Krški oblici priobalnog područja poluotoka Ražnjića na Korčuli

Andrijić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2025

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:217:799614

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sara Andrijić

Krški oblici priobalnog područja poluotoka Ražnjića na Korčuli

Diplomski rad

Zagreb
2025.

Sara Andrijić

Krški oblici priobalnog područja poluotoka Ražnjića na Korčuli

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

Zagreb
2025.

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

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Krški oblici priobalnog područja poluotoka Ražnjića na Korčuli

Sara Andrijić

Izvadak: Priobalna zona poluotoka Ražnjića na Korčuli obiluje krškim oblicima koji su posebno dobro vidljivi zbog izostanka tla i vegetacije. Glavni cilj ovog rad bio je utvrditi osnovna obilježja krške geomorfologije ove zone. Za 40 mjernih točaka izvršena su mjerenja osnovnih parametara (širine, visine i nagiba obalne zone) in-situ i na digitalnom modelu reljefa rezolucije 1x1 m. Na četiri odabrane lokacije izvršeno je detaljno kartiranje krških oblika duž profila orijentiranih poprečno na pružanja obalne zone. Rezultati su pokazali značajnu raznolikost između krškog reljefa južnih i istočnih obala s jedna te sjevernih i zapadnih obala s druge strane. Južne i istočne obala su uglavnom više, šire i strmije od onih na sjevernom i zapadnom dijelu istraživanog područja. Utvrđeno je da se priobalni krški oblici uglavnom pojavljuju i grupiraju sukladno ekološkoj zonaciji priobalne zone. Kartiranjem su zabilježene različite udubine, škrape, pozitivne rezidualne forme, erozijski ostaci sedimenata te denudirani podzemni krški oblici.

72 stranica, 49 grafičkih priloga, 12 tablica, 56 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: obalna morfologija, krš, krški reljefni oblici, otok Korčula

Voditelj: prof. dr. sc. Neven Bočić

Povjerenstvo: prof. dr. sc. Neven Bočić
prof. dr. sc. Sanja Faivre
dr. sc. Marin Mićunović

Tema prihvaćena: 26. 1. 2023.

Rad prihvaćen: 6. 2. 2025.

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

Karst forms on the coastal area of the peninsula Ražnjić on Korčula island

Sara Andrijić

Abstract: The coastal zone of the Ražnjić peninsula on Korčula is rich in karst landforms that are particularly well visible due to the absence of soil and vegetation. The main objective of this work was to determine the basic characteristics of the karst geomorphology of this zone. For 40 measurement points, measurements of basic parameters (width, height and slope of the coastal zone) were carried out in-situ and on a 1x1 m digital relief model. At four selected locations, detailed mapping of karst landforms was carried out along profiles oriented transversely to the length of the coastal zone. The results showed significant diversity between the karst relief of the southern and eastern coasts on the one hand and the northern and western coasts on the other. The southern and eastern coasts are generally higher, wider and steeper than those in the northern and western parts of the research area. It was found that coastal karst landforms mainly occur and are grouped according to the ecological zonation of the coastal zone. The mapping recorded various depressions, karren, positive residual forms, erosional remains of sediments and denuded underground karst landforms.

72 pages, 49 figures, 12 tables, 56 references; original in Croatian

Keywords: coastal morphology, karst, karren forms, Korčula island

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Full Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Full Professor
Sanja Faivre, PhD, Full Professor
Marin Mićunović, PhD, Postdoctoral Researcher

Thesis title accepted: 26/01/2023

Thesis accepted: 06/02/2025

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

Zahvala

Hvala mentoru prof. dr. sc. Nevenu Bočiću na smjernicama i pomoći prilikom pisanja diplomskog rada.

Hvala cijeloj obitelji i prijateljima na strpljenju, podršci i motivaciji.

Najveće hvala najlipšen otoku na svitu.

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Teorijski okvir 2
3. Istraživano područje 5
3.1 Položaj 5
3.2. Klima 6
3.2.1 Vjetar 6
3.3 Valovi 7
3.4. Morske struje 9
3.5. Morske mijene 10
3.6. Geološka građa 10
3.7. Geomorfologija 11
4. Metode 15
4.1 Opća morfološka obilježja obale Ražnjića 15
4.2 Obalni krški oblici – izabrani primjeri 16
5. Rezultati 17
5.1 Opća obilježja obale Ražnjića 17
5.1.1 Širina obalne zone 17
5.1.2 Hipsometrija 20
5.1.3 Nagibi 23
5.1.4 Vertikalna raščlanjenost 26
5.1.4 Ekspozicija 27
5.1.5 Pukotine i rasjedi u obalnoj zoni 29
5.2 Obalni krški oblici - izabrani primjeri 34
5.2.1 Profil 1: Sjever (42° 55' 20" N, 17° 11 ' 47 " E) 35
5.2.2 Profil 2: Istok (42° 54' 54" N, 17° 11 ' 52 " E) 43
5.2.3 Profil 3: Jug (42° 54' 44" N, 17° 11 ' 18" E) 48
5.2.4 Profil 4: Zapad (42° 54' 59" N, 17° 11 ' 18" E) 59
6. Rasprava i zaključak 62
7. Literatura 65
8. Izvori 69
9. Prilozi 70

1. Uvod

Krš je tip reljefa koji nastaje geomorfološkim procesom okršvanja putem kemijskog trošenja, odnosno korozije topivih najčešće karbonatnih stijena formirajući specifične krške reljefne oblike. Razlike u obliku, dimenzijama i zastupljenosti reljefnih oblika ovisiti će o različitim utjecajima egzogenih sila i procesa. Okoliš čini više elemenata kao što su: klima, flora, fuana, tlo, topografija i sl., ti elementi su međusobno povezani i prožeti jedni drugima te na taj način utječu na stvaranje specifičnih karakteristika ovisnih o lokaciji prema čemu se reljefni oblici i diferenciraju. Postoji mnogo tipova krša s obzirom na reljefni položaj, a jedna od njih je podijela na kopneni i obalni krš. U samim početcima istraživanja krša kopneni krš je imao primat te je došlo do svojevrsne generalizacije. Dominantan ujecaj pri njegovu oblikovanju je imala meteorska voda dok kod obalnog krša stijene su izložene izravnom i neizravnom djelovanju većeg vodenog tijela (Ginés i dr., 2010). Dominantnu ulogu u regulaciji procesa okršavanja obalnih područja ima režim vlaženja, biološka aktivnost i razina energije. Upravo zbog toga raznolikost obalnih krških reljefnih oblika je velika i teško se može diferencirati glavni mehanizam geneze jer analogni oblici mogu biti oblikovani različitim procesima, štoviše jedan oblik može biti formiran od strane više procesa stoga ih je teško klasificirati (Lace i Mylroie, 2013).

Primarni zadatak ovog diplomskog je identifikacija i klasifikacija pojednih krških reljefnih oblika priobalnog dijela poulotoka Ražnjića s ciljem boljeg razumijevanja nastanka i oblikovanja morfologije priobalnog krškog reljefa južno dalmatinskih otoka.

2. Teorijski okvir

Obale su prijelazna zona između kontinenata i oceana gdje dolaze u kontakt tri različita medija: kopno, more i zrak te kao takva su vrlo kompleksna i dinamična područja (Pikelj i Juračić, 2013). Izrazito su prilagodljive klimatskim promjenama i priobalnoj hidrodinamici koji su u sinergiji s antropogenim utjecajem. Sam položaj obale definira se u odnosu na razinu mora. No, kao većina okolišnih čimbenika nije konstantna, već djelovanjem različitih sila i procesa se mijenja rezultirajući kratkotrjanim ili dugotrajnim promjenama razine. Veliki utjecaj na oblik današnje obale je imala posljednja transgresija mora u holocenu. Prema Shepardovoj klasifikaciji (1963) obale se dijele na primarne formirane kopnenim procesima i sekundarne formirane marinskim procesima. Wright i Thom (1977) su uveli morfodinamički pristup proučavanja obale sagledavajući obalu kao sistem s protokom energije i materijala pod utjecajem okolišnih uvjeta.

Globalano gledajući 75 % obala su tzv. stjenovite te se prema sastavu dijele na karbonatne i siliciklastične, no s obzirom na kompleksnost geološkog utjecaja koristi se termin *geološki uvjetovane obale* (Masselink i dr., 2014). Međusobnom interakcijom geoloških faktora (litologija, geološka struktura, mineralogija i tektonika) i procesa trošenja Sunamura (1992) klasificira stjenovite obale u tri kategorije: kose obalne platforme, subhorizontalne obalne platforme i strme litice. Strmina obale i postojanost obalne platforme definiraju učinkovitost procesa abrazije, korozije, korazije i bioerozije. Svi ovi procesi djeluju istovremeno te je teško definirati njihovu relativnu važnost i podložnost geološkim utjecajima (Masselink i dr., 2014).

Karbonatne obale su obale sedimentnih stijena vapnenaca i dolomita. Najbitniji karbonatni minerali su aragonit, klacit i dolomit. Aragonit i kalcit su polimornfne modifikacije kalcijevog karbonata ($CaCO_3$) koje tvore vapnenačke stijene podložnije kemijskom trošenju dok dolomit kao mješavina kalcijevog i magnezijevog karbonata ($CaMg(CO_3)_2$) je nešto veće tvrdoće te je skloniji mehaničkom trošenju. Karbonatne stijene duž morskih obala izložene su raznim utjecajima i obiluju teksturnom i strukturnom raznolikošću (Lace i Mylroie, 2013). Denudacija karbonata jednaka je disoluciji kalcijevog karbonata vodenom otopinom bogatom ugljičnim dioksidom (atmosferskim) koji prelazi u kalcijev hidrokarbonat koji se topi u vodi: $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$ formirajući krški reljef.

Više od stoljeća korozijsko oblikovanje krških formi predmet je interesa geomorfologa te već u 19. stoljeću (Chaix, 1895) za razne izdužene oblike skovan je pojam „lapiaz“. Neposredno nakon uslijedila su opsežnija istraživanja i prva klasifikacija krških oblika perma Martel (1921) i Cvijić (1924) gdje većina tadašnjih istraživanja je bila provedena u planinskim područjima Alpi, Dolomita i Apalači gorja. Kasnija istraživanja uvode pojam „karren“ za sve disolucijske

oblike nastale na topivim stijenama (Bögli, 1951, 1960; Trimmel, 1965; Monroe, 1970; Jennings, 1971; Sweeting, 1972 i dr.). U hrvatskoj literaturi termin "karren" je znan kao škrape, a kolokvijalno je zvan griže ili mrkente. Proces korozije je primaran uzrok forimranja krškog reljefa, no u kopnenim područjima voda intenzivnije djeluje nego u obalnom okruženju zbog neposredne blizine tla i oragansko bogatih sedimenata koji čine vodu agresivnijom (Lace i Mylroie, 2013). U obalnim zonama okršavanje se vrši i drugim procesima. Morska voda, za razliku od obične vode pod normalnim tlakom, je zasićena kalcijevim karbonatom te ne djeluje korozivno, no korozivni utjecaj je moguć miješanjem s oborinskom vodom ili biološkim posredovanjem te promijenom okolišnih uvjeta.

Osim kemijskog u oblanim zonama na oblikovanje reljefa utječe i mehaničko trošenje. Fairbridge (1982) terminom „halokarst" nastoji obuhvatiti i istaknuti važnost slane marinske vode u oblikovanju obalnog egzokrša. Također, djelovanjem valova, soli (haloklastija), vlaženja i sušenja, abrazije (uzrokovane sedimentom suspendiranim u valovima) te bioerodirajućim organizmima se vrši mehaničko trošenje stijena (Lace i Mylroie, 2013). Macfadyen (1930), Wentworth (1944), Emery (1946), Corbel (1952) i dr. su među prvima detaljno opisali oblikovanje krša u marinskim obalnim uvjetima nastojeći utvrditi korelaciju s biološkom zonacijom na stjenovitim obalama. Neki morski organizmi čak štite stijene od erozije ili precipitiraju vlastiti kalcijev karbonat, takva konstruktivna funkcija organizama utvrđena je već u istraživanjima Bosence (1973) i Focke (1978). „Biokarst" kao koncept uvodi Viles (1984) koji dalje ističe važnost beskralježnjaka uz ostale procese oblikovanja obalnog krša.

Mnogi vapnenci nastaju u plitkomorskim uvjetima gdje promjenom razine mora nastupa okršavanje. Takvi eogenetski vapnenci ostali su anizotropni te kombinacija strukturne heterogenosti, diferencijalne topljivosti i visoke primarne poroznost u obalnim zonama potopmaže složenosti krških oblika obalnih sredina (Lace i Mylroie, 2013). U ovakvim područjima efikasnost bioerozije je intenzivirana jer već postojeće brazde bivaju podložnije daljenjem trošenju. S obzirom na stupanj poroznosti, nastanak površinskih otjecanja na obali su otežana, stoga su hidrodinamički kontrolirani krški oblici u obalnim područjima eogenetskog vapnenca zastupljeni samo u osnovnim oblicima (Lace i Mylroie, 2013).

Usporedbom priobalnog krša i kopnenog krša Folk i dr. (1973) uočena je razlika od obalnog nazubljenog i kaotičnog krša od prethodno istraživanog klasičnog krša. Takve hrapave stijene su se uglavnom pripisivale radu mikroorganizama te je skovan novi pojam „phytokarst". Također, proučavajući povezanosti morfologije i procesa Guilcher (1953), Dalongeville (1977), Ley (1979) izdvajaju procese krških obalnih područja kao posebne i drugačije, a koje formiraju

jedinstveni tzv. „marinski krš“ (Ley, 1977) ili “littoral karren” (Malis i Ford, 1995). Navedeni termini skovani su s obzirom na dominantni proces oblikovanja koji nije ograničen samo na obalne oblike, a s obzirom i na kompleksnost i multiprocesni nastanak krških oblika poželjno je izbjegavati genetske pojmove (Ginés i dr., 2010).

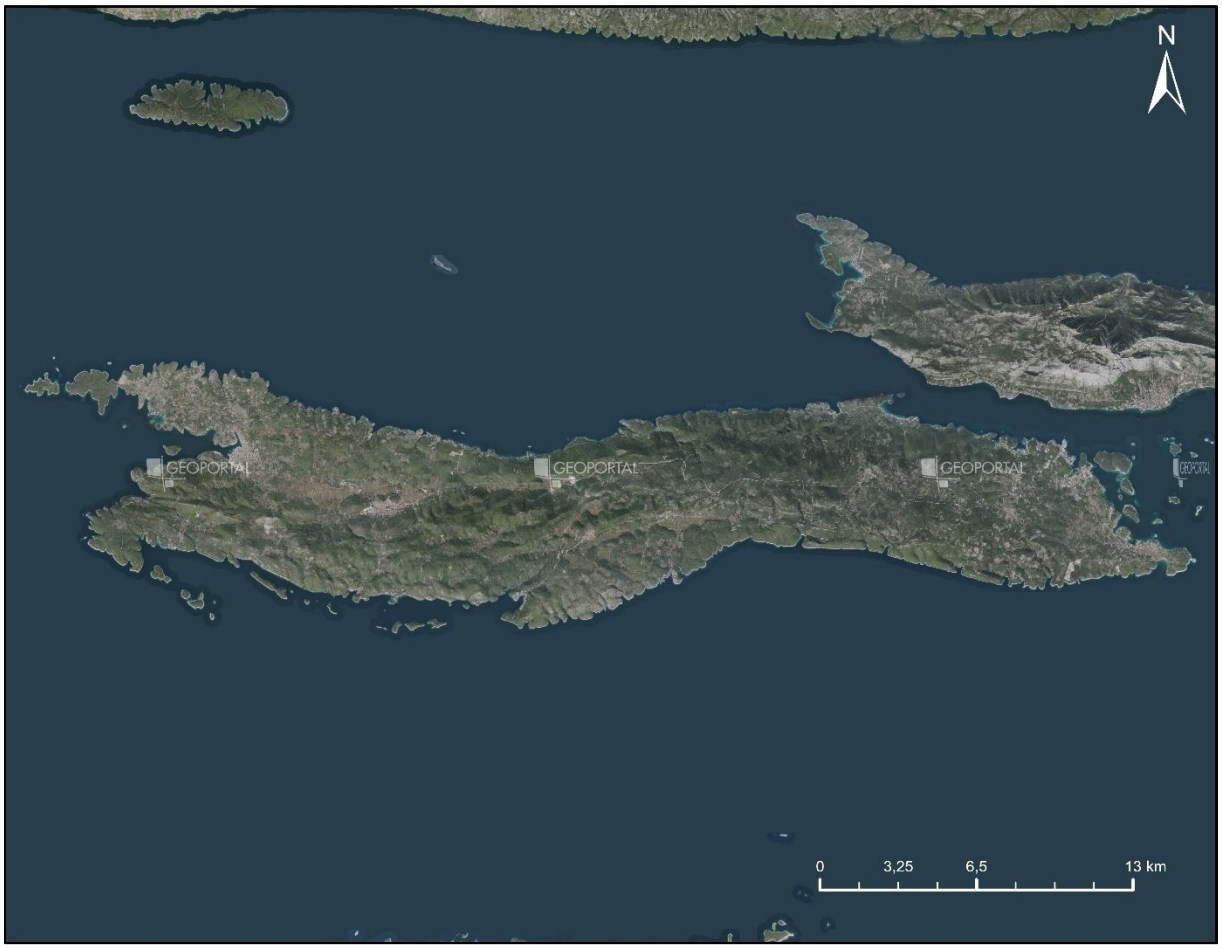
Krški oblici su najčešće veći ili manji oblici negativnog reljefa dok su pozitivni reljefni oblici uglavnom rezidualni gdje postoje neke varijacije u mirkookolišu i litologiji. Lundberg (2009) je kategorizirao krški reljef prema lokaciji na: negativni (zbog denudacije), ostatni (zbog slabije denudacije ili potpuno odsustvo denudacije) i pozitivni (zbog akumulacije) (Lace i Mylroie, 2013). U obalnim krškim područjima površina stijena je izbrazdana udubinama različitih oblika i veličina gdje se unutar jedne škrape može naći više manjih te se morfologija ponavlja na različitim skalama te se i preklapa. Kaotičnost ovakve stijenske površine Torunski (1979) naziva „pseudofraktalnom prirodom“ (Lace i Mylroie, 2013). Novija istraživanja više su bazirana na proučavanju pojedinih obalnih reljefnih oblika primjerice morskih špilja, *basins*, *notches* itd. gdje glavni izvor energije imaju valovi (Lace i Mylroie, 2013).

Široki spektar istraživanih elemenata obalnog krša ukazuje upravo na njegovu kompleksnost, jedinstvenost i kao što ga Lace i Mylroie (2013) nazivaju „svijetom za sebe“. Stoga u svrhu proširivanja znanja o ovoj temi za područje južno dalmatinskih otoka odabrano je mjesto istraživanja u priobalnoj zoni poluotoka Ražnjića na otoku Korčuli gdje se može dobiti dobar uvid u morfologiju krške obale.

3. Istraživano područje

3.1 Položaj

Površinom 276 km^2 otok Korčula (sl. 1) šesti je otok po veličini (URL1) te sa svojih 14 612 stanovnika (popis 2021., DZS) drugi je najveći otok u RH. Smješten između 42° 53' i 42° 59' sjeverne geografske širine i 16° 38' 19.12" i 17° 12' istočne geografske dužine (Krklec i dr., 2011) nalazi se uz jugoistočnu obalu Jadranskog mora te pripada u Južnodalmatinsku skupinu otoka. Od kopna u ovom slučaju poluotoka Pelješca odvojen je Pelješkim kanalom, koji je najuži između Dominča i Orebića, svega 1,2 km. Dominacija nad Pelješkim kanalom odredila je ulogu samog otoka kroz povijest, položaj otoka Korčule je bio od iznimne strateške važnosti. Dužina samog otoka je 47 km, a širina mu varira od 5,3 km između uvale Ripna i Teklina, do 7,8 km izmedu poluotočića Ratak i uvale Prigradica (Kalogjera, 1975) s prosječnom širinom od 6 km.



Sl. 1. Otok Korčula

Izvor: DGU, 2023

3.2. Klima

Otok priprada Sredozemnoj klimi blagih zima te suhih i vrućih ljeta (pod utjecajem suptropskih anticiklona), odnosno prema Köppenovoj klasifikaciji Csa tipu klime (Šegota i Filipčić, 2003). Klima otoka ima umjereno humidna obilježja s obzirom na godišnju količinu padalina, no one su neravnomjerno raspoređene tokom godine (Krklec i dr., 2011). Posljedica takve ne ravnomjerne raspodjele je meridionalna migracija pojasa zonalnih zapadnih vjetrova (polarna fronta) i suptropskih anticiklona (Šegota i Filipčić 2003). Najviše padalina padne od listopada do ožujka dok su najniže vrijednosti zabilježene u razdoblju od lipnja do kolovoza. Štoviše, navedeni mjeseci mogu biti i bez oborina. Istočna obala otoka ima nešto veću prosječnu godišnju količinu oborina u odnosu na zapadnu. Utjecaj mora vidljiv je u srednjim mjesečnim vrijednostima temperature te je istočni dio otoka gdje se i nalazi područje istraživanja topliji od zapadnog. Relativna vlaga zraka zbog blizine mora na cijelom otoku ne bilježi velike promjene tijekom godine, pa je tako srednja godišnja vrijednost oko 71% (Krklec i dr., 2011).

3.2.1 Vjetar

Osnovna značajka prostorne razdiobe vjetra u Hrvatskoj je veća srednja brzina vjetra u priobalju i na otocima nego na kontinentalnim dijelovima. Od vjetrova najznačajniji su jugo, bura i maestral.

Jugo, topao je i vlažan vjetar koji najčešće puše iz smjera jugoistoka (SE) te je ujedno i najučestaliji vjetar. Puše paralelno s uzdužnom osi Jadranskog mora, traje oko 3 - 9 dana iznimno i do 3 tjedna (Šegota i Filipčić, 1996). Tada najčešće dolazi do podizanja razine mora zbog puhanja od JI prema S “tiskajući” vodu te uz niski tlak zraka razina mora se lakše izdiže. Puše ravnomjerno ima malu mahovitost i konstantnu jačinu s prosječnom snagom od 4 do 5 bofora iznimno 8-9 (Šegota i Filipčić, 1996). S obzirom da je relativno topao i vlažan vjetar donosi porast temperature, relativne vlažnosti zraka te najčešće i padaline. Zimi glavni pokretači strujanja zraka nad Mediteranom su prodori kontinentske polarne zračne mase (cP) ili kontinentskog arktičkog zraka (cA) sa sjevera te stvranje polarne fronte koja formira ciklone. Kada prođe frontalna ploha jugo prestaje, a smijeni ga bilo koji drugi vjetar, najčešće je to bura (Šegota i Filipčić, 1996).

Bura, vrlo je hladan, suh sjeveroistočni vjetar (NE) koji puše s kopna prema moru na refule (mahove) i najčešće traje 2 - 3 dana, a izuzetno i do 3 tjedna (Šegota i Filipčić, 1996). Srednja jačina bure na Korčuli je oko 3 m/s sa izrazito jakim udarima (Krklec i dr., 2011). Dva su osnovna tipa bure ovisno o raspodjeli tlaka, a to su: anticiklonska (vedra) bura i ciklonska bura. Kod anticiklonske brzina vjetra se na obali Jadrana naglo povećava. Ciklonska bura nastupa

najčešće u proljeće prati ju jaka naoblaka ponegdje i oborine pa se često naziva i „crna“ bura. Najpovoljniji uvjeti za postanak su zimi te tada postiže i najveću brzinu.

Maestral, vjetar sjeverozapadnog strujanja (NW) uglavnom puše u ljetnom razdoblju te ublažava ekstremne vrućine. Ujednačenog puhanja s relativno malom brzinom (Krklec i dr., 2011). Na istočnoj obali Korčule u toplijem dijelu godine vjetrovi su slabiji u odnosu na jesenske i zimske vrijednosti. Prosječna brzina vjetra od lipnja do kolovoza je 1,9 m/s, dok je u studenom i prosincu 2,3 m/s (Krklec i dr., 2011). Brzine vjetra 2-3 m/s jednake su vrlo slabom vjetru, tj. jačini 2 po Beaufortovoj skali. Vjetar svojim posrednim djelovanjem utječe na oblikovanje obala generiranjem valova i površinskih morskih struja.

3.3 Valovi

Valno gibanje je prijenos energije kroz materijal bez značajnog gibanja samog materijala u ovom slučaju čestice vode. One se pak kružno gibaju i vraćaju u ravnotežni položaj (Bird, 2008). Postoji više vrsta valova od oceanskih do vjetrovnih. Oceanski valovi ubrajaju sve oscilacije morske površine generirane od strane oceana (Bosboom i Stive, 2021) dok je pokretač vjetrovnih valova energija vjetra koja se odražava na morskoj površini stvarajući razliku privjetrinske (ona strana sa koje vjetar puše) i zavjetrinske strane te generira valno gibanje. Vjetrom generirani kratkovalni valovi su najvažniji u oblikovanju same obale (Bosboom i Stive, 2021). Veličina i tip vjetrovnog vala ovisi o karakteristikama vjetrovnog polja (brzina vjetra, trajanje puhanja vjetra i smjer vjetra), veličini površine preko kojeg puše vjetar (engl. *fetch*) i prvobitnom stanju mora (mirno, uzburkano itd.) (Bosboom i Stive, 2021). Što je vjetar jači, valovi su viši, period i duljina im rastu, ali samo ako je dovoljno vremena i prostora za puhanje vjetra. Bura kao najjači vjetar na Jadranu puše s kopna okomito preko Dinarskog gorja gdje silazno dobiva na brzini prema zapadnoj obali Jadrana koja joj ograničava privjetrište gdje se valovi razvijaju na cca. 100 km (Katalinić, 2019). Najveći površinski valovi razvijaju se pred zapadnom obalom središnjeg Jadrana postižući maksimalne valne visine od 6,2 do 7,2 metara (HHI, 2002). Preko Otranskih vrata nailaze već oblikovani valovi juga koji su veći i duži (Katalinić, 2019). Pa je tako 29.10.2018. godine izmjeren rekordni val na valografskoj postaji u Dubrovniku (pokraj otočića Sv. Andrija) koji je dolazio iz smjera JI maksimalne visine Hmax = 9,03 m (URL2). Također, učestali su i kraći valovi generirani od strane drugih vjetrova kao što su šiloko, tramontana i sl. U Jadranskom bazenu na smjer i oblik valova utječu još i otoci te lokalna batimetrija.

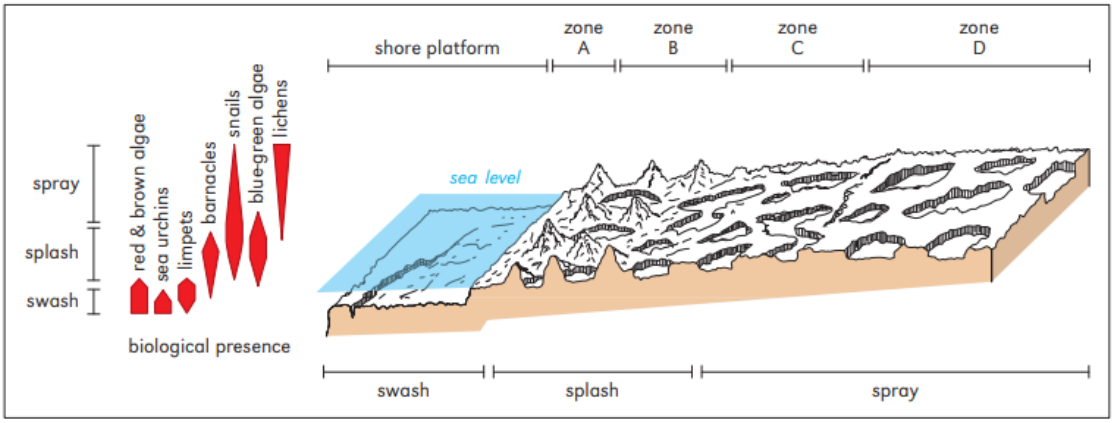
Razlikujemo dvije vrste vala s obzirom na dubinu bazena: val dubokog mora kada je dubina vodenog stupca veća od valne baze (L/2) te uzrokuje taloženje sitnozrnatih čestica na dnu. Kod

vala plitkog mora dubina vodenog stupca je manja od valne baze te se taloži na dnu sortirani materijal (pijesak) i pojavljuju se riplovi tzv. valne brazde. Za vrijeme lijepog vremena valna baza valova je plića i u Jadranskom moru varira od 10 do 30 m (URL3) te rezultira akumulacjiom materijala dok za olujnog vremena valna baza je dublja i ovisno o oluji i uzrokuje eroziju materijala. Olujni valovi su češći zimi te kod potpuno uzburkanog mora (engl. *developed sea*) unos energije u valove je u ravnoteži s prijenosom energije u komponentama vala i rasipanjem energije lomljenjem vala. Modificiranje obale pod utjecajem valova ovisiti će o njihovoj učestalosti, dimenziji prilikom loma te posljedično obrasci vodenog toka (Bird, 2008). Način na koji će se valovi lomiti prilikom nailaska na obalu ovisi o lokalnim vjetrovima, promijene u dubini mora priobalja kao i kratkotrajnim promjenama razine mora, morskim strujama, nagib i topografija morskog dna te obalna konfiguracija (Bird, 2008).

