

Paleontološke i sedimentološke značajke dva krpasta grebena u mastrihtskim i paleocenskim karbonatnim naslagama uvale Likva, otok Brač (Hrvatska)

Jurić, Sonja

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:643111>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-27**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Sonja Jurić

**PALEONTOLOŠKE I SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE DVA
KRPASTA GREBENA U MASTRIHTSKIM I PALEOCENSKIM
KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ
(HRVATSKA)**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Sonja Jurić

**PALEONTOLOŠKE I SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE DVA
KRPASTA GREBENA U MASTRIHTSKIM I PALEOCENSKIM
KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ
(HRVATSKA)**

Diplomski rad
Predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistra geologije

Mentor:

doc. dr. sc. Maja Martinuš

Zagreb, 2021.

ZAHVALE:

Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. sc. Maji Martinuš, na stručnoj pomoći, vrijednim savjetima i bezrezervnoj podršci tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Hvala svim profesorima i asistentima na Geološkom odsjeku.

Veliko hvala mojoj obitelji koja je uvijek uz mene.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

PALEONTOLOŠKE I SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE DVA KRPASTA GREBENA U MASTRIHTSKIM I PALEOCENSKIM KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ (HRVATSKA)

SONJA JURIĆ

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Sažetak: U gornjokrednom i paleocenskom dijelu slijeda uvale Likva nalazi se nekoliko dobro očuvanih razina koraljno-stromatoporoidnih grebena. Unutar grebena uočeni su različiti trošni ostaci koji se morfološki mogu grupirati u dvije skupine. Prva skupina predstavlja domaste forme sa strukturama nalik „prstima“ koji najvjerojatnije pripadaju koraljima, a druga skupina su nepravilne i kuglaste forme koje se nalaze oko domastih formi ili zasebno i vjerojatno pripadaju spužvama (najvjerojatnije stromatoporoidima). Prilikom terenskog istraživanja u listopadu 2020. godine, detaljno su istražene dvije grebenske razine unutar slijeda Likva: jedna unutar mastrihtskog i jedna unutar paleocenskog dijela slijeda. Novo prikupljeni uzorci, kao i oni prikupljeni na ranijim istraživanjima, korišteni su za paleontološke i sedimentološke analize. Analiza mikroskopskih izbrusaka omogućila je određivanje i interpretaciju dijagenetskih i mikrofacijesnih značajki karbonatnih stijena. Ostaci organizama i sediment pronađeni u obje grebenske razine su slični, što govori u prilog relativno brzom uspostavljanju povoljnih uvjeta za razvoj istih nakon izumiranja na kraju krede.

Ključne riječi: koralji, krpasti grebeni, mastriht, paleocen, stromatoporoidne spužve

Rad sadrži: 57 + VIII stranica, 55 slika, 37 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Mentor: doc. dr. sc. Maja Martinuš

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Maja Martinuš, prof. dr. sc. Jasenka Sremac, mr. sc. Dražen Kurtanjek

Datum završnog ispita: 26.02.2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master's Thesis

PALEONTOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TWO PATCH REEFS IN THE MAASTRICHTIAN AND PALAEOCENE CARBONATES OF THE LIKVA COVE, THE ISLAND OF BRAČ (CROATIA)

SONJA JURIC

Thesis completed in Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia.

Abstract: In the Upper Cretaceous and Palaeocene part of the Likva Cove section, there are several well-preserved levels of coral-stromatoporoid reefs. Within the reefs, various weathered remains have been observed and morphologically grouped in two groups. The first group represents domal forms with „finger-like“ structures which most likely belong to corals, and the second group represents irregular and bulbous forms which are found around the domal forms and likely belong to sponges (probably stromatoporoids). During field research in October 2020, two reef levels within the Likva section were investigated in detail: one reef from the Maastrichtian and one from the Palaeocene part of the section. Newly taken samples, as well as samples collected from previous investigations, were used for palaeontological and sedimentological analyses. Analysis of microscopic thin sections enabled the determinations and interpretations of diagenetic and microfacies characteristics of carbonate rocks. The remains of organisms and sediment found in both patch reef levels are similar, which implies of the relatively rapid establishment of favourable conditions for their development after the extinction at the end of the Cretaceous.

Keywords: corals, Maastricht, Palaeocene, patch reefs, stromatoporoid sponges

Thesis contains: 57 + VIII pages, 55 figures, 37 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science, University of Zagreb

Supervisor: Ph.D, Maja Martinuš, Asist Prof

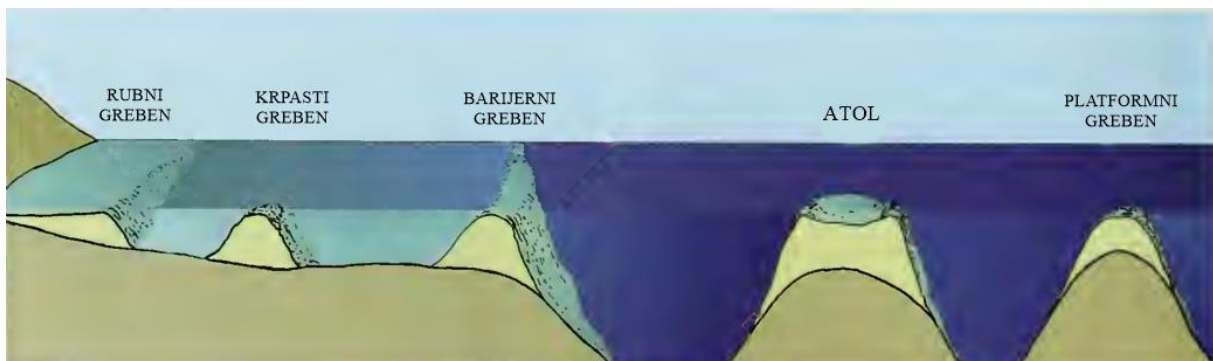
Reviewers: Ph.D, Maja Martinuš, Asist Prof; Ph.D, Jasenka Sremac, Full Prof; M. Sc. Dražen Kurtanjek, Senior Lecturer

Date of the final exam: February 26, 2021

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA | 5 |
| 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 9 |
| 3.1. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA NA OTOKU BRAČU | 9 |
| 3.2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA GREBENA I GREBENOTVORNIH ORGANIZAMA | 10 |
| 3.2.1. Koralji | 10 |
| 3.2.2. Stromatoporoidne spužve | 12 |
| 4. METODE ISTRAŽIVANJA | 16 |
| 4.1. TERENSKIE METODE | 16 |
| 4.2. LABORATORIJSKE METODE | 16 |
| 5. REZULTATI | 17 |
| 5.1. LITOLOŠKI OPIS I STAROST NASLAGA SLIJEDA LIKVA | 17 |
| 5.1.1. Litologija | 17 |
| 5.1.2. Starost naslaga | 20 |
| 5.2. OPIS GREBENSKIH RAZINA | 21 |
| 5.2.1. Greben u vršnom dijelu mastrihtskih naslaga Likve | 21 |
| 5.2.1.1. Sedimentološke značajke | 21 |
| 5.2.1.2. Paleontološke značajke | 27 |
| 5.2.2. Greben u baznom dijelu paleocenskih naslaga Likve | 32 |
| 5.2.2.1. Sedimentološke značajke | 32 |
| 5.2.2.2. Paleontološke značajke | 37 |
| 5.2.2.3. Karta paleocenskog grebena | 44 |
| 6. RASPRAVA | 45 |
| 6.1. TALOŽNI OKOLIŠI I STAROST SLIJEDA LIKVA | 45 |
| 6.2. TALOŽNI OKOLIŠI GREBENA | 46 |
| 6.2.1. Taložni okoliši mastrihtskog grebena | 46 |
| 6.2.2. Taložni okoliši paleocenskog grebena | 47 |
| 6.3. GREBENSKI ORGANIZAMI | 48 |
| 6.4. USPOREDBA S MODERNIM KORALJNIM GREBENIMA | 48 |
| 6.4.1. San Salvador, Bahami | 50 |
| 6.4.2. Florida Keys | 51 |
| 6.4.3. Belize, Karibi | 52 |
| 7. ZAKLJUČAK | 54 |
| 8. LITERATURA | 55 |
| 9. POPIS SLIKA U TEKSTU | VI |

1. UVOD

Biološki grebeni su strukture koje se sastoje od ostataka koralja, alga i drugih organizama s karbonatnim vanjskim ili unutrašnjim kosturom (Županović, 1995). Nastaju unutar 30° sjeverne i južne zemljopisne širine od ekvatora u toplim, plitkim, sunčanim morima koja nemaju mnogo suspendiranog sedimenta. Prema obliku i nastanku, razlikuje se par tipova grebena, a to su rubni, krpasti, barijerni i platformni grebeni te atoli (slika 1). Rubni se grebeni protežu duž obale većeg kopna ili nekog otoka, od obale su odvojeni uskim, plitkim lagunama (CORAL REEF ALLIANCE, 2020), a ujedno su i najzastupljeniji tip grebena. Barijerni grebeni su također paralelni u odnosu na obalu, no od nje su odvojeni širim, dubljim lagunama. Krpasti grebeni su manji, izolirani grebeni koji se uglavnom javljaju između rubnih i barijernih grebena. Veličina krpastih grebena je promjenjiva, a rijetko dosegnu površinu vode. Atoli su niski polukružni ili prstenasti koraljni grebeni koji zatvaraju plitku lagunu. Platformni grebeni nemaju nikakvu poveznicu s obalom, a uglavnom se nalaze na većim dubinama od ostalih tipova grebena (CORAL DIGEST, 2020).



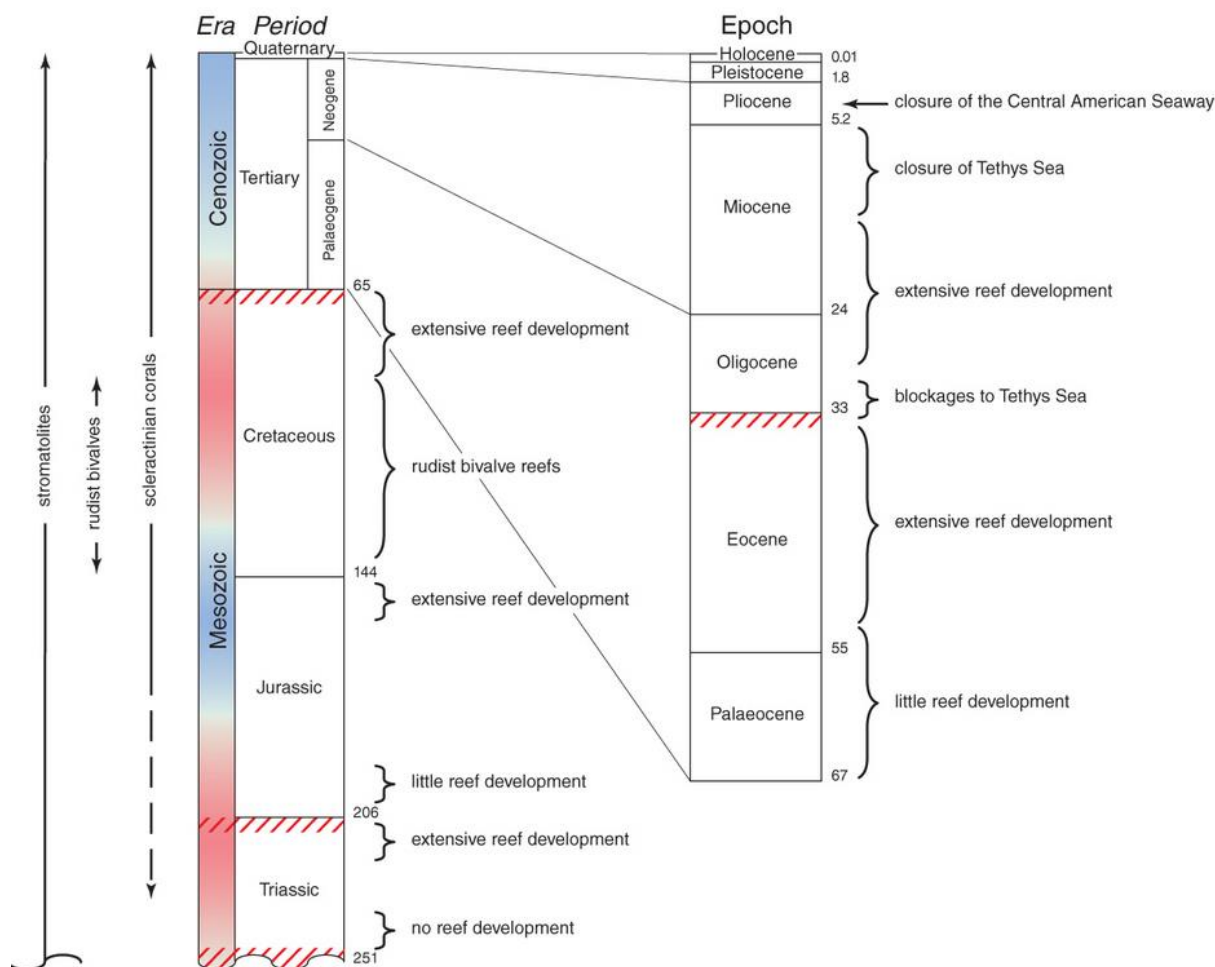
Slika 1 Tipovi koraljnih grebena (izmijenjeno prema Spalding et al., 2001).

Tijekom geološke prošlosti, koralji nisu bili glavni graditelji svih grebena. Mnoge drevne grebene, posebno one iz paleozoika, nisu gradili samo koralji, već široka lepeza drugih organizama, uključujući alge, spužve i mekušce. Iako su koraljni grebeni uglavnom izgrađeni od kalcijevog karbonata dobivenog iz koralja, koralji nisu u mogućnosti samostalno graditi grebene. Simbionti koralja su jednostanične žuto-smeđe alge, zooksantele, koje im omogućavaju organske hranjive tvari. Takve alge rastu u plitkom, turbulentnom, dobro osvijetljenom okruženju. Zbog masivnih nakupina vapnenca, grebeni pružaju dobar fosilni zapis iz kojeg se može rekonstruirati njihova dugačka povijest. Unatoč tome, zapis je daleko

od savršenog, izmijenjenog u većoj ili manjoj mjeri kasnijim geotektonskim procesima i diferencijalnom fosilizacijom sastavnih organizama (CORALS OF THE WORLD, 2020).

Mezozoik je bilo razdoblje povoljnih uvjeta za razvoj grebena i grebenolikih struktura, a najčešći su bili u mlađim dijelovima trijasa, jure i krede. Početkom krede, prije 145 milijuna godina, došlo je do sve drastičnijih promjena u zajednicama koralja. Rudisti su postali dominantni i ostali takvi idućih 30 milijuna godina. U tom intervalu, koralji s algama su koegzistirali s rudistima, no uglavnom zasebni i na malo dubljim staništima. U usporedbi s koraljima, rudisti su imali manju količinu aragonita u svojim ljušturama, te su vjerojatno mogli bolje preživjeti kiseli stanja oceana od koralja. Kasna kreda bila je vrijeme ekstremnih promjena razine mora, čije posljedice za grebene nisu poznate, no neprestano mijenjanje morske razine imalo bi veliki utjecaj na zajednice koralja. Krajem mezozoika, topla klima koja je vladala kredom započela je dug i nepravilan pad prema glacijalnom modusu (CORALS OF THE WORLD, 2020).

Najpoznatije izumiranje u povijesti Zemlje desilo se krajem krede, na prijelazu iz mastrihta (posljednjeg doba krede) u paleocen. Najpoznatije jer je zahvatilo i najspektakularnije organizme kao što su bili dinosauri. Osim njih, izumrli su amoniti, morski gmazovi, leteći gmazovi, rudisti te mnogobrojne vrste školjkaša, koralja, briozoja i velikih foraminifera. Razlog izumiranju bio je udar asteroida na području Yucatana. Velika količina prašine, vodene pare i ugljikovog dioksida koja se oslobodila pri udaru, mogla je kroz tisuće godina znatno umanjiti sunčevu svjetlost, bitno hladeći površinu Zemlje, a što je dovelo do nestanka većine biljaka, čime su nestali i biljojedni dinosauri, a posljedično, i mesojedni. Krednim izumiranjem najviše su profitirali koralji koji su obnovili svoj primat u izgradnji grebena, a koji su izgubili sredinom krede kada su prevlast preuzeli rudisti. No, paleocenski koraljni grebeni nisu baš česti u taložnim sljedovima jer su paleocenske naslage iz tropskog pojasa vrlo rijetko sačuvane. Eocenski grebeni uglavnom su slabo očuvani (slika 2) (CORALS OF THE WORLD, 2020).



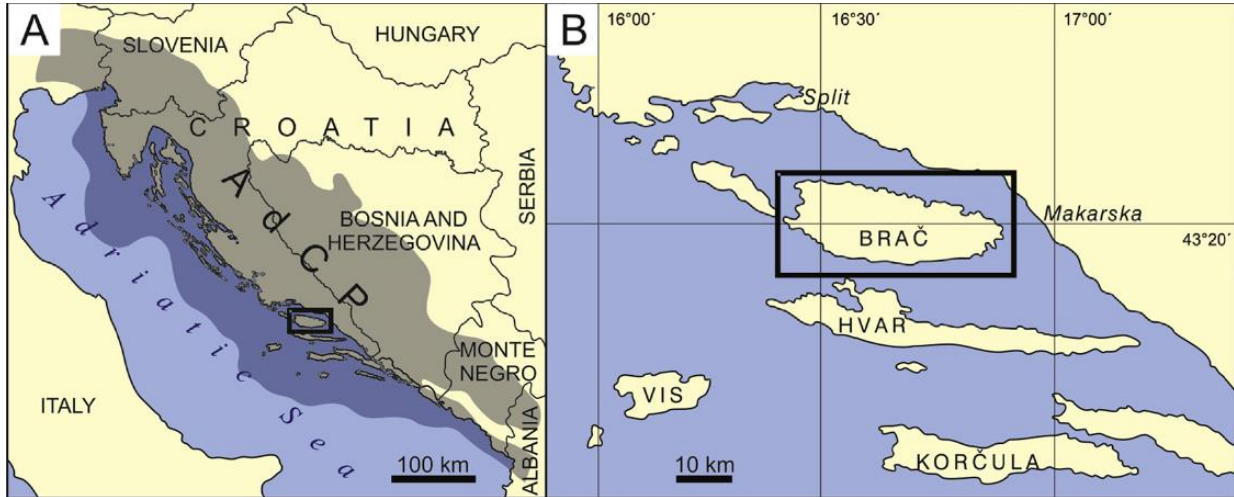
Slika 2 Mezozojska i kenozojska era. Sažetak razvoja grebena tijekom evolucije skleraktinijskih (kamenih) koralja. Boje stupaca označavaju glavne cikluse globalnih zatopljenja (crvena) i zahlađenja (plava). Glavna masovna izumiranja označena su crvenim kosim linijama. Geološka dugovječnost glavnih skupina grebenotvoraca naznačena je slijeva. Glavni geološki događaji u izgradnji grebena su sažeti s desne strane (preuzeto iz Veron et al., 2016).

Uvala Likva na otoku Braču poznata je kao područje gdje je sačuvana jedna od najpoznatijih geoloških granica između stijena nastalih na prijelazu iz doba dinosaura (mezozoik) u doba sisavaca (kenozoik), odnosno perioda najmlađe krede i najstarijeg paleogena (GUŠIĆ & JELASKA, 1990). U Likvi je granica, odnosno kontakt najmlađih krednih i najstarijih paleocenskih stijena, obilježena 14 cm debelim slojem litificiranog zrnastog vapnenca nastalog u plitkomorskim uvjetima pod utjecajem oluja (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Budući da dio te uvale predstavlja rijedak primjer slijeda bazalnih paleocenskih vapnenaca koji prekrivaju mastrihtske plitkomorske vapnenice s dokazanom K/Pg granicom, odnosno kontaktom (KORBAR et al., 2017; CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020), u kojima je uočeno više razina s ostacima grebenskih organizama koji do sada nisu

detaljnije proučavani, cilj ovog rada je istražiti i opisati paleontološke i sedimentološke značajke jednog krpastog grebena u mastrihtskim i jednog u paleocenskim naslagama.

