Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije šireg područja NP Paklenica

Džankić, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:927556

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Marija Džankić

Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije šireg područja Nacionalnog parka Paklenica

Diplomski rad

Zagreb
2020

Marija Džankić

Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije šireg područja Nacionalnog parka Paklenica

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

Zagreb
2020

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

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije šireg područja Nacionalnog parka Paklenica

Marija Džankić

Izvadak: Područje Južnog Velebita ima složeni geomorfološki razvoj, a njegovo oblikovanje bilo je i pod utjecajem pleistocenske glacijacije. Cilj ovog rada je detaljnije istražiti geomorfološke tragove pleistocenske oledbe na tom području. Primijenjene su metode opće i specifične morfometrijske analize u GIS-u te metoda geomorfološkog kartiranja. Zabilježeni su značajniji egzaracijski (cirkovi, ledenjačke doline) i akumulacijski oblici te je analiziran njihov prostorni raspored i odnos s ostalim elementima reljefa. Na temelju geomorfoloških tragova pretpostavljen je položaj i obuhvat četiri ledenjaka, od kojih je najdulji Ribnički, duljine 10,5 km. Ostale tri pretpostavljene ledenjačke doline nalaze se na sjevernoj padini. Obuhvat leda u maksimumu glacijacije pretpostavljen je na površini od 41,6 km^2. S obzirom na karbonatnu građu ovo područje je i znatno okršeno pa prevladava glaciokrš. Kopnjenjem leda morenski materijal je erodiran i pretaložen u obliku fluvioglacijalnih plavina na sjevernoj i južnoj strani istraživanog područja

52 stranice, 33 grafičkih priloga, 3 tablice, 60 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Geomorfologija, glacijacija, glaciokrš, NP Paklenica, Južni Velebit

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

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

Tema prihvaćena: 7. 2. 2019.

Rad prihvaćen: 13. 2. 2020.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

Geomorphological traces of Pleistocene glaciation of the wider area area of Paklenica NP

Marija Džankić

Abstract: The Southern Velebit area has a complex geomorphological formation and it was reshaped under Pleistocene glaciation. The aim of this thesis is to investigate geomorphological traces of Pleistocen glaciation on this area. The main methods used in this research were general and specific morphometric analys method in GIS and method of geomorphological mapping. It was found that they are significant egzaration (cirques, glacial valleys) and accumulation forms, so their spatial arrangement and relations with other elements of relief were analyzed. In fact of geomorphological traces, the position and area of four glaciers was assumed. The longest glacier was Ribnički glacier with the lenght of 10,5 km. The other three glacial valleys are located on the northern side of the Southern Velebit. The ice coverage during the glacial maximum has been assumed with area of 41,6 km^2. The researched area is primarily made of carbonated stones that were reshaped by ice; hence the development of glaciokarst. By ice melting, morane material has been erroded and accumulated in the fluvioglacial fan form on the northern and southern side of researhed area.

52 pages, 33 figures, 3 tables, 60 references; original in Croatian

Keywords: Geomorphology, glaciation, glaciokarst, Paklenica NP, Southern Velebit

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

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

Thesis title accepted: 07/02/2019

Thesis accepted: 13/02/2020

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

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Teorijska osnova: pleistocenska glacijacija ... 2
3. Dosadašnja istraživanja ... 3
4. Područje istraživanja ... 4
4.1. Obuhvat i položaj ... 4
4.2. Geološka građa ... 5
4.3. Geomorfologija ... 6
4.3.1. Morfografija ... 7
4.3.2. Morfogeneza ... 9
4.4. Klimatska obilježja ... 10
5. Podaci i metode istraživanja ... 11
6. Rezultati i rasprava ... 12
6.1. Opća morfometrija ... 12
6.1.1. Hipsometrija ... 12
6.1.2. Nagib padina ... 14
6.1.3. Ekspozicija ... 18
6.1.4. Vertikalna raščlanjenost ... 20
6.2. Specifična morfometrija ... 22
6.2.1. Ponikve ... 22
6.2.2. Cirkovi ... 24
6.3. Primjeri utjecaja glacijacije na oblikovanje reljefa ... 28
6.3.1. Struge ... 28
6.3.2. Javornik ... 35
6.3.3. Oglavinovac ... 36
6.3.4. Ribnička vrata ... 37
6.3.5. Rujno ... 39
6.3.6. Središnji dio vršnog hrpta ... 40
6.4. Geomorfološki značaj glacijacije na istraživanom području ... 44
7. Zaključak ... 48
8. Literatura: ... 49

1. Uvod

Posljednjih desetljeća obuhvat pleistocenske glacijacije i glacijalnih procesa sve su češća tema istraživačkih radova. Poznavanje osnovnih glacijalnih okoliša dovodi do zaključka da je glacijacija jedan od najkompleksnijih procesa (Šegota, 1963). Glacijalni procesi bitni su čimbenici dugoročne modifikacije reljefa. Kompleksnost glacijacije vidljiva je u intenzivnim procesima jer, u usporedbi s prijašnjim razdobljima, u prirodi ostavlja posljedice, odnosno mijenja reljef u vrlo kratkom periodu (Šegota, 1963). Glacijacija nastupa kada fizički uvjeti budu takvi da u nizu godina jedan dio snijega ostane neotopljen. Poznato je da dijelovi Dinarida predstavljaju veliko područje akumulacije leda (Hughes i dr., 2011), no obuhvat glacijacije veći je nego što se isprva pretpostavljalo (Hranilović, 1901; Schubert, 1908; Milojević, 1922; Degen, 1936). Tragovi ledenjačkog djelovanja ustanovljeni su na području Velebita. Reljefne predispozicije Velebita pogodovale su pleistocenskim klimatskim uvjetima u vrijeme početka glacijacije, a karbonatna podloga utjecala je na razvoj glaciokrša. S obzirom na to da Velebit dijeli primorsku i ličku stranu, vidljive su razlike u intenzitetu glacijalnih, ali i općenito, geomorfoloških procesa. Primorsku stranu obilježava strma padina, s brojnim geomorfološkim oblicima, dok je lička strana blaža i šumovita. Na jugoistočnoj, primorskoj padini Južnog Velebita nalazi se Nacionalni park Paklenica. Pripadaju mu vršni dijelovi, s visinama do 1757 m te duboko usječeni kanjoni Velike i Male Paklenice. NP obilježava jedinstvena prirodna osnova, bogatstvo šumskog pokrova i geomorfoloških oblika. Posebnost reljefne raznolikosti očituje se u velikoj visinskoj razlici na maloj udaljenosti koja je bila uzrok mnogim različitim procesima čija su djelovanja i danas aktivna. Tako i danas vršni dio karakterizira dugotrajni snježni pokrivač dok se u priobalju, na svega nekoliko kilometara zračne udaljenosti, temperature penju i preko 20°C. Iako zbog strmog nagiba nije bilo jedinstvenog ledenog pokrova, on je ipak ostavio značajne tragove na oblikovanje reljefa.

Budući da je reljef bio izložen eroziji i okršavanju, mnogi su tragovi glacijacije teže prepoznatljivi na terenu zbog čega prostor i danas nije u potpunosti istražen. Cilj ovog rada jest provesti geomorfološko istraživanje kako bi se ustanovili tragovi pleistocenske glacijacije s naglaskom na utvrđivanje egzaracijskih i akumulacijskih oblika, njihov međusobni raspored te međuodnos s ostalim elementima reljefa. Također, cilj rada jest doprinijeti istraživanjima glacijacije na širem području Nacionalnog parka Paklenica, koja još uvijek nisu potpuna i posve jasna.

2. Teorijska osnova: pleistocenska glacijacija

Kvartar je najmlađe geološko razdoblje koje je započelo prije otprilike 2 600 000 godina, a dijeli se na starije razdoblje – pleistocen, i mlađe – holocen u kojem i mi danas živimo. Prelazak iz pleistocena u holocen dogodio se prije 11 700 godina (Velić i Velić, 2019). Sjeverna hemisfera započela je oledbu termičkom izolacijom Arktičkog oceana koja je uzrokovana padom morske razine (Šegota, 1963). Početak kvartara obilježio je stalan pad temperature s 20% manje padalina što je izazvalo spuštanje snježne granice i stvaranje prostranih ledenih pokrova (Petrović, 1982). Vrhunac ledenog doba zabilježen je u srednjem pleistocenu. Pleistocen je obilježen izmjenama glacijala i interglacijala te pluvijala i interpluvijala. Poznato je da su se ta razdoblja međusobno izmjenjivala ali u različitim vremenskim okvirima. Glacijale obilježava postupno zahlađenje, s povećanom aridnosti, dok se zatopljenje odvija naglo. Najhladniji glacijal bio je virm, s maksimumom prije 20 000 – 22 000 godina, o čemu govore paleoklimatološka istraživanja, a takvi rezultati podudaraju se s načelom da je svako mlađe zahlađenje intenzivnije od prethodnog (Velić i Velić, 2019). Iako je pleistocenska glacijacija imala regionalni karakter, prema Petroviću (1982) je čak 20% ukupne površine Zemlje bilo pod ledom. Izuzetno je važna bila i planinska glacijacija, značajna za Dinaride. Rasprostiranje ledenog pokrova ovisilo je o ravnoteži utjecaja temperatura ljeti i količine padalina zimi. Za vrijeme virmskog maksimuma, velika količina padalina, znatno niža temperatura i manje isparavanje pogodovalo je opstanku ledenjaka (Bognar i dr., 1997). Određena istraživanja (Hughes i dr., 2010) govore da je pri zahlađenju prosječne godišnje temperature od 12 do 13°C, u odnosu na današnje vrijednosti, potrebno >1000 mm padalina za formiranje ledenjaka, a za njegovo održavanje, u uvjetima više temperature, potrebna je veća količina padalina. Za rasprostiranje ledenog pokrova važan je povoljan prostorni razmještaj, odnosno odgovarajuće reljefne predispozicije. Mrežasta struktura reljefa Velebita pogodovala je razvijanju leda u krškim depresijama, a prema Summerfieldu (1991), akumulaciji snijega doprinijela je kombinacija sjene i zaštite od prevladavajućih vjetrova, pri uvjetima niskih temperatura. Utjecaj ledenjaka nije bio ograničen samo na gorje već je sočnica nosila velike količine sedimenta kroz riječne tokove sve do obale (Hughes i dr., 2006). Istraživanja ledenog pokrova mogu precizno rekonstruirati tijek klimatskih promjena jer je održivost ledenjaka usko povezana s temperaturama atmosferskog zraka i opskrbom vlagom.

Dinarski sustav, obilježen krškom morfologijom, bio je pod utjecajem planinske glacijacije koja je ostavila tragove egzaracijskih i akumulacijskih oblika. Takav krški reljef izmijenjen glacijalnim procesima naziva se glaciokrš (Veress i dr, 2019). S obzirom na to da je utjecaj leda na krš uglavnom destruktivan, istraživanje glaciokrša važno je za razumijevanje geneze

reljefnih oblika. Tako su, na primjer, krške depresije pretvorene u cirkove, a led, tj. sočnica može utjecati i na razvoj ponorskih špilja (Veress i dr., 2019). S druge strane, Ford (1979) izdvaja obrnute „krško-glacijalne formacije“, tj. ledenjačke oblike modificirane krškim procesima dok se u slučaju glaciokrških formacija krški kopneni oblik transformirao glacijalnim procesima. Tragovi posljednje oledbe utvrđeni su kartiranjem Velebita za potrebe projekta „Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske“ (Bognar i dr., 1991), a daljnja istraživanja Velebita dodatno potvrđuju i proširuju teoriju pleistocenske glacijacije na našem području.

3. Dosadašnja istraživanja

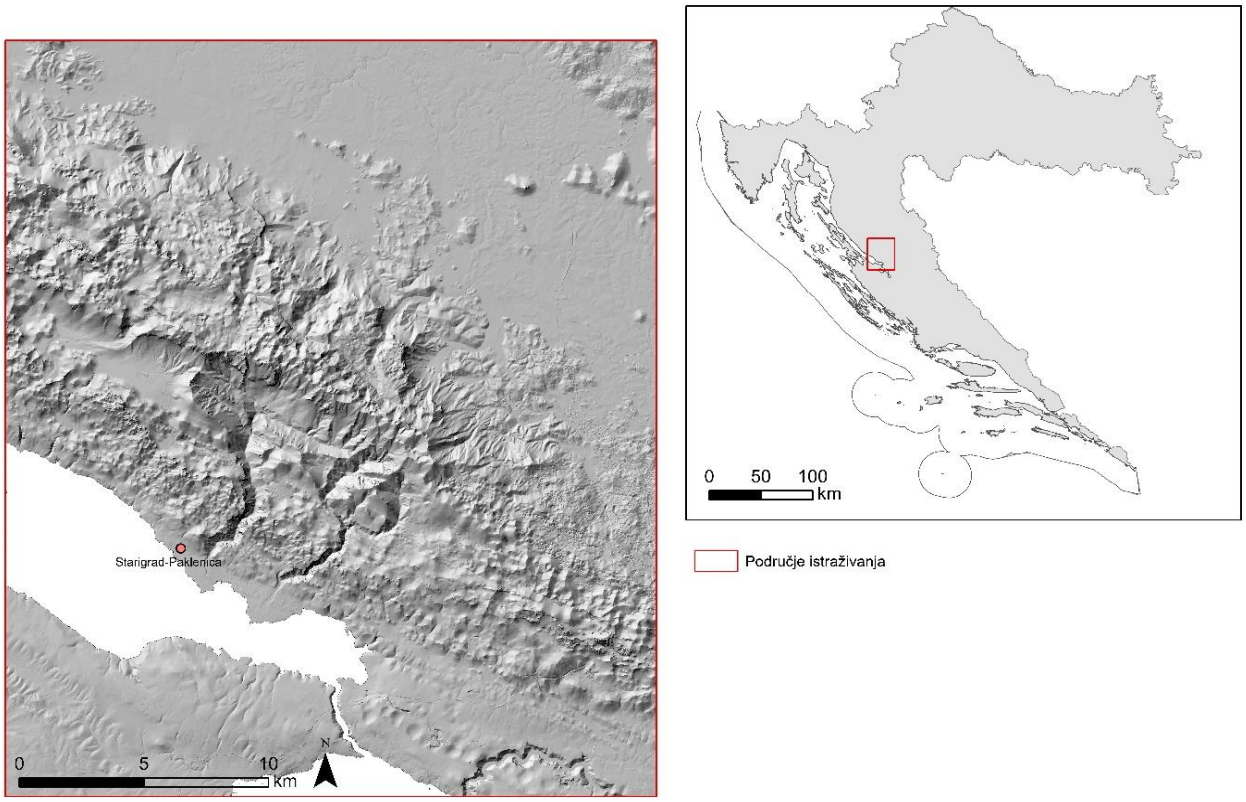
Velebit je često istraživan za potrebe planinarskih vodiča i karata. U tu svrhu, među prvima je bila izdana knjiga Ž. Poljaka 1969. godine koja je obuhvaćala opća obilježja Velebita i opis planinarskih puteva. Za potrebe geološkog kartiranja Jugoslavije, 1965.-1967. provedena su geološka istraživanja na području Hrvatske, pa tako i Velebita. Jedan od autora karata i tumača karata bio je geolog Sokač koji je potom i doktorirao je na temu Geologija Velebita (1973) te je tako bio prvi koji je detaljno dao pregled geologije područja. O geomorfologiji Velebita piše D. Perica (1998) također u disertaciji. Prostorom NP Paklenice bavi se Saletto-Janković koja provodi geoekološko istraživanje parka (1997). Pediment Velebita istražuje Bognar (1992), a hrptom Velebita bavi se Faivre (2007). Geomorfološka obilježja Sjevernog Velebita istražuju Bočić i dr. (2019). Prve pretpostavke o zaleđenju ovog prostora nisu nailazile na pozitivna mišljenja, ali s porastom istraživanja, one su postale utemeljene. Glacijaciju na prostoru Velebita prvi spominje Hranilović 1901. u Glasniku Hrvatskog prirodoslovnog društva. Iako je Gorjanović iste godine opovrgnuo Hranilovićevu ideju, ubrzo se njome bave Gavazzi (1903) i Schubert (1908) temeljenu na istraživanjima Velike i Male Paklenice. Ideju glacijacije podupire i geomorfolog Milojević (1922) te biolog Degen (1936) koji se bavi zaleđenjem Sv. Brda. Poljak (1947) se suprotstavlja dotadašnjim mišljenjima navodeći da su u vrijeme pleistocena na području Velebita vladali sniježnici, a ne ledenjaci. Konačno, konkretne dokaze glacijacije na Južnom Velebitu donose Nikler (1973) i Belij (1985). Nikler je ustanovio glacijalne tragove na Velikom i Malom Rujnu te je utvrdio završnu morenu kod Ribničkih vrata koju poslije Marjanac i Marjanac (2004) te Velić i dr. (2013) opisuju kao središnju. Belij (1985) u radu Glacijalni reljef Južnog Velebita širi spoznaje o glacijaciji vršnog dijela Južnog Velebita, ostavljajući temelj za naredna istraživanja. Novija istraživanja glacijacije na području Velebita započeli su Bognar i dr. (1991) na temelju Sjevernog Velebita, a potom su isti istražili zaleđenje

Srednjeg Velebita (Bognar i dr. 1997; Faivre i Bognar 2013). Nakon višegodišnjih istraživanja Velić i Velić (2009) objavili su Geološki vodič za NP Sjeverni Velebit u kojem su opisali akumulacijske glacijalne oblike. Iz geološkog aspekta, pleistocenskom glacijacijom bavi se Lj. Marjanac (2012) u svojoj doktorskoj disertaciji, a također i Marjanac i Marjanac (1999, 2006, 2016) navodeći da se ledenjak kretao na nižim nadmorskim visinama nego što je do tada dokazano. Pretpostavljeni prostorni okvir djelovanja ledenjaka daju Krkec i dr. (2015) uz proučavanje sedimenata morene na Rujnu. Posljednje istraživanje glacijacije na ovom području objavljuju Velić i Velić (2019) u knjizi Glacijalno-geološke značajke područja NP Paklenica.

4. Područje istraživanja

4.1. Obuhvat i položaj

Velebit je najduža planina Dinarskog sustava s pravcem pružanja sjeverozapad-jugoistok, u duljini od 145 kilometara. U sjeverozapadnom dijelu doseže širinu od 36 kilometara, a u jugoistočnom 9 kilometara. Na temelju morfoloških i strukturnih karakteristika, Velebit se dijeli na sjeverni (Vratnik – Veliki Alan), srednji (Veliki Alan – Oštarijska vrata), južni (Oštarijska vrata – Mali Alan) i jugoistočni Velebit (Mali Alan – gornji tok Zrmanje) (Poljak, 1969). Na južnom Velebitu smješteni su najviši vrhovi, s maksimalnom visinom od 1756 metara koliko iznosi Vaganski vrh, četvrti po visini u Hrvatskoj. Velebit karakteriziraju dvije strane – lička i primorska s različitim obilježjima. Područje istraživanja dio je južnog Velebita (Sl. 1). Obuhvaća prostor Nacionalnog parka Paklenica, zatim Veliko i Malo Rujno, te ličku padinu oko sela Raduč i Medak. NP Paklenica prostire se na površini od 96 km², a obuhvaća vršni dio s Vaganskim vrhom i Svetim brdom te kanjone Velike i Male Paklenice, okomito urezane u južne padine Velebita. Najjužnije područje istraživanja jest Sv. Brdo i područje Dušica.



Sl. 1. Prostorni obuhvat područja istraživanja

4.2. Geološka građa

Geološki sastav važan je čimbenik oblikovanja reljefa. Prikaz geološke građe i sastava napravljen je na temelju Osnovne geološke karte 1:100000 – list Gospić (Sokač i dr., 1974), list Udbina (Šušnjar i dr., 1973), list Obrovac (Ivanović i dr., 1974) i list Zadar (Majcen i dr. 1970) te pripadajućih tumača za spomenute karte.