U zoni zanosa (engl. *swash zone*) podloga je pod vodom te valovnim gibanjem sa suspendiranim česticama površinski zahvaćaju obalu prekrivanjem/oplahivanjem te povlačenjem mora troše stijenu (sl. 2). U ovoj zoni najintenzivnije je hidrauličko djelovanje, abrazija te je zabilježeno najviše biološke aktivnosti (Ginés i dr., 2010). Neki od oblika koji se pojavljuju u ovoj zoni su oštrobridne udubine nastale biološkim djelovanjem, horizontalni erozijski usjek engl. *erosional notch* s ili bez nadvisujučeg dijela tzv. *visor* (engl.), a ako se radi o oblikovanju odvojenog stijenskog bloka tada nastaje na engl. tzv. *mushroom rock*. Oblik i visina na kojoj se usjekao taj reljefni oblik ovisit će o izloženosti te rasponu plime (Ginés i dr., 2010). Zatim u zoni zapljuskivanja (engl. *splash zone*) valovi udaraju od obalu i precesom abrazije je oblikuju. Strmina obale i postojanost obalne platforme definiraju učinkovitost abrazije. More iz valova može i zaostati u udubinama i/ili inflitrirati se kroz pukotine gdje procesom korozivnog miješanja otapa stijenu. Percipitacijom soli iz otopine može haloklastijom uslijed promjene temperature i tlaka mehanički trošiti stijenu proširivajući pukotine te formirajući udubine i izolirane tornjiće tzv. *pinnacles* (germ. *spitzkarren*) koji su pozitivna, rezidulana forma. Nazubljenost stijena se povećava s blizinom mora gdje je ujedno i biološki utjecaj izraženiji. S obzirm na udare valova u ovom području uvjeti su manje pogodni za svrdlaše, no više su prikladni za inkrustrirajuće organizme (Ginés i dr., 2010).

Udaljavajući se od zone zapljuskivanja doseg valova slabi te ovisno o jačini vala i vjetru ovisiti će domet kapljica vode raspršenih tijekom udara vala od obalu. Zona dosega špricanja valova naziva se i zona prskanja (engl. *spray zone*) te tu dolazi do nagrizanja stijenske površine (engl. *fretting*). Također, za vrijeme jačih oluja izloženi su i udaru valova. Tipični reljefni oblici nastali u ovoj zoni su bazeni engl. *basin pools* koji su često i povezani te unutar njih se mogu pronaći manje udubine tzv. na engl. *micropits*. Stijene zaštićene od utjecaja zone prskanja glađe

su površine te mogu posjedovati krške forme nastale meteorskom vodom. Proučavanjem globalne distribucije valne aktivnosti vrši se klasifikacija obalnih zona ovisno o energiji transporta sedimenata te dio te energije prilikom nailaska na obalu kreira struje koje dodatno pokreću transport sedimenata te vrše promjene na samoj obali (Masselink i dr., 2014). Stoga su ključan faktor pri razumijevanju obalne evolucije.



Sl. 2. Primjer prikaza dominantni krški reljfni oblici prema ekološkoj zonaciji, preuzeto iz Gómez-Pujol i Fornós (2010)

3.4. Morske struje

Postoji više vrsta morskih struja dijele se na: valovno generirane struje, vjetrom pokretane struje, oceanske struje i plimne struje i (Bird, 2008). U zoni surfanja, lomom valova rasipa se njihova energija te značajan dio te energije rezultira transportom sedimenata i stvaranjem priobalnih struja oblikovajući specifičnu obalnu morfologiju (Masselink i dr., 2014). Razlikuju se tri vrste strujanja mora nastali djelovanjem valova, a to su: dužobalna struja (engl. *longshore currents*), struje povlačenja (engl. rip currents) i povratni tok dna (engl. *bed return flow*) (Masselink i dr., 2014). Dužobalna struja koja nastaje kada se valovi pod kutom kreću prema obali i valna baza i jedan kraj vala naiđe na dno i dolazi do usporavanja tog dijela vala dokle se ostatak kreće istom brzinom te dolazi do savijanja valne fronte. Nailaskom na obalu zapljuskuje je pod kutom i vraća se okomito prema moru. Kod istraživanog područja njeno djelovanje je vidljivo na pješčanim žalima Pržina i Bilin žal. Kretanjem valova prema obali povećava se priobalna razina mora te uz povratno ispiranje, tj. tok vode koji je nošen prema obali stvara se lokalizirana struja tzv. struja povlačenja (Bird, 2008).

3.5. Morske mijene

Uz prethodno navedne faktore oblikovanja obalne zone vrlo veliku važnost ima i izmjena plime i oseke. Dnevna oscilacija razine prouzrokovano gravitacijskom silom Mjeseca i Sunca te Zemljinom rotacijom. Ograničeno kopnom, gibanje morskih mijena pod utjecajem Coriolisove sile u oceanskim bazenima, uvalama i morima pokreče rotacijska gibanja kreirajući tzv. plimni val. Na sjevernoj hemisferi gibanje je suprotno od smjera kazaljke na satu te val napreduje oko čvora bez vertikalnog pomaka, dok rotacija oko rubova bazena bilježi maksimalni vertikalni pomak (antinodi). Voda u tom području pljuska po rubovima „bazena“, odnosno obale (Masselink i dr., 2014) rezultira formiranjem denudacijskih reljefnih oblika. Za procjenu prosječna amplituda morskih mijena uzet je prosjek četiriju mareografskih postaja za datum 03.01.2025. Split, Dubrovnik, Ploče i Vis te iznosi ± 25 cm (URL4) te bi se utjecaj ovog plimnog vala mogao osjetiti ponajviše u skrovitijim uvalama kao što je kod istraživanog područja uvala Lučica.

3.6. Geološka građa

Otok Korčulu kao i ostatak istočnog Jadrana karakteriziraju tipični krški reljefni oblici umjerenih geografskih širina. Obale su općenito: primarne, strme, visoke, karbonatne i erozijske oblikovane transgresijski naročito tijekom kvartara s porastom od 121 ± 5 m (Surić, 2017) te je izdizanje razine mora imalo ključnu ulogu u oblikovanju današnje obale. Temelj za nastanak krškog reljefa kojeg vidimo danas na otoku Korčuli pa i istočnom Jadranu je akumulacija biogenog karbonatnog materijala tijekom mezozoika i ranog paleogena na južno tetijskoj megaplatformi, rezultirajući stvaranju naslaga vapnenca i hauptdolomita. Eskstenzijskom tektonikom megaplatforma se podijelila na tri manje platforme: Apulijska, Apeninska te Jadranska. Na plitkovodnoj platformi Jadranske mikroploče sedimentcijom liburnijskih (brakičnih) naslaga i foraminiferskog vapnenca nastale su kilometarske debele naslage karbonata koje su mjestimično do 8 km debele (Vlahović i dr. 2005 prema Pikelj i Juračić, 2013). Kolizijom Jadranske karbonatne platforme (Adriatic Carbonate Platform – AdCP) i struktura Euroazije izdižu se Dinaridi koji pod utjecajem rasjedne tektonike i izmjene stresa poprimaju SZ-JI orijentaciju, tzv. dinarsku. Do kraja paleogena formiran je današnji strukturno – tektonski sklop Vanjskih (Krških) Dinarida (Drempetić, 2019). Izdizanjem morske razine u kasnom pleistocenu i holocenu najzapadniji dijelovi Vanjskih Dinarida formiraju Hrvatske otoke konkordantne s obalom dinarskog smjera pružanja (SZ-JI) poznata pod nazivom dalmatinski tip obale. Iznimka su otoci u centralnom dijelu Dalmacije koji su kao posljedica

aktivne neotektonske deformacije (Pikelj i Juračić, 2013) otklonjene za 45° u odnosu na Dinarski pojas kojem pripada i otok Korčula (Dean i dr., 2020).

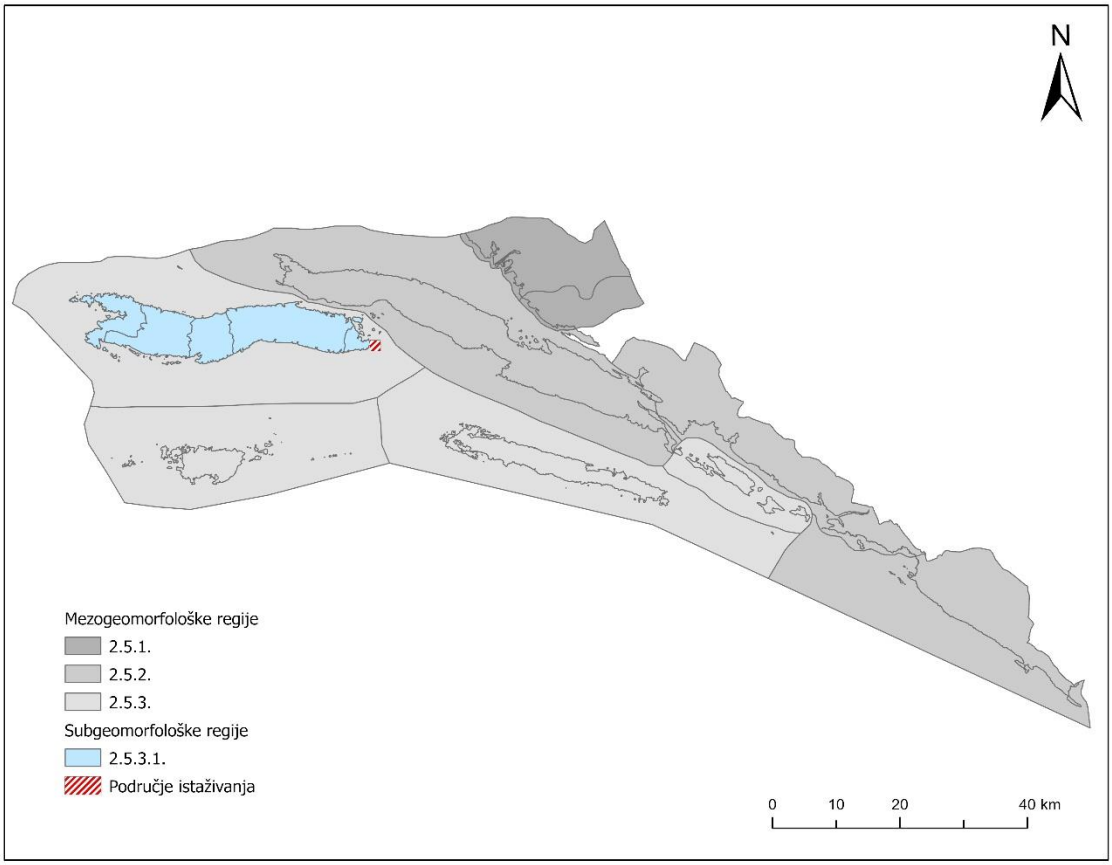
Geološku podlogu čine pretežno karbonati kredne starosti koji su izrazito tektonski poremećeni te ponegdje prekriveni crvenicom (terra rossom) i kvartarnim pijescima otoka (Krklec i dr., 2011). Najstarije naslage su donjokredni dolomiti sive do tamnosive boje. Kontinuirano na njima razvili su se izmjenično donjokredni vapnenci i dolomiti te tankopločasti i izraženih slojeva gornjokredni rudistni vapnenci (Korolija i dr., 1977). Oni su razvijeni su na istočnoj strani otoka kao i izdvojena pleistocenska pješčana jedinica, interpretirana kao eolska dina (Drempetić, 2019).

Glavnina tektonske aktivnosti ovog područja odvijala se na prijelazu s gornje jure u donju kredu, s gornje krede u tercijar nastale su osnovne tektonske jedinice te tijekom gornjeg eocena (maksimuma) nastale strukture su poprimile donekle svoj sadašnji oblik. (Bonacci i dr., 2012). Procesi boranja mezozojskih i tercijarnih slojeva te smicanje struktura pa i slojeva odvijalo se u smjeru istok-zapad te je cijeli otok u suštini antiklinala s asimetričnim krilima i osi koja se proteže od istoka prema zapadu. Antiklinala je rasjednuta uzdužnim, reversnim rasjedom, koji se pruža gotovo cijelom duljinom otoka (Korolija, Borović, 1975 prema Krklec i dr., 2011) te je poremećen glavnim sustavom mlađih okomitih rasjeda na tu glavnu strukturu (Dean i dr., 2020). Prema tim karakteristikama pružanja struktura gdje na zapadnoj strani otoka ima tzv. hvarsko pružanje, a prema istoku dinarsko u tektonskom smislu pripada srednje i južnodalmatinskim otocima (Korolija i dr., 1977).

3.7. Geomorfologija

Gomorfološki gledano Korčula je dio makrogeomorfološke regije Južna Dalmacija s arhipelagom (2.5.), pobliže mezogeomorfološke regije Južnodalmatinski arhipelag (2.5.3.) odnosno subgeomorfološke regije Otok Korčula s arhipelagom (2.5.3.1) (sl. 3) (Bognar, 2001). Otok se odlikuje morfološkim obilježjima brežuljkastog reljefa i to smjenjivanjem uzvisina i udolina, u ovom slučaju krških polja. Na obje strane otoka se nalaze morfološke depresije koje odjeljuje najviši vrh otoka Klupica visine 568 m, a prosječna visina otoka je 145 m n.m.v. (Bonacci i dr., 2012). Zapadno i istočno od vrha Klupica pa sve do same obale pruža se niz polja, također vrh je ujedno razdjelnica dvaju pravaca pružanja otočnog grebena koja zajedno tvore osnovne morfostrukturne jedinice otoka (Krklec i dr., 2011). Cijeli otok ima vrlo razvedenu obalu s oko 50 otočića i hridi. Južna obala otoka, uglavnom zbog samog položaja obale tj. izloženosti otvorenom moru je strmija s mjestimičnim tektonskim strmcima visine čak i do 20 m koji se protežu od Ripne do žala Pržina u Općini Lumbarda (Krklec i dr., 2011). Ovaj

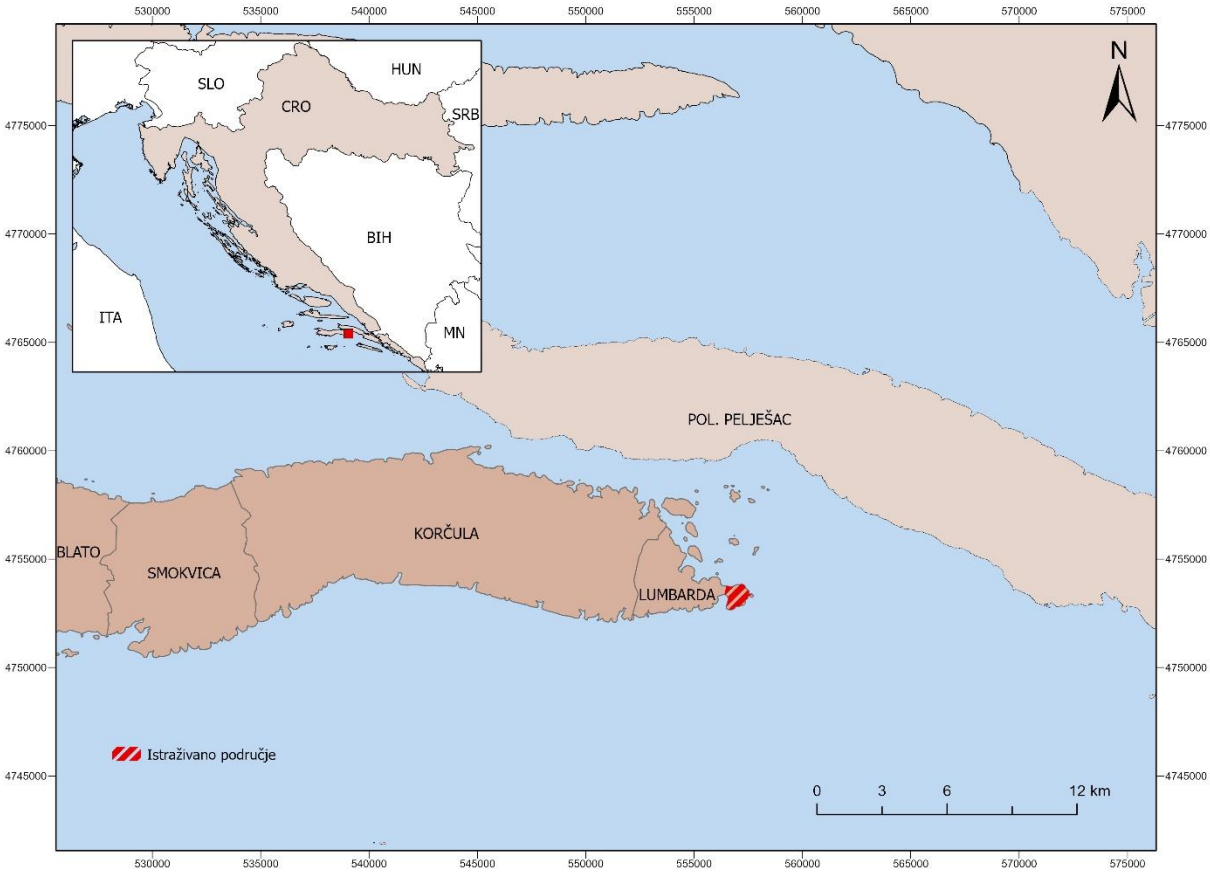
dio obale je stoga manje pristupačan od sjeverne obale otoka. Zapadni dio južne obale otoka je pak nešto blaži zbog otočića koji štite od južnih vjetrova i abrazijskog djelovanja valova. Sjeverna obala otoka premda je manje strma i generalno slabije razvedena zbog zaštićenosti poluotokom Pelješcom, jugoistočno od Grada Korčule prema rtu Ražnjića obala je izrazito razvedena. Duljina obalne linije je 182 km, a s obalnom linijom pripadajućih otočića koja je oko 54 km, ukupna dužina iznosi 236 km (URL5). Područje proučavanja karakteriziraju tipične morfološke značajke povezane s kemijskim otapanjem karbonata, tj. procesom korozije zbog čega prevladava jedan morfogenetski tip reljefa i to krški tip reljefa. Otok je bogat svim površinskim i podzemnim krškim oblicima neki od prepoznatljivih geomorfoloških oblika ovog tipa koja se mogu pronaći su polja u kršu, ponikve, kamenice, škrape te morske špilje uz samu obalu.



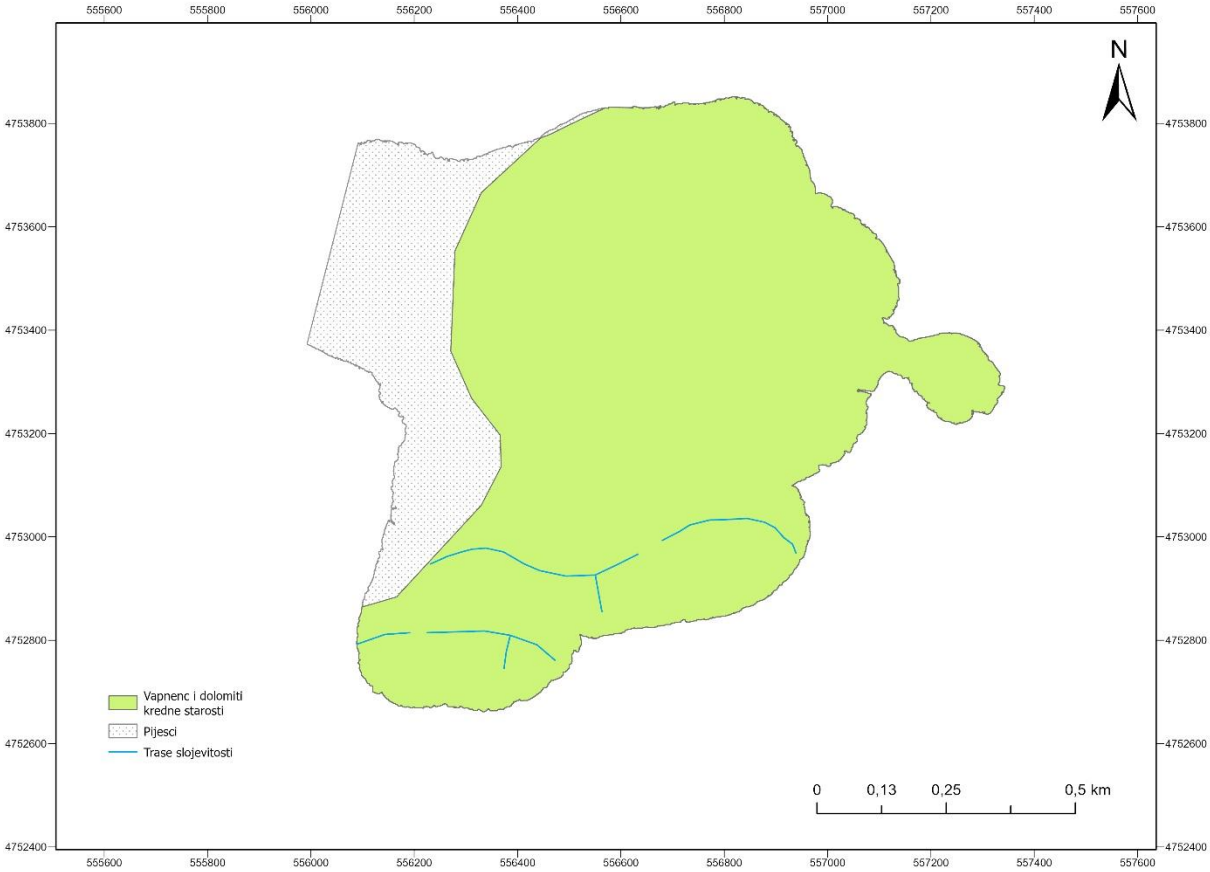
Sl. 3. Geomorfološka regionalizacija otoka Korčule prema Bognaru, 2001.

Poluotok Ražnjić (sl. 4), površine oko 1 km^2, sa svojim istoimenim rtom najistočniji je dio otoka Korčule smješten na 42° 55' 5.45" sjeverne geografske širine i 17° 11' 35.58" istočne geografske dužine. Nalazi se jugoistočno od Grada Korčule u Općini Lumbarda. Poluotok po

definiciji je dio kopnene mase većinski okružen morem. Izvorno je poluotok striktno definiran kao dio kopna okruženog morem koji je povezan sa većim kopnenin dijelom uskim pojasom, tzv. prevlakom (engl. *isthmus*) koja je uža od samog poluotoka (URL6). Prema tome prevlaka poluotoka Ražnjića se ujedno može i smatrati najužim dijelom otoka gdje se sjeverna i južna obala u ovom slučaju žalo Bilin žal na sjeveru i žalo Pržina na jugu nalaze na svega 400 m udaljenosti. To područje geološki je građeno od kvartarnih pijesaka (sl. 5). Ostatak poluotoka čine dobro uslojeni kredni vapnenci. Duljina obalne linije poluotoka iznosi oko 6,3 km. S obzirom na geološku građu i duljinu obalne linije sastavni dio polutoka Ražnjića čini obalni krš, a to su reljefni oblici nastali pretežno procesima otapanja i/ili bioerozije u uskom području neposrednog kontakta s vodenim tijelom (Ginés i dr., 2010). Raznolikost procesa je velika, a neki od njih su: korozija, otapanje, hidrauličko djelovanje, djelovanje valova, abrazija, vlaženje i sušenje, bioerozija i biokonstrukcija (Lace i Mylroie, 2013). Ovisno o uvjetima okoliša ovisiti će intenzitet i dominantnost pojedinih procesa na vapnenačke stijene te učestalost pojedinih krških reljefnih oblika.



Sl. 4. Položaj istraživanog područja



Sl. 5. Kartografski prikaz litoloških jedinica poluotoka Ražnjića

(Izvor: Korolija i dr., 1976)

4. Metode

Geomorfološka analiza obalnog reljefa rada temelji se na morfografskom, morfometrijskom i morfogenetskom pristupu istraživanja. Pri izradi korišteni su većinski primarni podatci prikupljeni terenskim istraživanjem te uz sekundarne podatke različitih izvora i različitih formata su metodama kvantitativne i kvalitativne analize, kompilacije i sinteze objedinjeni i adaptirani potrebama geomorfološkog istraživanja. Kao što je prethodno navedeno obale su vrlo dinamična područja te ovise o uvjetima okoliša.

4.1 Opća morfološka obilježja obale Ražnjića

Prije samog odlaska na teren unutar QGIS-a *3.40 Bratislava* kreiran je projekt s dodanim kartografskim podlogama kao što su Digitalni ortofoto u mjerilu 1:5000 2021/22 (DOF) i Topografska karta 1:25 000 (TK25) preuzete sa stranica Državne geodetske uprave RH (DGU) te su generirani vektorski slojevi koji sadrže definirane atribute. Svi navedeni rasterski i vektorski slojevi su georeferencirani u projekcijski koordinatni sustav HTRS96/TM. Kreirani projekt sinkroniziran je s mobilnom aplikacijom Qfield koja je služila prilikom terenskog rada (04.06. – 09.06.2024.) za kartiranje i prikupljanje podataka. Prikupljeni podatci su zatim ponovno sinkronizirani preko QFieldClouda natrag u QGIS gdje su dodatno obrađeni i po potrebi korigirni pa opet sikronizirani natrag u QField za nastavak terenskog rada. Nadalje, korištenjem QGIS alata *Measure* uz pomoć DOF-a rezolucije 1:5000 iz 2021/2022. godine izmjerena je duljina obalne linije na oko 3,9 km. Na temelju te duljine definirano je 40 mjernih točaka međusobno udaljenih 100 m duž obale. Na tih 40 lokacija izmjerena je širina, tj. duljina poprečnog profila obale i kut nagiba obale. Duljina poprečnog profila obale izmjerena je metrom od ruba vegetacije do razine mora nastojeći dobiti „realnu“ širinu s obzirom na negativne i pozitivne krške reljefne oblike. Kut je određen korištenjem kutomjera s privezanim viskom uz pomoć kojeg bi se vizirao, ovisno o položaju obale i pristupačnih rubnih dijelova, jedan od dvaju rubova obale i to uz samu razinu mora ili uz vegetaciju. Zbog kompleksnosti terena u nekim slučajevima korištena mjerna letva kako bi se lakše vizirala točka.

Osim terenski izmjerenih podataka neki su i generirani na temelju lidarskog digitlanog elevacijskog modela (DEM) rezolucije 1 x 1m preuzetog iz baze prostornih podataka Geografskog odsjeka PMF-a u Zagrebu. Terenski dobiveni podatci su uspoređivani s generiranim pa tako visine uz korištenje alata *Add Surface Information* baziranim na DEM-u unutar softvera ArcGIS Pro 3.0.2. Korištenjem alata *Slope* generiran je sloj nagiba zatim alatom *Extract Values to Points* su se izvukli podatci o nagibu za svaku mjernu točku. Za vertikalnu raščlanjenost reljefa obale površine 113 793 m^2 (0,11 km^2) korišten je alat *Focal statistics* s

jediničnom površinom kruga radijusa 3 m. Pomoću alata *Aspect* dobivena je ekspozicija padina poluotoka. Alatom *Reclassify* novodobiveni rasterski slojevi su transformirani u vektorske s podatcima o ukupno broju ćelija po svakom prethodno definiranom razredu. Klasifikacijom podatka DEM-a istraživanog područja definirano je devet visinskih razreda jednakih raspona pomoću prethodno određenih boja za hipsometrijsku analizu te za bolju vizualizaciju reljefa korišten je alat *Hillshade*. Alatom *Contour* generirane su izohipse s intervalom od 1 m potom je generirana izohipsa koja se poklapala s rubom obale u DOF-u. Dodatni uređivanjem generirane obalne linije korištenjem funkcije *Calculate geometry* dobivena je vrijednost duljine obalne linije. Uz pomoć istog sloja kreirana je površina poluotoka te je uz pomoć iste funkcije unutar atributne tablice generirana veličina površine. Alatom *Measure* procijenjena je tlocrtna širina obale po pojedinim mjernim točkama, potom su dobivene vrijednosti uspoređivane s duljinom poprečnog profila čije se početna i završna točka tlocrtno podudaraju. Na temelju te usporedbe dobiva se bolji uvid u mikroraščlanjenosti reljefa obalne zone.

Osim definiranih mjernih točaka duž cijele obale kartirane su pukotine dijelom terenski dijelom uz pomoć DEM-a. Zatim su pukotine iz linijskog elementa alatom *Feature To Point* pojednostavljene u točkaste entitete kako bi se dobio podatak o njihovoj orijentaciji i nagibu alatom *Extract Values to Points* na temelju prethodno generiranih morfometrijskih slojeva. Također, obalna zona je podijeljena s obzirom na orijentaciju pa je izračunata gustoća pukotina po stranama svijeta.