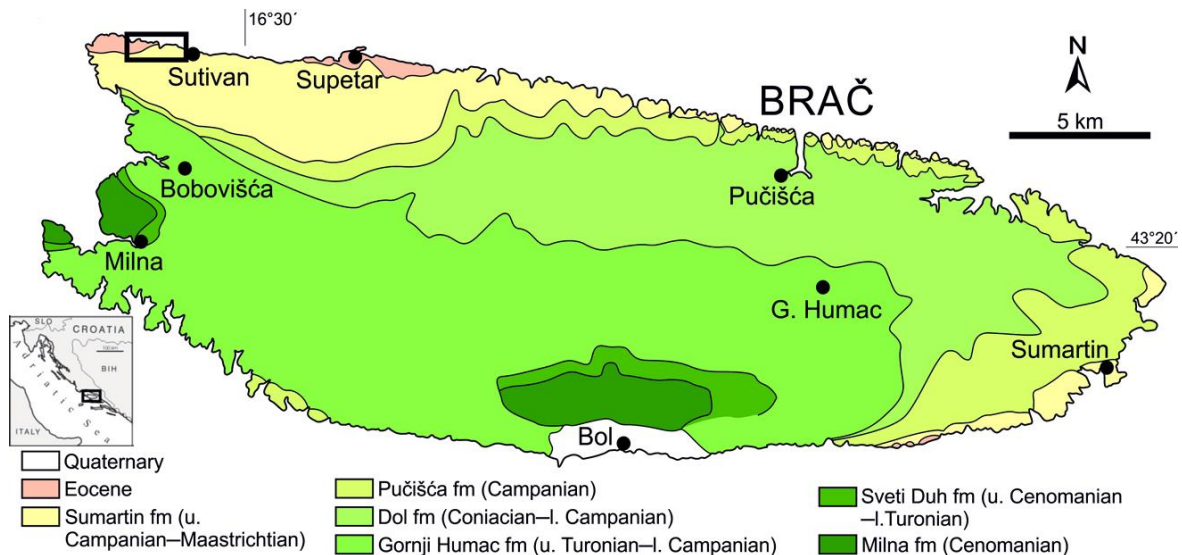
2. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Otok Brač najveći je srednjodalmatinski otok i smješten je u središnjem dijelu istočne jadranske obale (slika 3).



Slika 3 A, B: Geografska karta položaja otoka Brača u Hrvatskoj (izmijenjeno prema Cvetko Tešović et al., 2020).

Glavnu strukturu otoka Brača čini kosa antiklinala pružanja istok-zapad, koja je izgrađena od naslaga nastalih na nekadašnjoj Jadranskoj karbonatnoj platformi, na kojoj su se u plitkom, toplom moru taložile karbonatne stijene (VLAHOVIĆ et al., 2005) (slika 4).

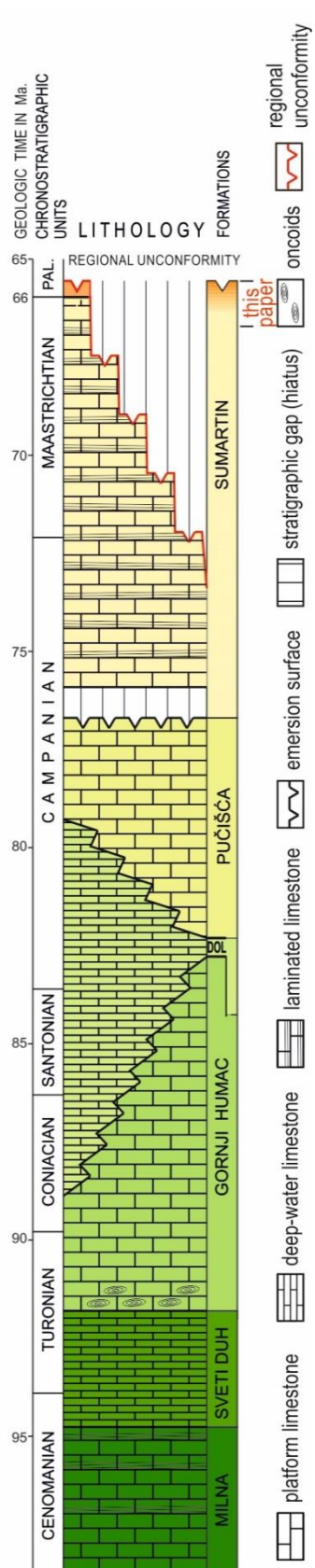


Slika 4 Geološka građa otoka Brača s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama i označenim lokalitetom istraživanja u uvali Likva (izmijenjeno iz Cvetko Tešović et al., 2020).

Tijekom dugog razdoblja geološke prošlosti, od starije jure (prije približno 190 milijuna godina) do kraja krede (prije približno 65 milijuna godina), Jadranska karbonatna platforma bila je izolirana od kopnenih utjecaja, tj. okružena dubokim oceanom Tethysom, a pod utjecajem dinamskih procesa iz dubine Zemlje postupno se, od rubova nekadašnje Gondwane kao dio Jadranske mikroploče, kretala prema sjeveru. U takvim je uvjetima nastala velika debljina karbonatnih naslaga (oko 5000 m), među kojima su najčešći vapnenci, a nešto rjeđi dolomiti. Kasnijom kolizijom Jadranske karbonatne platforme (JKP) i susjednih područja s kontinentskom masom Europe (čiji je najveći intenzitet započeo u eocenu, prije približno četrdesetak milijuna godina) platforma je dezintegrirana uz mjestimični nastanak dubokomorskih korita, a potom je snažnom tektonikom izdignuta u planinski lanac Dinarida čiji se jugozapadni dio naziva Krškim Dinaridima. Horizontalni slojevi stijena istaloženi su na toj plitkoj platformi prije 100-400 milijuna godina, a danas su zbog tektonskih pokreta tijekom Alpinske orogeneze povijeni, ukošeni i razlomljeni (KORBAR et al., 2016).

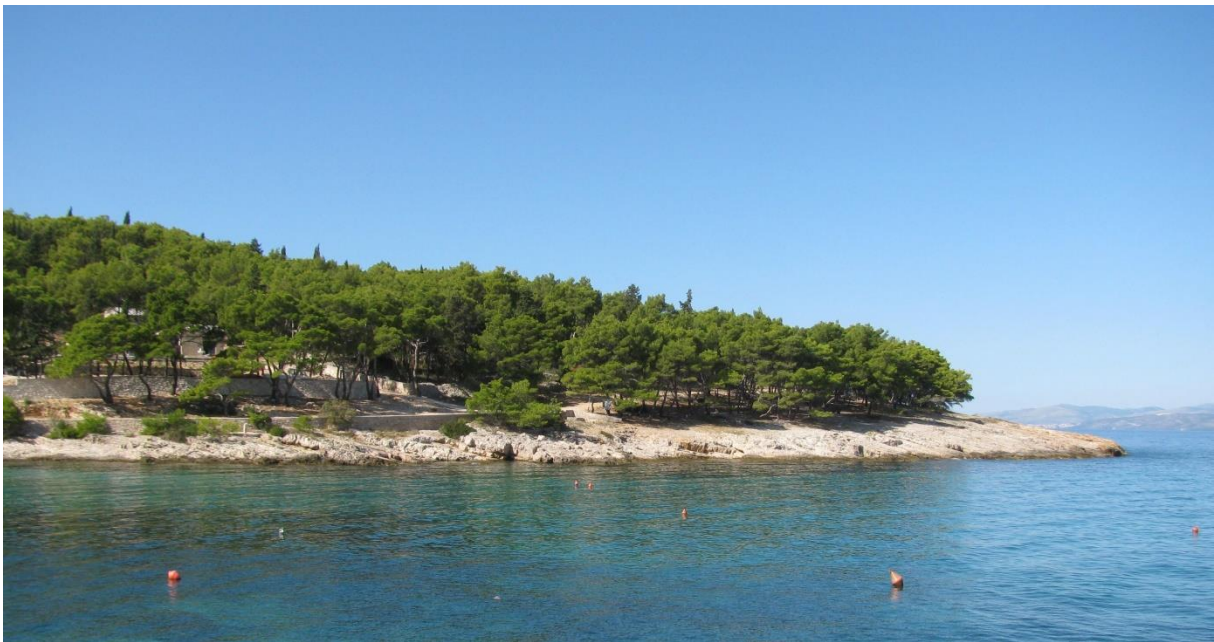
Kredno taloženje je na većini dijelova Jadranske karbonatne platforme bilo prekinuto regionalnom diskordancijom, koju prekrivaju paleocenski ili eocenski brakični vapnenci (Kozina naslage) ili izravno mlađi foraminiferski vapnenci na kojima leži karbonatno-siliciklastični fliš (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Unutar sljedova karbonatnih stijena, sačuvani su zapisi o uvjetima taloženja nekada karbonatnog mulja i pijeska te fosilni ostaci živih bića koja su proizvodila karbonate. Na temelju analize litotipova karbonatnih stijena na detaljno snimljenim geološkim stupovima, izdvajaju se litostratigrafske jedinice (formacije), koje obuhvaćaju naslage sa sličnim petrološkim i paleontološkim značajkama.

Većina stijena od kojih je otok izgrađen gornjokredne je starosti, a tek manji dio otoka čine paleogenske naslage (OGK RH 1:100 000 list Split). Uvala Likva smještena je na sjeverozapadnom dijelu Brača, nedaleko od Sutivana (slika 4). Gornjokredne naslage otoka Brača podijeljene su na šest litostratigrafskih jedinica (GUŠIĆ & JELASKA, 1990) koje uključuju formaciju Milna, formaciju Sveti Duh, formaciju Gornji Humac, formaciju Dol, formaciju Pučišća te formaciju Sumartin. Istraživani grebeni pripadaju najmlađoj litostratigrafskoj jedinici, formaciji Sumartin, koja je uglavnom izgrađena od raznih litotipova dolomita u svom donjem dijelu, a gornji dio najvećim dijelom čine vapnenci s različitim bentičkim mikrofossilima i rudistima koji su taloženi u vrlo plitkom moru, na plimnim ravninama, tijekom mastrihta (slika 5). Upravo su te naslage gornjeg dijela predmet istraživanja u ovom diplomskom radu.



Slika 5 Geološki stup gornjokrednih naslaga na otoku Braču (preuzeto iz Cvetko Tešović et al., 2020).

Uvala Likva predstavlja lokalitet gdje se nalazi gotovo cjelovita izložena sukcesija koja služi kao reprezentativni primjer za kasnokredni plitkovodni karbonatni razvoj Jadranske karbonatne platforme, posebice za njezin središnji i južni dio (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020) (slika 6). Gornjokredni platformni vapnenci na Braču čine više od 1800 m debelu, dobro očuvanu sedimentnu sukcesiju, a u uvali je očuvan slijed naslaga koji obuhvaća i svjetski značajnu geološku granicu mezozoika i kenozoika te zadnje rudiste i razne mikrofosile koji su živjeli na Zemlji u doba dinosaura (slika 4).



Slika 6 Pogled na zapadni dio uvale Likva i vršni dio naslaga formacije Sumartin.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

3.1. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA NA OTOKU BRAČU

Pejović & Radoičić (1968) prikazale su podatke o fosilnim zajednicama, njihovom slijedu i međusobnoj korelaciji profila na području Sutivana, Supetra, Pučišća i Povalja, a 1987. godine autorice su revidirale stratigrafsku shemu svog prethodnog rada i dale biostratigrafski pregled starijih krednih naslaga na Braču te predložile podjelu gornjokrednih naslaga na šest litostratigrafskih jedinica, odnosno formacija.

Gušić & Jelaska (1990) u svom radu uveli su novu podjelu gornjokrednih karbonatnih naslaga otoka Brača na šest formacija: Milna, Sveti Duh, Gornji Humac, Dol, Pučišća i Sumartin formacija (slika 4).

Rad Cvetko Tešović et al. (2001) daje biostratigrafski prikaz gornjokrednih naslaga na otoku Braču te opis mikrofosilnih zajednica s posebnim osvrtom na građu i starost bentičkih foraminifera.

Steuber et al. (2005) određuju starost naslaga i granice među formacijama otoka Brača na temelju ljuštura rudista Sr-izotopnom stratigrafijom. Rad daje biostratigrafski prikaz Jadransko-dinaridske karbonatne platforme na samom kraju mezozoika te upućuje na emerziju na području uvale Likva.

U uvali Likva, Korbar et al. (2017) prepoznaju, u sloju debljine 10–12 cm, elemente koji upućuju na utjecaj postimpaktnog tsunamija uzrokovanog udarom asteroida Chicxulub na mjestu današnjeg poluotoka Yucatana i povezuju ih sa sličnim slijedom na otoku Hvaru (KORBAR et al., 2015). Važnost pronalaska ovih naslaga na ovim otocima jest u tome što predstavljaju dosad najudaljenije pronađene tsunamite u odnosu na mjesto impakta, te jedine dosad otkrivene naslage tog tipa na prostoru Jadranske karbonatne platforme.

Cvetko Tešović et al. (2020) u svom radu daju odličan pregled osam litofacijesa pronađenih u 50 m debelom slijedu naslaga u uvali Likva, na otoku Braču. Detaljnim istraživanjem je utvrđeno da paleocenski vapnenci leže na gornjokrednim (mastihtskim) plitkomorskim vapnencima s dokazima stratigrafskog hijatusa na granici K/Pg.

3.2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA GREBENA I GREBENOTVORNIH ORGANIZAMA

3.2.1 Koralji

Koralji su najpoznatiji grebenotvorni organizmi. Pripadaju najvećem razredu organizama u koljenu Cnidaria, uključujući preko 6000 poznatih vrsta. Sesilni su žarnjaci s vijencem lovki oko usnog otvora (SREMAC, 1999). Kolonijski su organizmi sastavljeni od stotina do stotina tisuća jedinki koje se nazivaju polipi (slika 7). Svaki polip mekog tijela izlučuje tvrdi vanjski aragonitni kostur (kalcijev karbonat) koji se pričvršćuje ili na stijene ili na mrtve kosture drugih polipa. Formiranje kostura od polipa slijedi različite obrasce među obiteljima, što daje strukturne značajke po kojima se koralji mogu prepoznati kako u živom, tako i u fosilnom obliku.



Slika 7 Pogled izbliza na polipe raspoređene na koralju. Na jednoj grani koralja može biti na tisuće polipa (preuzeto iz National Ocean Service, 2020).

Osnovni skelet koralja naziva se čaška ili teka, a u većine je koralja prirastao za podlogu baznom pločom (SREMAC, 1999). Unutrašnjost čaške podijeljena je pregradama, septima, među koje ulaze nabori mekog tkiva. Broj i način prirasta radijalnih pregrada osnovni je kriterij za odredbu koralja, te razlikujemo dvije velike skupine: Zoantharia i Octocorallia. Oktokoralji imaju osam sepata u čaški, dok fosilni zoantarija obuhvaćaju tri različite skupine: tetrakoralje (Tetracorallia), heksakoralje (Scleractinia) i tabulatne koralje (Tabulata).

Jedinke koralja, koraliti, mogu živjeti zasebno (solitarni koralji) ili u kolonijama i zadrugama. Kameni koralji (skleraktinski) čine najveći broj Anthozoa i oni su prvenstveno odgovorni za postavljanje temelja i izgradnju grebena. Kolonijski koralji koji izgrađuju grebenske rešetke nazivaju se hermatipni koralji. Grebenotvorni ili hermatipni koralji žive samo u fotičkoj zoni (iznad 50 m), dubina do koje dovoljno sunčeve svjetlosti prodire u vodu. Oni su osobito dobri indikatori okoliša jer žive u strogo određenim uvjetima.

Koraljni polipi ne fotosinteziraju, no većina koralja u svojim gastrodermalnim stanicama sadrže simbiotske dinoflagelate iz roda *Symbiodinium*, koje se obično nazivaju zooksantele (STANLEY, 2006) (slika 8). Ti organizmi žive unutar tkiva polipa i osiguravaju organske hranjive tvari koje hrane polip u obliku glukoze, glicerola i aminokiselina. Zbog tog odnosa, koraljni grebeni rastu mnogo brže u bistroj vodi, koja prima više sunčeve svjetlosti. Bez njihovih simbionata, rast koralja bio bi prespor da bi tvorio značajne grebene strukture. Koralji dobivaju do 90% hranjivih sastojaka iz svojih simbionata. Zauzvrat, koralji zooksantelama pružaju stanište. Svaki kubični centimetar koralja nastanjuje prosječno jedan milijun zooksantela te im koralji pružaju stalnu opskrbu ugljikovim dioksidom koji im je potreban za fotosintezu. Budući da ne fotosinteziraju kao biljke, koralji se smatraju životinjama (NATIONAL OCEAN SERVICE, 2020).



Slika 8 Zooksantele, mikroskopske jednostanične alge koje žive unutar koralja, daju im boju i opskrbljuju ih hranom nastalom fotosintezom (preuzeto iz Reich et al., 2020).

Različiti pigmenti u različitim vrstama zooxantela daju im cjelokupni smeđi ili zlatnosmeđi izgled, a smeđim koraljima daju boju. Ostali pigmenti poput crvenih, plavih i zelenih potječu od obojenih bjelančevina koje su proizvele jedinice koralja. Koralj koji izgubi veliki dio svojih zooxantela postaje bijel, stanje koje, ako nije ispravljeno, može ubiti koralj. Njihova simbioza je ključ velike biološke produktivnosti i sposobnosti izlučivanja vapnenaca kod grebenotvornih koralja.

Stanley (2001) opisuje evoluciju grebenskih ekosustava. U tipičnom grebenskom ekosistemu, koralji koegzistiraju s različitim kralježnjacima i beskralježnjacima, biljkama i algama. To uključuje sesilne organizme poput spužvi, koralja, morskih zvijezda i alga, morskih ježeva, puževa i rakova. Gotovo sve skupine beskralježnjaka su u pojedinim geološkim razdobljima bili grebenotvorci. Uloga takvih organizama jest izgradnja i učvršćenje okosnice grebena te korištenje samog grebena. Grebenski vapnenci su masivni te uglavnom nemaju vidljivu slojevitost. Sadrže organizme u položaju rasta (*in situ*), a većinom se mogu klasificirati kao baundston, prema Dunham-u (1962).

Moussavian et al. (1995) ukazuju na nove pojave paleocenskih grebena s karbonatne platforme Maiella u središnjoj Italiji te pružaju preliminarne opise grebenskih facijesa. Termin greben koriste za male, biološki izgrađene, sedimente. Gornjokredni i paleocenski grebenski vapnenci karbonatne platforme Maiella pokazuju kako su se grebeni razvijali u vrijeme promjene faune. Biostratigrafija i facijesna analiza grebenskih vapnenaca otkrivaju detalje rasta, sastava i starosti grebena.

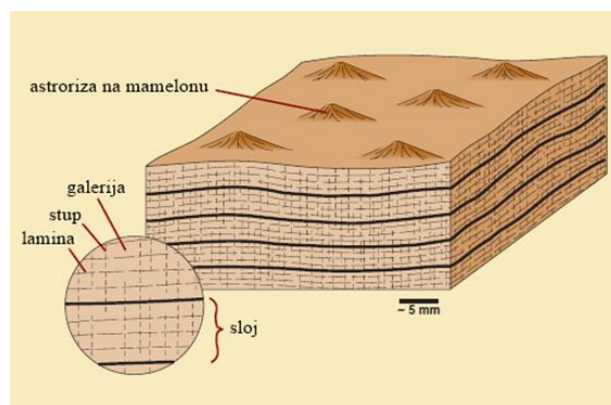
3.2.2. Stromatoporoidne spužve

Osim koralja, za ovaj rad su bitne i stromatoporoidne spužve, čiju taksonomiju i mineralogiju u svom radu diskutiraju Kershaw et al. (2013). Paleozojski stromatoporoidi su kalcificirane spužve uobičajene između srednjeg ordovicija i kasnog devona u grebenima i srodnim facijesima. Poznavanje ekologije stromatoporoida slabo je razvijeno, tako da su dostupne sveobuhvatne informacije za samo nekoliko studija, u nekim silurskim i devonskim primjerima, stoga još uvijek nije postignuto cjelovito razumijevanje reakcija stromatoporoida na uvjete okoliša. Stromatoporoidi su spužve koje su formirale skelet od kalcijevog karbonata i živjele u normalnim morskim uvjetima u plitkim oceanima. Prema načinu ishrane pripadaju filtratorima, budući da spužvasto tkivo uvlači vodu kroz pore na površini i filtrira organske čestice hrane te apsorbira kisik iz vode. Imaju žive predstavnike koji se javljaju u sjenovitim

dijelovima plitkog morskog dna, obično povezanih s koraljnim grebenima. Međutim, u dijelovima geološke prošlosti, stromatoporoidi su sami po sebi bili glavni konstruktori grebena, a desetinama milijuna godina zauzimali su isti ekološki položaj kao što to čine moderni koraljni grebeni.

