

UDK 551.4(497.6 Hercegovina)  
911.2:511.4](497.6 Hercegovina)  
*Pregledni rad*

*Josip BILIĆ*

## **STRUKTURNO GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE ZAVALE LJUBUŠKOG POLJA, SZ DIJELA ZARAVNI BROTNJO TE LJUBUŠKO-VITINSKE BRDSKE GREDE**

*Morfostrukturnom analizom utvrđene su značajke i geomorfološki razvoj područja Ljubuške zavale, Ljubuško-Vitinske brdske grede i SZ dijela zaravni Brotnjo*

***Ključne riječi:** geomorfologija, razvoj, morfostrukturna analiza, vrste morfostruktura, zavala, brdska greda i zaravan u kršu.*

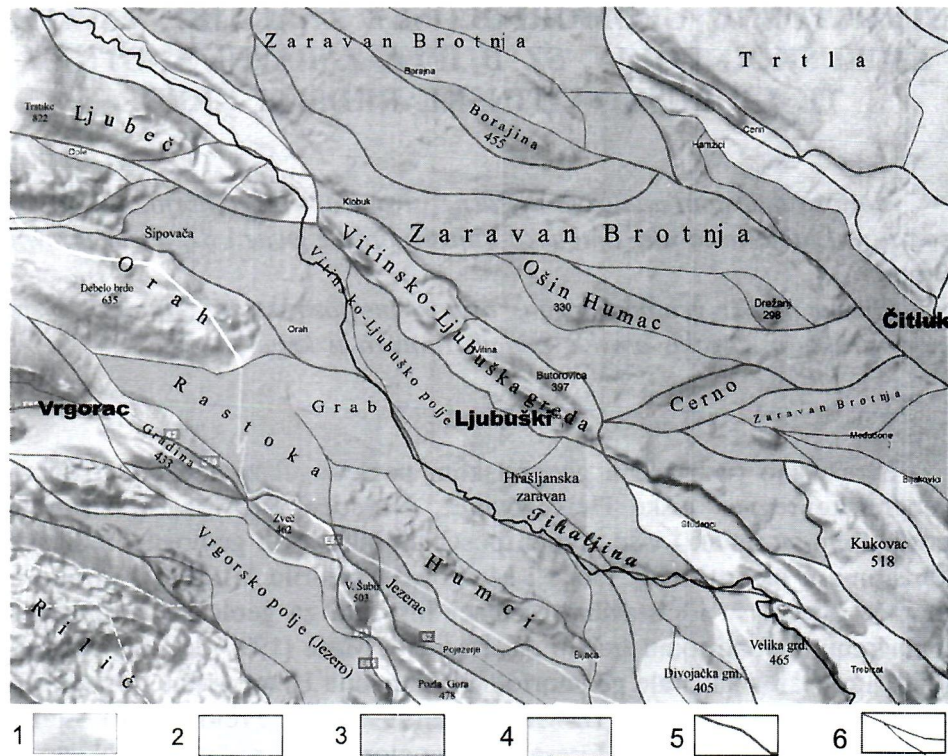
### **Uvod**

Istraživano područje u geografskom pogledu ulazi u okvire fizičko-geografske regije “niske Hercegovine”. Navedeni prostor istraživan je posljednjih stotinjak i više godina posebice od bečkih geologa. Geološka kartiranja u okviru OGK Ploče i Metković u mjerilu 1:100 000 i prateće tumače obavili su i sastavili stručnjaci Instituta za geološka istraživanja u Zagrebu. Dodati tomu treba i disertacije S. Muse (1999) i V. Šimunovića (2007) koje su analizirale geomorfologiju zapadne Hercegovine te najnoviji strukturno geološki radovi D. Mihaljevića (1995), i E. Prelogovića i ostalih (2001, 2002 i 2005). Od interesa su i geomorfološki radovi o Biokovu J. Roglića (1937), D. Mihaljevića (1993), i A. Bognara (1994) o razinama zaravnavanja u okviru Dinarida, te njegov najnoviji rad iz (2006) o morfostrukturnim osobinama i razvoju vanjskih Dinarida.

### **1. Geomorfološki položaj**

Zavala Ljubuškog polja, sjeverozapadni dio zaravni Brotnjo te Vitinsko-Ljubuška greda pripadaju regiji niske Hercegovine (Šimunović 2007). U

širem smislu ulaze u okvire regije Bila i polja, gorskog sustava Dinarida, (Bušatlija, 1982). Unutar niske Hercegovine izdvaja se SZ dio zaravni Brotnja, Ljubuško-Vitinska greda i zavala Ljubuškog polja. Prva se, obzirom na reljefne i geološke različitosti može razlučiti na dva manja područja: sjeverozapadni dio zaravni Brotnjo i Vitinsko-Ljubušku gredu. Zavala Ljubuškog uključuje ukupno šest manjih reljefnih cjelina: a) zavalu Ljubuško-Vitinskog polja u užem smislu, b) zavalu polja Rastoke, c) zavalu polja Jezerac, d) Vitinsko-Ljubušku brdsku gredu, te humlje: e) Humci i f) Grab (Sl. 1).

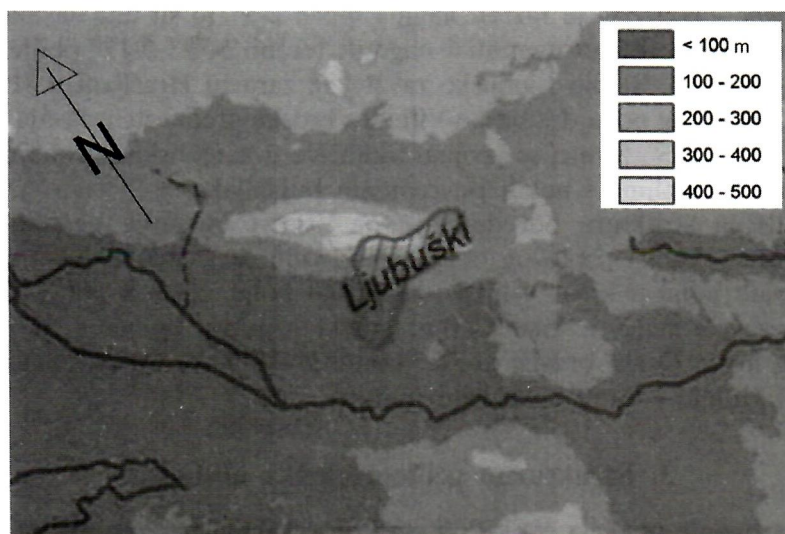


Sl. 1. Rasjedi granični pojedinim morfostrukturama;

1. Morfostrukture gorskih hrptova i gorskih i brdskih greda nastale reversnim rasjedanjem u okviru duplex struktura. 2. Zavale polja u kršu oblikovane transtenzijskim pomacima u okviru negativnih flower i pull apart struktura dinaridskog dekolmanskog tipa. 3. Zaravni u kršu, 4. Transpresijske pop up i flower strukture brdskih greda, humlja i izoliranih humova. 5. Rasjedi granični pojedinim morfostrukturama, 6. Prateći rasjedi.

