

Geomorfološka obilježja većih polja u kršu Dinarida

Pilepić, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:268703>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Petra Pilepić

Geomorfološka obilježja većih polja u kršu Dinarida

Diplomski rad

**Zagreb
2023.**

Petra Pilepić

Geomorfološka obilježja većih polja u kršu Dinarida

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistre geografije

**Zagreb
2023.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija; smjer: Fizička geografija s geoekologijom* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nevena Bočića

Sveučilište u Zagrebu
 Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geografski odsjek

Diplomski rad

Geomorfološka obilježja većih polja u kršu Dinarida

Petra Pilepić

Izvadak:

Polje u kršu može se definirati kao velika depresija ravnog dna i strmih padinskih strana s pripadajućim krškim drenažnim sustavom. U Dinaridima, kao i u svijetu, postoji velik broj polja u kršu od kojih su tek poneka detaljnije istražena. Cilj ovog rada je doprinijeti spoznajama o poljima u kršu te na odabranim poljima utvrditi njihove granice odnosno rubove dna i zavale, provesti analizu morfometrijskim metodama te izraditi pregledne geomorfološke karte. U radu su analizirana tri polja u kršu: Kravsko, Livanjsko i Duvanjsko polje. Određeni su glavni parametri za definiranje rubova dna i zavale polja, a to su: nagib padina, profilna zakrivljenost i topografski pozicijski indeks (TPI). Preklapanjem spomenutih parametara te njihovom usporedbom s pomoćnim podlogama (topografska karta, hipsometrijska karta, karta ekspozicija i sjenčani reljef) digitalizirane su granice ruba dna i zavale gledanih polja. Provedena je analiza morfometrijskih parametara prema njihovoj klasifikaciji i udjelu površine koji zauzimaju u dnu i u zavali polja. Nakon toga, provedena je geomorfološka analiza te je izrađena pregledna geomorfološka karta promatranih polja s prikazom odabranih oblika.

47 stranica, 20 grafičkih priloga, 15 tablica, 24 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: polje u kršu, geomorfologija, topografski pozicijski indeks, Kravsko polje, Livanjsko polje, Duvanjsko polje

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić
 prof. dr. sc. Sanja Faivre
 izv. prof. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 10. 2. 2022.

Rad prihvaćen: 15. 6. 2023.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

Geomorphological characteristics of larger karst poljes in the Dinarides

Petra Pilepić

Abstract: A karst polje can be defined as a large depression with flat bottom and a steep basin with an associated karst drainage system. Both in the Dinarides, as well as in the world, there are a large number of karst poljes, only a few of which have been explored in detail. The aim of this thesis was to contribute to the knowledge about karst poljes and to determine their borders, i.e. the edges of the bottom and the basin, to carry out an analysis using morphometric methods and to create a geomorphological map overview. Three karst poljes were analyzed: Kravsko, Livanjsko and Duvanjsko polje. The main parameters for defining the edges of the bottom and the basin of the polje were determined, namely: slope inclination, profile curvature and topographic position index (TPI). By overlaying the mentioned parameters and comparing them with the auxiliary ones (topographic map, hypsometric map, exposure map and shadow relief), the borders of the edge of the bottom and the basin of the poljes were digitized. An analysis of morphometric parameters was carried out according to their classification and the share of the area they occupy in the bottom and on the basin of the polje. After that, a geomorphological analysis was carried out and an overview geomorphological map of the observed poljes was created, showing the selected forms.

47 pages, 20 figures, 15 tables, 24 references; original in Croatian

Keywords: karst polje, geomorphology, topographic position index, Kravsko polje, Livanjsko polje, Duvanjsko polje

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Associate Professor
Sanja Faivre, PhD, Full Professor
Mladen Pahernik, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 10/02/2022

Thesis accepted: 16/06/2023

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

Posebna zahvala ide izv. prof. dr. sc. Nevenu Bočiću za sve ideje, savjete i pomoć oko izrade ovog rada.

Također, veliko hvala mojoj sreći, mom Srećku, za maksimalno strpljenja i podrške te korisne ideje i savjete u svako doba dana i noći!

Hvala svima koji su upotpunili moje studentske dane i uljepšali mi visokoškolsko obrazovanje.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI OKVIR.....	2
2.1. Terminologija	2
2.2. Geneza i geomorfologija	2
2.3. Dosadašnja istraživanja	3
3. ISTRAŽIVANO PODRUČJE	6
4. METODE RADA.....	9
4.1. Definiranje ruba	9
4.3. Morfometrijska analiza	14
4.4. Geomorfološka analiza	14
5. REZULTATI	15
5.1. Dno i rub polja.....	15
5.2. Morfometrija	16
5.2.1. Hipsometrija	16
5.2.2. Nagib.....	22
5.2.3. Ekspozicija padina	27
5.2.4. Profilna zakrivljenost.....	32
5.2.5. Topografski pozicijski indeks.....	36
5.3. Geomorfološke karakteristike.....	41
6. RASPRAVA.....	46
7. ZAKLJUČAK.....	47
POPIS LITERATURE I IZVORA	48
Literatura	48
Izvori.....	49
PRILOZI	VII
Popis slika.....	VII
Popis tablica	VII

1. UVOD

Krš je specifičan reljef kojeg odlikuje manjak vode na površini, vodno bogatstvo u podzemlju te karakteristični krški reljefni oblici. Postanak krša, a tako i krških oblika uvjetuje postojanje topljivih stijena, vode kao agensa te pukotinske poroznosti. Kombinacijom prethodno nabrojanih uvjeta te mikroklimatskih specifičnosti područja, u prirodi nalazimo raznolike krške oblike, koji mogu biti podzemni, nadzemni te raznih veličina, od kamenica do krških zaravni.

U ovom radu fokus će biti na poljima u kršu na području Dinarida, njihovim geomorfološkim obilježjima te granici odnosno rubu polja. Polje u kršu ima brojne definicije, a jedna od sveobuhvatnijih je prema Nicodu (2003) koji definira polje u kršu kao vrlo veliku zatvorenu kršku depresiju zaravnjenog dna te strana strmog nagiba, unutar koje postoji drenažni sustav krških karakteristika. Usprkos postojećim definicijama u nekim je slučajevima teško odrediti jasnu razliku između polja u kršu, slijepih dolina i uvala, budući da se radi o relativno velikim krškim depresijama sličnih karakteristika koje mogu biti prisutne u svim navedenim formama (Frelih, 2003). U Dinarskom kršu postoji velik broj krških polja. Za ovo su istraživanje, kao primjeri, izabrana tri veća Dinarida: Livanjsko i Duvanjsko polje na području Bosne i Hercegovine te Krbavsko polje u Hrvatskoj. Izabrana su baš ova polja jer su najveća (Livanjsko polje u BiH) ili među većim poljima u državama u kojima se nalaze te kako bi se usporedile karakteristike polja s različitim dijelovima Dinarida.

Polja u kršu još su uvijek slabije istražene krški oblici mnogo nepoznanica i ponekim nesuglasicama među znanstvenom zajednicom. Svrha je ovog rada doprinijeti istraživanju i saznanjima o poljima u kršu. Cilj rada je na odabranim, karakterističnim poljima odrediti njihove granice (rubove), provesti analizu morfometrijskim metodama te izraditi pregledne geomorfološke karte.

2. TEORIJSKI OKVIR

2.1. Terminologija

Polje se kao krški termin prvi put javlja u izvješću o Bosni i Hercegovini (Mojsisowics, 1880, prema Gams, 2005). Riječ polje označava velik, zaravnjen prostor, te se u slavenskim jezicima upotrebljava i bez krške konotacije (Sweeting, 1972, Roglić, 1974 prema Ford i Williams, 2007). Iako je polje u kršu uvriježen krški termin, u Sloveniji se obično naziva *dolina* ili *dol* (Gams, 1994 prema Ford i Williams, 2007), dok se slične formacije diljem svijeta nazivaju *plans* u Francuskoj, *campo* u Italiji i Španjolskoj, *wangs* u Maleziji i *hojos* na Kubi (Ford i Williams, 2007). Budući da se prethodno spomenuti nazivi odnose i na formacije u tropskim krajevima, u literaturi krških područja uvriježio se naziv polja u kršu ili *karst poljes* (eng.) budući da je većina primarnih istraživanja, a tako i imenovanja počela na području Dinarida.

2.2. Geneza i geomorfologija

Razni autori definiraju polje u kršu na drugačije načine te velik broj definicija uključuje neodređene pojmove kao što su većina, uglavnom, generalno itd. Ovakvo definiranje proizlazi iz neodređenih (širokih) kriterija ili pak individualnih razlika među samim poljima koji doprinose neujednačenosti definicija. Kako bismo detaljnije shvatili širinu stavki po kojima se polja međusobno razlikuju uzet ćemo za primjer veličinu polja u Dinaridima. Za početak, veličina polja nije jasno definirana. Cvijić (1893 prema Ford i Williams, 2007) uzima donju granicu od jednog kilometra, dok Gams (1973 prema Frelj, 2003, 114) tu granicu pomiče na najmanje 0,5 – 1 km. Treba naglasiti da na Dinaridima pronalazimo polja u kršu s dnom od 1 km² pa sve do oko 470 km². Smatra se da je dosad najveće opisano polje u kršu Jiloca polje u Španjolskoj koje zauzima površinu od 705 km² (Gracia i dr, 2002). Nadalje, većina polja u Dinaridima manja je od 50 km², dok su u svijetu prosječna polja još manja, manja od 10 km² (Ford i Williams, 2007).

Unatoč nekim neujednačenostima oko definiranja polja u kršu, potrebno je zadovoljiti ključne kriterije koji čine razliku između polja u kršu i njima sličnih oblika. Opće prihvaćeni kriteriji su oni Gamsa (1978 prema Ford i Williams, 2007):

1. dno polja mora biti ravno (ili terasasto) te stjenovito ili prekriveno nekonsolidiranim sedimentom kao što je aluvijalni sediment,
2. zatvoreno područje (eng. *basin*) sa strmo uzdižućim rubnim nagibom barem na jednoj strani,

3. krški drenažni sustav.

Poštujući navedene kriterije, Gams je također zaslužan za opširnu definiciju koja glasi (Gams, 1973 prema Frelj, 2003, 114): „polje je udubina u krškom području s neprekinutim višim obrubom i najmanje 0,5 - 1 km širokom ravnim dnom; u svom tipičnom obliku depresija ima strme padine i na njoj postoji površinski tok vode koji nestaje pod zemljom unutar same depresije.“

Prema navedenim kriterijima, Gams je odredio pet tipova polja u kršu (Gams, 1973, 1978, prema Ford i Williams, 2007): kontaktno polje, piedmont polje, periferno polje, poplavno polje i polje u razini vode temeljnice. Međutim, češća je podjela na samo tri osnovna tipa, izvedena iz prethodno navedenih pet tipova:

1. kontaktno/rubno (eng. *border*) polje,
2. strukturno (eng. *structural*) polje,
3. polje u razini vode temeljnice (eng. *baselevel polje*).

(1.) Kontaktno ili rubno polje, kao što i naziv kaže, nalazi se na kontaktu propusnih (krških) i nepropusnih (ne-krških) ili pak manje propusnih stijena. Voda iz tekućice je alogena, te dolazi od strane nepropusnih/slabije propusnih stijena okolnog reljefa. Zbog donesenog materijala, po dnu polja mogu se pronaći aluvijalni sedimenti. Ponor tekućice nalazi se na suprotnoj strani polja, na kontaktu s propusnim stijenama. Tamo tekućica ponire te nastavlja svoj tok u podzemlju.

(2.) Strukturno polje uvjetovano je geološkom građom u kojoj su stariji, nepropusni slojevi zbog tektonike izbili na površinu te su denudacijom zaravnjeni. Stariji slojevi okruženi su propusnim, reljefno višim stijenama, kroz koje se voda procjeđuje. Na kontaktu s nepropusnim stijenama voda izvire te protječe kroz polje prema ponoru na drugoj strani.

(3.) Polje u razini vode temeljnice nastaje kao posljedica snižavanja krškog reljefa, a samim time i približavanja vode temeljnice površini. Za vrijeme niskih voda, voda temeljnica prolazi kroz propusne stijene ispod razine površine te ispod samog polja. Za vrijeme visokih voda, razina vode temeljnice se povisi, te voda izvire i protječe kroz polje u smjeru hidrografske nule.

2.3. Dosadašnja istraživanja

Tematika polja u kršu, ali generalno i Dinarskog krša, zaintrigirala je brojne znanstvenike od kraja 19. stoljeća, pa sve do danas.

Srpski znanstvenik Jovan Cvijić (1865. – 1927.) ističe se pionirskim idejama o kršu, njegovom postanku i karakteristikama. U radovima često mijenja mišljenje i ideje te nema

konačan stav oko evolucije krškog reljefa. Ipak, zbog brojnih pionirskih ideja treba istaknuti neke od njegovih radova kao što je doktorska disertacija *Das Karstphänomen (njem.)* iz 1893. te *Karst*, Geografska monografija 1895. u kojoj piše o problematici krša, pojavnim oblicima u kršu kao što su ponikve, polja, slijepe doline te im daje primarnu definiciju i opis. Također, ističe primarno značenje litološke podloge i klimatskih faktora kao elemenata koji utječu na postanak krša te krške procese smatra specifičnim na vapnencima (Cvijić, 1895. prema Roglić, 1961). U radu *Glacijalne i morfološke studije o planinama Bosne, Hercegovine i Crne Gore* iz 1899. opisuje polja i uvale u kršu te njihov postanak objašnjava kao prijelaz ponikvi kroz uvale u polja u kršu (Cvijić, 1899 prema Roglić, 1961). Naposljetku, u radovima *Geomorfologija I* iz 1924. i *II* iz 1926. formira svoje završne ideje (Cvijić, 1926 prema Roglić, 1961).

Hrvatski znanstvenik i geograf Josip Roglić (1906. – 1987.) dao je svoj doprinos velikim brojem istraživačkih radova fizičko-geografskog karaktera, koje kasnije širi i na društveno-ekonomske karakteristike područja koja istražuje. U svojim radovima proučava evoluciju krškog reljefa na dinarskom području, posebno se fokusira na geomorfologiju, krške zaravni te polja u kršu. Od brojnih radova istaknut će se rad 'Čepićko polje' iz 1949., rad 'Za objektivniji i usklađeniji koncept geomorfologije' iz 1981. Također, istraživanjem polja u kršu fokusirao se na Imotsko, Kupresko, Vukovsko i Duvanjsko polje iz čega su proizašli radovi 'Antropogeografske osobine Imotskog polja' iz 1938. te rad 'Polja zapadne Bosne i Hercegovine' iz 1954. (Roglić, 1949, 1981, 1938, 1954 prema Roglić, 1966).

Sa svojim radovima i doprinosu akademskoj zajednici ističe se slovenski geograf i akademik Ivan Gams (1923. – 2014.). Gams je u mnogobrojnim radovima o kršu uspio definirati i utvrditi kriterije za određivanje polja u kršu (Gams, 1978, prema Ford i Williams, 2007; Gams, 1969) kao na primjeru rada 'Some morphological characteristics of the Dinaric karst', također je odredio tipove polja u kršu te odredio utjecaj poljoprivrede i ljudi na krške prostore (Gams i Garbovec, 1999; Gams, 2005). Autor je mnogobrojnih članaka i radova o kršu, speleologiji, koroziji, krškim procesima te je istraživao morfologiju krša u podzemlju na području Slovenije, ali i šire. Neki od njegovih najznačajnijih doprinosa znanstvenoj zajednici su: određivanje intenziteta korozije povezanim s tvrdoćom vode, zatim mjerenje i mogućnost uspoređivanja procesa karstifikacije pomoću diskova od vapnenca te na kraju doprinos geomorfologiji krša, posebno istraživanja i definiranja polja u kršu koji su međunarodno prihvaćeni. Među brojim radovima istaknut će se rad 'Geomorfologija krškog polja Globodola i okolice' iz 1959, rad 'Slovenska krška terminologija' iz 1973, te rad 'The polje: the problem of definition' iz 1978. (Gams, 1959, 1973, 1978 prema Kranjc, 2013).

Znanstvenici D. C. Ford i P. Williams (Ford i Williams, 2007) opširno pišu o kršu, njegovom postanku, kemijskom sastavu, krškim strukturama, hidrologiji, ljudskom utjecaju itd., te se između ostalog dotiču se i polja u kršu. Na temelju prošlih istraživanja detaljno objašnjavaju problematiku polja u kršu, brojne definicije, kriterije za određivanje polja te vrste polja.

Problematikom definiranja polja u kršu bavili su se i M. Frelih u radu 'Geomorphology of karst depressions: polje or uvala – a case study of Lučki dol' iz 2003. (Frelih, 2003) te J. Nicod u radu 'A little contribution to the karst terminology: special or aberrant cases of poljes?' iz 2003. (Nicod, 2003).

Problematikom definiranja ruba polja u kršu bavila se kolegica Vujaković (2013) u svom diplomskom radu 'Geomorfologija polja u kršu – primjer Koreničkog polja'. Autorica je u radu odredila četiri moguća parametra prema kojima se može odrediti granica polja u kršu. To su: a) rub dna polja, b) najviša zatvorena izohipsa, c) rub orografski definirane zavale i d) rub površinskog drenažnog bazena. Svaki od navedenih parametara ima svoje pozitivne, ali i ograničavajuće faktore.

Detaljnou morfološkom analizom Duvanjskog polja bavili su se D. Radoš, S. Lozić i A. Šiljeg u radu ' Morfološke značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina' iz 2012 (Radoš i dr., 2012).

Čečura i Bognar 1989. pišu rad 'Osnovna problematika morfogeneze denudacijskih i akumulacijskih nivoa u zavali Livanjskog polja' (Čečura i Bognar, 1989).

Bonacci je u svom radu pisao o poljima u kršu, njihovoj hidrologiji, ponorima te antropogenom utjecaju na polja (Bonacci, 2013).

Gracia i dr. pišu o jednom od najvećih polja u kršu Španjolske, analizirajući njegovu strukturu i tektoniku (Gracia i dr., 2002).

Bognar i dr. pišu o geomorfološkim obilježjima Hrvatske, s fokusom na razvoj krša, fluviokrš te geomorfološku regionalizaciju Hrvatske (Bognar i dr., 2012).

Primjena TPI-a (topografskog pozicijskog indeksa) u geomorfologiji detaljno je razrađena u radu 'Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes' (de Reu i dr., 2013)

Također, izrada TPI-a korak po korak objašnjena je u posteru A.D. Weiss-a 'Topographic Position and Landforms Analysis' (Weiss, 2001).