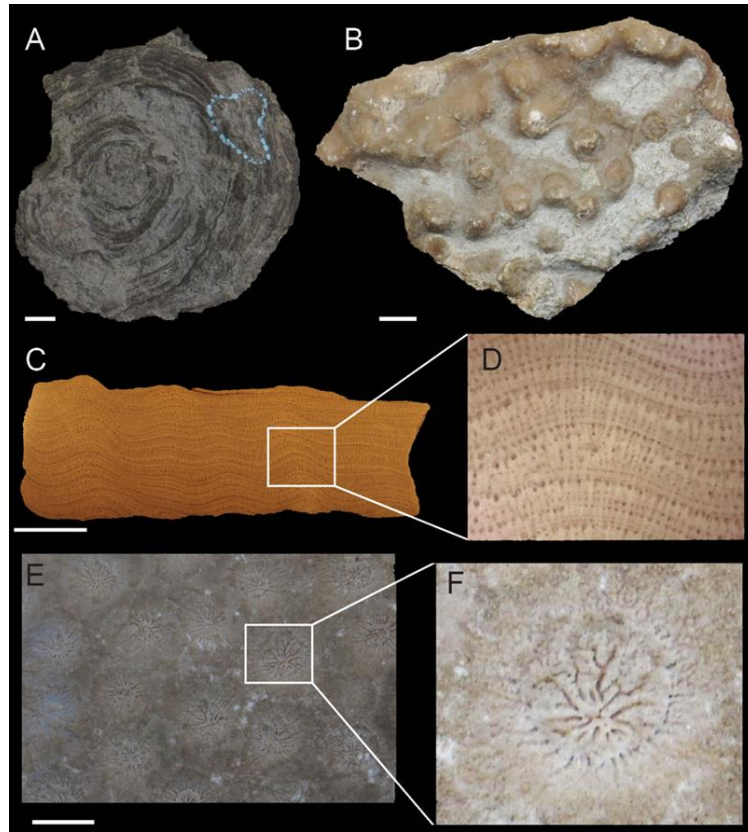
Mineralogija stromatoporoida predstavlja misterij znanstvenicima. Bez obzira na njihovo prividno stanje očuvanja, svi su stromatoporoidi rekristalizirani (KERSHAW et al., 2013). Prošli su osebujnu dijagenezu, pri čemu su karbonatni skelet i cement svih stromatoporoida izmijenjeni u nepravilne izdužene kristale kalcita raspoređene u normalne slojeve rasta, što je najjasnije vidljivo u unakrsnoj polariziranoj svjetlosti (LEINFELDER et al., 2005).

Stromatoporoidni skeletni materijal obično ima blijedo smeđu boju zbog ugradnje organske tvari u skeletni karbonat. Tipični stromatoporoid ima debeli kalcitni ili magnezijско-kalcitni kostur s vodoravnim laminama i vertikalnim stupovima koji skupa čine galerije (PEZELJ, 2020). Galerije su bile ispunjene morskom vodom ili mekim tkivom. Na površini skeleta ima izdignute strukture, mamelone, koje predstavljaju izlazne otvore. Na mamelonama se nalaze zrakasti kanali, astrorize, koje čine sistem ulaznih kanala (slika 9). Ove astrorize su jak dokaz da su stromatoporoidi spužve. Stromatoporoid je rastao dodavanjem listova lamina i kostur je bio prilično varijabilan u različitim svojstama. U slojevima najviše površini se nalazi meko tijelo, dok su donji napušteni slojevi naknadno ispunjeni kalcitom.



Slika 9 Anatomija stromatoporoida (mjerilo je dužine 5 mm) (preuzeto iz Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

Stromatoporoidi su imali različite morfologije, poput kupolastog, dendroidnog, prstenastog, kružnog i tabelarnog oblika (slika 10) (SOUTO, 2019). Njihova veličina mogla je varirati od nekoliko milimetara do masivnih grebena s kupolama promjera do pet metara.



Slika 10 Stromatoporoidni kostur: (A – B) pogled odozgo na stromatoporoide (vidljive mamelone u [B]); (C) uzdužni presjek s pojedinostima skeleta prikazanim u (D) (vodoravne linije su lamine, a okomite su stupovi); (E) pogled odozgo na stromatoporoid s detaljima astroriza prikazanih u (F). Mjerilo je dužine 1 cm (preuzeto iz Souto, 2019).

Rekonstrukcije okoliša pokazuju da su stromatoporoidi živjeli u toplim vodama (preko 20°C), dobro opskrbljenim kisikom i niskim stupnjem sedimentacije, te su preferirali rast na mekim podlogama. Nalazili su se uglavnom u plićaku, ali su se mogli naći i do dubine od 110 metara. Iako je njihovo tijelo snažno građeno, oluje bi povremeno uništavale stromatoporoidne grebene. Stromatoporoidi su često pronađeni u istim slojevima s gastropodima, brahiopodima te rugoznim i tabulatnim koraljima (slika 11).



Slika 11 (A – B) Organizmi nađeni u stromatoporoidnim uzorcima (rugozni koralj u [B] moguće živio u simbiotskom odnosu sa stromatoporoidom). Mjerilo je 1 cm (preuzeto iz Souto, 2019).

4. METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. TERENSKIE METODE

Terenski dio istraživanja proveden je u uvali Likva u listopadu 2020. godine, prilikom kojeg su detaljno istražene dvije grebenske razine. Također su za ovaj diplomski rad korišteni materijali (fotografije i karta gornje slojne površine paleocenskog grebena) prikupljeni tijekom ranijih istraživanja za potrebe rada Cvetko Tešović et al., 2020, a koji do sada nisu bili detaljno obrađeni. Prilikom uzimanja uzoraka, fokus istraživanja predstavljali su grebenski organizmi za koje se pretpostavilo da su koralji i stromatoporoidne spužve. Terenske metode uključuju preliminarno određivanje i fotografiranje ostataka spomenutih grebenskih organizama, te uzorkovanje za daljnje sedimentološke i paleontološke analize. Uzorci su uzimani u slojevima neposredno ispod grebenskih razina, unutar grebena i u neposrednoj krovini grebena.

4.2. LABORATORIJSKE METODE

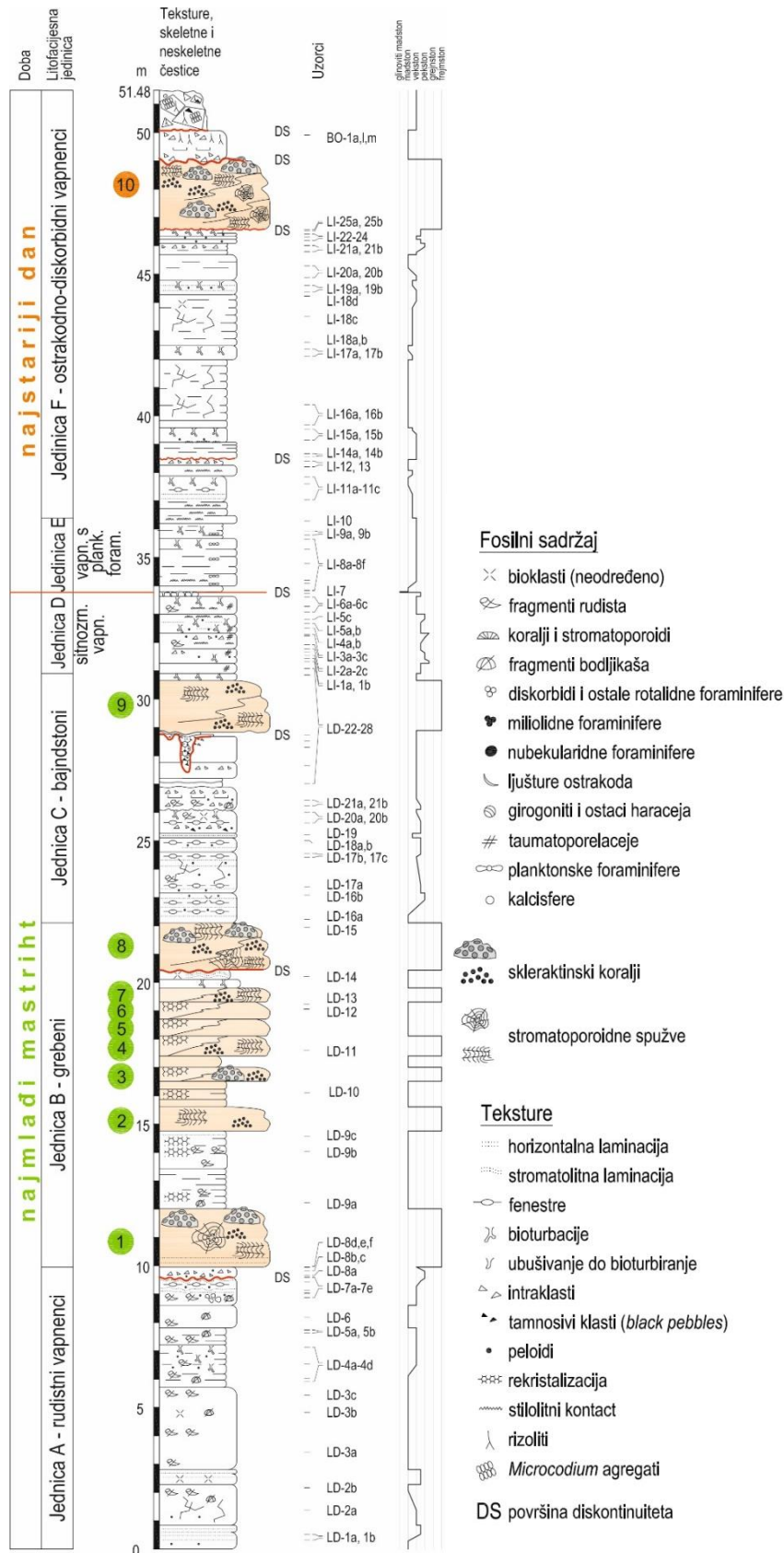
Uzorci sakupljeni na terenu odneseni su na piljenje u laboratorij Geološko-paleontološkog zavoda te izradu mikroskopskih izbrusaka, na temelju kojih se vršilo određivanje i interpretacija dijagenetskih i mikrofacijskih značajki karbonatnih stijena. Sveukupno je izrađeno 15 izbrusaka: pet iz uzoraka L-8.1–L-8.5, te deset iz uzoraka L-10.1–L-10. Također su korišteni i izbrusci izrađeni tijekom prethodnih istraživanja slijeda Likve: uzorci oznaka LD za kredni greben i uzorci oznaka LI za paleocenski greben. Vapnenci su određeni prema klasifikaciji Dunham-a (1962) nadopunjenom prema radu Embry & Klovan (1972).

5. REZULTATI

5.1. LITOLOŠKI OPIS I STAROST NASLAGA SLIJEDA LIKVA

5.1.1. Litologija

Na temelju litofacijskih značajki, slijed naslaga u uvali Likva može se podijeliti u šest malih neformalnih litostratigrafskih jedinica, četiri u kredi (jedinice od A do D) i dvije u paleocenu (jedinice E i F) (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Dio stupa koji je potreban za ovaj rad odgovara jedinicama od B do F, budući da sadrže grebenske razine, a dva grebena detaljno istražena i opisana u ovom radu nalaze se u jedinicama B i F. (slika 12).



Slika 12 Geološki stup uvala Likva. Brojevima od 1 do 10 označene su razine s ostacima grebenotvornih organizama, tj. razine s ostacima krpastih grebena. Dva krpasta grebena koja su istraživana u ovom radu označena su brojevima 8 i 10 (izmijenjeno prema Cvetko Tešović et al., 2020).

Jedinica B obuhvaća donji dio istraživanog slijeda i u njemu prevladavaju koraljno-stromatoporoidni krpasti grebeni (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Osam, od ukupno deset, razina s krpastim grebenima zabilježeno je u ovoj jedinici (slika 12). Krpasti grebeni lateralno isklinjavaju i prelaze u rekristalizirani mikrit. U donjem dijelu jedinice prisutni su bioklastični madstoni s ostacima rudista. Izuzev koralja, stromatoporoida te pokojih rudista i ostrakoda, ova jedinica je vrlo siromašna fosilnim sadržajem.

Jedinica C izgrađena je uglavnom od laminiranih i fenestralnih vapnenaca (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). U gornjem dijelu jedinice prisutni su mikriti s ostrakodima, bentičkim foraminiferama i ostacima hara (slika 12). U vršnom dijelu jedinice C nalazi se najmlađi kredni krpasti greben. Mjestimice su pronađeni i fragmenti i cijele ljuštore rudista roda *Apricardia*.

Jedinica D obuhvaća vršni dio krednog slijeda, neposredno ispod kontakta tih najmlađih krednih i najstarijih paleogenskih naslaga u krovini (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Ova jedinica izgrađena je od sitnozrnastih vapnenaca s obilnim bentičkim i rijetkim planktonskim foraminiferama koje prekrivaju najmlađi kredni krpasti greben (slika 12). Najniži dio ove jedinice poremećen je normalnim rasjedom s malim pomakom.

Jedinica E obuhvaća najstarije stijene paleocena i karakterizirana je prisutnošću bentičkih i planktonskih foraminifera (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020) (slika 12).

Jedinica F obuhvaća vršni dio slijeda Likva i izgrađena je od mikritskih vapnenaca s ostrakodima i diskorbidima (bentičke foraminifere) (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Najviši dio slijeda sadrži najmlađi koraljno-stromatoporoidni krpasti greben, koji je bio subaerski izložen i prekriven mikritskim vapnencima i karbonatnim brečama (slika 12).

5.1.2. Starost naslaga

Dio slijeda uvale Likva sastoji se od nekoliko dobro očuvanih razina koraljno-stromatoporoidnih grebena koji se nalaze *in situ* unutar krednog i paleocenskog dijela slijeda (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Posljedica intenzivne rekristalizacije je nemogućnost generičkog određivanja koralja i stromatoporida, no vrlo slični oblici rasta opaženi su u slojevima mlađeg mastrihta i najstarijeg paleocena. Najstariji paleocen (danski kat), potvrđen je prisutnošću planktonskih foraminifera neposredno iznad granice K/Pg, kao i prisutnošću bentičke foraminifere *Bangiana hanseni* u slojevima ispod najmlađe razine grebena (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). To implicira da su uvjeti povoljni za rast koralja i stromatoporida bili obnovljeni relativno brzo nakon izumiranja na kraju krede.

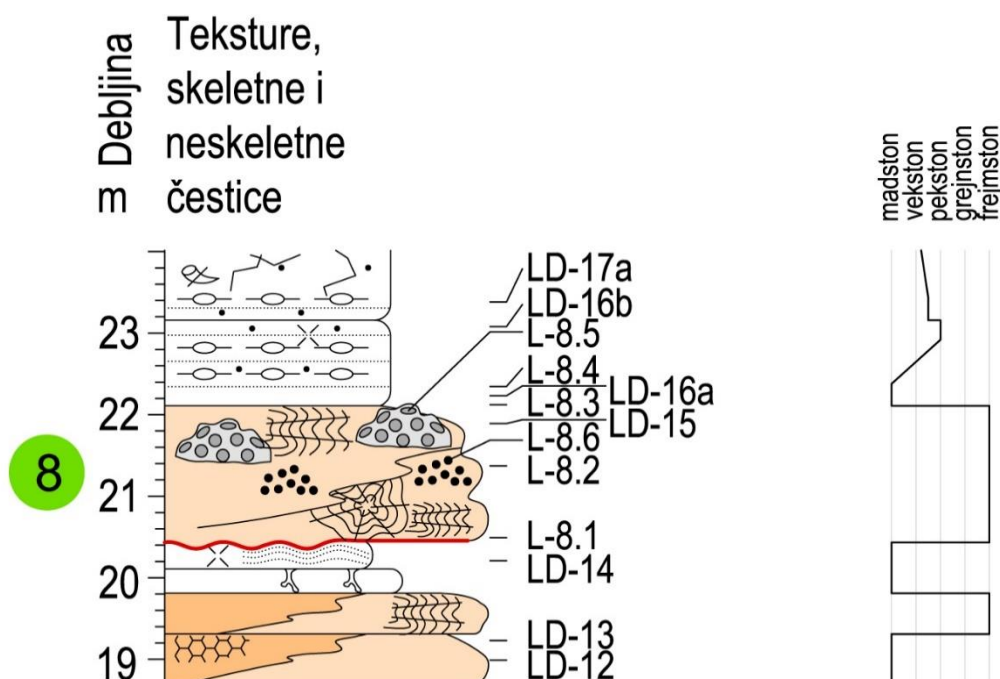
Biostratigrafija uvale Likva temelji se uglavnom na većim bentičkim foraminiferama u mastrihtu, te manjim bentičkim foraminiferama u paleocenskim uzorcima (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Položaj K/Pg granice/kontakta potvrđen je između zadnje pojave mastrihtskih velikih bentičkih i planktonskih foraminifera te prve pojave danskih planktonskih i bentičkih foraminifera (KORBAR et al., 2017; CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020).

5.2. OPIS GREBENSKIH RAZINA

5.2.1. Greben u vršnom dijelu mastrihtskih naslaga Likve

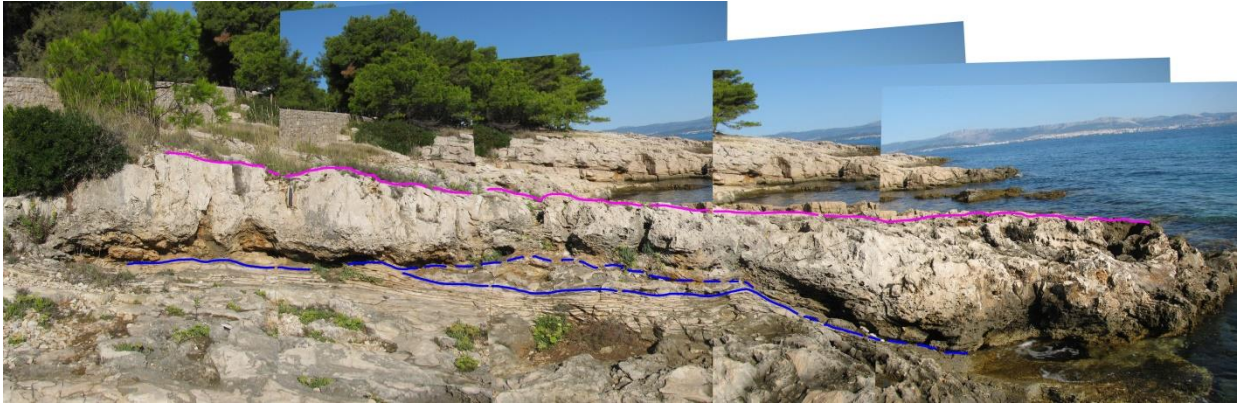
5.2.1.1. Sedimentološke značajke

Od devet grebenskih razina unutar krednog, mastrihtskog dijela slijeda Likve, osam ih se nalazi unutar jedinice B (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020), a unutar ovog rada detaljno je istražen greben 8 u vršnom dijelu te jedinice (slike 12, 13). Greben 8 nalazi se oko 13 m ispod granice, odnosno kontakta krednih i paleogenskih naslaga (slika 12).



Slika 13 Greben 8 u vršnom dijelu jedinice B (izmijenjeno i nadopunjeno prema Cvetko Tešović et al., 2020; legenda u slici 11).

Cijela jedinica B izgrađena je od tanjih grebenskih razina između kojih se nalazi rekristalizirani mikrit i koji isto tako lateralno prelaze u rekristalizirani mikrit (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020) (slike 12, 13). Debljina grebena 8 iznosi 170 do 200 cm. Naime, donja slojna površina grebena 8, odnosno kontakt s podinskim slojem vrlo je neravan, greben prelazi i preko jednog manjeg sinsedimentacijskog rasjeda te se stoga debljina grebenske razine mijenja lateralno (slika 14). Gornja površina grebena također je dosta neravna i okršena (slika 15). Slojevi u podini i krovini grebena općenito su nagnuti pod blagim kutom prema sjeveru (položaj sloja 15/18).

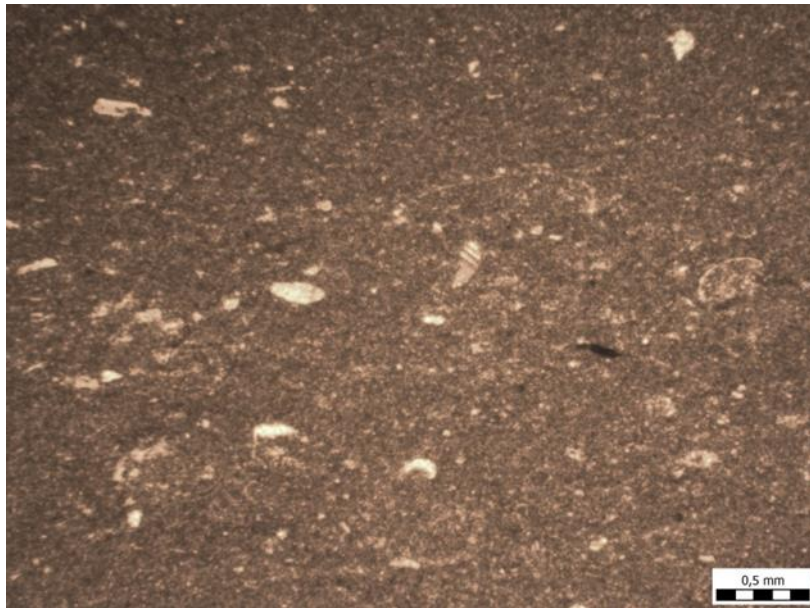


Slika 14 Bočni pogled na greben 8 s označenim donjim (plava linija) i gornjim površinama (ljubičasta linija). Vidi se lateralna promjena debljine grebena 8: desno je nešto veća nego u lijevom dijelu fotografije.



