Emerzijska površina u paleocenskim karbonatnim naslagama uvale Likva, otok Brač

Šenolt, Natalia

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:217:771474

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Natalia Šenolt

EMERZIJSKA POVRŠINA U PALEOCENSKIM KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Natalia Šenolt

EMERZIJSKA POVRŠINA U PALEOCENSKIM KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ

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

Mentor:
Izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Zagreb, 2018.

Ovaj diplomski rad je izrađen u sklopu diplomskog studija na smjeru geologija-paleontologija, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Blanke Cvetko Tešović, na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ovaj je rad izrađen u okviru HRZZ projekta (IP-2014-09-9541).

ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović na stručnom vodstvu, savjetima i primjedbama, odabranoj literaturi i pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem neposrednoj voditeljci dr. sc. Maji Martinuš na puno utrošenog vremena i pristupačnosti, brojnim savjetima i razgovorima prilikom pisanja ovog rada.

Hvala svim profesorima, asistentima i ostalim djelatnicima Geološkog odsjeka na prenesenom znanju tijekom cjelokupnog studija.

I na kraju, posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i Viktoru, koji su uvijek bili tu uz mene i bez kojih moja postignuća ne bi bila moguća.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

EMERZIJSKA POVRŠINA U PALEOCENSKIM KARBONATNIM NASLAGAMA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ

Natalia Šenolt

Rad je izrađen: Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, PMF, Horvatovac 102a, Zagreb

Sažetak: Površine prekida taloženja česte su u sljedovima naslaga karbonatnih platformi, pa tako i na području Jadranske karbonatne platforme. Istraživana površina prekida taloženja nastala je subaerskim izlaganjem sedimenata i erozijom u paleocenskim karbonatima uvale Likva (otok Brač) te je prepoznata kao regionalni subaerski nekonformitet na Jadranskoj karbonatnoj platformi. Površina subaerskog izlaganja obilježena je biogenim kalkretama s rizolitima, *Microcodium* agregatima, alveolarno septalnim strukturama, mikritnim nodulama, crnim klastima („*black pebbles*“), laminiranim kalkretama i pizoidima. Regionalno subaersko izlaganje, koje je različito trajalo na različitim dijelovima Jadranske karbonatne platforme, uzorkovano je vrlo intenzivnom kasnokrednom sinsedimentacijskom tektonikom koja je vezana za koliziju Jadranske i Euroazijske ploče. Iznad prekida taloženja transgresivno dolaze brakični i slatkovodni vapnenci s ostrakodima, gastropodima, cijanobakterijama i oogonijama alga Charophyta.

Ključne riječi: površina subaerskog izlaganja, regionalni subaerski nekonformitet, kalkrete, paleocenski karbonati, Jadranska karbonatna platforma, otok Brač

Rad sadrži: 45+V stranica, 23 slike, 1 tablicu i 45 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor: dr.sc. Blanka Cvetko Tešović, izv. prof.

Ocjenjivači: dr.sc. Blanka Cvetko Tešović, izv. prof.

dr. sc. Dražen Balen, prof.

dr. sc. Damir Bucković, izv. prof.

Datum završnog ispita: 16. studenog, 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

SUBAERIAL EXPOSURE SURFACE IN PALAEOCENE CARBONATES OF LIKVA COVE, ISLAND OF BRAČ

Natalia Šenolt

Thesis completed in: Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, PMF, Horvatovac 102a, Zagreb

Abstract: Discontinuity surfaces are common in successions of carbonate platforms, including the Adriatic Carbonate Platform. The studied discontinuity surfaces are formed by subaerial exposure of sediment and erosion in Palaeocene carbonates of Likva cove (island of Brač) and it is recognised as regional subaerial unconformity on Adriatic Carbonate Platform. Subaerial exposure surface is characterized with biogenic calcretes with rhizoliths, *Microcodium* aggregates, alveolar septal fabric, micrite nodules, black pebbles, laminated calcretes and pisoids. Regional subaerial exposure phase of variable duration on different parts of the Adriatic Carbonate Platform was caused by very intensive Late Cretaceous syn-sedimentary tectonics related to the collision of Adria with the Eurasian plate. Brackish and freshwater limestones with ostracods, gastropods, cyanobacteria and Charophyta algae overlie the discontinuity surface.

Keywords: subaerial exposure surface, regional subaerial unconformity, calcretes, Palaeocene carbonates, Adriatic Carbonate Platform, island of Brač

Thesis contains: 45+V pages, 23 figures, 1 table and 45 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geology Library, Department of Geology, PMF

Supervisor: Ph.D. Blanka Cvetko Tešović, Associate Professor

Reviewers: Ph.D. Blanka Cvetko Tešović, Associate Professor

Ph.D. Dražen Balen, Professor

Ph.D. Damir Bucković, Associate Professor

Date of the final exam: November 16, 2018.

Sadržaj:

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA……IV

BASIC DOCUMENTATION CARD……V

1. UVOD.....1

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....2

2.1. Teorijska osnova.....2

2.1.1. Kalkrete.....3

2.2. Dosadašnja geološka istraživanja.....6

3. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....8

3.1. Evolucija Jadranske karbonatne platforme (AdCP).....8

3.2. Geološke značajke naslaga otoka Brača.....12

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....15

4.1. Terenska istraživanja.....15

4.2. Laboratorijska istraživanja.....16

5. REZULTATI.....17

5.1. Litologija istraživanih naslaga.....17

5.2. Starost istraživanih naslaga.....19

5.3. Litofacijesi.....23

5.4. Površina subaerskog izlaganja BO–1.....25

5.4.1. Makroskopske značajke površine subaerskog izlaganja.....25

5.4.2. Mikroskopske značajke površine subaerskog izlaganja.....26

6. RASPRAVA.....31

6.1. Uvod.....31

6.2. Litologija slijeda istraživanih naslaga.....31

6.3. Starost slijeda istraživanih naslaga.....32

6.4. Litofacijesi.....33

6.5. Površine subaerskog izlaganja.....34

7. ZAKLJUČAK.....37

8. LITERATURA.....39

9. POPIS SLIKA U TEKSTU.....43

10. POPIS TABLICA U TEKSTU.....45

1. UVOD

Na kraju krede (mastriht) dolazi do izrazite kompresije i integracije jedne od najvećih mezozojskih karbonatnih platformi, Jadranske karbonatne platforme (Adriatic Carbonate Platform, AdCP). Također dolazi i do izdizanja prostora nekadašnje platforme i u kombinaciji s globalnim sniženjem morske razine dovodi do prekida taloženja na većini prostora platforme. Samo na nekim dijelovima nekadašnje platforme, nastavlja se kontinuirana sedimentacija u paleogen te se nakon vršnih krednih marinskih vapnenaca talože donjopaleocenski bočati do slatkovodni vapnenci (tzv. „ Kozina naslage“).

Na sjeverozapadnom dijelu otoka Brača, 0,4 km zapadno od uvale Likva, izdanjuju karbonatne naslage paleogenske starosti formacije Sumartin (analogno Liburnijskim naslagama sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije na prijelazu mastriht–paleocen). U paleogenskim karbonatnim naslagama (između starijih i mlađih paleocenskih–eocenskih? naslaga) uočena je površina subaerskog izlaganja i erozije te je prepoznata kao regionalni događaj na Jadranskoj karbonatnoj platformi koji označava kraj karbonatne sedimentacije platforme. Predmet istraživanja u ovom diplomskom radu je opis i interpretacija površina prekida taloženja koje su nastale u subaerskim dijagenetskim okolišima kao uzroka i uvjeta nastanka emerzije, što će dati i značajne informacije o promjenama u okolišu taloženja starijeg paleocena istraživanog lokaliteta. Na istraživanim uzorcima (od BO–1 do BO–18) obavljene su sedimentološke, mineraloške, paleontološke i dijagenetske analize te je utvrđeno da je vršni dio formacije Sumartin izgrađen od kalkreta s rizolitima i pizoidima koji predstavljaju regionalni subaerski nekonformitet, a iznad njih transgresivno dolaze brakični i slatkovodni vapnenci s ostrakodima, gastropodima, cijanobakterijama i oogonijama alga skupine Charophyta.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

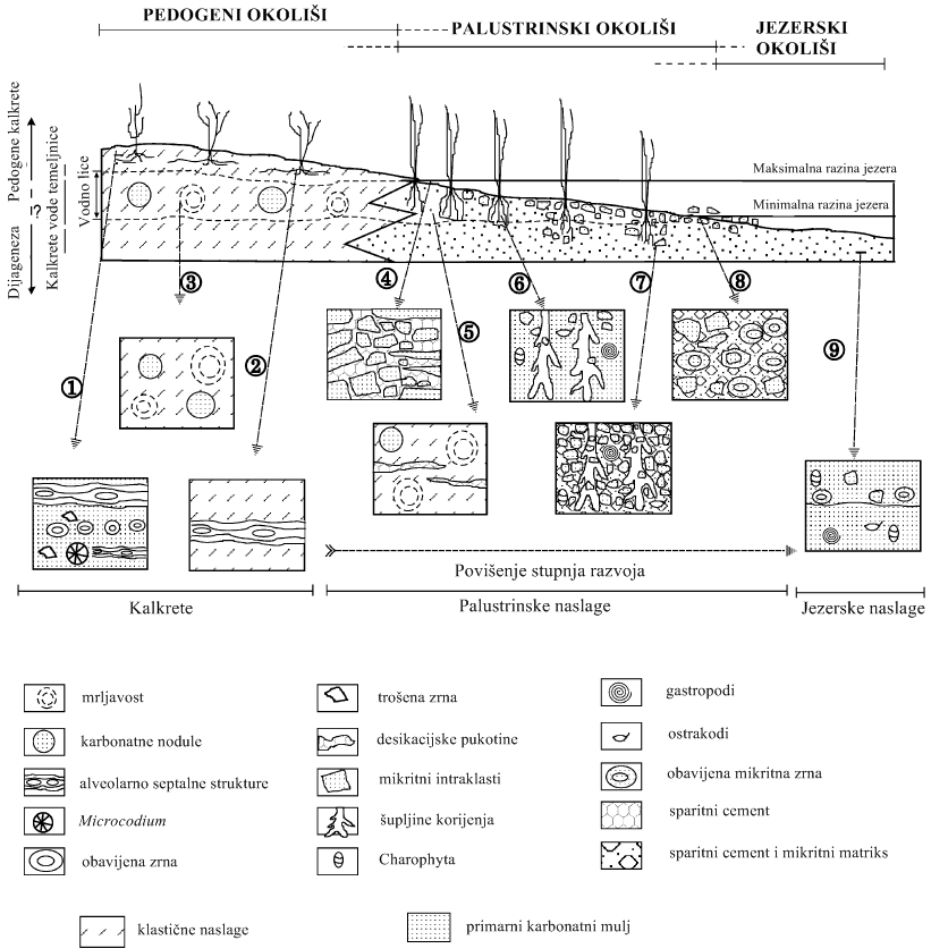
2.1. Teorijska osnova

Površine diskontinuiteta su vrlo česte značajke u sljedovima naslaga karbonatnih platformi, a nastaju kao posljedica prekida ili zastoja u sedimentaciji. Obično, no ne uvijek, prekid taloženja obilježen je različitim facijesom ispod i iznad same površine prekida (Christ, 2011). Površine diskontinuiteta su vrlo korisni marker horizonti za stratigrafsku korelaciju, a također se često primjenjuju u sekvencijskoj stratigrafiji (Brlek et al., 2013). U ovaj termin uključene su različite vrste površina diskontinuiteta: površine subaerskog izlaganja, marinski firmground-i i hardground-i te kompozitne (poligenetske) površine, no u ovom radu bit će riječ samo o površinama subaerskog izlaganja.

Površine subaerskog izlaganja nastaju izlaganjem marinskih karbonata subaerskim uvjetima, odnosno uvjetima meteorske dijageneze i pri tome dolazi do prekida u sedimentaciji. Plitkomorski okoliši vrlo su dinamični i već pri malim promjenama morske razine može nastati kompleksna stratigrafija. Ispod same površine izlaganja dolazi do alteracije i trošenja stijena, a intenzitet promjena ovisi o klimi, duljini subaerskog izlaganja, položaju vodnog lica i petrografskim karakteristikama stijene u podlozi. Površine subaerskog izlaganja vrlo su važne jer nam daju informacije o tome što nedostaje u sedimentnom zapisu, a što je sačuvano te su korisni kao marker horizonti i mogu biti od ekonomske važnosti zbog akumulacije nafte i raznih metala (npr. Pb, Zn, U i boksiti). Dva glavna dijagenetska karbonatna facijesa nastala kao posljedica subaerskog izlaganja su kalkrete i paleokrš (Esteban & Klappa, 1983).

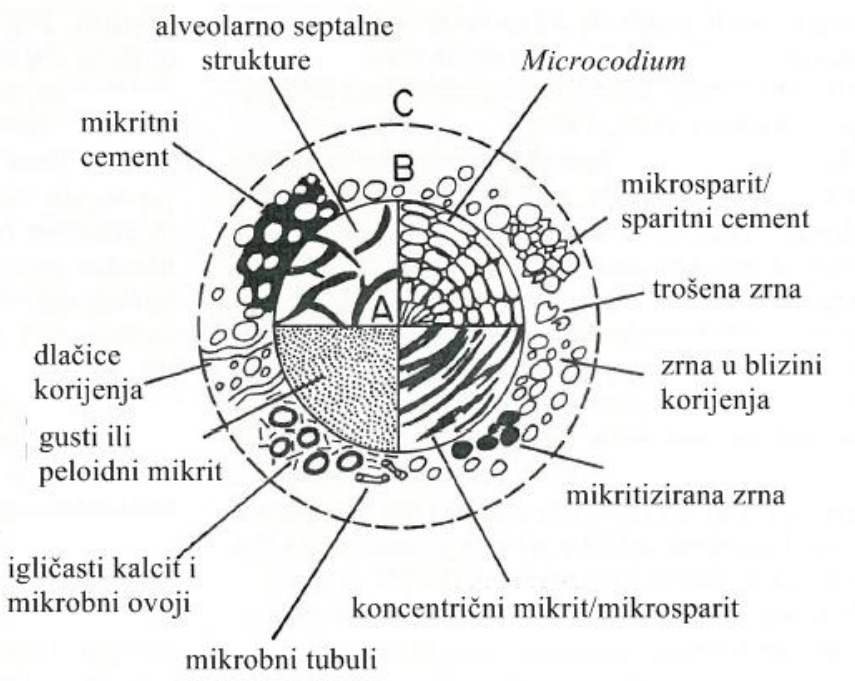
2.1.1. Kalkrete

Kalkrete (ili kaliče) su terestričke akumulacije nisko magnezijskog kalcijeva karbonata (ne-marinski karbonati) koje su formirane u obliku tla na ili u već postojećem sedimentu, tlu ili stijenama u umjerenim (npr. Mediteran), aridnim do semiaridnim uvjetima (Esteban & Klappa, 1983; slika 1). Važni procesi koji dovode do formiranja kalkreta su kemijsko i fizičko trošenje karbonatne stijene, odnosno klima, razvoj tla, topografija, vegetacija, aktivnost organizama, vrijeme izlaganja te nakupljanje kalcijeva karbonata u tlu evaporacijom saturirane porne vode koja na površinu dolazi kapilarnim silama. Osim kalcijeva karbonata koji je nakupljan u tlu, eolski donos je također vrlo važan faktor (Flügel, 2004). Kalkrete ne moraju biti direktno vezane za profil tla (pedogene kalkrete), već se mogu formirati u vadoznoj zoni ili ispod vodnog lica (kalkrete podzemne vode ili „*groundwater*“ kalkrete) (Alonso-Zarza, 2007).