3. ISTRAŽIVANO PODRUČJE

Područje istraživanja vidljivo je na Sl. 1, a prikazano je šire područje Hrvatske i Bosne i Hercegovine te okolnih država unutar kojih je u žutom kvadratu istaknut položaj promatranih polja. Za izradu rada odabrana su tri polja u kršu na području Dinarida. To su: Krbavsko polje na području Republike Hrvatske te Livanjsko i Duvanjsko polje na području Bosne i Hercegovine. Izabrana su ova polja jer se svojom površinom i veličinom ističu među ostalim poljima Dinarida država u kojima se nalaze.

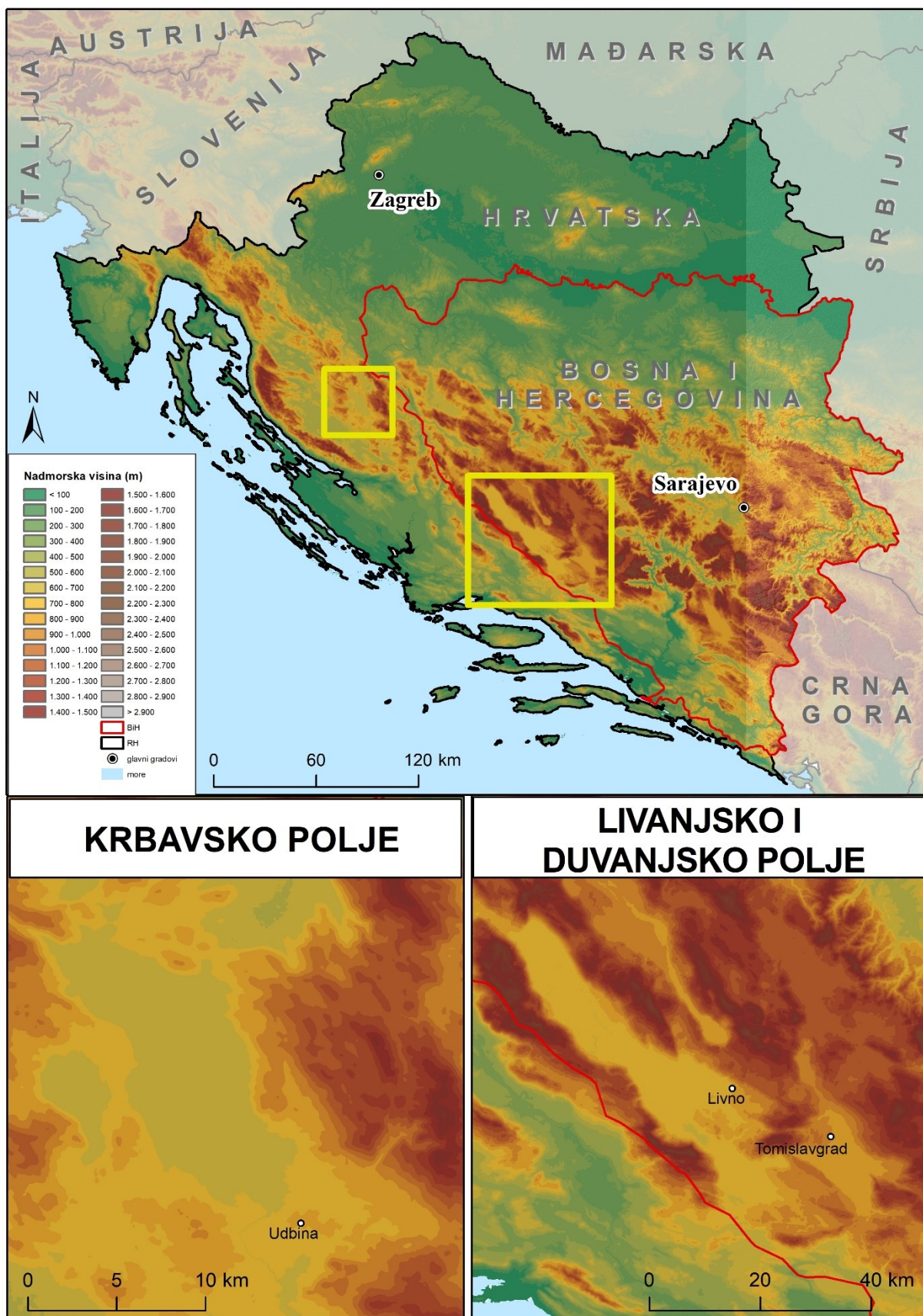
Krbavsko polje treće je po veličini u Hrvatskoj, poslije Ličkog i Gackog polja. Nalazi se na II dijelu Like te ima dinarsko pružanje u smjeru SZ-JI. Dugačko je oko 20 km, a u najširem dijelu široko je oko 7 km. Nalazi se na nadmorskoj visini od oko 700 metara, a njime teku ponornice Krbava, Krbavica i Karamanuša. S istočne strane omeđuje ga Plješivica (1657 m), sa sjeverozapadne Pišaćuša (1106 m) te Kozarica (1177 m), a sa zapadne niže krško gorje. Rubom polja prolaze državna cesta D25 Korenica-Bunić-Lički Osik-Gospić i D522 Korenica-Udbina-Lovinac. Najveće naselje na području polja je Udbina s 744 stan. (DZS, 2022). Dno polja pripada geološki najmlađem periodu, kvartaru te nalazimo naslage pleistocenske i holocenske starosti. Na dnu prevladavaju naslage kremenih pijesaka, proluvijalne ilovače, proluvijalnih pijesaka i šljunaka te aluvijalne naslage (Šušnjar i dr., 1973). Okolne stijene u zavalu polja pripadaju eri mezozoika. Najstarije naslage nalazimo južno od dna polja, a čine ih trijasni vapnenci, dolomiti, pješčenjaci, škriljavci i kvarcni konglomerati. Istočno i zapadno od središnjeg dijela dna prevladavaju naslage jurske starosti, ponajprije jurski vapnenci i dolomiti. Sjeverno od dna polja nalaze se dolomiti, vapnenci i breče kredne starosti. U središnjem dijelu zavalu polja nalaze se mlađi izolirani džepovi tercijarne starosti, a sadrže vapnenačku breču i konglomerate (Šušnjar i dr., 1973).

Livanjsko polje najveće je polje u Bosni i Hercegovini te se pruža u smjeru SZ-JI na zapadu BiH. Dugačko je oko 50 km, a široko oko 10 km. Nalazi se na nadmorskoj visini od oko 700 m, a njime protječu ponornice Plovuča i Jaruga. Polje je sa sjeveroistočne strane omeđeno planinama Staretina (1633 m), Velika Golija (1892 m) i Krug, a na zapadu s Dinarom (1855 m). Poljem prolazi magistralna cesta M6.1 Bosansko Grahovo-Livno te M16. Najveće naselje na području polja je Livno s 7 927 stan. (Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, 2013).

Duvanjsko polje nalazi se na zapadu BiH, istočno od Livanjskog polja. Površinom je manje te nema toliko izraženo dinarsko pružanje. Dugačko je oko 15 km, a široko oko 19 km te se nalazi na nadmorskoj visini od 800 do 900 metara. Poljem protječe rijeka Šuica. Najveće

naselje je Tomislavgrad s 5 587 stan. (Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, 2013). Rubom polja pruža se nastavak ceste M6.1.

Uže područje Livanjskog i Duvanjskog polja sličnih su geoloških karakteristika. Prema geotektonskoj podjeli BiH možemo podijeliti na Vanjske, Unutarnje i Središnje Dinaride (Čičić, 2002 prema Radoš i dr., 2012). Livanjsko i Duvanjsko polje pripadaju pojasu Vanjskih Dinarida odnosno zoni 'Visokog krša'. Dna polja geološki su mlađeg postanka te na njima prevladavaju naslage miocenske starosti, a građena su od lapora, gline, slojeva ugljena, vapnenaca, konglomerata i slatkovodnih jezerskih sedimenata. Na istočnom i zapadom kraju Duvanjsko je polje prekriveno kvartarnim naslagama. Središnji i sjeverozapadni dio Livanjskog polja također je prekriven kvartarnim naslagama, u kojima prevladavaju pijesak, šljunak, glina, ilovača, pješčenjaci, konglomerati i barski sedimenti (Čičić n.d.). Polja su okružena planinama starijeg geološkog postanka. Najveći dio oko dna oba polja kredne je starosti, a od naslaga prevladavaju krednjaci, breče, dolomiti, lapori i konglomerati. Sjeverno te istočno od središnjeg dijela dna Livanjskog polja te istočno od dna Duvanjskog polja nalaze se naslage jurske starosti. Prevladavaju naslage slojevitih vapnenaca i dolomita. Naslaga iz trijasa ima malo, SZ od dna Duvanjskog polja, a prevladavaju naslage vapnenaca i dolomita. JI od Livanjskog i J od Duvanjskog polja nalaze se mlađe naslage iz tercijara, a prevladavaju konglomerati, pješčenjaci, lapori i vapnenci (Čičić, n.d.).



Sl. 1: Karta područja istraživanja: položaj Krbavskog, Livanjskog i Duvanjskog polja unutar Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine

4. METODE RADA

Pri izradi rada korištena je relevantna literatura i sekundarni izvori podataka. Za dobivanje rezultata i analizu koristili su se programi QGIS desktop verzije 3.22.16, ArcMap 10.3.1. i Excel 2016. Podaci o digitalnom modelu reljefa preuzeti su s Copernicus land portala, EU-DEM v1.1 za područje E40N20 i E50N20 u rezoluciji 25x25 metara. Za prikaz je korištena Lambertova azimutalna projekcija u referentnom sustavu ETRS89. Za analizu geološke podloge za Hrvatsku preuzeta je Hrvatska osnovna karta – list Udbina 1:100 000 s Hrvatskog geološkog instituta (Šušnjar i dr., 1973). Topografska karta korištena kao podloga za Krbavsko polje preuzeta je s Geoportala Državne geodetske uprave (DGU, 2010). Za analizu geološke podloge BiH preuzeta je geološka karta Bosne i Hercegovine 1:300 000 (Čičić, n.d.). Od topografskih karata BiH preuzeto je 18 listova u mjerilu 1:25 000 koji prekrivaju područje Livanjskog i Duvanjskog polja (Vojnogeografski institut, n.d.).

4.1. Definiranje ruba

Granica polja u kršu može se razmatrati kao rub dna samog polja i rub zavale polja (Vujaković, 2013).

Rub dna (RD) označuje najmanju površinu polja te je koristan za izdvajanje dna, padina i procesa koji se odvijaju na njima. Problem kod RD je što isključuje rubne padine polja, time je i dio geomorfoloških procesa isključen. Također, zbog denudacije i formiranja plavina, granica RD nije uvijek oštra i jasno vidljiva (Vujaković, 2013).

Rub zavale (RZ) pak obuhvaća dno i sve padine koje su orijentirane prema dnu polja te imaju strmiji, izraženiji nagib. Rub je određen pregibom na padinama koje okružuju polje, a najčešće se nalazi između zaravnjene površine i nagnute padine. Taj pregib je ostatak nekadašnje zaravni, koja se zbog tektonike i denudacije razlomila. Međutim, tektonika i denudacija zaslužna je za slabo prepoznavanja pregiba, budući da je zbog tih faktora pregib na dijelovima slabo izražen ili čak neprepoznatljiv (Vujaković, 2013).

Za određivanje RD i RZ -a kao glavni kriteriji korišteni su sljedeći pokazatelji:

1. promjene u nagibu,
2. zakrivljenost padina i
3. TPI (*topographic position index*).

Kao pomoćne podloge korištene su topografska karta 1:25000, hispometrijska karta, karta ekspozicije te sjenčani reljef.

Nagib padina određuje kut koji zatvara ploha padine s horizontalnom ravninom. Promjena u nagibu pratit će se pomoću funkcije *Slope*, a nagib će se klasificirati prema međunarodno prihvaćenim kategorijama geomorfološke klasifikacije nagiba padina s dominantnim morfološkim procesima (Demek, 1972 prema Lozić, 1996):

1. $0^{\circ} - 2^{\circ}$ ravnice; kretanje masa se ne opaža,
2. $2^{\circ} - 5^{\circ}$ blago nagnuti teren; blago spiranje,
3. $5^{\circ} - 12^{\circ}$ nagnuti teren; pojačano spiranje i kretanje masa,
4. $12^{\circ} - 32^{\circ}$ jako nagnut teren; snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa,
5. $32^{\circ} - 55^{\circ}$ vrlo strm teren; dominira destrukcija,
6. $>55^{\circ}$ strmci, litice; urušavanje.

Promjena u nagibu bit će vidljiva na prijelazu dna polja prema strmim stranama polja. Problem ovog kriterija je nejasna linija granice, ponekad prekrivena sedimentom ili vegetacijom. Također, u nekim slučajevima padine oko polja nisu simetrične to jest nagib je izražen na jednoj strani, dok na suprotnoj nema nagiba na istoj razini.

Zakrivljenost prikazuje u kakvom su odnosu zakrivljenost padine u usporedbi s imaginarnom pravocrtnom linijom duž padine, a predočit će se putem funkcije *Curvature*. Zakrivljenost se najčešće dijeli na profilnu i planarnu, a za potrebe ovog rada naglasak je na profilnoj zakrivljenosti. Profilnu zakrivljenost čini zakrivljenost padine u smjeru najvećeg nagiba, a padine mogu biti konkavne, konveksne te ravne odnosno uravnotežene. Konkavne padine (udubljene) prikazuju relativno zrelije padine izložene akumulaciji. Njihove se vrijednosti na profilnoj zakrivljenosti prikazuju pozitivno. Konveksne padine (izbočene) smatraju se relativno mlađim padinama te se njihove vrijednosti prikazuju negativno. Planarna zakrivljenost prikazuje zakrivljenost plohe padine okomite na smjer najvećeg nagiba te plohe mogu biti divergentne (pozitivne – područja grebena i kosa) i konvergentne (negativne – slijevna područja).

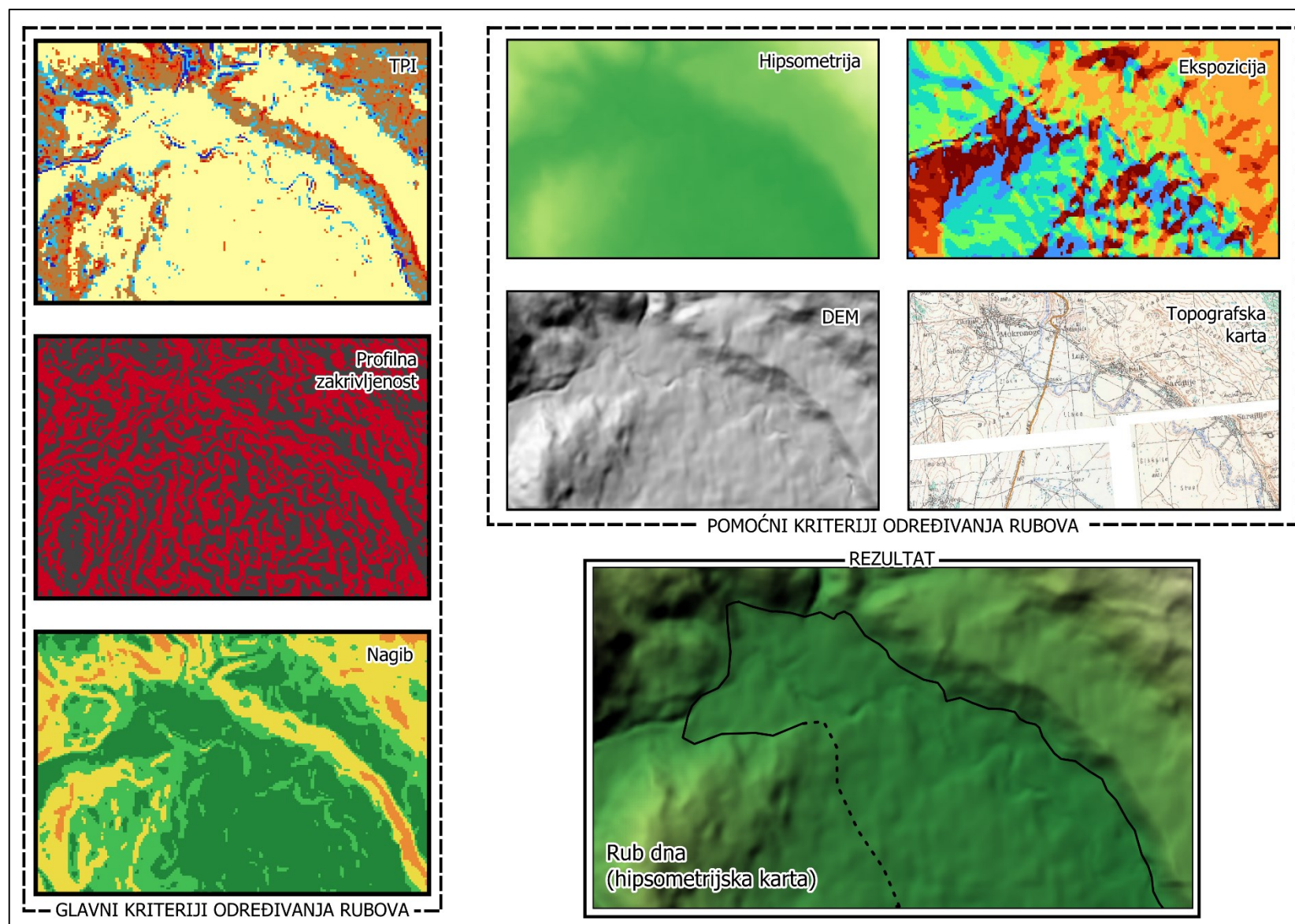
Topografski pozicijski indeks (TPI, eng. *Topographic position index*) mjeri relativni topografski položaj središnje točke kao razliku između visine u toj točki i srednje visine (*Mean elevation*) unutar unaprijed određenog susjedstva (de Reu i dr., 2012). Koristi se za mjerenje nagiba padina te njihovu klasifikaciju. Jedini potrební input za izračunavanje TPI-a je digitalni model reljefa (DEM). TPI se može izračunati na više načina koristeći ArcMap i QGIS softvere, u ovom radu koristit će se dva. Prvi je putem funkcije *Raster calculator* tako da iz svojstva (*Properties*) iščitamo vrijednost srednje visine (*Mean*) za DEM područja istraživanja te pomoću funkcije *Raster calculator* oduzmemo DEM od vrijednosti srednje visine. Nakon toga, u svojstvima treba iščitati vrijednost standardne devijacije, koja je potrebna za klasifikaciju TPI

sloja. Ovim načinom TPI se dobije brzo i jednostavno, a preciznost ovisi o detaljnosti DEM-a. Prikaz je generaliziran u odnosu na drugu metodu, ali se može izračunati i u ArcMap-u i u QGIS-u. Druga metoda izračunata je pomoću funkcije *Topographic position index* (TPI) u QGIS-u. Kao input također se stavi sloj DEM-a. Kad se funkcija izvrsti, iz svojstva (*Properties*) TPI sloja se iščita vrijednost standardne devijacije (*Statistics_stddev*). Standardna devijacija se koristi za određivanje klasa TPI-a, a način klasifikacije jednak je za obje metode dobivanja TPI-a. Klasifikacijom (Weiss, 2001) se sloj podijeli u šest razreda uzimajući u obzir standardnu devijaciju i nagib, a prikazuju se spektrom boja od tamno plave koja označuje doline, preko žute koja označuje zaravnjen prostor, do crvene koja označuje područja hrbata. Kategorije, odnosno razredi su sljedeći:

1. kategoriju čine vrijednosti manje od jedne negativne standardne devijacije te označuje doline (*valleys, eng.*).
2. kategoriju čine vrijednosti veće ili jednake -1 do manje od -0.5 standardne devijacije te prikazuju niže nagibe (*lower slopes, eng.*).
3. kategorija ima vrijednosti veće ili jednake od -0.5 do manje ili jednako od 0.5 *St.dev.* te nagib manji ili jednak 5 stupnjeva, a prikazuje zaravnjene površine (*flat slopes, eng.*).
4. kategorija ima vrijednosti veće ili jednake od -0.5 do manje ili jednako od 0.5 *St.dev.*, ali joj je vrijednost nagiba veća od 5 stupnjeva te prikazuje područja kontinuiranog nagiba jednake vrijednosti (*middle slope, eng.*).
5. kategorija ima vrijednosti veće od 0.5 do manje ili jednako 1 *St.dev.* te prikazuje područja većeg nagiba (*upper slope, eng.*).
6. kategorija ima vrijednosti veće od 1 *St.dev.* te prikazuje hrbat (*ridge, eng.*).