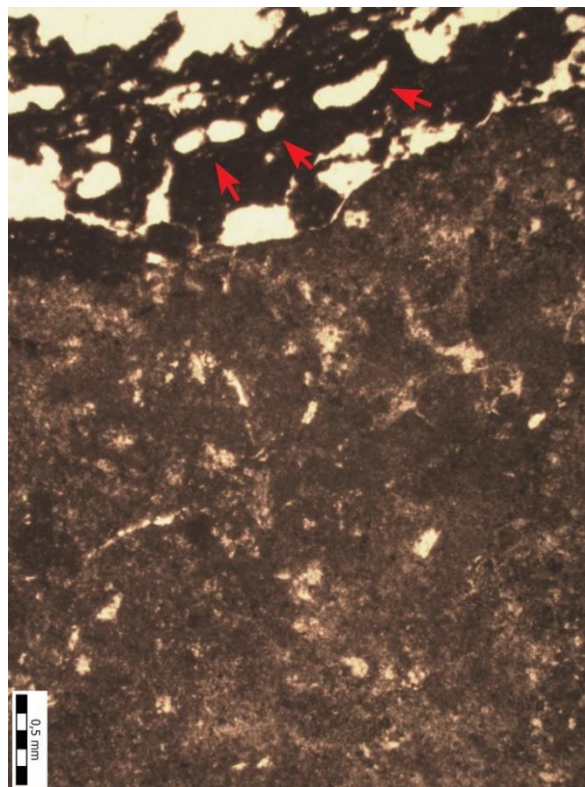
Slika 15 Pogled na bočni i gornji dio grebena 8 (žuta linija označava kontakt grebena i krovine).

Neposrednu podinu grebena izgrađuje laminirani madston s rijetkim ostrakodima i bioklastima (slika 16).

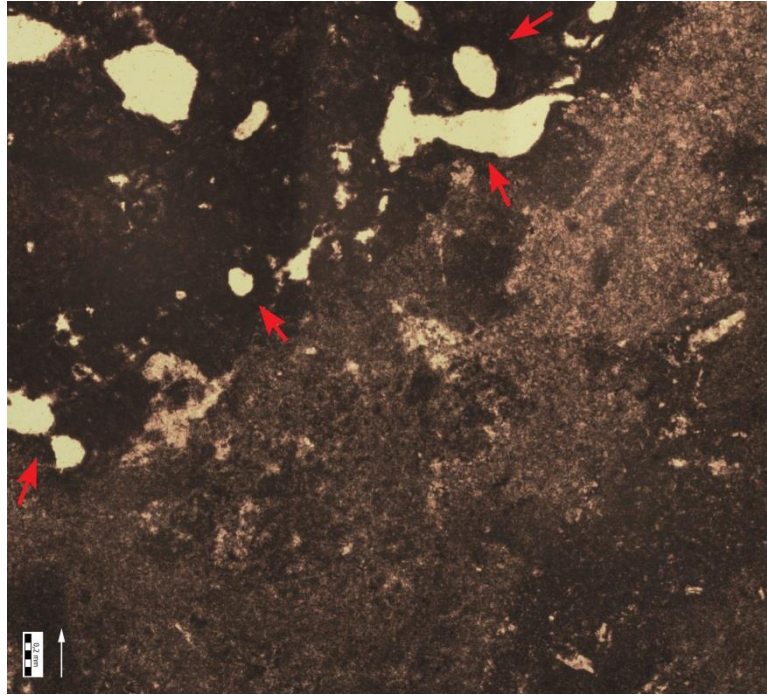


Slika 16 Laminirani madston s rijetkim ostrakodima i bioklastima (uzorak LD-14).

Uzorak L-8.1 uzet iz samog kontakta podine i prvih nekoliko centimetara grebenske razine je rekristalizirani peloidni madston-vekston koji je u svojem gornjem dijelu u oštrom kontaktu s laminiranim mikritom s pedocjevčicama, tj. kalkretom (slike 17, 18).

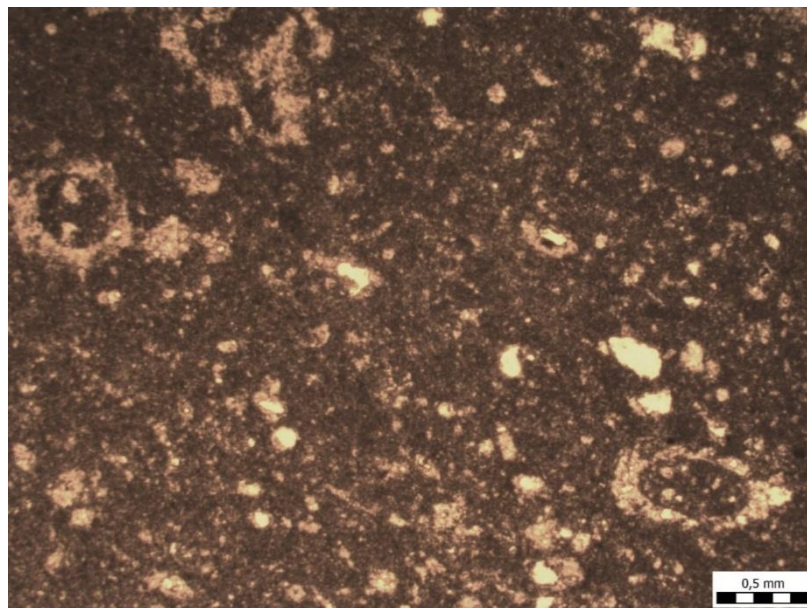


Slika 17 Oštar kontakt peloidnog madstona-vekstona (dolje) i kalkreta (gore) s pedocjevčicama (označene crvenim strelicama) u uzorku L-8.1.



Slika 18 Fotomikrografija uzorka L-8.1 koja prikazuje prikazuje kontakt peloidnog madstona-vekstona (desno dolje) s kalkretom (lijevo gore) s pedocjevčicama (crvene strelice; mjerilo je dužine 0,2 mm).

Terenski određeni uzorci iz različitih dijelova grebena su rekristalizirani mikritni vapnenci, pa je izrađen jedan uzorak L-8.2 uzet na visini od 98 cm unutar grebena koji je također rekristalizirani madston-vekston s rijetkim ostacima haraceja i ostalim rijetkim neprepoznatljivim bioklastima (slika 19).



Slika 19 Fotomikrografija uzorka L-8.2 iz gornjeg dijela mastrihtskog grebena. Djelomično rekristalizirani bioklastični madston-vekston s rijetkim ostacima haraceja (mjerilo je dužine 0,5 mm).

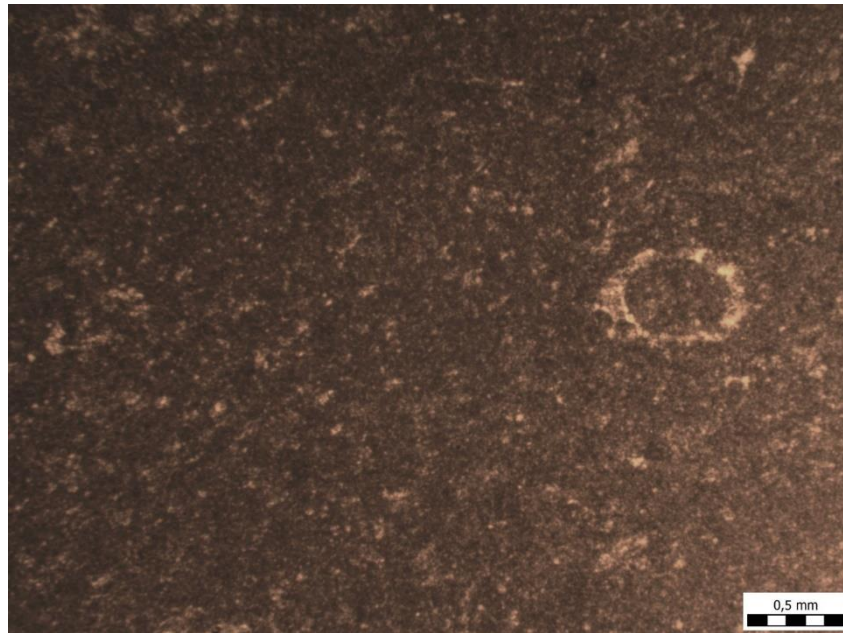
Gornji dio grebena značajno je karstificiran i ima neravan reljef, a krovinu mu čine laminirani, mjestimice crvenkasti i fenestralni mikritni vapnenci s rijetkim bentičkim foraminiferama (diskorbidima i nubekularijama), ostrakodima i peloidima koji pripadaju jedinici C (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020).

Neposrednu krovinu grebena izgrađuju mjestimice crvenkasti vapnenci s makroskopski vidljivom laminacijom i fenestrama (slika 20).



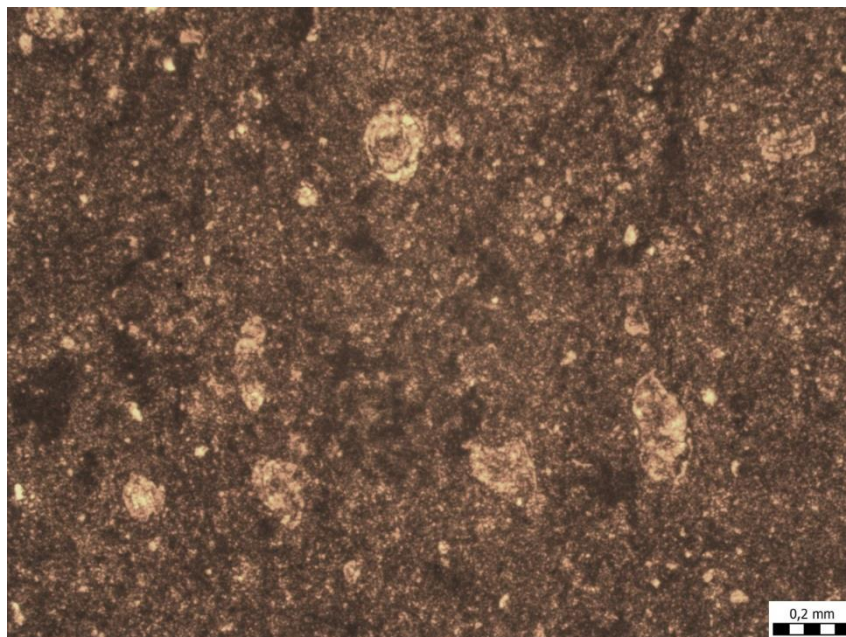
Slika 20 Laminirani vapnenac u neposrednoj krovini grebena 8 (mjerilo je dugo 15 cm).

Uzorak uzet unutar prvih par centimetara krovine grebena određen je kao bioklastični madston s tankim sitnim ljušturicama koje vjerojatno pripadaju ostrakodima i vrlo rijetkim harama (slika 21).



Slika 21 Fotomikrografija bioklastičnog madstona s tankim ljušturicama vjerojatno ostrakoda i vrlo rijetkim harama (uzorak L-8.3).

Uzorak L-8.4 uzet oko 20-cm iznad prethodnog uzorka L-8.3 također je pretežno mikritni vapnenac, tj. laminirani sitnopeloidni madston-vekston s vrlo sitnim rotalidnim foraminiferama (moguće diskorbidima) i nubekularijama (slika 22). Makroskopski je vidljiva laminacija.



Slika 22 Laminirani sitnopeloidni madston-vekston s rotalidnim foraminiferama i nubekularijama iz mastrihtskog grebena 8 (uzorak L-8.4).

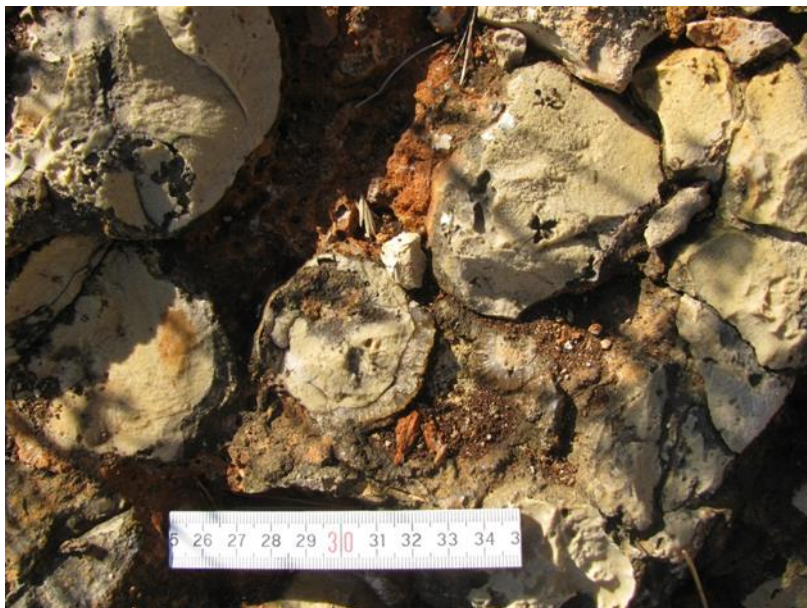
5.2.1.2. Paleontološke značajke

Unutar grebena 8 uočeni su različiti, dosta karstificirani i trošni ostaci koji se morfološki mogu grupirati u dvije skupine. Prva skupina predstavlja domaste forme sa strukturama nalik „prstima“ koji najvjerojatnije pripadaju koraljima (slike 23-30), a druga skupina su nepravilne forme koje se nalaze uglavnom oko domastih formi i vjerojatno pripadaju spužvama (slika 31). Forme koje pripadaju koraljima dosta su okršene i erodirane, no jasno se vidi da su bile približno kružnog horizontalnog presjeka, dok je vertikalni presjek bio niskog domastog oblika što se vidi na kontaktu s krovinskim slojem (slika 23). Takve domaste forme vjerojatno su predstavljale pojedinačne koraljne humke.



Slika 23 Ostaci erodiranog koraljnog humka na gornjoj površini grebena 8 obrubljeni crvenom linijom. Vidljive su krupnije prstaste čaške koralja.

Unutar skupine ostataka koji su određeni kao koralji uočene su dvije forme: prva s nešto krupnijim ostacima (slike 24, 25) i druga sa sitnijim ostacima (slike 26, 27). I krupniji i sitniji prstasti ostaci najvjerojatnije su pojedinačne čaške kolonijskih koralja. Krupniji prstasti ostaci, tj. krupnije čaške mjere u promjeru 2,5 do 4,1 cm, no treba uzeti u obzir da presjeci nisu uvijek bili sasvim okomiti na izduženje čaške.



Slika 24 Krupniji „prstasti“ ostaci koralja na gornjoj slojnoj površini grebena 8 (mjerilo je dužine 10 cm).



Slika 25 Krupniji „prstasti“ ostaci koralja na gornjoj slojnoj površini grebena 8 (mjerilo je 10 cm).

Druga skupina koralja morfološki je slična prvoj, samo sadrži sitnije prstaste ostatke, tj. sitnije čaške čiji promjer iznosi oko 1 cm (0,6–1,5 cm; slike 26, 27).



Slika 26 Sitniji, intenzivno karstificirani „prstasti“ ostaci koralja na gornjoj slojnoj površini grebena 8 (mjerilo je dužine 10 cm).



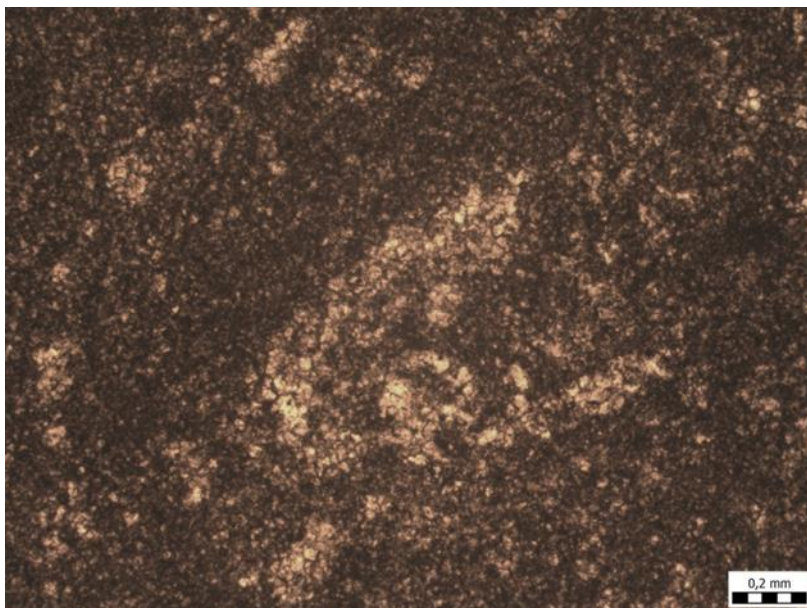
Slika 27 Sitniji prstasti ostaci koralja na gornjoj slojnoj površini grebena 8 (desno dolje su mm).

Oko krupnijih i sitnijih čaški koralja uočava se izopahični cement od igličastih kristala kalcita koji su podjednako raspoređeni sa svih strana čaške tamo gdje je bilo dovoljno međuprostora između njih (slike 24–27). Ostaci koralja često su crvenkasto obojeni kao posljedica naknadnog zapunjavanja i obojenja zemljom crvenicom.

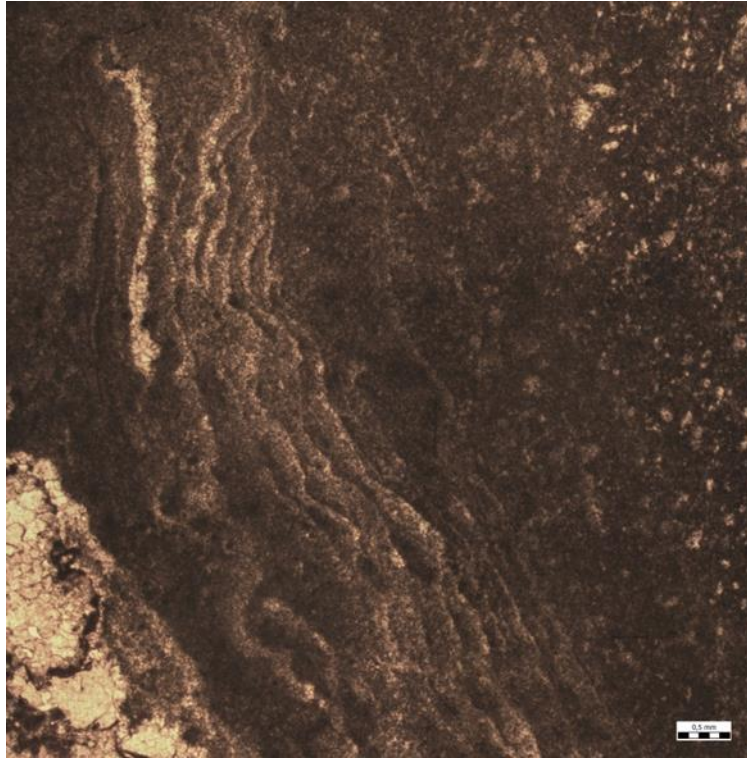
Izbrusci napravljeni od uzoraka samih čaški nisu otkrili ikakve detalje jer su u potpunosti izmijenjeni (slika 28). Izbrusci napravljeni od krupnijih čaški nisu otkrili ikakve gradbene elemente koji bi pomogli određivanju skupine, roda ili vrste koralja (slika 29). Također, u izbrusku uzorka sitnijih čaški u poprečnom presjeku nisu vidljivi ikakvi gradbeni elementi u unutrašnjosti, no nazire mu se vanjski rub zbog obraštanja (slika 30).



Slika 28 Presjek kroz pojedinačnu krupniju čašku koralja uzetu s gornje površine grebena 8 (uzorak LD-15).



Slika 29 Poprečni presjek krupnije čaške koralja iz grebena 8: rekristalizirani madston s neprepoznatljivim bioklastima? (uzorak L-8.5).



Slika 30 Poprečni presjek sitnije čaške koralja iz grebena 8: rekristalizirani vekston i mikritne lamine s vanjske strane (lijevi dio slike; uzorak L-8.6).

Na gornjoj površini grebena 8, oko kružnih formi koje predstavljaju ostatke koraljnih humaka, vidljive su forme koje poput pravilnih i mjestimice izuvijanih lamina debljina oko 6,0–6,7 cm obavijaju koraljne humke (slika 31). Iako su te forme dosta karstificirane, unutar lamina vidljive su milimetarske (generalno do 0,5 cm) šupljine koje su izvorno bile okomite na lamine. Na temelju ovih značajki teško je odrediti radi li se možda o nekoj skupini koralja ili ipak najvjerojatnije o spužvama koje su okruživale/obraštale koraljne humke.