## 2. Opće značajke reljefa

Visinski ili hipsometrijski odnosi prikazani su kartom visina (hipsometrijskom kartom), (Sl. 2). Pružanje izohipsi SZ-JI i nijanse boja zorno ističu reljefnu plastiku i pružanje osnovnih sastavnica reljefa.<sup>1</sup> Izuzetak je područje probojnice Tihaljine u Vitinsko polje, gdje rijeka protječe okomito na trasu poprečnog rasjeda pružanja SI-JZ, koji je prateći desnom horizontalnom rasjedu koji se pruža pravcem SZ-JI. Izražen je stepeničast ocrtni reljefa idući od SZ prema JI. Najniži dijelovi vezani su za zavalu Jezerac i zavalu Rastok. Tereni niži od 40 m. obilježje su najnižih dijelova zavale Rastok. Najveći dio zavale pripada visinskom katu do 100 m i od 100 do 200 m u koji je uključen najveći dio zaravni Brotnjo i Hrašljanska zaravan. Dijelovi Brotnjanske zaravni nalaze se u visinskim kategorijama od 200-400 m. n. v. Najniži dio zaravni je prema JZ a prema SI se postupno izdiže do visina blizu 400 m. n. v. Navedene visine obilježavaju i najveći dio Ljubuško-Vitinske brdske grede (Sl. 2).



Sl. 2. Karta visina (hipsometrijska karta). Ističu se najniži dijelovi zavale Ljubuškog polja, brdska greda Vitina-Ljubuški, na nju poprečna niža greda Cerno i viši teren zaravni Brotnjo.

<sup>1</sup> Najniža apsolutna visina terena je 30-40 metara i to u krajnjem JI dijelu doline Trebižata. Samo je neznatno više područje zavala u polju Rastok i Jezerac (60-70 m. n. v.).

*Raščlanjenost (energija) reljefa* funkcija je relativne visine  $\Delta h$ , nagiba terena  $\alpha$  i pripadne površine  $P$  ( $r = \Delta h/P$ ,  $\Delta h = \tan \alpha$ ). Brotnjanska zaravan gotovo u cijelosti ulazi u kategoriju male raščlanjenosti reljefa ( $5-30\text{m}/\text{km}^2$ ). Međutim važno je istaći da raščlanjenost reljefa ovisi i o jediničnoj površini terena na kojoj se ona mjeri. Razlika od  $30\text{ m}/\text{km}^2$ , drži se malom raščlanjenošću, dok ista razlika relativne visine na površini od  $10^4\text{ m}^2$  ili  $1\text{ ha}$  čini reljef znatno raščlanjenim. To se posebice odnosi na zaravan Brotnja. Iako je, gledajući u sitnom mjerilu manje više ravna, razmjerno niska, i slabo raščlanjena, u krupnom planu (na razmjerno manjim ili malim površinama terena) pokazuje mjestimice izraženu raščlanjenost jer je u pojedinim dijelovima (vidi Sl. 4) ispresijecana gustom mrežom ponikava i ponikvama sličnim oblicima krškog reljefa.

U kategoriji ( $30-100\text{ m}/\text{km}^2$ ) ulaze samo tektonski poremećeni rubni dijelovi zaravni (Vitinsko-Ljubuška greda) i manji usamljeni humci Kosmaj i Borajna na samoj zaravni. Razumljivo je da najmanju vrijednost energije reljefa od ( $0-5\text{m}/\text{km}^2$ ) ima dno zavale polja u kršu Ljubuškog, polje Rastok i polje Jezerac. Izuzetak čine samo niže grede (Humac i Grab).

*Nagibi* – Najčešći je razred nagiba  $0-2^0$  i  $2-5^0$ . To su dna zavala polja i udolinska dna. Blago nagnuti i nagnuti tereni  $2-5^0$  i  $5-12^0$  obilježavaju zaravan Brotnja, SI dio Ljubuške zavale, te zaravni Hrašljani u JI dijelu zavale Ljubuškog polja. Ljubuško-Vitinsku brdsku gredu obilježavaju nagibi od  $12-32^0$  i  $32-55^0$ . Strmci se javljaju isključivo u kanjonskim probojnicama Trebižata i Tihaljine i nekih povremenih bujičnjaka.

Reljefna struktura određena je na osnovi mjerenja geometrijskih elemenata reljefa i njegovog oblika. Razlikuju se slijedeći oblici reljefa:

Zavale polja u kršu: Vitinsko-Ljubuško polje, Rastok polje, Jezerac polje i zavala polja u kršu Cerno; gorski hrptovi: Ljubeč i SI padine gorskog hrpta Orah; brdske grede: Ljubuško-Vitinska greda; samostalno humlje: Humci i Grab i izolirani humovi.

### 3. Strukturno geomorfološka obilježja

Istraživanje utjecaja geoloških struktura i aktivnosti rasjeda na razvoj reljefa Zemljine površine ili *morfostrukturna analiza* podrazumijeva niz postupaka usmjerenih na otkrivanje neposredne ili posredne veze između oblika reljefa i geološke građe Zemljine kore.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Morfstrukture su oblici reljefa nastali utjecajem vanjskih i unutarnjih zemljinih sila i procesa pri čemu vodeću ulogu imaju unutarnje (geološke) sile i procesi. Pojedine morfostrukture razvrstane su prema tipovima i vrstama.

### 3.1. Odnos reljefa i geološke građe

Zavala Ljubuškog polja i zaravan Brotnja u širem smislu nalaze se između dvije velike geotektonske cjeline Dinarida: Adriatika (Jadranska karbonatna platforma) i Dinarika (Dinarska karbonatna platforma).

Jedinica Adriatika podvučena je pod jedinicu Dinarika, odnosno Dinarik je navučen na Jadransku karbonatnu platformu. (Herak, 1991). Radi se o snažnom sažimanju stijena zbog kojeg su oblikovane osnovne geološke strukture u razdoblju od gornje krede do završetka paleogena. Deformacije stijena pri površini kore utjecale su i danas utječu na oblikovanje reljefa. Završetkom krede i tijekom paleocena, dolazi do važnih promjena. Rastući pritisci uslijed konvergentnog strujanja magme ispod Apulijske ploče (Jadranske ploče) slamaju karbonatnu platformu u manje blokove koji se počinju međusobno natiskivati. (Anderson i Jackson 1987, Mc Kenzie 1972). Postupno dolazi do natiskivanja, zatim podvlačenja i konačno do sudara Jadranske i Dinarske mikroploče. Glavni smjer potisaka u tom razdoblju bio je usmjeren od JZ prema SI. Boranjem stijena uslijed sažimanja i njihovim izdizanjem započinje strukturno-tektonsko oblikovanje Dinarida, a zbog snažne denudacije u predgorskom koritu (nestabilnoj kontinentskoj padini) talože se turbiditi (hidroplastična suspenzija) iz kojih će kotrljanjem niz kontinentsku padinu (pretaloživanjem) nastati fliš, a nešto kasnije Jelar i Promina naslage (wildflysch). Javljaju se prve geološke strukture, u obliku sustava bora malog indeksa boranja i pružanja osnih ploha sjeverozapad–jugoistok. Reljef vanjskih Dinarida u to vrijeme nalikovao je “valovitu moru”. Jačanjem potiska, deformacije su sve veće, i bore postupno rotiraju oko osi srednjeg stresa ( $\sigma_2$ ), i povećavaju indeks boranja. (Mihljević, 1995).<sup>3</sup>

Ove strukturne promjene odvijale su se u dubljim dijelovima kore gdje su postojali fizikalni uvjeti za odvijanje takvih deformacija (duktilne ili podatne deformacije). Strukture oblikovane u dubini postupno su potiskivane prema površini. Na i pri površini kore se mijenjaju uvjeti preoblikovanja struktura. Izostaje (plastična) amortizacija potisaka, a stijene pucaju kao rigidne (krte). Koncem ove geotektonske etape razvoja, Dinaridi su već imali gorsko-planinske značajke reljefa, koji je u nekim osnovnim crtama nalikovao današnjem.

