidebook trough Bosnia and Herzegovina*. Geological Survey of Bosnia and Herzegovina, Sarajevo, pp 163.
- IGU, 1968: Projekt jedinstvenog ključa za detaljnu geomorfološku kartu svijeta.
- Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 30, 17-28.
- Manojlović, P., Dragičević, S., Mustafić, S., 2004: Osnovne morfometrijske karakteristike reljefa Srbije. *Glasnik Srpskog geografskog društva* 84 (2), 11-20.
- Marković, M., Pavlović, R., Čupković, T., 2003: *Geomorfologija*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, str. 464.
- Penzar, I., Penzar, B., 1989: *Agroklimatologija*. Školska knjiga, Zagreb.
- Šibalić, D., 1986: Uticaj sunčevog zračenja na erozione procese zemljišta. *Materijali sa simpozijuma o problemima erozije u SR Srbiji*, Beograd.
- Vojnogeografski institut, 1974: *listovi: Pale, Romanija-jug, Jahorina i Nehorići*. Topografska karta 1:25.000, Beograd.

SUMMARY

QUANTITATIVE GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF AREA RAVNA MOUNTAIN AND PALE VALLEY

Jelena Golijanin

University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Department of Geography, Alekse Šantića 1, Pale, Bosnia and Herzegovina, jelena.golijanin@ffuis.edu.ba

Emir Temimović

University of Sarajevo, Faculty of Science, Department of Geography, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, emirtemimovic@yahoo.com

Mevlida Operta

University of Sarajevo, Faculty of Science, Department of Geography, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, opertamevlida@yahoo.com

Quantitative parameters covered by analysis, are expression of morphostructural and morphogenetic relief characteristics of Ravna Mountain and Pale Valley area. These features have dynamic character and are used as indicators of form and recent processes occurred in relief. The synthetic character of quantitative geomorphological analysis increases its applicability in practice, in first place for daily and long-term purposes whose task is to identify area favorable from the point of balance and stability (agriculture, water management, infrastructure, construction, urban development, tourism, urban planning, etc.).

Detailed conducted quantitative geomorphological analysis of hypsometric, vertical dissection, slope and exposure of Ravna Mountain and Pale Valley relief is often used in the geocological evaluation of natural resources, as an example can be listed slopes of relief which directly (in the evaluation of relief) and indirectly (e.g. in the evaluation for forestry) is affecting on geocological value of certain area and as such is one of the important criteria of evaluation.

This kind of analysis commonly used geomorphological maps that may have different scale, and in this paper are used large scale maps which give a detailed view of the area based on 1km² cells. Also, considering that the database is based on the grid system, the possibility of overlapping data and their correlational analysis is wide and opens numerous possibilities of use and application of geospatial data.

Authors

Jelena Golijanin, received PhD in 2015 at University of Belgrade, Faculty of Geography, Serbia. Since 2006 employed at Department of Geography at University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, B&H. Position: Assistant Professor. Her research interest are: physical geography, geomorphology, landscape ecology (geocology), dendroclimatology, environment, GIS, natural potentials.

Emir Temimović, doctor of geographical sciences, associate professor at the Faculty of Science. University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. Editor of the scientific journal

Acta geographica Bosniae et Herzegovinae; author of 20 scientific papers and two books from the scientific domain of physical geography.

Mevlida Operta, was born in Tuzla, were went to school. She graduated in Geology at Faculty of Mining and Geology and also obtained master and PhD degree at the same University. Today, she is an Associate Professor at the Faculty of Sciences in Sarajevo. At the center of her scientific work are geological and mineralogical-petrographic studies. She has published over 80 scientific papers. Most of them represent original research papers, and some have an international review. She is author of four university textbooks. She has participated in the development of projects and studies in the field of geology.