Poslije kategorizacije TPI-ja treba uračunati i nagib, a 3. i 4. kategorija ga jedine koriste kao dodatan kriterij klasifikacije. One prikazuju kontinuirani jednolični nagib među kojima postoji razlika prikazuju li zaravnjen prostor, u slučaju nagiba manjeg od 5 stupnjeva ili kontinuirani nagib veći od 5 stupnjeva. Kako bi se odredio zaravnjen prostor za potrebe ovog rada, sloj nagiba (*Slope*) se pretvara u poligone te uz izdvajanje ćelija vrijednosti manje ili jednake 5 stupnjeva. Dobiveni sloj se ponovno spaja (*Merge* ili *Dissolve*) te kategorizira po istim kriterijima. Ovim putem, uz promjenu boje ovog sloja, jasno se razlikuju slojevi 3. i 4. kategorije. Ovakav prikaz TPI-a je vrlo detaljan, a rezultat ovisi o kategorizaciji.

Samo digitaliziranje i povlačenje linije RD i RZ je subjektivno te bi različiti autori vjerojatno dobili malo drugačije rezultate. Iz tog razloga RD i RZ prikazan je s dvije vrste linije; punom i iscrtkanom linijom. Puna linija označava mjesta gdje je RD i RZ jasno vidljiv na temelju preklopljenih slojeva te je prikaz više objektivan. Isprekidana linija označava mjesta gdje RD i RZ nije moguće jasno odrediti te prikazuje subjektivnu procjenu granica RD i RZ. Proces nastanka linije ruba dna i zavale shematski je prikazan na Sl. 2



Sl. 2: Shematski prikaz postupka iscrtavanja ruba dna i ruba zavale

4.3. Morfometrijska analiza

Pri analizi područja istraživanja provela se kvantitativna, odnosno morfometrijska analiza reljefa. Morfometrijom se određuju veličinski parametri reljefa, a kao glavni izvor podataka koriste se topografske karte i digitalni model reljefa.

Za potrebe ovog rada provela se analiza parametara opće morfometrije, a to su: hipsometrija, ekspozicija, nagib, zakrivljenost padina te topografski pozicijski indeks (TPI). Na temelju morfometrijskih analiza izračunala se i usporedila površina dna polja, površina zavale polja te visina granice ruba dna i zavale polja. Analizirani su morfometrijski parametri s obzirom na njihovu klasifikaciju i udio površine koji zauzimaju u dnu i u zavali polja.

4.4. Geomorfološka analiza

Geomorfološkom analizom utvrđuju se dominantni procesi koji oblikuju određeno područje, a očituju se u reljefnim oblicima karakterističnim za svaki tip reljefa. Na promatranom području zbog prisutnosti topljivih stijena razvijaju se krški, fluviokrški, fluvijalni, fluviodenudacijski i padinski tipovi reljefa.

Za potrebe ovog rada izrađena je pregledna geomorfološka karta promatranih polja. Na temelju topografske karte te nagiba, hipsometrije i izohipsi, označili su se odabrani reljefni oblici. Oblici prikazani na kartama su jaruge, proluvijalne plavinae, tokovi, izvori i ponori. Analiziran je prostorni raspored navedenih oblika te je utvrđen smjer otjecanja tekućica.

5. REZULTATI

5.1. Dno i rub polja

Dno Krbavskog polja (Tab. 1) zauzima površinu od skoro 90 km², a omeđuje ga rub polja dug gotovo 60 km. Zavala polja je skoro duplo veća od dna te zauzima površinu od 169 km² s rubom dugim 80 km. Krbavsko polje najmanje je od promatranih polja.

Tab. 1: Statistički podaci dna i zavale Krbavskog polja

Krbavsko polje	Površina (km ²)	Duljina ruba (km)	Najniža točka (m)	Najviša točka (m)	Prosječna visina (m)
Dno	89,0	59,3	621	823	722
Zavala	169,2	79,9	621	1009	816

Dno Livanjskog polja (Tab. 2) prekriva površinu od 393 km², a omeđeno je rubom dugim 182 km. Zavala polja zauzima površinu malo manju od 600 km² s rubom dugim 212 km. Livanjsko polje najveće je polje od promatranih s površinom dna više od četiri puta većom, a zavalom tri puta većom od Krbavskog polja.

Tab. 2: Statistički podaci dna i zavale Livanjskog polja

Livanjsko polje	Površina (km ²)	Duljina ruba (km)	Najniža točka (m)	Najviša točka (m)	Prosječna visina (m)
Dno	393,4	181,7	693	755	724
Zavala	596,8	211,7	693	1278	986

Dno Duvanjskog polja (Tab. 3) zauzima površinu od 113 km², a zatvara ga rub dug 70 km. Zavala polja prekriva površinu od 218 km², s rubom dugim 91 km. Duvanjsko polje po veličini nalazi se između Krbavskog i Livanjskog polja, makar je površinom sličnije Krbavskom polju.

Tab. 3: Statistički podaci dna i zavale Duvanjskog polja

Duvanjsko polje	Površina (km ²)	Duljina ruba (km)	Najniža točka (m)	Najviša točka (m)	Prosječna visina (m)
Dno	113,16	70,6	854	934	894
Zavala	218,51	91,15	854	1314	1083

5.2. Morfometrija

5.2.1. Hipsometrija

Krbavsko polje (Sl. 3) nalazi se na nadmorskoj visini između 600 i 1000 metara. Najniža točka dna polja (Tab. 1) nalazi se na 621 m, a najviša na 823 m, uz prosječnu visinu dna polja od 722 m. Dno polja, posebno njegov sjeverni i središnji dio, očekivano se nalaze na najnižem području visine do 700 m koje zauzima čak 91 % površine dna (Tab. 4). U središnjem dijelu mogu se vidjeti poneki humci te korito Krbave i Krbavice. Jugoistočni dio reljefno je viši od ostatka polja. Nalazi se na nadmorskoj visini između 700 i 800 m zauzimajući 8 % površine dna. Krajnji JI dio još se više uzdiže prema velikoj jaruzi te se taj dio nalazi na visini od 800 do 900 m, a zauzima samo 0,12 % površine dna. Ova velika jaruga uzdiže se visoko u obronke Plješivice te donosi materijal na polje. Njena proluvijalna plavina jedan je od mogućih razloga zbog kojih je JI dio polja viši te plavina označava kraj dna polja. Može se pretpostaviti da je dno polja nekad bilo veće te da je plavina zatrpala dio dna polja na istočnoj strani, koji je u ovom istraživanju obuhvaćen zavalom.

Zavala polja (Tab. 1) doseže 1009 m, a prosječna visina zavale iznosi 816 m. Izuzev dna polja, najveći dio zavale (Tab. 4) koji zauzima 25 % površine proteže se između 700 i 800 m, te čini prijelazni dio između dna polja i viših predjela. Zavala polja prati reljef, a okolne planine i uzvisine omeđuju granicu same zavale. Zavala je u središnjem dijelu uža i bliža samom dnu polja te reljefno niža. U sjeverozapadnom dijelu je izduženija, te doseže reljefno više predjele dok se u južnom i jugoistočnom dijelu širi dosta dalje od samog dna polja.

Tab. 4: Hipsometrijski podaci dna i zavale Krbavskog polja

Krbavsko polje		Dno		Zavala	
	Hipsometrija (m)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<700)	81,43	91,50	100,12	59,19
2.	(700-800)	7,45	8,37	42,34	25,03
3.	(800-900)	0,11	0,12	23,08	13,64
4.	(900<)	-	-	3,61	2,13

Livanjsko polje (Sl. 4; Tab. 5) prostire se na nadmorskoj visini između 700 i 1300 metara. Najniža točka dna polja (Tab. 2) je 693 m, a najviša točka je 755 m. Dno polja nalazi se na području jednolične nadmorske visine, koja u prosjeku iznosi 724 m. U središnjem dijelu polja vidljivi su humci, korita rijeke te pokoja aluvijalna plavima. Reljefno niže područje nalazi se u središnjem dijelu te prati rijeku Jarugu i na južnom dijelu gdje se nalazi Lipsko jezero. Ovo područje niže je od 700 m te zauzima samo 2,7 % površine dna. Na samom jugu dna polja nalazi se jezero Buško blato omeđeno nižim reljefnim uzvisinama.

Zavala polja (Tab. 2) proteže se do 1278 metara, a prosječna visina zavale iznosi 986 m. Izuzevši dno polja, najveći dio zavale (Tab. 5) spada u razred od 800 do 900 m, te zauzima skoro 11 % površine zavale. Zavala je u središnjem dijelu strogo omeđena gorjem, te se blago širi paralelno s dnom polja. U ovom dijelu zavale nalaze se maksimalne vrijednosti n.v. koje površinom prekrivaju najmanji udio. U sjeverozapadnom dijelu zavala je blago izdužena u odnosu na dno te doseže 1000 m n.v. Južni dio zavale prekrivaju niža gorja koja se uzdižu oko Buškog blata.

Tab. 5: Hipsometrijski podaci dna i zavale Livanjskog polja

Livanjsko polje		Dno		Zavala	
	Hipsometrija (m)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<700)	10,61	2,70	11,32	1,90
2.	(700-800)	382,79	97,30	489,43	82,02
3.	(800-900)	-	-	64,16	10,75
4.	(900-1000)	-	-	21,27	3,56
5.	(1000-1100)	-	-	7,13	1,19
6.	(1100-1200)	-	-	2,47	0,41
7.	(1200<)	-	-	0,96	0,16

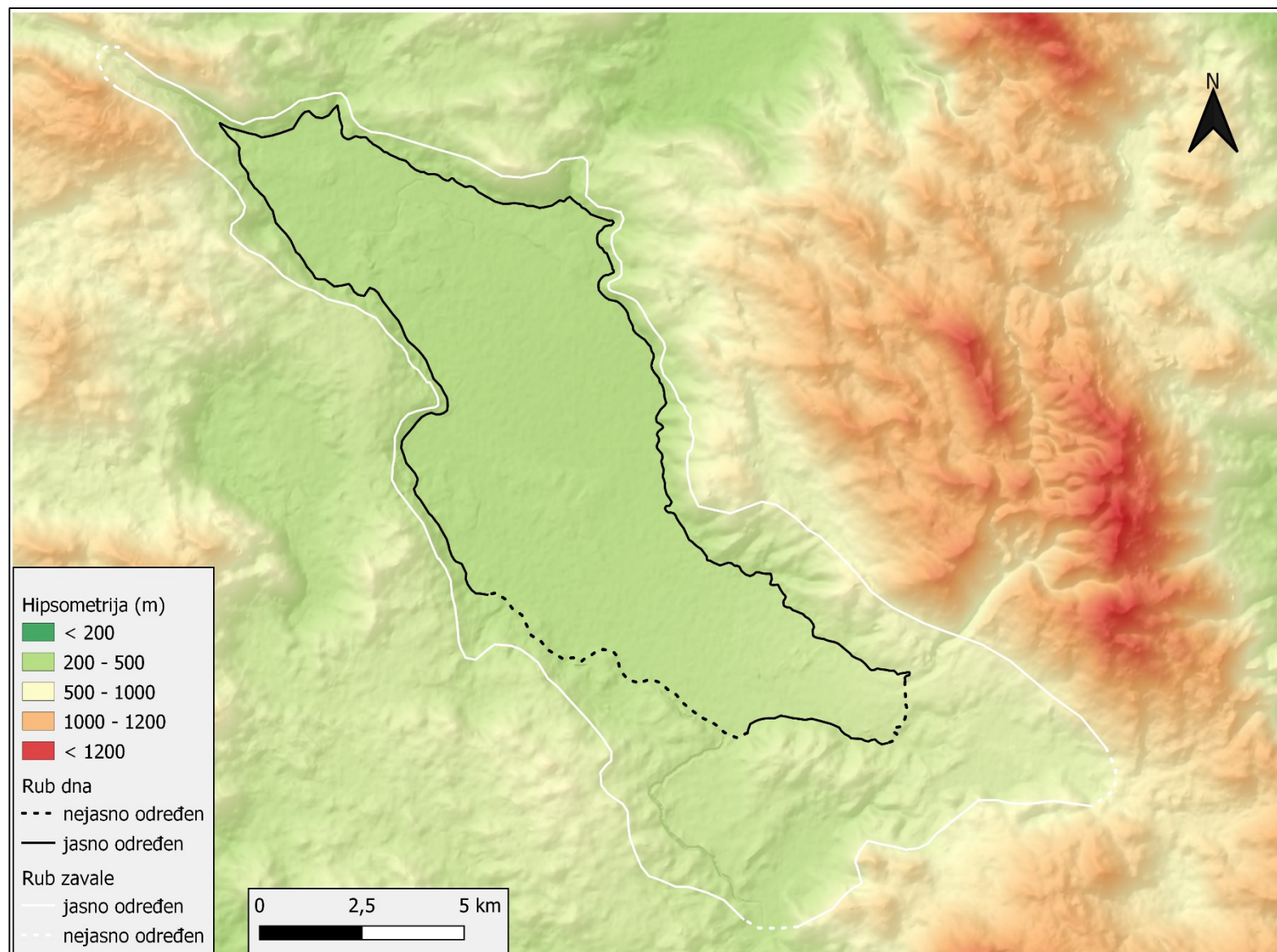
Duvanjsko polje (Sl. 5) nalazi se između 850 i 1300 metara nadmorske visine. Najniža točka dna polja (Tab. 3) nalazi se na 854 m, a najviša 934 m. Dno polja prostire se na području kontinuirane n.v. bez većih odstupanja prosječne visine 894 m. Najveći dio dna polja nalazi se do 900 m te zauzima 98 % površine dna (Tab. 6). U središnjem i sjevernom dijelu dna polja vidljivi su humci te je dno prošarano koritima tekućica. Krajnji južni dio blago je povišen u odnosu na ostatak dna, nalazi se na visini od 900 do 1000 m te zauzima 1,5 % površine dna.

Zavala polja (Tab. 3) pruža se do 1 314 m, a prosječna visina zavale iznosi 1083 m. Izuzev dna polja, najveći dio zavale nalazi se između 900 i 1000 m te zauzima površinu od 30 % (Tab. 6). Zapadni dio je najuži te prati dno polja. Na istoku i jugu zavala je blago izdužena, te u ovom dijelu doseže svoju maksimalnu nadmorsku visinu. Sjever zavale proširen je u odnosu na dno, te ne prelazi 1000 m n.v.

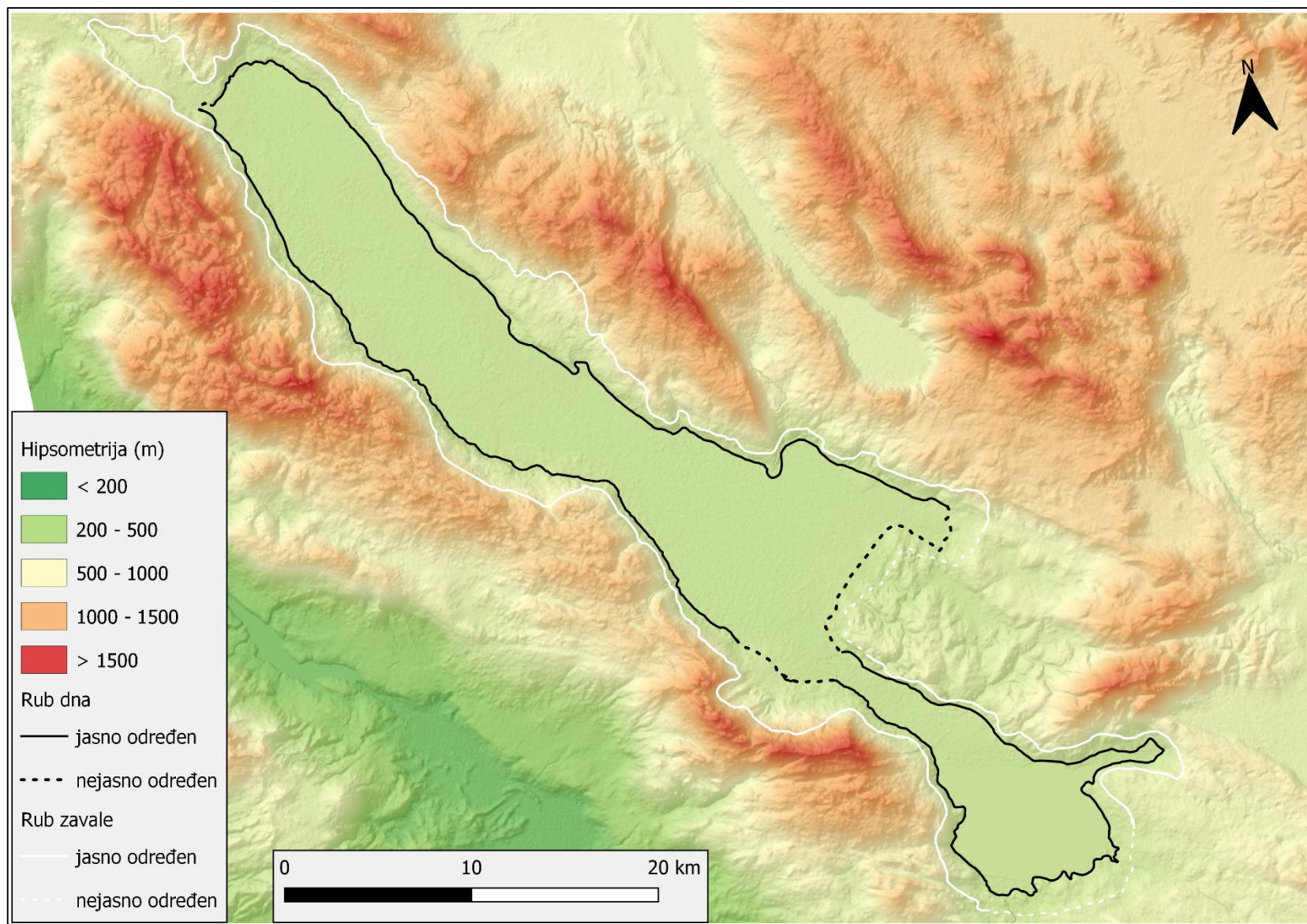
Tab. 6: Hipsometrijski podaci dna i zavale Duvanjskog polja