Temeljna značajka stratigrafskih i litoloških jedinica jest dinarsko pružanje. Velebit je primarno građen od sedimentnih stijena, a izdignut je alpskom orogenezom. Najstarije stijene datiraju iz razdoblja karbona dok se najmlađima smatraju recentne taložine. Područje istraživanja izgrađeno je od karbonatnih stijena, najvećim dijelom vapnenca, zatim dolomita, a manjim dijelom i klastičnih stijena. Prema geološkoj starosti, utvrđene su naslage u rasponu od perma do holocena.

Najstarije istaložene naslage izbile su na površinu zahvaljujući snažnim tektonskim pokretima u neogeonu (Velić i dr., 2014). Permske naslage predstavljene su dolomitima, a izgrađuju jezgru razlomljene antiklinale Velike i Male Paklenice (Sokač, 1973). Permski dolomiti pokriveni su pleistocenskim siparišnim brečama i recentnim siparima (Velić i dr., 2014). Dolomiti Paklenice tvore uglavnom blagi reljef bez izraženijeg okršavanja. Mjestimice

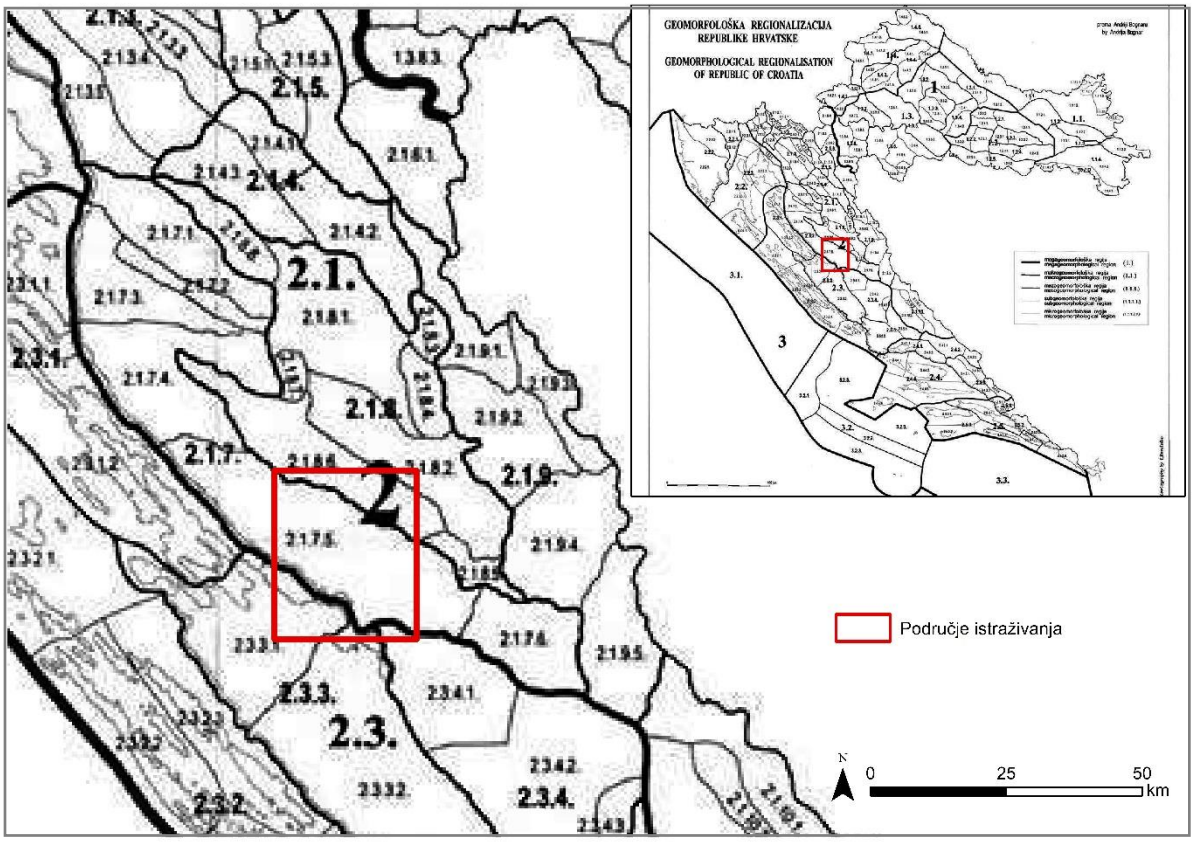
se zapažaju razlomljeni slojevi kao posljedica tektonske poremećenosti (Velić i dr., 2014). Trijaski karbonati i klastiti dominiraju jugozapadno od permskih dolomita, u pojasu dijagonalno od Strana do Vlaškog grada, a protežu se i sjeverno od permskih dolomita (linija Bunovac – Golovrhe). Istraživanim prostorom dominiraju jurski vapnenci, koji uglavnom okružuju pleistocenske glacijalne naslage (Struge, Javornik, Oglavinovac, Rujanska kosa). Jedine otkrivene kredne naslage nalaze se u Bužonića dolini. Paleogenske velebitske breče nastale u vrijeme najjačih tektonskih pokreta (Velić i Velić, 2019), sastavljene su od kršja i ulomaka jurskih i krednih vapnenaca, a nalaze se u području uz kanjone Velike i Male Paklenice, Bojinca pa sve do obale. Kvartarne naslage vidljive su u okviru glacijalnih nanosa te siparišnih breča i sipara. Glacijalne naslage već su spomenute, a fluvioglacijalne se rasprostiru u donjem dijelu kanjona Male Paklenice, od Marasovića prema ulazu u Park, a sudjeluju i u oblikovanju plavina Pisak (Seline) i Kulina (Starigrad-Paklenica). Siparišne breče prepoznate su na padinama gornjeg toka Velike Paklenice, iznad Ramića, na granici s permskim dolomitima.

U regionalnom smislu Velebit pripada geotektonskoj zoni Dinarik u kontaktu sa zonom Adrijatik (Herak, 1986), a unutar Velebita razlikuju se tri strukturne jedinice: sjeverni, srednji i južni (Prelogović, 1995). U tektonsko-strukturnim okvirima, Velebit je antiklinala (Sokač, 1973) višestruko razlomljena rasjedima pri čemu južni Velebit predstavlja jugozapadno, jedino sačuvano krilo (Velić i dr., 2014). Osim glavne antiklinale, značajne su i sekundarne. Prema Saletto Janković (1995), područje V. i M. Paklenice tvori sekundarnu antiklinalu koja je na sjeveru ograničena pakleničkim rasjedom (Perica, 1998). Paklenički rasjed jasno odvaja pojas perma i jure na liniji Libinje – Ravne drage – Buljma.

4.3. Geomorfologija

Prema geomorfološkoj regionalizaciji (Bognar, 2001) koja je napravljena na temelju morfostrukturnih, morfogenetskih, orografskih i litoloških karakteristika, Velebit, zajedno s cijelom Gorskom i Primorskom Hrvatskom pripada megageomorfološkoj regiji Dinarskog gorskog sustava. U okviru regionalizacije Bognar (2001) izdvaja različite razine kategorizacije pa tako Velebit pripada makrogeomorfološkoj regiji Gorska Hrvatska, dok se kao mezogemorfološka regija izdvaja Gorski hrbat – masiv Velebita (Sl. 2.). Konačno, područje istraživanja ubraja se u još nižu razinu, subgeomorfološku regiju Gorski hrbat Južnog Velebita. Prema tipu geomorfološke regije, prostor pripada gorskom tipu kojeg obilježava dinarski

pravac pružanja, lučna izmjena gorskih planinskih uzvišenja te sukladan odnos orografske i geološke strukture (Bognar, 2001).

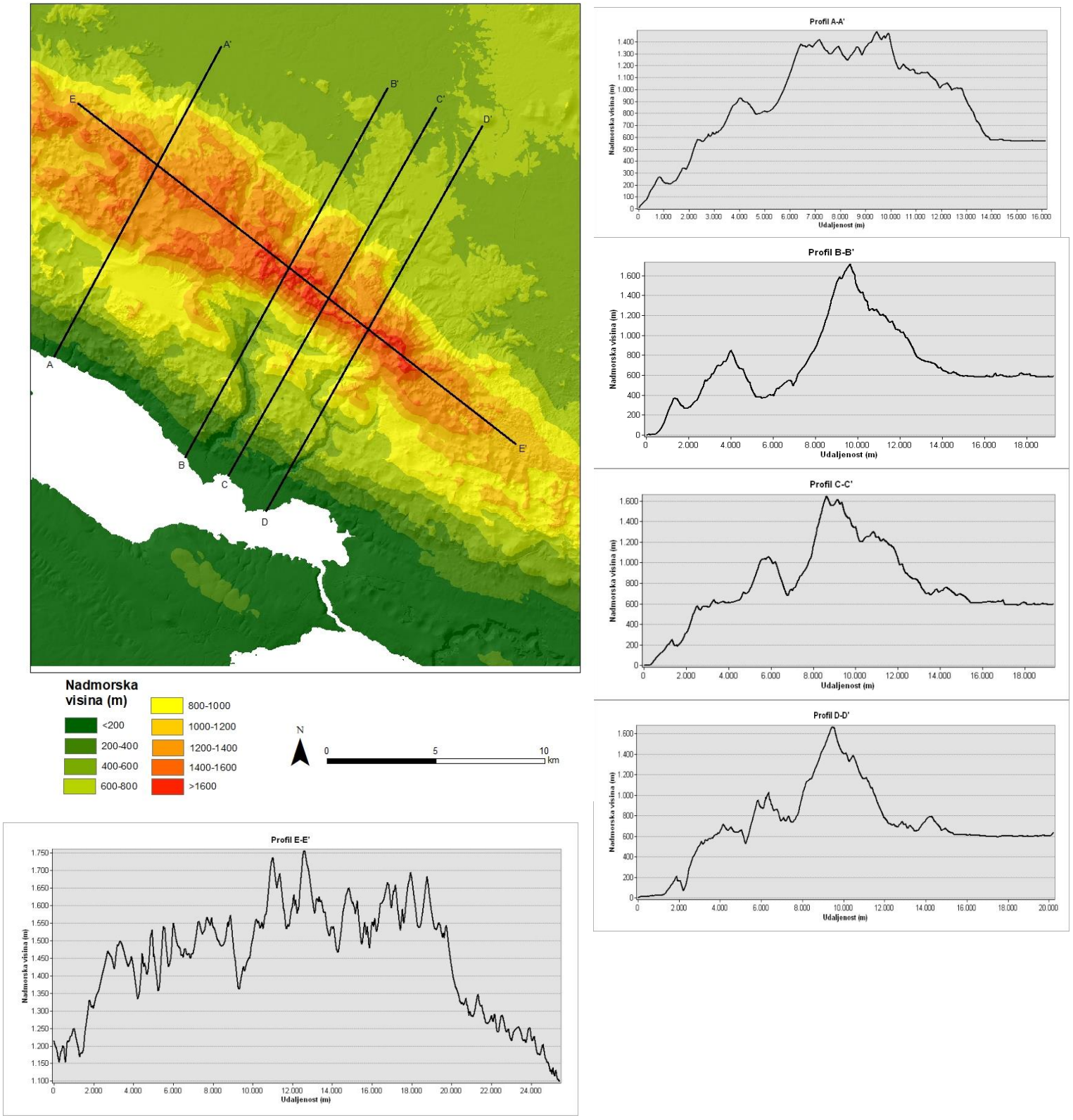


Sl. 2. Geomorfološki položaj područja istraživanja prema Bognaru (2001)

4.3.1. Morfografija

Orografski promatrano, Velebit obilježava mrežasta reljefna struktura, obilježena nizom vrhova-uzvišenja. Južni Velebit predstavlja izduženo planinsko uzvišenje, pružanja SZ-JI. Najširi je na sjeverozapadu, a sužava se prema jugoistoku. Ovo područje najviši je dio Velebita, s vrhovima do 1756 metara. Bognar (1997) Južni Velebit opisuje kao borano-navlačnu rasjednu morfostrukturu naglašavajući važnost tektonike u današnjem izgledu prostora. Na Južnom Velebitu mogu se izdvojiti tri orografske cjeline: glavni greben, primorska i lička padina. Na području Južnog Velebita očita je asimetrija poprečnog profila (Sl. 3.). Primorska strana je ustrmljena i raščlanjenija jer se na relativno kratkim udaljenostima izmjenjuju visinske razlike od 0 do preko 1700 m dok je lička reljefna jedinica položenija. Na temelju prikazanih profila može se zaključiti da primorska strana ima stepeničasti ocrt. Uzrok stepeničastog ocrta jest izmjena faza izdizanja s fazama mirovanja kada su se događali procesi denudacijskog zaravnjavanja (Bognar, 1992). Primorsku stranu obilježavaju kanjoni Velike i Male Paklenice čija korita sežu do gotovo ispod glavnog grebena. Glavni greben nije jedinstvena morfološka

cjelina već je obilježen nizom „glavica, kukova, uvala i ponikava“ (Bognar, 1992, 22), predočeno u profilu E-E' (sl. 3.), što je posljedica intenzivne denudacije (Bognar i dr. 1991). Najviši dio grebena obilježava središnji dio prostora.



Sl. 3. Hipsometrijska karta Južnog Velebita s istaknutim profilima

4.3.2. Morfogeneza

Morfogeneza obuhvaća djelovanje unutarnjih (endogenih) i vanjskih (egzogenih) sila i procesa koji oblikuju reljef, stoga se u kombinaciji s litologijom i tektonikom mogu izdvojiti neki morfogenetski tipovi reljefa. Na Južnom Velebitu mogu se izdvojiti padinski, krški, fluviokrški, fluvijalni, fluviodenudacijski glacijalni, glaciofluvijalni i periglacijalni tipovi reljefa. Padinski procesi snažno su utjecali na formiranje reljefa, ali značajan utjecaj u preobrazbi reljefa ostavilo je posljednje ledeno doba.

Padinski tip reljefa obilježavaju strmci u najvišim dijelovima dolinskih strana te sipari i jaruge. Vezan je najvećim dijelom za prostor iznad Brezimenjače i iznad izvorišnog dijela Velike i Male Paklenice te dolina Velike i Male Paklenice.

Prevlast karbonatnih stijena uvjetovala je jake procese okršavanja koji su omogućili razvoj krških oblika. Ljuti krš rasprostranjen je između Rapavca i područja iznad Ramića, a vezan je za dijelove terena s povećanim nagibom slojeva (Saletto Janković, 1995). Najčešći krški oblik su škrape, rasprostranjene po cijelom području, a veličina im varira od nekoliko cm do 1 m, a dužina često premašuje i više od 10 m (Perica, 1993). Sljedeći značajan oblik su ponikve čija se gustoća preklapa s područjima manjih nagiba. Istraživanja ponikava Sjevernog (Faivre, 1992) i Jugoistočnog Velebita (Marković i dr., 2016) pokazuju da se najveća gustoća ponikava nalazi na nagibima 0-12°. Nadalje, na Južnom Velebitu rasprostiru se još i uvale te kukovi. Endokrški oblici predstavljeni su brojnim špiljama i jamama. Neke od njih su Manita peć, Jama Vodarica, Špilja pod Buljmom, Puhaljka itd. Glavno obilježje ovih objekata je velika prostranost i nedostatak vodotoka, a to su ujedno značajke i ostalih speleoloških objekata u Hrvatskoj (Garašić, 1986, preuzeto iz Saletto Janković, 1995). Iako su glavnu važnost pri nastanku speleoloških objekata imali voda, tektonska aktivnost te svojstva stijena, njihov razvoj ovisi i o klimatskim promjenama, odnosno o glacijaciji. Glacijacija utječe na speleogenezu na način da je u određenim razdobljima smanjuje, a u drugim povećava. Naime, u maksimumu glacijacije brojni otvori i kanali bili su zapunjeni glacijalnim materijalom (Ford i Williams, 2007) zbog čega nije bilo uvjeta za razvijanje speleogeneze. Glacijacija ima pozitivan učinak na speleogenezu u razdobljima izmjene stadijala i interstadijala kada je omogućen povećan dotok vode u podzemlje (Bočić i dr., 2012). Na sjevernoj padini Južnog Velebita nalazi se jama Puhaljka u kojoj su utvrđeni glaciofluvijalni sedimenti (Malinar, 1984). Snijeg i led i danas utječu na oblikovanje speleoloških objekata u vršnim dijelovima Velebita jer su ispunjeni snijegom i ledom tijekom cijele godine (Buzjak i dr. 2018).

Suhe doline, vrela, slijepe doline obilježja su fluviokrša koji se prema Bognaru (1995) rasprostire na području Brezimenjače, podno Rapavca, području oko Ivinih vodica i Vlaškog grada, a opasuje i glacijalni reljef s njegove sjeveroistočne (ličke) strane.
Fluvijalni i fluviodenudacijski reljef vezan je uz kanjone i vodotoke Velike i Male Paklenice sa svojim brzacima i kaskadama te uz doline Brezimenjače, Orljače i Suhe drage.
Glacijalni tip reljefa raširen je u vršnom dijelu hrpta Južnog Velebita i to u prostoru Oglavinovca, Javornika, Ribničkih vrata, Struga, Štirovca, Segestina, Malovana, Svetog brda i Dušica. Detaljnije o svakom prostoru bit će prikazano u nastavku.

4.4. Klimatska obilježja

S obzirom da Velebit karakterizira granični položaj između primorja i unutrašnjosti, klimatska svojstva SI i JZ padine bitno se razlikuju. Velebit čini barijeru koja otežava miješanje zraka, stoga je jugozapadna strana podvrgnuta utjecaju mora, a sjeveroistočna utjecaju kopna. Takve prilike uzrokuju razlike u vrijednosti u temperaturi zraka, vlažnosti, padalinama, vjetrovima itd. Poznavanje klimatskih karakteristika Velebita omogućio je rad meteoroloških postaja na Zavižanu, Baškim Oštarijama te postavljanje pluviometarskih postaja i totalizatora na vršnom dijelu Velebita (Perica i Orešić, 1994). Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, Velebit čini granicu između tipova Cfa i Cfb, dok prostor iznad 1500 metara poprima karakteristike hladnijeg tipa D (Penzar i Penzar, 1994). S obzirom na orografiju područja, na Velebitu su rasprostranjene različite mikroklime.

Ekspozicija i nagib u uskoj su vezi s primitkom Sunčeve energije jer, prema Perici i Orešiću (1999), jako zagrijavanje površine utječe na termodinamičko raspadanje stjenovite podloge. Osunčanost opada od obale prema vršnom dijelu iako je ljeti izraženija naoblaka na vršnom dijelu dok je u nižim područjima ona značajna zimi. Najveća količina padalina značajna je za vršni dio, i to Vaganski vrh – Sveto brdo, s oko 3500 mm (Perica i Orešić, 1999). Primorsku stranu obilježava pluviometrički režim koji govori da je veća količina padalina u hladnijoj polovici godine (Perica i Orešić, 1999). Značajne su kratkotrajne i obilne padaline koji potom uzrokuju bujične tokove. S porastom nadmorske visine godišnji raspored količine padalina postaje ravnomjerniji. Godišnja prosječna količina padalina, u razdoblju 1991.-2000., izmjerena u selu Parići (570 m NV) jest 1037 mm dok je u Starigradu 1193 mm (Surić i dr., 2017). Za područje Južnog Velebita izuzetno je važan snježni pokrivač koji utječe na oblikovanje reljefa, a zajedno s temperaturom, imao je presudnu ulogu u pleistocenu. Značajna karakteristika primorske strane jest naglo opadanje temperature zraka na maloj udaljenosti što se prepoznaje i u rasporedu vegetacije u višem području Velike i Male Paklenice (Perica i

Orešić, 1999). Niske temperature utječu na kriogene procese koji su dominantni u oblikovanju reljefa vršnog dijela. U višim nadmorskim visinama, a posebno u vršnom dijelu značajan je velik broj hladnih i studenih dana ispod 0°, što pospješuje trajanje snježnog pokrivača. Značajnu ulogu ima i mahovit olujni vjetar, tj. bura izražena posebno u zimskim mjesecima (Surić i dr.). Bura zimi odnosi snježni pokrivač na prijevojima, u vršnom dijelu i u području bez vegetacije stvarajući snježne nanose koje akumulira u ponikvama i uvalama gdje se zadržavaju i do srpnja. Od vjetrova su još prisutni i jugo te maestral u ljetnom dijelu godine.