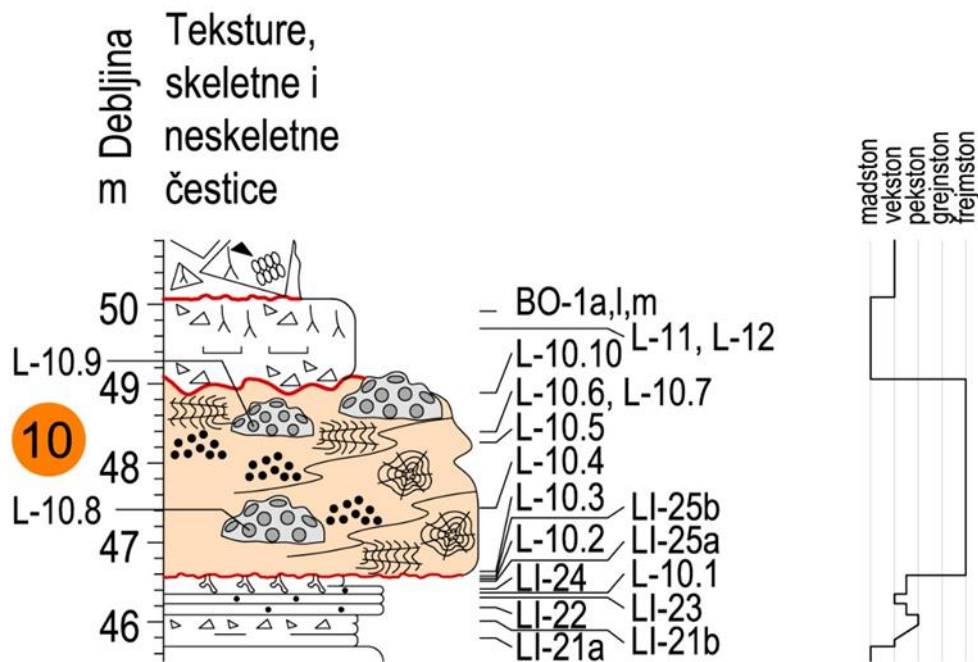


Slika 31 Detalj gornje slojne površine grebena 8 s ostacima koji vjerojatno pripadaju spužvama (mjerilo je dužine 15 cm).

5.2.2. Greben u baznom dijelu paleocenskih naslaga Likve

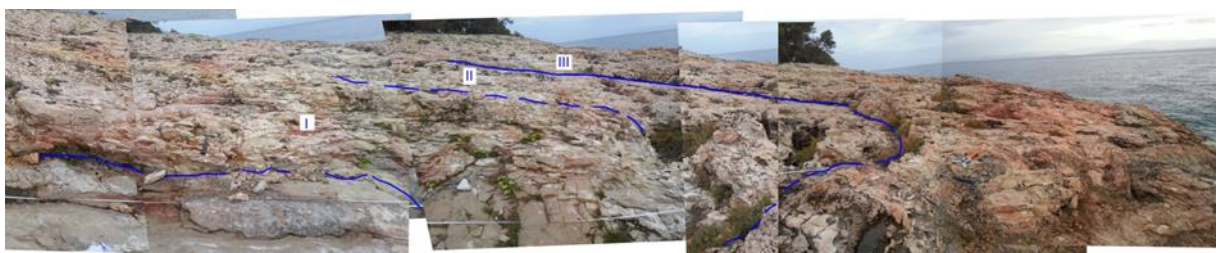
5.2.2.1. Sedimentološke značajke

Greben 10 nalazi se u vršnom dijelu jedinice F koja obuhvaća gornji dio slijeda Likva, a izgrađena je od mikritskih vapnenaca s ostrakodima i diskorbidima (bentičke foraminifere) (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020) (slika 32). Greben 10 nalazi se 12,7 m iznad granice, odnosno kontakta krednih i paleocenskih naslaga (slika 12).



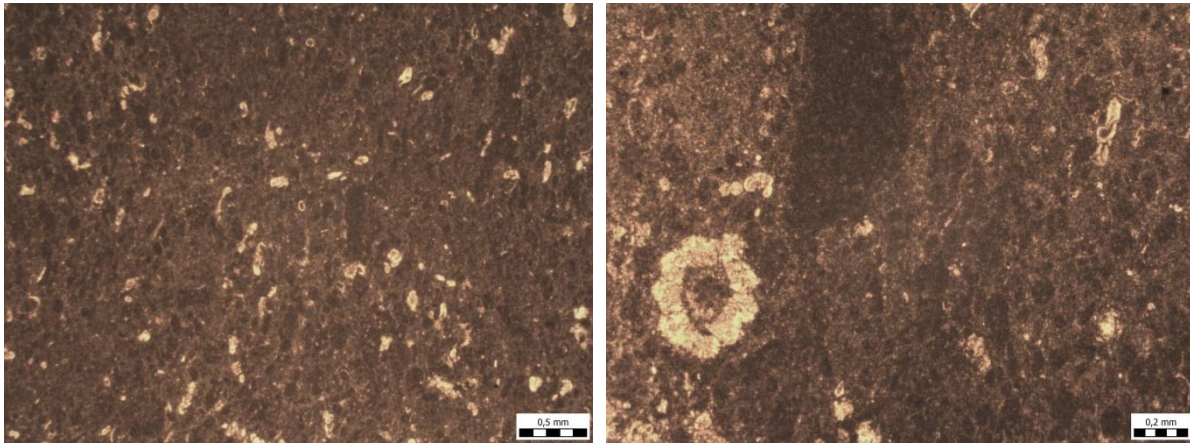
Slika 32 Paleocenski greben 10 koji se nalazi u vršnom dijelu jedinice F slijeda Likva (izmijenjeno i nadopunjeno prema Cvetko Tešović et al., 2020)

Debljina grebena 10 iznosi oko 250 cm, a sastoji se od tri razine (slike 32, 33). Greben 10 izvrsno je otkriven i unutar njega su prepoznate brojne strukture koje pripadaju koraljima i stromatoporoidnim spužvama. Sam greben je dosta okršen i obojen crvenkastom bojom koja je posljedica nekadašnjeg okršavanja i subaerskog izlaganja, kao i mogućeg recentnog. Donja granica grebenske razine 10 i kontakt s podinskim slojem relativno je zaravnjen, no gornja površina mu je vrlo neravna najvećim dijelom kao posljedica erozije atmosferilijama i valovima jer je greben izložen na samoj punti. Između grebenskih struktura nalazi se mikritni vapnenac koji je najčešće rekristaliziran. Krovinu grebena izgrađuje pedogenetski izmijenjeni mikrit s rizokrecijama debljine 100 cm na kojoj se nalaze karbonatne breče koje označavaju regionalnu diskordanciju.



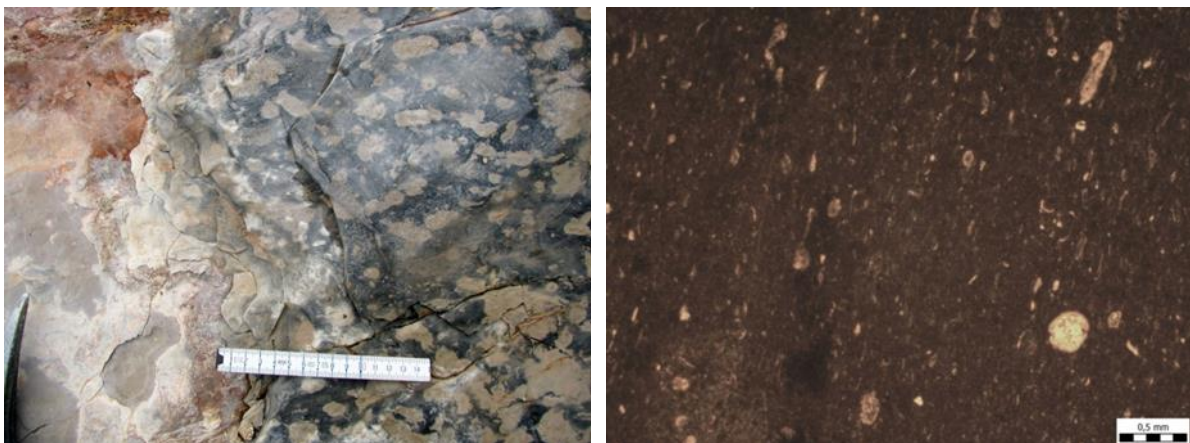
Slika 33 Bočni pogled na paleocenski greben 10. Označene su tri razine razvoja grebena (I–III).

Podinu grebena izgrađuje crvenkasto obojeni, brečirani vapnenac sa sitnim litoklastima i značajkama korozije. Radi se o laminiranom peloidno-mikrobioklastičnom vekstonu s vrlo sitnim rotalidnim foraminiferama (diskorbidi) i rijetkim ostatacima haraceja (slika 34).



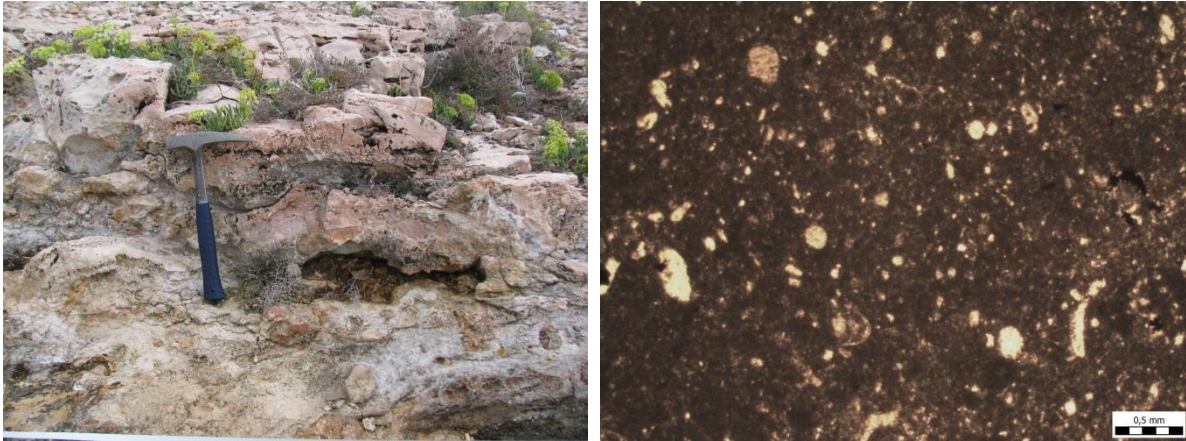
Slika 34 Fotomikrografije laminiranog peloidno-mikrobioklastičnog vekstona s bioklastima (diskorbidi) (slika lijevo) i rijetkim ostacima haraceja (slika desno; uzorak L-10.1).

Na crvenkastom i brečiranom vapnencu slijedi proslojak tamnosivo obojenog i intenzivno bioturbiranog vapnenca (slika 35 lijevo). U izbrusku uzorak L-10.2 uzet iz tog proslojka određen je kao bioturbirani laminirani ostrakodni vekston s rijetkim sitnim diskorbidima (slika 35 desno).



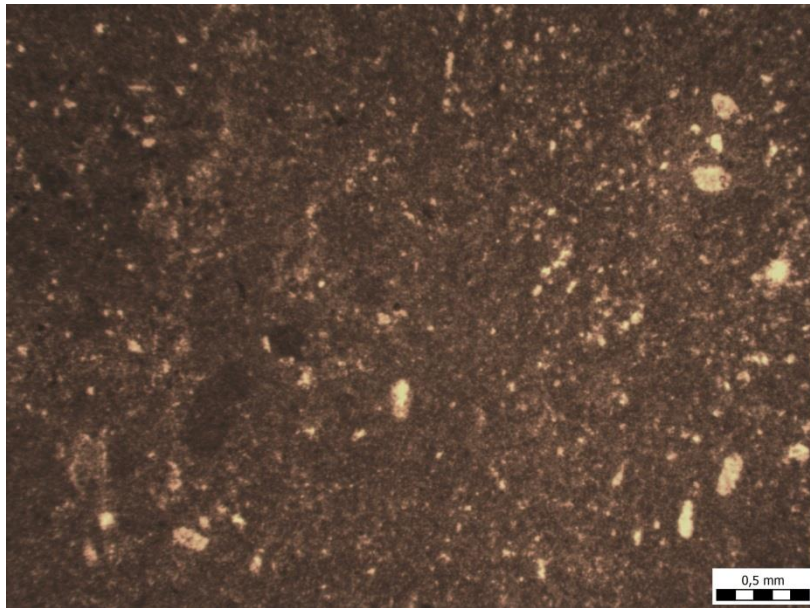
Slika 35 Tamnosivi intenzivno bioturbirani vapnenac u podini grebena 10 (slika lijevo) i materijal u izbrusku bioturbirani laminirani ostrakodni vekston s rijetkim sitnim diskorbidima (uzorak L-10.2; slika desno).

Na samom kontaktu tamnosivog intenzivno bioturbiranog vapnenca i grebenske razine nalazi se mjestimice deblji, mjestimice tanji prosljak smečkastog rekristaliziranog vapnenca (slika 36 lijevo). U izbrusku taj je vapnenac određen kao mikrobioklastično-peloidni madston-vekston s rijetkim ljušturama ostrakoda (slika 36 desno).



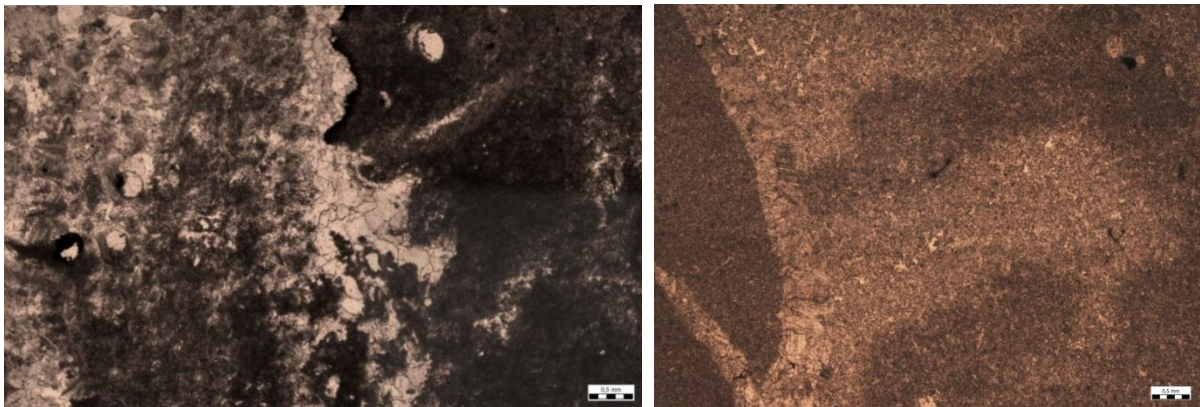
Slika 36 Smečkasti rekristalizirani vapnenac u podini grebena (slika lijevo) i isti materijal u izbrusku: mikrobioklastično-peloidni madston-vekston (uzorak L-10.3; slika desno).

Unutar grebena 10 prepoznate su tri razine razvoja grebena (slika 33). Uzorkovan je vapnenac koji ispunjava prostore između grebenskih struktura koralja i spužvi, tj. unutargrebenske šupljine, kao i same dijelovi koralja i spužvi. Terenski su uzorci vapnenca iz unutargrebenskih šupljina u prostora određeni kao rekristalizirani mikriti, a isto je potvredno u izbruscima. Uzorak L-10.4 uzet na 50 cm unutar prve razine grebena 10 predstavlja djelomično rekristalizirani madston s rijetkim sitnim neprepoznatljivim bioklastima (slika 37).



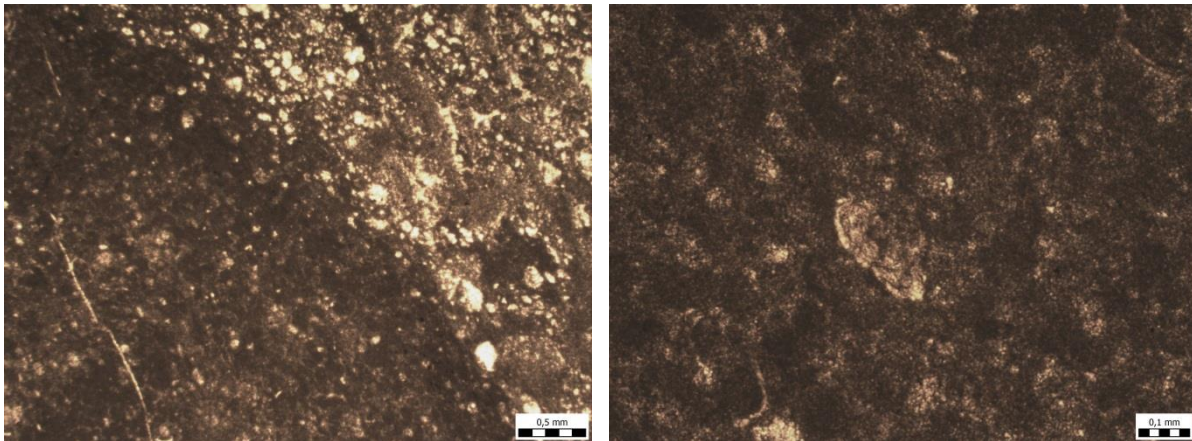
Slika 37 Djelomično rekristalizirani madston s rijetkim sitnim neprepoznatljivim bioklastima. Uzorak L-10.4 iz prve razine grebena 10.

Uzorci uzeti iz unutargrebenskog vapnenca druge i treće razine grebena također su manje ili više rekristalizirani madstoni (slika 38).



Slika 38 Uzorak L-10.5 koja prikazuje kontakt djelomično rekristaliziranog madstona i jače rekristaliziranog dijela (slika lijevo) i L-10.7 koji također prikazuje rekristalizirani madston (slika desno). Dužina mjerila na obje slike je 0,5 mm.

U krovini grebena nalazi se sloj djelomično rekristaliziranog vapnenca debljine oko 1 m koji prekriva neravnu površinu grebena, a iznad njega slijede emerzijske breče (slika 32). Uzorci L-11 i L-12 uzeti iz tog krovinskoj sloja određeni su kao bioturbirani i djelomično rekristalizirani vekston s rijetkim ostrakodima i vrlo sitnim foraminiferama (slika 39).



Slika 39 Fotomikrografije uzorka iz neposredne krovine grebena 10: bioturbirani mikrobioklastično-peloidni vekston (slika lijevo; uzorak L-11), rijetke vrlo sitne rotalidne foraminifere (slika desno; uzorak L-11).

5.2.2.2. Paleontološke značajke

Greben 10 otkriven je na najvećoj površini od svih zabilježenih grebena u slijedu Likva i pruža uvid u veći broj struktura koje pripadaju koraljima i spužvama. Slično mastrihtskom grebenu 8, uočeni su ostaci koralja koji se mogu svrstati u dvije skupine: krupniji prstasti i sitniji prstasti koralji. Također su uočeni ostaci koji najvjerojatnije pripadaju stromatoporoidnim spužvama.

Krupniji prstasti koralji izgrađuju manje humke otprilike kružnog horizontalnog presjeka (slike 40, 41). Promjeri humaka kreću se oko 1 m, domastog su oblika, no visinu humaka teško je bilo izmjeriti jer su dijelom erodirani i okruženi rekristaliziranim vapnencem.

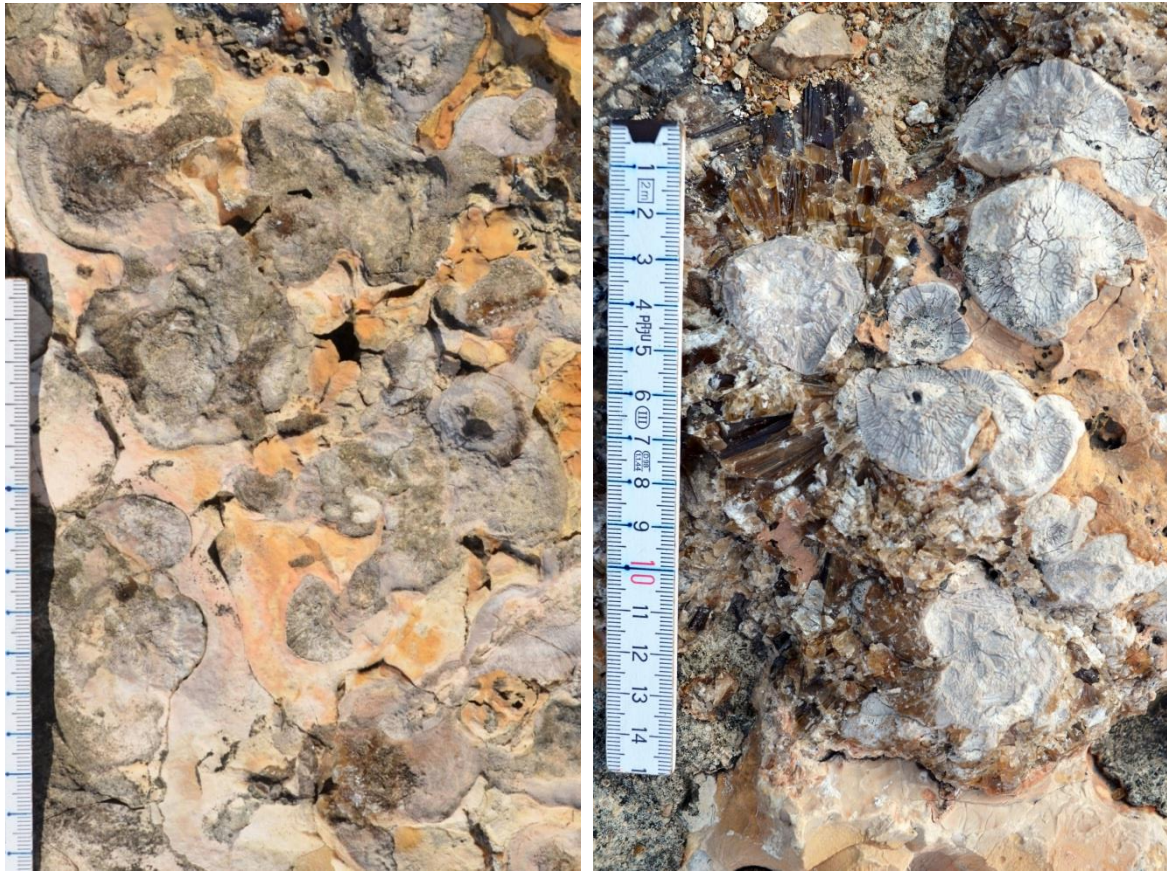


Slika 40 Humci krupnijih prstastih koralja na grebenu 10. U sredini je humak unutar druge razine, a lijevo gore humak unutar treće razine grebena. Dužina bijelog i žutog metra iznosi 2 m.