Duvanjsko polje		Dno		Zavala	
	Hipsometrija (m)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<900)	111,4	98,44	124,44	56,95
2.	(900-1000)	1,76	1,56	67,03	30,68
3.	(1000-1100)	-	-	20,82	9,53
4.	(1100-1200)	-	-	4,47	2,05

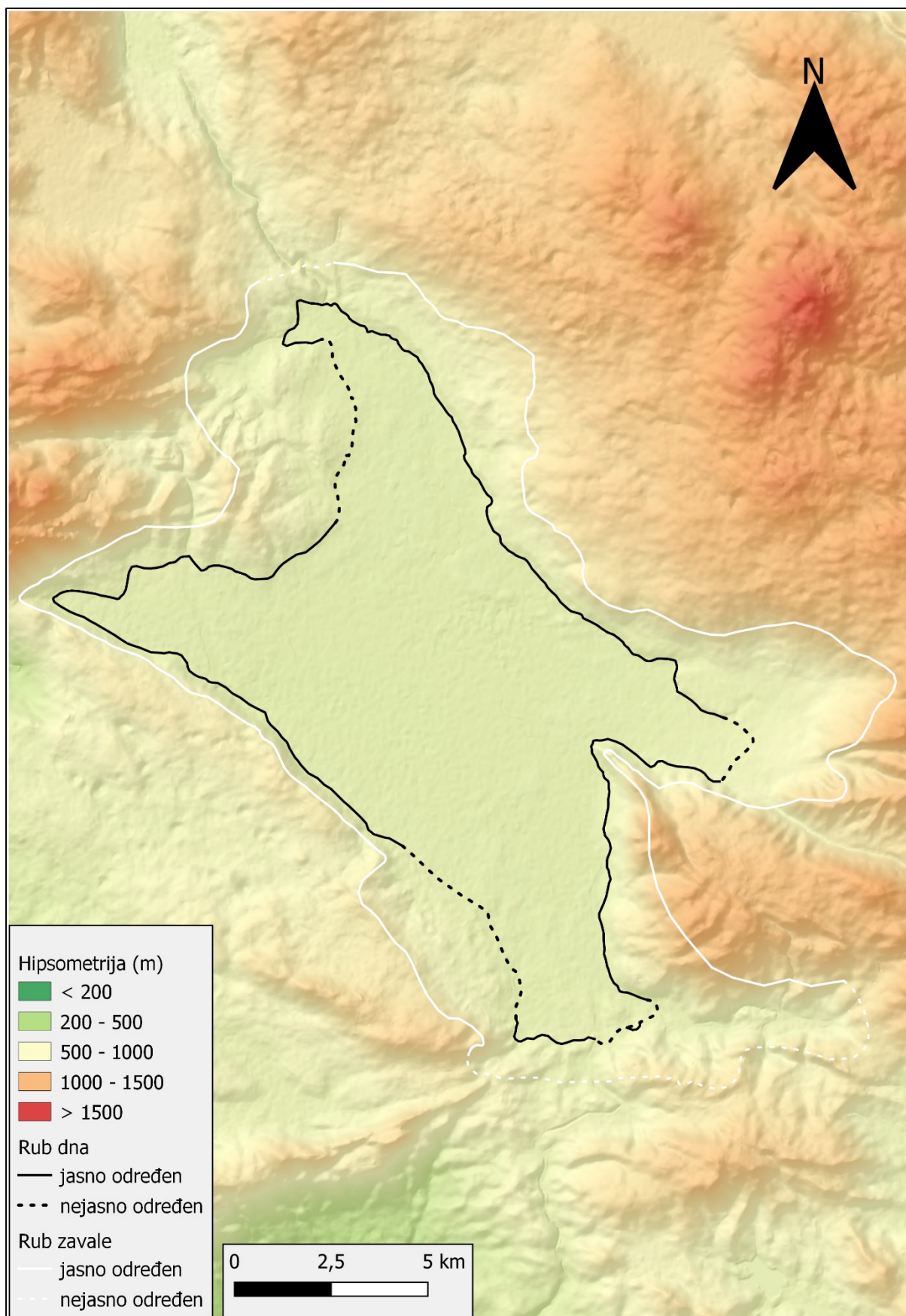
5.	(1200-1300)	-	-	1,55	0,71
6.	(1300<)	-	-	0,18	0,08



Sl. 3: Hipsometrijska karta Krbavskog polja



Sl. 4: Hipsometrijska karta Livanjskog polja



Sl. 5: Hipsometrijska karta Duvanjskog polja

5.2.2. Nagib

Krbavsko polje

Najveći dio dna Krbavskog polja (Sl. 6) spada u 1. kategoriju nagiba, odnosno u ravnice koje zauzimaju 80 % površine dna (Tab. 7). U središnjem i sjeveroistočnom dijelu polja mogu se uočiti izolirani humci koji sežu do 2. kategorije nagiba te zauzimaju 17 % površine dna te iznimno do 3. kategorije nagiba zauzimajući 1,5 % površine dna. Krajnji jugoistočni dio strmiji je od ostatka dna polja s prevladavajućim nagibima 2. kategorije odnosno blago nagnutog terena. Zbog razlike u nagibu dobro se može uočiti širenje plavine te proces akumuliranja materijala na jugoistoku polja. Peta kategorija nagiba u dnu polja očekivano nije zabilježena. Promjena nagiba između dna polja i zavale je nagla.

U površini zavale gotovo podjednako prevladavaju nagibi 2. kategorije s 19,5 % te 3. kategorije s 19,9 % površine. Nagibi viših kategorija prevladavaju su u sjevernom i središnjem dijelu, gdje su izraženiji i nagibi 4. kategorije koji zauzimaju 11 % površine zavale. Slabije je izražen prijelaz dna i zavale u južnom dijelu gdje se zavalu širi te prevladavaju niže kategorije nagiba.

Tab. 7: Podaci o nagibu dna i zavale Krbavskog polja

Krbavsko polje		Dno		Zavala	
	Nagib (°)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<2)	71,93	80,83	82,95	49,04
2.	(2-5)	15,72	17,66	33	19,51
3.	(5-12)	1,33	1,49	33,73	19,94
4.	(12-32)	0,01	0,01	18,81	11,12
5.	(32<)	0	0,00	0,67	0,40

Livanjsko polje

Dno Livanjskog polja (Sl. 7) najvećim dijelom spada u 1. kategoriju nagiba odnosno ravnice, i to čak 90 % površine dna polja (Tab. 8). Druga po zastupljenosti je 2. kategorija nagiba koja zauzima 9 % površine. U nju spadaju humci, rubovi korita te akumulacije materijala koje se najčešće javljaju na južnoj granici duž cijelog dna polja. Ostale dvije kategorije nagiba gotovo su zanemarive, te prekrivaju najizbočenije dijelove područja koja nisu ravnica. 5. kategorija u dnu polja nije zabilježena.

U zavali Livanjskog polja, izuzev dna, gotovo jednakim udjelom prevladavaju nagibi 2., 3. i 4. kategorije. U središnjem dijelu zavale vidljiv je nagli i izraženi prijelaz iz dna polja prema strmim stranama te dominacija nagiba 4. kategorije koji zauzimaju 11,7 % površine zavale. Na sjevernom, izduženom dijelu prevladavaju nagibi 2. kategorije te zauzimaju 13 %

površine zavale. Na južnom dijelu uočljivi su nagibi 3. kategorije koji zauzimaju 12,7 % površine zavale.

Tab. 8: Podaci o nagibu dna i zavale Livanjskog polja

Livanjsko polje		Dno		Zavala	
	Nagib (°)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<2)	354,02	89,99	371,09	62,19
2.	(2-5)	35,68	9,07	78,33	13,13
3.	(5-12)	3,24	0,82	76,05	12,74
4.	(12-32)	0,46	0,12	69,76	11,69
5.	(32<)	0	0	1,51	0,25

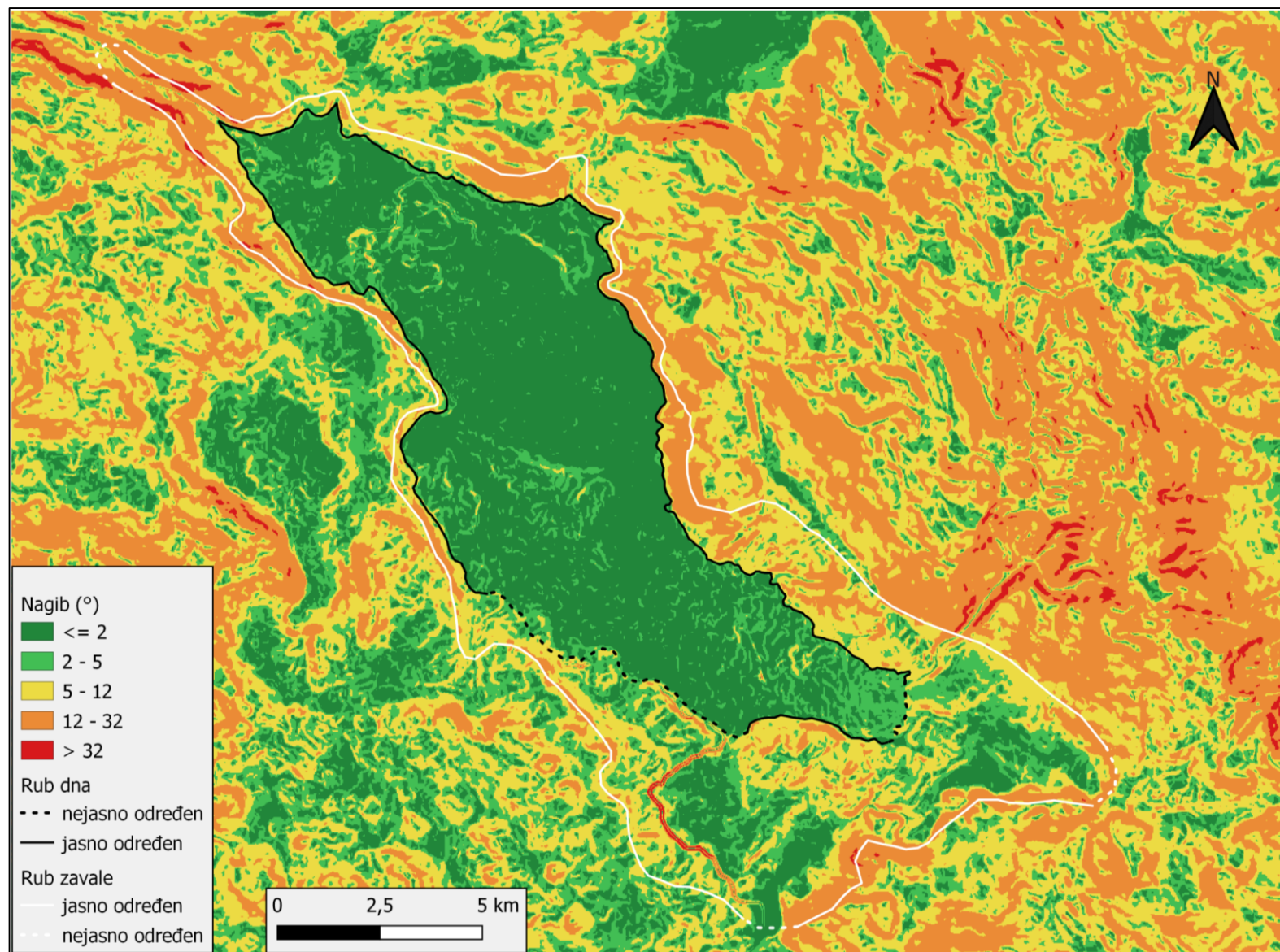
Duvanjsko polje

Dno Duvanjskog polja (Sl. 8) najvećim dijelom spada u nagibe 1. kategorije odnosno ravnice koje zauzimaju 86 % površine dna (Tab. 9). Sama sredina dna polja je homogena, a uz rub dna polja te pri kraju svakog izduženog kraja polja, dolazi do veće promjene u nagibu. Dno je prekriveno humcima i koritima te akumulacijskim materijalom koji većinom spadaju u 2. kategoriju nagiba te zauzimaju 13 % površine dna. 3. kategorija nagiba gotovo je zanemariva, zauzima skoro 1 % površine dna, a nalazi se većinom uz sam rub granice dna polja i zavale. Peta i šesta kategorija nagiba nisu zabilježeni u dnu polja.

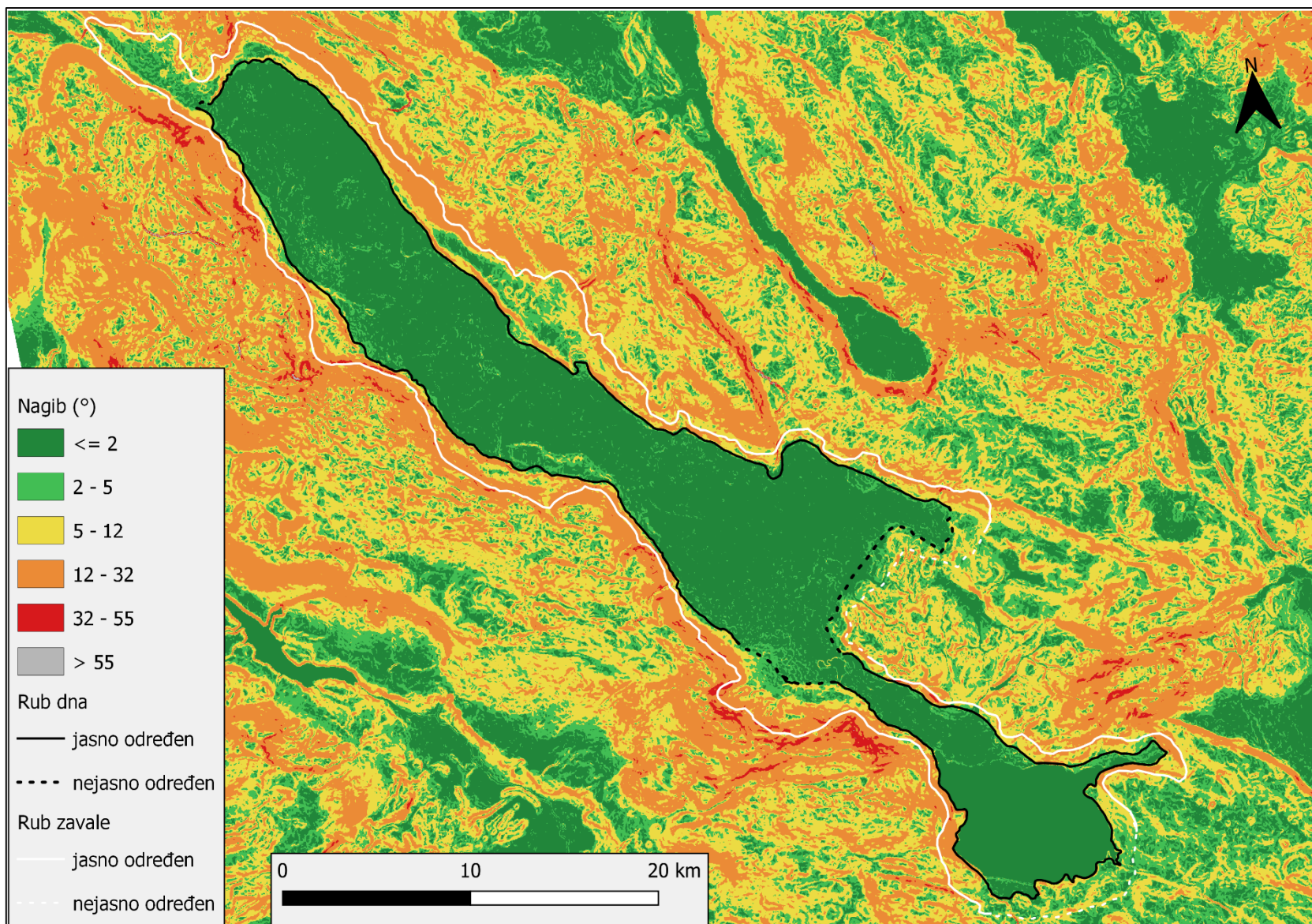
U zavali Duvanjskog polja, izuzevši dno, prevladavaju nagibi 2. kategorije koji zauzimaju 18 % površine i 3. kategorije koji zauzimaju 19 % površine zavale. Ove kategorije prevladavaju na sjevernom, istočnom te krajnjem južnom dijelu zavale gdje je postepeni prijelaz nagiba iz dna prema zavali. Zapadna i jugoistočna strana zavale omeđene su izraženim prijelazom te na ovom području prevladava nagib 4. kategorije koji zauzima skoro 13 % površine zavale. Nagibi 5. kategorije pojavljuju se na najstrnijim dijelovima zapadne i jugoistočne strane te označuju granicu zavale, a zauzimaju samo 0,2 % površine zavale. 6. kategorija nagiba nije zabilježena.