Izražene klimatske razlike uvelike utječu na oblikovanje reljefa mehaničkim trošenjem. Ovakve klimatske prilike Južnog Velebita, s dominantnim utjecajem snježnog pokrivača u međuodnosu s nagibom reljefa i danas oblikuju reljef. Stoga su preduvjet glacijalnim procesima koji su se događali u ledenom dobu, kada su temperature bile znatno niže.

5. Podaci i metode istraživanja

U ovom radu korištene su metode opće i specifične morfometrijske analize u GIS-u te metode geomorfološkog kartiranja. Dobiveni podaci interpretirani su u okviru geomorfološke sinteze.

U softveru ArcGIS 10.4.1 napravljene su morfometrijske analize reljefa. Kao izvor podataka korišten je digitalni model reljefa, veličine rastera ćelije 5x5 m, izrađen u Državnoj geodetskoj upravi, a pohranjen u GIS laboratoriju Geografskog odsjeka PMF-a. Opća morfometrijska analiza izrađena je pomoću funkcija iz paketa Spatial Analyst, a obuhvaća hipsometriju, nagib, vertikalnu raščlanjenost i orijentaciju padina. Nagib je izrađen pomoću funkcije *slope,* vertikalna raščlanjenost pomoću *focal statistics*, a orijentacija padina pomoću funkcije *aspect*. Statistička analiza pojedinih udjela kategorija izračunata je pomoću funkcije *reclassify*. Radi lakše vizualizacije napravljena je sjena pomoću funkcije *hillshade*. Podaci o lokacijama ponikava dobiveni su iz topografske karte 1:25000. Izrađena je gustoća ponikava unutar površine 1 km^2 pomoću alata *Kernel Density* te gustoća po litostratigrafskoj jedinici. Izdvojene su lokacije za koje se može pretpostaviti da su imale funkciju cirka. Određen je njihov smjer i gustoća te je prikazana usmjerenost distribucije pomoću elipse standardne distribucije. Uspoređene su nadmorske visine dna cirkova Južnog Velebita s nadmorskim visinama dna cirkova Sjevernog Velebita. Računanje duljina, visina i površina glacijalnih oblika izvršeno je metodom mjerenja u GIS-u. Statističke analize obrađene su u programu MC Excel.

Geomorfološko kartiranje sastoji se od terenskog rada koji je proveden u dva navrata. Prvo terensko kartiranje bilo je od 1. do 3. studenog 2019., a obuhvatilo je područje Rujna i Rujanske

kose, ulaze u kanjone Velike i Male Paklenice te fluvioglacijalne plavine (Velika i Mala Paklenica te selo Raduč). Područje Buljme, Struga i ličkih sela Kukljić i Medak istraženo je u prosincu 2019. Prilikom kartiranja terena korištene su Topografske karte mjerila 1:25000. Na terenu je korišten GPS pametnog sata Garmin Instinct. Korištena je aplikacija Oruxmap pomoću koje su fotografski zabilježeni traženi objekti. Kartirani su glacijalni akumulacijski i egzaracijski oblici. Na temelju terenskog kartiranja, provedene morfometrijske analize i obrade postojeće literature, napravljena je geomorfološka karta pomoću programa CorelDraw.

6. Rezultati i rasprava

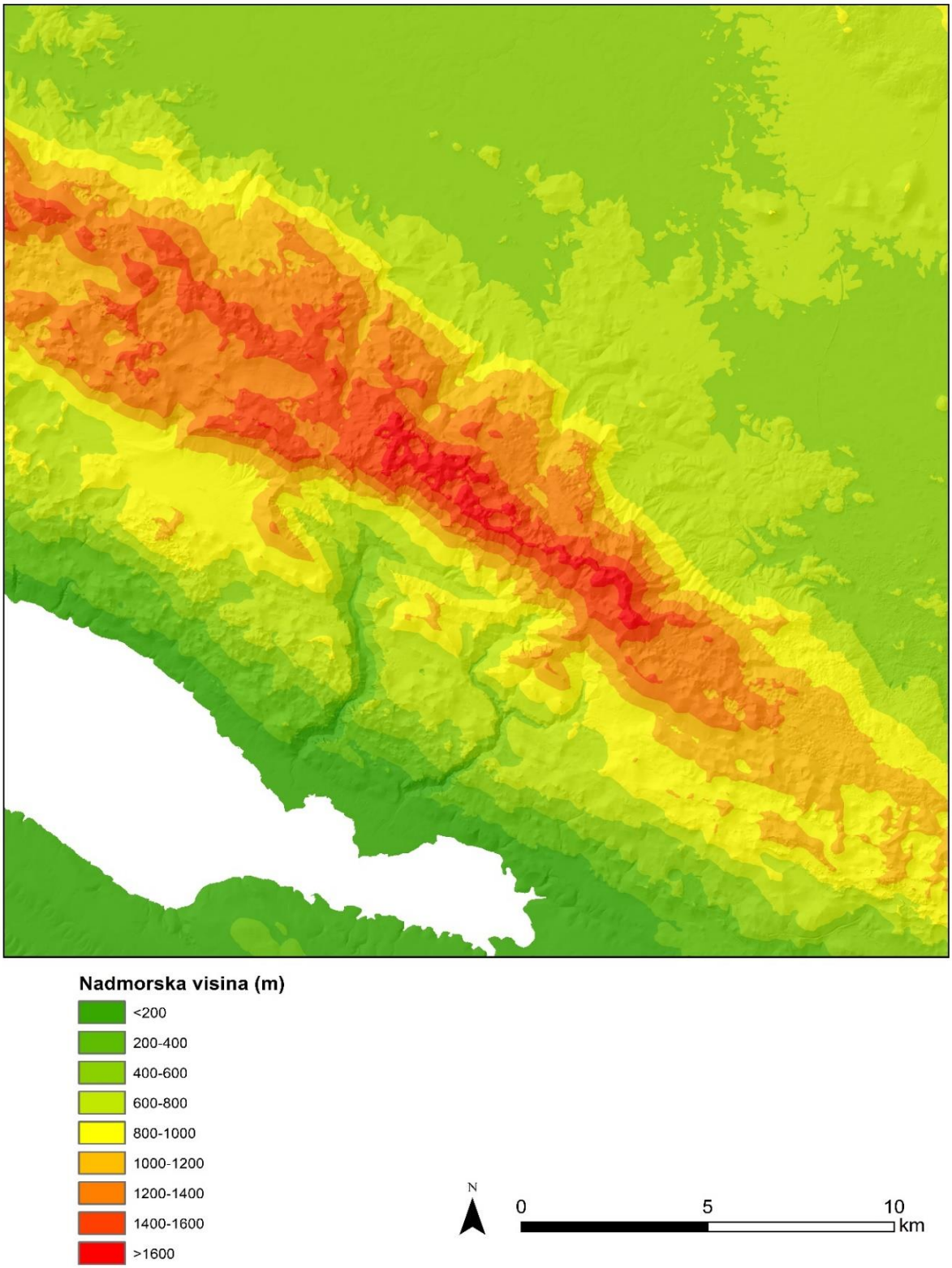
6.1. Opća morfometrija

6.1.1. Hipsometrija

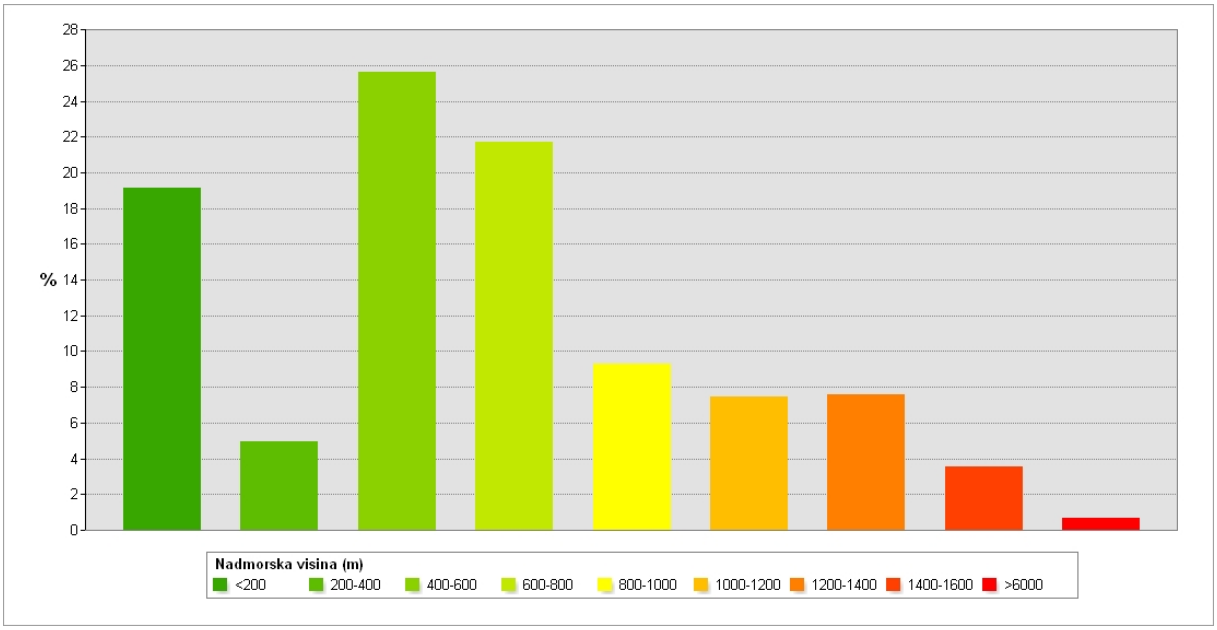
U okviru hipsometrijske analize, podaci su grupirani u 9 razreda po 200 m, od 0 m do više od 1600 m (1757 m). Prostor istraživanja sadrži široki raspon visinskih razreda (sl. 4.). Izolinije visinskih razreda prate obalnu liniju stoga se primjećuje dinarska usmjerenost (SZ-JI) koja je poremećena u području dolina Velike Paklenice, Male Paklenice, Orljače te bujičnih tokova s ličke strane padine.

Zona do 200 m obuhvaća obalni pojas i kanjone Velike i Male Paklenice. Duboka usječenost dolina rezultira intenzivnom smjenom visinskih katova (Saletto Janković, 1995), stoga slijede tri razreda od 200 do 800 m koji su zastupljeni u ukupno 72% površine (Sl. 5.). Dalje prema vršnom dijelu hrpta hipsometrijski odnosi postaju složeniji, s naglom izmjenom nadmorskih visina na relativno kratkim udaljenostima. Razred od 800 m do 1000 m predstavlja uži pojas koji se širi prema jugoistoku. Iako su ledenjački oblici karakteristični za područja iznad 1000 m, utvrđeni su i na području Velikog i Malog Rujna koji se također nalaze se na nadmorskoj visini od 800 do 1000 m. Na tom gotovo jedinstvenom području ističe se vrh Golić s nadmorskom visinom 1265 m odakle se prema sjeveru nastavlja uski pojas razreda 1000-1200 m. Široki pojas visinskih razreda od 1200 do 1400 m rasprostire se u 7,5% površine, a širi se na sjeverozapadu. Najviši su dijelovi veći od 1600 m te uključuju najviše vrhove Velebita, a rasprostiru se u uskom pojasu grebena. To su vrhovi Sveto brdo, Malovan, Segestin, Babin vrh te najviši vrh Velebita – Vaganski vrh, a smješteni su u središnjem dijelu istraživanog područja. Iako je njihov udio tek 0,7%, ovaj prostor izrazito je važan za razvoj ledenjačkih procesa. Intenzivna smjena visinskih katova ukazuje na postojanje reljefnih stepenica, odnosno zaravnjenog prostora koji je povoljan za akumulaciju leda. Takav se slučaj uočava u relativno naglom smanjenju udjela 1400-1600 m u odnosu na niži razred kojem odgovora prostor bogat

ledenjačkim oblicima. Upravo takvi reljefni odnosi u uvjetima niskih temperatura i obilnih snježnih padalina tijekom pleistocena, bili su povoljna predispozicija za razvoj glacijacije na području Južnog Velebita.



Sl. 4. Hipsometrijska karta Južnog Velebita



Sl. 5. Udio hipsometrijskih razreda u ukupnoj površini

6.1.2. Nagib padina

Nagibi padina klasificirani su po standardnoj geomorfološkoj klasifikaciji (Demek, 1972). Klasifikacija podrazumijeva 6 razreda pri čemu su opisi sljedeći (Demek 1972, preuzeto iz Lozić 1996):

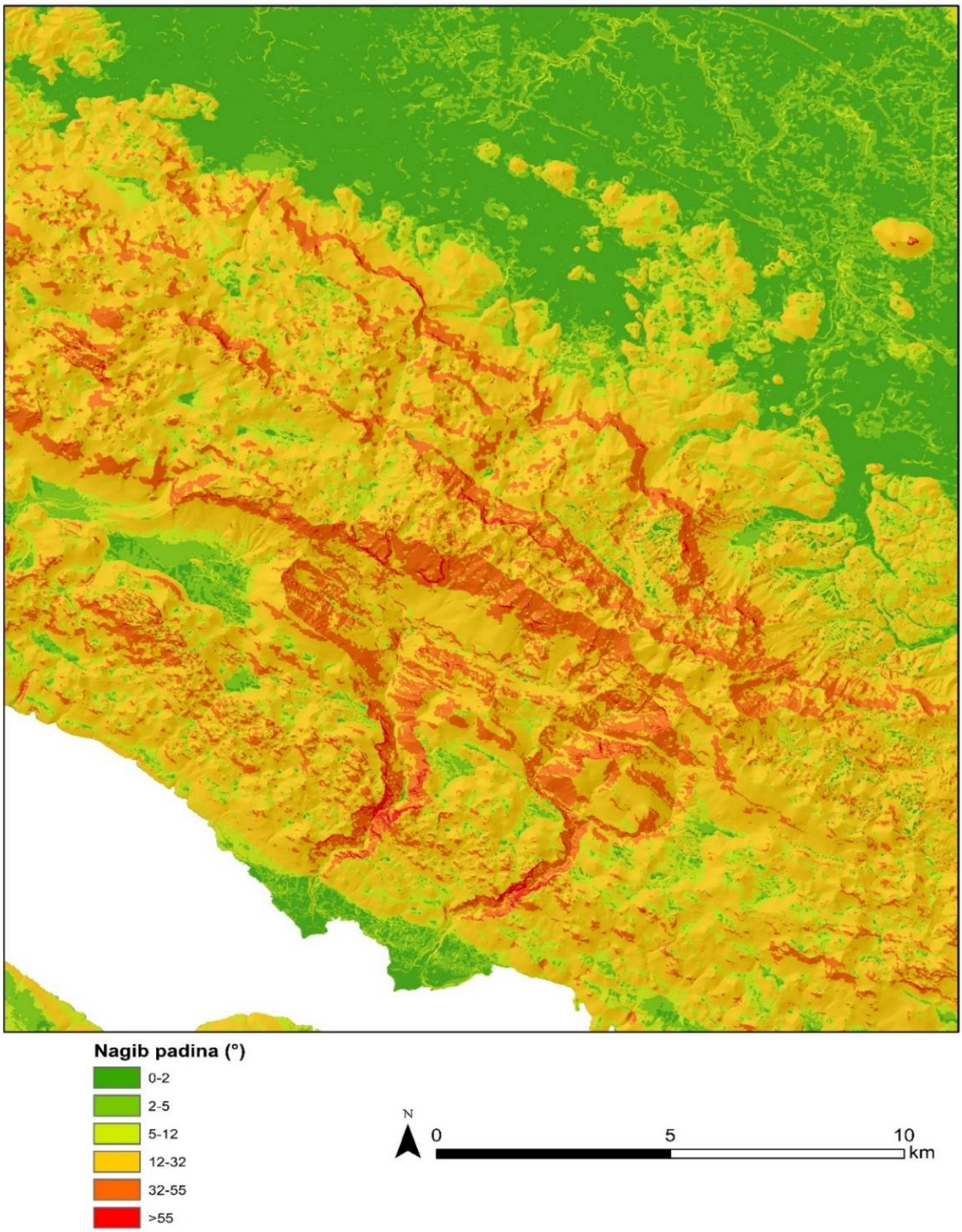
Tab. 1. Standardna klasifikacija nagiba padina

0° - 2° ravnice; kretanje masa se ne opaža
2° – 5° blago nagnut teren; blago spiranje
5° – 12° nagnut teren; pojačano spiranje i kretanje masa
12° – 32° jako nagnut teren; snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa
32° – 55° vrlo strmi teren; destrukcija
>55° strmci, litice; urušavanje

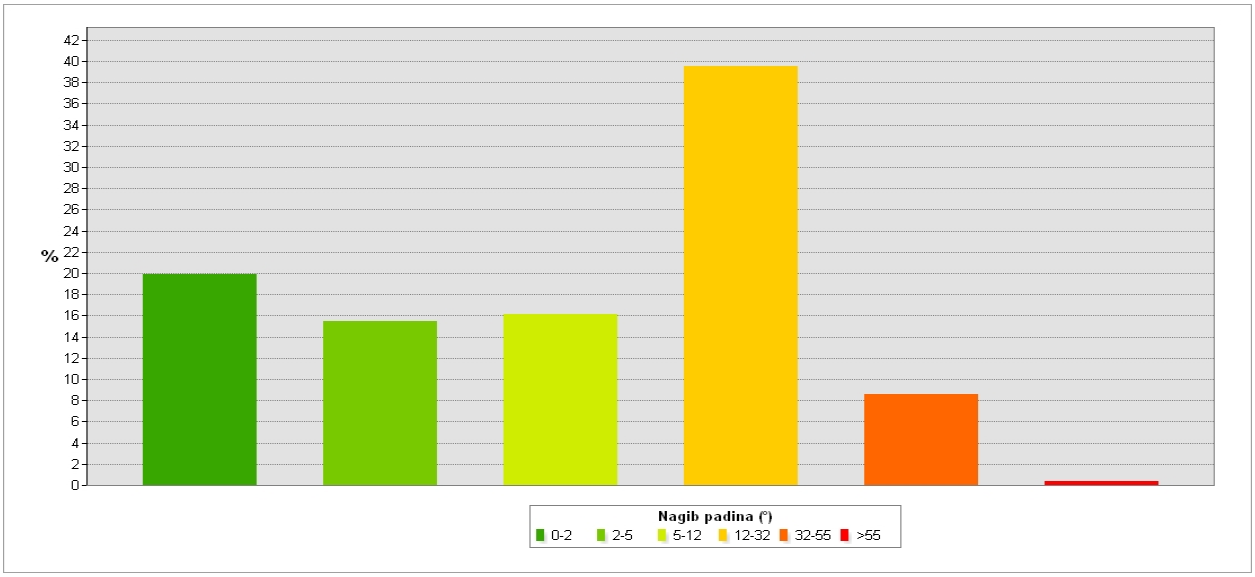
Na širem području NP Paklenica zastupljeno je svih šest kategorija nagiba (Sl. 6.). Zaravnjeni prostori s nagibom do 2° nalaze se na području fluvioglacijalnih plavina Velike i Male Paklenice, zatim kod sela Raduč i Medak s ličke strane. Nadalje, nagibi manjih kategorija (do 12°) podudaraju se s udubljenjima u višim nadmorskim visinama, a obilježavaju i visoravan Veliko i Malo Rujno. Najzastupljenija kategorija nagiba je od 12° do 32° s 40% površine (sl. 7). Vršni dio hrpta Velebita predstavljen je uglavnom kontinuiranim pojasom nagiba 12 – 32°, a opisuje ga platoasti izgled diseciran brojnim ponikvama i vrhovima (Saletto Janković, 1995)

s nagibom 32-55°. Vrlo strme padine karakteriziraju tri paralelna pravca, smjera SZ-JI. Kanjonski dijelovi Velike i Male Paklenice obilježeni su vrlo visokim kategorijama nagiba. U ovom dijelu dolaze do izražaja strmci kojih je svega 0,7% u ukupnoj površini. Gotovo 40% površine zauzima kategorija nagiba 12-32° (sl. 7.).