Slika 1 Taložni okoliši kalkreta, palustrinskih i lakustrinskih karbonata (preuzeto i prilagođeno prema Alonso-Zarza, 2002).

Postoji nekoliko klasifikacija kalkreta, no najčešće su klasifikacije prema morfologiji (i mikromorfologiji), fazama razvoja kalkreta i sadržaju dolomita. Od makroskopskih karakteristika, najprepoznatljivije su laminirane kalkrete, rizoliti, nodule, pizoidi i „*black pebbles"*. Laminirane kalkrete su nekoliko centimetara debele i obično su to mikritne lamine valovitog do nepravilnog oblika. Laminirani dijelovi imaju često oštro definiranu gornju i donju granicu te su tamne boje koja dolazi od organske tvari. Također, prisutna su i obilježja otapanja koja se javljaju kao mikrodiskordancije unutar lamina. Ove kalkrete uglavnom nastaju pod utjecajem korijenja bilja (Wright et al., 1988). Rizoliti su organo-sedimentne strukture nastale pod utjecajem korijenja te možemo razlikovati nekoliko tipova. Koji tip rizolita će biti formiran ovisi o mjestu kalcifikacije, odnosno u ili okolo korijenja i šupljina korijenja (Slika 2). Uz rizolite obično dolaze *Microcodium* agregati sa sekundarnim strukturama, kao npr. korjenčići i dlačice oko korijenja (Klappa, 1980). Vrlo detaljan opis *Microcodium* agregata dao je Košir (2004). Karbonatne nodule su također vrlo česte u kalkretama, no njihovo podrijetlo još uvijek nije u potpunosti jasno. Klasificiraju se prema morfologiji ili unutrašnjoj strukturi (uniformna, koncentrična). Pretpostavlja se, da su nodule nastale difuzijom karbonata do određenih mjesta i precipitacije. Oko nodula česte su cirkumgranularne pukotine i šupljine (Wright & Tucker, 1991). Obavijena zrna (pizoidi) također su česta u kalkretama te mogu biti veličine od zrna pijeska do velikih klasta. Pizoidi se obično formiraju na padini, gdje se onda mogu kretati niz padinu pod utjecajem gravitacije pa su jednoliko obavijeni ili ako se ne kreću, onda su asimetrično obavijeni. Još jedna od upečatljivih struktura u kalkretama su „*black pebbles*" te se smatra da su ova zrna nastala ulazom terestričke organske tvari u sustav, šumskim požarima ili formiranjem pirita (Wright & Tucker, 1991).



Slika 2 Različite strukture kod kalcifikacije korijenja u rizolitu (preuzeto i prilagođeno prema Wright & Tucker, 1991).

Vrlo je bitna mikromorfologija kalkreta jer odražava koji su procesi (biogeni ili abiogeni) doveli do precipitacije karbonata. Prema ovoj podjeli razlikujemo 2 tipa kalkreta: α-kalkrete (pseudonodularna mikroobilježja) koje se sastoje od gustog mikrita i mikrosparita nastale abiogenim procesima te biogene β-kalkrete nastale pod utjecajem korijenja bilja i gljiva, a sastoje se od rizokrecija, igličastog kalcita, alveolarno septalne građe, mikrobnih cjevčica te *Microcodium* agregata (Wright & Tucker, 1991). α-kalkrete nastaju u više aridnim područjima i s manje biološke aktivnosti, dok β-kalkrete nastaju u semiaridnim do subhumidnim područjima s puno vegetacijskog pokrova i biološke aktivnosti. No, čak i α-kalkrete mogu biti pod malim utjecajem biološke aktivnosti, ali su te strukture uništene fizičko-kemijskim promjenama (npr. rekristalizacija) (Goudie, 1983).

2.2. Dosadašnja geološka istraživanja

Površine diskontinuiteta vrlo su česte u karbonatnim sljedovima Jadranske karbonatne platforme, ali je vrlo malo zabilježenih detaljnih sedimentoloških, dijagenetskih i mineraloških analiza. Prve površine subaerskog izlaganja (srednji–gornji kampan) na otoku Braču opisali su Gušić & Jelaska (1990) između formacija Pučišća (donji do srednji kampan) i Sumartin. Regionalni kredno–paleogenski (K–Pg) hijatus na području Vanjskih Dinarida opisao je u svojoj doktorskoj disertaciji Brlek (2014). Radovi Brlek et al. (2013, 2014) daju stratigrafski pregled Vanjskih Dinarida te također opisuju površine diskontinuiteta. Izotopne analize biogenih kalkreta (površine diskontinuiteta) na području središnje Dalmacije i istočne Istre opisali su Brlek & Glumac (2014), dok je prekid taloženja, odnosno gornjokredni do paleogenski nekonformitet (prostor Slovenije, Istre i SZ Hrvatske) koji je povezan s izdizanjem dijelova Jadranske karbonatne platforme i ostalih platformi, Apeninske platforme i Apulijske platforme (evolucija *foreland* bazena), opisao Otoničar (2007), a evoluciju Krških Dinarida na prostoru SZ Jadrana na temelju gornjokrednih do paleogenskih karbonata opisao je Korbar (2009). Ostale starije površine prekida taloženja u trijaskim naslagama opisali su Bucković & Martinuš (2010), dok su u donjojurskim karbonatnim naslagama na području Gorskog kotara, Velebita i Like opisali Martinuš et al. (2012) i Martinuš (2013).

Litološke i biostratigrafske tipove razvoja paleogena u Istri i Dalmaciji opisali su Šikić et al. (1969), gdje su naslage paleogena podijelili na stariji, karbonatni dio, i mlađi, klastični dio. Najstarije paleogenske sedimente (važni za tematiku ovog rada) čine liburnijskie naslage nakon kojih dolaze foraminiferski vapnenci i laporoviti vapnenci s glaukonitom i rakovicama.

Geologijom i stratigrafijom otoka Brača bavili su se tijekom 19. stoljeća austro-ugarski geolozi no prve detaljnije radove o stratigrafiji Brača dali su Pejović & Radoičić (1968), Jelaska (1985), Jelaska et al. (1983) te Gušić et al. (1988). Pejović & Radoičić (1968) su također opisivale i mikrofosilne zajednice na području Sutivana, Supetra, Pučišća i Povalja, dok su u kasnijem radu (Pejović & Radoičić, 1987) 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, dok je najnoviji detaljni prikaz geološke građe otoka Brača prikazan na Osnovnoj geološkoj karti Republike Hrvatske (OGK) 1 : 50.000 – List „Otok Brač“ (Jelaska et al., 2015). Jelaska & Ogorelec (1983) opisali su gornjokredne taložne okoliše karbonatne platforme na otoku Braču, dok su u radu Steuber

et al. (2005) dani rezultati analize stroncijevih izotopa ($^{87}Sr/^{86}Sr$) rudistnih ljuštura unutar gornjokrednih platformnih vapnenaca na otoku Braču. U radu Korbar et al. (2017) opisane su naslage na granici kreda–paleogen i interpretirane su kao distalni tsunamit, a obilježene su bioturbacijama i rijetkim zrnima kvarca. Od ostalih važnijih radova koji se bave stratigrafijom i mikropaleontologijom gornjokrednih naslaga na otoku Braču su Cvetko Tešović et al. (1997), Cvetko Tešović et al. (2001) i Schlagentweit & Cvetko Tešović (2016, 2017).

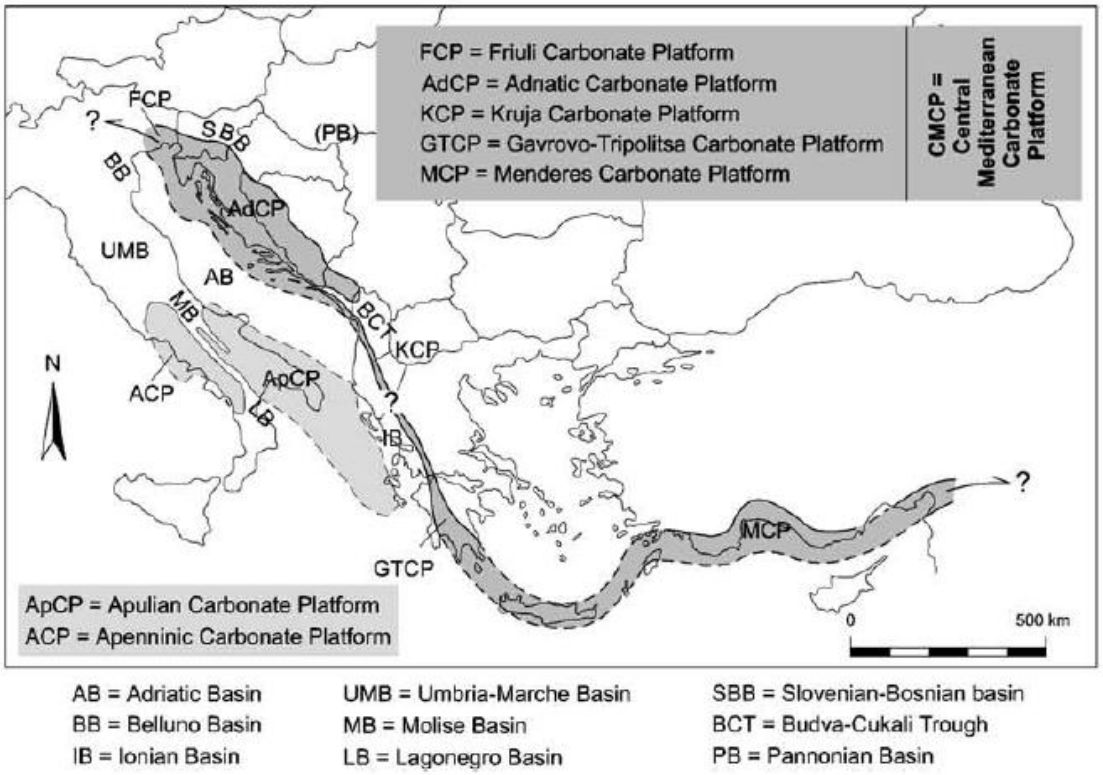
Također su vrlo važni radovi Vlahović et al. (2005) i Velić (2007) u kojima je prikazana evolucija prostora Jadranske karbonatne platforme te opisana stratigrafija i paleobiogeografija mezozojskih bentičkih foraminifera.

3. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

3.1. Evolucija Jadranske karbonatne platforme

Tijekom srednjeg trijasa na šelfnom području Gondwane došlo je do riftovanja i odvajanja velikog šelfnog fragmenta (mikrokontinent) od Gondwane koji se naziva Jadranska mikroploča. Odvajanjem ovog fragmenta nastao je izolirani prostor nekadašnjeg šelfa na kojem se odvijala produkcija čistih karbonata. Kasnije, tijekom starije jure, počela je diferencijacija ovog područja te je nastalo nekoliko manjih izoliranih platformnih prostora (Jadranska karbonatna platforma, Apeninska platforma i Apulijska platforma) koji su međusobno odvojeni dubokomorskim bazenima. Na Jadranskoj karbonatnoj platformi prevladavalo je predominantno plitkovodno marinsko taloženje, ali zabilježena su i brojna razdoblja emerzije (kraćeg ili duljeg trajanja) kao posljedica interakcije sinsedimentacijske tektonike i eustatske promjene razine mora. Tek u mlađoj kredi, zbog približavanja Jadranske mikroploče Lauraziji, dolazi do diferencijacije taložnog prostora te su neki dijelovi platforme emergirani, u nekima i dalje prevladava plitkovodna produkcija karbonata, dok se u drugima formiraju dubokomorski jarci i nastaju dubokovodni vapnenci. Na samom kraju krede najveći dio platforme je u potpunosti emergiran, a na manjim dijelovima se nastavlja kontinuirano taloženje u paleogen koje je najvećim dijelom pod utjecajem jake sinsedimentacijske tektonike te se neki karbonati talože na karbonatnim platformama tipa karbonatne rampe koje okružuju fliške bazene (Vlahović et al., 2005).

Naslage nastale na nekadašnjim karbonatnim platformama južnog Tethysa (Jadranskoj, Apeninskoj, Apulijskoj i drugim) danas izgrađuju Dinaride, dijelove Apenina, Helenida i Taurida (slika 3).



Slika 3 Današnje rasprostiranje karbonatnih naslaga nekadašnjih mezozojskih platformi u južnom Tethysu (preuzeto iz Vlahović et al., 2005).