4.2 Obalni krški oblici – izabrani primjeri

Prilikom provođenja terenskog dijela istraživanja izdvojene su četiri karakteristične zone dva metra široke, okomite u odnosu na obalu s različiti orijentacijama obale kako bi se uvidjele razlike u reljefnim oblicima te shodno tome i pobliže odredili dominantni procesi djelovanja. Duž središta svake zone izrađen je profil te unutar pojasa su detaljno kartirani geomorfološki oblici, odnosno njihov položaj, pružanje, dimenzije (visina, širina, dubina, promjer itd.) i sl. Pružanje, odnosno orijentacija pojedinih reljefnih oblika određena je kompasom dok su dimenzije mjerene metrom. Prikupljeni podatci su zatim obrađeni metodama analize, usporedbe, sinteze i kompilacije te su izrađene različite karte kao što je karta denudacijskih oblika sitnog mjerila. Profili su podijeljeni po ekološkim zonama prema intenzitetu marinskih procesa i biološke aktivnosti koje ovise o blizini morske razine.

5. Rezultati

5.1 Opća obilježja obale Ražnjića

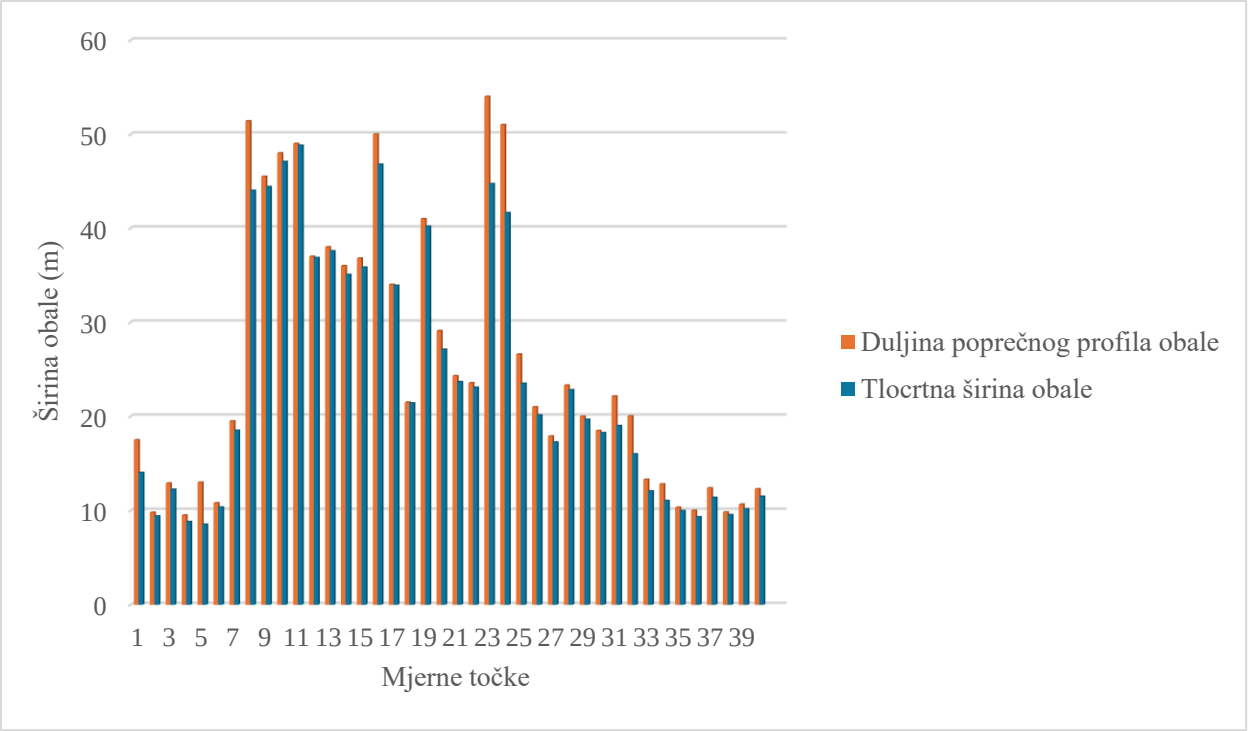
5.1.1 Širina obalne zone

Na 40 prethodno definiranih mjernih točka (sl. 6) usporedbom duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine prosječna razlika dobivenih vrijednosti iznosi 1,75 m. Prema tome širina obale nema znatne razlike po pojedinim mjernim točka te bilježe i isti trend (sl. 7). Najširi dijelovi obale zabilježeni su između 8. i 25. mjerne točke odnosno na samom jugu i jugoistoku s prosječnom širinom od 42,7 m na jugu te 30,4 m na istoku obale dok su sjeverna i zapadna izrazito uže s prosječnom širinom od 13 m (tab 1). Nadalje, grafički prikaz razlika vrijednosti dobivenih podatka upućuje na veću energija reljefa kod točaka u rasponu od 6.-9. te 22.-26. i nešto manje kod 31. i 32. mjerne točke (sl. 8). Kod točaka 31. i 32. širinu obale valja uzeti s rezervom s obzirom da se radi o antropogenoj denudaciji obale. Također, kod točke 1. je zabilježen veliki skok, no tu je energija reljefa zapravo mala s obzirom da se radi o zaravnjenom pješčanom žalu. Nastala razlika rezultat je promjene morske razine koja nije bila ista u trenutku snimanja DOF-a pomoću kojeg je dobivena tlocrtna širina te kada je terenski izmjerena duljina poprečnog profila. Uz to mjerilo DOF-a je utjecalo na manju preciznost prilikom određivanja tlocrtne širine. Kod približavanja mjernih točaka prevlaci razlike među širinama su manje stoga je i mikroraščlanjenost reljefa manja dok prema rtu Ražnjić su razlike nešto veće stoga je i energija reljefa veća.

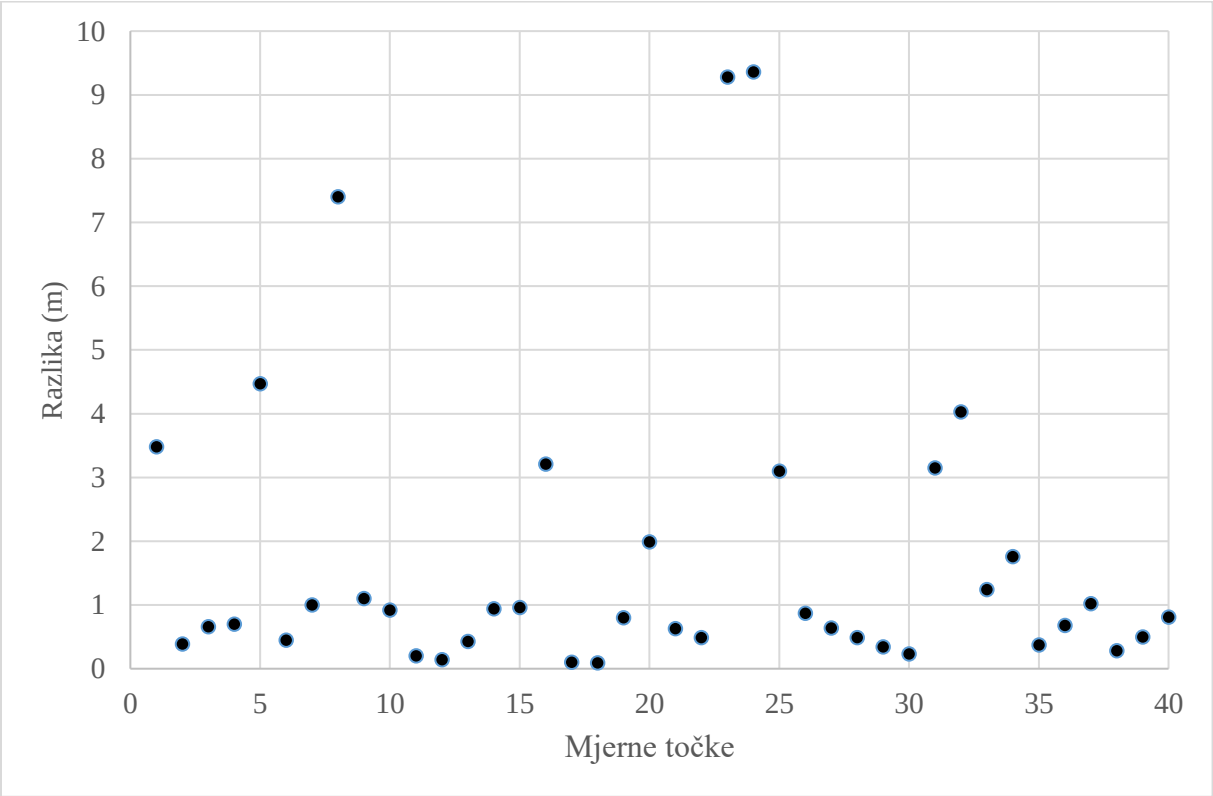
Sl. 6. Prikaz prostornog rasporeda mjernih točaka

Tab. 1. Usporedba duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale

Orijentacija	Točka mjerenja	Duljina poprečnog profila obale (m)	Tlocrtna širina obale (m)	Prosječna širina (m)	
				Duljina poprečnog profila obale	Tlocrtna širina obale
Z	1	17,5	14,02	**13,29**	**11,69**
	2	9,8	9,41		
	3	12,9	12,24		
	4	9,5	8,8		
	5	13	8,53		
	6	10,8	10,35		
	7	19,5	18,5		
J	8	51,4	44	**42,71**	**41,20**
	9	45,5	44,4		
	10	48	47,08		
	11	49	48,8		
	12	37	36,86		
	13	38	37,57		
	14	36	35,06		
	15	36,8	35,84		
I	16	50	46,79	**30,38**	**28,27**
	17	34	33,9		
	18	21,5	21,41		
	19	41	40,2		
	20	29,1	27,11		
	21	24,3	23,67		
	22	23,56	23,07		
	23	54	44,72		
	24	51	41,64		
	25	26,6	23,5		
	26	21	20,13		
	27	17,9	17,26		
	28	23,3	22,81		
	29	20	19,66		
	30	18,48	18,25		
S	31	22,15	19	**13,38**	**12,00**
	32	20,03	16		
	33	13,3	12,06		
	34	12,8	11,04		
	35	10,33	9,96		
	36	10	9,32		
	37	12,4	11,38		
	38	9,83	9,55		
	39	10,66	10,16		
	40	12,3	11,49		



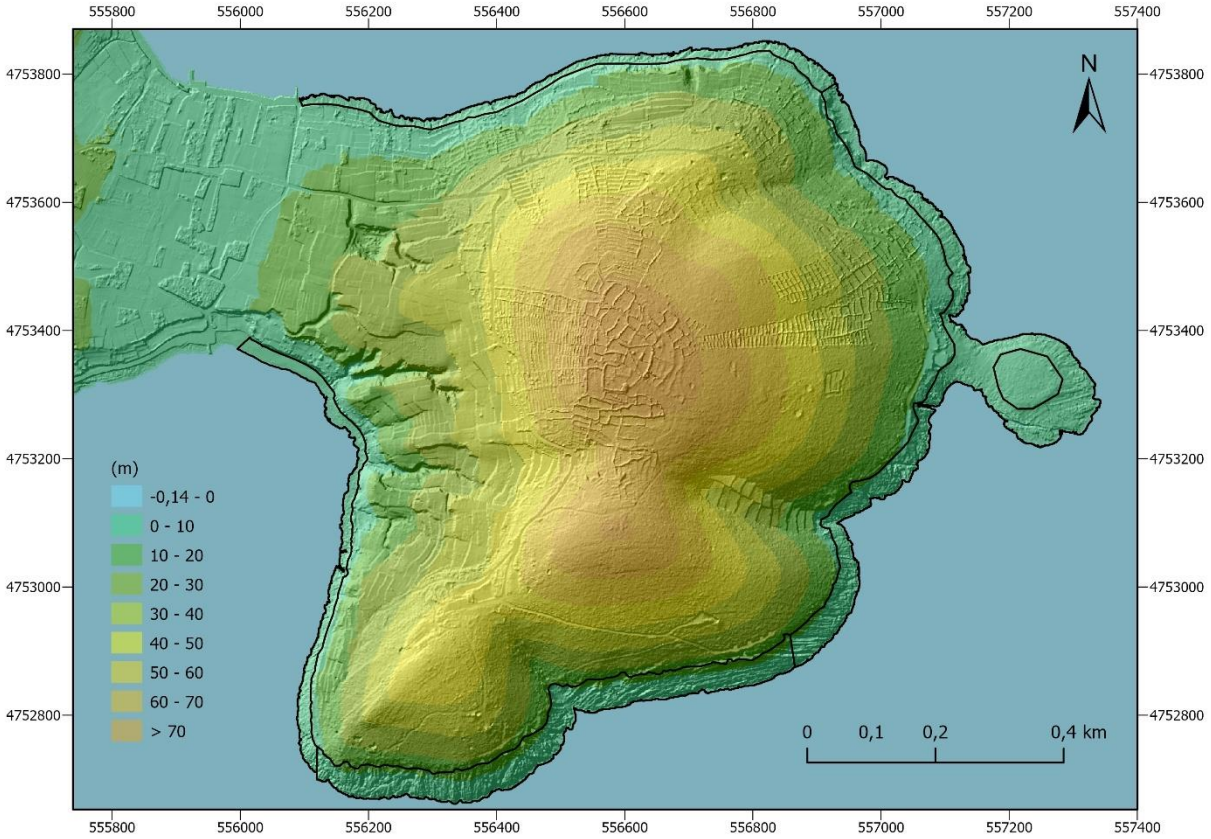
Sl. 7. Usporedba duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale po mjernim točkama



Sl. 8. Razlika duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale po mjernim točkama

5.1.2 Hipsometrija

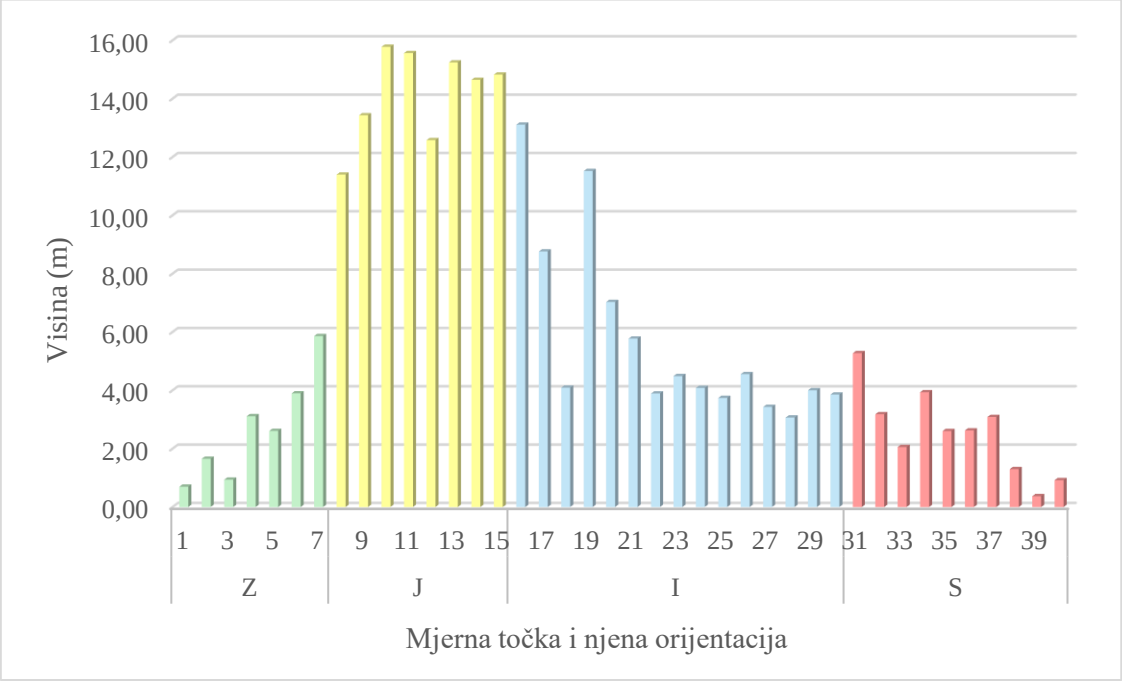
Hipsometrijska karta istraživanog područja (sl. 9) ukazuje da visine na obali ne prelaze prvi pozitivan razred tj. 17,6 m s prosječnom visinom obale od 3,5 m. Visinske vrijednosti generirane uz pomoć DEM-a za pojedinu mjernu točku (tab. 2) daju bolji uvid u topografiju obalnog terena. Najveće visine obale zabilježene su između 8. i 16. mjerne točke (sl. 10) gdje visine ne padaju ispod 11 m, dok su niže nadmorske visine zabilježene na mjernim točkama 1.-7. te 21.- 40. Prema statističkoj analizi visina (sl. 11), južna obala poluotoka Ražnjića je najviša s najvećom zabilježenom visinom od 15,7 m, minimlanom visinom od 11,4 m te prosjekom od 14,1 m. Zatim slijedi istočna obala s maksimalnom visinom od 13,1 m, minimalnom od 3,1 te prosječnom 5,7 m. Sjeverna i zapadna obala su najniže, no zapadna je ipak nešto viša u odnosu na sjevernu. Njihova visina je posljedica činjenice da se djelomično nalaze na pijeskovitoj podlozi te da se nalaze na nižem dijelu antiklinale.



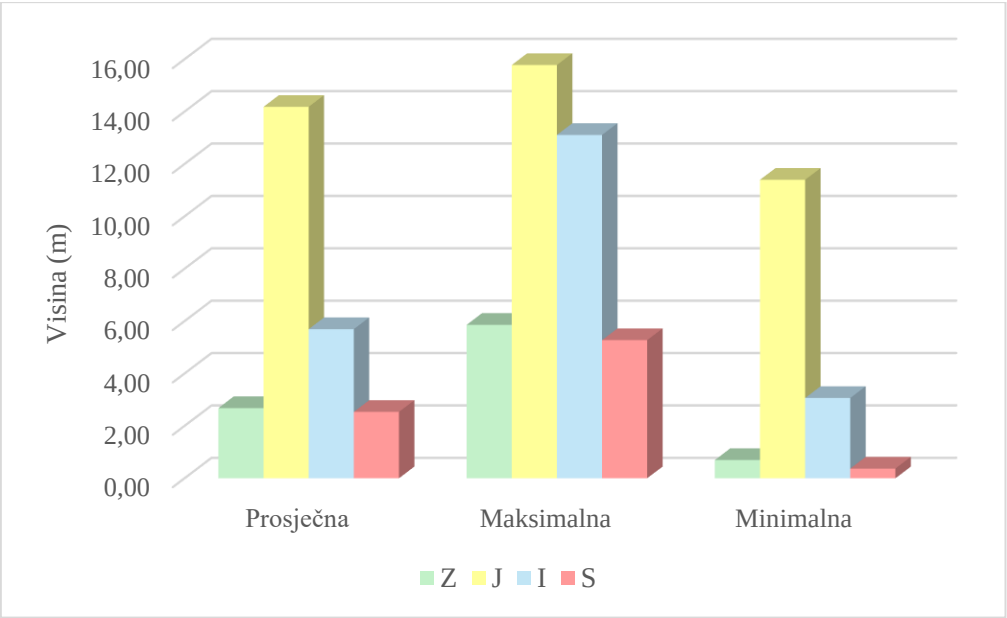
Sl. 9. Hipsometrijska karta istraživanog područja

Tab. 2. Visinski podatci prema orijentaciji pojedinih mjernih točaka

Orijenta-cija	Točka mjerenja	Visina (m)	Prosječna visina (m)	Maksimalna visina (m)	Minimalna visina (m)
Z	1	0,70	**2,68**	**5,86**	**0,70**
	2	1,65			
	3	0,94			
	4	3,11			
	5	2,61			
	6	3,90			
	7	5,86			
J	8	11,40	**14,18**	**15,78**	**11,40**
	9	13,43			
	10	15,78			
	11	15,56			
	12	12,58			
	13	15,24			
	14	14,64			
	15	14,83			
I	16	13,11	**5,69**	**13,11**	**3,07**
	17	8,76			
	18	4,09			
	19	11,52			
	20	7,03			
	21	5,77			
	22	3,89			
	23	4,49			
	24	4,08			
	25	3,74			
	26	4,55			
	27	3,43			
	28	3,07			
	29	4,00			
	30	3,86			
S	31	5,27	**2,53**	**5,27**	**0,37**
	32	3,18			
	33	2,05			
	34	3,93			
	35	2,60			
	36	2,62			
	37	3,08			
	38	1,30			
	39	0,37			
	40	0,92			



Sl. 10. Odnos visine obale i njena orijentacija po mjernim točkama



Sl. 11. Prosječna, maksimalna i minimalna visinska vrijednost prema orijentaciji obale

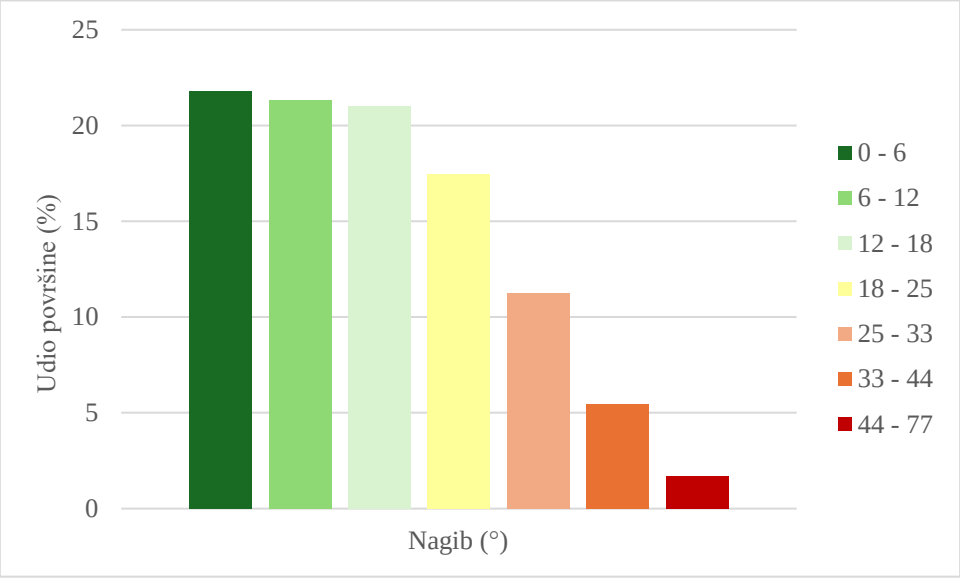
5.1.3 Nagibi

Prema Tablici 3. nagiba obale generiranih DEM-om, podijeljeni su podatci na sedam razreda prema formuli $k \approx 1 + 3{,}3 \log N$ gdje je N broj vrijednosti, te su širine razreda određene prema Jenksovoj metodi prirodnih granica kako bi se bolje prikazali obrasci unutar podataka (Horvat i Mijoč, 2012). Najveću površinu obale i to čak 60% zauzimaju nagibi do 18° (sl. 12) i to kod smog početka poluotoka, kod žala Pržina, na prijelazu između Bili žal i Lenge te kod rta Ražnjić gdje su nagibi nešto manji upravo zbog niže obale. Prijelazna kategorija nagiba 18° – 25° te 15° – 33° prikazani žutom i svijetlo narančastom bojom na karti (sl. 14) zauzimaju oko 29 % površine, prisutna je uzduž cijele obale, naročito na južnom dijelu obale poluotoka te upućuju na dio obale s višim nagibima od prosječnog koji iznosi 15,43° i analogno tome na veću energiju reljefa. Najveći nagibi su uglavnom pravocrtnog pružanja u obalnoj zoni. Uspoređujući ih s DOF-om i terenskim obilaskom može se zaključiti da predstavljaju pukotine. Primjerice kod mjerne točke 14. nalazi se mnogo pukotina te je prilikom interpolacije nagiba oko mjerne točke zabilježeni nagib puno veći što jest (sl. 14 detalj).

Crvene linije uzduž gornje granice obalne zone na sjeveru i ponešto na zapadu obale su zapravo strmi nagibi antropogenih zidova kolokvijalno zvanih meja, tj. suhozida. Na temelju geomorfološke klasifikacije nagiba padina (Demek, 1972) i prema prethodno navedenom prosjeku obalnog nagiba i činjenici da 49,06 % obalnog pojasa ima nagib u rasponu 12° – 32° (tab. 4) cijeli obalni pojas spada u kategoriju jako nagnutog terena.

Tab. 3. Površina i udio površine po razredima nagiba obale

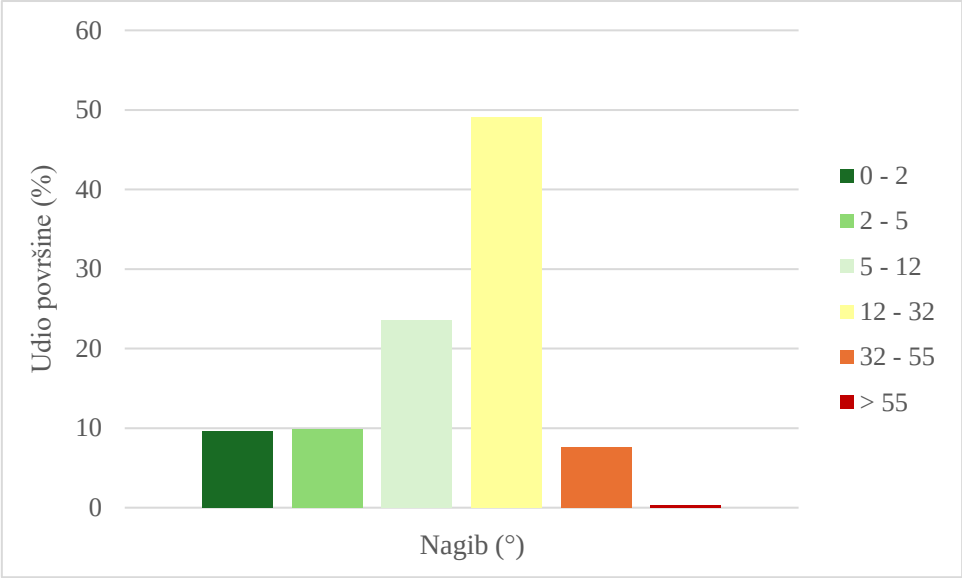
Nagib (°)	Površina (km^2)	Udio površine (%)
0 - 6	0,025	21,80
6 - 12	0,024	21,30
12 - 18	0,024	21,04
18 - 25	0,020	17,46
25 - 33	0,013	11,24
33 - 44	0,006	5,46
44 - 77	0,002	1,70
Σ	0,114	100



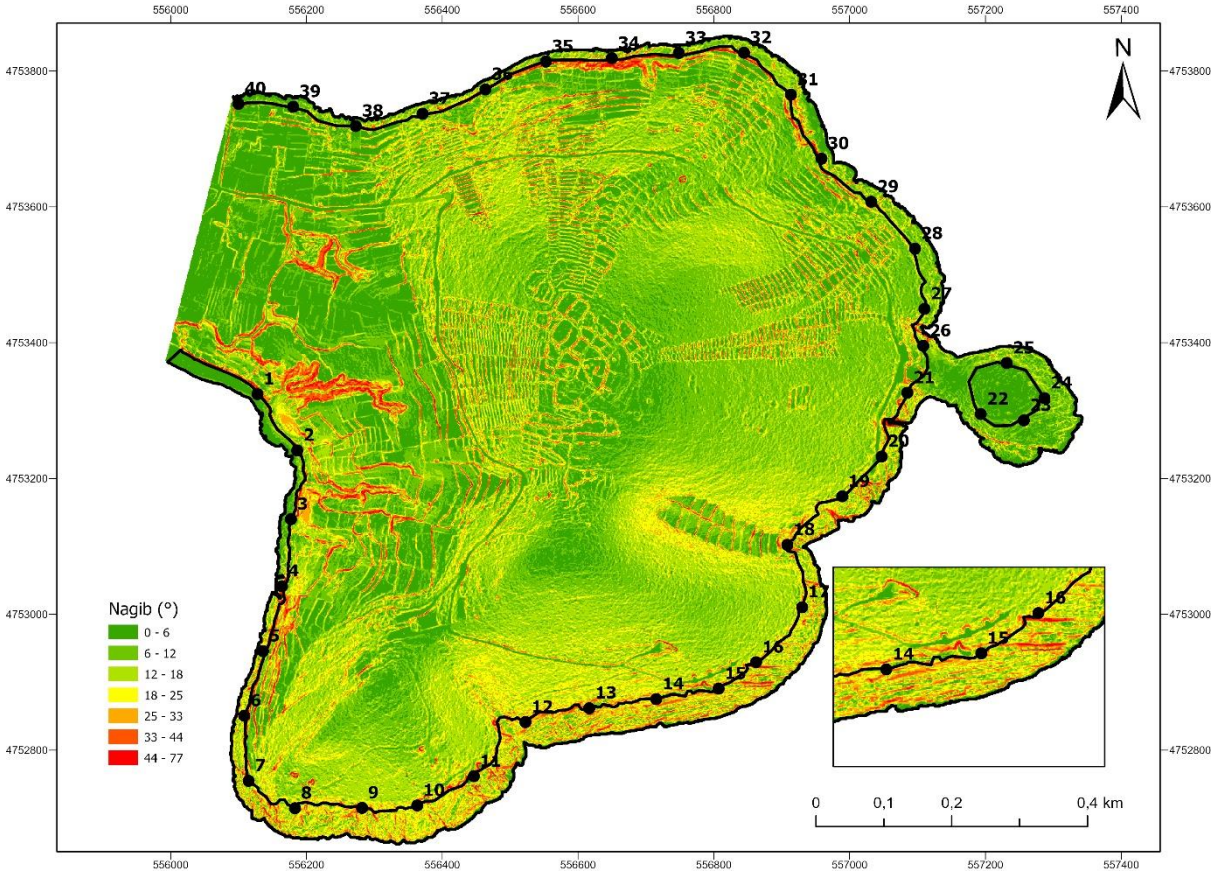
Sl. 12. Površina i udio površine po razredima nagiba obale

Tab. 4. Kategorije i prostorni obuhvat nagiba padina obale prema Demek, 1972.