Jedno od glavnih obilježja glacijacije ističe se upravo u nagibu. Nagib padina često uvjetuje granicu ledenog pokrova, odnosno može biti razlog zašto granica ledenjačkog pokrova završava na nekom mjestu. Na vrlo strmim padinama dolazi do obrušavanja ledenjaka, što se može pretpostaviti na primjeru Struge – Buljma (Sl. 8.) te podno Crljenog kuka. Ledena masa naglo se topila na strmom nagibu i obilno hranila izvorište Velike i Male Paklenice te Brezimenjače (Belij, 1985). Ta područja pripadaju zonama pogodnim za ablaciju leda, s nagibom > 32°. Zone pogodne za akumulaciju leda pripadaju razredima od 0 do 12°, što i odgovara dosadašnjim Belijevim (1985) istraživanjima o akumulaciji leda na ovom području (sabirne oblasti/cirkovi Struge, Javornik, Oglavinovac).



Sl. 6. Karta nagiba padina Južnog Velebita



Sl. 7. Površinski udio pojedinih razreda nagiba u ukupnoj površini

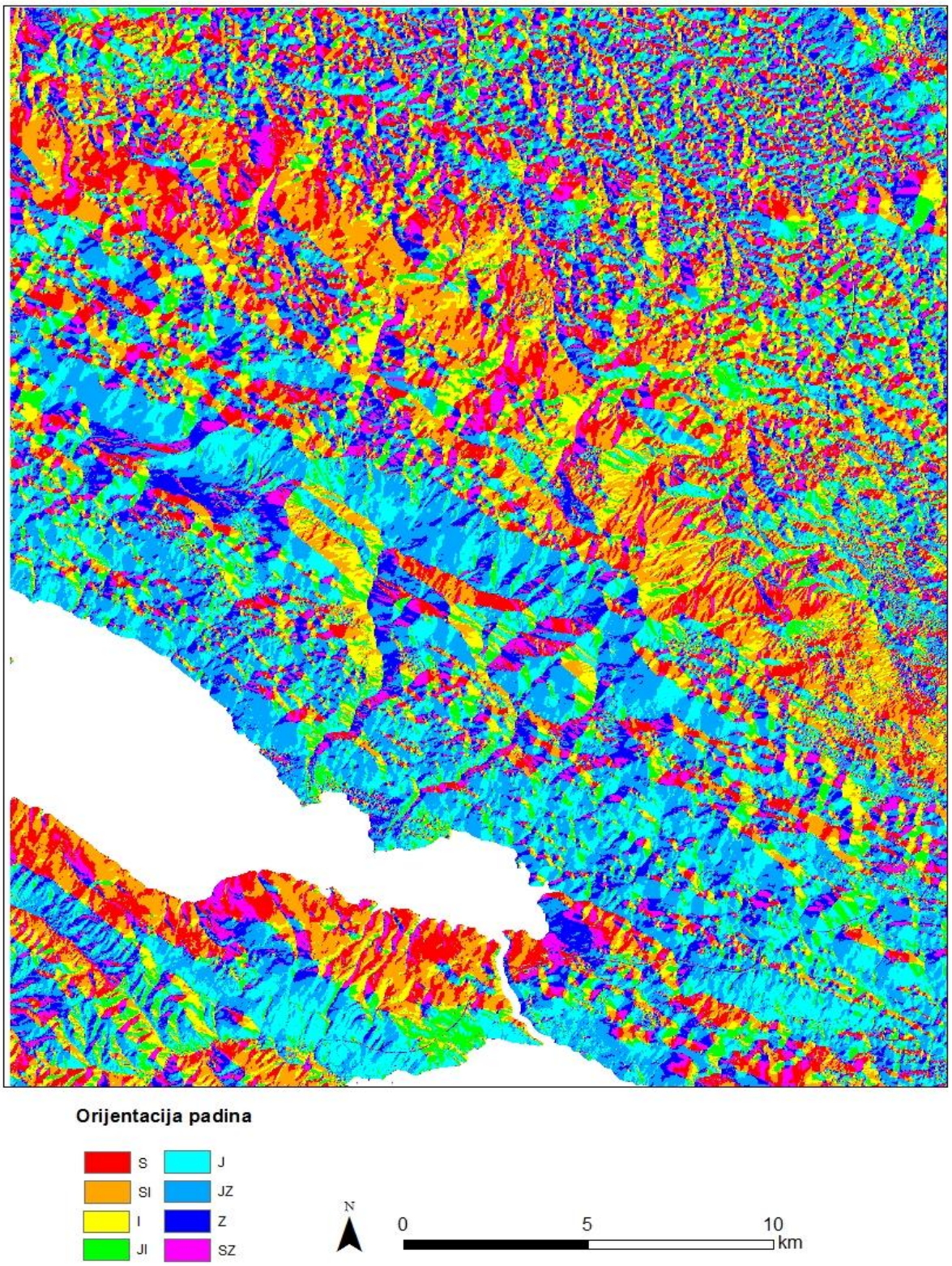


Sl. 8. Strme padine Rapavca

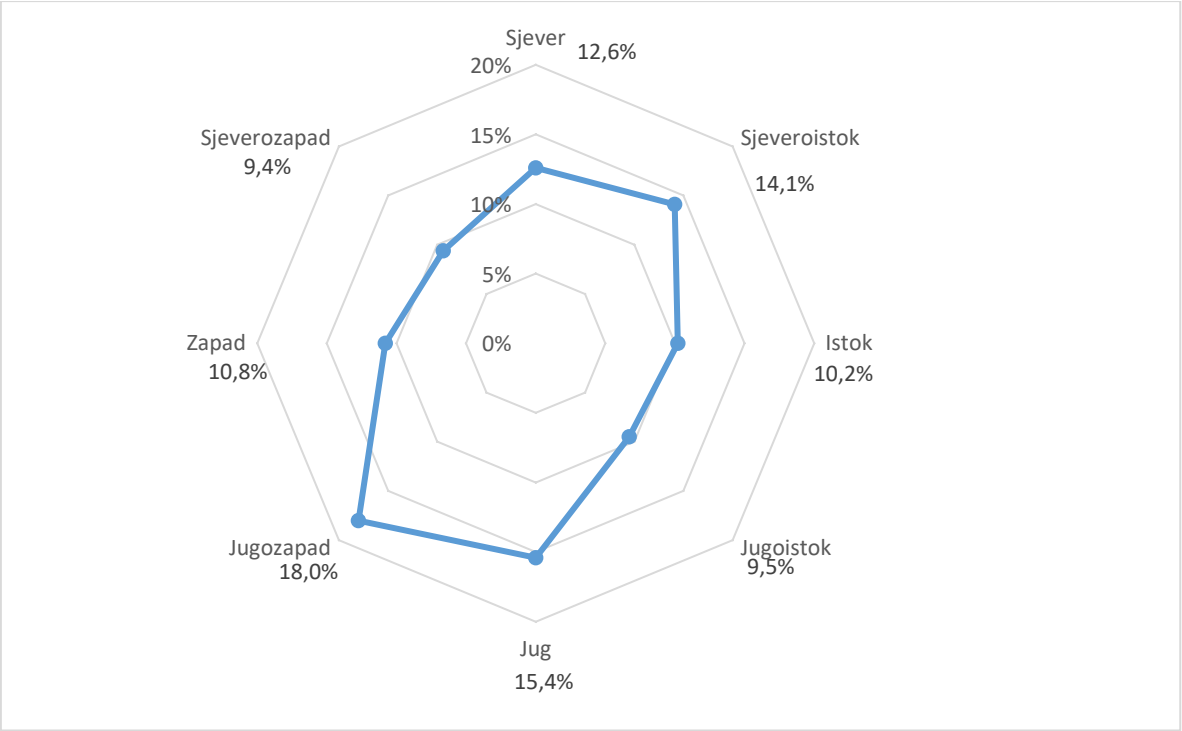
6.1.3. Ekspozicija

S obzirom na ekspozicije promatrani prostor može se podijeliti u tri zone (sl. 9.) Južne, jugozapadne i zapadne padine prevladavaju na primorskoj strani Velebita, dok sjeverne (S, SI, SZ) obilježavaju vršni dio hrpta. Treća zona je niže područje ličkih padina Velebita, točnije sela Raduč, Kukljić, Stranjine, s prevladavajućim zapadnim smjerom.

Sve padine južno od linije Višerujno – Rapavac – Crljeni kuk – Sv. brdo imaju gotovo kontinuiranu zonu južnih, jugozapadnih i zapadnih padina, koja je disecirana duboko usječenim kanjonima čije padine dolinskih strana imaju orijentaciju I-JI te Z-JZ. Prema Penzar i Penzar (1995) dolinske padine orijentacije I-JI obasjane su prije podne, a suprotne poslijepodne, a njihovo je osunčavanje mnogo kraće od osunčavanja ravnog terena sa slobodnim obzorom. Orijentacija padina je važna jer može utjecati na aktivaciju i intenzitet geomorfoloških procesa. Preklapanjem karte nagiba i ekspozicije, vidljivo je da su strme padine okrenute prema JI, Z i JZ. Ukupno zračenje najveće je na južnim obroncima, zimi na strmim, ljeti na blago nagnutim. Tijekom godine najviše Sunčeve energije primaju južni obronci nagiba 35°-40° (Penzar, Penzar, 1995) što može utjecati na pojačano trošenje (Faivre i Mićunović, 2017). Površinski udio smjera padina u ukupnoj površini prikazan je na ruži vjetrova (Sl. 10), a pokazuju pretežno podjednak udio, s malim odstupanjem jugozapadnog smjera od 18%.



Sl. 9. Karta orijentacije padina Južnog Velebita



Sl. 10. Površinski udio razreda ekspozicije padina Južnog Velebita

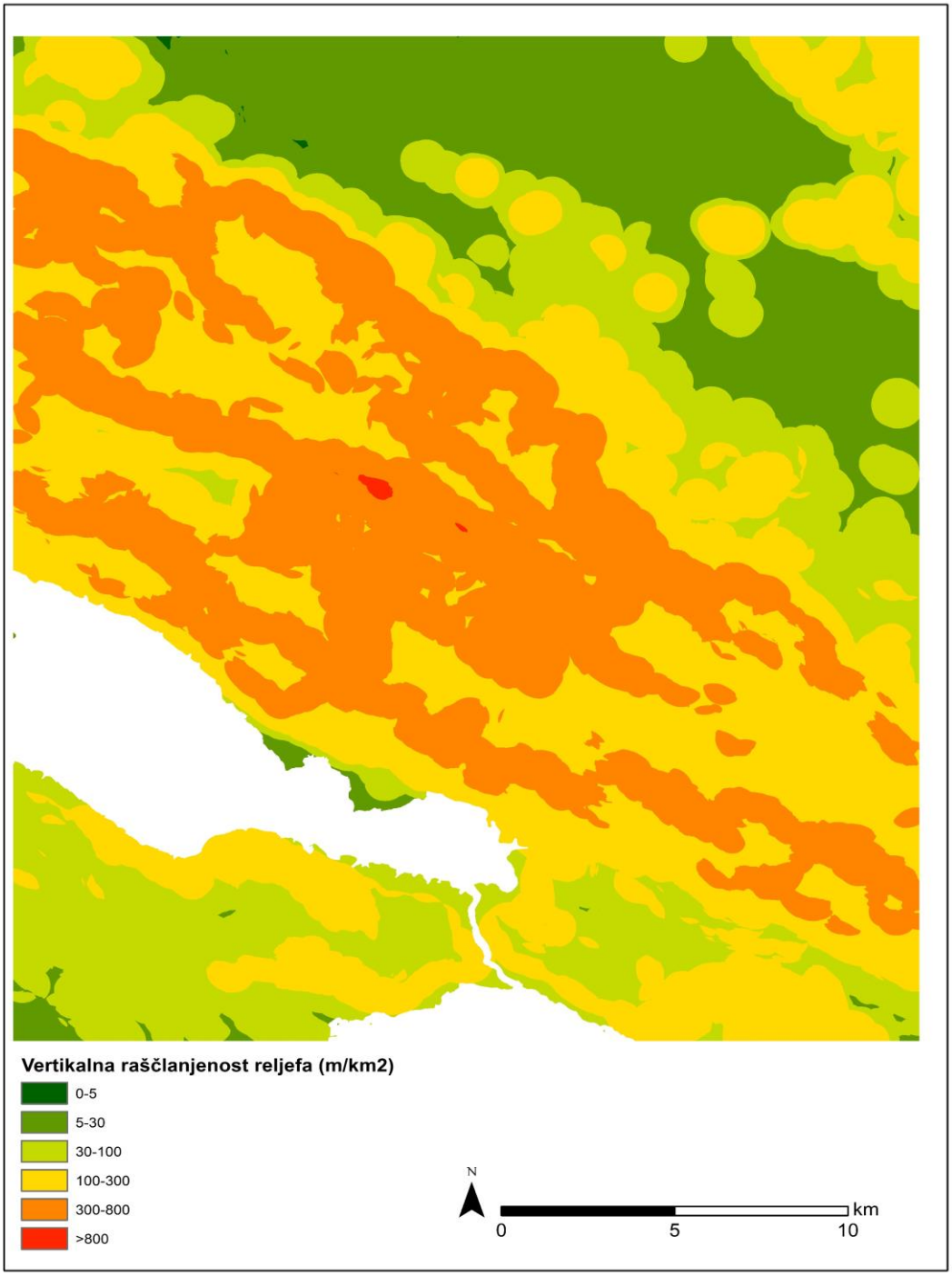
6.1.4. Vertikalna raščlanjenost

Na širem području NP Paklenice zastupljene su sve kategorije raščlanjenosti reljefa (Sl. 11., tab. 2.). Uski obalni pojas ima zaravnjeni reljef, a zatim u intenzivnoj promjeni razreda dolazi do smjene od slabo raščlanjenih ravnica do umjereno raščlanjenog reljefa. Prevladava umjereno i izrazito raščlanjeni reljef (100 – 800 m/km²) zbog tektonske poremećenosti i djelovanja egzogenih procesa. Vrlo izrazito raščlanjen reljef nalazi se samo u području Bukove staze i podno Lastva, a prema Saletto Janković (1995) vezan je uz Paklenički rasjed. Usporedbom karte nagiba padina i vertikalne raščlanjenost, vidljivo je kako je reljef najraščlanjeniji upravo u području najvećih nagiba (>55°). Najpovoljnije zone za akumulaciju leda bile bi zaravnjeni reljef i slabo raščlanjene ravnice. Međutim, na ovom području istraživanja glacijacija obuhvaća visine više od 900 m na kojima su najpovoljnija područja akumulacije leda umjereno raščlanjen reljef.

Tab.2. Površinski udio razreda nagiba Južnog Velebita

Vertikalna raščlanjenost reljefa (m/km²)	**Standardne kategorije za Hrvatsku (Bognar, 1992)**	**Udio u ukupnoj površini (%)**
0 - 5	Zaravnjeni reljef	0,4

5 - 30	Slabo raščlanjene ravnice	16,8
30 - 100	Slabo raščlanjen reljef	20,8
100 - 300	Umjereno raščlanjen reljef	35,3
300 - 800	Izrazito raščlanjen reljef	26,6
> 800	Vrlo izrazito raščlanjen reljef	0,1



Sl. 11. Karta vertikalne raščlanjenosti Južnog Velebita

6.2. Specifična morfometrija

6.2.1. Ponikve

Ponikve su najrasprostranjeniji geomorfološki oblik u krškom reljefu te su, kao takav, univerzalan indikator krškog reljefa. Gustoća ponikava često govori o intenzitetu okršavanja nekog prostora. Učestalost njihova pojavljivanja povezana je s litološkim i tektonskim obilježjima te klimatsko-biološkim uvjetima koji utječu na nastanak i razvoj ponikava (Pahernik, 2012). Tako su južno eksponirane padine manje izložene procesima okršavanja zbog brzine otapanja snijega, a veliki utjecaj ima i veliki nagib padina (Faivre, 1992). Takav slučaj vidljiv je na karti gustoće ponikava (sl. 12). Na istraživanom području utvrđeno je 3690 ponikava, s prosječnom gustoćom 5,6 pon/km^2. U prostornom rasporedu ponikava uočavaju se velike razlike između zapadnog i istočnog dijela te povećanje broja ponikava od jugozapada (primorske padine) prema vršnom dijelu, odnosno ličkoj padini. Na većem dijelu prostora nisu zabilježene ponikve, a uzrok je veliki nagib koji prelazi 55° (npr. Rapavac, Pod Planom) što pogoduje bržem površinskom otjecanju voda zbog čega dolazi do manje okršavanja (Faivre, 1992). Vršni dio Velebita u najvećoj mjeri ima gustoću od 1 do 10 pon/km^2 što u usporedbi s Gorskim kotarom predstavlja neznatnu gustoću ponikava (Pahernik, 2012). Istu gustoću imaju i glacijalno uvjetovane uvale Struge, Javornik i Oglavinovac, što se poklapa s genetski sličnom uvalom Bilensko Mirevo na Sjevernom Velebitu, gdje je gustoća 11 pon/km^2 (Ballut i Faivre, 2012). U središnjem dijelu JZ padine, iznad kanjona Velike Paklenice, ističe se Grabova dolina, dok u okolnom prostoru gustoća ne prelazi 20 pon/km^2. Maksimalna gustoća, od 100 do 115 pon/km^2 nalazi se samo na području Ravne kose te ličkih sela oko Gornje ploče, odnosno na dijelovima jugoistočnog Velebita koji ne pripadaju području ovog istraživanja. Isključujući te dvije jezgre, najveća gustoća ponikava je do 80 pon/km^2 i to u području sjeverno od Bunovca i istočno od Dušica, s najmanjim udjelom u površini.