Što se tiče litologije i geomorfoloških karakteristika Vanjskih Dinarida, najvažniji je jursko–kredni karbonatni slijed, gdje se u podlozi nalazi trijaski Hauptdolomit, a u krovini su istaloženi paleogenski foraminiferski vapnenci. Donja granica jursko–krednog karbonatnog slijeda označena je nekonformitetom između trijaskog Hauptdolomita i siliciklastičnih naslaga koje su taložene na epiričkoj platformi duž sjevernog ruba Gondwane u razdoblju od mlađeg karbona do srednjeg trijasa. Jursko–kredni karbonatni slijed sastoji se od plitkomorskih karbonatnih naslaga koje su nastale na izoliranoj platformi. No, kako su pronađene kosti i tragovi različitih dinosaura (Dalla Vecchia et al., 2002) smatra se da je do srednjeg dijela starije krede (barema) postojao „most“ između Gondwane i Jadranske karbonatne platforme, od apta do turona platforma je bila u potpunosti izolirana, da bi tijekom najmlađe krede ponovno postojala privremena povezanost s Euroazijom. Naslage izolirane platforme izdanjuju u Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji, Crnoj Gori i Albaniji (Vlahović et al., 2005).

Prijelaz iz krede u paleogen obilježen je periodom emerzije (najčešće boksitima) na svim dijelovima AdCP, ali različitog trajanja, odnosno na istraživanom području na otoku Braču emerzija je započela tek u paleocenu (slika 4). Daljnja sedimentacija tijekom paleogena

odvijala se dominantno pod utjecajem tektonike, a istaložene naslage rascjepkane su u nekoliko taložnih bazena na čijim su rubovima postojale karbonatne platforme tipa karbonatne rampe. Okoliši u kojima se odvijalo taloženje karbonata bili su samo privremeni jer karbonatna produkcija nije mogla pratiti vrlo intenzivno slijeganje. Tektonska aktivnost nastavila se i dalje (s maksimalnim naprezanjem u pravcu JZ−SI) da bi rezultirala izdizanjem Dinarida u razdoblju oligocen−miocen.



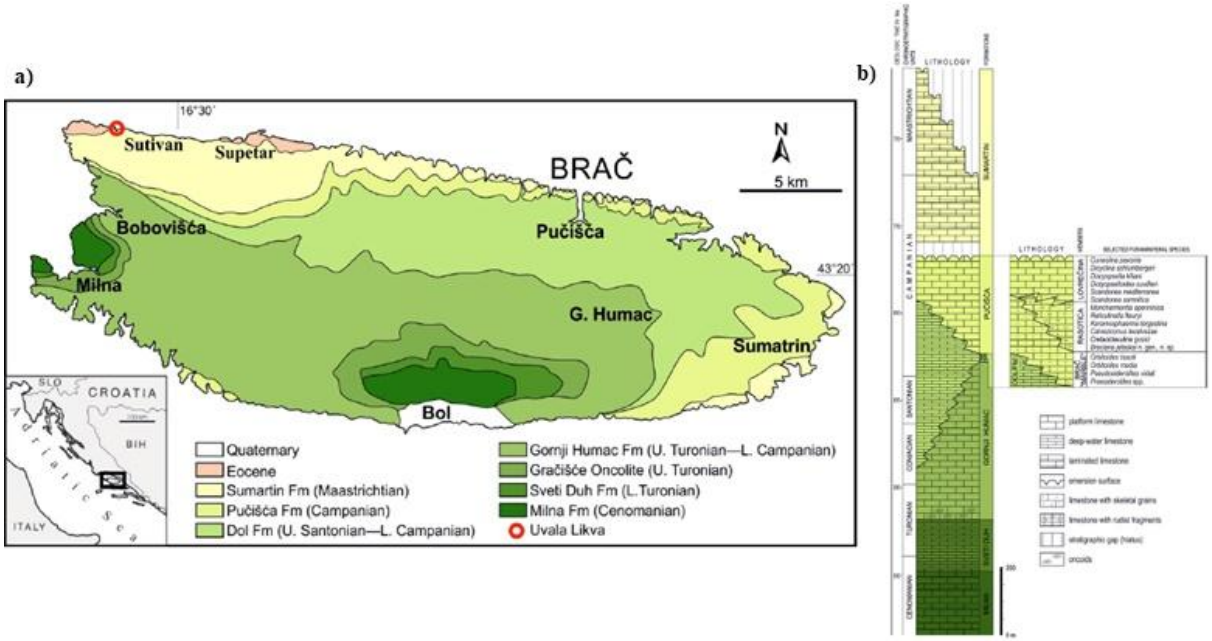
Slika 4 Prikaz glavnih facijesa krednih naslaga na AdCP od SZ (Istra) do JI (Dubrovnik) te različito trajanje emerzija na prijelazu kreda–paleogen (preuzeto iz Vlahović et al., 2005).

Općenito se naslage paleogena mogu podijeliti na nekoliko jedinica (Vlahović et al., 2005):

1. Liburnijske naslage koje se sastoje od slatkovodnih do brakičnih vapnenaca (paleocen−eocen);
2. Foraminiferski vapnenci koji predstavljaju slijed različitih okoliša, odnosno od restriktivnih okoliša unutarnjeg dijela platforme (*miliolidni vapnenci*), preko plitkih do dubljih okoliša (*alveolinski i numulitni vapnenci*) i dubokih okoliša otvorenih rampi (*diskociklinski vapnenci*) (donji−srednji eocen);
3. Prijelazne naslage koje se sastoje od dubljih marinskih glinovitih vapnenaca (srednji eocen), i
4. Fliš (srednji eocen−donji oligocen).

3.2. Geološke značajke naslaga otoka Brača

Otok Brač najveći je srednjodalmatinski otok te pripada centralnom dijelu nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Najveći dio otoka izgrađen je od karbonatnih naslaga gornjokredne starosti, dok manji dio paleogenskih vapnenaca izdanjuje na sjeverozapadnoj strani i duž jugoistočnog dijela obale (Gušić & Jelaska, 1990) (slika 5 i 6).



Slika 5 **a** Prikaz geografskog smještaja i geologije otoka Brača s označenim lokalitetom istraživanja. **b** Gornjokredne naslage otoka Brača (preuzeto iz Schlagintweit & Cvetko Tešović, 2017).

Gornjokredni platformski vapnenci debljine su do 1500 metara, a dominantno se sastoje od sljedova ciklusa oplićavanja naviše. Ovaj slijed karbonatnih naslaga (cenoman–mastriht) podijeljen je na šest litostratigrafskih jedinica, odnosno formacija (Gušić & Jelaska, 1990):

- **Formacija Milna** (cenoman) obuhvaća najstarije naslage otoka koje su otkrivene u jezgri bračke antiklinale, čija je starost određena prema zajednici rudista i mikrofosila.

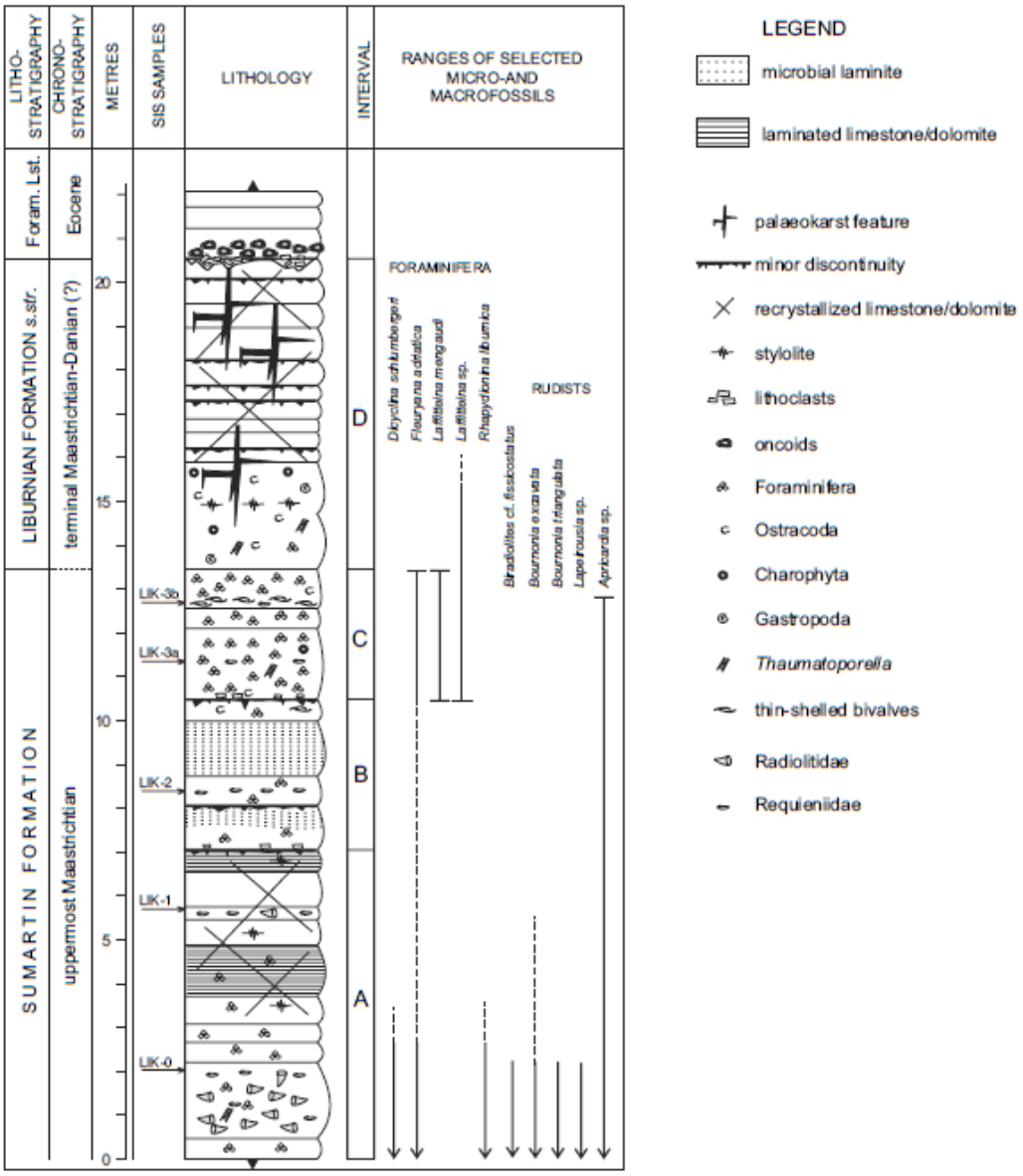
- **Formacija Sveti Duh** (gornji cenoman–donji turon) obilježena je dubokovodnom sedimentacijom zbog potapanja platforme, kada su se taložili pelagički i hemipelagički vapnenci s kalcisferama, pitonelama i planktonskim foraminiferama.

- **Formacija Gornji Humac** (turon–konijak) započinje taloženjem onkoida, pa je tako izdvojen član „*onkoliti Gračišće*“, ali je u donjem dijelu formacije moguća i pojava laminita. Nakon onkolita slijede vapnenci s muljnom osnovom.

- **Formacija Dol** (gornji santon–donji kampan) obilježena je dubokovodnim hemipelagičkim vapnencima i ukazuje na drugu pelagičku epizodu. Ovi vapnenci poznati su i pod nazivom Sivac zbog sive muljne osnove. Starost ove formacije određena je prema mikrofosilnoj zajednici.

- **Formacija Pučišća** (kampan) nastavlja se na formaciju Dol te se naslage ove formacije vertikalno mogu podijeliti na tri člana: Brački „mramori“, Rasotica i Lovrečina. Brački „mramori“ sastoje se od bioklastičnih wackestone/packstone-a do bioklastičnih floatstone-a. Nakon njih dolaze vapnenci tamnosive boje, odnosno rudistne biostrome i kokine te rudistni floutstoni do radstoni jedinice Rasotica, a najmlađi član sastoji se od ciklusa oplićavanja naviše i emerzijskih obilježja.

- **Formacija Sumartin** (mastriht) dolazi iznad kampanske emerzije, a obuhvaća dolomitizirane rudistno foraminiferske i rekristalizirane vapnence koji se izmjenjuju s mudstonima i vekstonima laminirane ili masivne građe (slika 6). Ove naslage taložene su sve do emerzije koja je i predmet ovog istraživanja, a nalazi se ispod paleogenskih foraminiferskih vapnenaca. Karbonati unutarnjeg dijela platforme ove formacije (Steuber et al., 2005) analogni su Liburnijskim naslagama sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije na prijelazu mastriht–paleocen (marinski i brakični okoliši).



Slika 6 Geološki stup naslaga Sumartin formacije (mastriht) i Liburnijske formacije (mastriht–paleocen) u uvali Likva (preuzeto iz Steuber et al., 2005).

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Terenska istraživanja

Terenski rad sastojao se od snimanja detaljnog geološkog stupa formacije Sumartin 0,4 km zapadno od uvale Likva na otoku Braču tijekom svibnja 2016. godine, a obavili su ga izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, prof. dr. sc. Igor Vlahović i dr. sc. Maja Martinuš (slika 7). Detaljni geološki stup snimljen je metodom sloj-na-sloj, svaki sloj je uzrokovan, a s posebnom pozornošću proučavane su osobine gornjih slojnih površina kako bi se utvrdile površine prekida taloženja. Snimljena je veća debljina naslaga te prikupljen veći broj uzoraka, a za potrebe ovog rada istraženi su uzorci iz donjeg dijela tog slijeda (uzorci od BO–1 do BO–18). Svi uzorci su fotodokumentirani i terenski određeni pomoću terenske lupe, a u terenski dnevnik zabilježene su uočene teksturne, strukturne i fosilne značajke, kao i izgled i morfologija gornje slojne površine te tragovi biološke aktivnosti (bioturbacije).



Slika 7 Istraživane karbonatne naslage zapadno od uvale Likva s naznačenim početkom geološkog stupa (strelica; izvor Google Earth).

4.2. Laboratorijska istraživanja

Uzorci koji su prikupljeni na terenu detaljno su pregledani i odabrani za izradu mikroskopskih izbrusaka u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Ukupno su izrađena 34 izbrusaka u svrhu sedimentoloških i mikropaleontoloških analiza koje su obavljene pod mikroskopom Axioplan (OPTON) te su mikrofacijesi i mikrofosilne zajednice fotografirane mikroskopskom kamerom Quick PHOTO CAMERA 3.0. Strukturni tip vapnenaca određen je prema klasifikaciji Dunhama (1962) nadopunjenoj prema Embry & Klovanu (1971), dok su mikrofacijesi prema Scholle & Ulmer-Scholle (2003) te Flügel (2004).