Tab. 9: Podaci o nagibu dna i zavale Duvanjskog polja

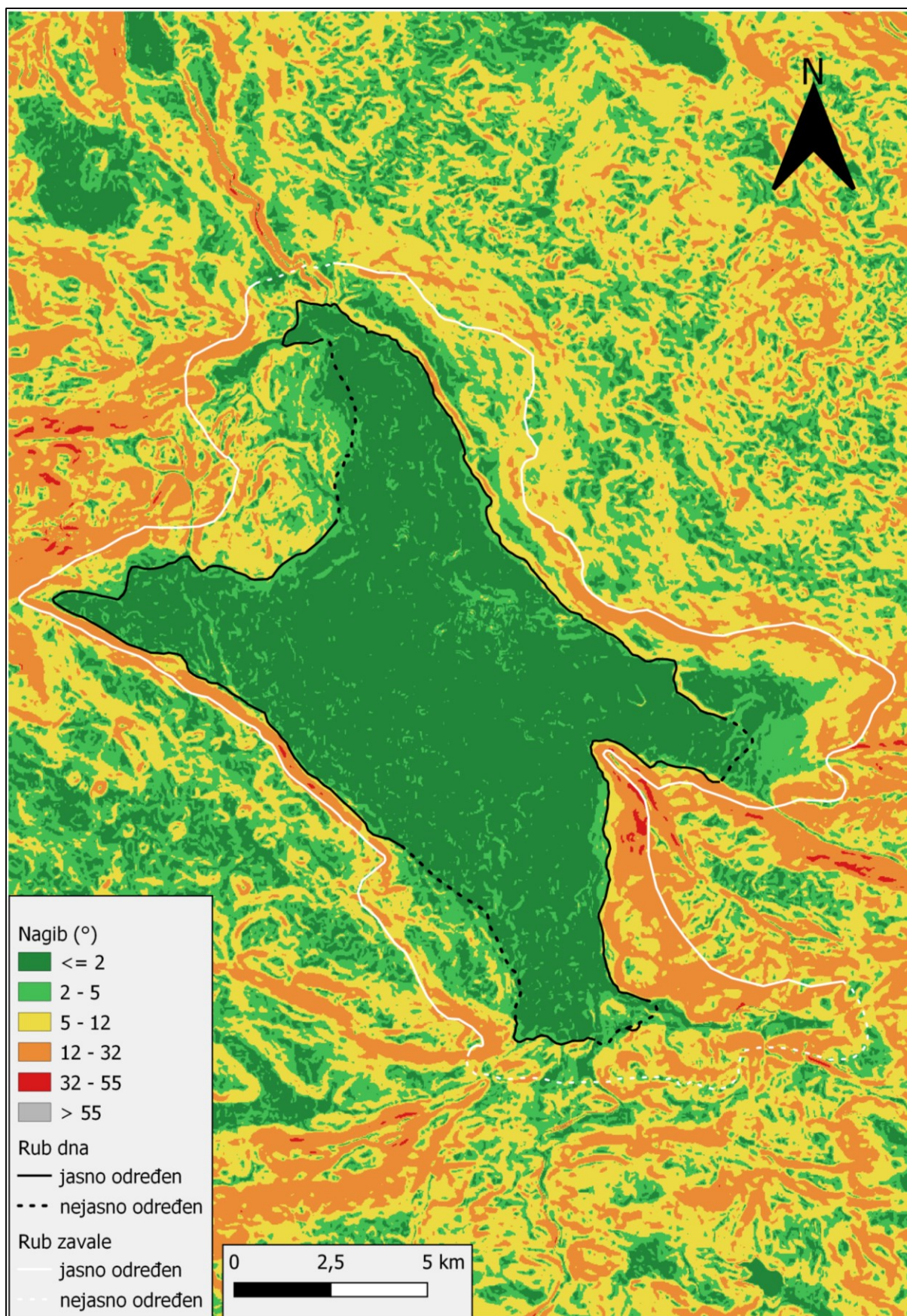
Duvanjsko polje		Dno		Zavala	
	Nagib (°)	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	(<2)	97,21	85,90	108,08	49,47
2.	(2-5)	14,89	13,16	40,05	18,33
3.	(5-12)	1,06	0,94	41,93	19,19
4.	(12-32)	0,0006	0,00	28,04	12,83
5.	(32<)	0	0	0,38	0,17



Sl. 6: Karta nagiba Krbavskog polja



Sl. 7: Karta nagiba Livanjskog polja



Sl. 8: Karta nagiba Duvanjskog polja

5.2.3. Ekspozicija padina

Krbavsko polje

Zavala (Sl. 9) Krbavskog polja (Tab. 10) najviše su orijentirane na JZ i Z to svaka sa skoro 16 % udjela u površini zavale. Padine ove orijentacije najzastupljenije su istočnom dijelu zavale. Slijede padine orijentirane na SI, SZ svaka sa oko 13 % udjela u površini zavale, a najzastupljenije su na zapadnom dijelu zavale. Najmanji udio je S, I i J sa oko 10 % udjela u površini svaka.

Tab. 10: Podaci o ekspoziciji padina zavale Krbavskog polja

Krbavsko polje		Zavala	
	Ekspozicija	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	S	18,86	11,15
2.	SI	22,17	13,11
3.	I	17,44	10,31
4.	JI	15,86	9,38
5.	J	20,08	11,87
6.	JZ	26,91	15,91
7.	Z	26,39	15,60
8.	SZ	21,46	12,69

Livanjsko polje

U zavali (Sl. 10) Livanjskog polja (Tab. 11) ističe se S orijentacija sa 18 % udjela u površini najvećim dijelom zbog Buškog blata i Lipskog jezera, vodenih površina koje bi trebale biti zaravnjene kao i ostatak dna polja. Slijedi JZ orijentacija sa 17,5 % te SI orijentacija sa 14 % udjela u površini. Ove padine zastupljene su s obje strane dna polja duž središnjeg dijela zavale. Slijede I, J i Z orijentacija svaka s oko 10 % udjela u površini. Najmanje zastupljena je JI orijentacija padina, s udjelom od 8 % površine zavale.

Tab. 11: Podaci o ekspoziciji padina zavale Livanjskog polja

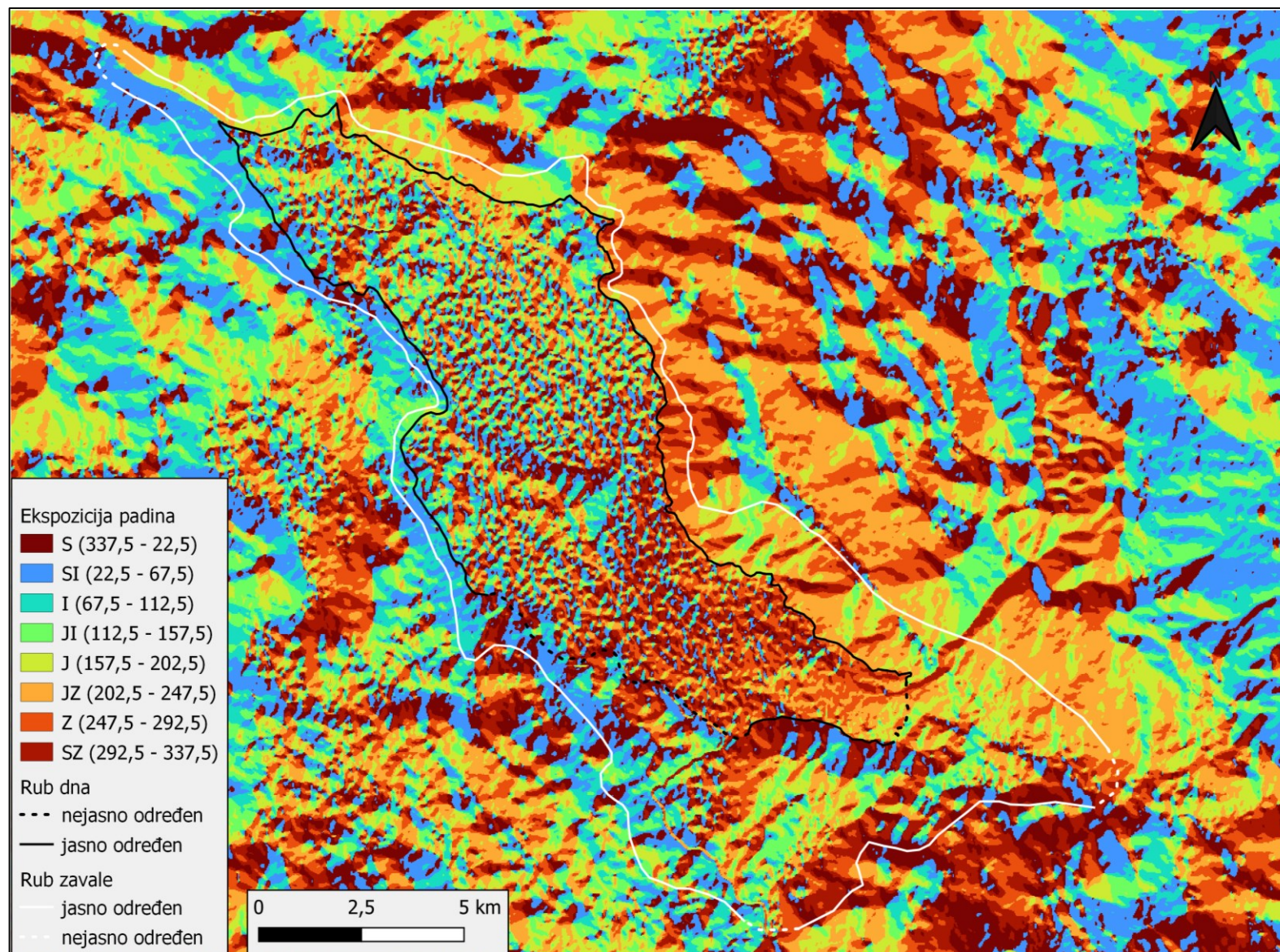
Livanjsko polje		Zavala	
	Ekspozicija	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	S	109,68	18,38
2.	SI	84,77	14,21
3.	I	67,02	11,23
4.	JI	50,35	8,44
5.	J	61,98	10,39
6.	JZ	104,01	17,43
7.	Z	71,22	11,94
8.	SZ	47,7	7,99

Duvanjsko polje

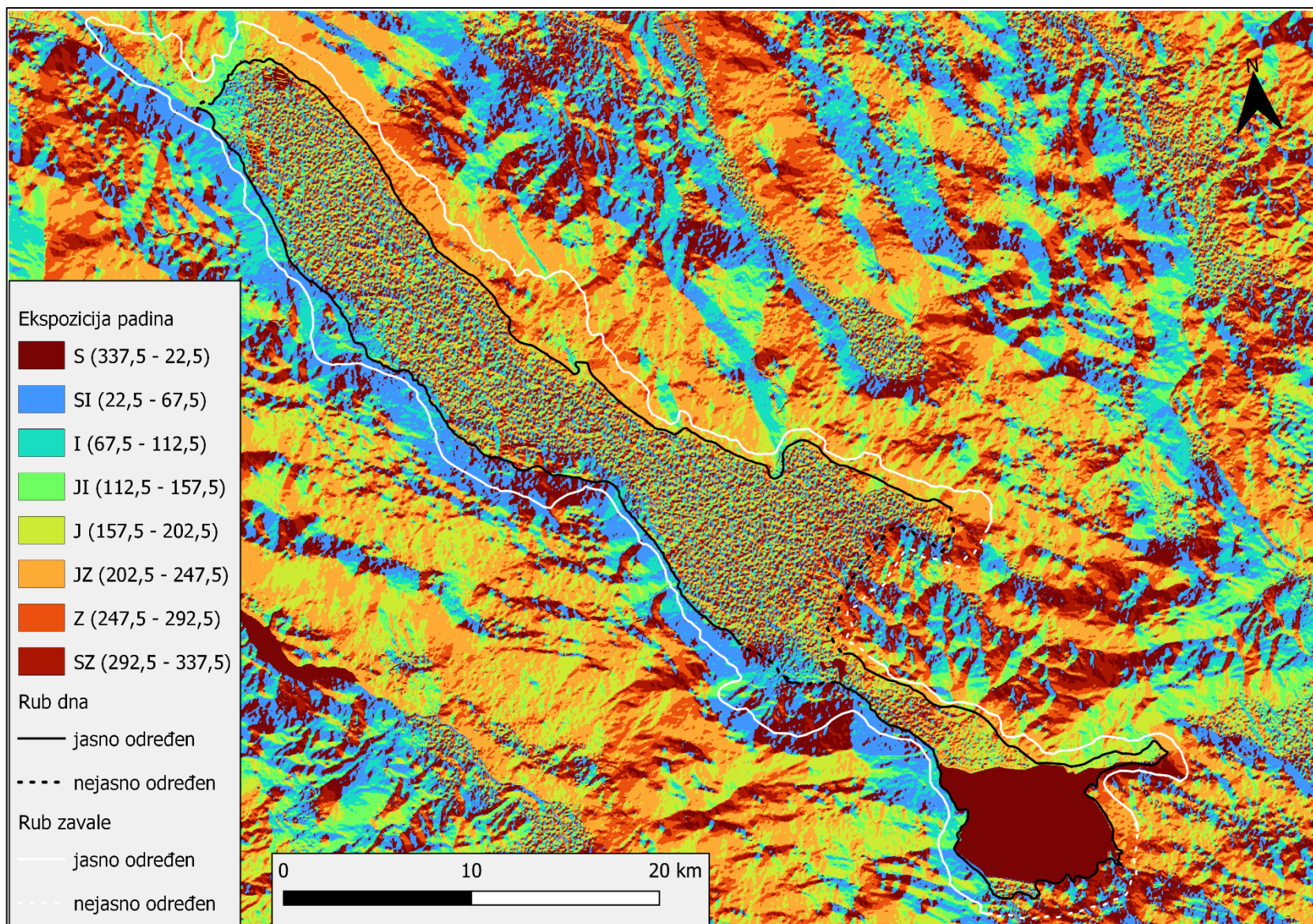
U zavali (Sl. 11) Duvanjskog polja (Tab. 12) najzastupljenija je JZ orijentacija padina sa 16 % udjela u površini zavale, te takve padine možemo pronaći na istoku zavale. Slijede Z, SI i J orijentacija svaka sa udjelom od oko 13 % površine zavale te ih možemo pronaći na zapadnom dijelu zavale. Zatim I i Z orijentirane padine sa oko 11 % udjela u površini zavale. Najmanje zastupljene su S i JI sa oko 10 % površine zavale. Zavala Duvanjskog polja ima najpravnomjerniju orijentaciju padina s obzirom na njihovu površinu.

Tab. 12: Podaci o ekspoziciji padina zavale Duvanjskog polja

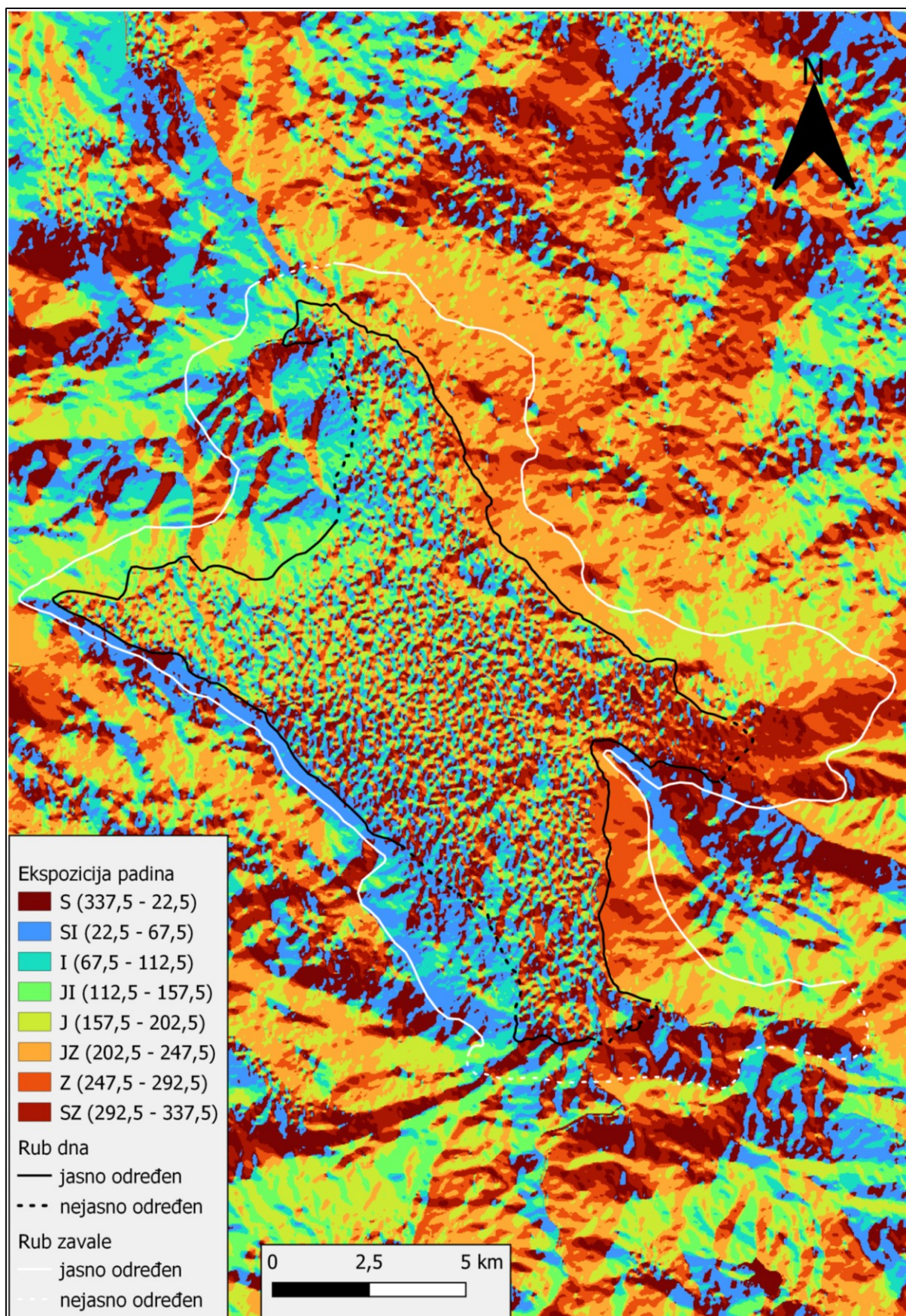
Duvanjsko polje		Zavala	
	Ekspozicija	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	S	23,73	10,86
2.	SI	28,82	13,19
3.	I	25,79	11,80
4.	JI	22,79	10,43
5.	J	26,62	12,18
6.	JZ	35,71	16,34
7.	Z	30,36	13,89
8.	SZ	24,71	11,31



Sl. 9: Ekspozicija padina Krbavskog polja



Sl. 10: Ekspozicija padina Livanjskog polja



Sl. 11: Ekspozicija padina Duvanjskog polja

5.2.4. Profilna zakrivljenost

Profilna zakrivljenost poslužila je kao jedan od glavnih parametara (uz nagib i TPI) za određivanje granice zavale polja u kršu. Za određivanje granice zavale tražio se kontinuirani hrbat oko dna polja koji uključuje padine nagnute prema dnu. Na Sl. 12, Sl. 13 i Sl. 14 prikazana je profilna zakrivljenost promatranih polja. Crnom bojom prikazane su vrijednosti manje od nule, koje označuju konveksne padine. Crvenom bojom prikazane su vrijednosti veće od nule koje prikazuju konkavne padine.