Na prostorni raspored ponikava utječu litološka obilježja terena. U tablici 3 prikazana je analiza gustoće ponikava po litostratigrafskoj jedinici. Područje s manjom gustoćom ponikava može ukazivati na glacijalne procese vodeći se činjenicom da je prostor kroz dugo razdoblje bio pokriven ledenom masom koja je onemogućila okršavanje. Takve karakteristike uočavaju se u području od Bunovca prema Sijasetskoj dragi (sl. 12.), gdje je okršeno područje oko korita (80 pon/km^2), dok je samo korito u zoni do 10 pon/km^2. Takvo stanje govori da je ledenjak koji je prolazio tim prostorom najvjerojatnije bio širok oko 300 m, ukoliko se izmjeri udaljenost jezgri s većom gustoćom ponikava. Iako je taj prostor građen od karbonatnih naslaga srednjeg trijasa, pri toj interpretaciji treba uzeti u obzir geološku podlogu. Ako su u podlozi stijene sa smanjenim udjelom kalcijevog karbonata, nema jakih uvjeta za razvijanje ponikava. To je

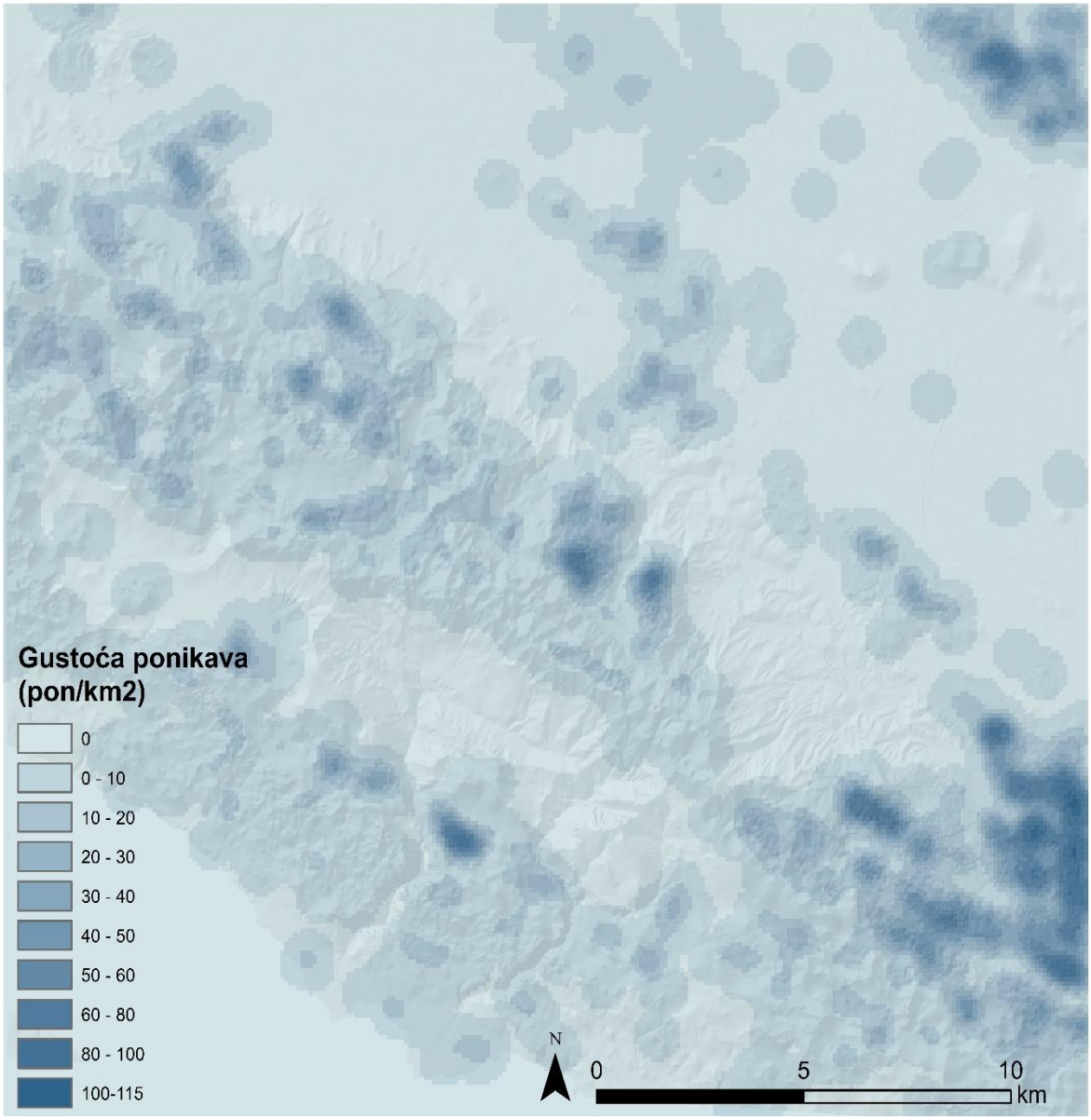
utvrđeno i analizom gustoće broja ponikava po pojedinoj litostratigrafskoj jedinici gdje se uočava da vršni dio Velebita (Babin vrh – Vaganski vrh – Segestin – Malovan) ima malu gustoću do 6,5 pon/km^2, ali se u njihovoj podlozi nalazi dolomit.

Tab. 3. Gustoća ponikava po litostratigrafskoj jedinici

	Litostratigrafska jedinica	Površina (km2)	Broj ponikava	Gustoća (N/km2)
1	KLASTIČNE I PIROKLASTIČNE NASLAGE (srednji trijas)	1,78	62	34,9
2	KARBONATNE NASLAGE (srednji trijas)	103,92	1716	16,5
3	DEBELOSLOJEVITI VAPNENCI I DOLOMITI (srednja jura)	67,07	523	7,8
4	VAPNENCI I DOLOMITI (donja jura)	53,44	452	7,1
5	DOLOMITI (gornji norik, ret)	27,89	181	6,5
6	RUDISTNI VAPNENCI (cenoman - mastriht)	44,2	202	1,9
7	VAPNENAČKE BREČE (paleogen, neogen)	113,23	391	3,5
8	VAPNENCI I DOLOMITI (gornja jura)	43,39	111	2,6
9	VAPNENCI I DOLOMITI (donja kreda)	50,88	122	2,4
10	PROMINSKE NASLAGE (eocen, oligocen)	30,08	56	1,9
11	LIBURNIJSKE NASLAGE, FORAMINIFERSKI VAPNENCI I PRIJELAZNE NASLAGE (gornji paleocen, donji i srednji)	18,14	32	1,8
12	FLUVIOGLACIJALNE NASLAGE (pleistocen)	3,137	5	1,6
13	SAJSKE I KAMPILSKE NASLAGE (donji trijas)	11,19	14	1,3
14	KLASTIČNE I KARBONATNE NASLAGE (karbon, perm)	44,14	36	0,8
15	ALUVIJALNE NASLAGE (holocen)	9	5	0,5
16	DELUVIJALNO-PROLUVIJALNE NASLAGE (holocen)	89,05	13	0,14
17	FLIŠNE NASLAGE (srednji i gornji eocen)	18,22	1	0,05
18	EOLSKI PIJESCI (holocen)	3,49	0	0
19	FLUVIJALNE NASLAGE (pleistocen)	0,18	0	0

Za vrijeme pleistocenske glacijacije ponikve su imale važno geomorfološko značenje. One predstavljaju glavno ishodište leda koji se akumulirao u dnu ponikava koje su potom preuzele ulogu cirka. U početnoj fazi glacijacije stvarala su se međusobno neovisna manja ishodišta leda, dok je u maksimumu glacijacije došlo do spajanja tih cirknih ledenjaka (Bognar i dr, 1992) tako što je led, krećući se, snižavao pregibe među ponikvama, čiji su primjer uvale Javornik i Dušice (Perica, 1998). S druge strane, dio ponikava na ovom području nastale su nakon povlačenja ledenjaka i ponovnog zatopljenja. Naime, prilikom topljenja leda sočnica se zadržavala u manjim udubljenjima te širila i produbljivala teren procesom korozije stvarajući

ponikve. Također, mnogi cirkovi bili su podložni okršavanju zbog čega su preoblikovani u ponikve. U ovim procesima vidljiva su obilježja glaciokrša.



Sl. 12. Gustoća ponikava Južnog Velebita

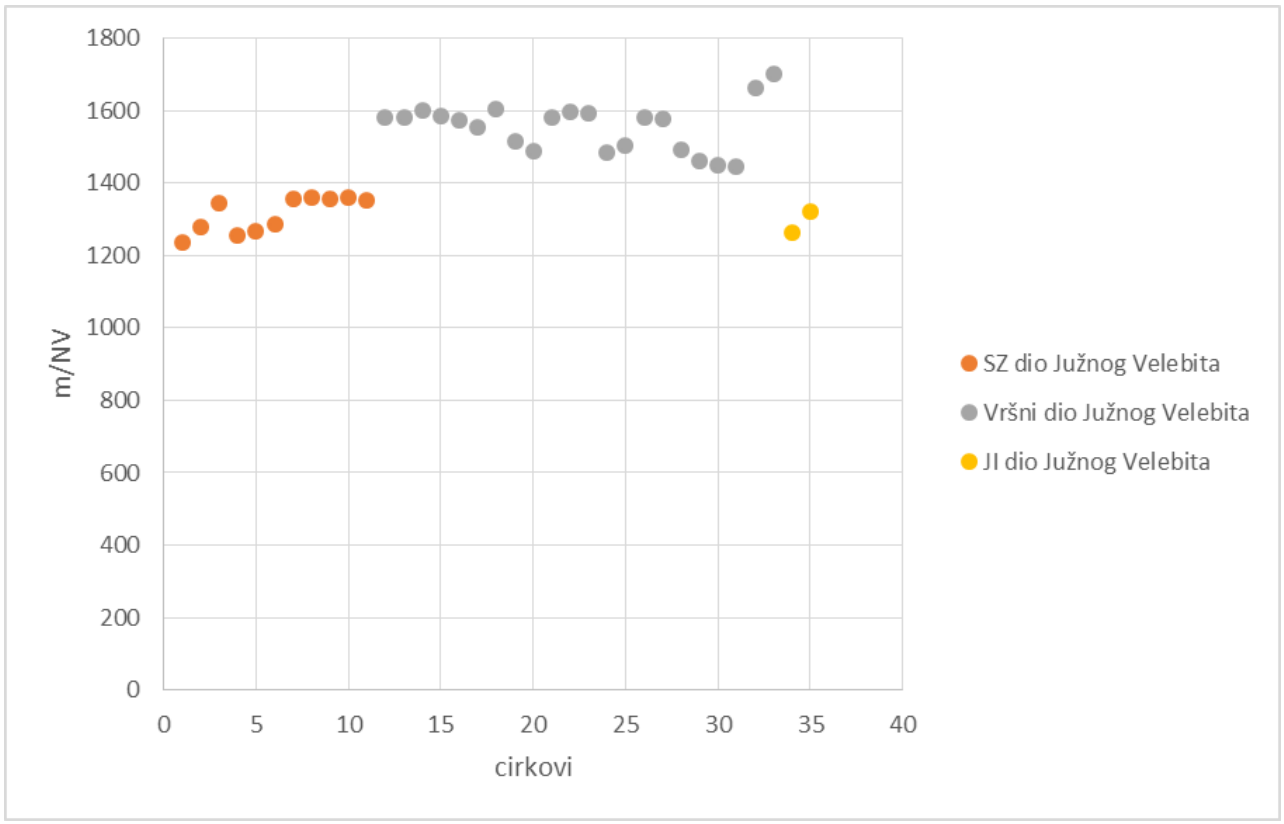
6.2.2. Cirkovi

Cirkovi su zdjelasta udubljenja u kojima se nakuplja snijeg nakon čega preuzimaju ulogu ishodišta ledenjaka (Perica, 1998; Velić i Velić, 2019). Tipične cirkove okružuju okolna, strma uzvišenja dok su s jedne strane otvoreni, s blagim pragom preko kojega je ledenjak prolazio (Velić i Velić, 2019). Na Velebitu su i prije početka oledbe bile rasprostranjene brojne ponikve

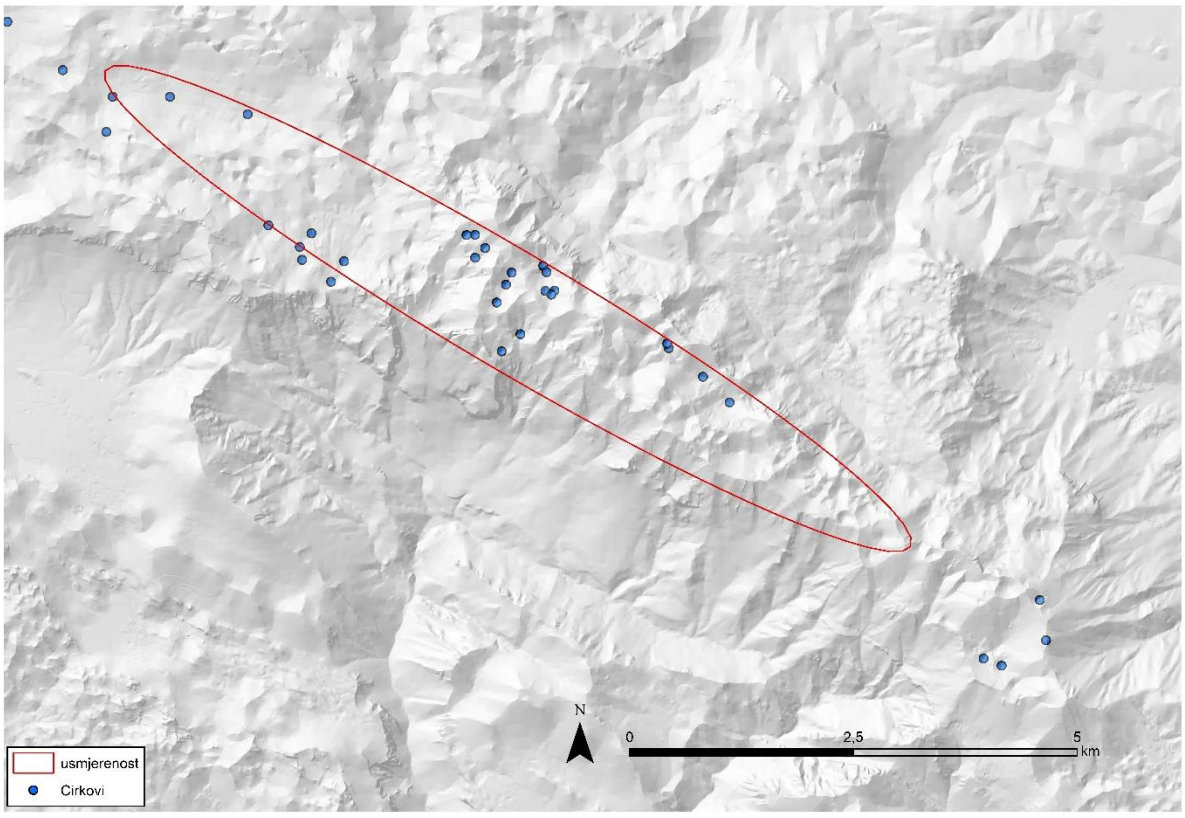
koje su dale okvir akumulaciji snijega iz kojeg se onda razvio ledenjački led (Bognar i dr, 1991., Bognar i dr. 1997) stoga na Velebitu uglavnom prevladavaju cirkovi – ponikve.

Terenskim kartiranjem, daljinskom analizom i usporedbom postojećih radova (Belij, 1985) utvrđene su 34 lokacije za koje se može pretpostaviti da su imale funkciju cirka. Temeljni kriteriji za njihovo izdvajanje bili su reljefna zatvorenost, blizina ledenjačkih dolina i morenskih nanosa. Za svaki se je pretpostavljeni cirk pokušalo utvrditi i smjer kretanja leda. Za sve pretpostavljene cirkove izmjereni su njihovi osnovni morfometrijski parametri (visina najniže točke i širina). Prema nadmorskoj visini sve cirkove možemo podijeliti u tri skupine (sl. 13): sjeverozapadnu (11), središnju (22) i jugoistočnu (2).

Na slici 13 prikazan je dijagram nadmorskih visina dna cirkova Južnog Velebita, od sjeverozapada prema jugoistoku, tj. od Oglavinovca preko Vaganskog vrha do Dušica. Sjeverozapadni dio Južnog Velebita odnosi se na cirkove u području Oglavinovca, Javornika i Struga. Vršni dio obuhvaća područje od Babinog jezera preko Vaganskog vrha do Svetog brda, a jugoistočni dio odnosi se na cirkove u području Dušica. Prostorni raspored cirkova prati pružanje reljefa SZ – JI (Sl. 14) što dokazuje i elipsa distribucije. Ističu se dva cirka iznad 1600 m NV, u području Svetog brda. Ti se cirkovi nalaze na najvišoj nadmorskoj visini ukoliko se gleda cijelo područje Velebita. Najveći broj pretpostavljenih cirkova nalazi se u središnjem dijelu, oko Babinog jezera, Babinog vrha te Vaganskog vrha. S obzirom na to da ih je većina u razredu iznad 1400 m, pretpostavka je da se više cirkova razvijalo na višim nadmorskim visinama, gdje su bili i pogodniji klimatski uvjeti. Također, cirkovi su se razvili na jurskim vapnencima i dolomitima te trijaskim dolomitima.



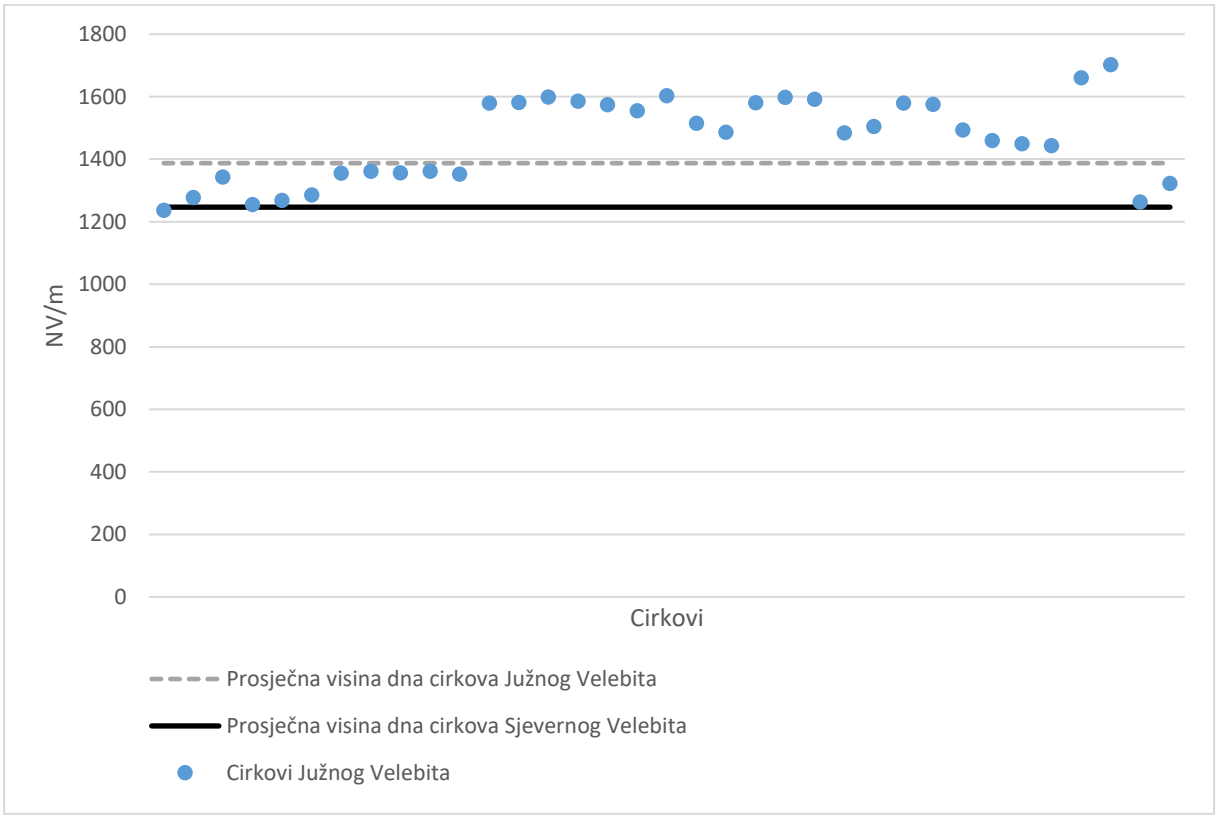
Sl. 13. Visine dna cirkova Južnog Velebita



Sl. 14. Raspored cirkova s elipsom distribucije na Južnom Velebitu

Za usporedbu nadmorskih visina kartiranih cirkova s visinama cirkova Sjevernog Velebita korišteni su podaci iz radova Bognar i dr. (1991) te Bočić i dr. (2019). To su cirkovi Žestikovac (1170 m), Ripljevica (1180 m), Splitvina (1140 m), Lubenovac (1260 m), Icinac (1400 m) i cirkovi između Golubića i Begovačkih kukova (1330 m).

Na temelju ovih podataka, vidljivo je da na Sjevernom Velebitu nadmorska visina dna ne prelazi 1400 m (Sl. 15.). U prosjeku, cirkovi Sjevernog Velebita razvijali su se na 140 m nižem terenu od cirkova Južnog Velebita. Najviši vrh Sjevernog Velebita nalazi se na 1699 m NV (Mali Rajinac) što i ne čini veliku razliku u visini od vrhova Južnog Velebita. Stoga je očito da se ishodište glacijacije na Sjevernom Velebitu nalazi na manjoj nadmorskoj visini (1140-1400 m) dok se na Južnom nalazi uglavnom u vršnom dijelu. Takve prilike mogu ukazivati na intenzivnost oledbe s obzirom da se na Južnom Velebitu ledeni pokrov protezao do oko 900 m nadmorske visine.