Tijekom neogena, promjene smjera kružnog gibanja magme mijenjaju smjer potisaka unutar sukobljenih masa u smjer približan sjever–jug.

---

<sup>3</sup> Dolazi do oblikovanja kosih, prebačenih i prevrnutih bora, te izoklinalnog boranja te oblikovanja ljuski (duplexa).

Kako se radi o sažimanju stijena, smjer osi sastavnice najvećeg pritiska ( $\sigma_1$ ) je vodoravna, i usporedna s "a" osi bore, os najmanjeg pritiska ( $\sigma_3$ ) je uspravna i usporedna s "c" osi bore, pa se bore prebacuju, istanjuju duž osne plohe i konačno prelaze u reversne rasjede i a polegale bore prelaze u navlake (pokrove) uz općenito dekolmanski tip navlačenja (Mihljević, 1995; Šimunović 2007). Reversni se rasjedi, uslijed ustrmljavanja njihovih rasjednih ploha (paraklaza), koje zauzimaju gotovo okomiti položaj u odnosu na vodoravnu ravninu, počinju ponašati kao horizontalni, te s obzirom na smjer potisaka (S-J) i pružanje njihovih trasa (SZ-JI), pokazuju desnu komponentu kretanja. Pokušaje probijanja stijenskih masa Dinarika prema JZ manje ili više uspješno zaustavljaju rasjedne plohe - paraklaze, u prethodnoj fazi ustrmljenih reversnih rasjeda, okomite na smjer kretanja stijenskih masa Dinarika. No tu dolazi do važnih promjena koje će se kasnije odraziti i na reljefu ovog dijela Dinarida (Mihljević 1995 i Šimunović 2007).

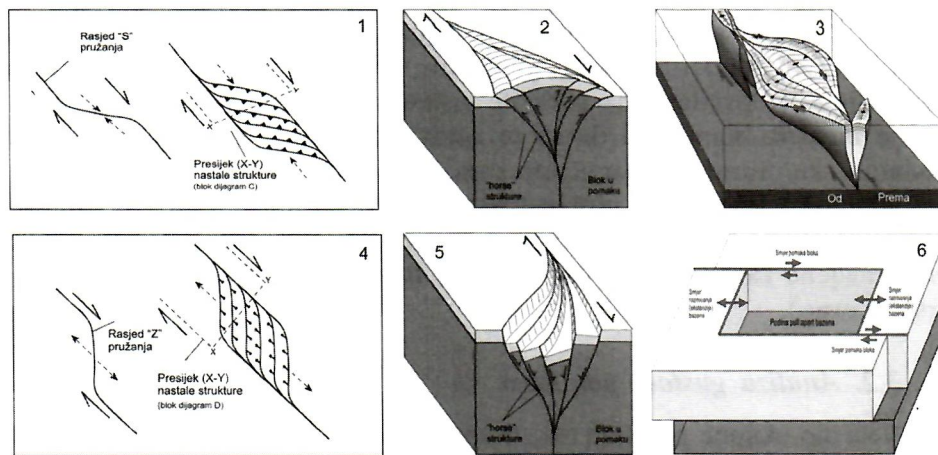
Pritisnute velikom masom Dinarika sa sjeveroistoka, trase već spomenutih horizontalnih rasjeda, ne mogu se u potpunosti oduprijeti pritiscima, pa počinju na pojedinim dijelovima ispupčeno (konveksno) ili udubljeno (konkavno) svijati (krivudati). Bilo da se radi o desnim ili lijevim pomacima duž horizontalnih rasjeda, od posebne je važnosti na kojem se krilu rasjeda javljaju ispupčenja odnosno udubljenja subvertikalne plohe horizontalnog rasjeda. (Sylvester, 1987).

Tako će pojava ispupčenja (izbočina) na JZ krilima tih horizontalnih rasjeda uslijed desnih pomaka SI krila dovesti do izdizanja, naknadnog mlađeg reversnog rasjedanja, rotacije struktura i oblikovanja transpresijskih uzvišenja te tzv. "pop up" (uzdignutih) struktura ili pozitivnih flower struktura koje su obrubljene reversnim rasjedima ali obrnutih vergencija. (Mihljević, 1995; Šimunović 2007.)

Ukoliko su duž ešaloniranih nizova desnih horizontalnih rasjeda (rasjeda u nizu) na njihovim JZ krilima prisutna udubljenja, napredovanje desnih pomaka SI krila praćeno je oblikovanjem transpresijskih rovova, ili tzv. pull apart struktura ili negativnih flower struktura koje predstavljaju svojevrsne romboidalne rovove, koji se denudacijom u kasnijim fazama razvoja zapunjavaju i u području Vanjskih dinarida, u reljefnom smislu, oblikuju nizove polja u kršu, koja su sve niža od sjeveroistoka prema jugozapadu i od sjeverozapada prema jugoistoku (Sl. 3).

Razvrstavanje morfostruktura izvršeno je na osnovi utvrđivanja odnosa današnjeg reljefa sa geološkim strukturama uvažavajući morfološke i litološke značajke terena. Opća podjela morfostruktura je na pozitivne, negativne i neutralne. Temeljena je s obzirom na njihov istaknuti razmjerno viši položaj u odnosu na okolni reljef. Pozitivne su: hrptovi, masivi, grede i

pobrda, a negativne zavale polja u kršu. Na čelima navlaka i ljuski su oblikovani strukturalni ili rasjedni strmci. Pad slojeva prema SI i litice oblikovane na čelima reversnih rasjeda, ljuski i navlaka utječu na položenije sjeveroistočne strane greda i strmije jugozapadne padine (Vitinsko-Ljubuška greda) (Bušatlija, 1972, 1975).



Sl. 3. Svijanja trasa dekstralnih horizontalnih rasjeda "S" i "Z" tipa, i oblikovanje pratećih struktura. 1. Horizontalni rasjed svija konveksno u smjeru tektonskog pomaka te dolazi do natiskivanja (transpresije) stijenskih masa duž infleksijskog dijela trase a u smjeru tektonskog transporta. Napredovanjem pomaka postupno se oblikuje ešalon reversnih rasjede subvertikalnih paraklaza koji u odnosu na središnju os simetrije imaju suprotne vergencije. 2. Oblikovana je pozitivna flower struktura. 3. Pop up struktura je po strukturalno geometrijskim odlikama gotovo istovjetna flower strukturi, a razlikuju se po kinematici gibanja. Kod pop up strukture oba se bloka relativno pomiču jedan u odnosu na drugi dok je kod flower strukture lijevi blok statičan. 4. Horizontalni rasjed svija konkavno u smjeru tektonskog pomaka te dolazi do razmicanja (transtenzije) stijenskih masa u smjeru tektonskog transporta. Napredovanjem pomaka postupno se oblikuje niz normalnih rasjeda subvertikalnih rasjednih ploha koji u odnosu na središnju os simetrije imaju suprotne vergencije. 5. Oblikovana je negativna flower struktura. 6. Pull apart bazeni, kao i negativne flower strukture nastaju kao posljedica transtenzijskih pomaka. Razlika je u sljedećem: Pull apart bazeni oblikuju se duž dva glavna uglavnom usporedna horizontalna rasjeda koji su na krajevima bazena međusobno povezani normalnim rasjedom transfera. Taj se rasjed slobodno može nazvati i transformni, jer transformira (preoblikuje) i povezuje dva suštinski različita mehanizma pomaka; horizontalni duž desnih i vertikalni duž normalnih rubnih rasjeda (u znanstvenoj se literaturi za tu vrstu povezujućih rasjeda koristi naziv Tear i/ili/ Transfer fault).