Slika 41 Humak krupnijih prstastih koralja na grebenu 10 unutar treće razine grebena. Dužina mjerila u desnom dijelu slike je 15 cm.

Na nekoliko humaka, gdje je to bilo moguće, mjereni su promjeri čaški krupnijih prstastih koralja i oni iznose u prosjeku oko 2,5 cm (1,9–3,1 cm). Oko pojedinačnih čaški krupnijih prstastih koralja mjestimice se nalazi izopahični cement sastavljen od krupnih radiaksijalnih kristala kalcita, a mjestimice rekristalizirani crvenkasto obojeni mikrit (slika 42).



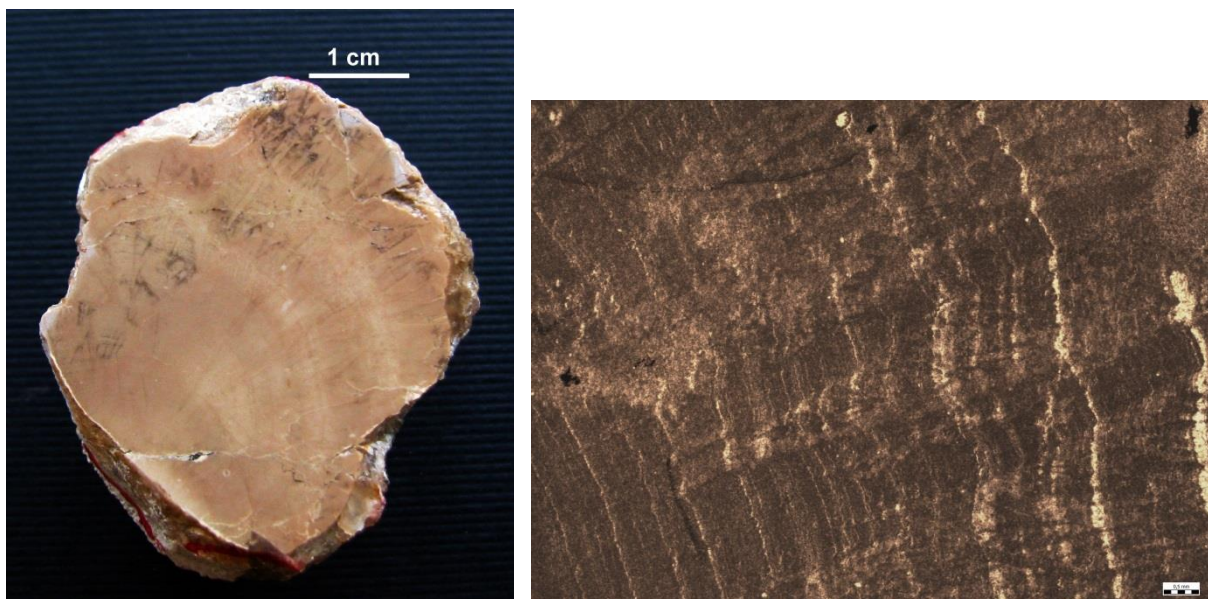
Slika 42 Krupniji prstasti ostaci koralja na gornjoj slojnoj površini grebena 10, odnosno unutar treće razine grebena (mjerilo je dužine 15 cm).

Slično grebenu 8, u krednom dijelu slijeda, i ovdje su uočeni sitniji prstasti koralji koji se često nalaze oko i dijelom na humcima krupnijih prstastih koralja (slika 43).



Slika 43 Sitniji prstasti koralji unutar treće razine grebena 10.

Od uzoraka krupnijih čaški prstastih koralja napravljeni su izbrusci okomito na njihovo izduženje, no nikakvi gradbeni elementi nisu prepoznati koji bi omogućili određivanje roda ili vrste (slika 44).



Slika 44 Presjek krupnije čaške prstastog koralja iz grebena 10 (slika lijevo) i izbrusak istog uzorka (slika desno; dužina mjerila je 0,5 mm).

Druga forma uočena u grebenu 10 najvjerojatnije pripada stromatoporoidnim spužvama. To su kupolaste strukture koje se često granaju u manje strukture kružnog presjeka (slike 45, 46). Mjereni polumjeri kupola s vidljivim središtem unutar razine 1 iznose 21–38 cm, a promjeri tih manjih grana kružnog presjeka 6–10 cm (slika 46). Često su kupolaste strukture vidljive samo djelomično (slika 47). Vidljiva je građa koja se sastoji od lamela i na njih okomitih stupića, a prostori unutar tog skeleta ispunjeni su mjestimice crvenkastim vapnencem i kristalima kalcita, a mjestimice su prazni (slike 45, 48). Debljina lamela iznosi oko 2 mm, a prostori između njih su nešto tanji (slika 48). Fragmenti spužvi ispiljeni su, no zbog brojnih šupljina nije bilo moguće napraviti izbrusak (slika 49).



Slika 45 Detalj gornje slojne površine grebena 10 (razina 1) s kupolastim lamelarnim ostacima koji vjerojatno pripadaju stromatoporoidnim spužvama (mjerilo je dužine 15 cm).



Slika 46 Detalj gornje slojne površine grebena 10 (razina 1) s kupolastim lamelarnim ostacima koji vjerojatno pripadaju stromatoporoidnim spužvama (mjerilo je dužine 15 cm).



Slika 47 Detalj gornje slojne površine grebena 10 (razina 1) s okršnim kupolastim lamelarnim ostacima koji vjerojatno pripadaju stromatoporoidnim spužvama (mjerilo je dužine 15 cm).



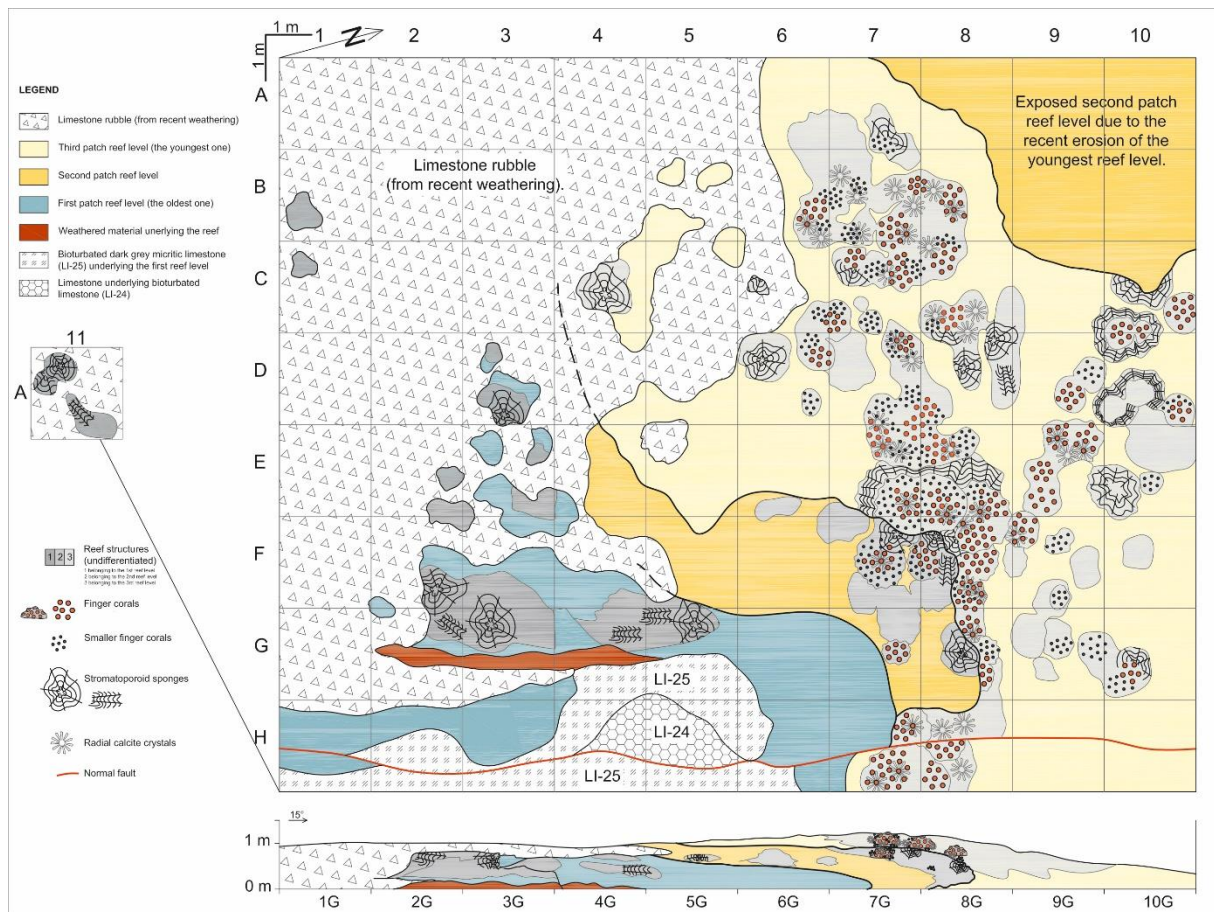
Slika 48 Detalj skeleta stromatoporoidne spužve razine 1 grebena 10 s vidljivom lamelarnom građom.



Slika 49 Presjek kroz fragment skeleta stromatoporoidne spužve iz razine 1 grebena 10.

5.2.2.3. Karta paleocenskog grebena

Greben 10 izvršno je otkriven te stoga kartiran na površini 16x20 m (slika 50). Dio grebena prekriven je fragmentima vapnenca nastalima recentnim do subrecentnim trošenjem. Sam greben je prilično okršen, no moguće je prepoznati tri razine rasta grebena. Prva razina označena je plavom bojom i predstavlja najstariju razinu rasta grebena. U toj razini su pronađene stromatoporoidne spužve (slike 45–49). Druga razina označena je tamnijom narančastom bojom, a u njoj su pronađeni fosili stromatoporoidnih spužvi i koralja koji su popraćeni radijalnim kristalima kalcita. Treća i najmlađa razina rasta, označena svijetlom narančastom bojom, okarakterizirana je najvećim brojem fosila stromatoporoidnih spužvi i koralja te radijalnim kristalima kalcita.



Slika 50 Tlocrt paleocenskog grebena u gornjem dijelu jedinice F.

6. RASPRAVA

6.1. TALOŽNI OKOLIŠI I STAROST SLIJEDA LIKVA

Grebeni istraženi u sklopu ovog rada nalaze se unutar plitkomorskog slijeda u uvali Likva. Starost tih naslaga određena je na temelju bentičkih i planktonskih foraminifera i ona odgovara najmlađem mastrihtu i najstarijem paleocenu (danski kat) (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Prvi istraženi greben 8 nalazi se unutar najmlađih mastrihtskih, a drugi greben 10 unutar najstarijih paleocenskih naslaga (slika 12). Danski kat potvrđen je prisutnošću sitnih planktonskih foraminifera neposredno iznad K/Pg granice, te bentičkih foraminifera u slojevima izravno ispod razine grebena 10, što implicira da su uvjeti povoljni za rast koralja i stromatoporoida bili obnovljeni relativno brzo nakon izumiranja na kraju krede (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). U krovini grebena 8 nalaze se laminirani i fenestralni mikritni vapnenci jedinice C (najgornji dio mastrihta slijeda Likve; slika 12). Oni predstavljaju najbolje razvijen facijes plimne ravnice unutar proučavanog slijeda (CVETKO TEŠOVIĆ & al., 2020).

Plitkomorski vapnenci jedinice D s brojnim bentičkim (uglavnom miliolide) i vrlo rijetkim planktonskim foraminiferama predstavljaju specifični litofacijes uočen samo u vršnim dijelovima krede. Dominacija miliolida ukazuje na restriktivne uvjete i pogoršanje okoliša, koji su vjerojatno započeli nešto prije kraja krede, vjerojatno zbog lokalnih promjena u okolišu. Rijetki primjerci planktonskih foraminifera *Rugoglobigerina* i *Muricohedbergella*, te kalcisfera pomiješanim s bentičkim oblicima u jedinici D, ukazuju na povremeni utjecaj oluja koje su donosile materijal iz susjednih područja s otvorenijim morskim uvjetima (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020).

Između najmlađeg krednog i najstarijeg paleocenskog dijela, postojao je barem kratki stratigrafski hijatus, premda se njegovo trajanje ne može precizno odrediti zbog relativno niske stratigrafske razlučivosti (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Većina naslaga najmlađe jedinice krede D i najstarije paleocenske jedinice E ukazuju na mogući utjecaj olujnih događaja. Takvi događaji su prouzročili preradu i transport plitkomorskih materijala iz susjednih okoliša i doveli neke alohtone planktonske skeletne ostatke iz udaljenijih područja u restriktivne dijelove platforme karakterizirane povremenim utjecajem slatke/brakične vode, koja je zajedničko obilježje obalnih olujnih naslaga. Jedinicu E, koja počinje s 2–3 cm debelim proslojkom glinovitog madstona, uglavnom karakteriziraju mikritni vapnenci s planktonskim foraminiferama. Taj uzorak vjerojatno predstavlja rezultat olujnog vala struje

koji je transportirao pelagičke čestice u inače restriktivne, niskoenergijske, plitkomorske taložne okoliše. Prisutnost vrlo rijetkih oogonija hara u gornjem dijelu te jedinice podržava takvu interpretaciju i pruža dokaze o uspostavljanju privremenih uvjeta slatke/brakične vode. Tekstura i sadržaj fosila ukazuju na postupno smanjenje malih planktonskih foraminifera koje se transportiraju olujnim događajima iz susjednih otvorenih morskih okoliša

U krovini danske jedinice F nalazi se istraženi greben 10 (slika 12). Naslage jedinice F sastoje se pretežno od madstona i vekstona s ostrakodima, diskorbidnim foraminiferama, ostacima *fragmenata kodiaceja* i *haraceja*, koji su nastanjivali restriktivne i zaštićene niskoenergijske okoliše, kao što su slatka ili brakična jezera, bare ili močvare (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020). Niska raznolikost ostrakoda pokazatelj je rubnih morskih do deltnih okoliša. Pojava malih bentičkih foraminifera (diskorbida) označava povezanost s morskim okolišem.

6.2. TALOŽNI OKOLIŠI GREBENA

6.2.1. Taložni okoliši mastrihtskog grebena

U neposrednoj podini mastrihtskog grebena 8, nalazi se trošni smečkasto-narančasti vapnenački materijal. Mikroskopski vidljive pedocjevčice unutar laminiranog mikrita, tj. kalkreta, u uzorku sakupljenom na tom dijelu ukazuju na subaersko izlaganje. Uzorak sakupljen na tom dijelu i mikroskopski dokazuje subaersko izlaganje. Kalkreti predstavljaju pedogene karbonate koji nastaju tijekom izlaganja u uvjetima semiaridne klime (FLÜGEL, 2004). Greben 8 u krovini kalkreta nastao je nakon preplavlivanja, odnosno relativnog porasta morske razine tijekom koje su grebenski organizmi kolonizirali morsko dno.

Oko grebenskih struktura i unutar grebenske rešetke uglavnom se nalazi mikrit, tj. djelomično rekristalizirani madston-vekston sa sitnim često neprepoznatljivim bioklastima, najčešće ostacima ostrakoda i *haraceja* (slika 19). Taj materijal morskog dna okruživao je grebenske strukture i ulazio u šupljine unutar grebenske rešetke. Sitni bioklasti u mikritu ukazuju na relativno miran taložni okoliš, odnosno niske energije vode. Mala raznolikost fosila ukazuje na restriktivne uvjete okoliša. Rijetki ostaci *haraceja* ukazuju na blizinu slatkovodnih i prijelaznih obalnih okoliša iz kojih je taj materijal povremeno bio donesen u plićak. Budući da nisu nađeni drugi organizmi poput foraminifera, školjkaša i algi, vjerojatno je da okoliši oko grebena nisu bili najpogodniji za ostale bentičke organizme.

U neposrednoj krovini grebena nalazi se madston-vekston s peloidima, tankim ljušturicama ostrakoda, vrlo rijetkim harama, vrlo sitnim rotalidnim foraminiferama, moguće diskorbidima, i nubekularijama (slike 21, 22). Takav sastav vapnenaca ukazuje na plitke potplimne okoliše, vjerojatno restriktivnih uvjeta zbog male raznolikosti fosila. Laminacije i fenestre, koje su makroskopski vidljive, ukazuju također na plitku potplimnu i plimnu zonu. Moguće je pretpostaviti da su ovi okoliši bili možda preplitki za razvoj grebena koji tu izostaju.

Unutar grebenske razine 8 i posebno na gornjoj površini, vidljivi su ostaci koraljnih humaka koji pripadaju skleratinskim koraljima (slike 23–27). Dvije skupine koralja, krupnije i sitnije prstaste koralje nije bilo moguće odrediti jer u izbruscima zbog rekristalizacije nisu bili vidljivi ikakvi gradbeni elementi (slike 28–30). S vanjske strane čaške naziru se mikritne lamine, što je moguće posljedica mikrobijskog obraštanja, ali materijal čaške je u potpunosti promijenjen (slika 30).

6.2.2. Taložni okoliši paleocenskog grebena

Crvenkasti i brečirani laminirani peloidno-mikrobioklastični vekston sa sitnim litoklastima i značajkama korozije koji se nalazi u podini paleocenskog grebena ukazuje na vjerojatno kratkotrajno subaersko izlaganje. Sam sediment nastao je u plitkim restriktivnim potplimnim i plimnim okolišima niske energije vode. Rijetki ostaci haraceja ukazuju na blizinu slatkovodnih ili prijelaznih obalnih okoliša.

Iznad tog subaerski izlaganog vapnenca slijedi bioturbirani laminirani ostrakodni vekston sa značajkama kompakcije, a makroskopski je tamnosivo obojen i intenzivno bioturbiran. Takve litološke značajke ukazuju na plitke restriktivne okoliše niske energije vode, moguće i močvarište. U krovini tog bioturbiranog vapnenca slijedi greben 10. Sediment koji je okruživao greben i ispunjavao međugrebenske prostore je uglavnom mjestimice ili u potpunosti rekristaliziran madston koji ukazuje na niskoenergijske okoliše karbonatne platforme. Bioturbirani sitnobioklastično-peloidni vekston s vrlo sitnim ostrakodima i rijetkim sitnim rotalidnim foraminiferama u krovini grebena, (slika 39) ukazuje na plitke restriktivne potplimne okoliše niske energije vode koji su bili uspostavljeni nakon faze rasta grebena. Sitnobioklastično-peloidni vekston je naknadno značajno subaerski izmijenjen, a pokazuje brečiranje, pedocjevčice te mikroodijum agregate, te takav slijed ukazuje na relativno

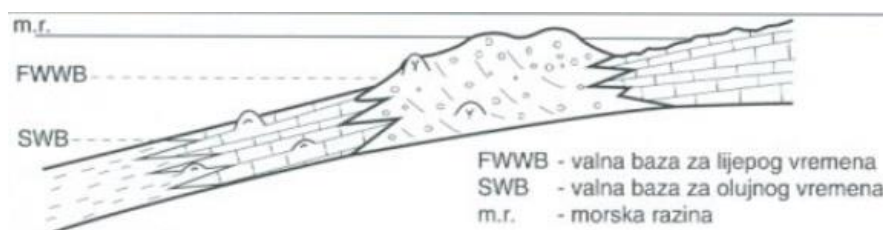
oplićavanje i na kraju subaersko izlaganje što je vjerojatno bilo razlogom prestanka rasta grebena.