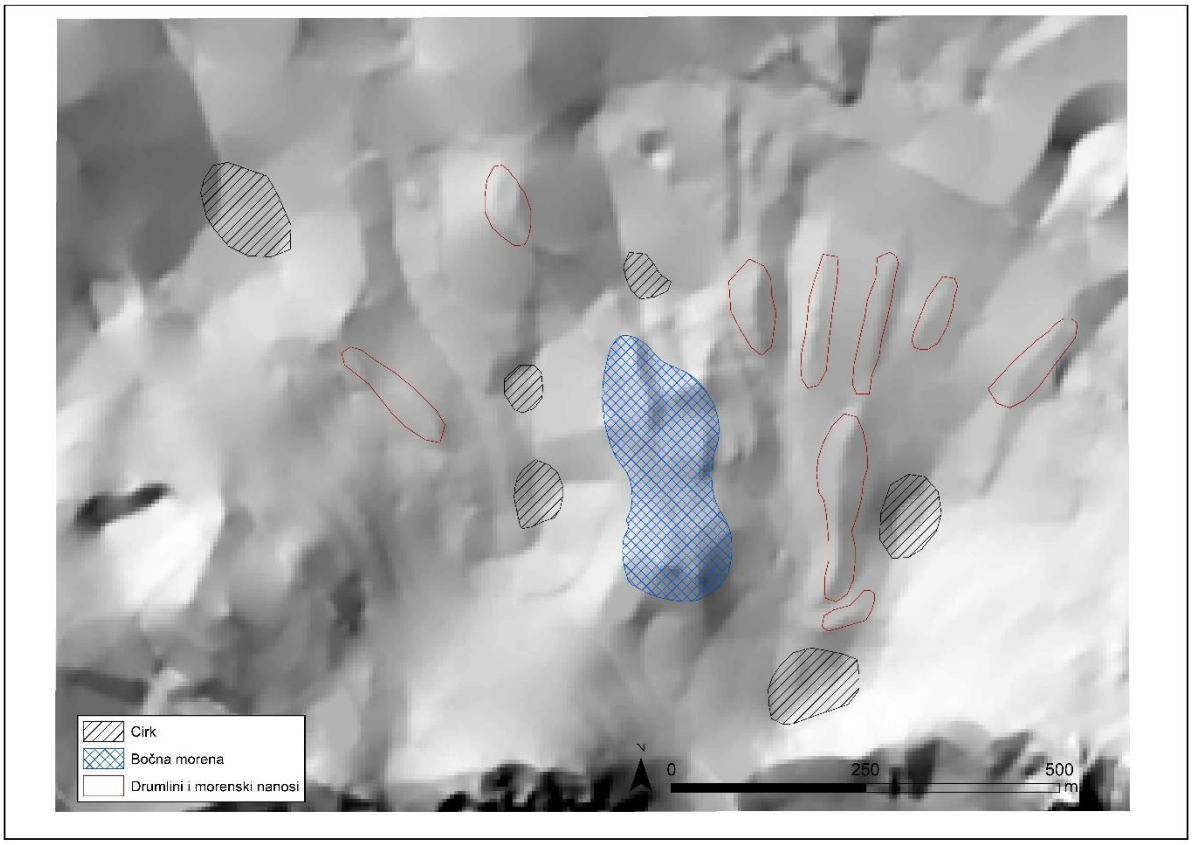
Sl. 15. Usporedba visine dna cirkova Sjevernog i Južnog Velebita

6.3. Primjeri utjecaja glacijacije na oblikovanje reljefa

Na temelju morfometrijskih karakteristika i podataka iz literature definirani su lokaliteti za koje se smatra da su bili pod najvećim utjecajem glacijacije. Detaljnije su istražena morfometrijska obilježja određenih lokacija, istraženi su potencijalni glacijalni i glaciokrški oblici te je izrađena geomorfološka karta glacijalnog reljefa Južnog Velebita.

6.3.1. Struge

Struge čini uvala površine 0,564 km^2, na visini od 1400 m, okružena s Rapavcem (1617 m) i Babinim vrhom (1738 m). Terenskim kartiranjem na području Struga utvrđeni su glacijalni egzaracijski i akumulacijski oblici predstavljeni cirkovima, drumlinima i morenskim nanosima (Sl. 16.). Na Strugama je uočeno 6 ponikava s funkcijom cirkova. Njihov položaj je uglavnom rubni (Sl. 17.), izuzev manjeg u središtu koji se vjerojatno spajao sa susjednim jugozapadnim, većim cirkom. Strije su izražene (Velić i Velić, 2019), a njihov smjer juga podudara se i sa smjerom drumlina (Sl. 18). Površinom Struga rasprostire se til temeljne morene (Sl. 19). U južnom dijelu uvale (podnožje Tadine glavice) vjerojatno se prostire bočna morena. Pri izradi morfometrijske analize hipsometrijski razredi prostora povećani su na način da je stavljena razlika između vrijednosti 1 metar te je dobiven 201 razred. Na taj način jasno se ističu uzvišenja, tj. drumlini. Drumlini su izduženi brežuljci u čijem je podnožju til podinske morene (Petrović, 1982). Blaži nagib drumlina u pravilu je orijentiran u smjeru kretanja ledenjaka (Velić i Velić, 2019). Rijetko se pojavljuju pojedinačno, mnogo češće formiraju drumlinska polja u kojima su drumlini nasumično raspoređeni (Summerfield, 1991). Nekoliko uzvišenja na Strugama odgovara prethodno opisanim obilježjima drumlina. Stoga Struge karakterizira drumlinsko polje (Sl. 20), s pravcem pružanja drumlina sjever – jug. Općenito, veličine drumlina jako variraju, ali uglavnom su 1-2 km dugi, široki do 500 m, a visoki 5 - 50 m (Summerfield, 1991). Na ovom području prevladavaju drumlini manjih dimenzija. Ističe se najveći drumlin, s duljinom od 250 m, visinom od 5 do 7 m, površine oko 12 000 m2. Osim drumlina rasprostranjeni su i morenski bedemi vrlo sličnog oblika drumlinima. Gustoća drumlina i morenskih bedema veća je u istočnom dijelu uvale.



Sl. 16. Karta s glacijalnim oblicima na Strugama



Sl. 17. Cirk na istočnom rubu Struga



Sl. 18. Strije na Strugama



Sl. 19. Til temeljne morene s najvećim drumlinom na Strugama



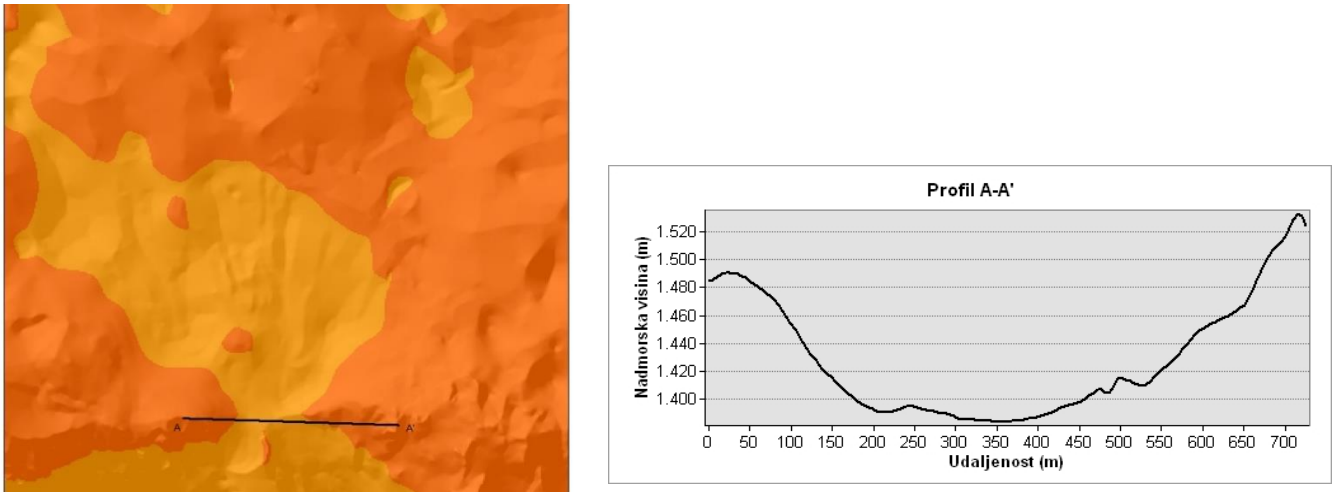
Sl. 20. Drumlinsko polje na Strugama

Ledenjak sa Struga kretao se u tri smjera (Belij, 1985). Jedan krak kretao se u smjeru juga prema Buljmi (a), sljedeći sjeveroistočno prema Štirovcu i Grubišnom dolcu (b), a najveći prema Javorniku.

a) Najkraći ledenjački jezik bio je onaj južnog smjera koji se obrušavao preko strmih padina Buljme (Belij, 1985) i Rapavca, ostavljajući danas vidljive tragove strija i mutoniranih stijena (Velić i Velić, 2019). Malinar (1995) dodaje kako se on ustvari kretao u dva kraka, jedan preko prijevoja Buljme, a drugi prema Vučjoj dragi. Materijal ledenjaka sedimentirao se u dolini Velike Paklenice i Brezimenjače na što ukazuju glaciofluvijalne naslage iznad Ramića, Parića i Kneževića (Malinar, 1995).

Na sjevernoj padini prijevoja Buljma rasprostire se til (Sl. 22.), a na samom se prijevoju jasno ocrtava U dolina (Sl. 21.). Promatrajući kartu nagiba, prijevoj Buljma ima nagib padina od 32 do 55°, a na mjestima se uočavaju strmci. U vezi s time, može se pretpostaviti da se led obrušavao niz južne padine Buljme i Rapavca, što su utvrdili i Belij (1985) i Malinar (1995). Ipak, zbog svog karakterističnog nagiba, i putanje ledenjaka od Struga prema jugu, prijevoj

Buljma može se okarakterizirati kao viseća dolina. Južne padine Buljme i Rapavca obilježene su strijama (Sl. 23.) iako naknadno okršavanje otežava prepoznavanje glacijalnih oblika. Naime, terenskim obilaskom utvrđene su mnogobrojne škrape različitih veličina. Zapažene strije imaju orijentaciju sjever – jug, no često su položene u rastresitom materijalu koji je padinskim procesima pretaložen stoga nije moguće odrediti primarnu orijentaciju strija.



Sl. 21. Profil Buljme

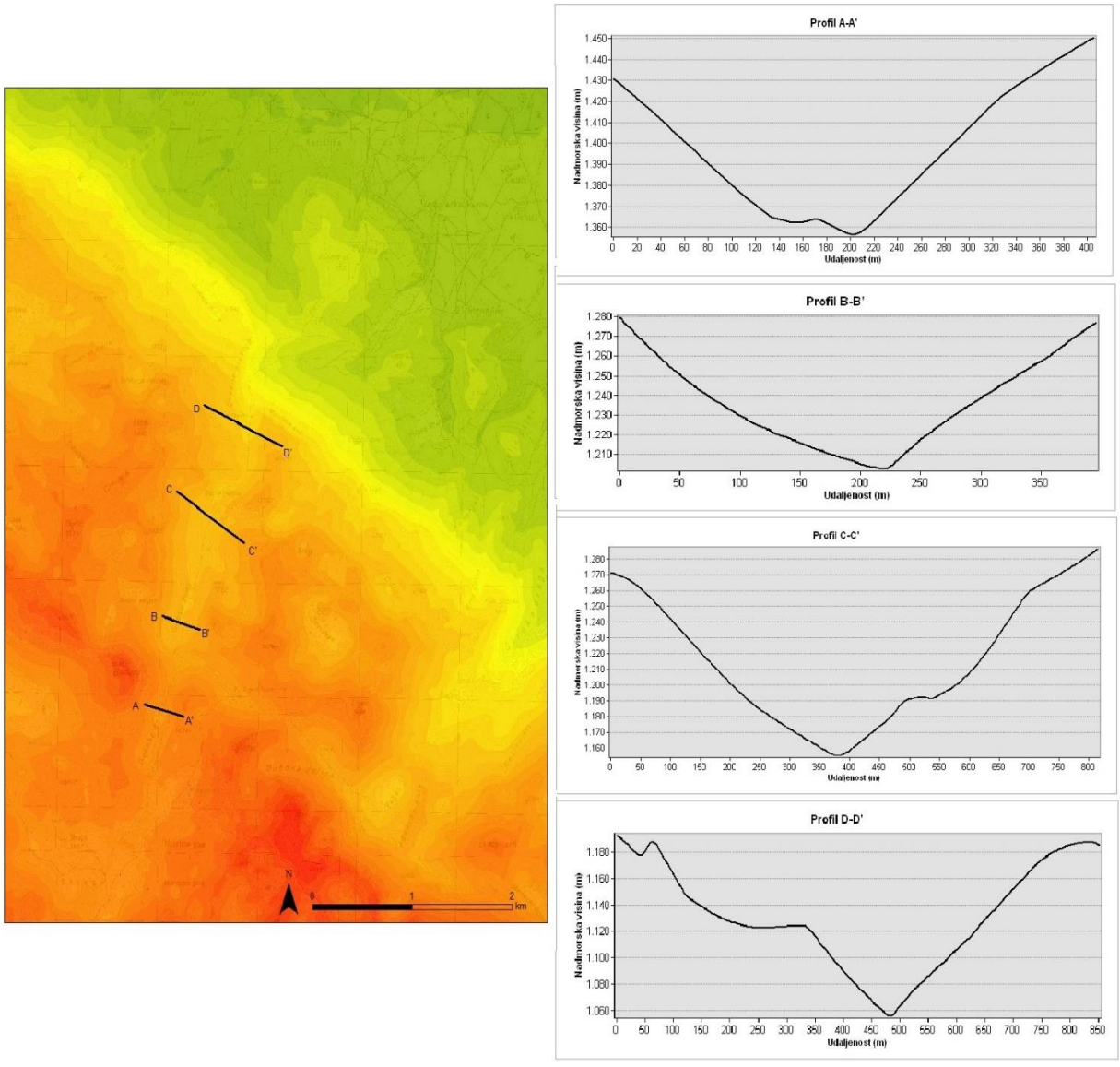


Sl. 22. Sjeverna padina Buljme



Sl. 23. Strije na južnoj padini Buljme

b) Šire koritasto udubljenje spušta se od Struga prema Štirovcu (sl. 24.) stoga se pretpostavlja da je sljedeći krak ledenjaka prolazio linijom Struge – Duboke doline – Grubišin dolac – Studena draga, što je vidljivo i na topografskim i hipsometrijskim kartama. Za navedeni ledenjak važan je vrh Badanj s kojeg se također led obrušavao i hranio ledenjak. U prilog tome idu i eratički blokovi te glacijalni oblici na Marasovcu (Belij, 1985; Velić i Velić, 2019). Također, na orohidrografskoj i hipsometrijskoj karti u podnožju Mijačinog kuka (selo Kukljić) primijećeni su oblici koji indiciraju da se radi o fluvioglacijalnim plavinama (sl. 25). Takve okolnosti dokazuju donos materijala iz višeg područja. Danas nema riječnih ni bujičnih tokova koji bi ovako formirali reljef stoga se može pretpostaviti da su se podledenjački tokovi usijecali te prenosili materijal i taložili ga u području naselja Kukljić što opisuje i Belij (1985) objašnjavajući produživanje toka zatrpavanjem ponora i vrtača glaciofluvijanim materijalom.



Sl. 24. Poprečni profili Grubišnog dolca

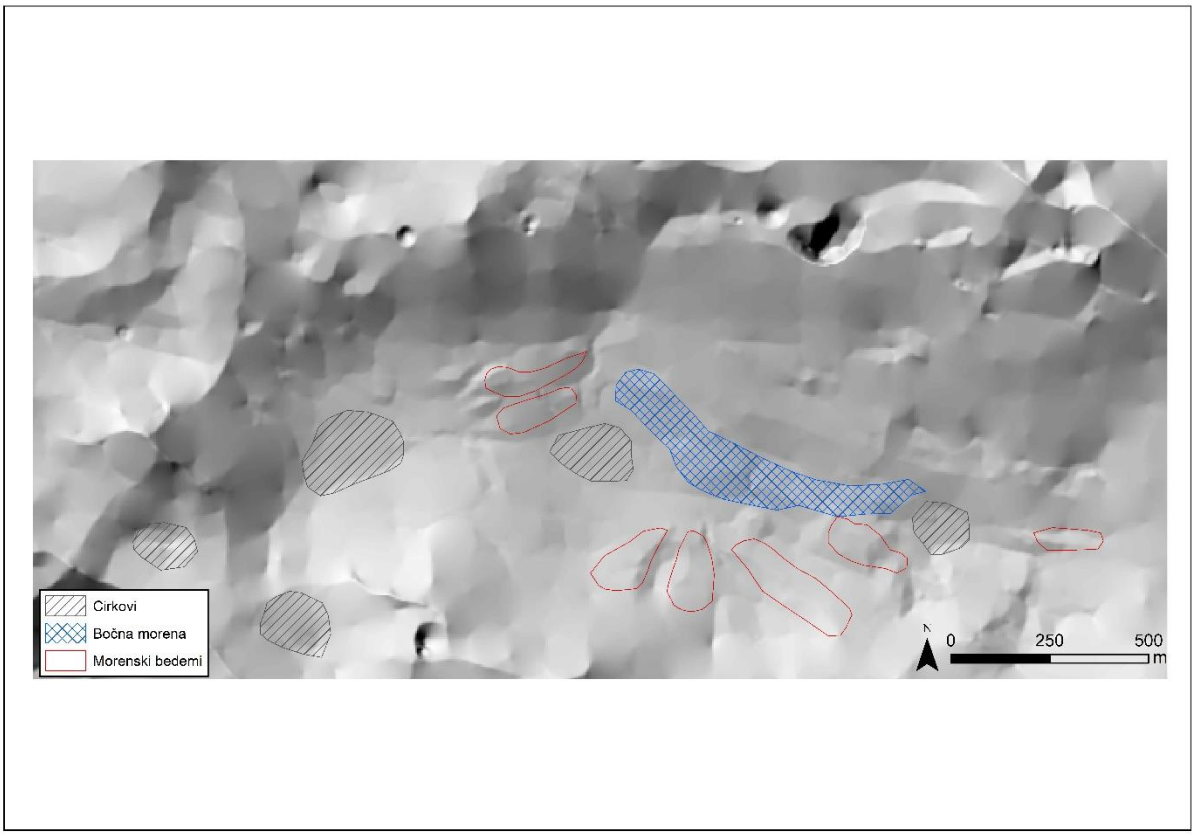


Sl. 25. Fluvioglacijalne plavine u Kukljiću

6.3.2. Javornik

Javornik je uvala dugačka oko 2,2 km, a široka 300 do 800 m, s pravcem pružanja zapad-istok. Okružen je vrhovima Višerujno, Golovrhe, Debelo brdo odakle se snijeg u obliku lavina obrušavao u uvalu, zbog čega Javornik ima osobine cirka (Belij, 1985). Stoga treba uzeti u obzir da su se ledenjačke mase uvala međusobno spajale i tako činile ledenjak. Obilježja Javornika slična su kao u Strugama. Prevladavaju cirkovi – ponikve pravilnog kružnog oblika. Može se pretpostaviti da su samo rubne depresije (zapadna i jugozapadna) (Sl. 26.) cirkovi u pravom smislu jer su s tri strane zatvorene planinskim odsjekom dok je četvrta strana otvorena prema planinskom podnožju. Utvrđeno je pet cirkova čije se dimenzije povećavaju od istoka prema zapadu. Ističe se najveći cirk na zapadnoj strani uvale, promjera oko 300 m.