*Genetska klasifikacija morfostrukture* A. Bognar, (1980 i 1987) razvrstava morfostrukture na denudacijsko-tektonske, akumulacijsko-tektonske i denudacijsko-akumulacijske.

*Denudacijsko-tektonskim* morfostrukturama pripadaju gorski hrptovi Orah i Ljubeč greda Vitinsko-Ljubuška, Humac i Grab. Brdska greda antiklinala Ljubuško-Vitinska; Kosmaj i Borajna.

U *denudacijsko-tektonske morfostrukture* Bognar (1994.) uvrštava zaravni u kršu kao što su to Brotnjo i Hrašljani. Oblikovane su na krilima antiklinala ili na karbonatnoj platformi koja je tektonskim pokretima razlomljena i dovedena na različite visine, a uz to je i razdrobljena na manje blokove. Činjenica da su te zaravni bile strukturno uvjetovane a dodatno skulpturirane egzogenim procesima zaravnavanja uvrštene su u denudacijsko-tektonske morfostrukture. Pored navedenih, u reljefu istraživanog prostora prisutne su i *akumulacijsko-tektonske* morfostrukture predstavljene zavalama (Ljubuško polje, Rastok, Jezerac, Zavalala, Polje u kršu, Cerno).

### **3.2. Analiza gustoće ponikava**

Veći dio ukupne površine istraživanog prostora spada u tipična područja dinarskog krša. Po učestalosti pojavljivanja ponikve su jedan od najzastupljenijih i najbrojnijih krških oblika srednjeg reda veličine. Na osnovu brojnih i raznovrsnih istraživanja danas se zna da je za postanak i razvoj okršavanja, s tim i oblikovanja ponikava, najvažniju ulogu imao litološki sastav i tektonska struktura.

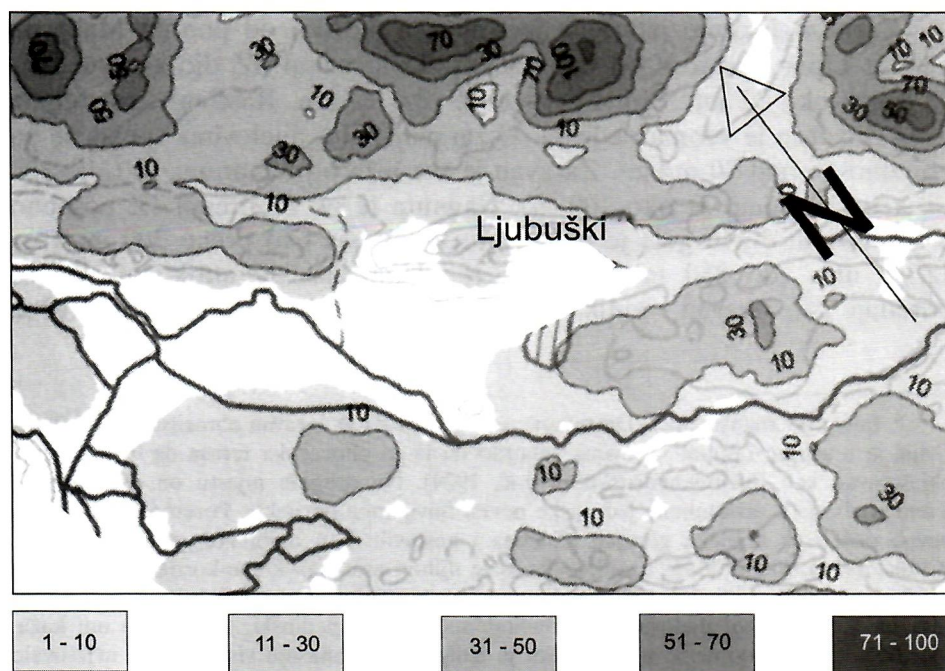
Broj ponikava je neznatan na strmim terenima nagiba uglavnom iznad 20<sup>0</sup> (na liticama rasjednih odsjeka, na bokovima duboko usječenih kanjona tekućica, i zavalama polja u kršu) fluvijalnim i jezerskim naslagama dna polja.

Najveći broj ponikava na jediničnoj površini bilježi SZ dio zaravni Brotnjo (oko 100). Jezgra koncentrično raspoređenih površina razreda gustoće dostižu vrijednosti do 70 ponikava na km<sup>2</sup>, a na pojedinim dijelovima i do 100 ponikava na km<sup>2</sup> (Sl. 4).

Kako su ponikve dobar pokazatelj stupnja okršenosti s jedne i tektonike razlomljenosti terena s druge strane, stoji postavka A. Bognara da se radi o platformi koja je tektonskim pokretima razlomljena u manje blokove (mikroploče), tijekom morfogeneze pretrpjela višestruko okršavanje, i novijim pokretima dodatno raščlanjena i dovedena na različite hipsometrijske razine (visine). Pružanje izodolina najvećim dijelom prati pružanje izdvojenih strukturnih jedinica smjera sjeverozapad–jugoistok sukladno pružanju reversnih rasjeda s horizontalnom komponentom pomaka.



Analizom ponikava prikazanih piktogramom, osim gustoće, koja se bolje izražava na karti s izodolinama, može se jasno pratiti crtno (linijsko) pružanje nizova ponikava. U pojedinim dijelovima izraženo je pravocrtno pružanje ponikava unatoč njihovom relativno malom broju odnosno gustoći. Smjer tog ravnocrtnog pružanja dijela ponikava podudaran je pružanjem struktura u sjeverozapad–jugoistok (Sl. 4). Pregledom ishoda tektonskih i strukturno-geoloških istraživanja brojnih autora koji su se bavili sažimajućim (kompresijskim) tektogenim režimima i njihovim kinematičkim posljedicama i usporedbom njihova prostornog rasporeda, zaključuje se da je smjer nizanja i gustoća ponikava na krškim terenima u neposrednoj vezi s desnim (dekstralnim) rasjedima u nizu (en echelon) između kojih dolazi do pucanja i stvaranja konjugiranih parova (mreže) rasjeda, odnosno pukotina koje stoje pod određenim kutovima u odnosu na smjerove pružanja glavnih desnih rasjeda u nizu, i duž kojih je zbog oštećenosti vapnenačke mase došlo do podudarnog oblikovanja ponikava. (Šimunović 2007.).



Sl. 4. Karta izodolina. Zatvoreni poligoni označavaju razrede ukupnog broja ponikava na  $\text{km}^2$  očitanih s topografskih karata mjerila 1 : 25 000.