Nagib (°)	Površina (km^2)	Udio površine (%)
0 - 2	0,0110	9,62
2 - 5	0,0113	9,92
5 - 12	0,0268	23,49
12 - 32	0,0560	49,06
32 - 55	0,0087	7,64
> 55	0,0003	0,28



Sl. 13. Kategorije i prostorni obuhvat nagiba padina obale prema Demek, 1972.



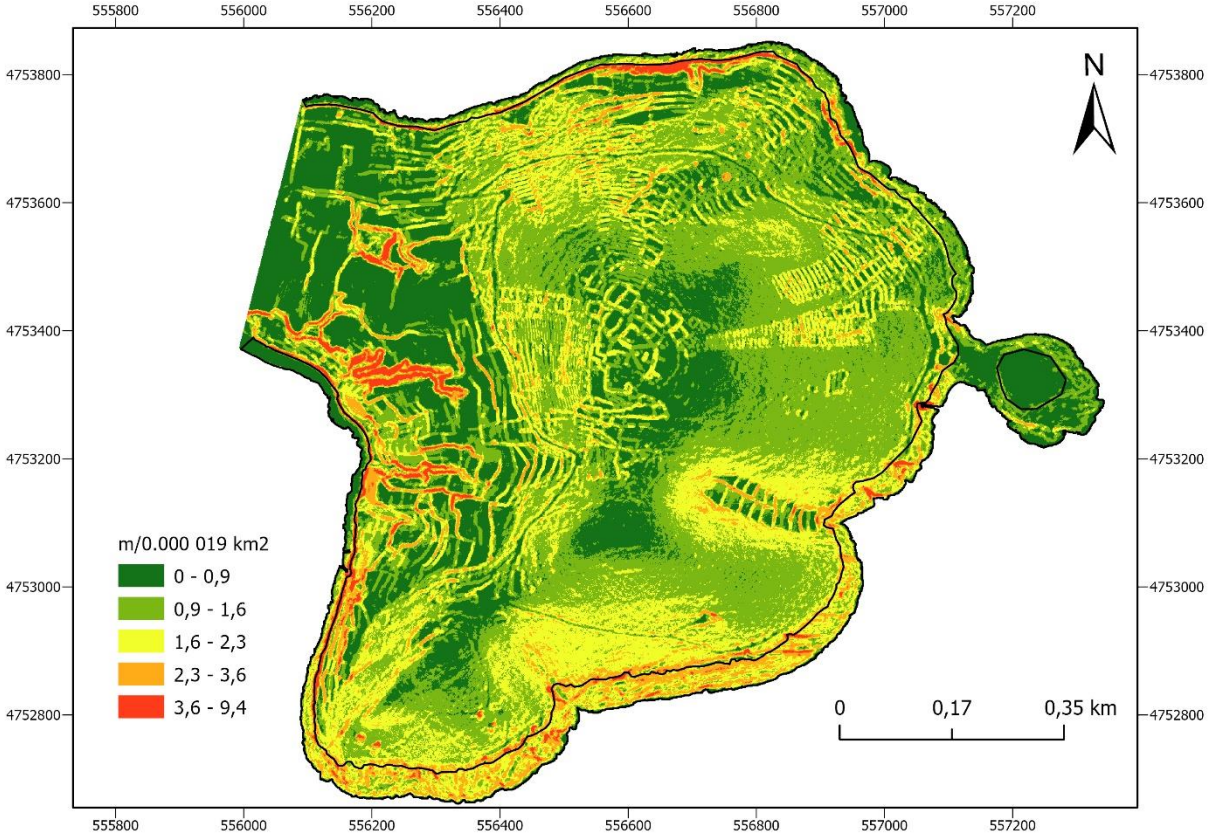
Sl. 14. Nagib poluotoka Ražnjića s istaknutim dijelom JJI obale ispresijecane pukotinama

5.1.4 Vertikalna raščlanjenost

Za potrebe ovog rada zbog niskih vrijednosti pri analizi vertikalne raščlanjenosti reljefa obale podatci su podijeljeni u pet razreda, a razlika među razredima je generirana prema Jenksovoj metodi prirodnih granica. Kako bi se što realističnije prikazali te bolje istakli na karti korišten je cijeli poluotok stoga su vrijednosti nešto veće dok podatci energije reljefa da bi se mogli staviti u kontekst računati su samo za obalni pojas te su oni prikazani u Tablici 5. Razredi s najvećom površinom imaju vrijednosti 0 – 2,2 m/0,000019 km^2 te zauzimaju zajedno oko 80% površine obale što upućuje na malu energiju reljefa u globalnom smislu, no lokalno gledajući na 19 m^2 razlika u najvišoj i najnižoj visini je između 0 – 2,2 m što govori da je teren dosta izbrazdan. Prosjek vertikalne raščlanjenosti reljefa obale iznosi 1,4 m/0,000019 km^2. Oko 20% obalne zone ima vertikalnu raščlanjenost veću od 2,2 m/19 m^2 takva područja su uglavnom duž južnog, jugoistočnog i sjevernog dijela obale (sl. 15) zbog većih nagiba te duboko usječenih pukotina.

Tab. 5. Površina i udio površine po razredima vertikalne raščlanjenosti obale

Vertikalna raščlanjenost (m/0.000019 km^2)	Površina (km^2)	Udio površine (%)
0 - 0,6	0,037	26,46
0,6 - 1,4	0,038	27,19
1,4 - 2,2	0,036	26,11
2,2 - 3,3	0,023	16,48
3,3 - 7,5	0,005	3,76



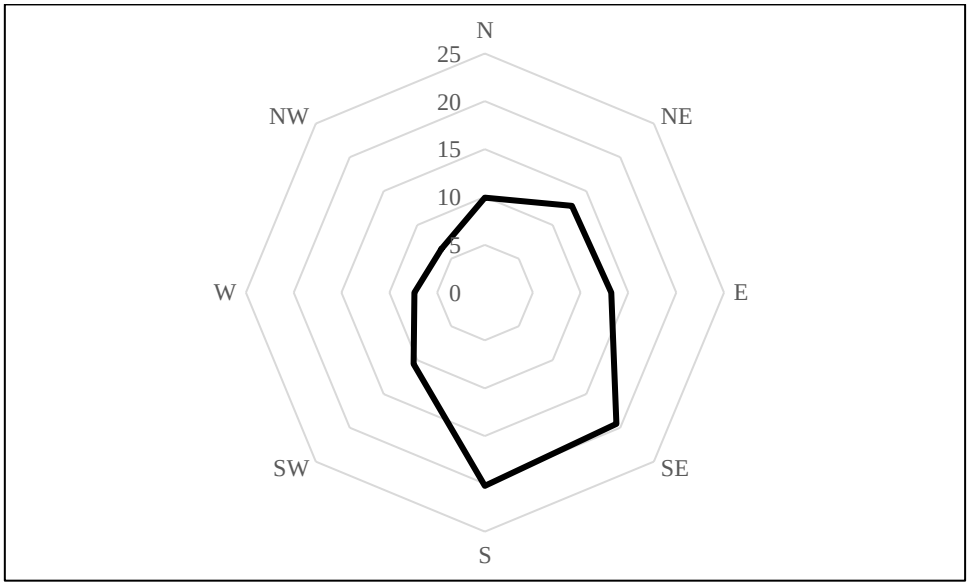
Sl. 15. Vertikalna raščlanjenost reljefa poluotoka Ražnjića s naznačenim obalnim dijelom

5.1.4 Ekspozicija

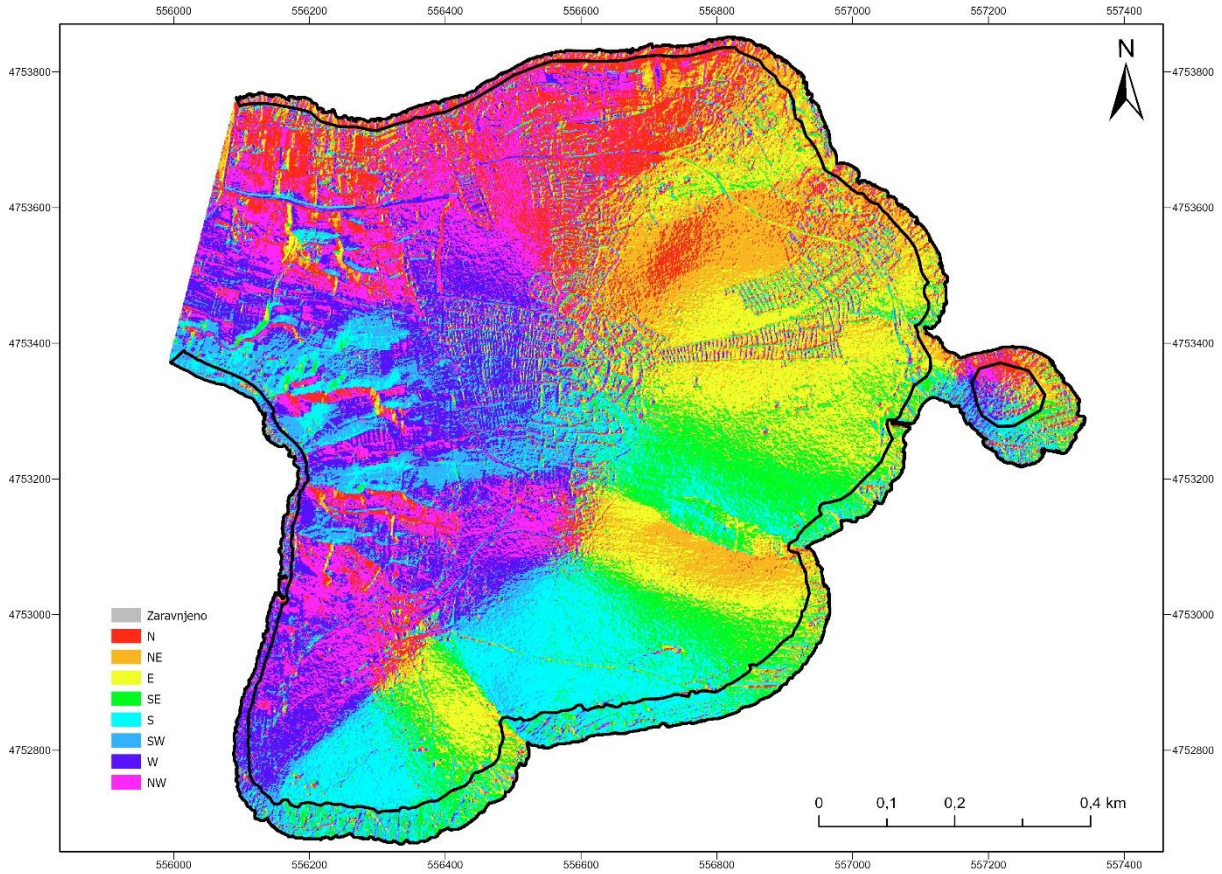
Ekspozicija padina obale definirana je s obzirom na glavne i sporedne strane. Prema grafikonu (sl. 16) može se zaključiti da većina padina na području istraživanja ima orijentaciju prema jugu 20,2% (tab. 6) i jugoistoku 19,4% što upućuje na veću osunčanost i manjak vlažnosti te uz nedostatak vegetacije i dominantan utjecaj juga (JI vjetar) koji najčešće sa sobom donosi promjene vremena i oborine ima za posljedicu intenzivnije procese korozije, abrazije i sl. Zatim po veličini područja su ona s istočnom orijentacijom oko 13,2%. Sjeveroistočno i sjeverno orijentirane padine obale (sl. 17) s obzirom na ekspoziciju uglavnom imaju manji stupanj insolacije i veću vlažnost stvarajući dobre uvjete za djelovanje korozije, no u zimskim mjesecima su ti uvjeti manje djelotvorni zbog izloženosti udarima bure i tramuntane koje utječu na pad temperature i vlage zraka. Nadalje, valovi u tom period su iznimno jaki i imaju veliki denundacijski utjecaj na obalu stoga bi i mehaničko trošenje moglo biti nešto intenzivnije.

Tab. 6. Kategorije i prostorni obuhvat ekspozicije padina obalne zone

Smjer	Površina (m^2)	Udio površine (%)
Zaravnjeno	3	0,003
N	11332	9,924
NE	14658	12,836
E	15080	13,206
SE	22199	19,440
S	23083	20,214
SW	12053	10,555
W	8414	7,368
NW	7370	6,454



Sl. 16. Graf ekspozicije padina prema prostornom udjelu u istraživanom području

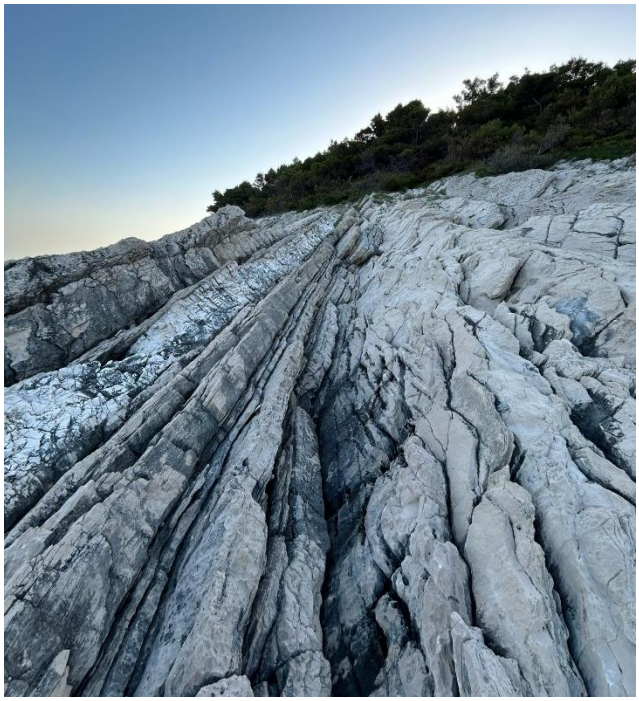


Sl. 17. Karta ekspozicije padina istraživanog područja s naznačenim obalnim dijelom

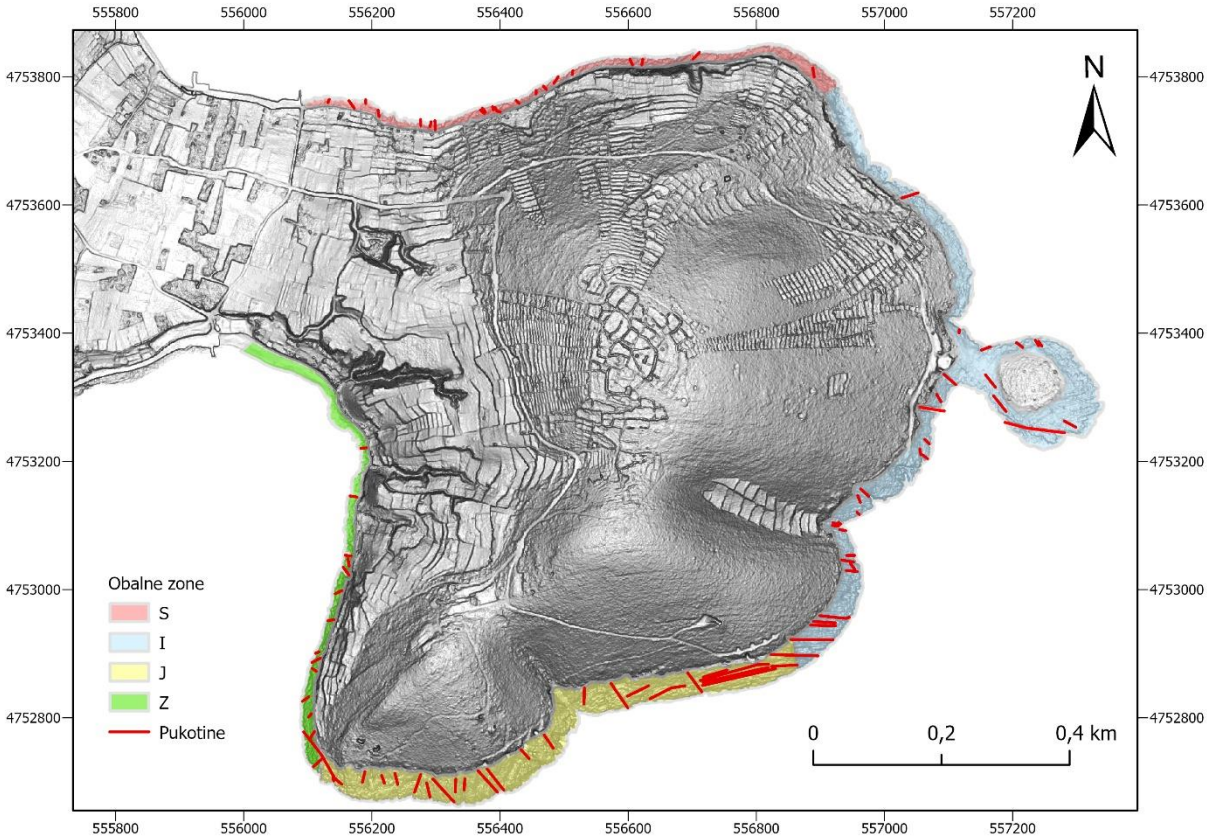
5.1.5 Pukotine i rasjedi u obalnoj zoni

Pojava pukotina je jedna od glavnih karakteristika razvoja krškog reljefa. Javljaju se duž cijele obale poluotoka Ražjnića. Kartirano je 94 najizraženijih slojnih pukotina (sl. 18) i onih tektonskog porijekla. Gledajući područje obale poluotoka (sl. 19) suprotno od smjerna kazaljke na satu na samoj zapadnoj strani pukotine izmjenjuju pružanje iz pravca Z – I prema SZ – JI približavajući se južnom dijelu obale. Prolaskom južnog rta odmakom više prema jugoistočnom dijelu obale najučestalije pružanje pukotina je Z – I te su ujedno i paralelne uz samu obalu dok istočnije pukotine iako su zadržale Z – I orijentacije okomite su na samu obalu. Rt Ražnjić je na samoj prevlaci uglavnom izbrazdan pukotinama SZ – JI orijentacije dok istočni dio pukotinama ZSZ – ISI smjera. Pukotine sjeverne obale poluotoka pretežno prate orijentaciju obale na tom dijelu područja (sl. 20). Prema Tablici 7. najviše zabilježenih pukotina ima na istočnoj obali, 32,26% te slijedi južna obala sa nešto manje 30,11%. Nastala razlika je posljedica reda veličine površine obalnih zona od kojih je najveća ona s istočnom orijentacijom. Nakon njih po udjelu pukotina slijedi sjeverna s 22,58% te zaljevom zaštićena zapadna obala

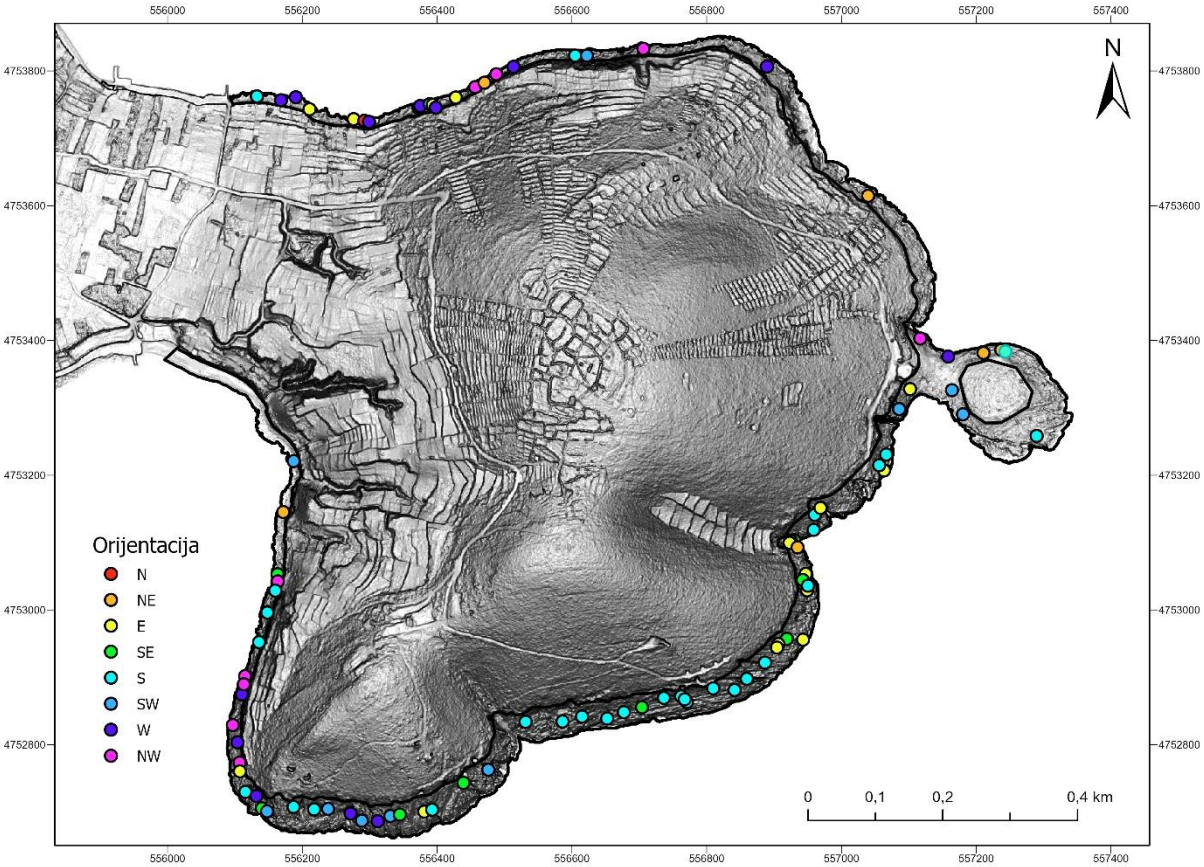
sa najmanje pukotina, no usprkos na malom udjelu pukotina sjeverna i zapadna strana imaju najveću gustoću pukotina.



Sl. 18. Fotografija slojnih pukotina (I obala poluotoka Ražnjića)



Sl. 19. Kartografski prikaz pukotina po obalnim zonama s obzirom na orijentaciju



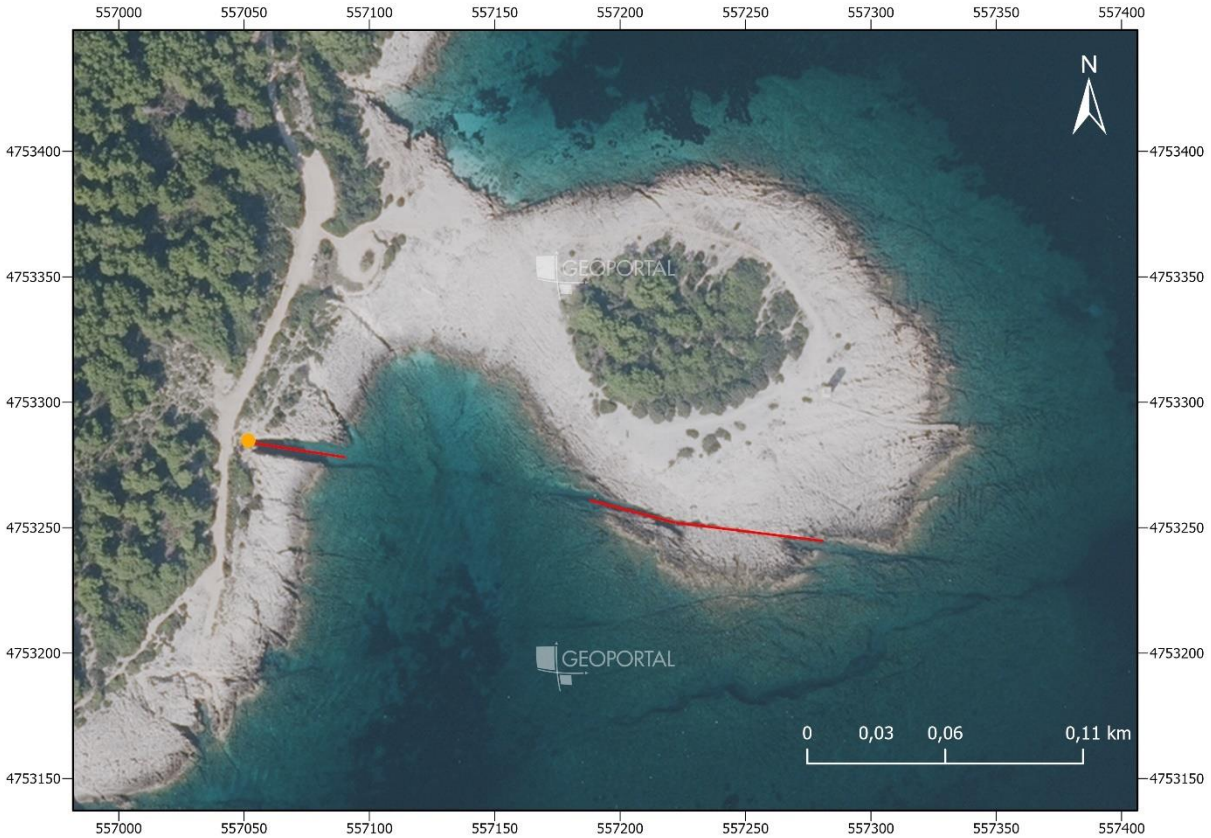
Sl. 20. Kartografski prikaz smjera nagiba pukotina duž obale poluotoka Ražnjića

Tab. 7. Gustoća, udio i broj pukotina prema orijentaciji obalnih zona

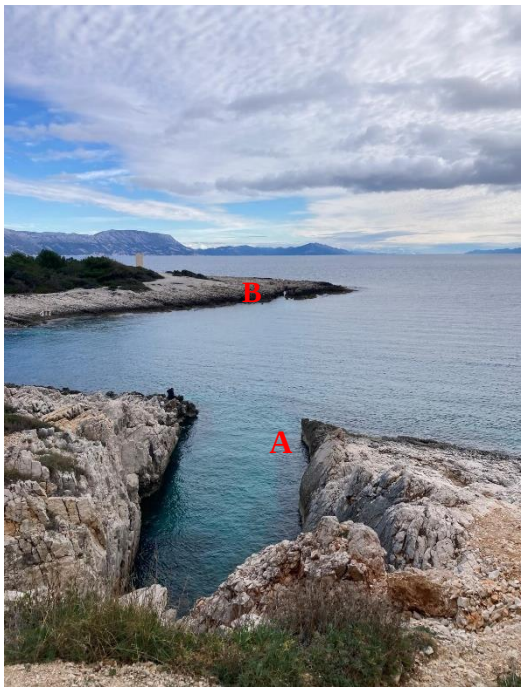
Orijentacija	Povrsina (m^2)	Broj pukotina	Udio pukotina (%)	Gustoća pukotina (puk/m^2)
S	13454	21	22,58	0,0016
J	36945	28	30,11	0,0008
I	43025	30	32,26	0,0007
Z	13021	14	15,05	0,0011

Analizirajući DOF u mjerilu 1:5000 2023. te terenskim zapažanjem zabilježena je izraženija tektonska pukotina na krajnjem istoku poluotoka Ražnjića (sl. 21) pružanja ~ 100° – 280°. Uz samu obalu je duž pukotine nastao strmi procjep (sl. 22, lijevo). Od procjepa se pukotina proteže dalje morskim dnom i presijeca sam rt (sl. 22, desno). Na osnovnoj geološkoj karti (OGK) 1:100 000 list Korčula L33–47 (Korolija i dr., 1976) je na istočnom području otoka Korčule prikazan rasjed koji završava kod zaseoka Javić pa se može pretpostaviti da je ova pukotina nastavak te rasjedne zone prema istoku. Također, ovom zonom pruža se os antiklinale slične orijentacije pa bi se moglo pretpostaviti da je ova pukotina nastala u tjemenu same

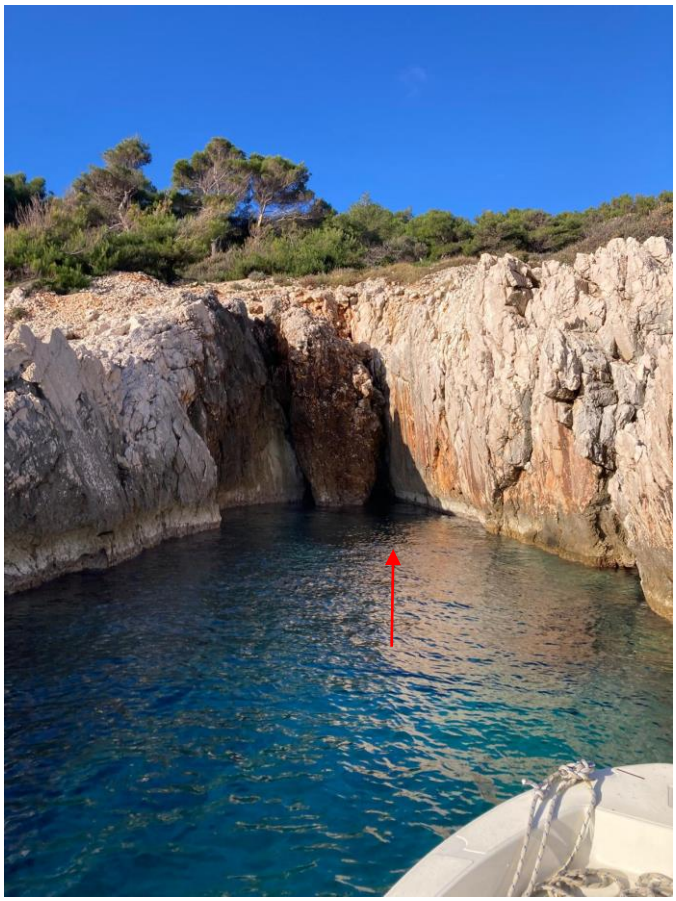
antiklinale. Pukotinski sustavi u tjemenima bora često imaju važnu ulogu u usmjeravanju okršavanja i formiranja krških oblika. Tako se i ovdje, u zoni navedeni pukotine nalazi podmorska špilja. Detaljnije informacije o špilji dao je mještanin Korčule Vito Andrijić. Ulaz u špilju je trokutastog oblika u zapadnom dijelu pukotinske zone (sl. 23). Ukupna dužina kanala procijenjena je na oko 30 m. Približno prvih 2 m od ulaza kanal je potopljen morem, što ovisi o trenutnoj razini mora. Procijenjena prosječna širina kanala je oko 2 m s mjestimičnim suženjima širine na cca 50 cm. Na kraju kanala se nalazi manja dvorana s akumuliranim materijalom u obliku šljunčanog žala. Špilju bi bilo potrebno detaljnije istražiti.