Na Javorniku prevladavaju izduženi bedemi sitnog morenskog materijala (Belij, 1985). S obzirom na to da je til vrlo tanak, nisu se formirali izraženiji drumlini već „nakupine tila sa značajkama drumlina“ (Velić i Velić, 2019, 93). Takvih nakupina najviše ima u središnjem dijelu uvale, s prevladavajućim smjerom pružanja jugoistok-sjeverozapad (istok-zapad) (Sl. 26). Prevladavaju bedemi manjih dimenzija s prosječnom duljinom osi od 220 m. S obzirom na to da je glavna ledena masa klizila od Struga prema Javorniku, velika je vjerojatnost da su nakupine tila u sjevernom dijelu uvale ostaci bočne morene.



Sl. 26. Glacijalni oblici u uvali Javornik

6.3.3. Oglavinovac

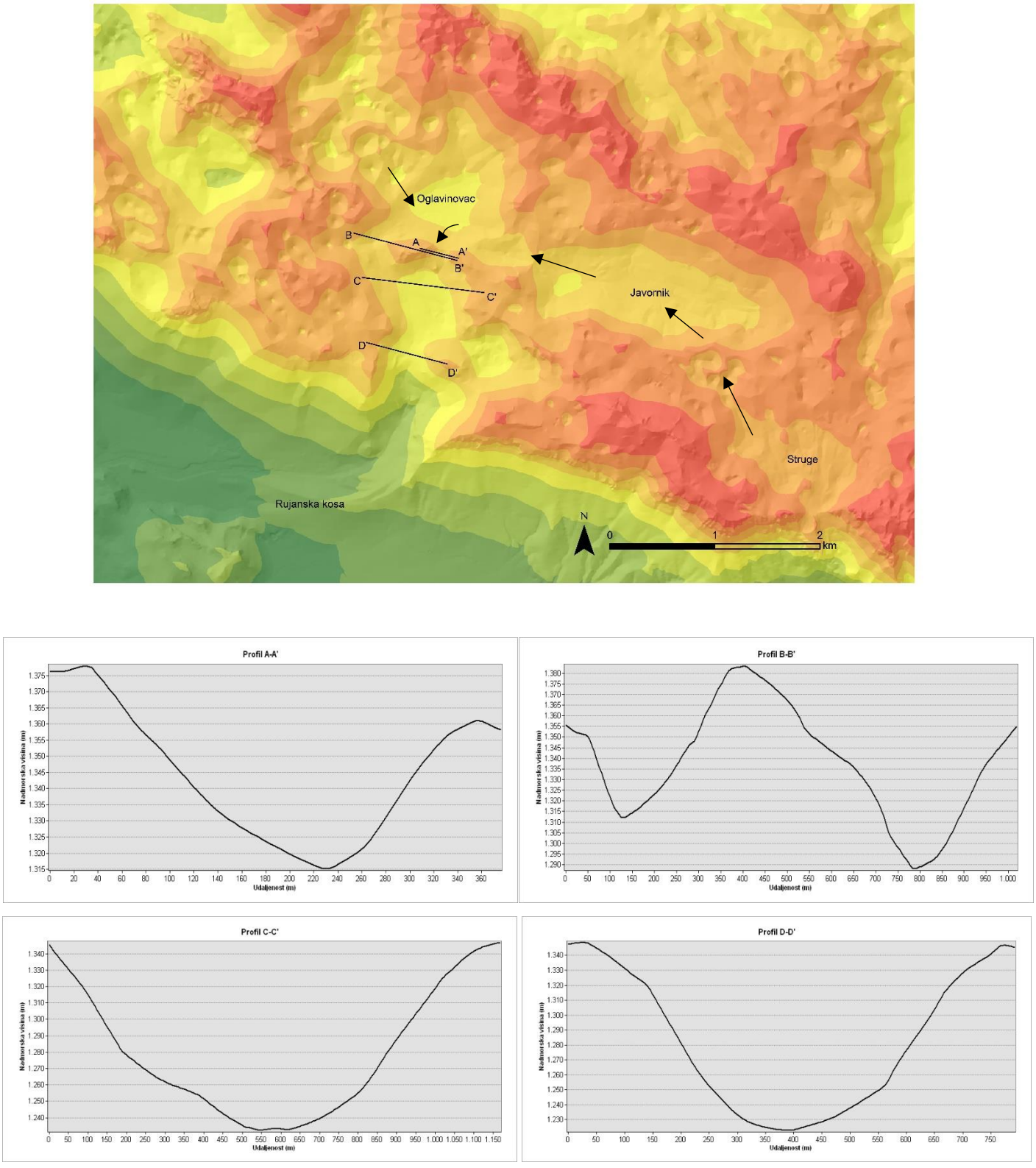
Osobine cirka ima Oglavinovac, uvala kružnog oblika, površine 1 km^2. Najveću površinu Oglavinovca zauzima središnji cirk promjera također oko 300 m. Belij (1985) smatra da se dio ledene mase kretao sa zapada prema Oglavinovcu, tj. dolazio je iz Janjčarice koja je bila hranjena ledom okolnih vrhova Kozjaka i Počiteljskog vrha. Važnost Oglavinovca stoji u činjenici da su se ovdje ledenjačke mase sudarile i promijenile smjer, tj. krenule preko najniže prepreke – Ribničkih vrata. Takav smjer kretanja ledenjaka vidljiv je i na mutoniranim stijenama Ivanečkog sedla. Stoga je glavni ledenjak pristizao s istoka, od Struga preko Javornika do Oglavinovca, a drugi, manji sa zapada, tj. Janjčarice (Belij, 1985; Velić i Velić, 2019).

6.3.4. Ribnička vrata

Ribnička vrata su uski prolaz koji spaja Oglavinovac s Velikim i Malim Rujnom. Ribnička vrata imaju profil U doline (Sl. 27.), stoga je ovo područje primjer prave ledenjačke doline što utvrđuje i Belij (1985). Ledenjačka dolina spušta se s nadmorske visine od 1320 m prema 920 m gdje je pretpostavljen kraj ledenjaka. Orijentirana je u pravcu sjever – jug, s duljinom od oko 2 km. Dubina doline povećava se od sjevera prema jugu. Na ulazu doline dubina je oko 40 m, u središnjem dijelu 100 m dok je na izlazu (Sl. 27., profil C-C) duboka oko 120 m. Najuža je na ulazu (250 m), a najširа na središnjem dijelu (1 km). Na izlazu ledenjačke doline širina se smanjuje.

Iako je ovdje opisana pretpostavka da početak ledenjačke doline predstavlja uski pojas južno od Oglavinovca (Sl. 27., profil A-A'), treba uzeti u obzir još dvije mogućnosti. Prva ukazuje na to da se ledenjak s Oglavinovca prvotno kretao u dva smjera (jug i jugozapad) koja je razdvajalo Brdašce (1399 m). Oni su se zatim spajali u području Ivankovca, gdje je ledenjak bio i najširi (oko 1 km) (Sl. 27., profil C-C'). Druga mogućnost jest da se ledenjak kretao preko Brdašca, u širini od gotovo 1 km. U tom slučaju Brdašce je moglo imati ulogu nunataka ili je, prema Velić i Velić (2019), ledena masa prelazila preko vrha koje je vrlo zaobljeno. Potonje ukazuje na debljinu leda veću od 200 m (Velić i Velić, 2019).

Spuštajući se južno, kroz Ribnička vrata, ledenjak je na završetku zakrenuo u desno te istaložio završnu morenu koja danas tvori Rujansku kosu.



Sl. 27. Smjer kretanja ledenjaka s poprečnim profilima doline Ribničkog ledenjaka

6.3.5. Rujno

Najniža granica dostizanja ledenjaka, odnosno granica istraženih oblika nalazi se na nadmorskoj visini od oko 900 m kojoj pripadaju visoravni Malo i Veliko Rujno. Malo i Veliko Rujno zajedno se protežu u dužini od oko 5 km, s dinarskim smjerom pružanja, a dijeli ih Rujanska kosa. Rujanska kosa je morena (Belij, 1985; Krklec i dr., 2015) površine 0,7 km^2 , dužine oko 1,5 km, a visoka je oko 165 m (Sl. 28.). Ledenjak je dotjecao iz Ribničkih vrata, iz smjera sjevera, a povlačio se ostavljajući morenu pružanja istok – zapad. Područje Rujanske kose čini kompozitno tijelo, s još dvije zasebne morenske jedinice koje upućuju na ostatke prijašnjih glacijacija. Te tri morene opisuju Krklec i dr. (2015) definirajući morenu Jovići koja pripada starijem glacijalnom razdoblju što dokazuje Rujanska kosa koja prelazi preko nje. Također izdvajaju i morenu Unutarnji rov smještenu s unutarnje, tj. sjeverozapadne strane Rujanske kose. Iste morenske jedinice opisuje i Marjanac (2012) u disertaciji, ali iz drugačijeg aspekta. Naime, ona opisuje Rujansku kosu (Morena 1) kao središnju morenu, Jovići (Morena 2 i 3) kao podinsku, a morenu Unutarnji rov (Morena 4) kao moguću završnu morenu. Velić i Velić (2019) Rujansku kosu navode kao „veliki drumlin uz kojeg su istaloženi manji drumlini“. Iako postoje mnoge pretpostavke oko točne interpretacije Rujanske kose, potrebna su detaljnija istraživanja šireg prostora kako bi se sa sigurnošću utvrdili procesi i oblici. Malo Rujno je zaravnjeno područje na kojem je istaložen materijal u obliku plavina koje su posljedica podledenjačkog potoka Kozjače. Na istočnom dijelu Malog Rujna mogu se prepoznati grublji sedimenti dok su prema zapadu sve manji što je posljedica usijecanja Kozjače koja je pretaložavala materijal u niže područje uslijed povlačenja ledenjaka (Belij, 1985). Takav fluvioglacijalni materijal prostire se i niže, na području Zavrate. Na području Malog Rujna mogu se prepoznati i zaobljeni blokovi ugrađeni u suhozid (Velić, Velić, 2019). Prema definiciji, sandur jest plavina ispod čeonih morena nastala akumulacijom ispranog morenskog materijala (Petrović, 1982) što odgovara području Malog Rujna, stoga se ono može okarakterizirati kao sandur, dok ga Velić i Velić (2019) definiraju kao ispranu zaravan.



Sl. 28. Rujanska kosa

6.3.6. Središnji dio vršnog hrpta

Vršni dio, od Struga prema Svetom brdu također je najvjerojatnije bio pod utjecajem glacijacije. Podno Crljenog kuka nalaze se ponikve – cirkovi otvorene prema dolini Velike Paklenice. Pretpostavlja se da je led klizio prema dolini, odnosno zbog strmog vertikalnog odsjeka obrušavao se ili topio (Belij, 1985), a dokaz su breče glaviofluvijalnog postanka iznad Ramića. Također, slična je situacija iznad Male Paklenice gdje su cirkovi otvoreni prema dolini i hranili su sočnicom izvorište toka (Belij, 1985). Također, postoje primjeri cirkova čija se ledena masa nije kretala ni prema primorskoj ni ličkoj strani već se led kretao na području susjednih cirkova. Takav primjer daje Belij (1985) na području Babinog jezera.

Led u cirkovima između Babinog vrha i Vaganskog vrha, prema Beliju (1985) nije imao snagu prijeći na ličku stranu, no treba uzeti u obzir plavine u području sela Kukljić (sl. 29). Naime, i u ovom području se javlja koritasto udubljenje (linija Vagan – Široka draga), te gotovo ista morfologija kao i zapadnije, u Grubišnom dolcu. Stoga je pretpostavka da se ledena masa obrušavala niz strmi odsjek ličke padine. Također, moguće je da su se ovi cirkovi i oni spomenuti oko Babinog jezera spajali te zajedno nastavili niz ličku padinu. Ipak, treba uzeti u

obzir i bujične tokove koji i danas mijenjaju morfologiju terena. S obzirom na minsko ograničenje, trenutno nije u potpunosti moguće detaljno istražiti prostor.

Nadalje, Belij (1985) izdvaja cirkove između Segestina i Malovana, poznatiji kao Cesarova dolina odakle se led kretao prema Bunovcu. Od Cesarove doline može se uočiti manje korito koje se spušta do Bunovca, kroz koje je vjerojatno ledena masa prolazila te klizila prema Bunovcu. Morfološki gledano, Bunovac je viseća dolina, s istim karakteristikama kao i prije spomenuta Buljma na zapadu. Belij (1985) interpretira Bunovac kroz dvije mogućnosti, kao sabirni centar sočnice ili kao područje gdje se led regenerirao i nastavljao prema Sijasetskoj dragi. S obzirom na istraživanja u selu Raduč (Šunjerga, 2015) gdje su dokazani nesortirani sedimenti sa strijama i zaobljenim valuticama na širem području, pretpostavka je da se ledenjak spuštao s Bunovca i topio na određenoj visini nakon čega su tokovi sočnice, a recentno i bujični tokovi nosili materijal u područje sela.

S ličke padine ističu se tri spomenute paralelne doline s poprečnim pravcem pružanja na glavni greben: Grubišin dolac, Široke drage i Sijasetska draga, čije se plavine sastoje od nesortiranog materijala različite starosti. S obzirom na sličnu morfologiju, velika je vjerojatnost da se ledena masa spuštala niz ličku padinu, u sva tri slučaja, nakon čega su tokovi pretaložavali materijal u niže područje stvarajući plavine, što je potkrijepljeno i terenskim istraživanjem (sl. 29.). Slične pretpostavke iznosi i Belij (1985), no on ističe samo koritasta udubljenja, ne dotičući se podnožja padina.

Jugoistočno od Sv. brda nalazi se uvala Dušice koja je također imala obilježja cirka. S obzirom da nema dokaza o kretanju ledene mase, Belij (1985) izdvaja kratak jezik koji se širio prema Libinju. Najveća masa leda ostajala je na području Dušica s eventualnim kretanjima između susjednih ponikava, stoga se ovaj ledeni pokrov može okarakterizirati kao cirkni ledenjak.

Već je spomenuto da je led ostavio tragove i na nižim nadmorskim visinama. Sočnica je obilno hranila tokove Brezimenjače, Velike i Male Paklenice koji su nosili morenski materijal i taložili ga na dolinskim stranama. Na sutoku Brezimenjače i Velike Paklenice nalaze se međusobno spojene glaciofluvijalne plavine, a plavinske lepeze izrazito su razvijene na području Širokog brijega i Pod Planom (Bognar i dr., 1995). Mnoge plavine destruirane su erozijom vodotoka i procesima pa je na dijelovima terena otežano njihovo prepoznavanje. Primjer fluvioglacijalnog materijala vidljiv je u kanjonu Velike i Male Paklenice na 30 m iznad mora (sl. 30.). Utjecaj fluvioglacijalnih procesa vidljiv je i na obali, na 0 m. To su plavine Pisak u Selinama i Kulina u Starigradu koje su izgrađene od fluvioglacijalnog materijala (sl. 31., sl. 32.).



Sl. 29. Fluvioglacijalne plavine u selu Raduč



Sl. 30. Fluvioglacijalne naslage u području Velike Paklenice



Sl. 31. Fluvioglacijalna plavina u Selinama



Sl. 32. Fluvioglacijalna plavina u Starigradu

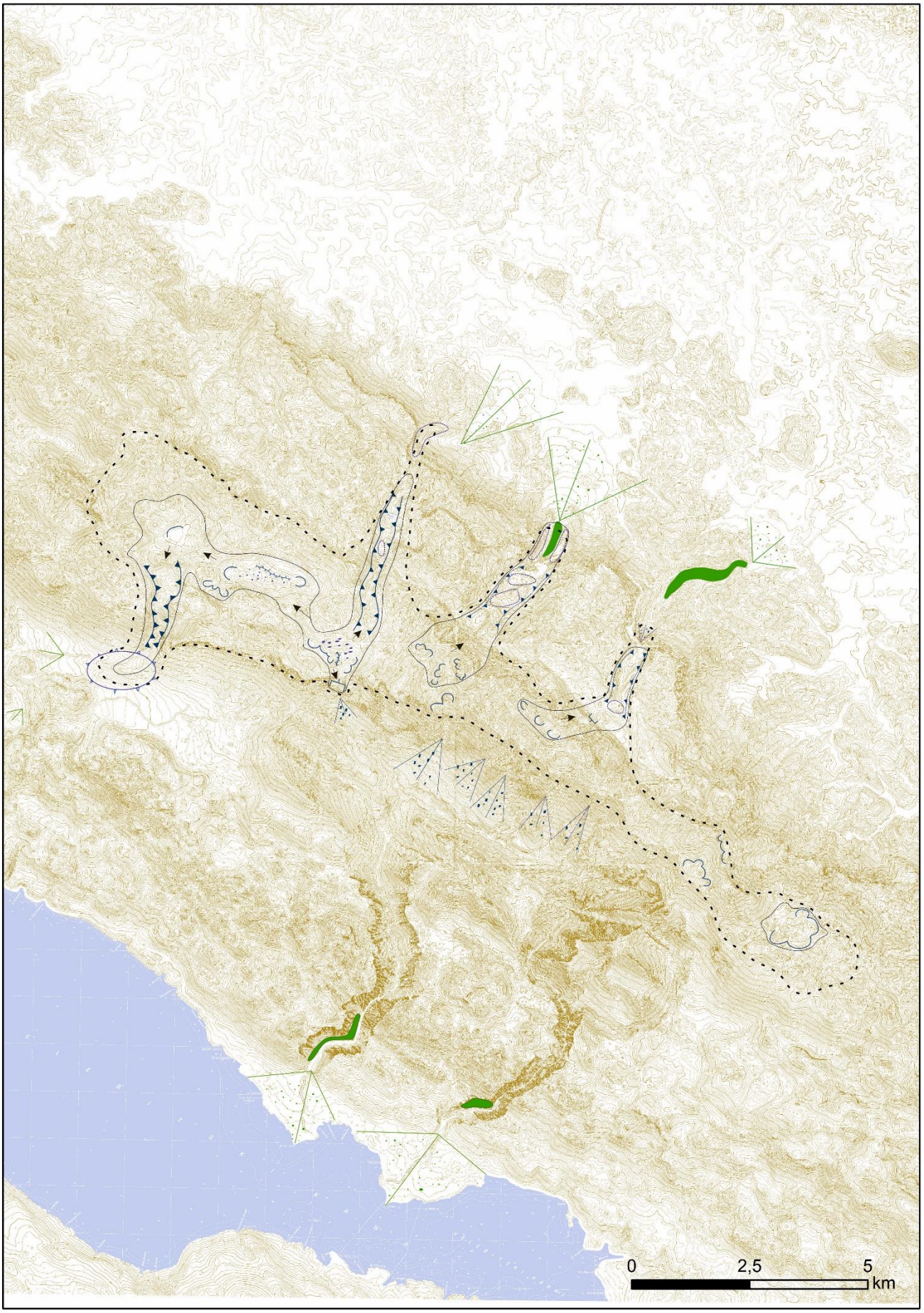
6.4.Geomorfološki značaj glacijacije na istraživanom području

Na temelju dosadašnje analize te pretpostavljenih glacijalnih oblika napravljena je geomorfološka karta (sl. 33.) s obuhvatom glacijacije te glacijalnim oblicima na području Južnog Velebita. Pleistocenska glacijacija zahvatila je područje vršnog dijela Južnog Velebita iako se njezin utjecaj opaža i u nižim nadmorskim visinama u obliku glaciofluvijalnih i fluvioglacijalnih plavina na području kanjona Velike i Male Paklenice te u podnožju sjevernih padina Velebita.