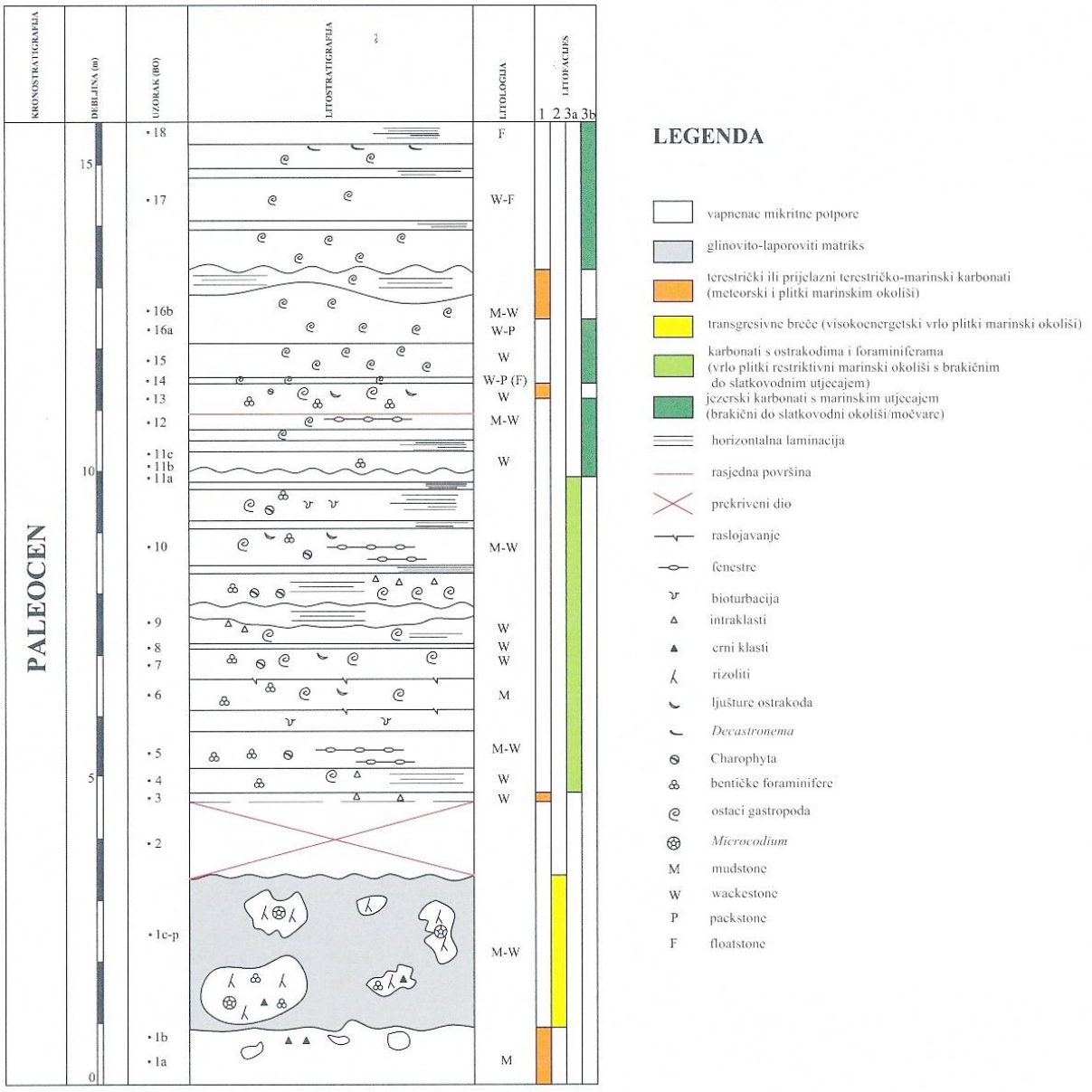
5. REZULTATI

5.1. Litologija istraživanih naslaga

Detaljan geološki stup gornjeg dijela formacije Sumartin, snimljen je 0,4 km zapadno od uvale Likva metodom sloj-na-sloj te ukupna debljina istraživanih naslaga iznosi 15,70 m, a debljina slojeva varira, od najtanjih, čija debljina iznosi 5 cm, do najdebljih s debljinom od 250 cm (slike 8, 9). Slijed uključuje jedan prekriveni dio (sipar, plaža) debljine 1,2 m iz kojeg je iz autohtonih naslaga uzet uzorak BO–2 (slika 9). Istraživane naslage su karbonati, odnosno vapnenci ispod kojih se nalazi paleocenski krpasti greben. Donji dio naslaga čini brečirana podloga (karstificirane breče s tragovima boksita), iznad koje dolazi do značajne emerzijske površine, odnosno prisutne su kalkrete s pizoidima i rizolitima, a predstavljaju karakteristike subaerskog izlaganja karbonatnih naslaga (regionalni subaerski nekonformitet). Kalkrete se javljaju kao smećkasti, crvenkasti i nepravilni oblici unutar glinovito–laporovitog matriksa (slika 10a, b). Površina subaerskog izlaganja detaljno je opisana u poglavlju 5.4. Gornji dio naslaga čine brakični i slatkovodni vapnenci s ostrakodima i oogonijama alga skupine Charophyta te slatkovodni vapnenci s gastropodima koji su taloženi u kontinuitetu (slika 10c–f). Makroskopske značajke istraživanih naslaga prikazane su na slici 10.



Slika 8 Istraživane naslage formacije Sumartin na otoku Braču (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš).



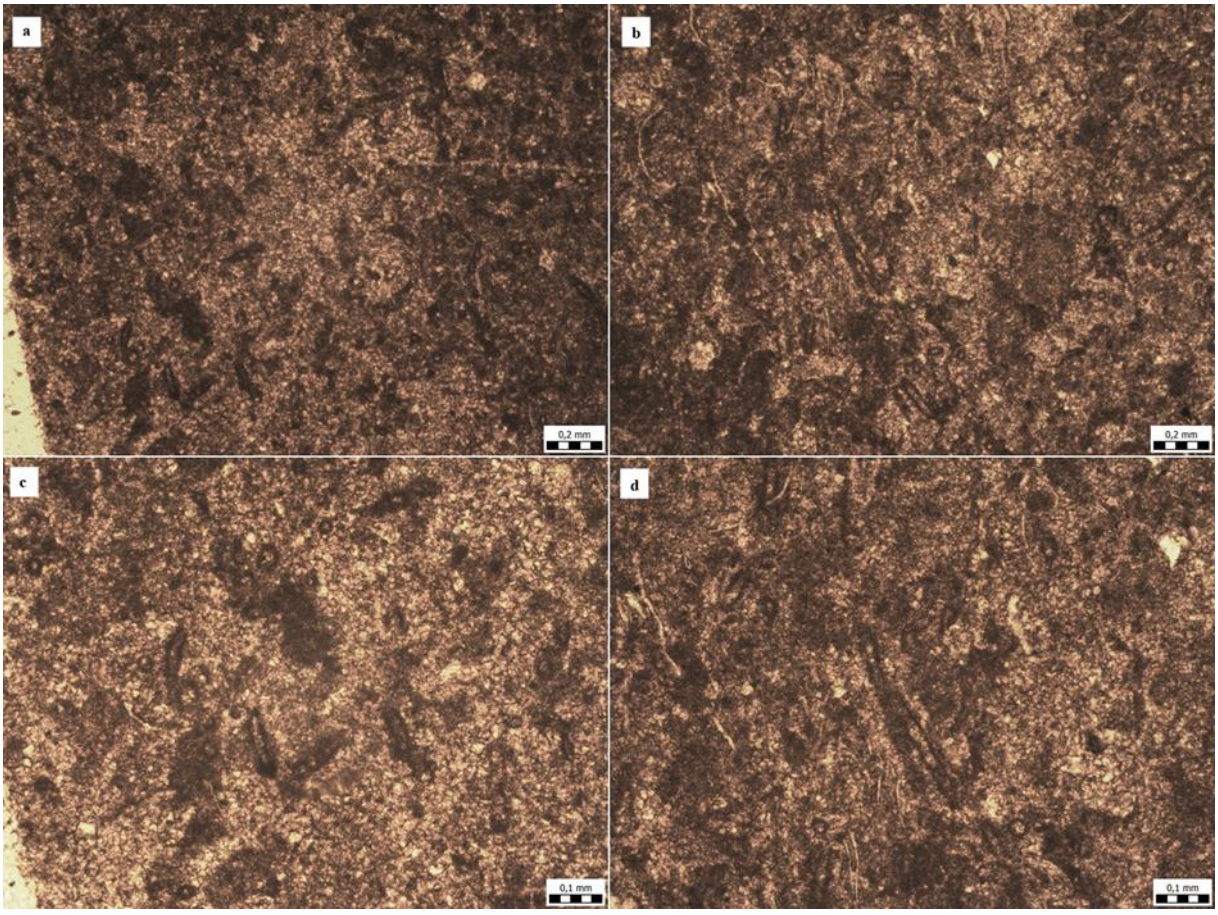
Slika 9 Detaljan geološki stup dijela paleocenskih naslaga formacije Sumartin na otoku Braču.



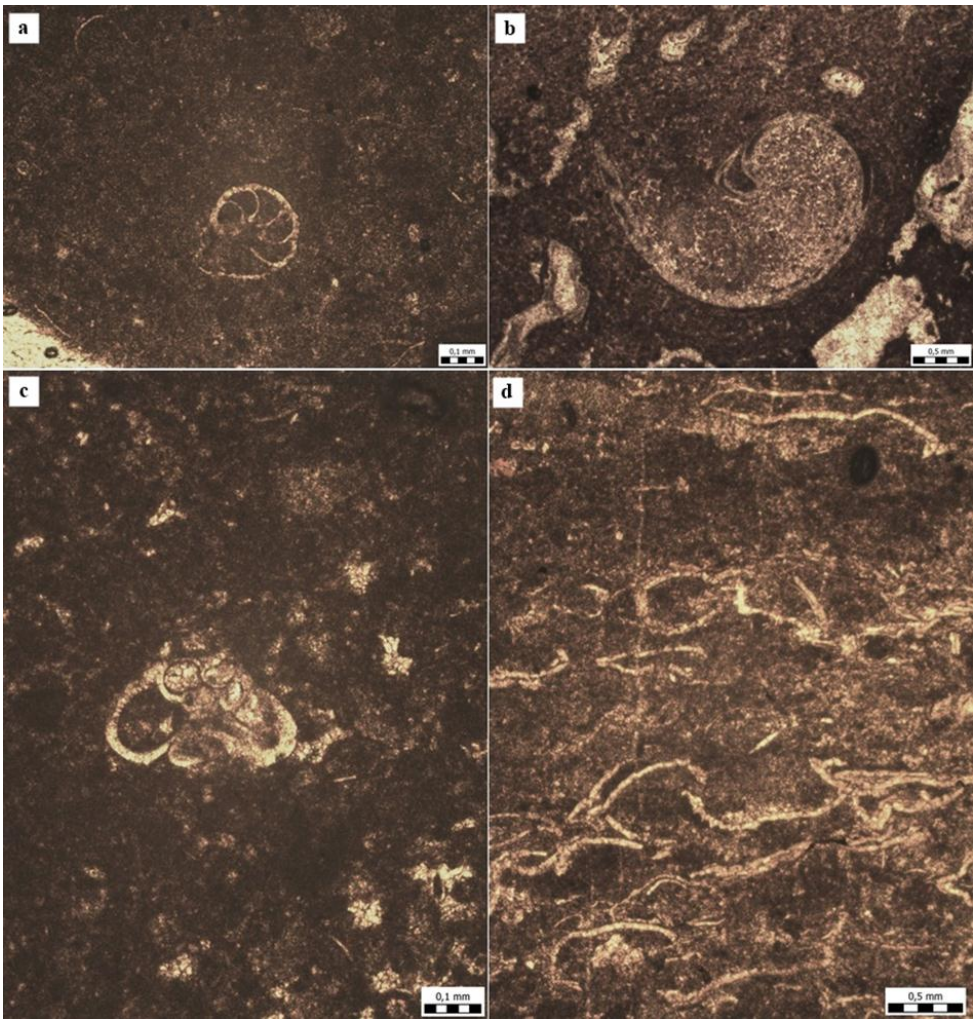
Slika 10 Makroskopske značajke istraživanih naslaga. **a, b** Površina subaerskog izlaganja. **c** Slojevi brakičnih i slatkovodnih vapnenaca. **d.** Ostaci ljuštura (mekušaca tj. gastropoda?) na gornjoj slojnoj plohi BO–19. **e, f** Kršje gastropoda na gornjim slojnim plohama (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš).

5.2.Starost istraživanih naslaga

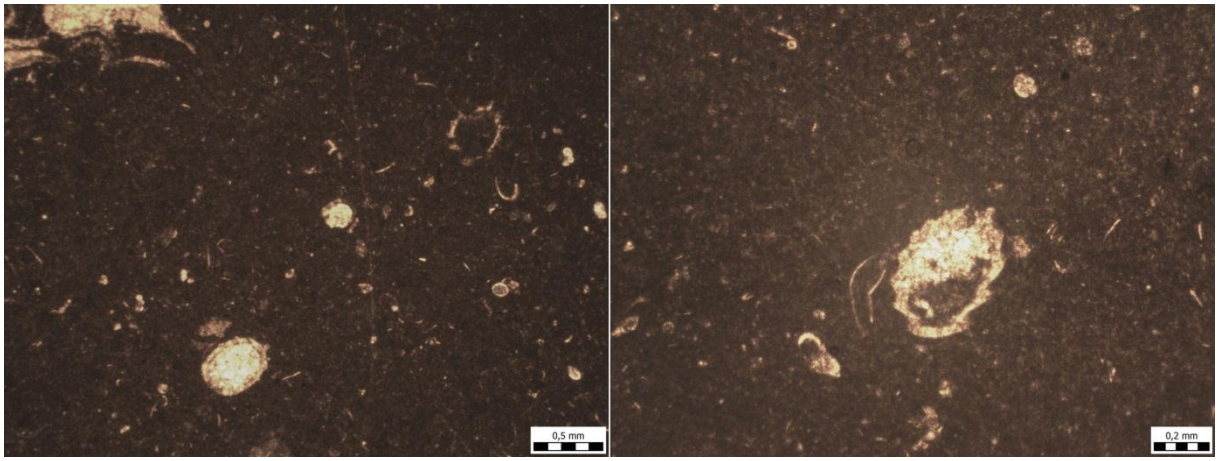
Starost istraživanih naslaga vrlo je teško točno odrediti jer su naslage vrlo slabo fosiliferne. Mikrofosilna zajednica sastoji se od bentičkih rotalidnih foraminifera koje su niskog diverziteta, vrlo malih dimenzija i fragmentirane su te su najčešće bez početnog aparata, a česte su u litoklastima unutar kalkreta i u brakičnim do slatkovodnim karbonatima. Neposredno iznad emerzije javlja se cijanobakterija *Decastronema* (De Castro), odnosno prisutni su njeni ostaci koji su u poprečnim presjecima kružnih oblika, no prisutni su i izduženi oblici (cjevčice), a javljaju se u laminiranim karbonatima u velikim nakupinama (slika 11). Ove cijanobakterije su u vrlo malih dimenzija, a stijenka je u presjeku vrlo tamna i debela. U brakičnim do slatkovodnim karbonatima iznad emerzije, vrlo su česti ostaci kućica gastropoda, ljuštura ostrakoda i oogonija alga skupine Charophyta. Kućice gastropoda su velikih dimenzija i često su fragmentirane, a u njihovoj unutrašnjosti česte su nakupine diskorbidnih foraminifera. Ljušture ostrakoda vrlo su tanke, a kod nekih je na površini prisutna nazubljenost. (slike 12, 13).