Krbavsko polje

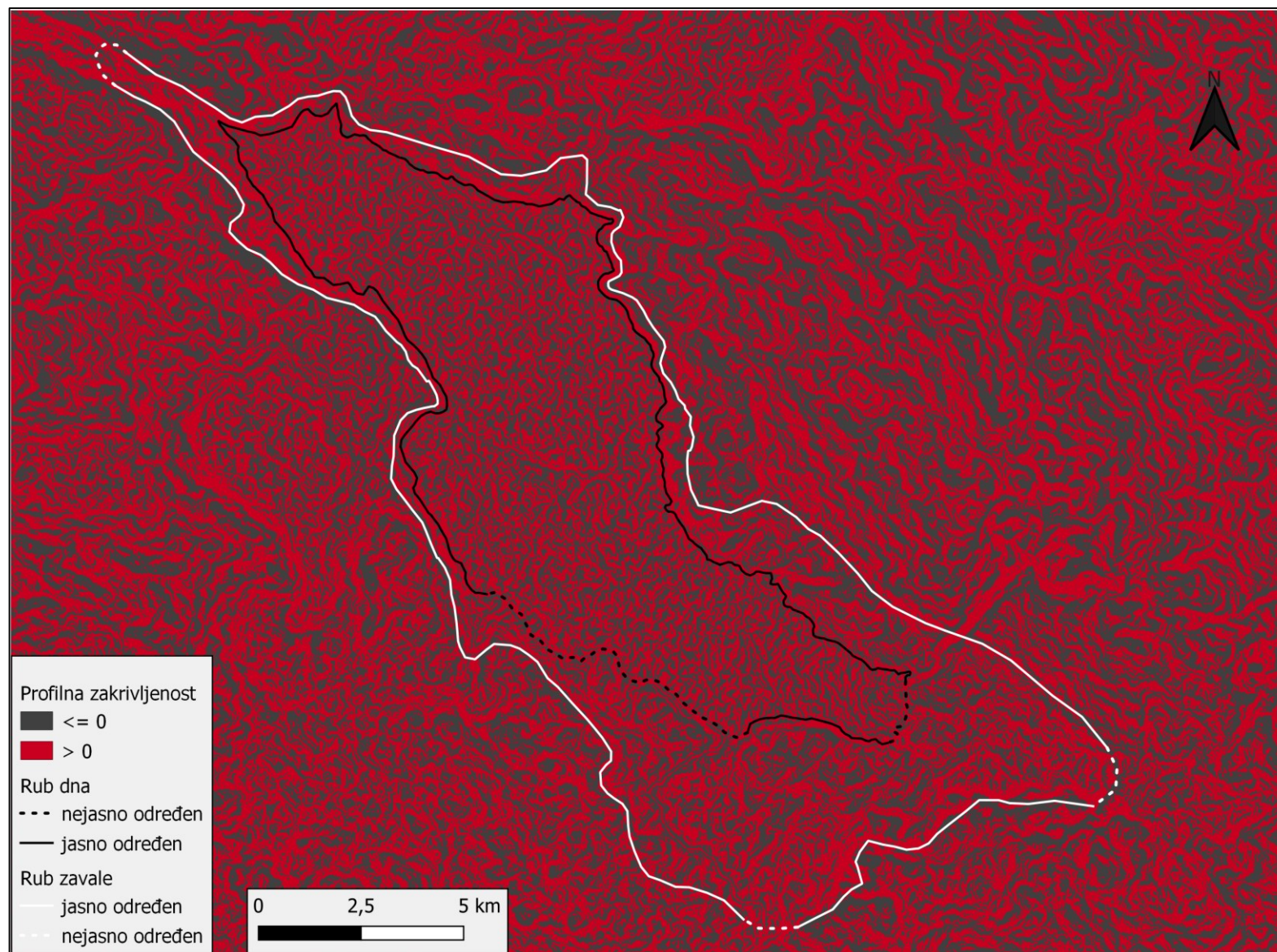
Vidljivo je (Sl. 12) da je Krbavsko polje u središnjem i sjevernom dijelu omeđeno reljefnim uzvisinama te zavala čini uski pojas uz samo dno polja. U južnom dijelu reljef je niži, zavala se širi, te se izraženi kontinuirani hrbat nalazi u širem pojasu udaljen od dna polja.

Livanjsko polje

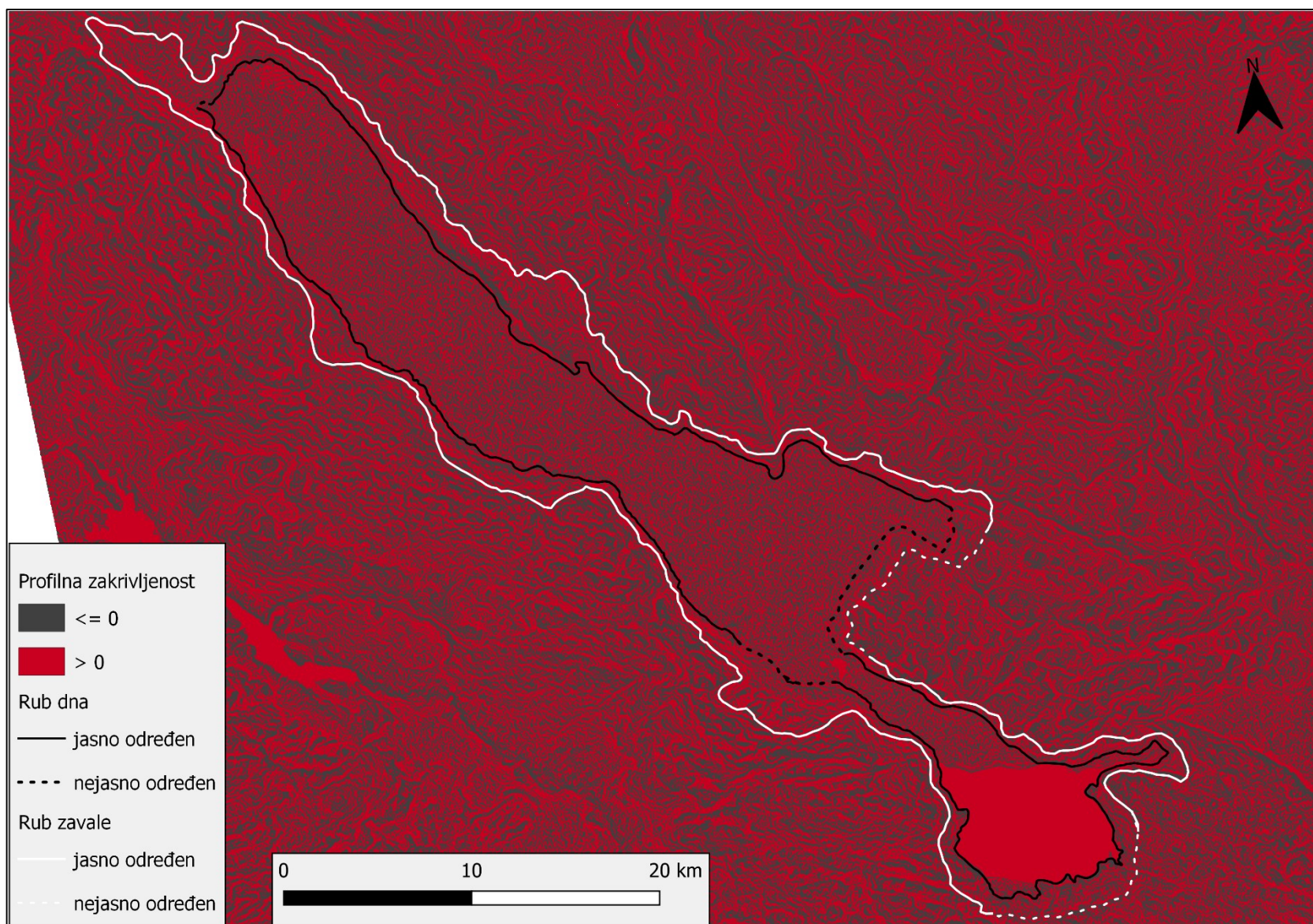
Što se tiče Livanjskog polja (Sl. 13) vidljivo je da je polje više usječeno u okolni reljef te da se nalazi unutar viših reljefnih cjelina. Zavala polja u svim dijelovima, osim krajnjeg sjeverozapadnog dijela, prati dno polja kao svojevrsni buffer. Nema dijela u kojem se znatno širi i udaljuje od dna. Iznimka je SZ dio, koji je izbočeniji ali prati reljefne karakteristike terena.

Duvanjsko polje

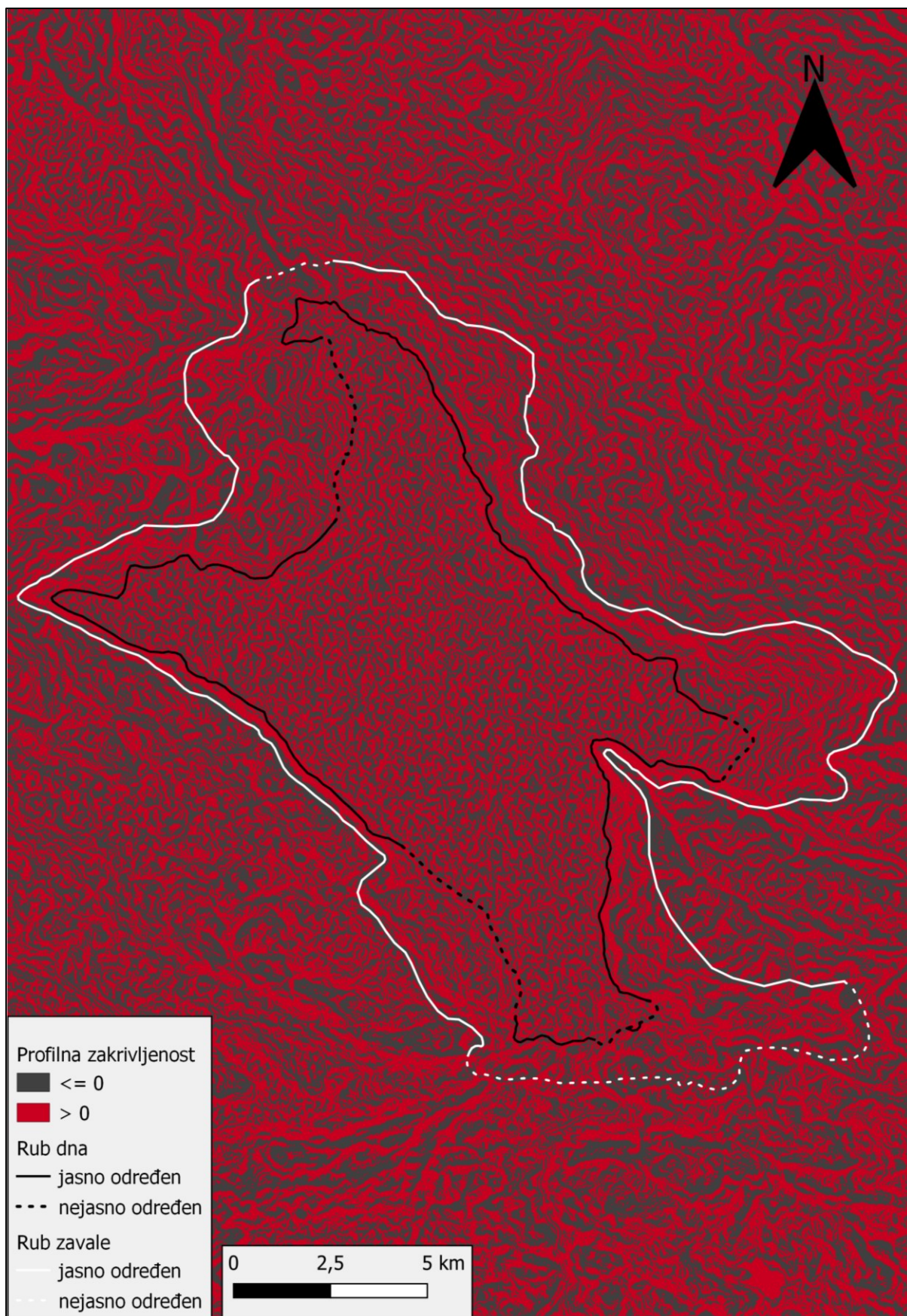
Zavala Duvanjskog polja (Sl. 14) usko prati dno polja samo u zapadnom dijelu. Sjeverni, istočni i južni dio zavale dosta se šire od samog dna. U ovim dijelovima reljef se postupno povisuje, a visoke planine ne nalaze se odmah oko polja. Iz tog razloga zavala je dosta šira od samog dna polja.



Sl. 12: Profilna zakrivljenost Krbavskog polja



Sl. 13: Profilna zakrivljenost Livanjskog polja



Sl. 14: Profilna zakrivljenost Duvanjskog polja

5.2.5. Topografski pozicijski indeks

Krbavsko polje

Najveći dio dna Krbavskog polja (Sl. 15) očekivano spada u zaravni, koje čine skoro 90 % površine dna polja (Tab. 13). Vidljivo je kako je 4. kategorija kontinuiranog nagiba većeg od 5 stupnjeva najslabije zastupljena, što je za pretpostaviti budući da se radi o dnu polja. Kategorije nižih i viših nagiba podjednako su zastupljene u površini dna, svaka s oko 3 % udjela u površini. Najslabije su zastupljene krajnje vrijednosti, doline i hrbat od kojih svaki zauzima oko 1 % površine.

U zavali Krbavskog polja, izuzev dna, prevladava 4. kategorija odnosno srednji kontinuirani nagibi veći od 5 stupnjeva, što ukazuje na veliku promjenu u nagibu i nadmorskoj visini na relativno malom području. Ova kategorija zauzima skoro 14 % površine zavale. Slijedi kategorija nižih nagiba koji zauzimaju 9 % površine te doline sa udjelom od 6 % površine. Niže kategorije uočljive su na krajnjem SZ dijelu te JI dijelu zavale, a prikazuju konkavne dijelove jaruga, manjih dolina i slično. Viši nagibi zauzimaju 7 %, a hrptovi skoro 5 % površine zavale. Ove kategorije prikazuju konveksne oblike te su uočljive oko samih dolina te uz granicu zavale.

Tab. 13: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Krbavskog polja

Krbavsko polje		Dno		Zavala	
	TPI	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	dolina	0,95	1,07	10,21	6,04
2.	niži nagibi	3,94	4,43	15,38	9,09
3.	zaravni	79,38	89,20	99,31	58,71
4.	srednji nagibi	0,62	0,70	23,09	13,65
5.	viši nagibi	3,32	3,73	12,84	7,59
6.	hrbat	0,78	0,88	8,33	4,92

Livanjsko polje

Najveći dio dna Livanjskog polja (Sl. 16) zauzimaju zaravni s čak 95 % udjela u površini dna (Tab. 14Tab. 11). Vidljivo je kako je polje izuzetno zaravnjen prostor. Slijede niži nagibi koji zauzimaju skoro 2 % površine te viši nagibi s 1,5 % udjela u površini zavale, a za ove kategorije TPI-a zaslužna su korita rijeka i antropogeni sadržaji kao kanali, brane i slično. Najmanje zastupljene su doline s 0,6 % te 6. kategorija s 0,3 % površine.

U zavali Livanjskog polja, izuzev dna, prevladavaju srednji nagibi sa skoro 14 % udjela u površini zavale. To su područja kontinuiranog nagiba većeg od 5 stupnjeva, koji čine prijelaz dna polja u zavalu. Slijedi kategorija nižih nagiba sa skoro 6 % te dolina od skoro 3 % površine zavale. Ove kategorije vidljive su uz rub granice dna polja te uz granicu same zavale. Viši

nagibi zauzimaju 4,5 %, a hrbati 2 % površine zavale. Ove kategorije možemo vidjeti oko samih dolina i nižih nagiba. One prikazuju uzvišenja i barijere te prikazuju i kraj same zavale.

Tab. 14: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Livanjskog polja

Livanjsko polje		Dno		Zavala	
	TPI	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	dolina	2,35	0,60	16,23	2,72
2.	niži nagibi	7,52	1,91	35,4	5,93
3.	zaravni	374,89	95,29	423,44	70,96
4.	srednji nagibi	1,76	0,45	82,46	13,82
5.	viši nagibi	5,66	1,44	26,9	4,51
6.	hrbat	1,22	0,31	12,3	2,06

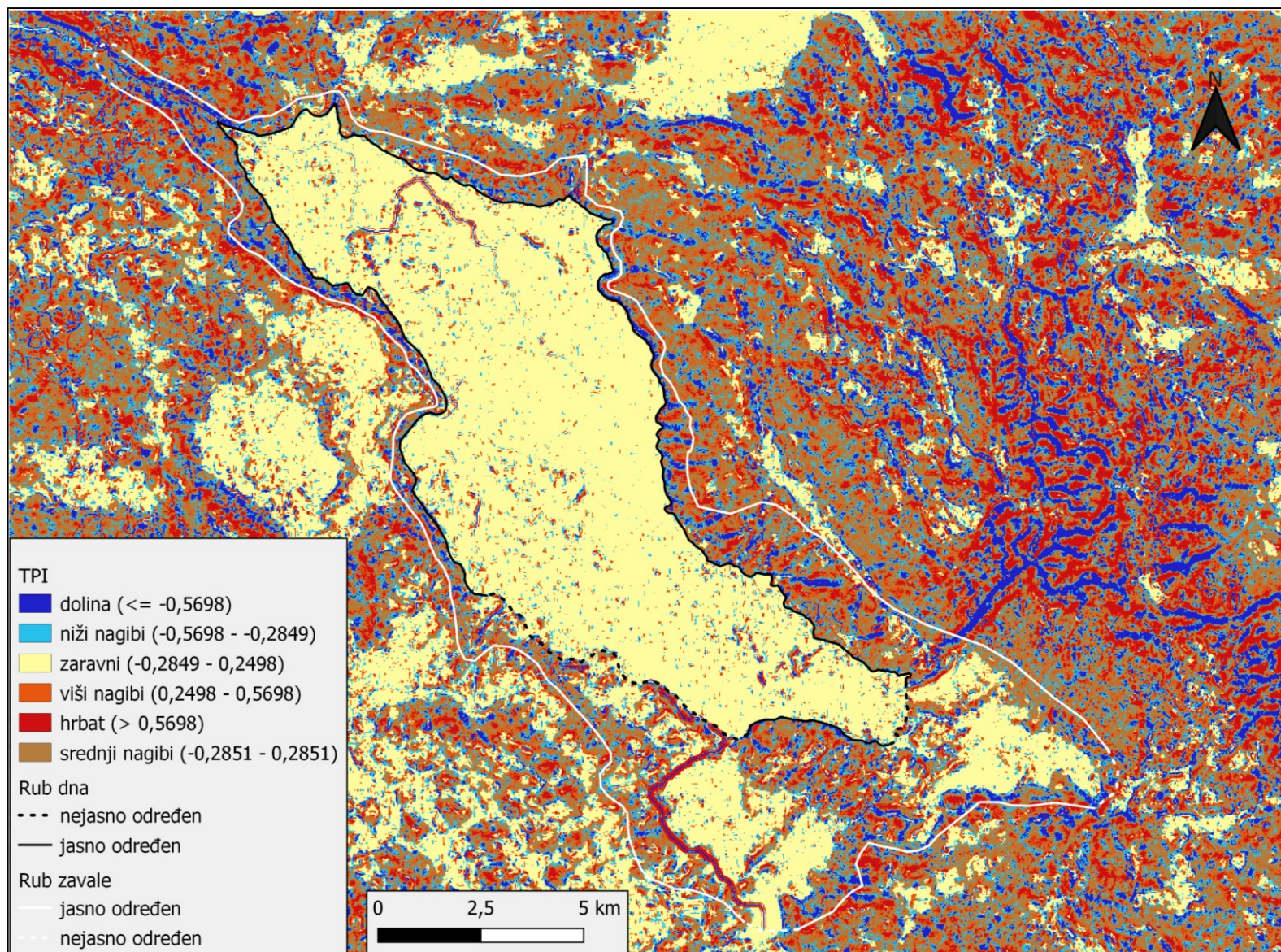
Duvanjsko polje

Dno Duvanjskog polja (Sl. 17), i to čak 95 % površine spada u kategoriju zaravni, što je za pretpostaviti budući da se radi o dnu samog polja (Tab. 15). Sljedeća kategorija po zastupljenosti su niži nagibi koji zauzimaju površinu od 2,2 %. Dolina je malo, te zauzimaju samo 0,4 % površine dna. Ove dvije kategorije vidljive su na mjestima korita i akumulacije materijala. Srednji i viši nagibi prekrivaju 0,6 % i 1,6 % površine dna te se nalaze oko 1. i 2. kategorije. 6. kategorije ima očekivano najmanje, a zauzima 0,18 % površine dna.