## 4. Značajke i razvoj geomorfoloških cjelina

### 4.1. Zaravan sjeverozapadnog dijela Brotnja i Vitinsko-Ljubuška greda

U reljefu prikazanog područja najveću površinu zauzima zaravan Brotnja. Duž rasjedne zone Tihaljina-Ljubuški-Čapljina, deformirana je i izdignuta. Desni horizontalni pomaci uz rasjede su oblikovali transtenzijska uleknuća ili transpresijska uzvišenja. Rotacija oko osi srednjeg stresa  $\sigma_2$  ishodi stvaranjem sve strmije nagnutih slojeva, a time i sve strmijih padina. U konkretnom slučaju, obilježje je to sjeveroistočnih padina brdske grede Vitina-Ljubuški, gdje su nagibi slojeva najčešće između  $40^0$ - $60^0$ . Aktivni reversni pomaci strukturnih jedinica i pojedinih struktura odražavaju se u reljefu stvaranjem istaknutih asimetričnih uzvišenja greda (Vitinsko-Ljubuška) (Musa 1999).

#### 4.1.1. Sjeverozapadni dio zaravni Brotnjo

Zaravan Brotnjo izdužena je smjerom SZ-JI i od pobrđa Malič do naselja Lipno u dužini od oko 15 km. To je manji SZ dio zaravni koja se pruža oko 32 km. Širina zaravni je oko 12 km. Raščlanjenost reljefa ovog prostora je veoma različita. U zaravnjenijim dijelovima spušta se na vrijednost ispod  $30 \text{ m/km}^2$ . Zaravan je sve niža od SZ prema JI (oko 300 m, a na krajnjem JI oko 100 m). Nagnuta je od SI prema JZ posebno u središnjem dijelu gdje je na sjeveroistoku viša i to preko 300 m, a na JZ je niža (do 250 m). Zaravan je oblikovana na antiklinali, pa se određuje kao zaravan – antiklinala.<sup>4</sup> Djeluje korozija, mehanička rastrožba

---

<sup>4</sup> Talijanski znanstvenici (Destefani), smatrali su da je zaravan abrazijskog podrijetla. Cvijić je u svojim ranijim radovima smatrao da je to pliocenska terasa da bi je kasnije objašnjavao kao fluviodeludacijsku (Cvijić, 1924). Na drugom mjestu on ovu reljefnu jedinicu ubraja u razlomljene jadranske površi fluvijalnog porijekla. Poremećaji dinarskih površi počeli su u tijeku gornjeg pliocena i nastavili se u najmlađe geološko vrijeme (Cvijić, 1926). Roglić (1957) zaključuje da je njihov nastanak krško-korozijski. Bušatlija i Lukošar (1976) zaključuju da je poligenetskog nastanka. Pored krško-korozijskog procesa na njezin razvoj djelovali su i fluviodeludacijski i padinski, te je kako oni kažu, specifična. Poslije zaravnjavanja, prostor je izdignut na današnju visinu što je uvjetovalo novo raščlanjivanje. Lukošar iste godine (1976) naglašava da su ponikve mlađe od zaravni, a ona je mlađa od najmlađih paleogenskih naslaga ovog područja. Lukošar na području zaravni pokušava prepoznati oblike ekshumiranog tropskog krša predstavljenog kuglama (njemački, Keglkarst) i piramidama. Navodi da se razvoj reljefa tropskog krša

i slabije izraženo spiranje. Dominira grohot sa škrapama, boginjavi krš sa brojnim ponikvama i mjestimično skriveni krš. Višestruka tektonska aktivnost koja je uvjetovala razlomljenost karbonatnih stijenskih kompleksa utjecala je i na intenzivne procese okršavanja. Izraz toga su pored škrapara i velika gustoća pojave ponikava. Prevladava kaotični tip drenažne mreže ili ona uopće ne postoji na većem dijelu zaravni obzirom na veliku ispučanost karbonatne mase, pa većina padalinskih voda nestaje u podzemlju.

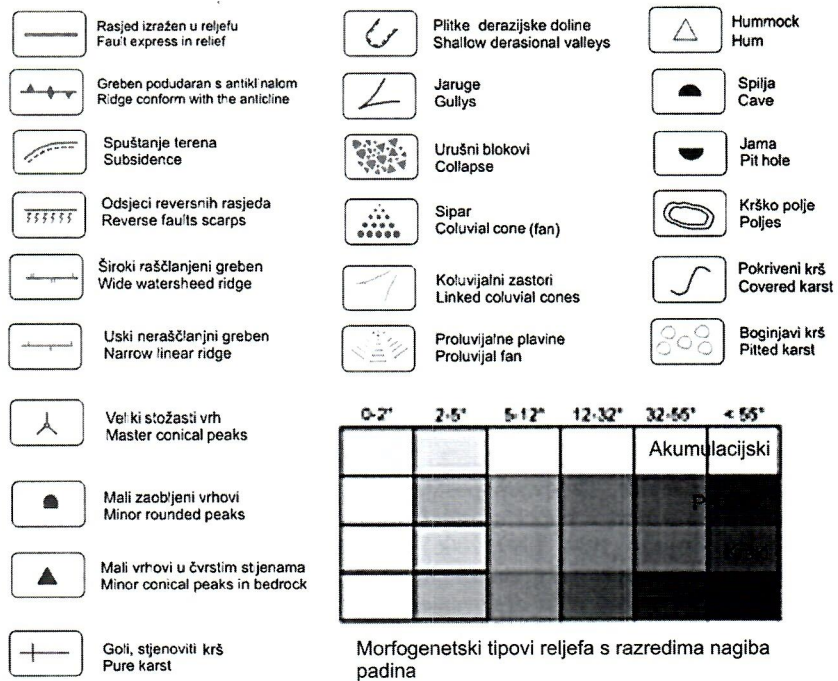
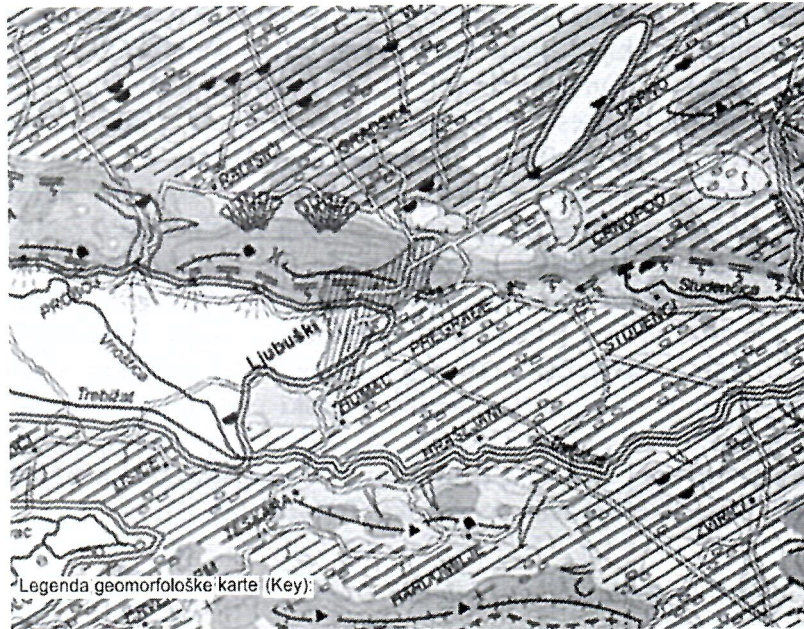
*Zaravan u kršu* Hrašljani jugozapadni je dio ove mikroregije i to u dijelu u kojem je došlo do tektonskog prijenosa duž desnog horizontalnog rasjeda. Tim tektonskim pokretima Hrašljanska zaravan je odijeljena od zaravni Brotnjo, i razmjerno je spuštена, slično kao i pull-apart struktura vitinskog dijela polja na nešto manji tektonski pomak. Izraženo je to i u njezinoj nešto većoj visini (100-120 m). Gustoća ponikava na zaravni je slična prosjecima na zaravni Brotnjo (do 50 ponikava na km<sup>2</sup>). Riječna mreža je slična Brotnju osim vodotoka Trebižat (Sl. 5).