Sl. 21. Utjecaj pukotine kod rta Ražnjić na oblikovanje obalnog reljefa



Sl. 22. Rasjedna pukotina na poluotoku Ražnjiću (A) i nastavak istog rasjeda na rtu Ražnjić (B)



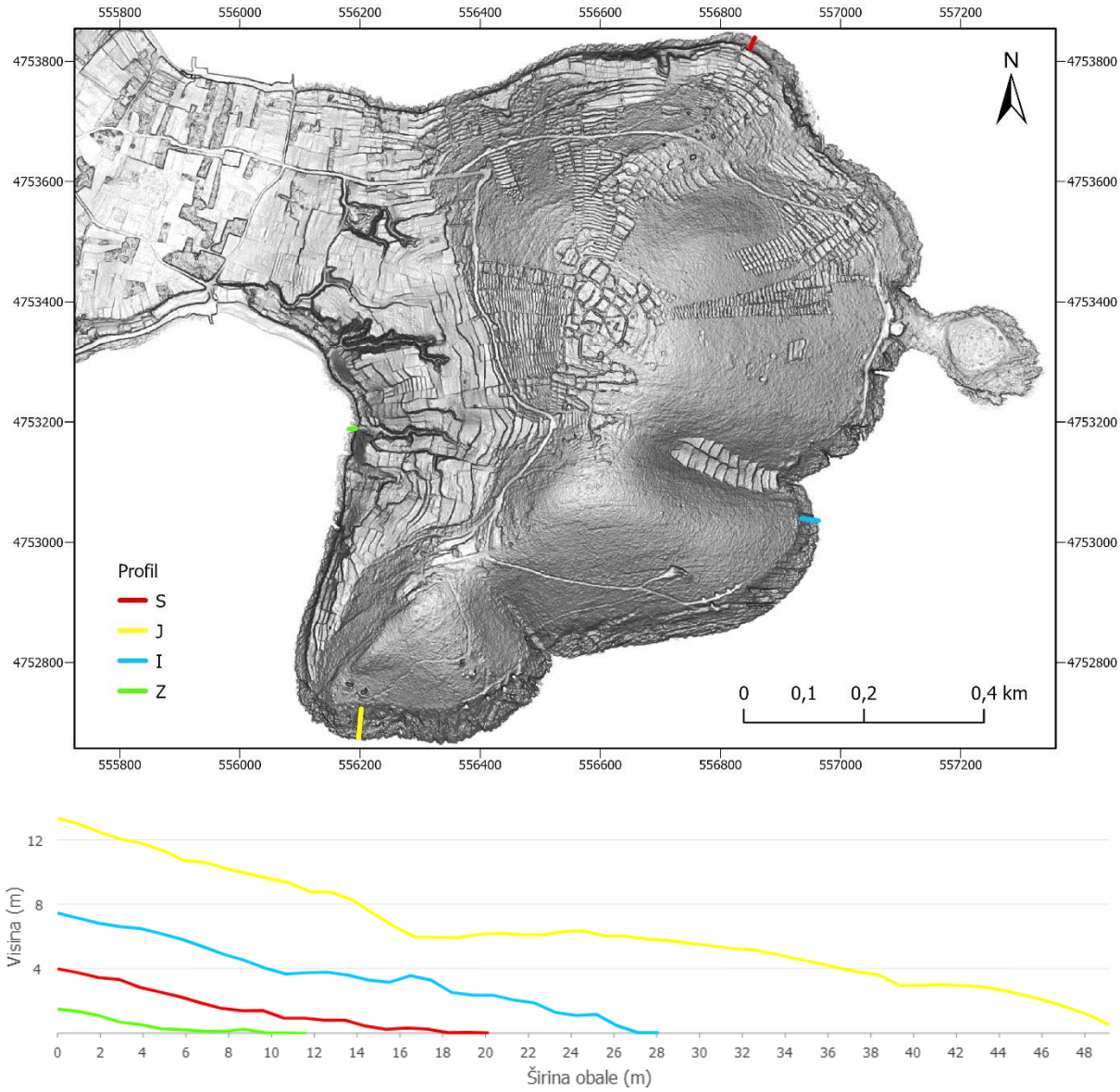
Sl. 23. Ulaz u podmorsku špilju kod rasjedne pukotine (11.01.2025.)

5.2 Obalni krški oblici - izabrani primjeri

Usporedbom podataka četiriju profila orijentiranih prema četiri glavne strane svijeta (tab. 8) vidljivo da su obale na sjevernom i zapadnom profile znatno niže, uže i manjih nagiba od obala na južnom i istočnom profilu (sl. 24).

Tab. 8. Metrijska obilježja profila

Profil	Visina obale (m)	Šrina obale (m)	Nagib (°)
S	3,92	17,76	19,48
J	12,64	49,15	27,89
I	7,78	28,59	28,65
Z	1,54	11,62	10,40



Sl. 24. Karakteristični morfološki profili obalne zone istraživanoga područja

5.2.1 Profil 1: Sjever (42° 55' 20'' N, 17° 11 ' 47 '' E)

Profil sjeverne orijentacije (sl. 25) pruža se u pravcu 20° – 210° te širina obale iznosi 17,76 m. Duž definiranog profila određena je zona širine 2 m gdje se izvršilo kartiranje reljefnih oblika temeljena na ekološkoj zonaciji (sl. 26).

Sl. 25. Profil 1: Sjever

Sl. 26. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž sjevernog profila (Profil 1)

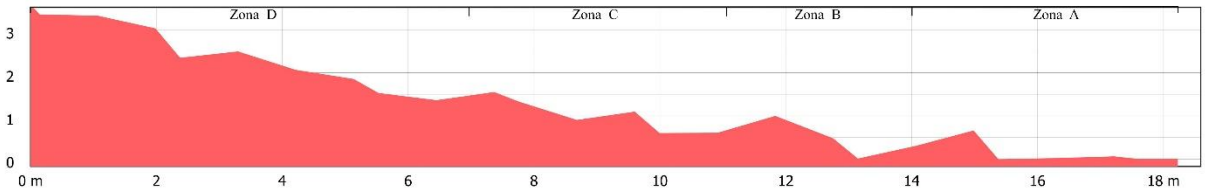
Zona je podijeljena na 4 zone (sl. 27) s obzirom na udaljenost od morske razine te shodno tome intenzitetu njegovog utjecaja. Zona A odnosno potopljena zona je zona neprestanog kontakta s morem gdje dolazi do prekirvanja i povlačenja površine morem, odnosno plošnog erodiranja i značajnog udara valova. Ova zona kod sjevernog profila širine je 3,56 m tu su stijene tamnije boje što indicira prisutnost organizama kao što su cijanobakterije i sl. Uz sam rub morske razine nalazi se horizontalan procjep u stijeni nalik na potkapinu tzv. *notch* (engl.) nastao djelovanjem hidrodinamičkih procesa (valovi, vjetar i morske mijene) u sinergiji s bioerozijskim procesima. Vrh procjepa odgovara srednjoj razini mora te je kao takav dobar indikator promjene morske razine (Faivre i Butorac, 2018). Dužine je 3,2 m, a visina varira između 20 i 50 cm (sl. 28a). Također, ispod notch-a uz samu razinu mora nalaze se manje kamenice tzv. *micropitts* i *small pitts* (sl. 28b) raspona veličine od 1 mm – 10 cm (tab. 9). One su nastale procesima bioerozije (biokorozijom i bioabrazijom) putem organizama kao što su priljepci (Patella rustica, Patella caerulea) (sl. 28b1) i barnakle (Chthamalus depressus) (sl. 28b2). Udaljavanjem od morske razine, 2,6 m prema unutrašnjosti nalazi se pseudokrški reljefni oblik tzv. *pothole* (engl.) (sl. 29a). Depresija nastala selektivnom korozijom i marinskim procesima zapunjena je rezidualnim

materijalom, pijeskom i šljunkom (sl. 29a1). Taj materijal zapljuskivanjem većih valova kružno se giba te djeluje kao abrazivni alat koji fizički troši stijenu. Uz to depresija je pseudofraktalne prirode gdje su rubovi i mjestimično rezidulano uzvišenje, vjerojatno zaostalo kao posljedica selektivne korozije (sl. 29a2) prekriveno depresijama tzv. *micropitts*-ima nastalih bioerozijskim djelovanjem puževa (Littorina, Melaraphe neritoides) (sl. 29a3).

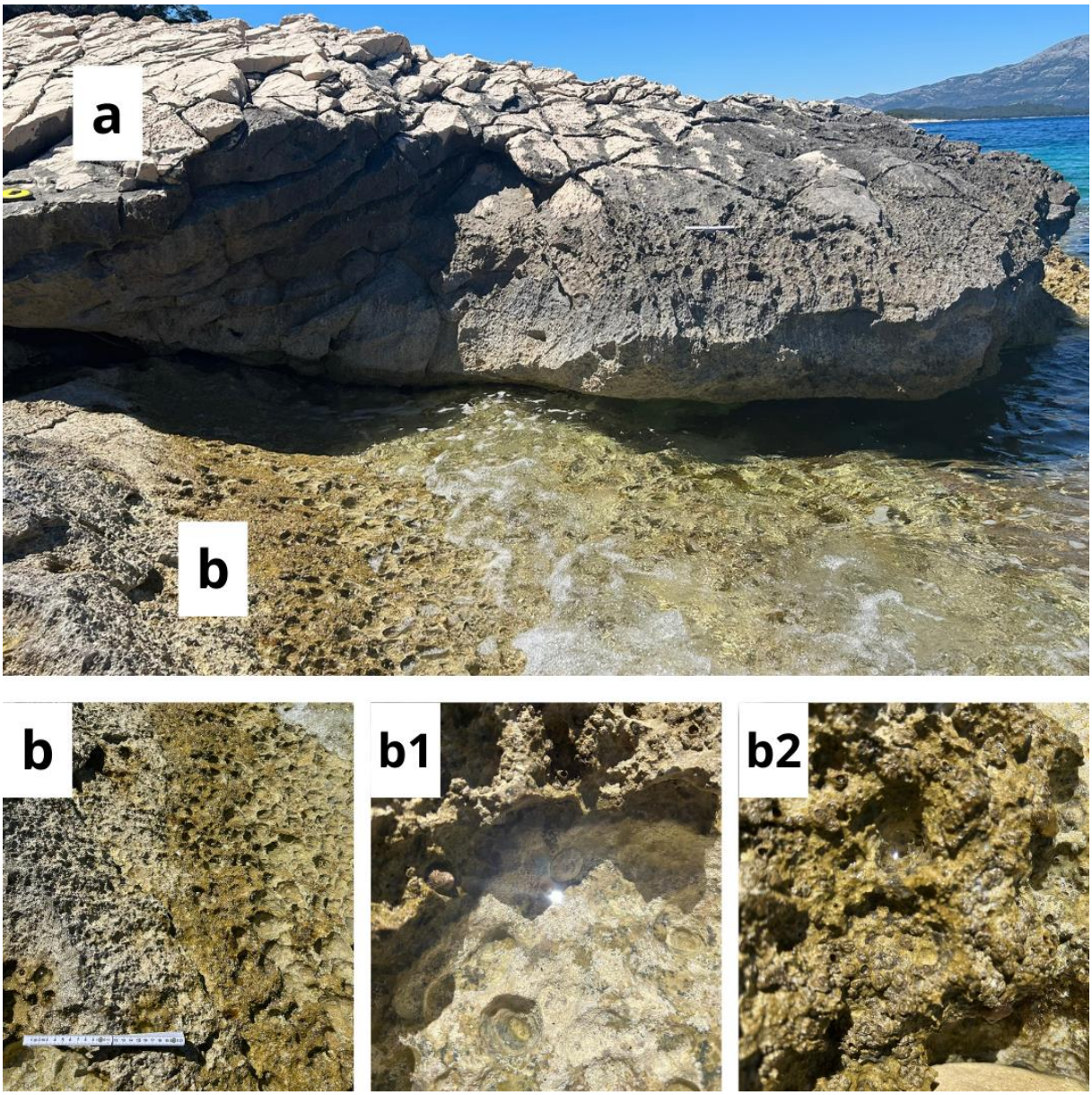
U prijelaznom dijelu između zone A i B (širine 2,9 m) gdje je prisutan mlat valova nalazi se manji disolucijski bazen (engl.) *solution pan* udaljen od morske razine 3,96 m (sl. 30a1). Dužine 0,86 m, širine 0,42 m, dubine 0,61 m. On je povezan meandrirajućom dekantacijskom cijevi (engl. *decantation runnels*) dužine 1,37 m (sl. 30a2) u drugi izduženi disolucijski bazen dužine 3,6 m, širine 0,32 – 0,71 m sa "zidom" s istočne strane bazena na kojem mjestimično ima iskristaliziranog kalcita (sl. 30a3). Oko 20 cm iznad njega nalazi se korodirana stijenska površina koja pod utjecajem prskanja valova postupno razvija rupičastu teksturu koloniziranu mikroorganizmima čineći taj dio stijenske površine tamnijim (sl. 30b). Uz samu izbrazdanu stijenu nalazi se manji disolucijski bazen čije stope isparavanja su veće od stope zapunjivanja depresije stvarajući naslage soli.

Zona C širine je 4,16 m i s obzirom na udaljenost od morske razine koja iznosi 11,1 m špricanje valova je dominantan hidrodinamički proces. Karakterizira ju izbrazdana površina nastala puna manjih rupa (engl. *small pitts*) nastalih korozijskim djelovanjem (sl. 31a) te vrlo mali žljebovi tzv. engl. *microrills* (sl. 31b). Te skupine malih brazdi dužine oko 32 cm su nastali redovitim djelovanjem valova nad 80° nagnutom stijenom.

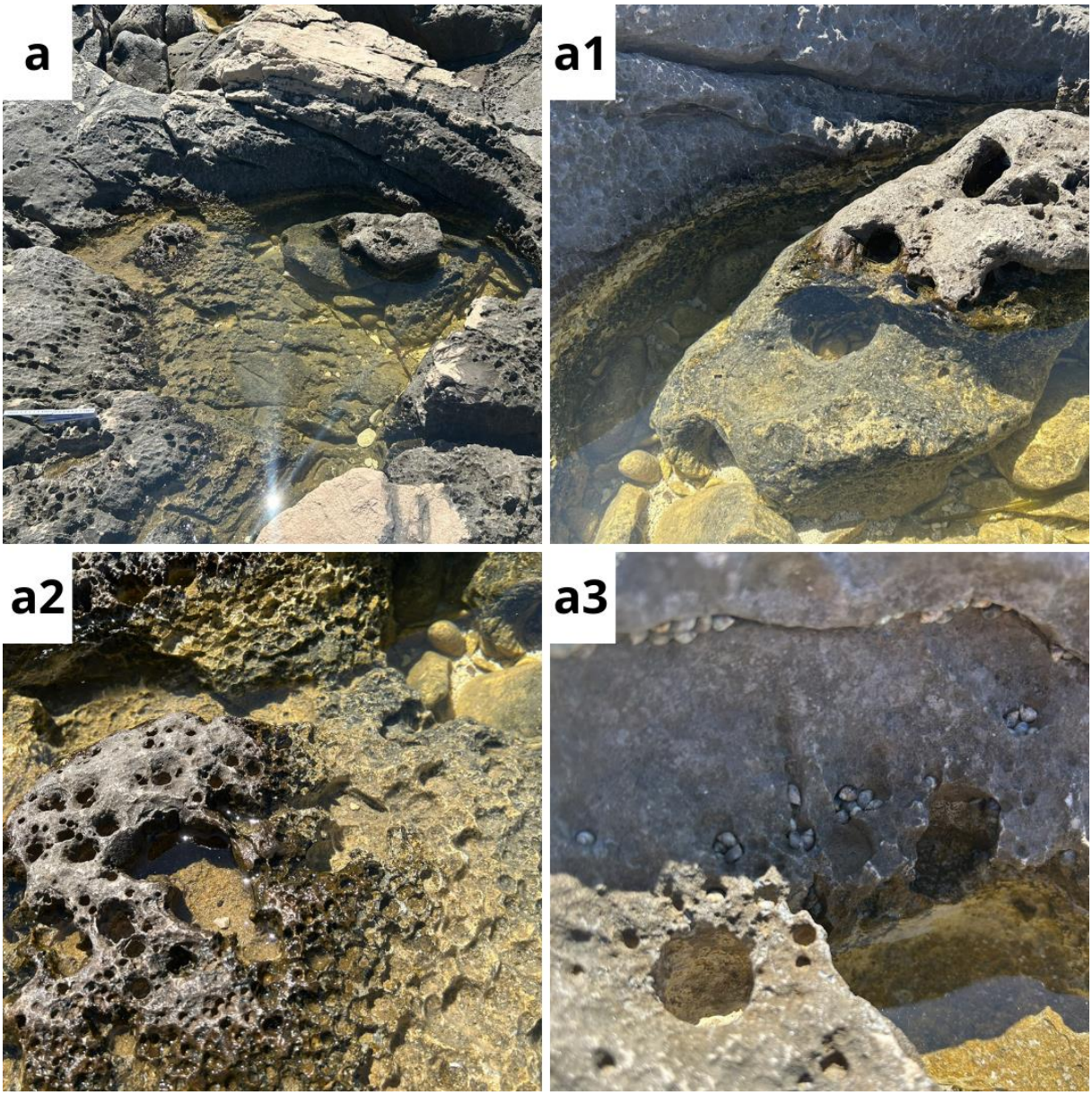
Zona D, šrine 6,94 m karakteristična je po dominantnom utjecaju oborinske vode prilikom oblikovanja krških reljefnih oblika. U ovoj zoni zabilježeni su kišni *micropittsi* te meandrirajući žlijebovi s naslagama kalcita tzv. engl. *runnels with calcareous tufa* (sl. 31c i d) nastale vrlo vjerojatno isparavanjem vode uz biotičke procese pri atmosferskim uvjetima. Udaljene su između 12 i 14 m od ruba mora i dužine između 0,5 i 1 m. Uz njih nalaze s obzirom na blizinu vegetaciji I smanjenom utjecaju mora nalaze se strukturne pukotine s lišajevima koji grebu površinu stijene.



Sl. 27. Profil 1 s naznačenom ekološkom zonacijom



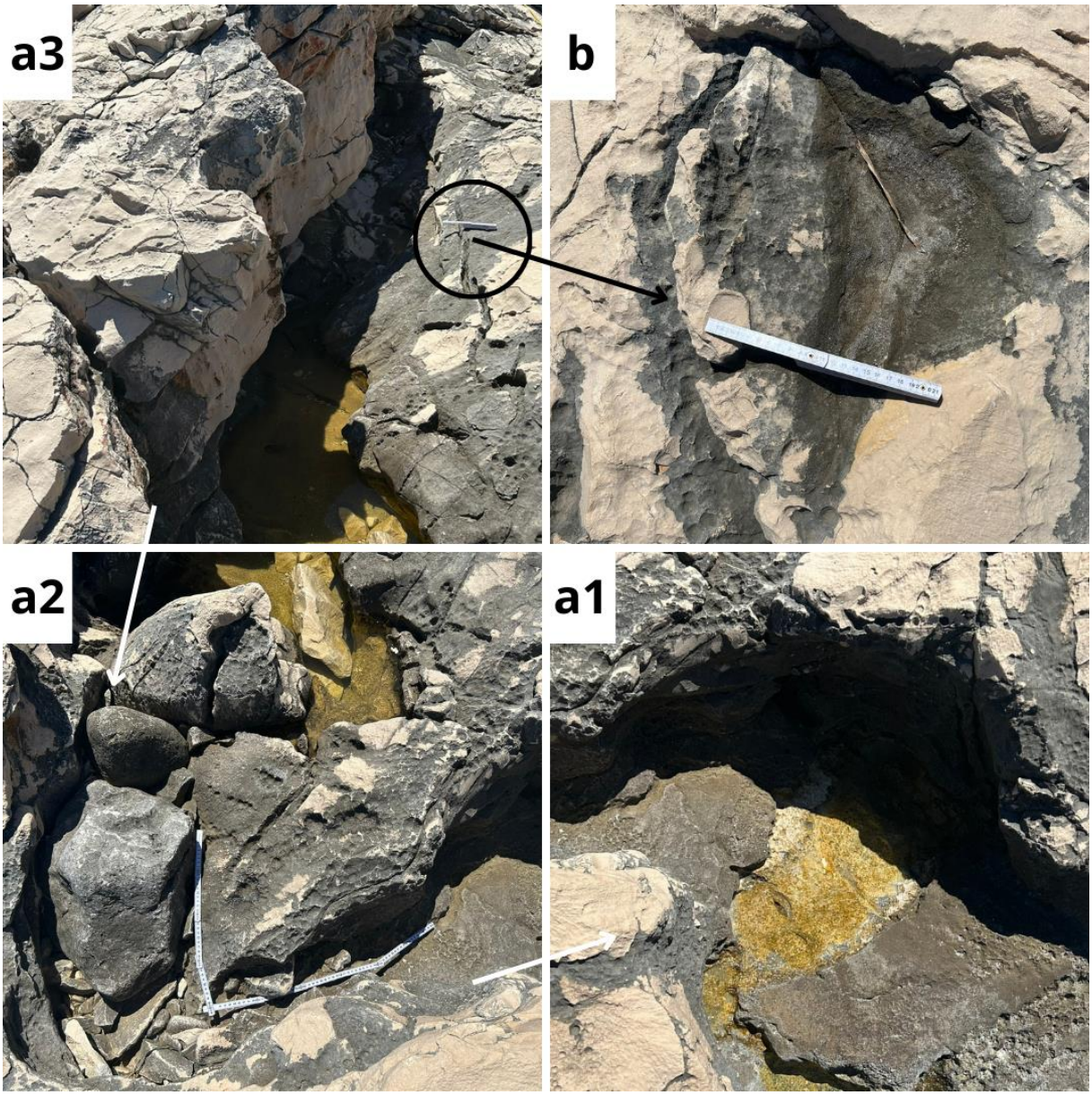
Sl. 28. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona A. (a) Potkapina (notch) *nije krški reljefni oblik; (b) Manje rupe (micropitts, small pitts); b1) Priljepci sljepljeni za rupe u stijeni koje su nastale njihovim djelovanjem i točno odgovaraju veličini i obliku njihove školjke; b2) Barnakles su sesilni organizmi koji žive unutar svojih kalcijevih školjki koje oni luče, mogu vršiti bioeroziju vapnenca ili djelovati kao bioprotektivni agensi (intrerpretacija oblika prema, Lace i Mylroie, 2013)



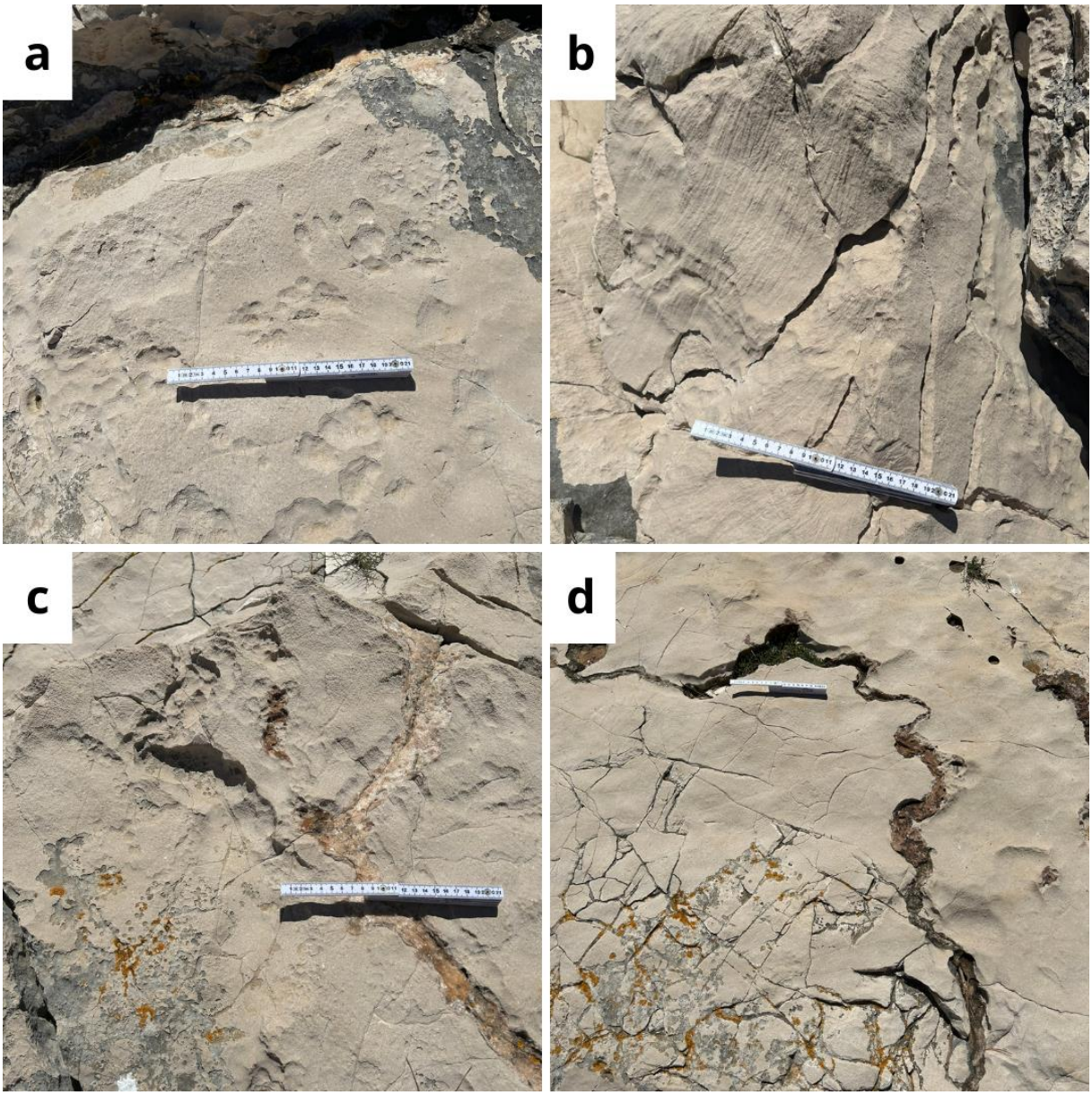
Sl. 29. Krški reljefni oblik *pothole* sjevernog profila, zona A s detaljima. (a) Pothole; (a1) erodirani istaložen material; (a2) *Micropitts*; (a3) Puževi *Melaraphe neritoides* uklanjaju zrna karbonata prethodno oslabljenih stijena izbrazdane djelovanjem drugih agenata (npr. cijanobakterije)

Tab. 9. Prikaz krških reljefnih oblika profila sjeverne obale poluotoka Ražnjića (prikaz izrađen po uzoru na Ginés, 2004)

<table>
<tr><th>AGENS</th><th>PROCESI</th><th colspan="5">KRŠKI OBLICI</th></tr>
<tr><td rowspan="2">OBORINE (korozija)</td><td>Mali vodeni filmovi</td><td></td><td>Microrills</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Direktan utjecaj kiše / infiltracija</td><td>Micropitts</td><td>Small pitts</td><td></td><td>Runnels</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">VALOVI, VALOVI i MORSKE MIJENE (režim i raspon)</td><td rowspan="2">Abrazija</td><td></td><td></td><td colspan="2">Pothole</td><td>Notch</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="3">Solution pans</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Mokrenje i sušenje</td><td></td><td>Irregularly etched surface</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Haloklastija</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">ORGANIZMI</td><td>Biokorozija</td><td colspan="3" rowspan="2">Cockpit (pitted surface)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Bioabrazija</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">VELIČINA</td><td>0-1mm</td><td>1mm-1cm</td><td>1-10cm</td><td>10cm-1m</td><td>1-10m</td></tr>
</table>



Sl. 30. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona B. (a1) Početak čitavog sklopa disolucijskih bazena (solution pan) povezanih dekantacijskom cijevi (*decantation runnel)* (a2) s gornjim bazenom (a3); (b) Manje rupe (*micropitts*) nastale biokorozivnim djelovanjem i prskanjem valova



Sl. 31. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona C - D. (a) Micropitts u zoni C nastali procesom korozije; (b) Microrills u zoni C; (c) i (d) Meandrirajući žljebovi s naslagama kalcita (*runnels with calcareous tufa*) te lišajevima u zoni D

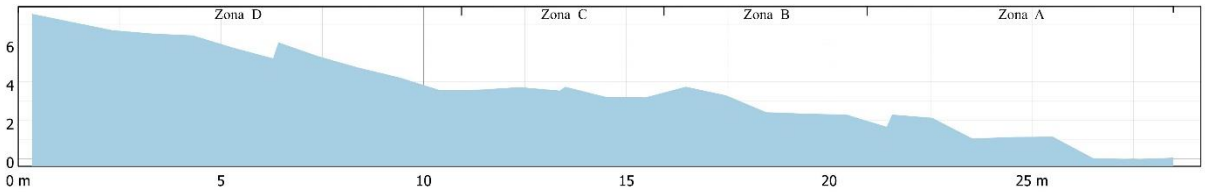
5.2.2 Profil 2: Istok (42° 54' 54'' N, 17° 11 ' 52 '' E)

Profil 2, nalazi se na istočnoj obali polouotoka Ražnjića duljine 28,59 m i pravca pružanja 79° - 259° (sl. 32). Biohidrološka zonacija vidljiva je na sl. 32. gdje stijene obale predočavaju 4 prijelaza i to iz tamno smeđe uz sami rub mora u svijetlo sivu boju prema unutrašnjosti. Zona zanosa (engl. *swash*) (sl. 33) tj. zona A širine je 5,5 m te su stijene u ovoj zoni tamnije, smeđe boje pune disolucijskih bazena (*solution pans*) ispunjenih morem usljed zapljuskivanja i mlata valova (sl. 35a). Oni su pseudofraktalne prirode (morfologija se ponavlja i preklapa na različitim skalama) te su unutar njih nalazi mnoštvo manjih udubina (*micropitts, pitts*) (sl. 35b) kojima je širina u odnosu na dubinu manja od 1 (W/D <1) (tab. 10). Oni su nastali bioerozijskim djelovanjem svrdlaša i strugajućih organizama kao što su barnakles (sl. 35c i d). Manji bazeni su međusobno povezani lineranim škrapama - *splitkarren* nastalim korozijskim i mehaničkim djelovanjem duž predisponiranih sekundarnih pukotina.