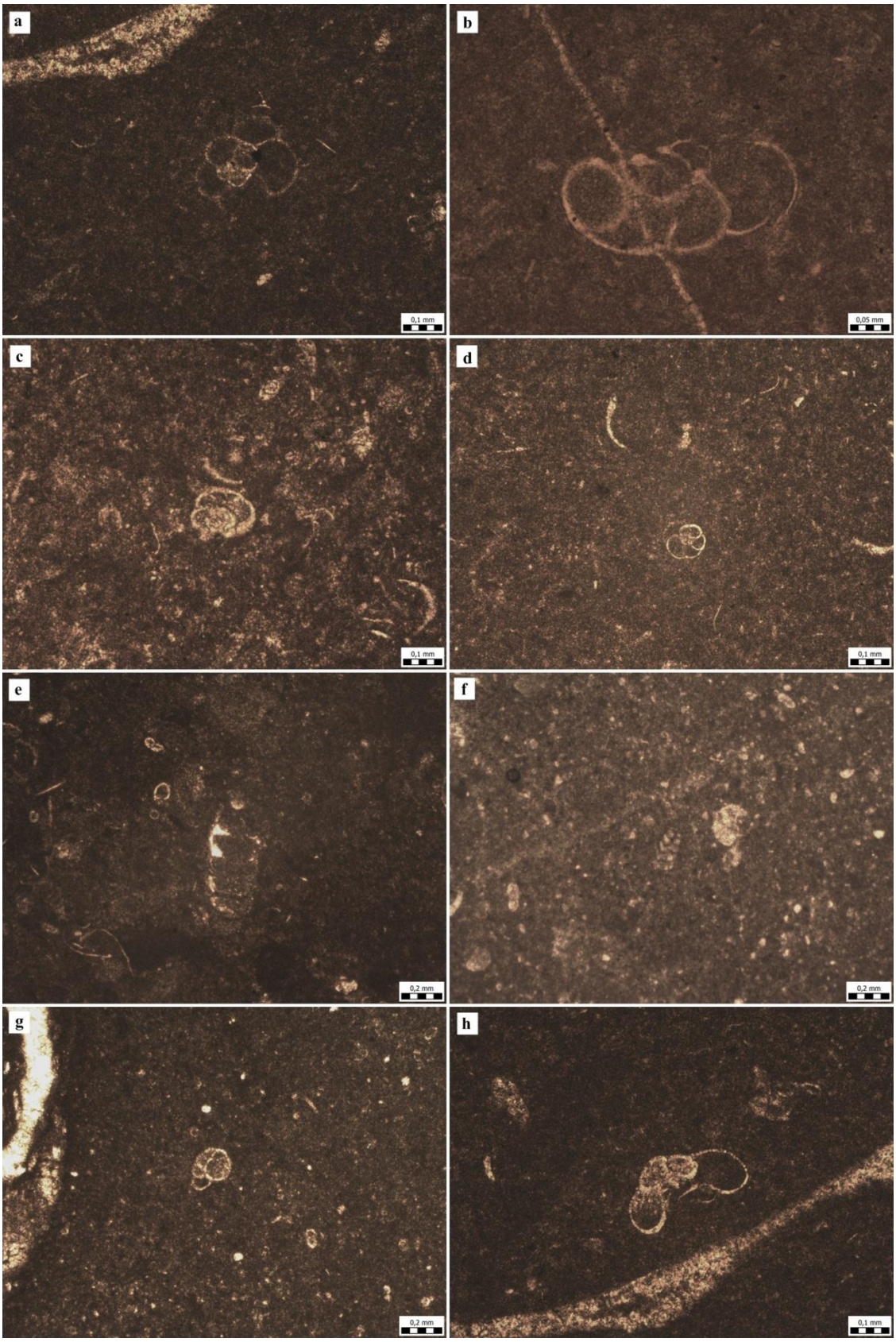
Slika 11 Cjevčice cijanobakterije *Decastronema* (De Castro) (uzorak BO–2).



Slika 12 **a, c** Bentičke foraminifere (uzorci BO–11a, BO–3). **b** Kućica gastropoda (uzorak BO–1i). **c** Ljušture ostrakoda (uzorak BO–2).



Slika 13 Ostaci oogonija alga Charophyta (uzorak BO–5).



Slika 14 Različite male bentičke foraminifere. **a, b, c, d** *Bangiana hanseni*? Drobne, Ogorelec & Riccamboni. **e** *Kayseriella* sp., dio odvijenog stadija?. **a, b, c, d, f** uzorak BO–6, e uzorak BO–11a, **f** uzorak BO–1d, **g** uzorak BO–1n).

5.3.Litofacijesi

Litofacijesi, odnosno taložni okoliši istraživanih naslaga opisani su i interpretirani prema Flügel (2004). Na temelju makroskopskih i mikroskopskih analiza, uzorci su podijeljeni na 3 tipa litofacijesa koji su prikazani u tablici 1. Najveći dio uzoraka pripada litofacijesu tipa 1, odnosno terestričkim ili prijelaznim terestričko-marinskim karbonatima koji su nastali u meteorskim i plitkim marinskim uvjetima (slika 14). Litofacijes tipa 2 pripada transgresivnim brečama, a litofacijes 3 jezerskim karbonatima (slika 15).

Tablica 1 Litofacijesi utvrđeni u istraživanim naslagama.

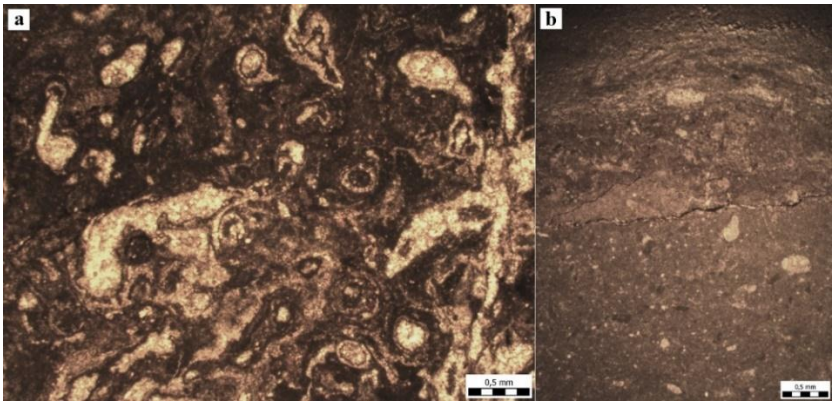
LITOFACIJES		**UZORCI (BO)**
1	Terestrički ili prijelazni terestričko-marinski karbonati (meteorski i plitki marinskim okoliši)	1a,1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1g, 1h, 1i, 1j, 1k, 1l, 1m, 1n, 1o, 1p, 3, 13, 16b
2	Transgresivne breče (visokoenergetski vrlo plitki marinski okoliši)	
3	3a Karbonati s ostrakodima i foraminiferama (vrlo plitki restriktivni marinski okoliši s brakičnim do slatkovodnim utjecajem)	2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11a, 11b
	3b Jezerski karbonati s marinskim utjecajem (brakični do slatkovodni okoliši/močvare)	12, 13a, 14, 15, 16a, 17, 18, 19

Litofacijes 1 (slika 14) definiran je kao diskorbidno-ostrakodni wackestone do packestone, a karakteriziraju ga obilježja kalkreta, odnosno rizoliti, *Microcodium* agregati, šupljine i tubuli korijenja ispunjeni sparitom, alveolarno septalne strukture, tamne mikritne nodule s pukotinama sparita oko njih, pizoidi, peloidi, crni klasti („*black pebbles*“) te mikritne do sparitne lamine. Obilježja kalkreta ukazuju na terestričke (meteorski uvjeti) do restriktivne plitke marinske okoliše. Mikrofosilni sadržaj unutar ovog litofacijesa sastoji se od sitnih rotalidnih foraminifera, ljuštura ostrakoda, kućica gastropoda i oogonija alga skupine Charophyta.

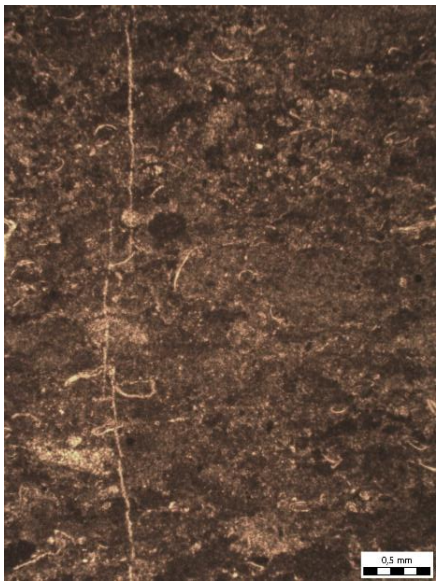
Litofacijes 2 definiran je kao breča koja se sastoji od fragmenata terestričkih karbonata koji se nalaze unutar glinovito–laporovitog matriksa, odnosno nakon emerzije dolazi do

transgresije te su fragmenti terestričkih karbonata uklopljeni u matriks. Transgresivne breče vezane su za visokoenergetske vrlo plitke marinske okoliše.

Litofacijes 3 (slika 15) obilježen je jezerskim karbonatima i podijeljen je na dva podlitofacijesa. Prvi podlitofacijes (3a) definiran je kao foraminifersko-ostrakodni wackestone s rijetkim ostacima gastropoda, oogonijima Charophyta i cijanobakterija te ukazuje na restriktivne marinske okoliše s brakičnim do slatkovodnim utjecajem. Drugi podlitofacijes (3b) definiran je kao gastropodno-ostrakodni wackestone (floatstone) s rijetkim ostacima foraminifera i ukazuje na brakične do slatkovodne okoliše (močvare) s marinskim utjecajem.



Slika 15 Litofacijes 1. **a** Biogena kalkreta. **b** Laminirana kalkreta.

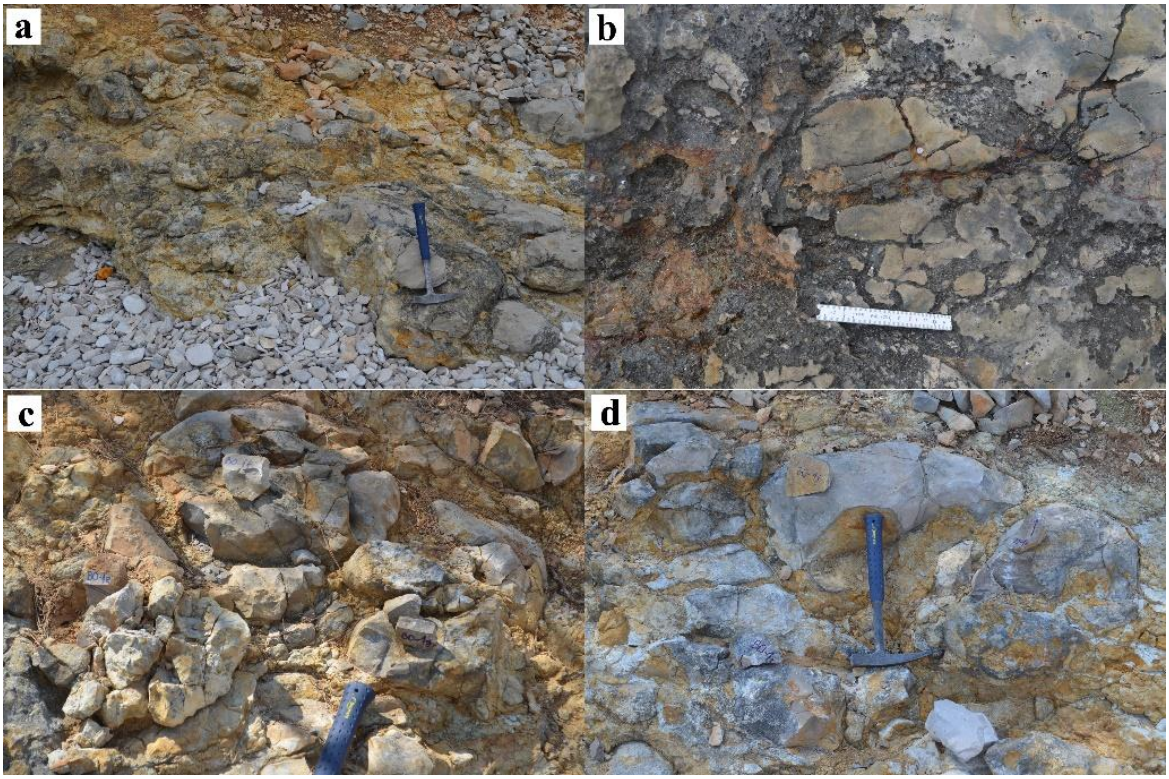


Slika 16 Litofacijes 3.