#### 4.1.2. Brdska greda Vitina-Ljubuški

Brdska greda Vitina-Ljubuški izdužena je pravcem sjeverozapad-jugoistok, približno 12 km, a širina joj je relativno mala, od 1 km kod Ljubuškog, do 0,5 km kod Vitine, a sjeverozapadnije čak i manje. Poprečni profil joj je izrazito asimetričan, naročito u području Ljubuškog, gdje rasjed Tihaljina-Ljubuški poprima značajke reversnog rasjeda. U skladu s tim jugozapadne padine su strmije (preko 32°), dok su one prema sjeveroistoku znatno položenije (5°-12°). Nastanak brdske grede vezan je za razdoblje mlađe neotektonske faze, znači od pliocena naovamo. Tektonski pomaci, uvjetovani izmjenom smjera pritiska, uvjetovali su horizontalne pomake duž prethodno navedenog rasjeda, koji su izraženi desnim transportom masa i izdizanjem jugozapadnog dijela Brotnjanske zaravni. Tektonskim pomakom reversnog karaktera u širem području Ljubuškog

---

jugozapadne Hercegovine, obnovljen poslije etape posljednjeg boranja, (gornji eocen, donji oligocen). Oblikovan u pliocenu reljef tropskog krša očuvao se do današnjih dana (LUKOŠAR 1976). Bognar (1994, 1999, 2006) u svojim radovima naglašava da su zaravni u kršu vanjskih Dinarida tektonski predisponirane. Nastanak Brotnja, pa i zaravni Dubrave, mogu se objasniti u prvom redu djelovanjem abrazije i procesima pineplenizacije. Isti autor naglašava (2006), da tijekom tercijara nigdje na području današnjih Dinarida nisu postojali tropski klimatski uvjeti. U skladu s tim, zaravni vanjskih Dinarida su dijelovi stare mezozojske karbonatne platforme koja se tijekom kenozoika, jakim tektonskim pokretima raspada, a njezini dijelovi dovedeni su u različite visinske položaje. Zaravan Brotnja A. Bognar drži starim pinepleom.



Sl. 5. Geomorfološka karta šireg područja Ljubuškog.

vapnenačke naslage kredne starosti navučene su preko paleogenskih naslaga (fliš). Dobar dio zaravni Brotnjo duž paraklaze rasjeda kojim brazdi uz podnožje jugozapadne padine grede upućuje svoje podzemne vode prema jugozapadu, koje izbijaju u vrelu Vrioštica u mjestu Vitina i u nizu manjih drugih vrela vezanih za rasjednu liniju. Na gredi dominiraju krški i padinski procesi.

Spiranjem i jaruženjem s jugozapadne padine korelativni materijal staložio se u nizu deluvijalnih kupa i proluvijalnih plavina koje su spojene i oblikuju glacis terase. Širine je od nekoliko desetina pa do nekoliko stotina metara.

#### *4.1.3. Udolina Tihaljine*

Udolina Tihaljine izdužena je pravcem sjeverozapad–jugoistok (14 km). Oblikovana je uz rasjed Trilj–Tihaljina–Čapljina. U razvoju udoline izražen je desni tektonski transport, pa ima karakter pull-apart strukture. Od Ljubega odvojena je izrazitim rasjednim strmcom i sjeveroistočna strana udoline je tektonski predisponirana.

Za udolinu vezana je i dolina rijeke Tihaljine koja tu utječe vijugajući mehanizmom voda srednjeg toka. Dolina je usječena u vapnence pa mjestimično ima i kanjonski karakter. Uočen je razvoj jednog erozijskog poda (20 m) što ukazuje na morfološki razvoj doline u više etapa.

#### *4.2. Zavala Ljubuškog polja*

Zavala Ljubuškog spada u okvir strukturne jedinice Biokovo i Biokovska zagora (Marinčić i ostali, 1978.). Za jedinicu Biokovska zagora znakovita je pojava niza reversnih struktura i ljuski (duplexa). Uslijed kombinacije lokalnih horizontalnih i reversnih pomaka oblikovane su udoline i zavale polja u kršu. Strukturno tektonske značajke, posebno tektonski pomaci i deformacije odražavaju se u reljefu. Zbog reversnih pomaka duž južnih i jugozapadnih krila pojedinih strukturnih jedinica pojavljuju se strmci. Reversno rasjedanje unutar transpresijskih struktura izraženo je oblikovanjem sve strmije nagnutih slojeva i padina. Primjer toga je i strukturna jedinica Gradina-Ljubuški. Mjestimice izraženi horizontalni pomaci dijelova strukturnih jedinica u reljefu su izraženi oblikovanjem rovova ili polurovova (primjerice Ljubuško polje, Vrgorsko polje, Rastok, Jezerac). U slučaju zavale radi se o specifičnoj reljefnoj strukturi. To znači da je zbog kombiniranih transtenzijsko-transpresijskih pomaka oblikovana općenito, jedna velika negativna morfostruktura zavalskog obilježja, koja se sastoji

od niza manjih reljefnih cjelina; Ljubuško polje u užem smislu, polje Rastok i polje Jezerac, zaravan Hrašljani i brdske strukture Humca te Graba. Energija reljefa je najmanja ( $0 \text{ m/km}^2$  do  $5 \text{ m/km}^2$ ) u dnu zavala Ljubuški, Rastoka i Jezerac. Dna zavala i Hrašljanske zaravni obilježena su nagibima  $2^0$ - $5^0$  i  $5^0$ - $12^0$ . Najveće nagibe pokazuju nizovi manjih greda između Ljubuškog polja, Rastoka i polja Jezerac ( $12^0$ - $32^0$  i  $32^0$ - $55^0$ ).

#### *4.2.1. Zavala Ljubuškog polja – sinklinala*

Oblikovana je između dvije velike rasjedne zone i to: regionalnog rasjeda Trilj–Tihaljina–Čapljina na sjeveroistoku i regionalnog reversnog rasjeda Zagvozd–Vrgorac–Metković na jugozapadu. Povezuju ih prateći rasjedi pružanja SI-JZ, okomiti na smjer prethodnih i normalnih pomaka. To su rasjedi transfera (transfer, tear faults) koji povezuju dva spomenuta desna horizontalna, i njima završava pull apart struktura Ljubuškog polja prema SZ i JI. Rezultiralo je to nastankom zavale polja u kršu Ljubuški u užem smislu, a duž jednog od dekarlnih horizontalnih rasjeda u nizu (echelonu) podijeljena je na Vitinsko polje i Hrašljansku zaravan (centripetalni tip drenažne mreže, upućuje na recentno spuštanje područja). (Musa 1999.).

#### *4.2.2. Vitinsko polje*

Izdvojeno je rasjedima podno gorskog hrpta Kruševice (sjeverni i južni). Duž njih došlo je do oblikovanja Vitinskog polja u vidu pull-apart strukture prosječne visine oko 80 m. Ograničeno je Vitinsko-Ljubuškom gredom na sjeveru i gredom Kruševice na jugoistoku, te Ljubeča na sjeverozapadu. Dno zavale Vitinskog polja u njegovom središnjem dijelu je prekriveno riječnim naplavinama. Kod Klobuka se javljaju izvorske taložine predstavljene sedrom.