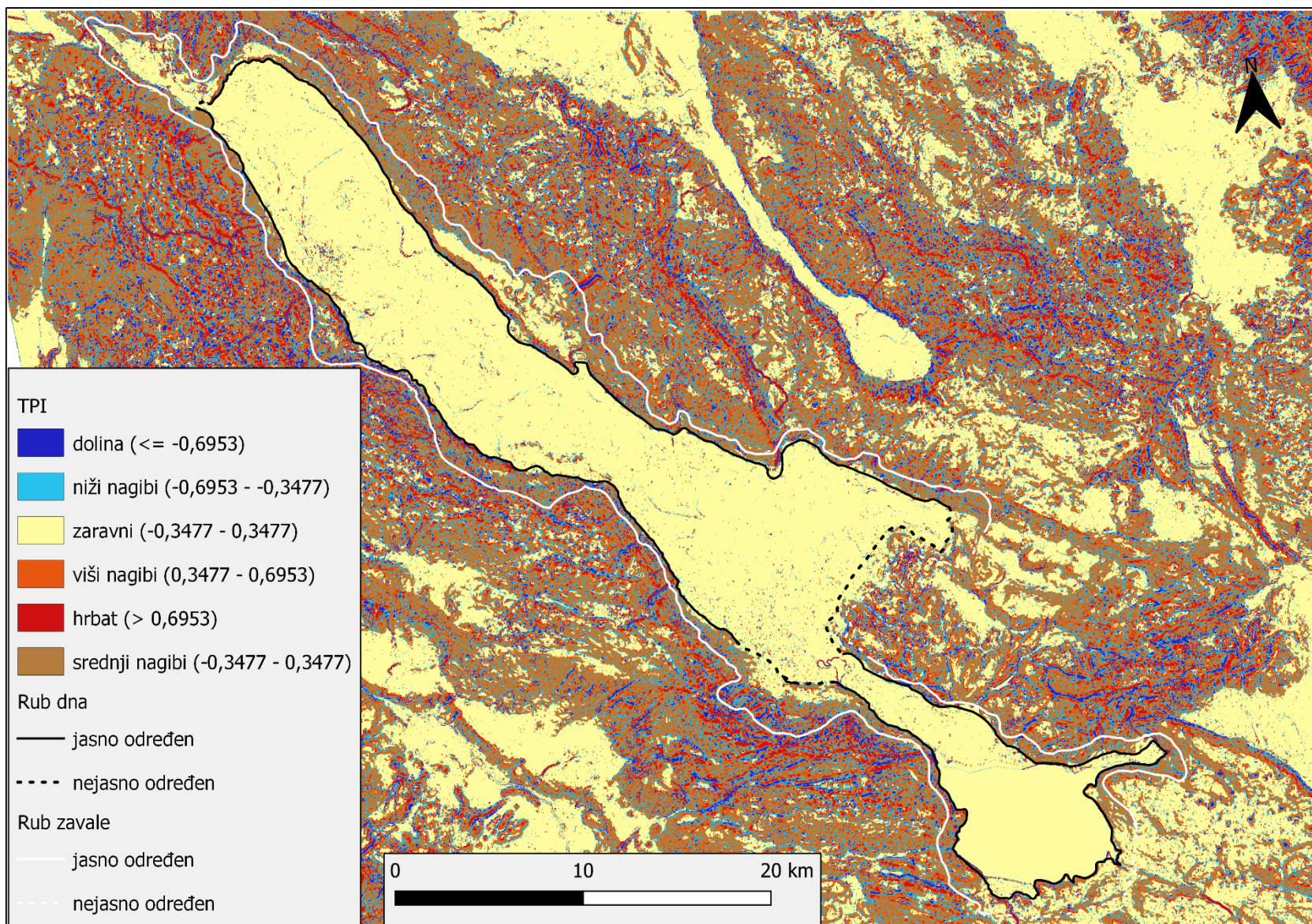
U zavali Duvanjskog polja, izuzev dna, prevladava srednji nagib sa skoro 19 % površine zavale. U zavali ima dosta zaravni, pogotovo u istočnom i sjevernom dijelu koja postepeno prelazi u srednji nagib. Slijede niži nagibi s 7 % površine zavale. Zatim viši nagibi sa skoro 6 % površine. Doline i hrbati dijele zadnje mjesto sa 2,8 te 2,3 % površine zavale. Niži nagibi i doline najizraženiji su na donjem dijelu zapadne granice između dna polja i zavale te donjem istočnom dijelu. Doline i hrbati pojavljuju se na sličnim područjima te su vidljivi na JI te SZ dijelu zavale.

Tab. 15: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Duvanjskog polja

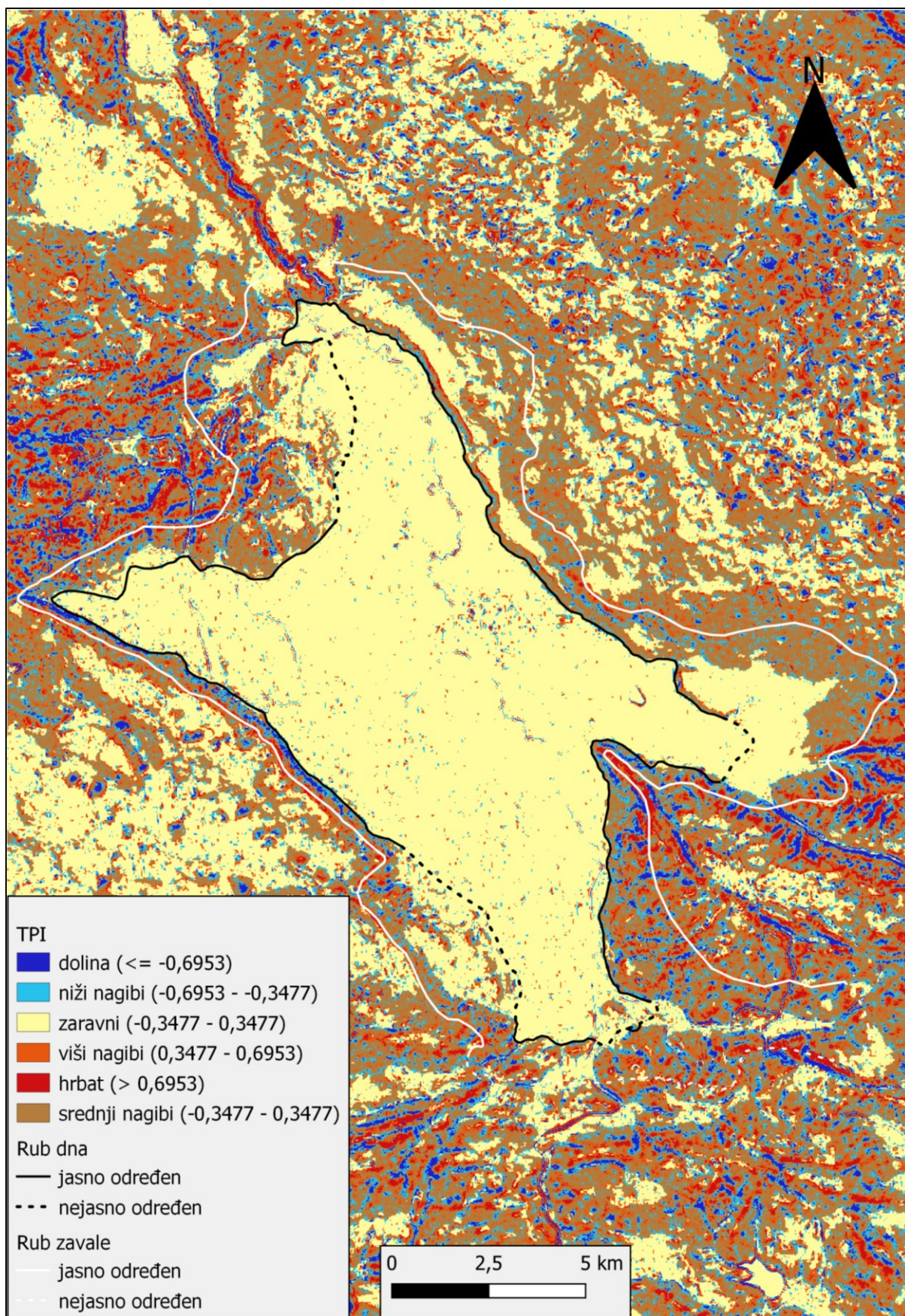
Duvanjsko polje		Dno		Zavala	
	TPI	Površina (km ²)	Udio (%)	Površina (km ²)	Udio (%)
1.	dolina	0,49	0,43	6,11	2,80
2.	niži nagibi	2,54	2,25	15,95	7,30
3.	zaravni	107,38	95,07	137,56	62,96
4.	srednji nagibi	0,74	0,66	40,92	18,73
5.	viši nagibi	1,8	1,59	12,75	5,84
6.	hrbat	0,2	0,18	5,2	2,38



Sl. 15: Topografski pozicijski indeks Krbavskog polja



Sl. 16: Topografski pozicijski indeks Livanjskog polja



Sl. 17: Topografski pozicijski indeks Duvanjskog polja

5.3. Geomorfološke karakteristike

Krbavsko polje (Sl. 18)

Dnom polja protječu tri veće tekućice; Krbavica u smjeru SZ prema JI te Karamanuša i Krbava u smjeru JI prema SZ. Tekućice izvire na rubnim dijelovima polja, na kontaktu dna i zavale polja. Izvori su koncentrirani na sjeveru, središnjem dijelu te na JI dijelu polja. Tekućice poniru u središnjem dijelu polja, ili pak na kontaktu dna i zavale na primjeru Krbave. Ponori i izvori većinom se pojavljuju u grupama i to često u nizu, što je indikator rasjednih struktura te promjene u litologiji podloge. U zavali polja zbog većeg nagiba i nadmorske visine prisutni su padinski te fluviodenudacijski procesi, a najzastupljeniji oblici su jaruge. Jarugama većinom protječu povremeni tokovi, a proluvijalne plavine donesenog materijala nakupljaju se na kontaktnu dna polja i zavale.

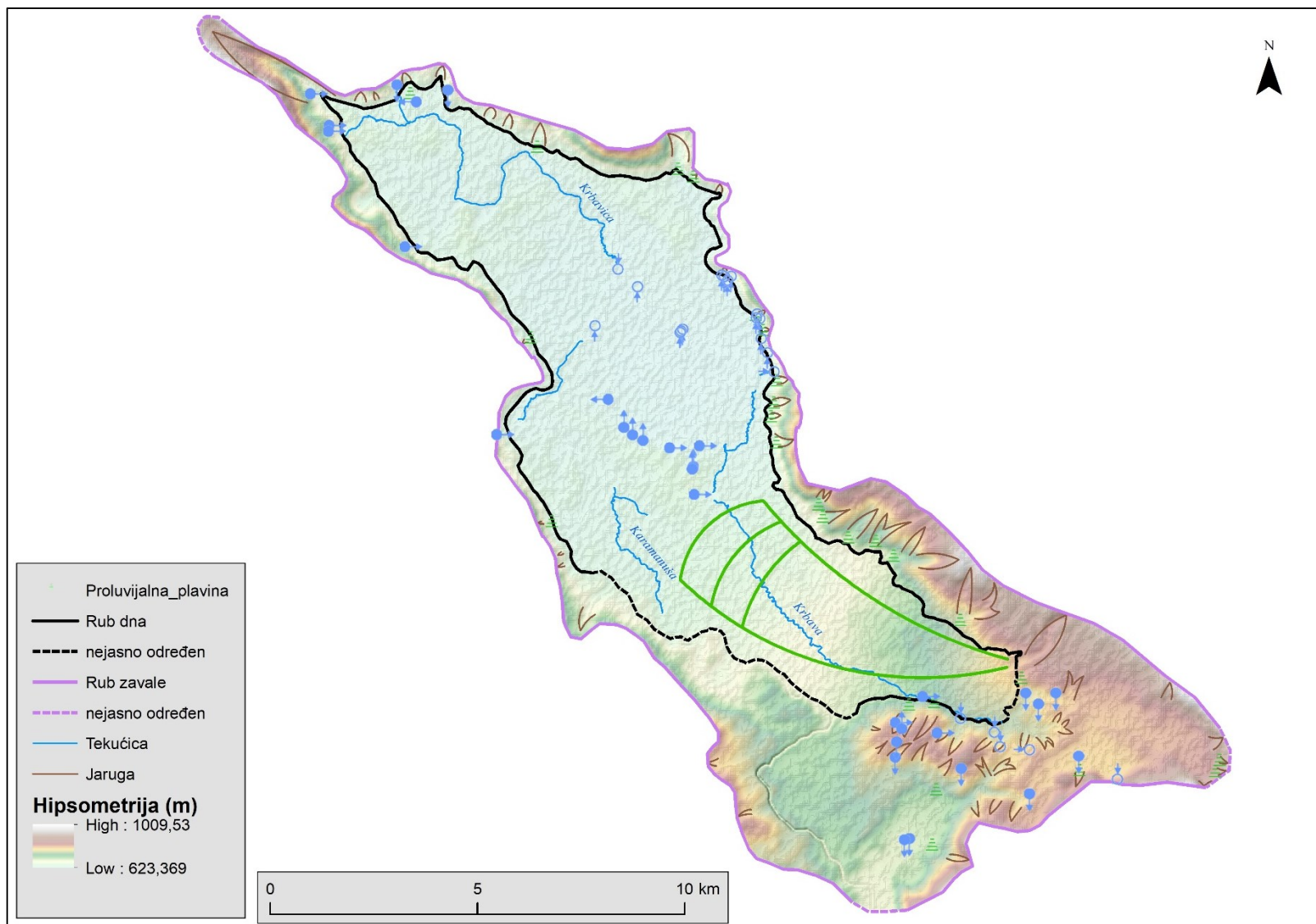
Livanjsko polje (Sl. 19)

Livanjsko polje, najveće polje od promatranih ima i najveći broj tekućica. Kao najduža, ističe se Jaruga, koja izvire na sjevernom dijelu, teče sredinom polja, te se grana i ponire. Slijedi Plovuča, koja teče s istoka prema zapadu polja. Na JI dijelu postoje tri manje tekućice; Bistrica, Žabljak i Struba, koje se ulijevaju u Plovuču i zajedno s njom tvore antropogeni sustav kanala. Ti kanali spuštaju se prema jugu, preko Lipskog do Buškog jezera. Izvora ima mnogo, a većinom su smješteni na sjeveru polja, te na istočnom i JI rubu između dna i zavale polja. Ponori su locirani na zapadnoj granici između polja i zavale. Zbog rasporeda izvora i ponora može se pretpostaviti da rasjedne strukture prate istočnu i zapadnu granicu dna polja. Generalno pružanje tokova je od istoka prema zapadu ili pak od sjevera prema jugu. Na području zavale strmiji je nagib te su prisutni padinski i fluviodenudacijski procesi. Javljaju se jaruge, koje svoje materijale talože na granici ruba dna polja. Na južnom dijelu zavale, sjeverno od Buškog jezera, velik je broj izvora, a tekućice utječu u samo jezero.