Kod zone B marinski uvjeti također nadmašuju terestičke bez obzira na veći nagib. Širina zone ove zone je 5 m te je karakteriziraju tamno sive do sive boje stijena. Od reljefnih oblika prisutna je izmjena manjih bazena i udubina (*micropitts, pitts*) koji po obrubima/zidovima imaju istaloženu sol s pozitivnim rezidulanim oblicima tornjastog oblika (*pinnacles*-engl.).

Zona prskanja (C) ne razlikuje se uvelike od prethodne zone s obzirom na reljefne oblike osim što je nagib terena nešto manji te se mjestimično pojavljuju *splitkarreni* (sl. 36a). Zona D zauzima najveću širinu od ruba vegetacije pa sve do 11,8 m prema obalnoj crti (sl. 36b). Dobrim djelom dominiraju terestički uvjeti stoga od reljefnih oblika dominiraju manje žljebaste škrape tzv. *rillenkarren*, depresije raznih veličina nastale korozivnim djelovanjem kiše tzv. *rain pitts* i *micropitts* (sl. 36d). Uz pružanje slojnih pukotina I – Z stijene su ispresijecane i tektonskim pukotinama SZ – JI pravca.

Sl. 32. Profil 2: Istok

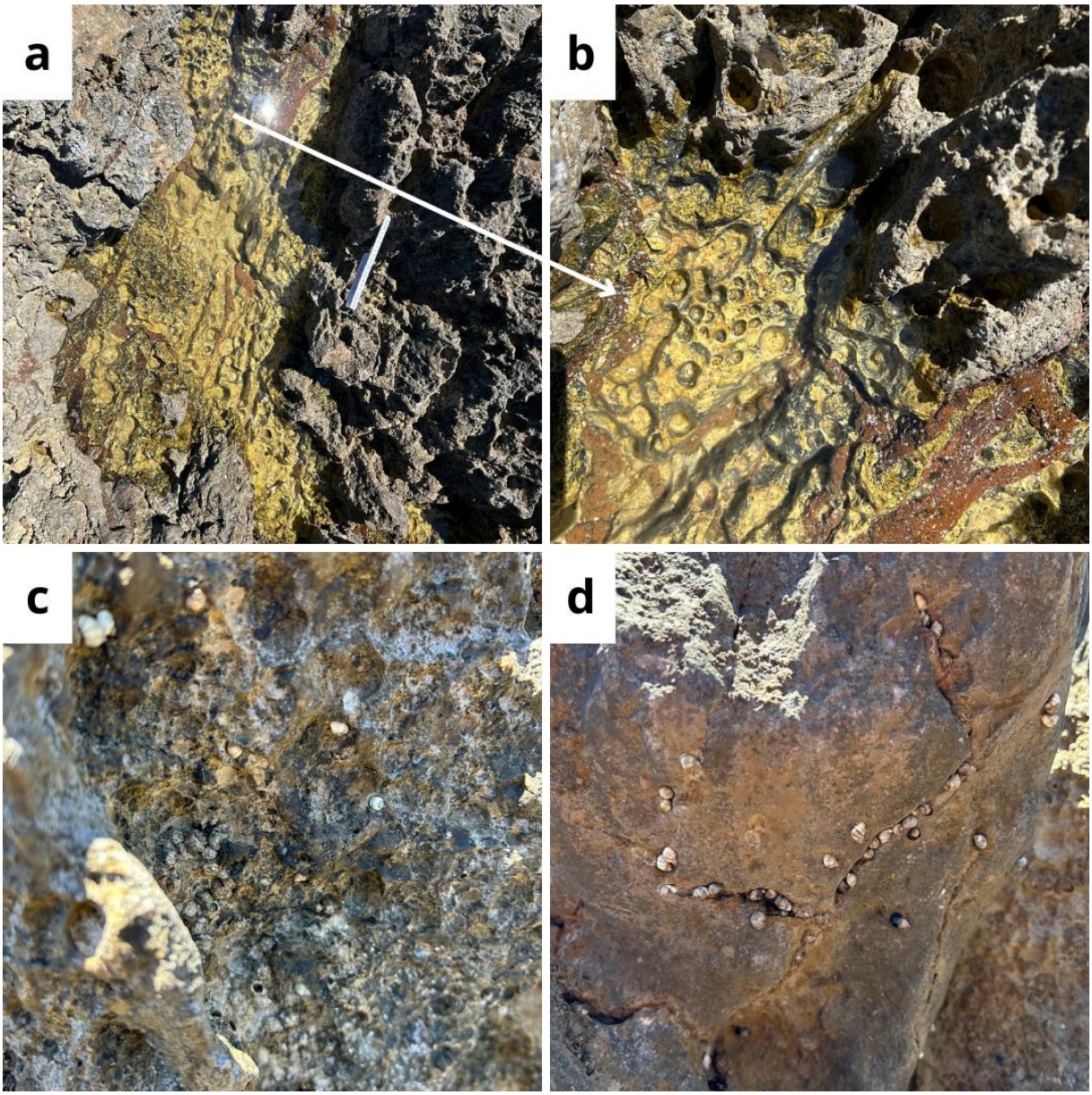


Sl. 33. Profil 2 s naznačenom ekološkom zonacijom

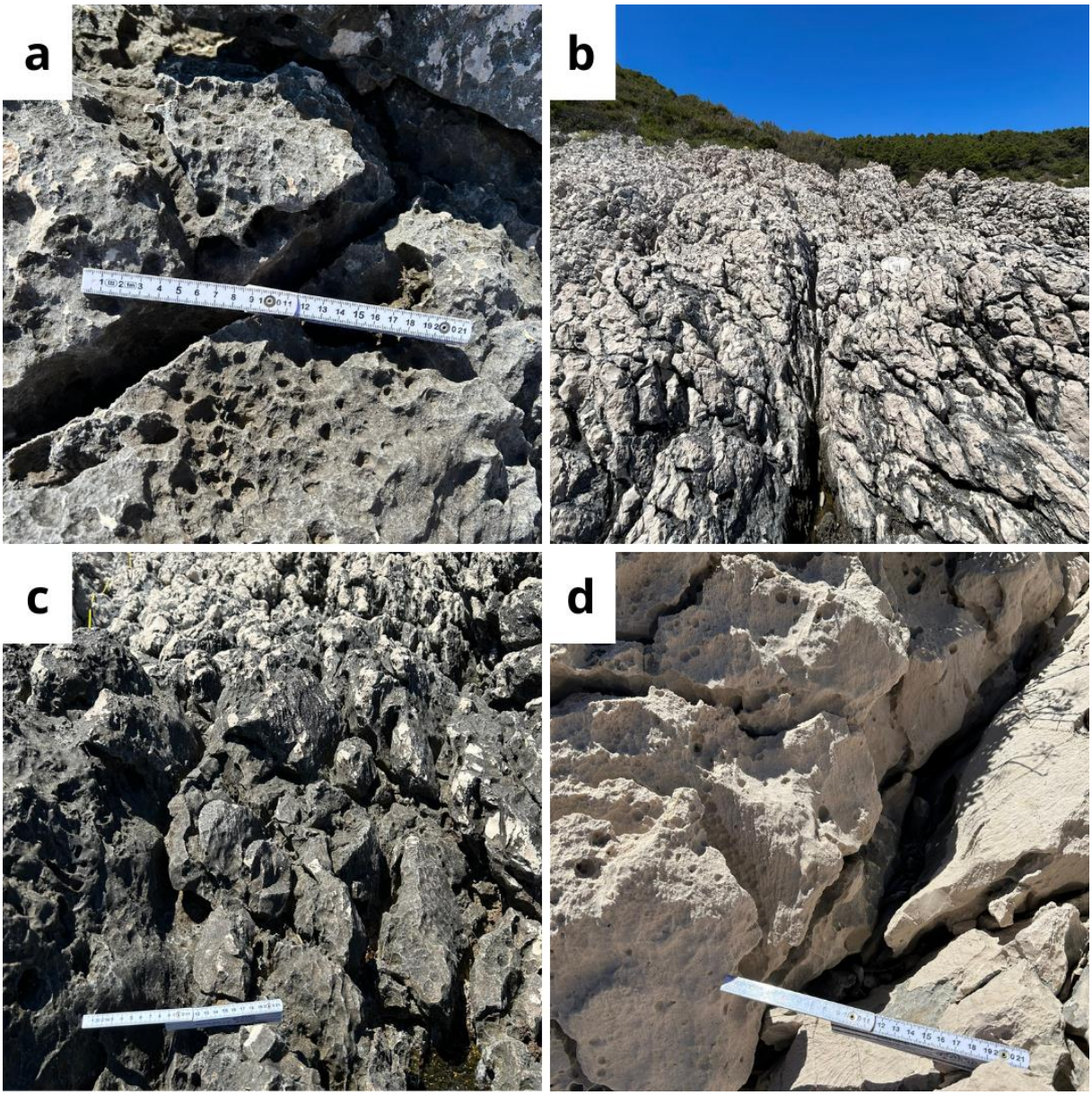
Tab. 10. Prikaz krških reljefnih oblika profila istočne obale poluotoka Ražnjića (prikaz izrađen po uzoru na Ginés, 2004)

<table>
<tr><th>AGENS</th><th>PROCESI</th><th colspan="6">KRŠKI OBLICI</th></tr>
<tr><td rowspan="3">OBORINE (korozija)</td><td>Mali vodeni filmovi</td><td></td><td>Microrills</td><td rowspan="3">Rillenk -arren</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Direktan utjecaj kiše</td><td>Micropit ts</td><td>Pitts</td><td></td><td>Runnels</td><td></td></tr>
<tr><td>Infiltracija</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">VALOVI, VALOVI i MORSKE MIJENE (režim i raspon)</td><td rowspan="2">Abrazija</td><td>Micropit ts</td><td></td><td colspan="2" rowspan="5">Pinnacles</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td rowspan="3">Irregularly etched surface</td><td colspan="2" rowspan="3">Solution pans (W/D <1)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Mokrenje i sušenje</td><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Haloklastija</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">ORGANIZMI</td><td>Biokorozija</td><td colspan="4" rowspan="2">Cockpit (pitts)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Bioabrazija</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">VELIČINA</td><td>0-1mm</td><td colspan="2">1mm-1cm</td><td>1-10cm</td><td>10cm-1m</td><td>1-10m</td></tr>
</table>

Sl. 34. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila istočne obale poluotoka (Profil 2)



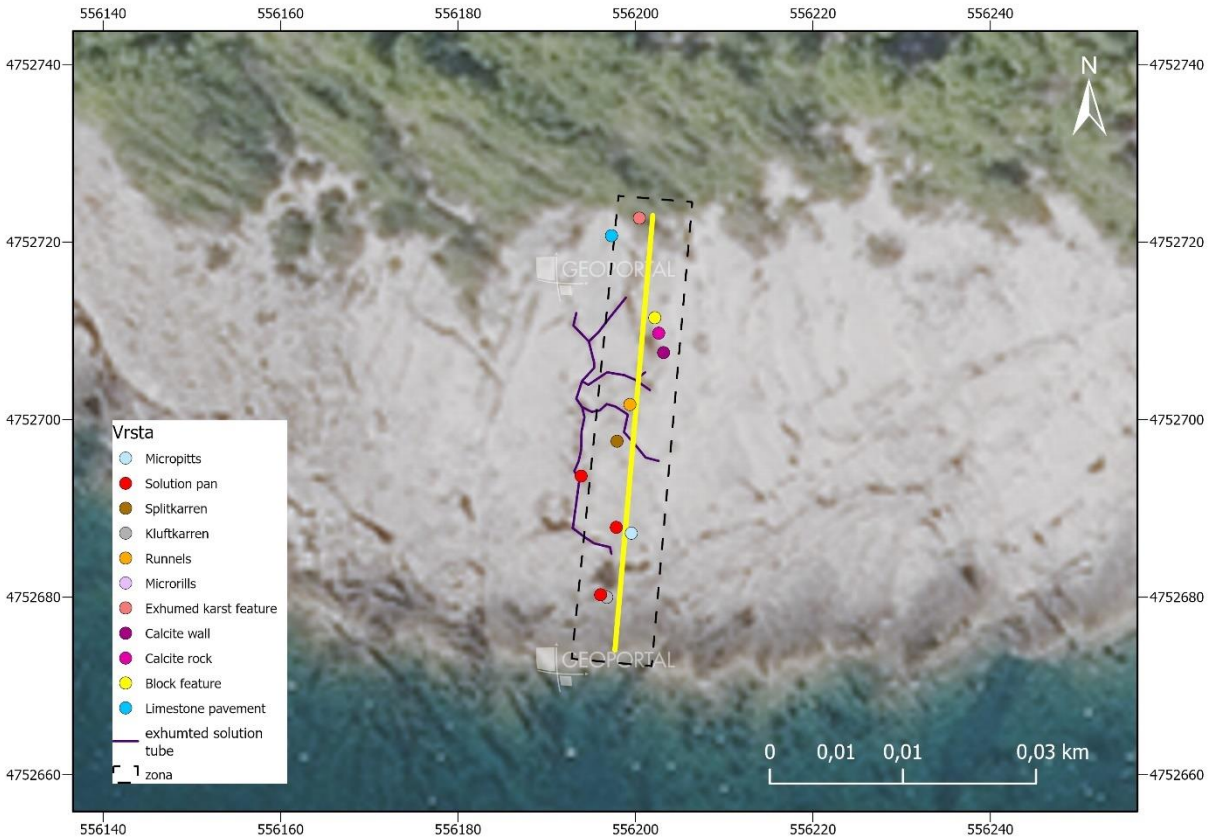
Sl. 35. Krški reljefni oblici istočnog profila, zona A. (a) Disolucijski bazen; (b) Micropitts bierozijskog postanka; Strugajući organizmi (c) sivi barnakles (*Chthamalus stellatus*) i (d) puževi (*Melaraphe neritoides*)



Sl. 36. Krški reljefni oblici istočnog profila, zona B – D. (a) *Splitkarren* i *micropitts* zona B – C; (b) i (c) Pukotina duž obalne krške platforme izbrazdane linijskim krškim oblicima *splitkarren* i *kluftkarren*; (d) *Mircropitts* i *rillenkarren* nastali direktnim utjecajem kiše

5.2.3 Profil 3: Jug (42° 54' 44'' N, 17° 11 ' 18'' E)

Profil 3 (sl. 37) na južnoj obali poluotoka Ražnjića pruža se u pravcu 19° – 199°, širine je 49,15 m s nagibom od 28°.

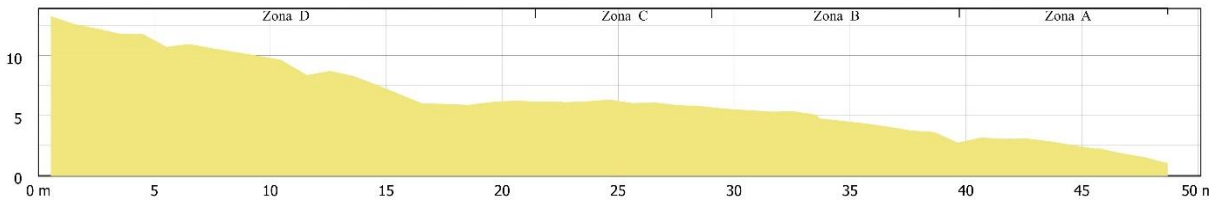


Sl. 37. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila južne obale poluotoka (Profil 3)

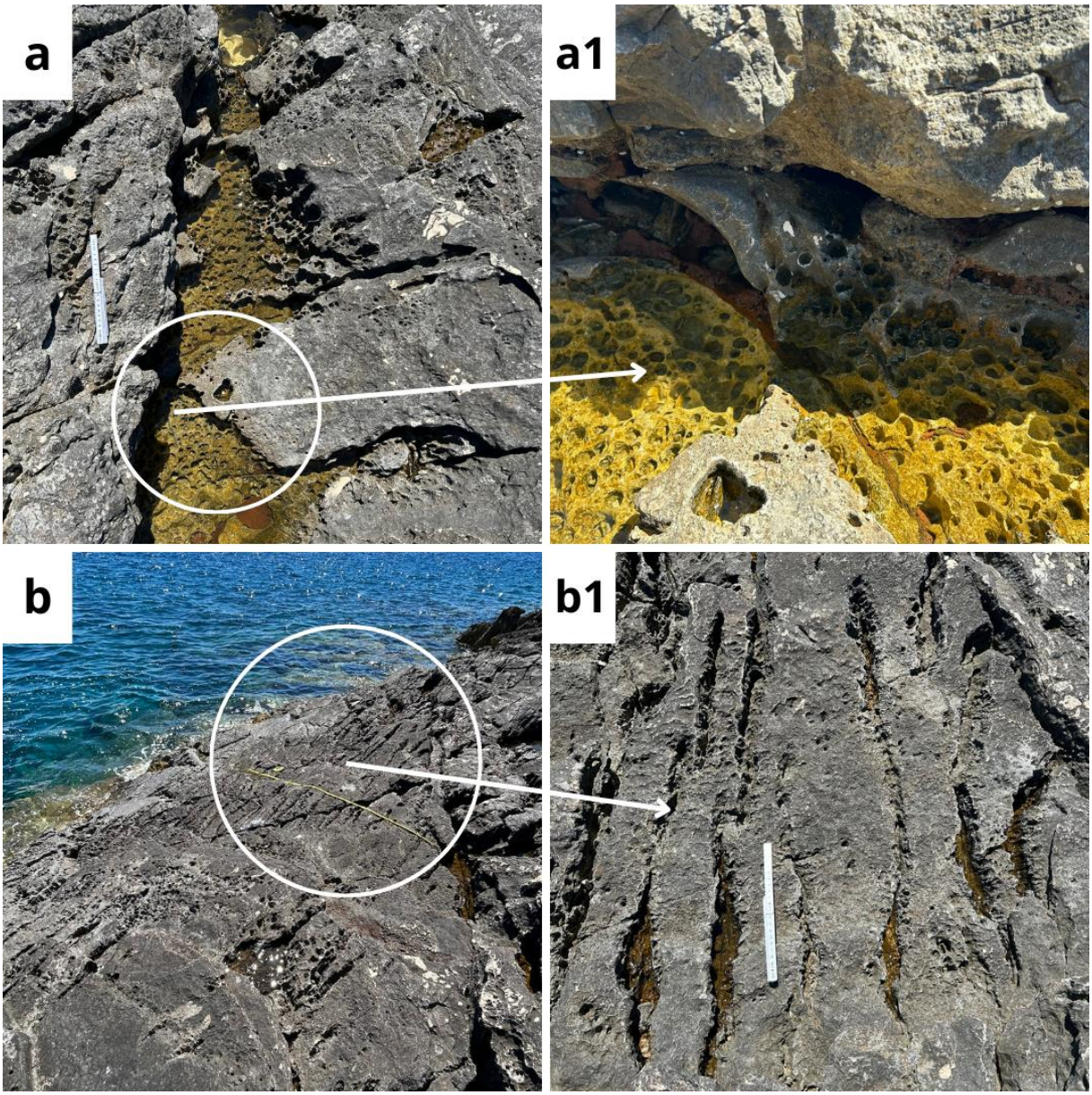
Tab. 11. Prikaz krških reljefnih oblika profila južne obale poluotoka Ražnjića (prikaz izrađen po uzoru na Ginés, 2004)

<table>
<tr><th>AGENS</th><th>PROCESI</th><th colspan="9">KRŠKI OBLICI</th></tr>
<tr><td rowspan="3">OBORINE (korozija)</td><td>Subkutana korozija</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">Eshumirane disolucijski cijevi</td><td rowspan="11">Vapnenačka ploča</td></tr>
<tr><td>Infiltracija</td><td></td><td></td><td rowspan="3">Rillen karren</td><td colspan="2">Grikes (kluftkarr-en)</td><td rowspan="6">Splitk-arren</td></tr>
<tr><td>Mali vodeni filmovi</td><td></td><td>Microrills</td><td></td><td>Runn-els</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">VALOVI, VALOVI i MORSKE MIJENE (režim i raspon)</td><td>Direktan utjecaj kiše</td><td rowspan="2">Micropi-tts</td><td rowspan="2">Pitts</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">Abrazija</td><td></td><td></td><td></td><td>Grikes (kluftkarr-en)</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td rowspan="4">Irregularly etched surface</td><td></td><td></td><td colspan="3" rowspan="4">Solution pans (W/D <1)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Mokrenje i sušenje</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Haloklastija</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">ORGANIZ-MI</td><td>Biokorozija</td><td colspan="5" rowspan="2">Cockpit (pitts)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Bioabrazija</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">VELIČINA</td><td>0-1mm</td><td>1mm-1cm</td><td>1-10cm</td><td colspan="2">10cm-1m</td><td>1-10m</td><td>10-100 m</td></tr>
</table>

Zona zapljuskivanja (A na sl. 38) širine je 6,7 m i prema morskoj razini je blago nagnuta pod nagibom od 15°. Od krških reljefnih oblika dominiraju manje depresije (sl. 39a) tj. *pitts*, disolucijski bazeni (*solution pans*) pseudofraktalne prirode (sl. 39a1) zapunjeni manjim rupicama/bušotinma (*mircropitts*) koji su nastali kombiniranim djelovanjem bioerozije i korozije miješanja (tab. 11). Također, prisutne su sekundarne pukotine (sl. 39b) koje se infiltracijom morske vode te oborinske vode mehanički produbljuju i proširuju duž glavne osi pukotine te uz evaporaciju soli haloklastijom troše stijenu formirajući lećaste depresije. Također, sol privlači organizme kao što su cijanobakterije koje su slabe stijensku površinu i hrana su ostalim strugajućim organizmima i svrdlašima. Disolucijski proširene pukotine nazivaju su *kluftkarren* ili *grikes* (engl.) (sl. 39b1).



Sl. 38. Profil 3 s naznačenom ekološkom zonacijom

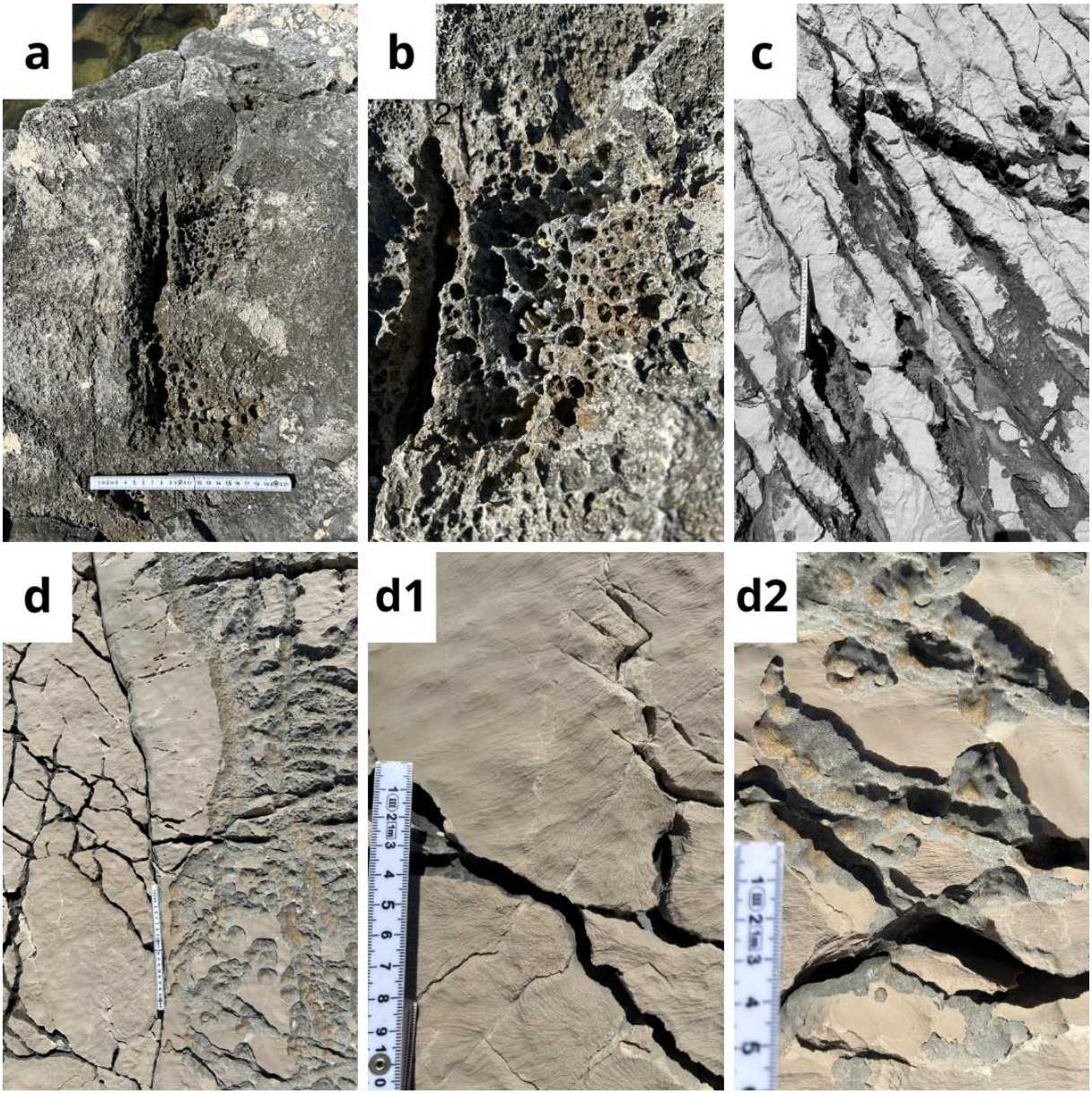


Sl. 39. Krški reljefni oblici južnog profila, zona A.