5.4. Površina subaerskog izlaganja BO–1

5.4.1. Makroskopske značajke površine subaerskog izlaganja

Značajna površina subaerskog izlaganja koja ujedno predstavlja i regionalni subaerski nekonformitet uočena je u donjem dijelu slijeda istraživanih naslaga formacije Sumartin (sloj BO–1), no uočeno je još nekoliko manjih emerzijskih površina na otprilike 4,5 m (sloj BO–2, uzorak BO–3), 7,5 m (sloj BO–9, uzorak BO–9), 10,20 m (sloj BO–18, uzorak BO–11a,b) te na 11,20 m (sloj BO–22, uzorak BO–13). Glavna površina subaerskog izlaganja sastoji se od tamnosmeđih intraklasta glinovitog vapnenca u glinovito–laporovitom smeđem do crvenkastom matriksu (slika 16) debljine od 200 do 250 cm. Ostale manje (vjerojatno kratkotrajne) površine subaerskog izlaganja (slika 17), u brakičnim do slatkovodnim karbonatima, vrlo su sličnih morfoloških obilježja kao i glavna površina subaerskog izlaganja, pa stoga neće biti detaljno opisane.



Slika 17 Transgresivna breča s fragmentima vapnenca koji je subaerski izložen (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš).



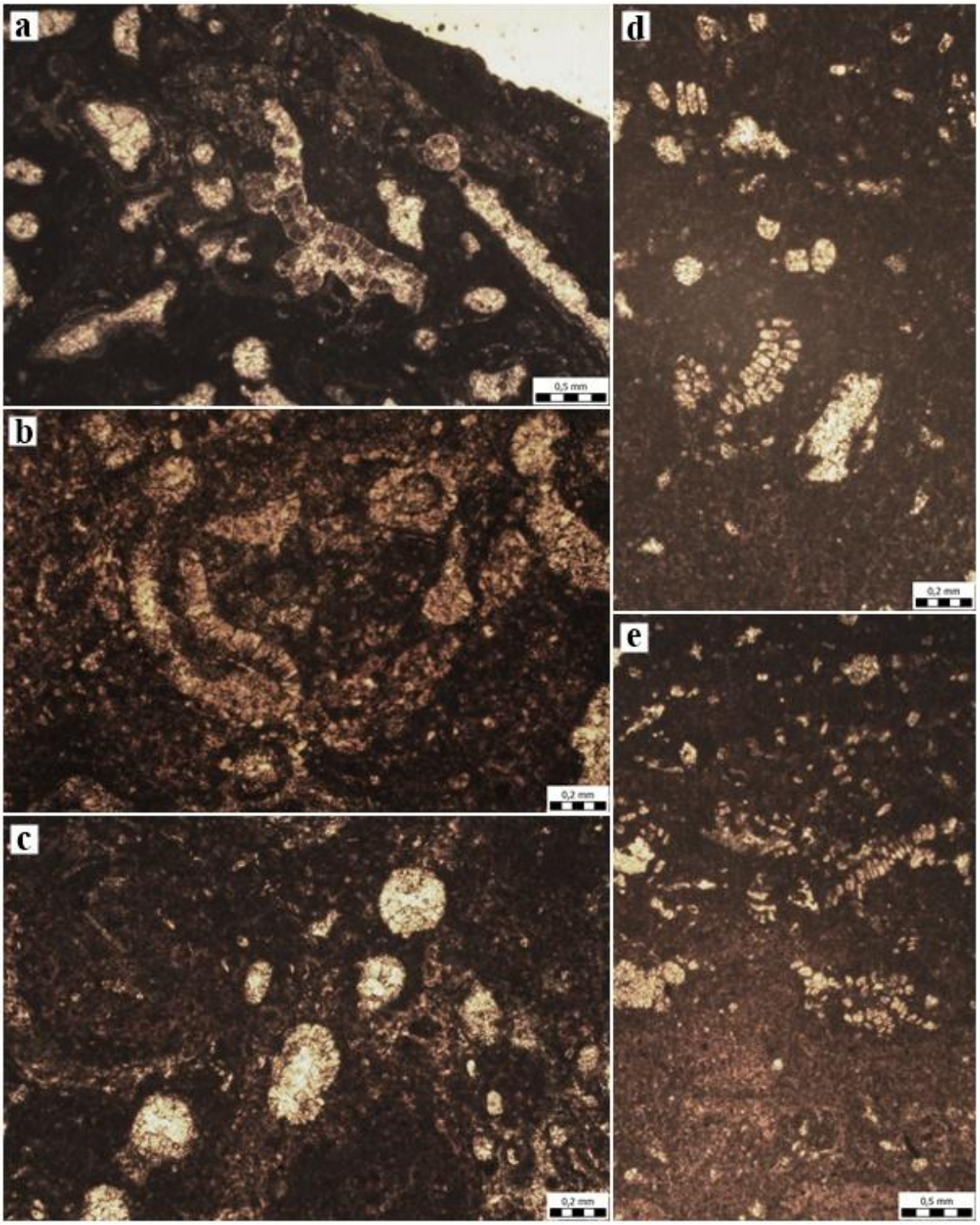
Slika 18 Ostale površine subaerskog izlaganja. **a** Sloj BO–2. **b** Sloj BO–9 (strelica). **c** Sloj BO–18 (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš) .

5.4.2. Mikroskopske značajke površine subaerskog izlaganja

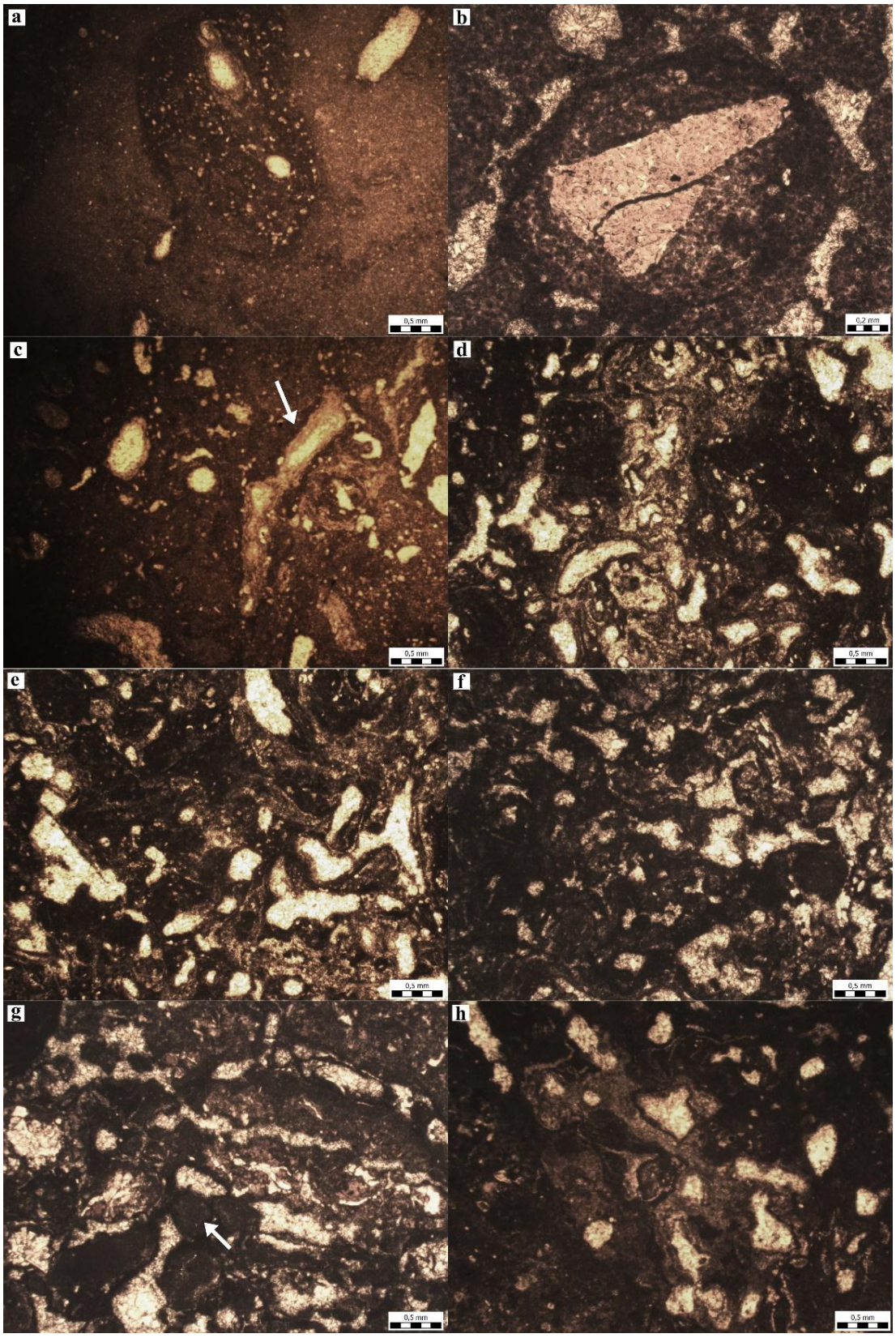
Mikroskopske analize pokazale su da su ovi vapnenci građeni od biogenih kalkreta („rizogene kalkrete“) s rizolitima (*Microcodium* agregati i šupljine korijenja), laminiranih kalkreta i pizoida (slike 18, 19).

Biogene kalkrete građene su od rizolita, odnosno od tubula i šupljina korijenja, *Microcodium* agregata i alveolarno septalnih struktura, a osnova kalkrete sastoji se od tamnog gustog mikrita. *Microcodium* agregati sastoje se od prizmatskih sparitnih kristala kalcita u čijem se središtu nalazi šupljina ispunjena sparitom. Kod nekih agregata kristali kalcita su radijalno raspoređeni oko osi (prstenasti), a kod nekih su nepravilno grupirani ili kao u obliku kora. Šupljine korijenja su obično kružnog (u poprečnom presjeku) ili cilindričnog oblika, odnosno alveolarno septalne strukture te različitih duljina i ispunjene su sparitom, dok se tubuli korijenja cementirani oko šupljine. Šupljine korijenja unutar kalkreta su brojne, često paralelne s površinom i pokazuju fenestralnu strukturu. Orijentacije šupljina su različite, od vertikalnih do razgranatih struktura i obično obavijene tamnim mikritnim ovojima. Unutar kalkreta, osim rizolita, prisutni su i sferični, mali nodularni oblici građeni od gustog mikrita te

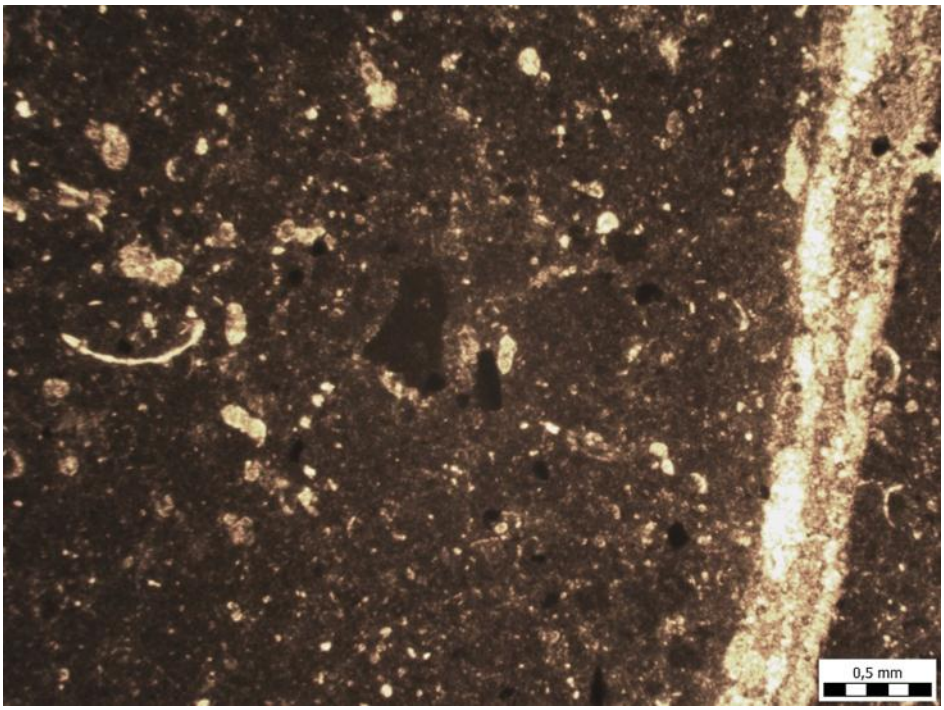
mikropukotine koje okružuju nodule, a ispunjene su sparitom, kao i mikropukotine koje ukazuju na brečiranje te crni klasti („*black pebbles*“) (slike 19, 20). Također su prisutni i bioklasti unutar kojih se nalazi veliki broj sitnih rotalidnih foraminifera skupine Discorbidae, a od ostalih fosila unutar kalkreta nalaze se ljušture ostrakoda i oogoniji alga skupine Charophyta.



Slika 19 *Microcodium* agregati. **a, b, c** Prstenasti i korasti oblici *Microcodium* agregata (uzorci BO–e, h). **d, e** Razasuti kristali kalcita *Microcodium* agregata (uzorak BO–3).