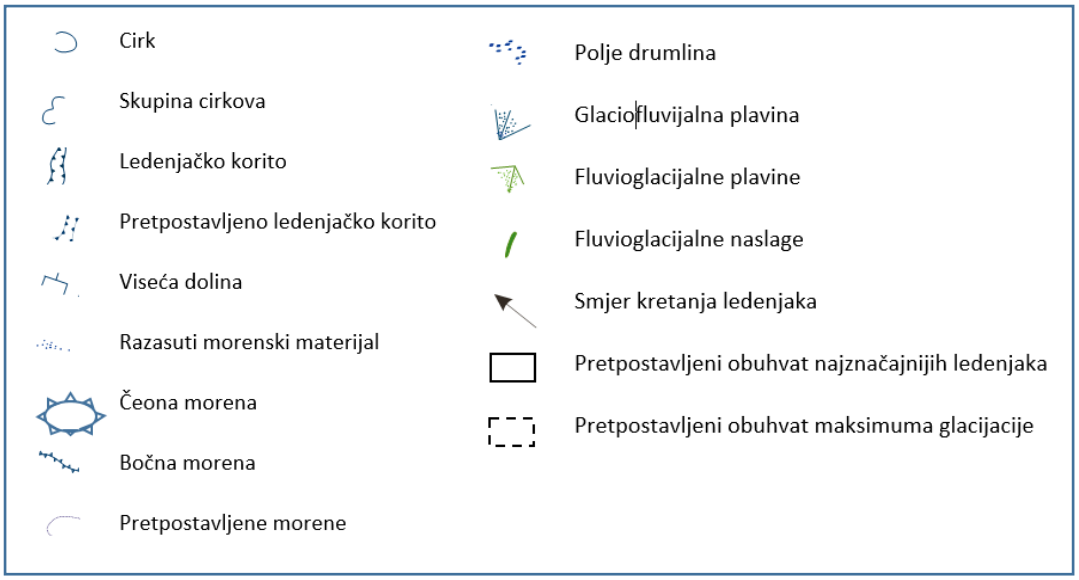
Vršni dio Južnog Velebita bio je pogodan za razvitak glacijacije. Mrežasta struktura reljefa, s brojnim uzvišenjima, doprinijela je akumulaciji leda u uvalama i ponikvama gdje je ujedno i ishodište glacijacije. Vršni dio obilježen je denudacijom ledom. Prostor obilježavaju manji cirkovi koji su se međusobno spajali u jedinstvenu ledenu masu. Pretpostavljeni cirkovi su uvale Struge, Javornik, Oglavinovac, zatim cirkovi oko Babinog i Vaganskog vrha, cirkovi između Malovana i Segestina, cirkovi oko Svetog brda te cirkovi na Dušicama. Pojedini cirkovi međusobno su se spajali, no vjerojatno nije bilo jedinstvene ledene mase već su se stvarali kraći ledeni jezici. Jedina veća jedinstvena ledena masa prostirala se od Struga preko Javornika do Oglavinovca čiji su se cirkovi međusobno spajali i tvorili tzv. Ribnički ledenjak dugačak 10,4 km (Belij, 1985). U maksimumu glacijacije vjerojatno su jedinstvenu cjelinu činili Ribnički ledenjak te ledenjak prema Grubišnom dolcu i lednjački jezik prema Buljmi. Na području Buljme javlja se U profil stoga se taj prijevoj može okarakterizirati kao viseća dolina. Također, pretpostavka jest da su se stvarali kraći ledenjaci prema ličkoj padini, tj. prema Vaganu i južnije, prema Sijasetskoj dragi iznad koje se također može pretpostaviti viseća dolina u području Bunovca. Budući da još nema dokaza o kretanju leda u području Dušica, postojala je akumulacija leda koja je vjerojatno imala ulogu cirknog ledenjaka. Ledenjaci su svojim kretanjem denudirali reljef, a na nižoj nadmorskoj visini odlagali materijal u formi morena. Takav primjer vidljiv je na području djelovanja Ribničkog ledenjaka. Naime, kao što je već rečeno, ledenjak se kretao od Struga do Oglavinovca gdje je skrenuo kroz Ribnička vrata do visoravni Malo Rujno, na 840 m NV. Ledenjak je akumulirao materijal u formi Rujanske kose koja čini završnu morenu. Ova zona akumulacije materijala proteže se i duž kretanja ledenjaka, u vidu temeljne morene te bočnih morena u području Javornika i Struga. Također, prema položaju i obliku mogu se prepoznati morene na sjevernoj padini no zbog miniranosti nije ih moguće terenski utvrditi. Tragovi ledenjaka vidljivi su duž njegova kretanja, što dokazuju drumlini i strije. Prelaskom na nižu gorsku stepenicu javljaju se procesi ablacije stoga slijedi zona ispiranja i transporta materijala. Sočnica je intenzivno hranila potoke Velike i Male Paklenice, Brezimenjače te potoke na sjevernoj padini. Pretpostavlja se da je na sjevernim

padinama bujična snaga sočnice bila dovoljno jaka da stvori doline. Spomenuti tokovi ispirali su morenske nanose te ih transportirali nizvodno, u niže nadmorske visine. Posebno je to vidljivo u sjevernim padinama Južnog Velebita. Iz analize su vidljiva tri paralelna korita koja se pružaju od juga (JZ) prema sjeveru (SI), a vjerojatno su sličnog postanka. To su Grubišin dolac – Mijačin kuk, Vagan – Široka draga i Sijasetska draga. Zajednička obilježja ovih korita su spomenute akumulacije leda koje predstavljaju početak korita te fluvioglacijalne plavine u njihovom podnožju. Upravo taj prostor rasprostiranja plavina predstavlja zonu akumulacije fluvioglacijalnih sedimenata. Osim u podnožju sjevernih padina Južnog Velebita, fluvioglacijalni materijal tvori plavine na obali u Selinama i Starigradu.

S obzirom na utvrđene glacijalne tragove, može se reći da je Južni Velebit bio znatno zaleđen. Prema ovoj analizi, u svom je maksimumu glacijacija obuhvaćala 41,6 km^2 površine. Treba uzeti u obzir da se to ne odnosi na jedinstveni ledeni pokrov, već utjecaj oledbe općenito. S druge strane, prema Beliju (1985) obuhvat glacijacije u doba maksimuma virma iznosi 19,08 km^2. Velika razlika u rezultatima javlja se zbog toga što je Belij (1985) obuhvatio šire područje Ribničkog ledenjaka te samo površine pod ledom, tj. ona područja na kojima je, prema njegovim pretpostavkama, gotovo sigurno egzistirao led. Zbog reljefnih okolnosti koje karakteriziraju veliki nagibi, nije bilo mogućnosti razvijanja većih pokrova jer se led obrušavao niz padinu i topio dolaskom na nižu nadmorsku visinu. Stoga su vjerojatno egzistirala četiri ledenjaka, u ukupnoj površini od 11 km^2.


0
2,5
5
km

Legenda



Sl. 33. Geomorfološka karta Južnog Velebita s pretpostavljenim obuhvatom i glacijalnim oblicima

7. Zaključak

Pleistocenska glacijacija najvećim je dijelom obuhvatila vršni dio hrpta Južnog Velebita, ali utječe na mnogo šire područje. Za vrijeme glacijacije vjerojatno su egzistirala četiri ledenjaka. Najduži ledenjak na području Južnog Velebita jest Ribnički ledenjak čiji se tragovi danas jasno vide u obliku morenskih nanosa, tila, drumlina, strija i završne morene na Rujnu. Njemu pripadaju i ledeni jezici prema Grubišnom dolcu i drugi prema Buljmi, koji se mogu promatrati i kao zasebni ledenjaci. Drugi pretpostavljeni ledenjak rasprostirao se oko Babinog i Vaganskog vrha, a spuštao se niz Vagan prema Širokoj dragi. Na području Bunovca prema Sijasetskoj dragi kretao se treći ledenjak dok je na području Dušica egzistirao cirkni ledenjak. Istraženi su potencijalni egzaracijski i akumulacijski glacijalni oblici. Gustoća cirkova najveća je u središnjem dijelu hrpta, u zoni višoj od 1400 m dok zapadni dio terena obilježava veliki broj drumlina i morenskih nanosa. Pretpostavka jest da su najpogodniji uvjeti za razvijanje glacijacije i akumuliranje leda bili u vršnoj zoni no zbog strmih padina ledena masa se obrušavala i topila. S druge strane, zapadni dio terena obilježavaju nadmorske visine do 1400 m, s blažim nagibima, gdje su se ledene mase zadržavale i međusobno spajale te ostavile danas vidljive tragove kretanja.

Povoljni reljefni i klimatski uvjeti omogućili su nastanak i širenje leda tijekom pleistocenske glacijacije. Danas se uočavaju egzaracijski i akumulacijski glacijalni oblici koji su preoblikovani naknadnim okršavanjem. Glacijalni reljef se danas preoblikuje kroz proces okršavanja stoga možemo pratiti razvoj glaciokrša na području Južnog Velebita.

Potrebna su dodatna istraživanja kako bi se točno utvrdilo kretanje ledene mase i opseg širenja glacijacije. Međutim, mnoga područja obilježena su minskim ograničenjima zbog čega će potpuna interpretacija pleistocenske glacijacije na području Južnog Velebita još neko vrijeme ostati na pretpostavkama.

8. Literatura:

1. Ballut, C., Faivre, S., 2012: New data on the dolines of Velebit Mountain: An evaluation of their sedimentary archive potential in the reconstruction of landscape evolution, *Acta Carsologica*, 41/1, 59–74.
2. Belij, S., 1985: Glacijalni i periglacijalni reljef Južnog Velebita, *Posebna izdanja Srpskog geografskog društva*, 61, 1-68.
3. Bočić, N., Faivre, S., Kovačić M., Horvatinčić, N., 2012: Cave development under the influence of Pleistocene glaciation in the Dinarides – an example from Štirovača Ice Cave (Velebit Mt., Croatia), *Zeitschrift fur Geomorphologie* 56 (4), 409-433.
4. Bočić, N., Pahernik, M., Faivre, S., 2019: Geomorfološka obilježja Sjevernog Velebita, *Senjski zbornik,* 46, 5-36.
5. Bognar, A., 1992: Pedimenti Južnog Velebita, *Geografski glasnik* 54, 19-32.
6. Bognar, A., 1995: Morfogeneza područja bazena porječja Velike i Male Paklenice, *Paklenički zbornik Vol.1*, 33-42.
7. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34(1), 7 – 29.
8. Bognar, A., Faivre, S., i Pavelić, J., 1991: Glacijacija sjevernog Velebita, *Senjski zbornik*, 18(1), 181–196.
9. Bognar, A., Faivre S., Pavelić, J., 1997: Tragovi oledbe na Srednjem Velebitu, *Senjski zbornik*, 24, 1–16.
10. Buzjak, N., Bočić, N., Paar, D., Bakšić, D., Dubovečak, V., 2018: Ice Caves in Croatia u: *Ice Caves*, Elsevier, Amsterdam, 335 – 369.
11. Degen, A., 1936 – 1938: Flora velebitica, sv. I-IV, Akademie der Wissenschaften, Budapest.
12. Demek, J., 1972: *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*, IGU-Comission on Geomorphological survey and mapping, Chechoslovak Academy of Science, Prague.
13. Faivre, S., 2007: Analyses of the Velebit Mountain Ridge Crests, *Hrvatski geografski glasnik*, 69/2, Zagreb, 2007, 21–40.
14. Faivre, S., 1992: Analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu, *Senjski zbornik,* 19(1), 13-24.
15. Faivre, S., Mićunović, M., 2017: Rekostrukcija recentnih morfoloških promjena žala uz pomoć metode ponovljene fotografije – primjer žala Zogon na otoku Hvaru (Srednji Jadran), *Geoadria* 22(2), 165-192.

16. Ford, D.C., Williams, P. W., 2007: *Karst hydrogeology and geomorphology*, John Wiley & Sons, SAD.
17. Garašić, M., 1986: *Hidrogeologija i morfogeneza speleoloških objekata u kršu SR Hrvatske*, Doktorska disertacija, RGNF, Zagreb.
18. Gavazzi, A., 1903: Trag oledbe na Velebitu, *Glasnik hrvatskog naravoslovnog društva*, 14, 174–175.
19. Gorjanović, D., 1902: Geomorfološki problemi iz Hrvatskog krasa, *Glasnik hrvatskog naravoslovnog društva*, 13/4-6, 193-196.
20. Herak, M., 1986: A new concept of geotectonics of the Dinarides, Prirodoslovna istraživanja 53, *Acta geologica*, vol.16, 1, 1-42.
21. Hranilović, H., 1901: Geomorfološki problemi iz hrvatskog krasa, *Glasnik hrvatskog naravoslovnog društva*, 19, 93–133.
22. Hughes, P. D., Woodward, J. C., Gibbard, P.L.,. (2006): Quaternary glacial history of the Mediterranean Mountains, *Progress in Physical Geography* 30, 334-364.
23. Hughes, P., D., Woodward, J., C., Calsteren, P., C., Thomas, L., E., Adamson, K., R., 2010: Pleistocene ice caps on the coastal mountains of the Adriatic Sea, *Quaternary Science Reviews*, 29(27–28), 3690–3708.
24. Hughes, P. D., Woodward, J. C., Calsteren, P. C., Thomas, 2011: The glacial history of the Dinaric Alps, Montenegro, *Quaternary Science Reviews*, 30, 3393–3412.
25. Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović-Carević, I., Zupanić, J., 1967: *Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Obrovac*, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
26. Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, L., Šušnjara, A., 1967: *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, list Obrovac*, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
27. Krklec, K., Domínguez-Villar, D., Perica, D., 2015: Depositional environments and diagenesis of a carbonate till from a Quaternary paleoglacier sequence in the Southern Velebit Mountain (Croatia*), Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 436 (2015), 188-198.
28. Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 31, 1996, 41–50.
29. Majcen, Ž., Korolija, B., 1967: *Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Zadar,* Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.

30. Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B., Nikler, L., 1967: *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Zadar,* Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
31. Malinar, H., 1984: Geneza jame Puhaljke na Velebitu, *Deveti jugoslavenski speleološki kongres*, Zagreb, 251-260.
32. Malinar, H., 1995: Tragovi pleistocenske oledbe na Velebitu u području Buljme, *Paklenički zbornik Vol.1*, 55 – 60.
33. Marković, J., Bočić, N., Pahernik, M., 2016: Prostorni raspored i gustoća ponikava Jugoistočnog Velebita, *Geoadria*, 21/1, 1-28.
34. Milojević, 1922: Beleške o glečerskim tragovima na Raduši, Cincaru, Šatoru, Troglavu i Velebitu, *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 7-8, 294-297.
35. Nikler, L., 1973: Nov prilog poznavanju oledbe Velebita, *Geološki vjesnik*, 25, 1973, 109–112.
36. Pahernik, M., 2012: Prostorna gustoća ponikava na području Republike Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik*, 74(2), 5-26.
37. Penzar, B., Penzar, I., 1995: Velebit – klimatska prekretnica, *Paklenički zbornik Vol.1*, 11-16.
38. Perica, D., 1993: *Egzogeomorfološke osobine gorskog hrpta Južnog Velebita*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu.
39. Perica, D., 1998: *Geomorfologija krša Velebita,* Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
40. Perica, D., Orešić, D., 1994: Klimatska obilježja južnog Velebita, *Paklenički zbornik Vol.1*, 17-24.
41. Perica, D., Orešić, D., 1999: Klimatska obilježja Velebita i njihov utjecaj na oblikovanje reljefa, *Senjski zbornik*, 26, 1–50.
42. Petrović, D., 1967: *Geomorfologija*, Građevinska knjiga, Beograd.
43. Poljak, J.,1947: O zaleđenju Velebita, *Geološki vjesnik,* 1, 125–148.
44. Poljak, Ž., 1969: *Velebit*, Planinarski savez Hrvatske, Zagreb.
45. Prelogović, E., 1995: Geološka struktura Velebita, *Paklenički zbornik Vol.1*, 49-54.
46. Saletto Janković, M., 1995: *Geomorfološke značajke reljefa NP Paklenica i njegovo geoekološko vrednovanje*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu.
47. Schubert, R., 1908: Zur Geologie des Osterreichischen Velebit, Jahrb. Geol. Reichsanst, 58/2, 335-386.

48. Sokač, B., 1973: *Geologija Velebita,* Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
49. Sokač, B., Šušnjar, M., Bukovac, J., Bahun, S., 1965: *Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Udbina*, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
50. Sokač., B., Ščavničar, B., Velić I., 1967*: Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Gospić*, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
51. Sokač B., Nikler, L., Velić, I., Mamužić, P., 1967: *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Gospić* Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
52. Summerfield, A., M., 1991: *Global geomorphology*, Routlege, New York.
53. Surić, M., Lončarić, R., Lončar, N., Buzjak, N., Bajo, P., Drysdale, N., R., 2017: Isotopic characterization of cave environments at varying altitudes on the eastern Adriatic coast (Croatia) – Implications for future speleothem-based studies, *Journal of Hydrology* 545, 367-380.
54. Šegota, T., 1963: Geografske osnove glacijacija, *Acta geographica Croatica*, 4, 1, 7-119.
55. Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb.
56. Šunjerga, V., 2015: *Porijeklo i granulometrija valutica u morenskim naslagama šljunčare u Raduču*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
57. Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun, S., Bukovac, J., Nikler, L., Ivanović, A., 1965: O*snovne geološka karta 1:100 000, list Udbina*, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki savez, Beograd.
58. Velić, I., Velić, J., Vlahović, I., Cvetković, M., 2014: *Geološki vodič kroz NP Paklenica*, Javna ustanova Nacionalni park Paklenica, Starigrad Paklenica.
59. Velić, I., Velić, J., 2019: *Glacijalno-geološke značajke područja NP Paklenica*, Javna ustanova NP Paklenica, Starigrad Paklenica
60. Veress, M., Telbisz, T, Toth, G., Loczy, D., Ruban, D., Gutak, J., 2019: *Glaciokarsts*, Springer, Njemačka.

Prilozi

Popis slika:

Sl. 1. Prostorni obuhvat područja istraživanja
Sl. 2. Geomorfološki položaj područja istraživanja prema Bognaru (2001)
Sl. 3. Hipsometrijska karta Južnog Velebita s istaknutim profilima
Sl. 4. Hipsometrijska karta Južnog Velebita
Sl. 5. Udio hipsometrijskih razreda u ukupnoj površini
Sl. 6. Karta nagiba padina Južnog Velebita
Sl. 7. Površinski udio pojedinih razreda nagiba u ukupnoj površini
Sl. 8. Strme padine Rapavca
Sl. 9. Karta orijentacije padina Južnog Velebita
Sl. 10. Površinski udio razreda ekspozicije padina Južnog Velebita
Sl. 11. Karta vertikalne raščlanjenosti Južnog Velebita
Sl. 12. Gustoća ponikava Južnog Velebita
Sl. 13. Visine dna cirkova Južnog Velebita
Sl. 14. Raspored cirkova s elipsom distribucije na Južnom Velebitu
Sl. 15. Usporedba visine dna cirkova Sjevernog i Južnog Velebita
Sl. 16. Karta s glacijalnim oblicima na Strugama
Sl. 17. Cirk na istočnom rubu Struga
Sl. 18. Strije na Strugama
Sl. 19. Til temeljne morene s najvećim drumlinom na Strugama
Sl. 20. Drumlinsko polje na Strugama
Sl. 21. Profil Buljme
Sl. 22. Sjeverna padina Buljme
Sl. 23. Strije na južnoj padini Buljme
Sl. 24. Poprečni profili Grubišnog dolca
Sl. 25. Fluvioglacijalne plavine u Kukljiću
Sl. 26. Glacijalni oblici u uvali Javornik
Sl. 27. Smjer kretanja ledenjaka s poprečnim profilima doline Ribničkog ledenjaka
Sl. 28. Rujanska kosa
Sl. 29. Fluvioglacijalne plavine u selu Raduč
Sl. 30. Fluvioglacijalne naslage u području Velike Paklenice
Sl. 31. Fluvioglacijalna plavina u Selinama

Sl. 32. Fluvioglacijalna plavina u Starigradu
Sl. 33. Geomorfološka karta Južnog Velebita s pretpostavljenim obuhvatom i glacijalnim oblicima

Popis tablica

Tab. 1. Standardna klasifikacija nagiba padina
Tab.2. Površinski udio razreda nagiba Južnog Velebita
Tab. 3. Gustoća ponikava po litostratigrafskoj jedinici