6.3. GREBENSKI ORGANIZAMI

Makroskopski i mikroskopski, grebeni ne otkrivaju previše informacija zbog visokog stupnja rekristalizacije pa zbog istog nije moguće sa sigurnošću odrediti vrste koralja. Ono što se može makroskopski uočiti je prstasti oblik koralja, čije grančice su oblika prsta i aranžirane u bukete. Moderni prstasti koralji uključuju vrste *Acropora humilis*, *Montipora digitata*, *Porites compressa* i *Porites porites* (HUSINEC et al, 2019). Dakle, koralji u krpastim grebenim uvale Likva slični su jednoj (ili više) od navedenih vrsta, no odredbu je vrlo teško napraviti jer je malo detaljnih podataka o skleraktinskim koraljima iz najmlađe krede i najstarijeg paleocena. Smatra se da su fotosimbiotski skleraktinski koralji bili značajno pogođeni nepovoljnim uvjetima oko granice K/Pg i da je oko 45% svih vrsta koralja izumrlo, no mnogi rodovi su preživjeli u paleogenu (KIESSLING & BARON-SZABO, 2004). Organizmi koji su također vidljivi na slikama grebena su stromatoporoidne spužve, koje su također rekristalizirane pa je njihova mineralogija ostala nepoznanica. I koralji i stromatoporoidi koezistiraju u krpastim grebenima s Brača.

6.4. USPOREDBA S MODERNIM KORALJNIM GREBENIMA

Krpasti grebeni su, dakle, izolirani grebeni koji se uglavnom javljaju u lagunama te predstavljaju glavnu komponentu modernih facijesa karbonatne platforme u tropskim i subtropskim područjima (HUSINEC et al, 2019). U usporedbi s mnogo većim barijernim i rubnim grebenima, krpasti grebeni dobivaju manje pažnje. Oni su posebno dobro zastupljeni na Bahamima (otok San Salvador), u Floridi (Florida Keys), Kubi te Karibima (Belize). Krpasti grebeni se nalaze u plitkom dijelu karbonatne rampe, između razine mora i razine valne baze za lijepog vremena (slika 51). U tom području prevladavaju grejnstoni, koji su prema Dunhamovoj klasifikaciji vapnenci bez mulja, sa zrnskom potporom (slika 52).



Slika 51 Skica prikazuje područje na kojem se razvijaju krpasti grebeni, između m.r. i SWB (preuzeto iz Kovačić, 2020).

| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| primarni sastojci nisu pri taloženju zajedno vezani | | | | primarne komponente pri taloženju su organogeno vezane |
| sadrže mulj - mikrit | | bez mulja | | |
| muljna potpora | | zrnska potpora | | litifikacija organizama na staništu i u položaju rasta ili vezivanje komponenata životnom aktivnošću organizama |
| <10% čestica | >10% čestica | | | |
| Mudstone | Wackestone | Packstone | Grainstone | |
|  |  |  |  | Boundstone |
| | | | |  |

Slika 52 Dunhamova klasifikacija vapnenaca iz 1962. god. koja dijeli vapnenice s obzirom na njihove strukturne značajke (preuzeto iz Kovačić, 2020).

Kao i kod svih koraljnih grebena, i ovi grebeni zahtijevaju sunčevu svjetlost, nisku zamućenost vode, odgovarajuću temperaturu vode i nisku razinu hranjivih sastojaka. Formiraju se na stjenovitim ili fosiliziranim koraljnim obroncima u tri do šest metara vode, a razdvojeni su prudovima pijeska (slika 53) (CORAL REEF ALLIANCE, 2020). Paleocenski greben 10 koji je zbog svoje izvrsne otkrivenosti kartiran sličan je modernim krpastim grebenima: koraljni humci su manjih dimenzija i krpasto raspoređeni na unutarnjem dijelu karbonatne platforme (slike 50, 53). Za razliku od modernih krpastih grebena oko kojih prevladava zrnasti sediment, mastrihtski i paleocenski grebeni sačuvani u Likvi vjerojatno su nastali u mirnijim okolišima.

Osim koralja, grebenotvorni organizmi krpastih grebena mogu biti i stromatoporoidne spužve. Većina modernih koraljnih grebena stara je manje od 10 000 godina, a nastali su nakon posljednjeg ledenog doba kada je topljenje leda uzrokovalo porast razine mora i poplavljanje kontinentalnih ravnica. Dvije glavne varijable koje određuju geomorfologiju ili oblik koraljnih grebena su priroda supstrata na kojem počivaju i povijest promjene razine mora u odnosu na taj supstrat. Optimalna temperatura za većinu koraljnih grebena je između 26 i 27°C, a malo grebena postoji u vodama ispod 18°C. Iako dubokovodni koralji mogu tvoriti grebene, o njima se malo zna. Procjenjuje se da koraljni grebeni pokrivaju 284.300 km², nešto manje od 0,1% površine oceana. Indopacifička regija (uključujući Crveno

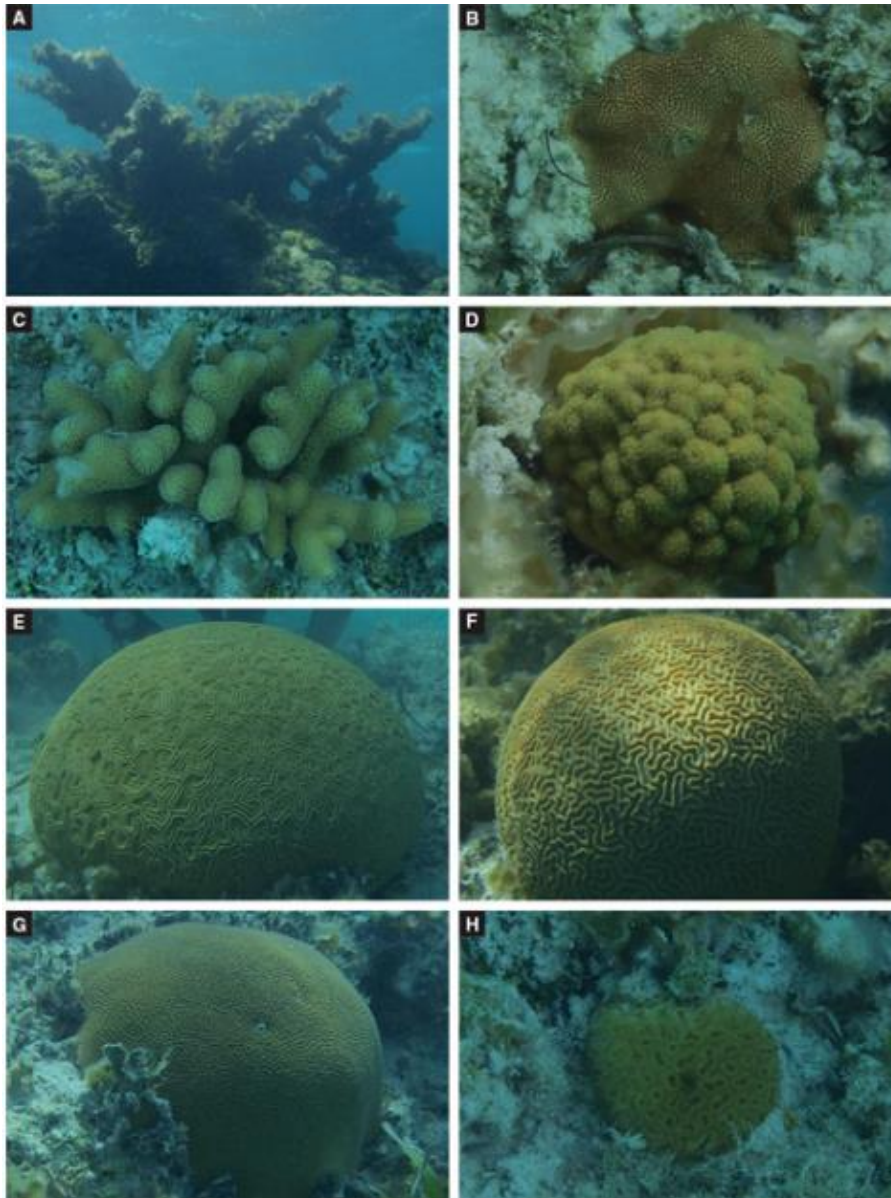
more, Indijski ocean, jugoistočnu Aziju i Tih ocean) čini 91,9% ovog ukupnog broja. Jugoistočna Azija čini 32,3% te brojke, dok Pacifik, uključujući Australiju, čini 40,8%. Atlantski i karipski koraljni grebeni čine 7,6%.



Slika 53 Zračni pogled na krpaste grebene unutar koraljnog grebena Belizea, Južni Belize, Srednja Amerika (Karipsko more) (preuzeto iz Perrine, 2020).

6.4.1. San Salvador, Bahami

Na sjeveroistočnom rubnom dijelu otok San Salvador na Bahamima, nalaze se brojni krpasti grebeni koji se kreću u rasponu od manjih kružnih (oko 20 m²) do većih izduženih grebena (oko 600 m²) (HUSINEC et al, 2019). Biota tih grebena uključuje kamene i meke koralje, vatrene koralje te zelene, smeđe i crvene alge. Smeđe alge najbrojnija su skupina organizama i pokrivaju do 95% površine grebena. Među grebenotvorcima, vrste skleraktinskih koralja s najvećim relativnim pojavljivanjem su *Diploria strigosa*, *Porites astreoides* i *P. porites* te *Millepora alcicornis* (slika 54). Karakteristični je zrnasti sediment, sastavljen od aragonita i visokomagnezijskog kalcita, u kojem dominiraju peloidi, intraklasti i skeletna zrna crvenih alga, bentičkih foraminifera, gastropoda i koralja. Nedostatak sitnozrnastog mikritnog sedimenta u ovom visokoenergijskom lagunskom facijesu rezultat je učinkovitog uklanjanja fizičkim procesima, uključujući plime, aktivnosti valova, zimske oluje i uragane (HUSINEC et al, 2019).



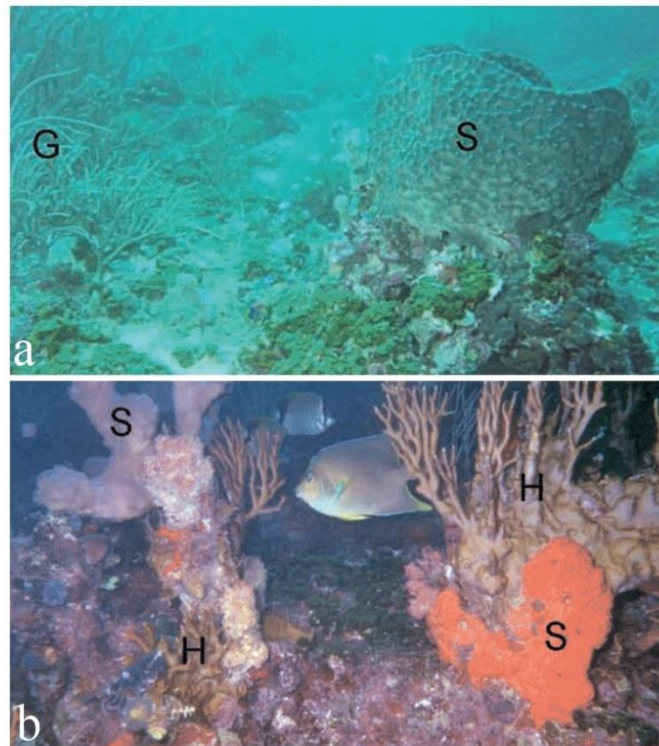
Slika 54 Reprezentativni skelaktinski koralji. A. *Acropora palmata*; B. *Stephanocoenia intersepta*; C. *Porites porites*; D. *Porites astreoides*; E. *Diploria labyrinthiformis*; F. *Diploria strigosa*; G. *Siderastrea siderea*; H. *Favia fragum* (preuzeto iz Husinec et al, 2019).

6.4.2. Florida Keys

Odličan moderni ekvivalent krpastih grebena Brača nalazi se na području Florida Keysa. Florida Keys predstavlja lanac otoka koji se proteže u jugozapadnom luku uz obalu južne Floride, predstavlja dom floridskim grebenima, po veličini trećim najvećim koraljnim grebenima na svijetu (NOAA, 2002). Na tom području nalazi se preko 6000 krpastih grebena u dubini vode između 2 i 9 metara. Glavni problemi koji okružuju ovo područje su porast bolesti i izbjeljivanje koralja, invazija algi, prekomjeran ribolov, smanjen dotok slatke vode iz

Floridskog zaljeva i oštećenje koralja raznim brodovima i ronjocima. Primarni koralji pronađeni u vanjskom dijelu lanca grebena uključuju zvjezdane koralje (familija *Montastraeidae*) i vatrene koralje (familija *Milleporidae*).

Čitav zapadni Floridski šelf leži unutar globalne „chlorozoan“ zone, gdje dominiraju heramtipni koralji i vapnenačke zelene alge. Temperatura u tom području varira između 16 i 30 stupnjeva Celzija, što pogoduje uspješnom rastu koralja. Nakon koralja, druga najveća komponenta grebena su spužve (slika 55). U istraživanju provedenom 2005.godine, opažene su 32 vrste spužvi.



Slika 55 A i B): Fotografije napravljene prilikom ronjenja na području zapadnog Floridskog šelfa, pokazuju dominaciju obrubnjaka (H), koralja (G) i spužvi (S) (preuzeto iz Hine et al, 2008).

6.4.3. Belize, Karibi

Krpasti grebeni na jugu Belizea razvijeni su u visokoenergijskom okruženju i uglavnom su okruženi dubokom vodom. Sadrže raznoliku koraljnu zajednicu kojom dominiraju *Acropora palmata*, *Diploria*, *Porites* te *Manicina* (MAZZULLO et al, 1992). Na sjeveru Belizea, Mexico Rocks kompleks, postoje također mnogi krpasti grebeni, a jedan od bolje istraženih je Elmer greben. Taj greben je razvijen u plitkoj vodi (2.5 m) u sredjoenergijskom okolišu.

Greben se razvijao tokom prošlih 420 godina, a tokom razvoja nije došlo do promjene razine mora.

Usporedno s ostalim krpastim grebenima, vidljiva je zonacija koralja i na Elmer grebenu, no nešto drugačija. Za razliku od južnog dijela Belize, na sjevernom dominira koralj *Montastrea annularia*. Osim dominantnog koralja, na sjeveru se nalaze i *Diploria* sp., *Agaricia agaricites*, *Avicularia purpurea*, *Porites furcata*, *P. porites*, razni okrokoralji (*Plexaura* sp., *Plexaurella* sp., i *Gorgonia* sp.), *Millepora* sp., vapnenačke alge, *Lithothamnion* (crvena alga), spužve i crvi. Svi skeletni elementi na i oko grebena te u samoj jezgri, sastoje se od aragonita ili visokomagnezijskog kalcita (MAZZULLO et al, 1992). Izuzetak su ostrakodi koji su primarno niskomagnezijski kalcit. Sediment unutar koralja sastoji se od kristalnog silta i mikrita koji su laminirani.

Moderni koraljni grebeni rastu u plitkomorskim uvjetima visoke energije vode. U takvim grebenima je debris stabiliziran djelovanjem crvenih alga. U modernim grebenima, bioklastični debris stvara se u višku, kako fizičkom tako i biološkom abrazijom. Grebenotvorci trebaju stabilne uvjete čvrstog dna, tako da procvat zajednice grebena ovisi o brznoj stabilizaciji te izvozu viška debrisa. Odnos debrisa se provodi konstantnim djelovanjem valova. Dakle, moderni visokoenergetski grebeni zahtijevaju ravnotežu između rasta koralja, fragmentacije, stabilizacije debrisa te odnosa viška bioklastičnog materijala. U slučaju da se višak materijala ne odnese, rast grebena će polako usporiti, a na kraju u potpunosti prestati (LEINFELDER, 1992). U slučaju krpastih grebena s Brača, ulogu stabilizacije grebena su vjerojatno imale stromatoporoidne spužve kao i u gornjojurskom visokoenergijskom grebenu iz Jugoslavije koji su opisali Turnšek et al. (1981).

7. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja daju uvid u morfologiju i razvoj dva krpasta grebena iz uvale Likva, jednog iz mastrihta, a drugog iz paleocena. Budući da su tijekom tih razdoblja grebenotvorni organizmi bili skleraktinski (kameni) koralji i spužve, a i u modernim krpastim grebenima su ti organizmi zastupljeni, zaključuje se da fosilni ostaci pronađeni u krpastim grebenima otoka Brača pripadaju upravo njima. Koralji su makroskopski „prstastog“ oblika, karakteristično za prstaste moderne koralje vrsta *Acropora humilis*, *Montipora digitata*, *Porites compressa* i *Porites porites*. Budući da su koralji doživjeli visok stupanj rekristalizacije, detaljnije odredbe vrsta nisu bile moguće. Na temelju makroskopske analize te uspoređivanja s fotografijama drugih fosilnih stromatoporoidnih spužvi, drugi grebenotvorci pronađeni u uvali Likva su upravo stromatoporoidi. Zanimljivo je pojavljivanje sličnog sastava organizama u oba grebena, što govori u prilog tome da su se koralji i stromatoporoidne spužve relativno brzo oporavili nakon izumiranja na kraju krede. Okoliši u kojima su se grebeni razvijali su bili plitki potplimni okoliši, niske energije vode te prilično restriktivni, budući da je raznolikost organizama niska.

8. LITERATURA

- BUCKOVIĆ, D. (2006): Historijska geologija 2. Mezozoik i Kenozoik. E-Book.
- CORALS OF THE WORLD (2020): Corals and coral reefs, Reefs. <http://www.coralsoftheworld.org/page/reefs/>
- CORAL REEF ALLIANCE (2020): Types of Coral Reef Formations. <https://coral.org/coral-reefs-101/coral-reef-ecology/types-of-coral-reef-formations/>
- CORAL DIGEST (2020): Bank Reefs. <https://www.coraldigest.org/index.php/BankReefs>
- CVETKO TEŠOVIĆ, B., GUŠIĆ, I., JELASKA, V., BUCKOVIĆ, D. (2001): Stratigraphy and microfacies of the Upper Cretaceous Pučišća Formation, Island of Brač, Croatia. *Cretaceous Research* 22(5): 591–613
- CVETKO TEŠOVIĆ, B. et al. (2020): Lithostratigraphy and biostratigraphy of the uppermost Cretaceous to lowermost Palaeogene shallow-marine succession: top of the Adriatic Carbonate Platform at the Likva Cove section (island of Brač, Croatia). *Cretaceous Research*, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104507>
- EMBRY, A. F., KLOVAN, E. J. (1972): Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*. 61/2, 10 Figs., Stuttgart
- FLÜGEL, E. (2004) *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 976 p.
- GUŠIĆ, I., JELASKA V. (1990): Upper Cretaceous stratigraphy of the island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic Carbonate Platform. *Opera Academica scientarium et artium Slavorum meridionalium*, Zagreb, 69, 160 p. (in Croat. with an extended English summary).
- HOPLEY, D. (2011): *Encyclopedia of Modern Coral Reefs*. DOI 10.1007/978-90-481-2639-2, # Springer Science+Business Media B.V. 2011
- HUSINEC, A., LOREE, P.E. & MURPHY, J.T. (2019): Degrading windward patch reefs and processes influencing composition, mineralogy, and stable-isotope record of peri-reefal sediment, San Salvador Island, Bahamas. *Facies* 65, 39.
- KERSHAW, S. (2013): Palaeozoic stromatoporoid futures: A discussion of their taxonomy, mineralogy and applications in palaeoecology and palaeoenvironmental analysis. *Journal of Palaeogeography* 2, 163–182
- KIESSLING, W., BARON-SZABO, R. (2004): Extinction and recovery patterns of Scleractinian corals at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 214. 195–223 . [10.1016/j.palaeo.2004.05.025](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.05.025)
- KORBAR, T., MONTANARI, A., PREMEC FUČEK, V., FUČEK, L., COCCIONI, R., MCDONALD, I., CLAEYS, P., SCHULZ, T., KOEBERL, C. (2015): Potential Cretaceous-Paleogene boundary tsunami