U okviru korita Mlade koja otječe poljem, a nastavak je Tihaljine, ustanovljen je niz sedrenih, travertinskih pregrada uz koje su oblikovani oblici brzaci i slapovi (bukovi). Dok Tihaljina u okviru svoje doline otječe mehanizmom voda gornjeg toka (usijecanje), između Klobuka i krajnjeg sjeverozapadnog djela Vitinsko-Ljubuške grede zbog utjecaja dijagonalnog rasjeda sjeverozapad-jugoistok, smičućeg obilježja, rijeka mijenja smjer otjecanja u pravac SSZ-JJI te dalje uzvodno ponovno u smjer SZ-JI. Vitinsko polje predstavlja akumulacijsku strukturu koja se sastoji od plavine na sjeverozapadu, naplavne ravnice uz Mlade i glacisa u podnožju Vitinsko-Ljubuške grede. Prema svemu sudeći dijagonalni rasjed

sjeverozapad–jugoistok, uvjetovao je sporije spuštanje jugoistočnog dijela dna zavale u prostoru Hrašljanske zaravni. Upravo zato, u uzdužnom profilu vodotoka dolazi do oblikovanja pregiba i povećanja nagiba korita, rijeka je u tom dijelu polja, između Lisica i Pavlovića (Stubica) usjekla kanjonsku dolinu u Hrašljanskoj zaravni. Vodotok se u tom dijelu naziva Trebižat i ima izrazito neusuglašen profil s nizom pregiba, koji su utjecali na oblikovanje vodopada Kravica (visine 30-40 m), i vodopada kod Pavlovića (Stubica). Kako su unutar kanjona sedrene barijere utvrđene i na stranama kanjona, očito ih je u prošlosti bilo i više, pa su ujezerivali pojedine dijelove toka Trebižata. Danas te barijere, osim cjelovite pregrade kod Kravice, predstavljaju samo erozijske ostatke nekada cjelovitih pregrada, koje su jačanjem erozijske snage toka erodirane.

#### *4.2.3. Istočni dio zavale Rastoka*

Zavala polja Rastok predstavlja granično područje između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Oblikovana je slično kao i Vitinsko polje pa predstavlja pull-apart strukturu. Ima dinarski smjer pružanja. Duga je oko 7 km, a prosječno široka oko 2 km. Veći dio polja je u BiH (7,5 km<sup>2</sup>), a manji u RH (6,3 km<sup>2</sup>). Dno polja se kreće u visini od 62 m u RH, a 65 m u BiH. Polje je ispunjeno jezerskim i aluvijalnim taložinama. Dno polja je povremeno plavljeno. Znatnog utjecaja na oblikovanje dna ima tok Matice koja protječe poljem pravcem Z-SZ, I-JI, i nestaje u ponorima na suprotnoj strani polja.

#### *4.2.4. Zavala polja u kršu Jezerac*

U strukturnom smislu zavala polja Jezerac također je pull-apart struktura. Samo je svojim sjeveroistočnim dijelom u istraživanom području. Izdužena je pravcem zapad–sjeverozapad i istok–jugoistok u dužini od 8 km, s tim da je samo otprilike 3 km<sup>2</sup> u istraživanom području od ukupno 7 km<sup>2</sup> površine. Visine je 60-80 m. Zavala je dijelom ispunjena jezerskim naslagama i povremeno je plavljena.

### **4.3. Brdske grede**

#### *4.3.1. Brdska greda Grab*

Asimetrična brdska greda Grab oblikovana je uz aktivni reversni rasjed koji brazdi sjevernim podnožjem Kruševice prema istoku i duž

kojeg je greda izdignuta. Sjevernije je oblikovana potolina Vitinskog polja a južnije, brdska greda Grab.

#### 4.3.2. Brdska greda Humac

Asimetrična izdužena je u pravcu Z-SZ i I-JI u dužini od oko 9 km, a širine maksimalno oko 2 km. SI strana je položena ( $5^{\circ}$ - $12^{\circ}$ ), a JZ je strmija ( $12^{\circ}$ - $32^{\circ}$ ). Izdignuta je uz regionalni rasjed Zagvozd–Vrgorac–Metković.

### Sažetak

Istraživani prostor je na temelju načela homogenosti morfostrukturnih i morfogenetskih danosti mezogeomorfološka regija tzv. niska Hercegovina a u makrogeomorfološkom smislu pripada regiji Bila i Polja u zavali Ljubuškog polja. Izdvojiti se mogu dvije manje cjeline i to: zavala Ljubuškog polja i SZ dio zaravni Brotnjo s Ljubuško-Vitinskom gredom. Unutar navedenih reljefnih cjelina izdvojiti se može i niz mikrogeomorfoloških regija.

Na temelju morfografskih i morfometrijskih parametara mogu se razlikovati sljedeći oblici orografskog sklopa istraživanog prostora:

1. Zavala polja u kršu Vitinskog-Ljubuškog polja, Rastok, Jezerac i zavala polja u kršu Cerno;

2. Gorski hrptovi: Ljubeš i SI padina gorskog hrpta Orah;

3. Brdske grede: Humac, Grab, Ljubuško-Vitinska greda, Kosmaj i Borajna.

Istovremeno područje se nalazi, u širem smislu, na kontaktu geotektonskih cjelina Dinarida (Adriatika i Dinarika).

Adriatik je podvučen pod Dinarik, koji prema JZ najahuje na strukture adriatika. U nizu tektonski aktivnih faza jedna geogeneracija se nadovezuje na drugu odnosno jedna preoblikuje drugu. Značajno jest da su u geološkoj prošlosti reversni rasjedi djelomice preuzeli ulogu horizontalnih, što se u reljefnim odrednicama istraživanog prostora pokazalo u rotacijama struktura i na njima oblikovanog reljefa te oblikovanjem niza transpresijskih uzvišenja i transtenzijskih uleknuća koja reljefno prate pomake stijena duž oba krila horizontalnog rasjeda. Posljedica je to potiska Dinarida na Adriatik i podvlačenje Jadranske platforme pod Dinarik. Opći smjer potisaka tijekom krede i paleogena bio je JZ-SI i tad su se oblikovale geološke strukture i reljef obilježen pravcem pružanja SZ-JI. Tijekom neotektonske etape u neogenu i kvartaru dolazi do izmjene potiska, i Jadranska platforma