Zona B, dužine je oko 11,3 m je nešto zaravnjenija površina nego kod prethodne zone s mjestimičnim disolucijskim bazenima čija je širina veća od dubine (W/D >1), manjim splitkarrenima nastali spajanjem micropittsa duž prethodno disponirane pukotine (sl. 40a), pittsima i micropittsima zaglađenih rubova (sl. 40b).

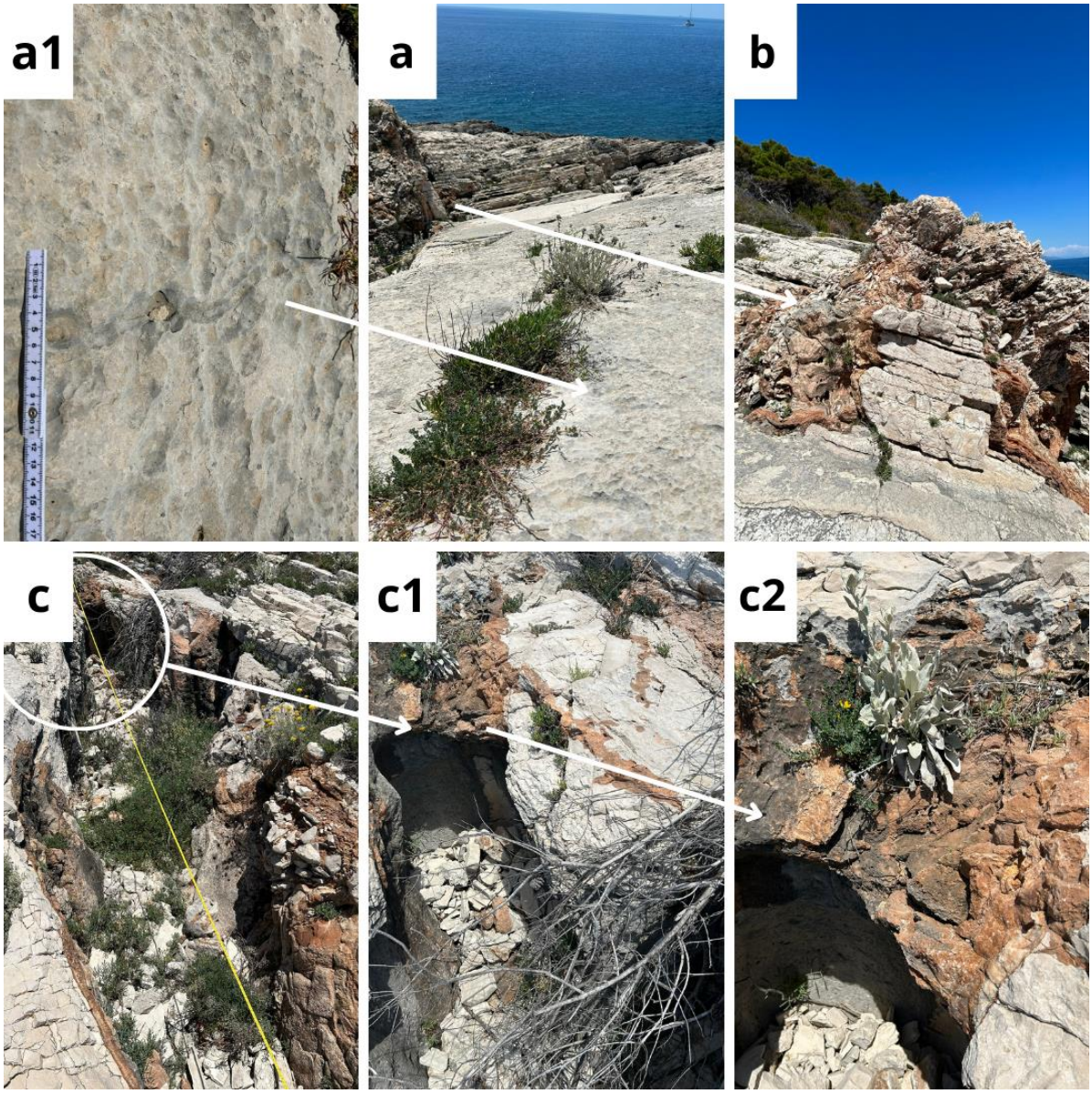
Zona C duljine 7,6 m karakterizira zaravnjena površina veće vapnenačke ploče sa više paralelnih međuslojnih pukotina sa smjerom pružanja kao i sam profil. Kao takva vrlo je površinski razlomljena tj. bogata je sekundarnim pukotinama rezultirajući oblikovanjem splitkarrena dužine između 70 i 80 cm (sl. 40c). Također, prisutni su i micropittsi nastali prskanjem morske vode te izlijevanjem vode iz manjih depresija gravitacijskim tečenjem

formirali su se kanalići tzv. *runnels* (engl.). Također, prisutni su i setovi vrlo malih meandrirajućih žljebova (*microrillsa*) (sl. 40d1). Ovisno o selektivnoj koroziji pojedini dijelovi površine stijene su mjestimično hrapavi (sl. 40d2). Nadalje, prema slici 40. gdje a), b) i c) su reljefni oblici zone B gdje je utjecaj valova značajnije prisutan od zone C što je vidljivo prema boji i izgledu stijena. One su tamnije zbog neprestanog vlaženja i sušenja, nastanjene organizmima te hrapavije površine. Dok reljefni oblici d), d1) i d2) su svijetlije boje i zaglađenije površine.



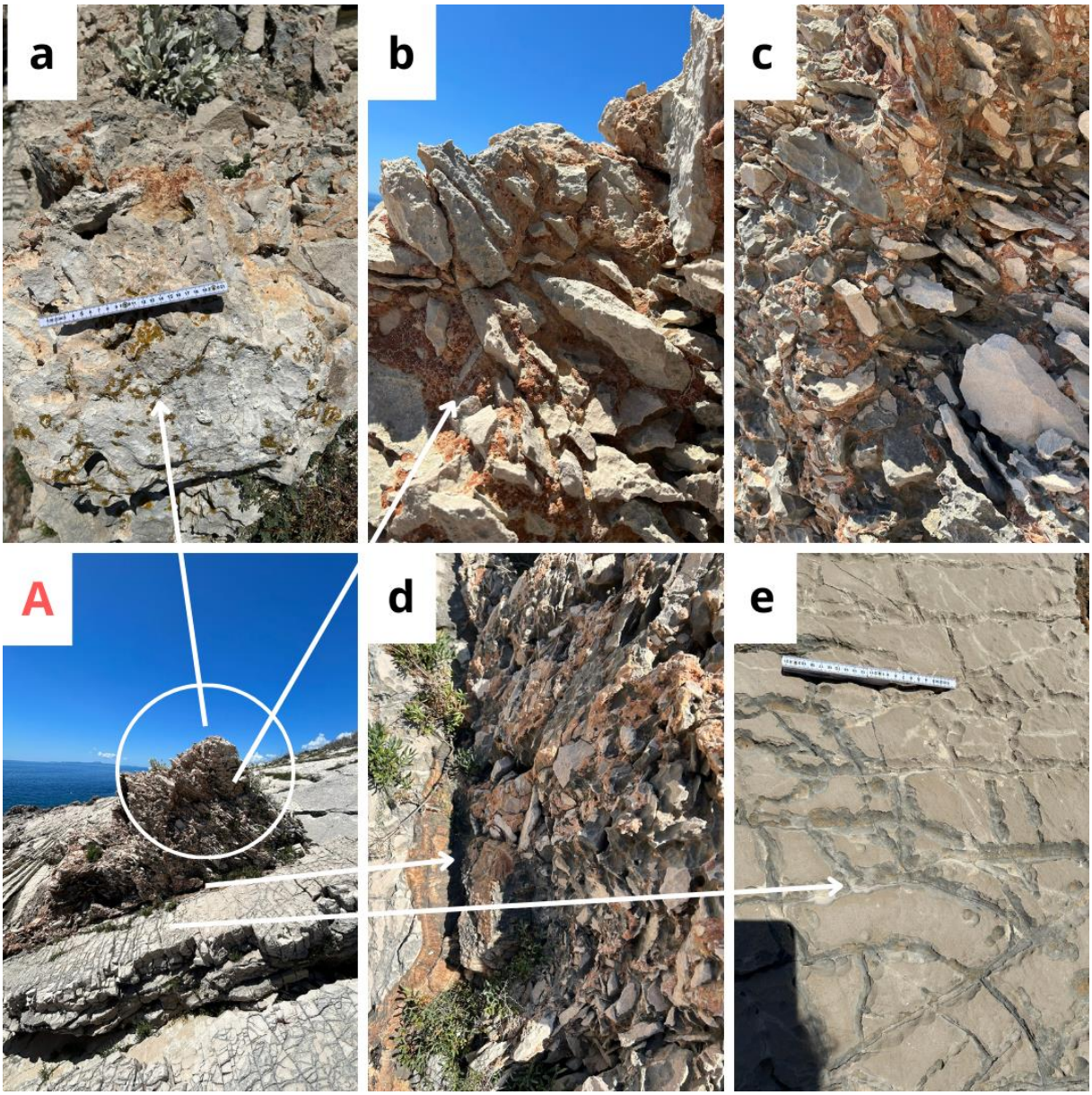
Sl. 40. Krški reljefni oblici južnog profila, zone B i C.

Zonu D duljine 21,4 m čini vapnenačka ploča (sl. 41a) koja sa istočne strane profila mjestimično je izbrazdana *microrillsima* i *rain pittsima* (sl. 41a1) dok pak po samom profilu te zapadno od glavna karakteristika su eshumirani krški reljefni oblici. Zabilježen je denudirani, meandrirajući disolucijski kanal (*solution tube*) koji se proteže oko 28 m, a sa svim svojim kanalićima duljina mu pak iznosi oko 60 m. Ovaj kanal zapravo je desni rukavac šireg, glavnog kanala (sl. 41c) koji se nalazi uz sami profil a završava, tj. ulijeva se u disolucijski bazen u zoni B. Glavni kanal proteže se 2,44 m od samog ruba vegetacije 8,66 m prema središtu profila gdje put blokira uzvisina tipa ostjenjaka (sl. 41b) usred navedenog kanala. Početak kanala valjkasta je udubina (sl. 41c1) s kalcitom istaloženim na samom vrhu te zidovima kanala (sl. 41 c1 i c2), a na dnu je istaložen erodirani materijal. Pretpostavka je da je to nekada bilo mjesto otjecanja periodične podzemne vode.



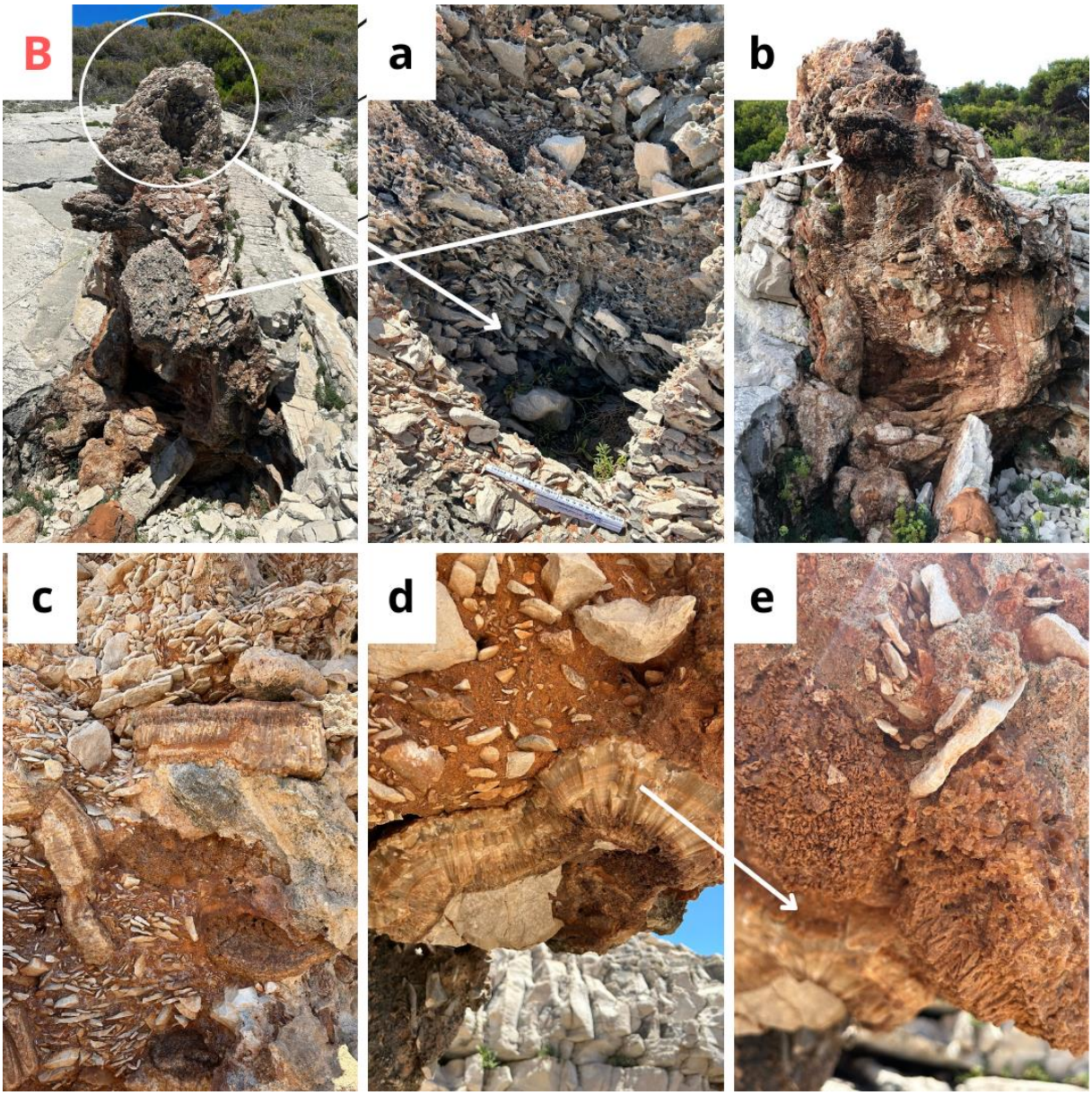
Sl. 41. Krški reljefni oblici južnog profila, zona D.

Na ovom lokalitetu nalazi se zanimljiv ostjenjak duljine 3,35 m, visine 4,46 m te rasponom širine 1,77 – 3 m. Pruža se pravcem 28° – 208°, a opsega je oko 12,2 m (sl. 41b). Vrh ostjenjaka (sl. 42a) obilježava hrapava površina pretežno formirana od kvartarnog sedimenta s ponekim fragmentima vapnenca i dijelovima konsolidiranog kršja s crvenicom (sl. 42b). Primjetni su micropittsi od svega nekoliko mm do 1 cm nastali djelovanjem padalina te od flore prisutni su lišajevi, kadulja i motar što inicira na prisutnosti rastresitog tla. Lijeva strana stijenskog bloka, orijentirana prama SI (sl. 42A) sastoji se od dva dijela od kojeg gornji dio čini cementirano kršje s crvenicom i mjestimičnim kristaliziranim kalcitom. Pločasto kršje ima približno istu orijentaciju (sl. 42c). Donji dio je izdvojen procjepom dugim oko 4,7 m na kojem se kristalizirao kalcit (sl. 42d). Odmičući se od procjepa površina vapnenačke stijene je izbrazdana. Duž manjih pukotina oblikovane su manje depresije (*pitts*) i linijske brazde (*kluftkarren*) (sl. 42e) te uzrokuju postepeno snižavaje površine stijene. Preferencijalnim nastanjivanjem mikroba postupno razvijaju tamniju boju te dodatno snižavaju reljef u odnosu na glavni dio stijene (Lace i Mylroie, 2013).

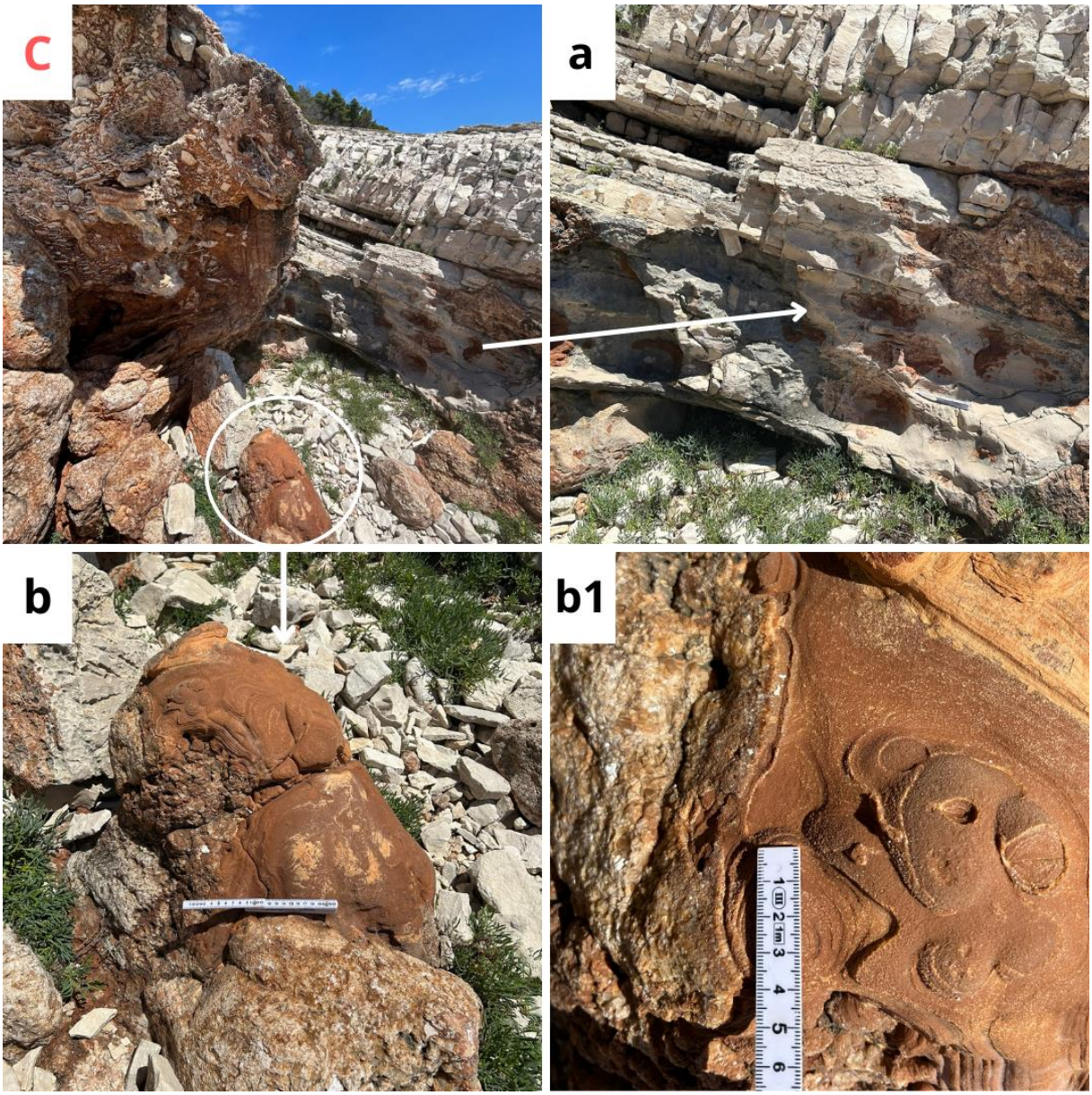


Sl. 42. Elementi ostjenjaka istočne orijentacije

Južnu stranu ostjenjaka, okrenutu prema moru (sl. 43 B), pri samom vrhu čini cementirano kršje u kojem je udubina širine 51 cm, dubine 50 cm i visine 92 cm (sl. 43a). U nižim dijelovima unutar kršja se nalaze i fragmenti sigovine (sl. 43 c i d). U donjem dijelu se nalazi denudirana sigasta forma (stalagmit ili saljev) s vidljivim laminama. Dno ispod samog ostjenjaka (sl. 44C) je veća udubina koja obiluje većim kalcitnim fragmentima i vapnenačkim kršjem te korozijskim udubinama u bočnoj stijeni uslojenih vapnenaca (sl. 44a).



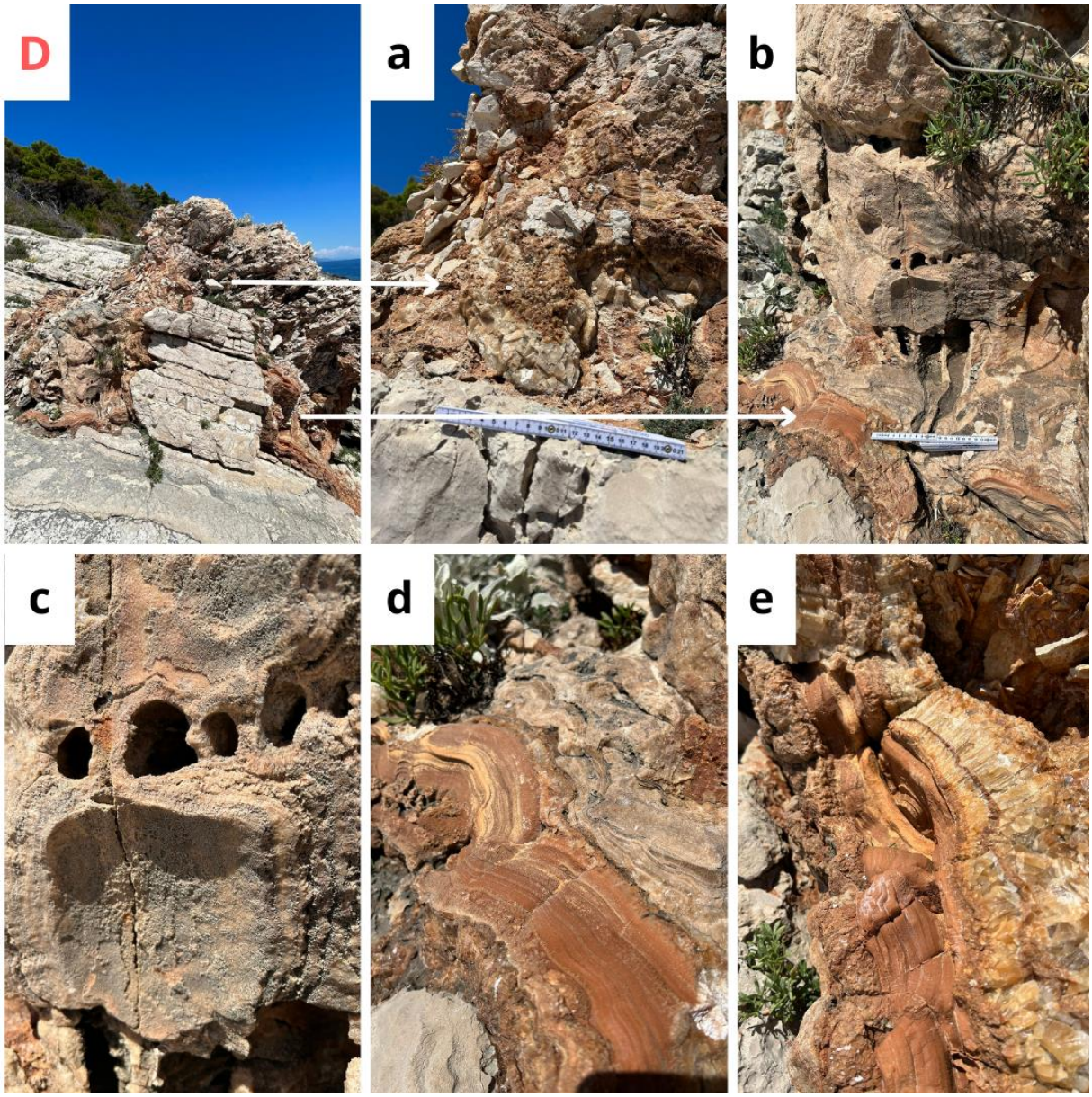
Sl. 43. Elementi gornjeg dijela ostjenjaka južne orijentacije



Sl. 44. Elementi donjeg dijela ostjenjaka južne orijentacije

Sl. 45. Detalji naslaga kalcita u obliku siga

Na zapadnoj strani ostjenjaka (sl. 46D) u vršnom dijelu je vidljiv sloj cementiranog kršja nagnut oko 45° (sl. 46a). U središnjem dijelu nalaze se paralelne manje udubine korozijskog postanka širine 1-4 cm visine oko 2 cm (sl. 46 b i c). Pri samom dnu nalaze se fragmenti laminirane sigovine crvene boje (sl. 46 d i e).



Sl. 46. Elementi donjeg dijela ostjenjaka zapadne orijentacije

5.2.4 Profil 4: Zapad (42° 54' 59'' N, 17° 11 ' 18'' E)

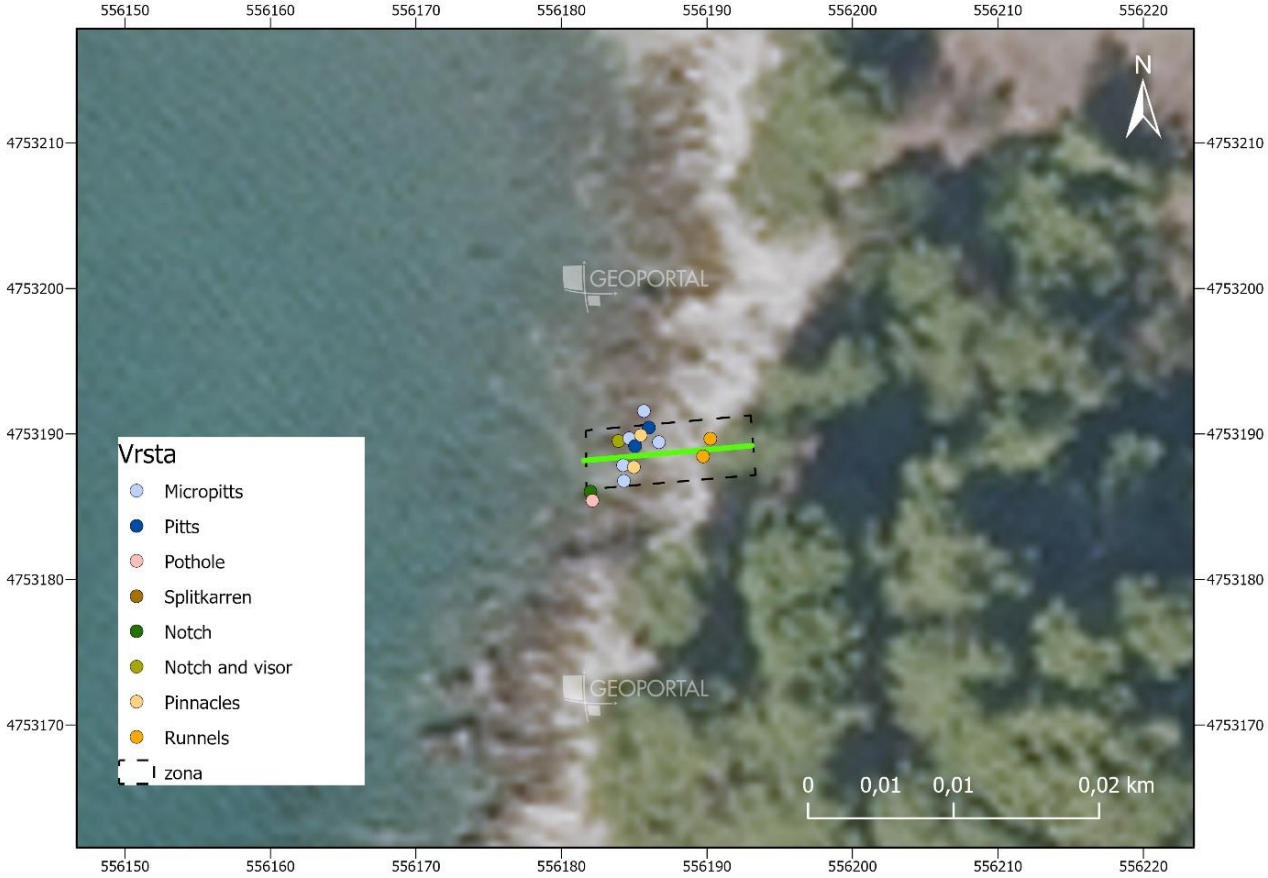
Profil 4 koji se nalazi na zapadanoj obali poluotoka Ražnjića pruža se u pravcu 266° – 86° (sl. 47). U litoralu (zona A na sl. 48) djelovanjem procesa abrazije i korozije nastali usijeci u stijeni formirali su izdvojene dijelove stijena. Oni su ispunjeni manjim depresijama (*pitts*) te im je površina hrapava (tab. 12). S obzirom da se nalaze u zoni litorala prekriveni su algama, barnaklesima i ljubičastim lišajevima (*Verrucaria sp.*). Također, prisutni su i priljepci koji su nastanili pozitivne reljefne oblike na kojima su bioerozijskim djelovanjem stvorili udubine promjera vlastitih skeleta. Navedeni profil je nalik na izbočinu u abrazijski usječenoj uvalici čije bočne strane sadrže horizontalne procjepe tj. *notch* s nadvisujućom stijenom (*visor*) (sl. 49a).