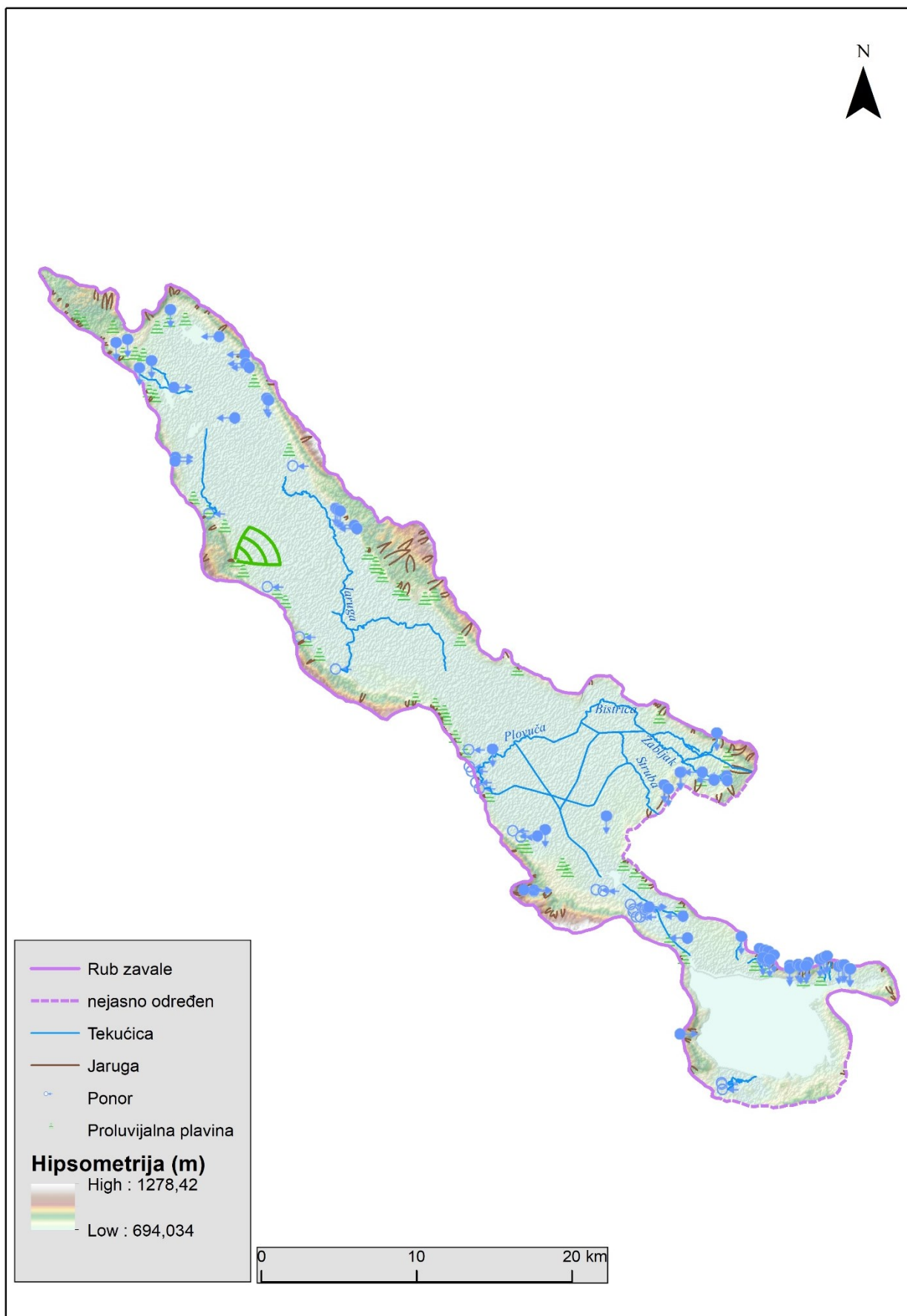
Duvanjsko polje (Sl. 20)

Najveća rijeka na ovom polju je Šuica, koja izvire sjeverno od samog polja te protječe poljem i ponire na njegovom zapadnom dijelu. Druga veća tekućica je Drina, koja izvire na JI dijelu polja, teče prema sjeveru, te se u središnjem dijelu polja ulijeva u Šuicu. Tekućica Krč izvire na sjeveru, teče središnjim dijelom polja gdje je većinom kanalizirana te se na zapadnom dijelu polja ulijeva u Šuicu. Tekućica Ostrožac izvire na zapadnom dijelu polja, te se također ulijeva u Šuicu. Izvori su većinom koncentrirani na sjeverozapadnom dijelu polja, na samom području dna ili na kontaktu dna i zavale polja. Budući da se sve stalne tekućice ulijevaju u Šuicu, na polju se nalazi manji broj ponora, od kojih je najvažniji na zapadu polja, na kontaktu dna polja i zavale u koji se ulijeva Šuica te ostatak drenažnog sustava Duvanjskog polja. Na

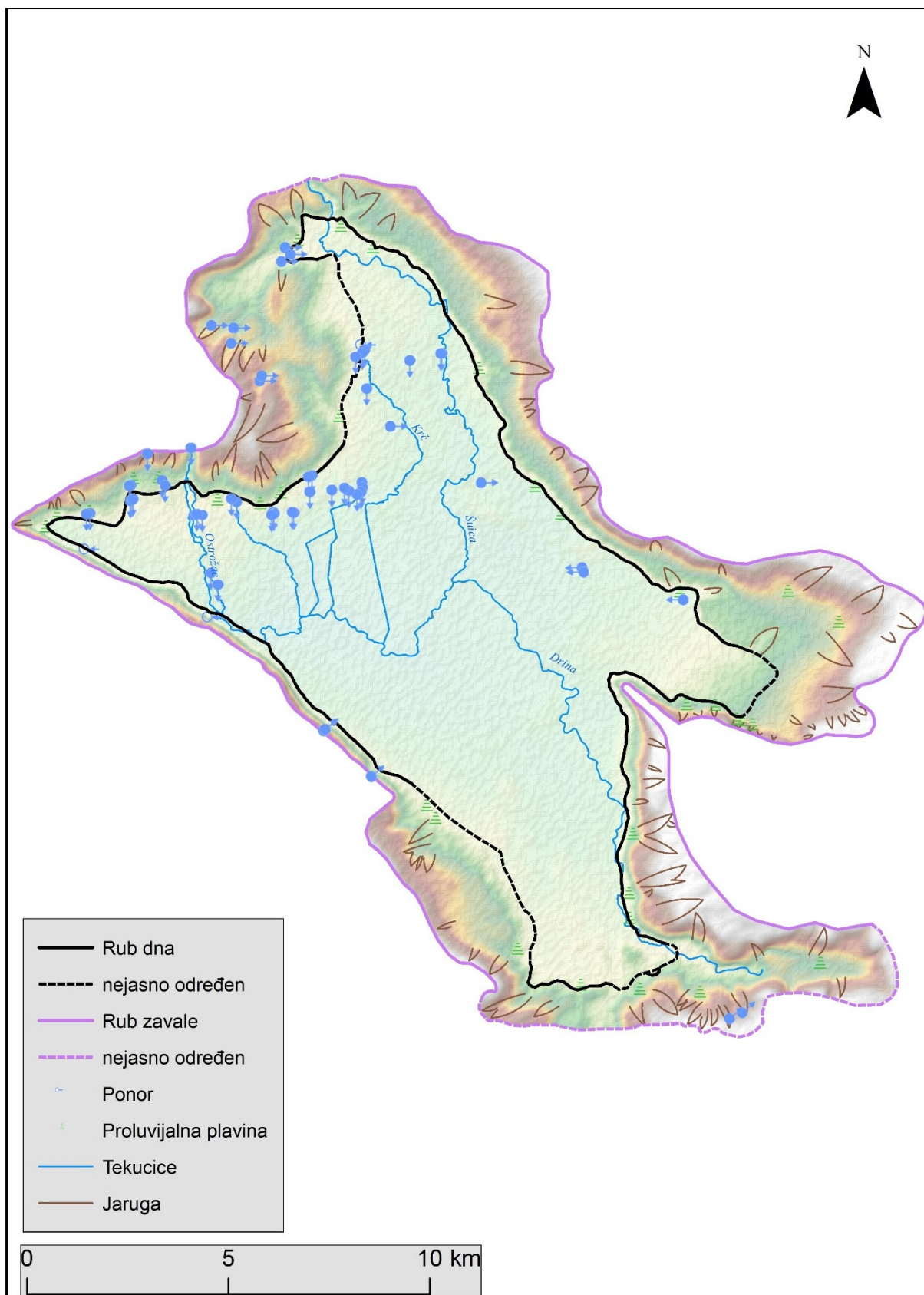
strmijim stranama zavale prisutni su fluviodenudacijski i padinski procesi. Tamo se nalaze jaruge s povremenim tokovima, a njihove se proluvijalne plavine nakupljaju na rubu polja.



Sl. 18: Pregledna geomorfološka karta Krbavskog polja



Sl. 19: Pregledna geomorfološka karta Livanjskog polja



Sl. 20: Pregledna geomorfološka karta Duvanjskog polja

6. RASPRAVA

Do sada nije zabilježena precizna i opće prihvaćena metoda određivanja granice polja u kršu. Vujaković (2013) je koristila četiri pristupa za određivanje granica polja u kršu, a to su: a) rub dna polja, b) najviša zatvorena izohipsa, c) rub orografski definirane zavale i d) rub površinskog drenažnog bazena. U ovom istraživanju korištena su dva pristupa: definiranje ruba dna polja i ruba zavale polja, ali je metodologija znatnije modificirana.

Vujaković (2013) je na temelju poprečnih profila polja i terenskog rada odredila tri vrste rubova dna polja; jasno definirani rub kao „onaj rub kod kojega je granica polja jasno uočljiva na kontaktu zaravnjenog dna polja i dna padine“, prekriveni rub kao onaj „na kontaktu padine i dna polja gdje su akumulacijski procesi i oblici više ili manje prekrivaju rub polja“ i nedefinirani rub koji je teško uočiti i definirati. Rubove zavale također je podijelila u tri kategorije; jasno definirani, nedefinirani i prijelazni tip ruba zavale. Ovim pristupom odredila je kriterije za određivanje tipova rubova dna i zavale polja, premda joj je fokus više na diferencijaciji rubova nego na kvantitativnim obilježjima dna i zavale. U ovom radu rub dna i rub zavale polja u kršu određen je pomoću kombinacije triju glavnih kriterija: promjene nagiba, zakrivljenosti i TPI-a. Pozitivna strana ove metodologije je to što obuhvaća veći broj parametara, ali treba naglasiti da rezultati direktno ovise o rezoluciji rasterskih podataka te da stvarno stanje nije provjeravano terenskim radom. Rub dna i rub zavale polja na mjestima gdje nije jasno vidljiva granica ucrtan je 'proizvoljno' tj. subjektivno uspoređujući navedene kriterije te se klasificirao kao nejasno definirani rub dna/zavale. Tako su, za razliku od Vujaković (2013) ovdje definirani samo dva tipa rubova: jasno i nejasno određeni.

Radoš i dr., 2012 su primijenili morfometrijske metode za analizu krškog polja na primjeru Duvanjskog polja. Autori su na temelju analognih topografskih karata izradili DMR te na taj način osigurali detaljniji prikaz rasterskih podataka. Proveli su detaljnu analizu morfometrijskih parametara na širem području Duvanjskog polja, uspoređujući ga s geološkom podlogom kako bi se prikazao utjecaj endogenih i egzogenih procesa na reljef. Autori nisu uzeli za cilj odrediti granice zavale ili dna polja, nego su analizirali polje s pripadajućim planinskim okvirom. Uspoređujući dobivene vrijednosti za Duvanjsko polje između dva rada vidljiva je njihova sličnost. Naravno, udjeli pojedinih klasa za nagib, orijentaciju kao ni za ostale parametre nisu jednaki što je i očekivano zbog drugačijeg obuhvata područja istraživanja, ali se vrijednosti generalno poklapaju. Preklapanjem i analizom detaljnijeg prikaza DEM-a kao ulaznog podatka, mogli bi se dobiti još precizniji izlazni morfometrijski podaci, a samim time i preciznije odrediti rub dna i rub zavale polja.

U ovom radu izrađene su pregledne geomorfološke karte na temelju topografske karte, hipsometrijske karte, izohipsa te karte nagiba. Glavni nedostatak ovog pristupa je manjak terenskog rada i same provjere podataka s topografskih karata u stvarnosti. U ovom radu prikazani su glavni oblici te objašnjeni procesi relevantni za dno polja i zavalu, a to su: izvori, ponori, stalne tekućice, veće jaruge i proluvijalne plavine.

7. ZAKLJUČAK

U radu su provedene razne analize na području Krbavskog, Livanjskog i Duvanjskog polja u kršu. Kao glavni rezultat ističe se metoda za određivanje granica ruba dna (RD) i ruba zavale (RZ) za spomenuta polja. Metodom se preklapaju slojevi TPI-a, nagiba i zakrivljenosti te ih se uspoređuje s topografskom kartom kako bi se odredile granice RD i RZ.

Nadalje, za RD i RZ svakog polja provele su se morfometrijske analize, što je rezultiralo kartografskim prikazom svakog morfometrijskog parametra. Treba naglasiti kako je za svako polje provedena kvantitativna obrada podataka, što je rezultiralo saznanjima o površini, prosječnoj visini polja, dužini, širini te dužini samog ruba dna i ruba zavale.

Također, provela se geomorfološka analiza svakog od polja. Pomoću topografske i hipsometrijske karte te izohipsa ucrtani su glavni geomorfološki oblici, što je rezultiralo izradom pregledne geomorfološke karte svakog od polja u kršu.

Zaključno, o poljima u kršu, kao i u kršu općenito ima dosta neistraženih aspekata. Ovaj rad jedan je od koraka ka većim saznanjima o fenomenu polja u kršu.

POPIS LITERATURE I IZVORA

Literatura

- Bognar, A., Faivre, S., Buzjak, N., Pahernik, M., & Bočić, N., 2012: Recent landform evolution in the Dinaric and Pannonian regions of Croatia. *Recent Landform Evolution: The Carpatho-Balkan-Dinaric Region*, 313-344.
- Bonnaci O., 2013: Poljes, Ponors and their catchments. U: Frumkin, A., Shroder, J. (ur.), *Treatise in Geomorphology* 6. Academic Press, San Diego, 112–120.
- Čečura Ž., Bognar A., 1989: Osnovna problematika morfogeneze denudacijskih i akumulacijskih nivoa u zavali Livanjskog polja, *Hrvatski geografski glasnik*, 51 (1), 21-27.
- Ford D., Williams P., 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, John Wiley and Sons, Chichester
- Frelih M., 2003: Geomorphology of Karst Depressions: Polje or Uvala – a Case Study of Lučki Dol, *Acta Carsologica*, 32/2 (9), 105-119.
- Gams I., 2005: Tectonics impact on poljes and minor basins (case studies of Dinaric karst), *Acta Carsologica*, 34/1 (2), 25-41.
- Gams I., Garbovec M., 1999: Land use and human impact in the Dinaric karst, *International Journal of Speleology*, 28 (1/4), 55-70.
- Gams, I., 1969: Some Morphological Characteristics of the Dinaric Karst, *The Geographical Journal*, 135 (4), 563-572.
- Gracia, F. J., Gutiérrez, F., & Gutiérrez, M., 2003: The Jiloca karst polje-tectonic graben (Iberian Range, NE Spain), *Geomorphology*, 52 (3-4), 215–231.
- Jeroen de Reu, Jean Bourgeois, Machteld Bats, Ann Zwertvaegher, Vanessa Gelorini, Philippe De Smedt, Wei Chu, Marc Antrop, Philippe De Maeyer, Peter Finke, Marc Van Meirvenne, Jacques Verniers, Philippe Crombé, 2012: Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes, *Geomorphology*, 186, 39-49.
- Kranjc A., 2013: Ivan Gams – karstologist, *Acta geographica*, 53 (1), 9-21.
- Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 31, 41-50
- Nikod J., 2003: A Little Contribution to the Karst Terminology: Special or Aberrant Cases of Poljes?, *Acta Carsologica*, 32/2 (3), 29-39.

- Radoš D., Lozić S., Šiljeg A, 2012: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria*, 17 (2), 177-207.
- Rogić V., 1966: 60. godišnjica profesora dr. Josipa Roglića. *Hrvatski geografski glasnik*, 28 (1), 7-15.
- Roglić J., 1961: Prilog poznavanju razvoja Cvijićeve misli o kršu, *Hrvatski geografski glasnik*, 23 (1), 37-52.
- Vujaković, A., 2013: *Geomorfologija polja u kršu - primjer Koreničkog polja*, Diplomski rad, Geografski odsjek, Sveučilište u Zagrebu.
- Weiss, A.D., 2001: Topographic position and landforms analysis, Poster Presentation, *ESRI Users Conference*, San Diego, SAD.

Izvori

- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, 2013: Popis stanovništva, domaćinstava/kućanstava i stanova u BiH 2013. godine, Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, Sarajevo, <https://popis.gov.ba/popis2013/?lang=bos> (1.6.2023.)
- Čičić, n.d.: Geološka karta Bosne i Hercegovine, Građevinski fakultet/Institut za geologiju, Sarajevo, <https://fzzg.gov.ba/view-more/geoloska-karta-300/206> (1.6.2023.)
- Državna geodetska uprava (DGU), 2010: Topografska karta Hrvatske (TK25), Informacijski sustav prostornog uređenja Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja, <https://ispu.mgipu.hr/> (1.6.2023.).
- Državni zavod za statistiku (DZS), 2022: Popis stanovništva, kućanstava i stanova u 2021. godini, Državni zavod za statistiku, Zagreb, <https://popis2021.hr> (1.6.2023.)
- Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun, S., Bukovac, J., Nikler, L. & Ivanović, A., 1973: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Udbina L33–128. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1963–1965); Savezni geološki institut, Beograd, <https://www.hgi-cgs.hr/osnovna-geoloska-karta-republike-hrvatske-1100-000/> (1.6.2023.)
- Vojnogeografski institut, n.d.: Topografske karte Hrvatske i Bosne i Hercegovine (preuzeto s <https://www.topografskakarta.com/index.html>; 1.6.2023

PRILOZI

Popis slika

Sl. 1: Karta područja istraživanja: položaj Krbavskog, Livanjskog i Duvanjskog polja unutar Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine	8
Sl. 2: Shematski prikaz postupka iscertavanja ruba dna i ruba zavale.....	13
Sl. 3: Hipsometrijska karta Krbavskog polja	19
Sl. 4: Hipsometrijska karta Livanjskog polja	20
Sl. 5: Hipsometrijska karta Duvanjskog polja.....	21
Sl. 6: Karta nagiba Krbavskog polja	24
Sl. 7: Karta nagiba Livanjskog polja.....	25
Sl. 8: Karta nagiba Duvanjskog polja.....	26
Sl. 9: Ekspozicija padina Krbavskog polja.....	29
Sl. 10: Ekspozicija padina Livanjskog polja	30
Sl. 11: Ekspozicija padina Duvanjskog polja.....	31
Sl. 12: Profilna zakrivljenost Krbavskog polja	33
Sl. 13: Profilna zakrivljenost Livanjskog polja.....	34
Sl. 14: Profilna zakrivljenost Duvanjskog polja.....	35
Sl. 15: Topografski pozicijski indeks Krbavskog polja	38
Sl. 16: Topografski pozicijski indeks Livanjskog polja.....	39
Sl. 17: Topografski pozicijski indeks Duvanjskog polja.....	40
Sl. 18: Geomorfološka karta Krbavskog polja	43
Sl. 19: Geomorfološka karta Livanjskog polja.....	44
Sl. 20: Geomorfološka karta Duvanjskog polja	45

Popis tablica

Tab. 1: Statistički podaci dna i zavale Krbavskog polja	15
Tab. 2: Statistički podaci dna i zavale Livanjskog polja.....	15
Tab. 3: Statistički podaci dna i zavale Duvanjskog polja	15
Tab. 4: Hipsometrijski podaci dna i zavale Krbavskog polja	16
Tab. 5: Hipsometrijski podaci dna i zavale Livanjskog polja	17
Tab. 6: Hipsometrijski podaci dna i zavale Duvanjskog polja.....	17
Tab. 7: Podaci o nagibu dna i zavale Krbavskog polja	22
Tab. 8: Podaci o nagibu dna i zavale Livanjskog polja.....	23

Tab. 9: Podaci o nagibu dna i zavale Duvanjskog polja	23
Tab. 10: Podaci o ekspoziciji padina zavale Krbavskog polja	27
Tab. 11: Podaci o ekspoziciji padina zavale Livanjskog polja	27
Tab. 12: Podaci o ekspoziciji padina zavale Duvanjskog polja	28
Tab. 13: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Krbavskog polja	36
Tab. 14: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Livanjskog polja	37
Tab. 15: Podaci o topografskom pozicijskom indeksu dna i zavale Duvanjskog polja	37