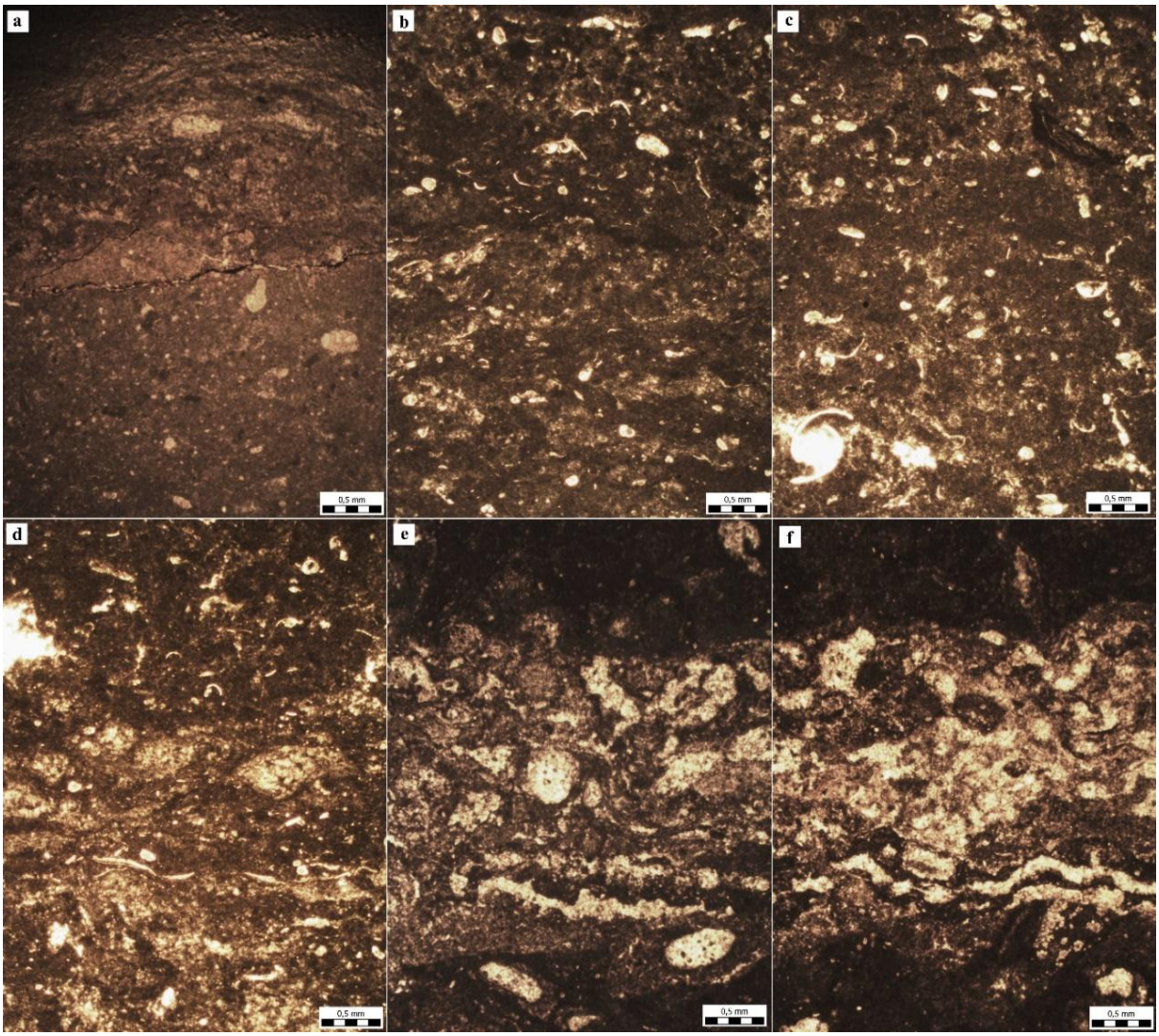


Slika 20 Fotomikrografije biogenih kalkreta (uzorci BO–1). **a** Nodula unutar koje se nalaze šupljine korijenja ispunjene sparitom i sitne foraminifere skupine Discorbidae. **b** Litoklast obavijen tamnim mikritnim ovojem. **c** Kosi presjek tubula koji je ispunjen sparitom (strelica) i šupljine korijenja. **d, e** Šupljine korijenja ispunjene sparitom i obavijene mikritnim ovojima te mikrolaminarna struktura mikrita između šupljina. **f** Alveolarno septalna struktura razvijena unutar šupljina ispunjenih sparitom koje pokazuju fenestralnu strukturu. **g, h** Nodule od tamnog mikrita i šupljine obavijene debelim mikritnim ovojima.

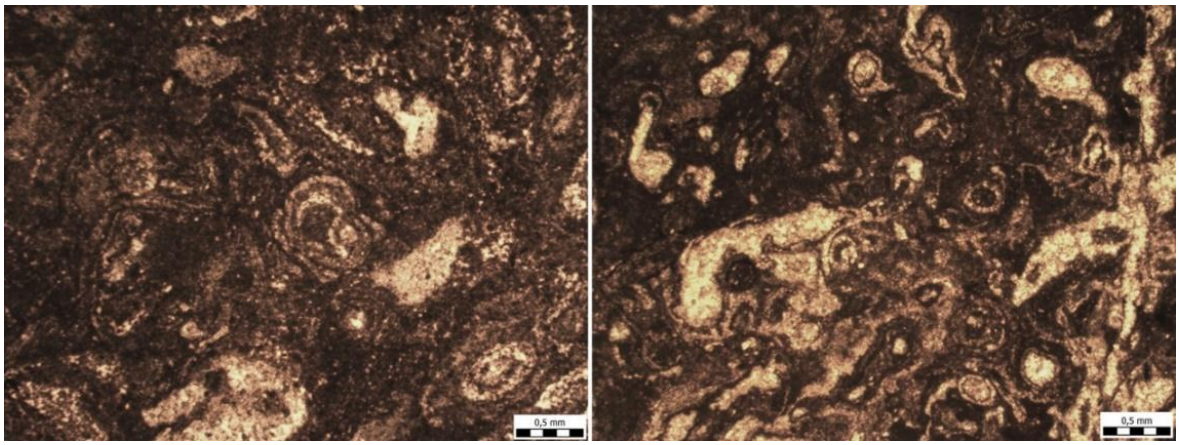


Slika 21 Crni klasti („*black pebbles*“, uzorak BO–1f).

Laminirane kalkrete građene su od nepravilnih mikritnih i sparitnih lamina različitih debljina i boja (tamnija boja od organske tvari) koje su u izmjeni te su u kontaktu s brečiranom podlogom (slika 21). Unutar lamina prisutni su i subsferični do sferični peloidi koji su najčešće u nakupinama, a česte su i ljušture ostrakoda te sitne rotalidne foraminifere. Lamine često obavijaju različite litoklaste te su ispresijecane ispunjenim šupljinama korijenja. Uz laminirane kalkrete česti su i pizoidi, odnosno obavijena zrna (slika 22). Jezgra zrna grubo je obavijena subsferičnim, sferičnim do nepravilnim tankim laminama od mikrita i različitih su dimenzija.



Slika 22 Fotomikrografije laminiranih kalkreta (uzorci BO–1). **a** Kontakt brečirane podloge s foraminiferama i crnim klastima i laminirane kalkrete sa šupljinama korijenja koje su ispunjene sparitom. **b, c** Laminirane kalkrete s nakupinama peloida unutar lamina te ostacima ljuštura ostrakoda. **d, e, f** Laminirane kalkrete sa šupljinama korijenja koje presijecaju lamine.



Slika 23 Fotomikrografije pizoida (uzorak BO–1k).

6. RASPRAVA

6.1. Uvod

Taložni sustavi karbonatnih platformi vrlo su dinamični te vrlo male promjene morske razine mogu dovesti do prestanka taloženja i postojanja platforme, odnosno stvaranje čestih površina diskontinuiteta. Promjene morske razine mogu biti različite, od eustatičkih promjena morske razine do promjena uzorkovanih tektonikom ili prevelikim donosom siliciklastičnog materijala. Tako je na kraju krede došlo do globalnog pada morske razine i izdizanja prostora nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (AdCP), što je dovelo do prekida taloženja na većini prostora. Taloženje tijekom paleogena dominantno je bilo pod utjecajem tektonike te su naslage nastajale u nekoliko manjih sedimentnih bazena na čijim su se rubovima (karbonatne rampe) akumulirali karbonati. Na većini prostora najstarije paleogenske naslage su eocenske starosti, no na nekim područjima, primjerice južnoj Hrvatskoj, identificirane su naslage mastrihtske i paleocenske starosti, što ukazuje da je hijatus tamo bio puno kraći (Vlahović et al., 2005).

Slijed naslaga na sjeverozapadnom dijelu otoka Brača bio je često izlagan utjecaju meteorske dijageneze kao posljedica sinsedimentacijske tektonike te su unutar tog slijeda prepoznate i opisane površine diskontinuiteta, odnosno subaerskog izlaganja (Gušić & Jelaska, 1990; Steuber et al., 2005). Ovim je istraživanjem detaljno litofacijesno i mikropaleotološki opisan i interpretiran slijed u blizini uvale Likva s posebnim naglaskom na značajke subaerski izlaganih karbonata, odnosno regionalno značajnu (kredno)-paleocensku emerziju.

6.2.Litologija istraživanog slijeda naslaga

Istraživani slijed naslaga vršnog dijela formacije Sumartin obuhvaća 15,70 m paleocenskih naslaga (analogno Liburnijskim naslagama sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije na prijelazu mastriht–paleocen; Ogorelec et al., 2007; Tewari et al., 2007) koji ukazuju na terestričke i vodene okoliše bez marinskog utjecaja iznad kojih nekonformno dolaze brakični do slatkovodni vapnenci.

Donji dio istraživanog slijeda naslaga (koji dolazi nakon paleocenskog krpastog grebena) čini brečirana podloga (uzorci BO–1a–p) koja je tijekom razdoblja emerzije subaerski izložena, odnosno ovaj slijed naslaga možemo definirati kao terestričke karbonate nastale subaerskim izlaganjem, a obilježeni su biogenim kalkretama s rizolitima, laminiranim

kalkretama i pizoidima. Sličan razvoj terestričkih okoliša te površina subaerskog izlaganja na prijelazu kreda–paleogen opisali su Kurtanjek et al. (2000), Brlek et al. (2013), Brlek (2014). Površina subaerskog izlaganja nastala je kao posljedica kasnokrednih sinsedimentacijskih tektonskih događaja koji su vezani za koliziju Jadranske i Euroazijske ploče (Vlahović et al., 2005). Nastanak površine subaerskog izlaganja detaljno je opisan u poglavlju 6.5. Nakon emerzije dolazi do transgresije i taloženja transgresivnih breča u vrlo plitkim visokoenergetskim marinskim okolišima unutar kojih su uklopljeni fragmenti terestričkih karbonata, a matriks između terestričkih karbonata je glinovito–laporoviti. Uklopljeni fragmenti terestričkih karbonata su dosta velikih dimenzija, a neki su također i dobro zaobljeni, što znači da je i energija okoliša morala biti značajna (visoka). No, ovi veliki fragmenti uklopljeni su u sitnozrnasti (glinovito–laporoviti) matriks koji je s obzirom na ovaku visoku energiju vode trebao biti ispran, što nam opet ukazuje da su ove transgresivne breče, najvjerojatnije, istaložene u depresijama nekadašnjeg kopna. Stoga je, najvjerojatnije, da je materijal prilikom preplavljivanja bio najviše erodiran s uzdignutih dijelova pa onda ispran i sačuvan u depresijama, pa su i breče u nekim dijelovima veće debljine, negdje manje, a negdje nisu ni prisutne.

Gornji dio istraživanih naslaga obilježen je taloženjem laminiranih karbonata s ostrakodima i foraminiferama (uzorci od BO–2 do BO–11b). Neposredno iznad transgresivnih breča prisutni su ostaci (cjevčice) cijanobakterija (*Decastronema* (De Castro)) koji zajedno ukazuju na vrlo plitke restriktivne marinske okoliše (poplavne ravnice) s brakičnim do slatkovodnim utjecajem (Ćosović et al., 2008). Nakon njih talože se jezerski karbonati s gastropodima i ostrakodima (uzorci od BO–12 do BO–18) s vrlo malim marinskim utjecajem koji ukazuju da se taloženje odvijalo u vrlo plitkim jezerima te rubovima jezera s gustom vegetacijom i oscilirajućom razinom vode. Unutar ovih brakičnih do slatkovodnih karbonata također je prisutno nekoliko površina subaerskog izlaganja vjerojatno kraćeg trajanja što nam ukazuje na vrlo plitke restriktivne i rubne marinske ili jezerske okoliše s gustom vegetacijom koji su povremeno subaerski izlagani. Iz ovakvog slijeda naslaga može se zaključiti da su okoliši, i nakon glavne emerzijske površine, još uvijek bili nestabilni s čestim fazama regresije koje su onda rezultirale subaerskim izlaganjem stijena u meteorskim uvjetima te da je oplićavanje najvjerojatnije povezano s vrlo aktivnom tektonikom.

6.3. Starost istraživanog slijeda naslaga

Istraživani slijed naslaga sadrži zajednicu bentičkih foraminifera (rotalidnih) koje zbog svojih malih dimenzija, tankih stijenki i fragmentiranosti nisu dale podatke o relativnoj starosti naslaga. Unutar fragmenata terestričkih karbonata uočene su foraminifere nalik foraminiferi *Bangiana hanseni* (Drobne, Ogorelec & Riccamboni, 2007), no zbog kosih presjeka, vrsta nije potvrđena. Na temelju zajednice bentičkih foraminifera može se jedino govoriti o okolišnim značajkama. Ispod istraživanog slijeda naslaga nalazi se krpasti greben te ispod njega naslage potvrđene donjopaleocenske starosti na temelju mikrofosilne zajednice (Cvetko Tešović et al., 2017). Na temelju tih podataka možemo sa sigurnošću reći da je starost naslaga neposredno ispod glavne emerzijske površine stariji paleocen.

Iznad transgresivnih breča, u karbonatima, prisutni su ostaci cijanobakterije *Decastronema* (najvjerojatnije *Decastronema barattoloi* (De Castro)) koja je vrlo česti i karakteristični fosil za paleocenske i eocenske periplimne sedimente (Ćosović et al., 2008), a ostala mikrofosilna zajednica sastoji se od ostrakoda, gastropoda i ostataka oogonija alga Charophyta koji također ne daju podatke o relativnoj starosti ovih naslaga.

6.4. Litofacijesi

U istraživanom slijedu naslaga određena su tri tipa litofacijesa. Donji dio naslaga pripada litofacijesu 1 koji je definiran kao diskorbidno-ostrakodni wackestone do packestone, a pripada terestričkim ili prijelazno terestričko-marinskim karbonatima. Ovi vapnenci karakterizirani su obilježjima kalkreta koje ukazuju da je ovaj tip vapnenaca nastao u meteorskim i plitkim marinskim okolišima (uzorci BO–1). Uzorci BO–1 uzeti su iz fragmenata terestričkih karbonata koji su uklopljeni u glinovito–laporoviti matriks transgresivne breče koja pripada litofacijesu 2 (nastanak breče opisan je u poglavlju 6.2.), a vezana je za visokoenergetske vrlo plitke marinske okoliše. Nakon breča talože se laminirani karbonati litofacijesa 3 (litofacijes 3a), odnosno foraminifersko-ostrakodni wackestone (uzorci od BO–2 do BO–11b) s rijetkim ostacima gastropoda, oogonijima Charophyta i cijanobakterija te peloidima unutar lamina. U ovim karbonatima prisutne su i manje površine subaerskog izlaganja, što zajedno ukazuje na vrlo plitke restriktivne marinske okoliše s povremenim brakičnim do slatkovodnim utjecajem, ali i periodima subaerskog izlaganja. Litofacijes 3b (uzorci od BO–12 do BO–18) definiran je kao gastropodno-ostrakodni wackestone (floatstone) s rijetkim ostacima foraminifera te je najvjerojatnije taložen u

brakičnim do slatkovodnim okolišima (močvare) s marinskim utjecajem. Također su, i u ovim vapnencima prisutne manje površine subaerskog izlaganja.