U zoni B dominiraju pozitivna rezidualna uzvišenja tzv. *pinnacles* čiji bridovi su zapravo rubovi manjih depresija (*pitts* i *basin*) (sl. 49c). Nisu izolirani te su visine do 10 cm. Površina u ovoj zoni je blago hrapava sa ponekim *splitkarren*-ima nastali gravticaijskim tečenjem duž blagog nagiba.

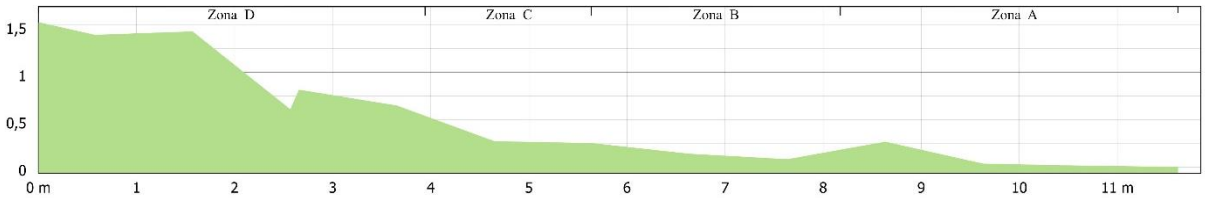
U zoni C prskanje nastalo mlatom valova je dominantan od marinskih utjecaja. Od krških reljefnih oblika prisutne su manje škrape (*basins*) s širinom većom od dubine (W/D >1) s zaravnjenim ili kružnim dnom te stijene idući pema vegetaciji su sve glađe. Na prijelazu iz zone C u D jača terestički utjecaj te se javljaju kanalići nastali primarno djelovanjem oborinske korozije, prisutni su i narančasti lišajevi te motar.

Tab. 12. Prikaz krških reljefnih oblika profila zapadne obale poluotoka Ražnjića (prikaz izrađen po uzoru na Ginés, 2004)

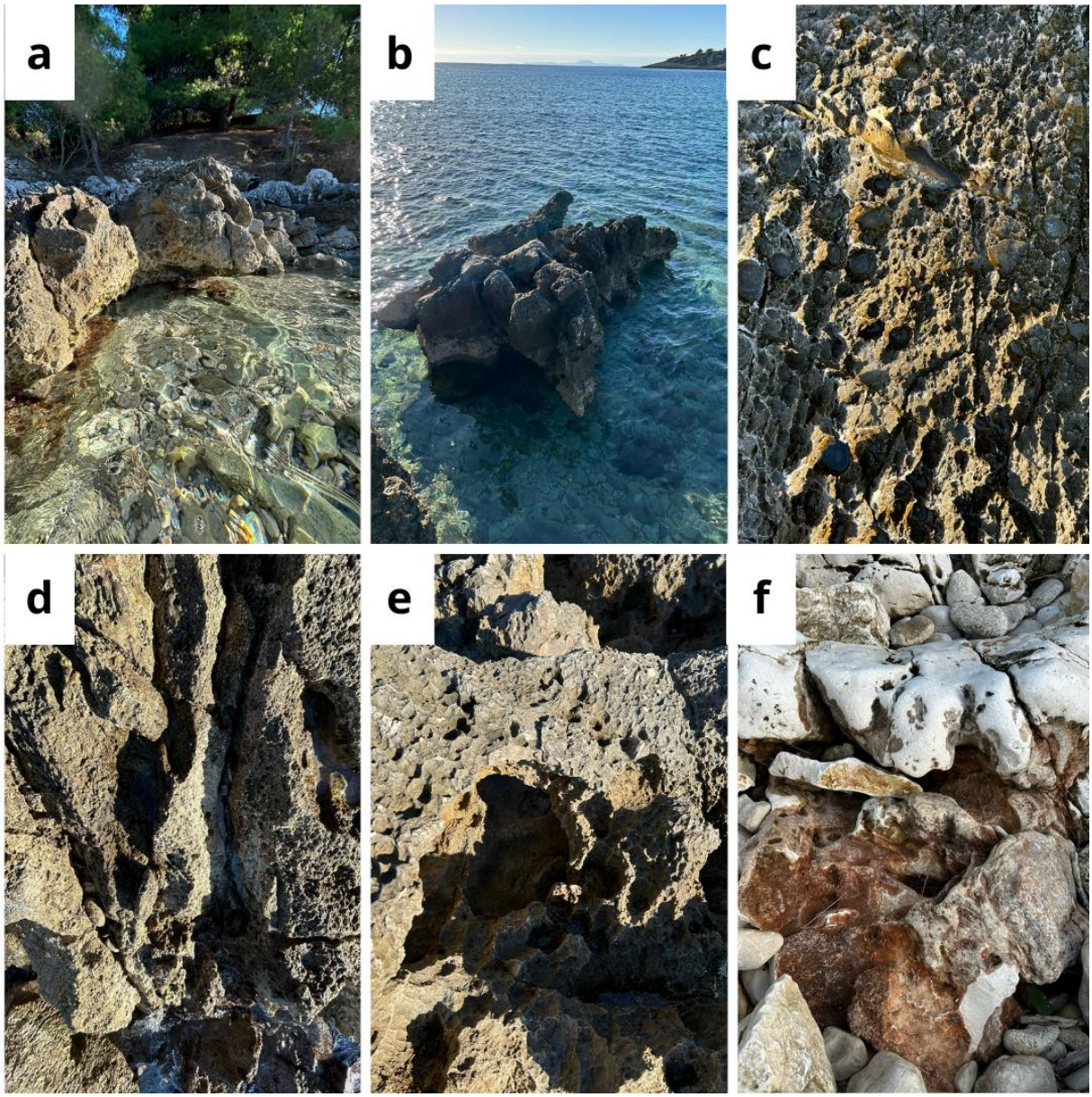
<table>
<tr><th>AGENS</th><th>PROCESI</th><th colspan="6">KRŠKI OBLICI</th></tr>
<tr><td rowspan="2">OBORINE (korozija)</td><td>Mali vodeni filmovi</td><td></td><td colspan="2">Microrills</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Direktan utjecaj kiše / infiltracija</td><td>Micropit -ts</td><td colspan="2">Small pitts</td><td>Runnels</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">VALOVI, VALOVI i MORSKE MIJENE (režim i raspon)</td><td rowspan="2">Abrazija</td><td></td><td></td><td></td><td>Pothole</td><td>Notch i visor</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="4">Solution pans</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Mokrenje i sušenje</td><td></td><td>Irregularly etched surface</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Haloklastija</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">ORGANIZM -I</td><td>Biokorozija</td><td colspan="3" rowspan="2">Cockpit (pitts)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Bioabrazija</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">VELIČINA</td><td>0-1mm</td><td>1mm-1cm</td><td>1-10cm</td><td>10cm-1m</td><td>1-10m</td></tr>
</table>



Sl. 47. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila zapadne obale poluotoka (Profil 4)



Sl. 48. Profil 4 s naznačenom ekološkom zonacijom



Sl. 49. Krški reljefni oblici zapadnog profila svih zona. (a) Notch i visor i (b) Mushroom rock u zoni A; (c) Pitts sa pinnaclesima zona B; (d) Splitkarren; (e) Pothole zona B; (f) Zaglađena površina stijene s kalcitom, zona D

6. Rasprava i zaključak

Prema provedenom istraživanju na 40 prethodno definiranih mjernih točka usporedbom izmjerene duljine poprečnog profila obale koja donekle odražava mikroraščlanjenost reljefa i tlocrtne širine koja predstavlja najkraću udaljenost od ruba vegetacije do razine mora, prosječna razlika dobivenih vrijednosti iznosi 1,75 m. Prema tome dobivene vrijednosti ne bilježe značajne razlike. Najšire obalne zone su na jugu i istoku istraživanog područja i to su duplo šire od sjeverne i zapadne koja je znatno uža. Razlika između dviju širina nam upućuje na energiju reljefa, tamo gdje je duljina poprečnog profila veća od tlocrtne širine tu je mikroraščlanjenost reljefa veća pa tako kod JZ i I obale reljef je raščlanjeniji. Kod približavanja mjernih točki prevlaci gdje geološku podlogu čine kvartarni pijesci u donekle zaštićenoj uvali raščlanjenost reljefa je manja dok prema rtu Ražnjić s obzirom na orijentaciju otvorenijem moru te i samoj vapnenačkoj podlozi energija reljefa je veća.

Razmatranjem generiranih visina te hispometrijske karte utvrđeno je da visine ne prelaze 18 m te da je prosječna visina oko 3,5 m. Najviša obala je južna i dio istočne dok su niže nadmorske visine zabilježene na mjernim točkama na sjevernom, sjeveroistočnom i zapadnom dijelu obale. Što se tiče nagiba on također bilježi sličan trend kao i prethodna morfometrijska obilježja gdje južna i jugoistočna obala bilježe veću strminu terena od sjevera i zapada. Također, najveći nagibi su zabilježeni duž pukotina zbog strmih ploha duž kojih se odvijala denudacija.

Prosjek nagiba čitavog obalnog pojasa koji iznosi 15,4° odgovara kategoriji jako nagnutih terena (prema Demek, 1972). Na temelju svega navedenog te uz podatak da 2/5 obale ima vertikalnu raščlanjenost u rasponu od 1,4 m do 3,3 m po 19 m^2 upućuje na veću energiju reljefa naročito kod obale južne i jugoistočne orijentacije.

Ekspozicija padina obale definirana je s obzirom na glavne i sporedne strane svijeta te je od velikog značaja naročito zbog insolacije i izloženosti dominantnim vjetrovima. To znatno djeluje na temperaturu i vlažnost tog dijela površine što utječe na egzogene procese koje ga oblikuju. Također, o ekspoziciji obala ovisi kojim valovima je obalna zona izložena. Većina obale na istraživanom području čak 2/5 ima južnu i jugoistočnu orijentaciju što upućuje na veću osunčanost i manjak vlažnosti. Uz nedostatak vegetacije i dominantan utjecaj juga (JI vjetar) koji najčešće sa sobom donosi promjene vremena i oborine ima za posljedicu intenzivnije procese korozije rezultirajući formiranjem oborinskih disolucijskih reljefnih oblika. Dok su sjeveroistočno i sjeverno orijentirane padine obale s obzirom na ekspoziciju uglavnom imaju manji stupanj insolacije i veću vlažnost, no, u zimskim mjesecima su izloženi udarima bure i tramuntane čiji valovi u tom period su jaki i imaju veći denundacijski utjecaj na obalu.

Analizom prostornog rasporeda pukotina utvrđeno je da su one najgušće na istočnoj, jugoistočnoj i južnoj obali. Najmanje pukotina imaju sjeverna i zapadna strana, ali s obzirom na njihovu površinu zone imaju najveću gustoću pukotina. Na istočnoj strani obale kod rta Ražnjića evidentirana je izraženija tektonska pukotina koja se proteže od istočne obale, morskim dnom te presijeca sam rt pravcem pružanja (100° – 280°).

Može se pretpostaviti da je ova pukotinska zona nastavak normalnog rasjeda koji se proteže istočnim dijelom otoka Korčule do zaseoka Javić u Općini Lumbarda.

Južna i istočna obala poluotoka Ražnjića odlikuje se višim, širim i strmijim reljefom, što je rezultat pružanja osi antiklinale u smjeru SI–JZ te litološkog utjecaja. Smjenjivanje vapnenačke podloge prema pjeskovitoj neposredno utječe na stupanj djelovanja pojedinih procesa. Zbog toga sjeverna i zapadna obala imaju bolje uvjete za razvoj vegetacije koja raste bliže moru, smanjujući širinu obalne zone te utječe na sporiji razvoj krškog reljefa.

Blizina morskoj vodi povećava intenzitet mehaničkog trošenja, a udaljavanjem i dominacijom terestičkih uvjeta dominira kemijsko trošenje. Taj odnos dvaju različitih utjecaja definira i biološku zonaciju što je vidljivo po npr. boji stijena. Prijelaz iz zone A (zapljuskivanje morskom vodom) je smeđe boje, B i C (udaranje i prskanje valova) tamno sive te je u zoni D svijetlo siva boja okršenih stijena. Prema prethodno navedenoj ekološkoj zonaciji analizirani su reljefni oblici s obzirom na njigovu udaljenost od morske razine (zona A-D) za četiri izdvojena profila različitih orijentacija. Može se zaključiti da se duž cijele obale poluotoka javlja određeni set krških reljefnih oblika koji su uvijek prisutni (s manjim razlikama u dimenziji). To su manje depresije, škrape tzv. *micropitts*, *pitts* (engl.) te veće *pothole* i *solution pan*. Od kanalastih oblika najprisutniji su *splitkarreni*. Iako profil južne orijentacije ima sve hidrodinamičke zone utjecaja najveće, ne obiluje previše reljefnim oblicima u zoni zapljuskivanja (A). To je vjerojatno posljedica šire obale i većeg nagiba te južne orijentacije koja zbog insolacije i južnih vjetrova je više podložna kemijskom nego mehaničkom trošenju. U zoni B i C na vapnenačkoj ploči razvili su se *splitkarreni* i *mircropittsi* koji su nastali prskanjem morske vode. Zona D bogata je podzemnim krškim oblicima koji su na površinu izbili vrlo vjerojatno kemijskom denudacijom karbonatne krovine. Činjenica da na propusnoj karbonatnoj podlolozi je moguće stvaranje kraćih, periodičnih vodenih tokova objašnjava bogatstvo podzemnih krških oblika u ovoj zoni. Ekološke zone A-C istočne obale otprilike su jednake širine, oko 5 m dok je zona D dva puta veća. Osim sličnih širina reljef obale je na prvi pogled poprilično ujednačen. Hrapav je s jasno vidljivom ekološkom zonacijom te tvori kompleksne krške obalne platforme (*shore platform karrenfellds*). Na JI dijelu istočne obale nagibi su veći, veća je i gustoća pukotina, no površina stijena je poprilično ravna i relativno glatka. Odmicanjem prema rtu Ražnjić stijene

su hrapavije i više izbrazdane što je možda posljedica otvorenosti prema SI i snažnim udarima bure i njihovih mehaničkih djelovanja. Sjeverna i zapadna obala s obzirom na njihovu zaklonjenost i blizini prijelaza vapnenačke podloge prema pjeskovitoj, manje su širine, manjih nagiba te su im dominantni oblici horizontalni procjepi (engl.) *notch* koji najčešće nastaju kao rezultat izmjene plime i oseke čije mehaničko trošenje u zatvorenim bazenima je intenzivnije. Također, česti oblici su škrape, disolucijski bazeni i manja rezidualna uzvišenja tzv. *pinnacles* (engl.). Između ostalog, duž određenih pukotina, a zahvaljujući njihovim dugotrajnim proširivanjem razvilo se je nekoliko manjih šljunčanih žala širine od 1,5 – 4 m.

Na temelju svega navedenog može se zaključiti da iako se radi o relativno manjoj površini krške obale, svaka zona (definirana s obzirom na strane svijeta) bilježi određene razlike u izgledu i obliku krških reljefnih oblika. S obzirom na bogatstvo i jedinstvenost reljefnih formi od iznimne je važnosti prepoznati ovu vrstu reljefa, istraživati je i po potrebi zaštititi.

7. Literatura

1. Bird, E. (2008). Coastal Geomorphology: An Introduction. Second Edition. Wiley, 13-37.
2. Bögli, A. (1951). Probleme der Karrenbildung. Geogr Helv 3:191–204
3. Bögli, A. (1960). Kalklösung und Karrenbildung. Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband 2:4–21
4. Bognar, A. (2001). Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34 (1999), Zagreb, 7-26.
5. Bonacci, O., Ljubenkov, I. i Knezić, S. (2012). The water on a small karst island: the island of Korčula (Croatia) as an example. Environ Earth Sci 66, 1345–1357. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1345-9
6. Bosboom, J. i Stive, M. (2021). Coastal Dynamics. 10.5074/T.2021.001.
7. Bosence, D. W. J. (1973). Recent serpulid reefs, Connemara, Eire. Nature 242:40–41
8. Chaix, E. (1895). Contribution a l'etude des lapies: la topographie du desert de Plate. Le Globe 34: 67–108
9. Corbel, J. (1952). Les lapiaz marins. Revue Géographique de Lyon 37:379–380
10. Cvijić, J. (1924). The evolution of lapi ´ es: a study in karst ´ physiography. Geogr Rev 14:26–49
11. Dalongeville, M. (1977). Formes littorales de corrosion dans les roches carbonatées au Liban: Etude morphologique. Méditerranée 3:21–33
12. Dean, S., Pappalardo, M., Felja, I., Juračić, M. i Boschian, G. (2020). Karst Landforms and Prehistoric Settlement Patterns: A Case Study From Korčula Island (Croatia). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 43 (1), 31-43, doi:10.4461/ GFDQ.2020.43.3.
13. Drempetić, D. (2019). GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE PLEISTOCENSKIH PIJESAKA JUŽNOG JADRANA, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, (https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:117122, 24.11.2024.)
14. Emery, K.O. (1946). Marine solution basins. J Geol 54: 209–228
15. Fairbridge, R. W. (1982). Karst coast. In: Schwartz ML (ed) The encyclopedia of beaches and coastal environments. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, 500–502
16. Faivre, S. i Butorac V. (2018). Recently submerged tidal notches in the wider Makarska area (Central Adriatic, Croatia). *Quaternary International*, Volume 494., 225–235, ISSN 1040-6182, https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.07.020.
17. Focke, J. W. (1978). Limestone cliff morphology on Curaçao (Netherlands Antilles), with special attention to the origin of notches and vermetid/coralline algal surf benches ("corniches", "trottoirs"). Zeitschrift für Geomorphologie N.F. 22:329–349

18. Folk, R., Roberts, H. i Moore, C. (1973). Black phytokarst from hell, Cayman Islands, British West Indies. Geol Soc Am Bull 84:2351–2360
19. Ford, D. and Williams, P.W. (1989). Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman,London/Boston. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7778-8
20. Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Wolfgang, D. (2010). Karst Rock Features. 10.3986/9789610502968.
21. Guilcher, A. (1953). Essai sur la zonation et la distribution des formes littorals de dissolution du calcaire. Ann Geogr 62:161–179
22. Hidrografski institut Republike Hrvatske - Split (2002). Peljar za male brodove, ISBN 953-6165-25-2
23. Horvat, J. i Mijoč, J. (2012.): Osnove statistike, Naklada Ljevak, Zagreb.
24. Jennings, J. N. (1971). Karst. Australian National University Press, Canberra, 252
25. Kalogjera, D. (1975). Otok Korčula: Pelješka rivijera, Grafički zavod Hrvatske.
26. Katalinić, M. (2019). 'Modeliranje vjetrovnih valova u Jadranskome moru za primjene u brodogradnji i pomorstvu', Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, citirano: 15.02.2025., https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:346677
27. Korolija, B., Borović, I., Grimani, I., Marinčić, S., Jagačić, T., Magaš, N. i Milanović, M. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za listove Lastovo K33–46, Korčula K 33–47, Palagruža K 33–57. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1968); Savezni geološki institut, Beograd, 1-47, 53 str.
28. Krklec, K., Ljubenkov, I., i Bensa, A. (2011). *Prirodni resursi otoka Korčule*, Geoadria, 16(1), str. 3-25. (https://doi.org/10.15291/geoadria.259, 22.11.2024.)
29. Lace, M. J. i Mylroie, J. E. (2013). *Coastal Karst landforms*, Springer.
30. Ley, R. G. (1977). The influence of lithology on marine karren. Abhandlung zur Karst und Höhlenkunde 15: 81–100
31. Ley, R. G. (1979). The development of marine karren along the Bristol Channel Coastline. Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband 32:75–89
32. Lundberg, J. (2009). Coastal karren. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds) Karst rock features – karren sculpturing. Carstologia 9. Založba ZRC/ZRC Publishing, Ljubljana, pp 249–264
33. Macfadyen, W. A. (1930). The undercutting of coral reef limestone on the coasts of some Islands in the Red Sea. Geogr J 75:27–34
34. Malis, C. P. i Ford, D. C. (1995). Littoral karren along the western shore of Newfoundland. Geol Soc Am, Abstracts with Programs 27(6):A9–A56

35. Martel, E. A. (1921). Nouveau traité des eaux souterraines. Doin, Paris, 838
36. Masselink, G., Hughes, M., i Knight, J. (2014): *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology.* Second edition ed., Routledge
37. Monroe, W. H. (1970). A glossary of karst terminology, Water supply paper, 1899-K. USGS, Washington, 1–2
38. Pikelj, K., i Juračić, M. (2013). Eastern Adriatic coast (EAC): Geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. Journal of Coastal Research, 29(4), 944–957. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208. (https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00136.1, 24.11.2024.)
39. Popisane osobe, kućanstva i stambene jedinice, prvi rezultati popisa 2021. po naseljima, DZS, Zagreb, *www.dzs.hr* (https://popis2021.hr/, 22.11.2022.)
40. Shepard, F.P., (1963). Submarine geology. Second ed., New York: Harper i Row.
41. Sunamura, H. (1992). Coastal Geomorphology: A Study of Landforms and Processes. New York: Wiley.
42. Surić, Maša. (2017). Rekonstruiranje promjena morske razine na istočnoj obali Jadrana (Hrvatska) – pregled. Geoadria. 14. 181. 10.15291/geoadria.550.
43. Sweeting, M. M. (1972). Karst landforms. Macmillan/ Columbia University Press, London/New York
44. Šegota T. i Filipčić, A. (1996.): Klimatologija za geografe, Školska knjiga, Zagreb, 272, 274, 276
45. Šegota, T., i Filipčić, A. (2003). Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, *Geoadria*, 8(1), str. 17-37. https://doi.org/10.15291/geoadria.93
46. Torunski, H. (1979). Biological erosion and significance for the morphogenesis of limestone coasts and for nearshore sedimentation (Northern Adriatic). Senckenbergiana Maritima 11:193–265
47. Trimmel, H. (1965). Speläologisches Fachwörterbuch. Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, Wien, 109
48. URL 1: https://www.visitkorcula.eu/cro/prirodna-bastina.html, 24.11.2024.
49. URL 2: https://www.hhi.hr/vijesti/rekordni-valovi-na-hrvatskoj-obali-jadrana, 19.02.2025.
50. URL 3: http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geol%20mora%2006%20fizicka.pdf, 14.02.2025
51. URL 4: https://adriaticsea.hhi.hr/public-stations/station?id=2&designation=ST0, 03.01.2025.
52. URL 5: https://www.korcula.hr/o-korculi/prirodno-geografske-znacajke/, 26.12.2024.

53. URL 6: https://www.britannica.com/science/peninsula, 08.12.2024.
54. Viles, H. A. (1984). Biokarst: review and prospect. Prog Phys Geog 8:523–542
55. Wentworth, C. K. (1944). Potholes, pits and pans, subaerial and marine. J Geol 52:117–130
56. Wright, M. i Thom, B.G., (1977). Morphodynamics of the Coastal Zone. U: R. E. Bailey, ed. Coastal Geomorphology in Australia. Melbourne: Academic Press,1-20.

8. Izvori

1. Digitalni ortofoto (DOF) 1:5000 2021/2022, Digitalni ortofoto (DOF) 1:5000 2023, Topografska karta 1:25000 (TK25), Državna geodetska uprava RH (DGU), https://geoportal.dgu.hr/#/menu/podaci-i-servisi, 03.01.2025.
2. Digitalni model reljefa (DEM) veličina jedinične ćelije 1 x 1 m, Baza prostornih podataka Geografskog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
3. Korolija, B., Borović, I., Grimani, I. i Marinčić, S. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Korčula L33–47. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1967–1968); Savezni geološki institut, Beograd (1975).
4. Vektorski sloj granica država, https://diva-gis.org/data.html, 05.01.2025
5. https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_EUR_PHY_L4_NRT_008_060/descridescr, 10.01.2025.

9. Prilozi

Popis grafičkih priloga

Sl. 1. Otok Korčula 5
Sl. 2. Primjer prikaza dominantni krški reljfni oblici prema ekološkoj zonaciji, preuzeto iz Gómez-Pujol i Fornós (2010) 9
Sl. 3. Geomorfološka regionalizacija otoka Korčule prema Bognaru, 2001 12
Sl. 4. Položaj istraživanog područja 13
Sl. 5. Kartografski prikaz litoloških jedinica poluotoka Ražnjića 14
Sl. 6. Prikaz prostornog rasporeda mjernih točaka 17
Sl. 7. Usporedba duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale po mjernim točkama 19
Sl. 8. Razlika duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale po mjernim točkama 19
Sl. 9. Hipsometrijska karta istraživanog područja 20
Sl. 10. Odnos visine obale i njena orijentacija po mjernim točkama 22
Sl. 11. Prosječna, maksimalna i minimalna visinska vrijednost prema orijentaciji obale 22
Sl. 12. Površina i udio površine po razredima nagiba obale 24
Sl. 13. Kategorije i prostorni obuhvat nagiba padina obale prema Demek, 1972. 25
Sl. 14. Nagib poluotoka Ražnjića s istaknutim dijelom JJI obale ispresijecane pukotinama 25
Sl. 15. Vertikalna raščlanjenost reljefa poluotoka Ražnjića s naznačenim obalnim dijelom 27
Sl. 16. Graf ekspozicije padina prema prostornom udjelu u istraživanom području 28
Sl. 17. Karta ekspozicije padina istraživanog područja s naznačenim obalnim dijelom 29
Sl. 18. Fotografija slojnih pukotina (I obala poluotoka Ražnjića) 30
Sl. 19. Kartografski prikaz pukotina po obalnim zonama s obzirom na orijentaciju 30
Sl. 20. Kartografski prikaz smjera nagiba pukotina duž obale poluotoka Ražnjića 31
Sl. 21. Utjecaj pukotine kod rta Ražnjić na oblikovanje obalnog reljefa 32
Sl. 22. Rasjedna pukotina na poluotoku Ražnjiću (A) i nastavak istog rasjeda na rtu Ražnjić (B) 33
Sl. 23. Ulaz u podmorsku špilju kod rasjedne pukotine (11.01.2025.) 33
Sl. 24. Karakteristični morfološki profili obalne zone istraživanoga područja 34
Sl. 25. Profil 1: Sjever 35
Sl. 26. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž sjevernog profila (Profil 1) 36
Sl. 27. Profil 1 s naznačenom ekološkom zonacijom 37
Sl. 28. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona A. 38
Sl. 29. Krški reljefni oblik *pothole* sjevernog profila, zona A s detaljima. 39
Sl. 30. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona B. 41

Sl. 31. Krški reljefni oblici sjevernog profila, zona C - D. 42
Sl. 32. Profil 2: Istok 44
Sl. 33. Profil 2 s naznačenom ekološkom zonacijom 44
Sl. 34. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila istočne obale poluotoka (Profil 2) 45
Sl. 35. Krški reljefni oblici istočnog profila, zona A. 46
Sl. 36. Krški reljefni oblici istočnog profila, zona B – D. 47
Sl. 37. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila južne obale poluotoka (Profil 3) 48
Sl. 38. Profil 3 s naznačenom ekološkom zonacijom 49
Sl. 39. Krški reljefni oblici južnog profila, zona A. 50
Sl. 40. Krški reljefni oblici južnog profila, zone B i C 51
Sl. 41. Krški reljefni oblici južnog profila, zona D. 52
Sl. 42. Elementi ostjenjaka istočne orijentacije 54
Sl. 43. Elementi gornjeg dijela ostjenjaka južne orijentacije 55
Sl. 44. Elementi donjeg dijela ostjenjaka južne orijentacije 56
Sl. 45. Detalji naslaga kalcita u obliku siga 57
Sl. 46. Elementi donjeg dijela ostjenjaka zapadne orijentacije 58
Sl. 47. Kartografski prikaz položaja reljefnih oblika duž profila zapadne obale poluotoka (Profil 4) 60
Sl. 48. Profil 4 s naznačenom ekološkom zonacijom 60
Sl. 49. Krški reljefni oblici južnog profila svih zona. 61

Popis tablica

Tab. 1. Usporedba duljine poprečnog profila obale i tlocrtne širine obale 18
Tab. 2. Visinski podatci prema orijentaciji pojedinih mjernih točaka 21
Tab. 3. Površina i udio površine po razredima nagiba obale 23
Tab. 4. Kategorije i prostorni obuhvat nagiba padina obale prema Demek, 1972. 24
Tab. 5. Površina i udio površine po razredima vertikalne raščlanjenosti obale 26
Tab. 6. Kategorije i prostorni obuhvat ekspozicije padina obalne zone 28
Tab. 7. Gustoća, udio i broj pukotina prema orijentaciji obalnih zona 31
Tab. 8. Metrijska obilježja profila 34
Tab. 9. Prikaz krških reljefnih oblika profila sjeverne obale poluotoka Ražnjića 40
Tab. 10. Prikaz krških reljefnih oblika profila istočne obale poluotoka Ražnjića 45
Tab. 11. Prikaz krških reljefnih oblika profila južne obale poluotoka Ražnjića 49
Tab. 12. Prikaz krških reljefnih oblika profila zapadne obale poluotoka Ražnjića 59