- deposit in the intra-Tethyan Adriatic carbonate platform section of Hvar (Croatia). GSA Bulletin 127 (11–12): 1666-1680.
- KORBAR T., GLUMAC, B., CVETKO TEŠOVIĆ, B., CADIEUX, S. (2017): Response of a carbonate platform to the Cenomanian-Turonian Drowning and OAE 2: a case study from the Adriatic Platform (Dalmatia, Croatia). *Journal of Sedimentary Research* 82(3): 163–176
- KORBAR, T., OŠTRIĆ, N., BELIĆ, N., JELASKA, V. (2016): Osnovne geološke karte Republike Hrvatske mjerila 1:50 000, otok Brač. Zavod za geologiju HGI-a, javna prezentacija.
- KOVAČIĆ, M. (2020): Karbonatni taložni okoliši i facijesi. Skripta za predavanje iz kolegija Petrologija sedimenata.
- LEINFELDER, R.R. (1992): A Modern-Type Kimmeridgian Reef (Ota Limestone, Portugal): Implications for Jurassic Reef Model. *Facies* 26, 11–34
- LEINFELDER, R.R., SCHLAGINTWEIT, F., WERNER, W., EBELI, O., NOSE, M., SCHMID, D.U., WYN HUGHES, G. (2005): Significance of stromatoporoids in Jurassic reefs and carbonate platforms-concepts and implications. *Facies* 51, 287–325
- MAZZULLO, S. J., ANDERSON-UNDERWOOD, K. E., BURKE, C. D., BISCHOFF, W. D. (1992): Holocene Coral Patch Reef Ecology and Sedimentary Architecture, Northern Belize. *Palaios* 7, 591–601
- NOAA (2020): The State of Coral Reef Ecosystems of the United States and Pacific Freely Associated States. http://www.nccos.noaa.gov/documents/status_coralreef.pdf
- NOAA (2020): Are corals animals or plants? National Ocean Service website. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/coral.html>
- NOAA (2020): Corals Tutorial. National Ocean Service website. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_corals/welcome.html
- PEJOVIĆ, D., RADOIČIĆ, R. (1987): Contribution to the study of Upper Cretaceous stratigraphy of Brač. *Geologija* 28/29. 121–150.
- PERRINE, D. (2020): Doug Perrine Photography. Aerial view of Gladden Caye and patch reefs inside Belize Barrier Reef, off Placencia, Southern Belize, Central America (Caribbean Sea). <https://dougperrine.photoshelter.com/gallery-image/G0000BMbkU35m544/I0000wOu5Zwq3aMs/7>
- PEZELJ, Đ. (2020): Porifera- razred Stromatoporoidea. Online prezentacija.
- REICH, H. G, TU, W., RODRIGUEZ, I. B., CHOU, Y., KEISTER, E. F., KEMP, D. W., LAJEUNESSE, T. C., HO, T. (2020): Iron availability modulates the response of endosymbiotic dinoflagellates to heat stress, *Journal of Phycology* . DOI: 10.1111/jpy.13078
- SCHOLLE, P.A., ULMER-SCHOLLE D.S. (2003) A color Guide to the Petrography of Carbonate rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. *AAPG Memoir* 77, p 459

- SOUTO, C. (2019): Stromatoporoids. <https://ucmp.berkeley.edu/online-exhibits/stromatoporoids/>
- SREMAC, J. (1999): Opća paleontologija, skripta. Str. 83–89, Zagreb.
- STANLEY, G. D. (2006): Photosymbiosis and the Evolution of Modern Coral Reefs. *Science* 312, 857–858
- STEUBER, T., KORBAR, T., JELASKA, V., GUŠIĆ, I. (2005): Strontium-isotope stratigraphy of Upper Cretaceous platform carbonates of the island of Brač (Adriatic Sea, Croatia): implications for global correlation of platform evolution and biostratigraphy. *Cretaceous Research* 26, 741–756.
- TURNŠEK, D., BUSER, S., OGORELEC, B. (1981): An Upper Jurassic reef complex from Slovenia, Yugoslavia. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM)*, Str. 361–369.
- VERON, J.E.N., STAFFORD-SMITH, M. G., TURAK, E., DEVANTIER, L. M. (2016): *Corals of the World*. Accessed 15 Nov 2020.
- VLAHOVIĆ, I. et al. (2005): *Geologija. Istarska enciklopedija*. Zagreb : Leksikografski zavod, 2005. Str.248–249. Natuknica.
- ŽUPANOVIĆ, Š. (1995): *Hrvati i more : ribarstvo : od koga Hrvati naučiše ribarstvo i ribarsku terminologiju?*, Zagreb : AGM, str. 348., ISBN 953-174-048-8

9. POPIS SLIKA U TEKSTU

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SLIKA 1 TIPOVI KORALJNIH GREBENA (IZMIJENJENO PREMA SPALDING ET AL., 2001). | 1 |
| SLIKA 2 MEZOZOJSKA I KENOZOJSKA ERA. SAŽETAK RAZVOJA GREBENA TIJEKOM EVOLUCIJE SKLERAKTINIJSKIH (KAMENITIH) KORALJA. BOJE STUPACA OZNAČAVAJU GLAVNE CIKLUSE GLOBALNIH ZATOPLJENJA (CRVENA) I ZAHLAĐENJA (PLAVA). GLAVNA MASOVNA IZUMIRANJA OZNAČENA SU CRVENIM KOSIM LINIJAMA. GEOLOŠKA DUGOVJEČNOST GLAVNIH SKUPINA GREBENOTVORACA NAZNAČENA JE SLIJEVA. GLAVNI GEOLOŠKI DOGAĐAJI U IZGRADNJI GREBENA SU SAŽETI S DESNE STRANE (PREUZETO IZ VERON ET AL., 2016). | 3 |
| SLIKA 3 A, B: GEOGRAFSKA KARTA POLOŽAJA OTOKA BRAČA U HRVATSKOJ (IZMIJENJENO PREMA CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020). | 5 |
| SLIKA 4 GEOLOŠKA GRAĐA OTOKA BRAČA S IZDVOJENIM LITOSTRATIGRAFSKIM JEDINICAMA I OZNAČENIM LOKALITETOM ISTRAŽIVANJA U UVALI LIKVA (IZMIJENJENO IZ CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020). | 5 |
| SLIKA 5 GEOLOŠKI STUP GORNJOKREDNIH NASLAGA NA OTOKU BRAČU (PREUZETO IZ CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020). | 7 |
| SLIKA 6 POGLED NA ZAPADNI DIO UVALE LIKVA I VRŠNI DIO NASLAGA FORMACIJE SUMARTIN. | 8 |
| SLIKA 7 POGLED IZBLIZA NA POLIPE RASPOREĐENE NA KORALJU. NA JEDNOJ GRANI KORALJA MOŽE BITI NA TISUĆE POLIPA (PREUZETO IZ NATIONAL OCEAN SERVICE, 2020). | 10 |
| SLIKA 8 ZOOKSANTELE, MIKROSKOPSKE JEDNOSTANIČNE ALGE KOJE ŽIVE UNUTAR KORALJA, DAJU IM BOJU I OPSKRBLJUJU IH HRANOM NASTALOM FOTOSINTEZOM (PREUZETO IZ REICH ET AL., 2020). | 11 |
| SLIKA 9 ANATOMIJA STROMATOPOROIDA (MJERILO JE DUŽINE 5 MM) (PREUZETO IZ SCHOLLE & ULMER-SCHOLLE, 2003). | 13 |
| SLIKA 10 STROMATOPOROIDNI KOSTUR: (A – B) POGLED ODOZGO NA STROMATOPOROIDE (VIDLJIVE MAMELONE U [B]); (C) UZDUŽNI PRESJEK S POJEDINOSTIMA SKELETA PRIKAZANIM U (D) (VODORAVNE LINIJE SU LAMINE, A OKOMITE SU STUPOVI); (E) POGLED ODOZGO NA STROMATOPOROID S DETALJIMA ASTROKORALJA PRIKAZANIM U (F). MJERILO JE DUŽINE 1 CM (PREUZETO IZ SOUTO, 2019). | 14 |
| SLIKA 11 (A – B) ORGANIZMI NAĐENI U STROMATOPOROIDNIM UZORCIMA (RUGOZNI KORALJ U [B] MOGUĆE ŽIVIO U SIMBIOTSKOM ODNOSU SA STROMATOPOROIDOM). MJERILO JE 1 CM (PREUZETO IZ SOUTO, 2019). | 15 |
| SLIKA 12 GEOLOŠKI STUP UVALE LIKVA. BROJEVIMA OD 1 DO 10 OZNAČENE SU RAZINE S OSTACIMA GREBENOTVORNIH ORGANIZAMA, TJ. RAZINE S OSTACIMA KRPASTIH GREBENA. DVA KRPASTA GREBENA KOJA SU ISTRAŽIVANA U OVOM RADU OZNAČENA SU BROJEVIMA 8 I 10 (IZMIJENJENO PREMA CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020). | 18 |
| SLIKA 13 GREBEN 8 U VRŠNOM DIJELU JEDINICE B (IZMIJENJENO I NADOPUNJENO PREMA CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020; LEGENDA U SLICI 11). | 21 |
| SLIKA 14 BOČNI POGLED NA GREBEN 8 S OZNAČENIM DONJIM (PLAVA LINIJA) I GORNJIM POVRŠINAMA (LJUBIČASTA LINIJA). VIDI SE LATERALNA PROMJENA DEBLJINE GREBENA 8: DESNO JE NEŠTO VEĆA NEGO U LIJEVOM DIJELU FOTOGRAFIJE. | 22 |
| SLIKA 15 POGLED NA BOČNI I GORNJI DIO GREBENA 8 (ŽUTA LINIJA OZNAČAVA KONTAKT GREBENA I KROVINE). | 22 |
| SLIKA 16 LAMINIRANI MADSTON S RIJETKIM OSTRAKODIMA I BOKLASTIMA (UZORAK LD-14). | 23 |
| SLIKA 17 OŠTAR KONTAKT PELOIDNOG MADSTONA-VEKSTONA (DOLJE) I KALKRETA (GORE) S PEDOCJEVČICAMA (OZNAČENE CRVENIM STRELICAMA) U UZORKU L-8.1. | 23 |
| SLIKA 18 FOTOMIKROGRAFIJA UZORKA L-8.1 KOJA PRIKAZUJE KONTAKT PELOIDNOG MADSTONA-VEKSTONA (DESNOM DOLJE) S KALKRETOM (LIJEVO GORE) S PEDOCJEVČICAMA (CRVENE STRELICE; MJERILO JE DUŽINE 0,2 MM). | 24 |
| SLIKA 19 FOTOMIKROGRAFIJA UZORKA L-8.2 IZ GORNJEG DIJELA MASTRIHTSKOG GREBENA. DJELOMIČNO REKRISTALIZIRANI BOKLASTIČNI MADSTON-VEKSTON S RIJETKIM OSTACIMA HARACEJA (MJERILO JE DUŽINE 0,5 MM). | 24 |
| SLIKA 20 LAMINIRANI VAPNENAC U NEPOSREDNOJ KROVINI GREBENA 8 (MJERILO JE DUGO 15 CM). | 25 |
| SLIKA 21 FOTOMIKROGRAFIJA BOKLASTIČNOG MADSTONA S TANKIM LJUŠTURICAMA VJEROJATNO OSTRAKODA I VRLO RIJETKIM HARAMA (UZORAK L-8.3). | 26 |
| SLIKA 22 LAMINIRANI SITNOPELOIDNI MADSTON-VEKSTON S ROTALIDNIM FORAMINIFERAMA I NUBEKULARIJAMA IZ MASTRIHTSKOG GREBENA 8 (UZORAK L-8.4). | 26 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SLIKA 23 OSTACI ERODIRANOG KORALJNOG HUMKA NA GORNJOJ POVRŠINI GREBENA 8 OBRUBLJENI CRVENOM LINIJOM. VIDLJIVE SU KRUPNIJE PRSTASTE ČAŠKE KORALJA. _____ | 27 |
| SLIKA 24 KRUPNIJI „PRSTASTI“ OSTACI KORALJA NA GORNJOJ SLOJNOJ POVRŠINI GREBENA 8 (MJERILO JE DUŽINE 10 CM). _____ | 28 |
| SLIKA 25 KRUPNIJI „PRSTASTI“ OSTACI KORALJA NA GORNJOJ SLOJNOJ POVRŠINI GREBENA 8 (MJERILO JE 10 CM). _____ | 28 |
| SLIKA 26 SITNIJI, INTENZIVNO KARSTIFICIRANI „PRSTASTI“ OSTACI KORALJA NA GORNJOJ SLOJNOJ POVRŠINI GREBENA 8 (MJERILO JE DUŽINE 10 CM). _____ | 29 |
| SLIKA 27 SITNIJI PRSTASTI OSTACI KORALJA NA GORNJOJ SLOJNOJ POVRŠINI GREBENA 8 (DESNO DOLJE SU MM). _____ | 29 |
| SLIKA 28 PRESJEK KROZ POJEDINAČNU KRUPNIJU ČAŠKU KORALJA UZETU S GORNJE POVRŠINE GREBENA 8 (UZORAK LD-15). _____ | 30 |
| SLIKA 29 POPREČNI PRESJEK KRUPNIJE ČAŠKE KORALJA IZ GREBENA 8: REKRISTALIZIRANI MADSTON S NEPREPOZNATLJIVIM BOKLASTIMA? (UZORAK L-8.5). _____ | 30 |
| SLIKA 30 POPREČNI PRESJEK SITNIJE ČAŠKE KORALJA IZ GREBENA 8: REKRISTALIZIRANI VEKSTON I MIKRITNE LAMINE S VANJSKE STRANE (LJEVI DIO SLIKE; UZORAK L-8.6). _____ | 31 |
| SLIKA 31 DETALJ GORNJE SLOJNE POVRŠINE GREBENA 8 S OSTACIMA KOJI VJEROJATNO PRIPADAJU SPUŽVAMA (MJERILO JE DUŽINE 15 CM). _____ | 32 |
| SLIKA 32 PALEOCENSKI GREBEN 10 KOJI SE NALAZI U VRŠNOM DIJELU JEDINICE F SLIJEDA LIKVA (IZMIJENJENO I NADOPUNJENO PREMA CVETKO TEŠOVIĆ ET AL., 2020) _____ | 33 |
| SLIKA 33 BOČNI POGLED NA PALEOCENSKI GREBEN 10. OZNAČENE SU TRI RAZINE RAZVOJA GREBENA (I–III). _____ | 33 |
| SLIKA 34 FOTOMIKROGRAFIJE LAMINIRANOG PELOIDNO-MIKROBIOKLASTIČNOG VEKSTONA S BOKLASTIMA (DISKORBIDI) (SLIKA LJEVO) I RIJETKIM OSTACIMA HARACEJA (SLIKA DESNO; UZORAK L-10.1). _____ | 34 |
| SLIKA 35 TAMNOSIVI INTENZIVNO BIOTURBIRANI VAPNENAC U PODINI GREBENA 10 (SLIKA LJEVO) I MATERIJAL U IZBRUSKU BIOTURBIRANI LAMINIRANI OSTRAKODNI VEKSTON S RIJETKIM SITNIM DISKORBIDIMA (UZORAK L-10.2; SLIKA DESNO). _____ | 34 |
| SLIKA 36 SMEČKASTI REKRISTALIZIRANI VAPNENAC U PODINI GREBENA (SLIKA LJEVO) I ISTI MATERIJAL U IZBRUSKU: MIKROBIOKLASTIČNO-PELOIDNI MADSTON-VEKSTON (UZORAK L-10.3; SLIKA DESNO). _____ | 35 |
| SLIKA 37 DJELOMIČNO REKRISTALIZIRANI MADSTON S RIJETKIM SITNIM NEPREPOZNATLJIVIM BOKLASTIMA. UZORAK L-10.4 IZ PRVE RAZINE GREBENA 10. _____ | 36 |
| SLIKA 38 UZORAK L-10.5 KOJA PRIKAZUJE KONTAKT DJELOMIČNO REKRISTALIZIRANOG MADSTONA I JAČE REKRISTALIZIRANOG DIJELA (SLIKA LJEVO) I L-10.7 KOJI TAKOĐER PRIKAZUJE REKRISTALIZIRANI MADSTON (SLIKA DESNO). DUŽINA MJERILA NA OBJE SLIKE JE 0,5 MM. _____ | 36 |
| SLIKA 39 FOTOMIKROGRAFIJE UZORKA IZ NEPOSREDNE KROVINE GREBENA 10: BIOTURBIRANI MIKROBIOKLASTIČNO-PELOIDNI VEKSTON (SLIKA LJEVO; UZORAK L-11), RIJETKE VRLO SITNE ROTALIDNE FORAMINIFERE (SLIKA DESNO; UZORAK L-11). _____ | 37 |
| SLIKA 40 HUMCI KRUPNIJIH PRSTASTIH KORALJA NA GREBENU 10. U SREDINI JE HUMAK UNUTAR DRUGE RAZINE, A LJEVO GORE HUMAK UNUTAR TREĆE RAZINE GREBENA. DUŽINA BIJELOG I ŽUTOG METRA IZNOSI 2 M. _____ | 38 |
| SLIKA 41 HUMAK KRUPNIJIH PRSTASTIH KORALJA NA GREBENU 10 UNUTAR TREĆE RAZINE GREBENA. DUŽINA MJERILA U DESNOM DIJELU SLIKE JE 15 CM. _____ | 38 |
| SLIKA 42 KRUPNIJI PRSTASTI OSTACI KORALJA NA GORNJOJ SLOJNOJ POVRŠINI GREBENA 10, ODNOSNO UNUTAR TREĆE RAZINE GREBENA (MJERILO JE DUŽINE 15 CM). _____ | 39 |
| SLIKA 43 SITNIJI PRSTASTI KORALJI UNUTAR TREĆE RAZINE GREBENA 10. _____ | 40 |
| SLIKA 44 PRESJEK KRUPNIJE ČAŠKE PRSTASTOG KORALJA IZ GREBENA 10 (SLIKA LJEVO) I IZBRUSAK ISTOG UZORKA (SLIKA DESNO; DUŽINA MJERILA JE 0,5 MM). _____ | 40 |
| SLIKA 45 DETALJ GORNJE SLOJNE POVRŠINE GREBENA 10 (RAZINA 1) S KUPOLASTIM LAMELARNIM OSTACIMA KOJI VJEROJATNO PRIPADAJU STROMATOPOROIDNIM SPUŽVAMA (MJERILO JE DUŽINE 15 CM). _____ | 41 |
| SLIKA 46 DETALJ GORNJE SLOJNE POVRŠINE GREBENA 10 (RAZINA 1) S KUPOLASTIM LAMELARNIM OSTACIMA KOJI VJEROJATNO PRIPADAJU STROMATOPOROIDNIM SPUŽVAMA (MJERILO JE DUŽINE 15 CM). _____ | 42 |
| SLIKA 47 DETALJ GORNJE SLOJNE POVRŠINE GREBENA 10 (RAZINA 1) S OKRŠENIM KUPOLASTIM LAMELARNIM OSTACIMA KOJI VJEROJATNO PRIPADAJU STROMATOPOROIDNIM SPUŽVAMA (MJERILO JE DUŽINE 15 CM). _____ | 42 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SLIKA 48 DETALJ SKELETA STROMATOPOROIDNE SPUŽVE RAZINE 1 GREBENA 10 S VIDLJIVOM LAMELARNOM GRADOM. _____ | 43 |
| SLIKA 49 PRESJEK KROZ FRAGMENT SKELETA STROMATOPOROIDNE SPUŽVE IZ RAZINE 1 GREBENA 10. _____ | 43 |
| SLIKA 50 TLOCRT PALEOCENSKOG GREBENA U GORNJEM DIJELU JEDINICE F. _____ | 44 |
| SLIKA 51 SKICA PRIKAZUJE PODRUČJE NA KOJEM SE RAZVIJAJU KRPASTI GREBENI, IZMEĐU M.R. I SWB (PREUZETO IZ KOVAČIĆ, 2020). _____ | 49 |
| SLIKA 52 DUNHAMOVA KLASIFIKACIJA VAPNENACA IZ 1962. GOD. KOJA DIJELI VAPNENCE S OBZIROM NA NJIHOVE STRUKTURNE ZNAČAJKE (PREUZETO IZ KOVAČIĆ, 2020). _____ | 49 |
| SLIKA 53 ZRAČNI POGLED NA KRPASTE GREBENE UNUTAR KORALJNOG GREBENA BELIZEA, JUŽNI BELIZE, SREDNJA AMERIKA (KARIPSKO MORE) (PREUZETO IZ PERRINE, 2020). _____ | 50 |
| SLIKA 54 REPREZENTATIVNI SKELAKTINSKI KORALJI. A. <i>ACROPORA PALMATA</i> ; B. <i>STEPHANOCOENIA INTERSEPTA</i> ; C. <i>PORITES PORITES</i> ; D. <i>PORITES ASTREOIDES</i> ; E. <i>DIPLORIA LABYRINTHIFORMIS</i> ; F. <i>DIPLORIA STRIGOSA</i> ; G. <i>SIDERASTREA SIDEREA</i> ; H. <i>FAVIA FRAGUM</i> (PREUZETO IZ HUSINEC ET AL, 2019). _____ | 51 |
| SLIKA 55 A I B): FOTOGRAFIJE NAPRAVLJENE PRILIKOM RONJENJA NA PODRUČJU ZAPADNOG FLORIDSKOG ŠELFA, POKAZUJU DOMINACIJU OBRUBNJAKA (H), KORALJA (G) I SPUŽVI (S) (PREUZETO IZ HINE ET AL, 2008). ____ | 52 |