se počinje natiskivati na Dinarik u smjeru sjevera. Afirmiraju se desni horizontalni pomaci duž trasa prethodno ustrmljenih reversnih rasjeda, i dolazi do rotacije stijenskih blokova koji se prilagođavaju novom potisku. Desnim pomacima duž horizontalnih rasjeda koji krivudaju i koje često spajaju (povezuju) poprečni (antitetički) rasjedi lijevog i normalnog pomaka dolazi do razvlačenja (ekstenzije) koja je ishodila oblikovanjem većih i velikih jezerskih bazena, najčešće lećastog ili romboidalnog ocrta koji su raspoznati kao poseban oblik dinaridskih pull apart bazena dekolmanskog tipa. Jedan od njih je i šire područje Ljubuške zavale (Ljubuško, Vitinsko, Rastok i zavala Jezerac). Duž konveksnih (ispupčenih, izbočenih) partija trasa horizontalnih rasjeda javljaju se transpresijske strukture koje se raspoznaju kao nizovi (echeloni) asimetričkih brdskih greda (Ljubuško-Vitinska, Grab, Humac itd.). Brotnjanska zaravan kao dio nekadašnjeg pineplena mezozojske starosti se izdiže i slama (Hrašljanska zaravan i manja brdska uzvišenja). Usporedo s tim dolazi do ekshumacije karbonatne podloge denudacijom jezerskih naslaga, pa je zaravan ponovo izložena okršavanju i oblikovanje novih ili proširivanju fosilnih uvala, dôca, ponikava, plitica, škrapa otkrivenih nakon ekshumacije. Nekadašnja vjerojatno povezana riječna mreža na zaravni tim pokretima postaje kaotična. Jedini riječni tok s manjim pritocima (Tihaljina–Mlade–Trebižat) vezana je za zavalu pull-apart strukturu Ljubuškog polja, gdje je oblikovana fragmentirana naplavna ravan. Nizvodno odnosno uzvodno od zavale tok ima različite lokalne nazive. Na razmjerno spuštenoj Hrašljanskoj zaravni Trebižat je oblikovao kanjon sa sedrenim barijerama i pregebima (Koćuša i Kravica) a uzvodno od suženja kod Klobuka usku duboku riječnu dolinu do Peć-Mlina.

### **Zaključak**

Istraživani prostor obilježen je složenim reljefom. Razlikuju se dvije reljefne cjeline: SZ dio Brotnjanske zaravni i geomorfološki vrlo diferencirana zavala Ljubuškog polja. Njezin nastanak rezultat je prvenstveno složenog strukturno-geološkog razvoja od mezozoika pa na ovamo. U okviru naznačenog razdoblja posebnu važnost ima neotektonska etapa (neogen i kvartar) u kojoj je konačno oblikovana današnja struktura reljefa Ljubuške zavale (pull-apart struktura) dok je Brotnjanska okršena zaravan dio nekadašnjeg mezozojskog pineplena - Dinarske karbonatne platforme.

**STRUKTURGEOMORPHOLOGISCHE MERKMALE  
DES BECKENS VON LJUBUŠKO POLJE,  
DES NORDWESTLICHEN TEILS DES PLATEAUS  
BROTNJO UND BERGKAMMS  
VON LJUBUŠKI-VITINA**

*Zusammenfassung*

Mittels einer morphotostrukturellen Analyse wurden die Merkmale und geomorphologische Entwicklung im Raum des Beckens von Ljubuški, des Bergkamms von Ljubuški-Vitina und des nordwestlichen Teils des Plateaus Brotnjo definiert.

Das untersuchte Gebiet stellt aufgrund der Homogenitätsprinzipien der morphotostrukturellen und morphogenetischen Gegebenheiten der Regionen die sog. niedrige Herzegowina dar, und in makrogeomorphologischem Sinne gehört es zum Gebiet Bila und Polja im Becken von Ljubuško Polje. Es sind zwei kleinere Einheiten abzutrennen, und zwar: das Becken von Ljubuško Polje und der nordwestliche Teil des Plateaus Brotnjo mit dem Bergkamm von Ljubuški-Vitina. Die genannten Einheiten sind in eine Reihe von mikrogeomorphologischen Regionen zu untergliedern.

Aufgrund morphographischer und morphometrischer Parameter sind folgende Formen des orographischen Gefüges im untersuchten Gebiet zu unterscheiden:

1. das Becken im Karst von Vitinsko-Ljubuško Polje, Rastok, Jezerac und das Becken des Feldes im Karst Cerno;
2. die Bergrücken: Ljubeš und der nordöstliche Hang des Bergrückens Orah;
3. die Bergkämme: Humac, Grab, der Bergkamm von Ljubuški-Vitina, Kosmaj und Borajna.

Gleichzeitig grenzt das Gebiet – im breiteren Sinne – an die geotektonischen Einheiten der Dinariden (Adriatik und Dinarik).

**Stichwörter:** Geomorphologie, Entwicklung, morphotostrukturelle Analyse, die Arten der Morphostruktur, das Becken, der Bergkamm und das Plateau im Karst.

## Literatura

1. ANDERSON, H. and JACKSON J., 1987: Active tectonics of the Adriatic region. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 91, p. 937-983
2. BOGNAR, A. (1980): Tipovi reljefa kontinentalnog dijela Hrvatske, *Spomen zbornik 30. obljetnice GDH*, GDH Zagreb
3. BOGNAR, A. (1994): Neke od temeljnih značajki razvoja fedimenata u gorskoj zoni Vanjskih Dinarida, *Geografski glasnik* 56, Zagreb.
4. BUŠATLIJA, I. (1972): Kras Bosne i Hercegovine sv. 16/17, str. 5, *Geografski pregled*, Geografsko društvo BiH, Sarajevo.
5. BUŠATLIJA, I. (1975): Geneza i morfologija kvartarnih naslaga u BiH, *Geografski pregled* sv. 18/19 (1974/1975) str. 3, Geografsko društvo BiH, Sarajevo.
6. BUŠATLIJA, I. (1982): Enciklopedija Jugoslavije, knjiga 2, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb.
7. GAMS, I., ZEREMSKI, M., MARKOVIĆ, M., LISENKO, S., BOGNAR, A. (1985): Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ u razmeru 1:100 000, Naučno veće međurepubličko-pokrajinskog projekta za geomorfološko kartiranje, Institut "Jovan Cvijić", SANU, Beograd.
8. HERAK, M. (1991): A new concept of geotectonics of the Dinarides, *Acta geologica*. Vol. 16, br. 1(1986), Zagreb.
9. MAGAŠ, N., MARINČIĆ, S., BENČEK, Đ. (1979): Osnovna geološka karta 1:100 000, tumač za list Ploče, K 33-35, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
10. MCKENZIE, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
11. MIHLJEVIĆ D., (1993.): Geomorfološke značajke primorske padine gorskog hrpta Biokova, *Ekološke monografije 4 – Zbornik radova sa kongresa održanog od 11. do 16. listopada 1993. u Makarskoj*, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.
12. MIHLJEVIĆ, D. (1995): Strukturno-geomorfološka interpretacija reljefa u neotektonskoj etapi na području sjeverozapadnog dijela vanjskih Dinarida, *Acta Geographica Croatica*, vol. 30, Geografski odsjek Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
13. MUSA, S. (1999): Primjena kartografskih metoda u strukturnoj geomorfologiji na primjeru zapadne Hercegovine, doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
14. PRELOGOVIĆ, E., KUK, V., BULJAN, R., TOMLJENIĆ, B., SKOKO, D., (1999): Recent tectonic movements and earthquakes in Croatia, *Zbornik međunarodnog simpozija za geofiziku i geodeziju*, Dubrovnik.

15. PRELOGOVIĆ, E., PRIBIČEVIĆ, B., DRAGIČEVIĆ, I., BULJAN, R., TOMLJENović, B. (2001): Recentni strukturni sklop Dinarida, INA NAFTAPLIN (Klasa 603-05-022/01), Zagreb.

16. PRELOGOVIĆ, E. (2005): Strukturno-geološka karta dijela Rilića i Vrgoračkog polja

17. RAIĆ, V., PAPEŠ, J. (1971): Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list "Metković", K 33-36, Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod Beograd, 1977.

18. SYLVESTER, A. G., (1989) Strike-Slip Tectonics, geol. Soc. of america bull. 100, 1666-1703

19. ŠIMUNOVIĆ, V. (2007): Geomorfološke značajke prostora Županije zapadnohercegovačke, doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.