6.5. Površine subaerskog izlaganja

Unutar istraživanog slijeda naslaga zabilježeno je nekoliko površina subaerskog izlaganja pa se može zaključiti da su emerzije bile učestale tijekom paleocena na ovom dijelu nekadašnje AdCP. Emerzijske površine nastale su kao posljedica tektonskih događaja koji su vezani za koliziju Jadranske i Euroazijske ploče, što je dovelo do pada morske razine i subaerskog izlaganja karbonatnih stijena.

Glavna površina subaerskog izlaganja (BO–1) predstavlja regionalni događaj u slijedu naslaga otoka Brača, a obilježena je procesima postanka tla u terenu koji je bogat vegetacijom i u uvjetima semiaridne klime. Sama površina karakterizirana je biogenim kalkretama s rizolitima, laminiranim kalkretama i pizoidima koje ukazuju na dugotrajno izlaganje subaerskim uvjetima te je moguće pretpostaviti da se ispod emergirane površine razvila meteorska dijagenetska zona sa svim svojim dijelovima.

Općenito, ispod same površine subaerskog izlaganja nalazi se alteracijska zona, čija debljina može varirati od nekoliko milimetara pa do preko 100 metara, a pod utjecajem je klime, različitog intenziteta i duljine trajanja subaerskog izlaganja, te položaja vodnog lica, što za posljedicu ima nastanak različitih oblika između dva krajnja člana: facijesa krša i facijesa tla (Esteban & Klappa, 1983). Iako se facijes tla vrlo rijetko sačuva, postoje iznimke kao npr. facijes kalkreta, gdje su produkti tla litificirani prije erozije ili ponovne sedimentacije. Facijes kalkreta obuhvaća mobilnost kalcijeva karbonata ($CaCO_3$), odnosno može doći do gubitka kalcijeva karbonata zbog lokalnog otapanja ili do dodatka kalcijeva karbonata te je ova mobilnost prisutna i u meteorskoj vadoznoj i meteorskoj freatičkoj zoni. Ove hidrološke zone prikazuju meteorsku vadoznu zonu koja se sastoji od gornje zone otapanja (infiltracija) i donje zone perkolacije te meteorsku freatičku zonu koja se dijeli na gornju aktivnu lentikularnu zonu i donju neaktivnu duboku zonu. Granica između meteorske vadozne i freatičke zone je vodno lice. U zoni infiltracije voda može ili otopiti $CaCO_3$ (zbog visoke koncentracije atmosferskog CO_2 ili zbog visoke koncentracije biogenog CO_2) ili $CaCO_3$ može precipitirati zbog smanjene koncentracije CO_2, a pri dolasku vode u zonu perkolacije, otapanje ili precipitacija $CaCO_3$ je minimalna. Mnogi vadozni cementi odražavaju selektivnu distribuciju vode kroz takve okoliše, kao npr. igličasti cementi, kalcificirani filamenti, crni klasti, rizoliti, *Microcodium* agregati te mikrosparit (Scholle &

Ulmer-Scholle, 2003). Za razliku od vadozne zone, u freatičkoj zoni kretanje vode je horizontalno pa je stoga $CaCO_3$ ili otopljen i mehanički erodiran ili je precipitiran. Dalje, u lentikularnoj zoni, kretanje vode je više pod utjecajem hidrauličkog tlaka, nego gravitacije, pa također može doći do otapanja vapnenaca (ako je povišen hidrostatski tlak) ili precipitacije ako vode koje se miješaju budu prezasićene s $CaCO_3$. Vode u dubokoj zoni su stagnatne, iako su pod hidrostatskim tlakom (Esteban & Klappa, 1983).

Relativno se malo zna o mehanizmima precipitacije karbonata u kalkretama te neki autori smatraju da su evapotranspiracija i otplinjavanje glavni procesi precipitacije karbonata. Evapotranspiracija se drži kao glavni proces u semiaridnim kalkretama i vjerojatno je uzrok nastanka rizokrecija, a drugi važan proces je gubitak CO_2 koji dovodi do precipitacije karbonata, no ne smije se zanemariti i eolski donos $CaCO_3$ koji je vrlo važan u nastanku pedogenih kalkreta. Također se ne treba zanemariti i mikrobiološki utjecaj gljiva te cijanobakterija koje uzrokuju precipitaciju karbonata, a i veliki utjecaj imaju i bakterije koje koriste anorganski substrat i tako dolazi do gubitka CO_2 (Wright & Tucker, 1991). Ovi procesi najviše ovise o klimi i uvjetovali su nastanak biogenih kalkreta i laminiranih kalkreta unutar istraživanog slijeda naslaga.

Od makro i mikro obilježja ovih kalkreta najizraženiji su različiti tipovi rizolita. Mehanizmi kalcifikacije rizolita još uvijek nisu u potpunosti poznati te postoji nekoliko različitih interpretacija. Glavni uzrok stvaranja rizolita može biti nakon uginuća biljaka, gdje su šupljine korijenja naknadno ispunjene mikritom ili sparitom, no moguće je i da voda u korijenju bude uzrok precipitacije, ali i u području oko korijenja se događaju različiti biološki i biokemijski procesi koji dovode do precipitacije (Wright, 1994). Uz rizolite prisutne su i mikritne nodule, čije je podrijetlo također nejasno, a oko nodula se nalaze pukotine koje su nastale zbog desikacije i kontrakcije matriksa. Laminirane kalkrete biološkog su podrijetla, a njihov nastanak mogao bi biti povezan s procesima kalcifikacije horizontalnih i vertikalnih prevlaka korijenja, no također moguća je i mikrobiološka aktivnost drugih organizama, kao npr. aktivnost cijanobakterija, gljiva i lišajeva, pri čemu su ovi organizmi mogli pridonijeti precipitaciji karbonata u laminiranim kalkretama (Wright & Tucker, 1991). Uz laminirane kalkrete česti su i pizoidi, obavijena zrna, čije su lamine subsferične do asimetrične, što također govori da se ova zrna nisu kretala u profilu. Smatra se da postoje dva načina nastanka lamina ovih zrna, odnosno da su neke lamine biogene i nastale mikrobiološkom aktivnošću (kao u ovom slučaju), a neke su građene od ne-karbonatnog materijala.

Uz obilježja kalkreta, vrlo je važna prisutnost crnih klasta („*black pebbles*“) jer se oni povezuju s razaranjem dijelom ili potpuno litificiranog sedimenta plimnih ravnica (Assereto

& Kendal, 1977), a njihova tamna boja može biti od terestričke organske tvari (Strasser, 1984), kao posljedica šumskih požara (Shinn & Lidz, 1988) ili impregnacije piritom (Wright, 1986b).

Ostale površine subaerskog izlaganja prisutne su u brakičnim do slatkovodnim vapnencima iznad glavne površine te su prema obilježjima vrlo slične glavnoj površini subaerskog izlaganja, što ukazuje da je tektonika i nakon regionalnog događaja bila vrlo aktivna, te je dovodila do oplićavanja i subaerskog izlaganja sedimenata. Za okoliše, u kojima su nastajale ove površine, može se reći da su bili vrlo plitki i restriktivni, odnosno da su povremeno uspostavljene lagune s oslađenom vodom.

7. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje karbonatnih naslaga vršnog dijela formacije Sumartin, 0,4 km zapadno od uvale Likva, na otoku Braču pokazalo je sljedeće:

1) Taloženje ovih naslaga tijekom starijeg paleogena odvijalo se dominantno pod utjecajem tektonike (kasnokredni sinsedimentacijski tektonski događaji koji su vezani za koliziju Jadranske i Euroazijske ploče), a istaložene naslage rascjepkane su u nekoliko taložnih bazena na čijim su rubovima postojale karbonatne platforme tipa rampe. Istraživani slijed naslaga debljine 15,7 m u donjem dijelu izgrađen je od terestričkih ili prijelazno terestričko-marinskih karbonata koji su subaerski izlagani, i bilježe emerziju prepoznatu kao regionalni događaj u slijedu naslaga otoka Brača. Nakon perioda subaerskog izlaganja dolazi do transgresije, gdje su fragmenti terestričkih karbonata uklopljeni u glinovito-laporoviti matriks te zajedno čine transgresivne breče najvjerojatnije sačuvane u depresijama nekadašnjeg kopna. Iznad transgresivnih breča istaloženi su brakični do slatkovodni karbonati s ostrakodima, gastropodima, cijanobakterijama i oogonijima alga Charophyta koji ukazuju na vrlo plitke i restriktivne jezerske okoliše, ali i na marinski utjecaj (rubni marinski okoliši). Unutar brakičnih i slatkovodnih karbonata također je prepoznato nekoliko površina subaerskog izlaganja koje ukazuju na vrlo aktivnu tektoniku.

2) Mikrofosilna zajednica istraživanog područja sastoji se od bentičkih foraminifera, ostrakoda, gastropoda, cijanobakterija te oogonija alga Charophyta. Bentičke foraminifere su vrlo niskog diverziteta te vrlo malih dimenzija, a prevladavaju diskorbidne foraminifere koje nisu dale podatke o relativnoj starosti naslaga (najmlađi paleocen–stariji eocen?). Cijanobakterije roda *Decastronema* (De Castro) karakteristične su za paleocenske i eocenske naslage te su česte u naslagama iznad površine subaerskog izlaganja, dok se ostrakodi (vrlo tankih i ponegdje nazubljenih ljuštura), gastropodi i ostaci oogonija javljaju u brakičnim i slatkovodnim vapnenacima te također nisu dali podatke o relativnoj starosti, već samo ukazuju na restriktivne i ekstremne uvjete i okoliše.

3) U istraživanom slijedu utvrđena su tri tipa litofacijesa, odnosno taložnih okoliša. Stariji dio slijeda izgrađuju naslage koje su subaerski izložene (litofacijes 1), a ukazuju na meteorske i plitke marinske okoliše, nakon kojih dolazi do transgresije i taloženja transgresivnih breča (litofacijes 2). Mlađi dio slijeda izgrađuju karbonati s ostrakodima i foraminiferama (litofacijes 3a) taloženi u plitkim restriktivnim

marinskim okolišima s brakičnim utjecajem te jezerske naslage (litofacijes 3b) taložene u brakičnim i slatkovodnim okolišima (močvarama) s marinskim utjecajem.

4) Površina subaerskog izlaganja BO–1 predstavlja regionalni subaerski nekonformitet, a obilježena je biogenim kalkretama s rizolitima, *Microcodium* agregatima, alveolarno septalnim strukturama, mikritnim nodulama, crnim klastima („*black pebbles*“), laminiranim kalkretama i pizoidima. Površina subaerskog izlaganja nastala je kao posljedica izdizanja različitih dijelova platforme zbog sinsedimentacijskih tektonskih događaja koji su vezani za koliziju Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče.

8. LITERATURA

Alonso-Zarza, A. M., Jones, B. (2007): Root calcrete formation on Quaternary karstic surfaces of Grand Cayman. Geologica Acta 5, 77–88.

Assereto, R. L. A. M., Kendall, C. G. S. T. C. (1977): Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related fabric. Sedimentology 24, 153–210.

Brlek, M. (2014): Karakteristike odabranih površina diskontinuiteta u slijedu naslaga Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 139 str.

Brlek, M., Korbar, T., Cvetko Tešović, B., Glumac, B., Fuček, L. (2013): Stratigraphic framework, discontinuity surfaces and regional significance of Campanian slope to ramp carbonates from central Dalmatia, Croatia. Facies 59, 779–801.

Brlek, M., Korbar, T., Košir, A., Glumac, B., Grizelj, A., Otoničar, B. (2014): Discontinuity surfaces in Upper Cretaceous to Paleogene carbonates of central Dalmatia (Croatia): Glossifungites ichnofacies, biogenic calcretes and stratigraphic implications. Facies 60, 467–487.

Brlek, M., Glumac, B. (2014): Stable isotopic (δ13C and δ18O) signatures of biogenic calcretes marking discontinuity surfaces: a case study from Upper Cretaceous carbonates of central Dalmatia and eastern Istria, Croatia. Facies 60, 773–788.

Bucković, D. (2006): eBook Historijska geologija 2, Mezozoik i Kenozoik. Udţbenici Sveučilišta u Zagrebu – Manualia universitatis studiorum Zagrabiensis, 117 str.

Bucković, D., Martinuš, M. (2010): Triassic terrestrial phase recorded in the carbonate platform successsion of the Karst Dinarides (Croatia). Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici 19, 213–230.

Christ, N., Immenhauser, A., Amour, F., Mutti, M., Tomas, S., Agar, S. M., Alway, R., Kabiri, L. (2012): Characterization and interpretation of discontinuity surfaces in a Jurassic ramp setting (High Atlas, Morocco). Sedimentology 59, 249–290.

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, 591–613.

Cvetko, B., Gušić, I., Schroeder, R. (1997): *Reticulinella fleuryi* n. sp. (Foraminiferida) from the Upper Cretaceous (Upper Santonian–Middle Campanian) of the Island of Brač, Croatia. Revue de Micropalèontologie 40/2, 131–139.

Cvetko Tešović, B., Martinuš, M., Vlahović, I. (2017): Facies and stratigraphy of the latest Cretaceous to earliest Paleogene platform carbonate succession with coral patch reefs: the island of Brač, Croatia. Geological Society of America Abstracts with Programs, 49/6, Seattle, Geological Society of America, 277−277.

Ćosović, V., Drobne, K., Ogorelec, B., Moro, A., Koić, M., Šoštarko, I., Tarlao, A., Tunis, G. (2008): *Decastronema barattoloi* (De Castro), characteristic fossil of the Palaeocene and the Eocene peritidal sediments from the Adriatic carbonate platform. Geologia Croatica 61, 321–332.

Dalla Vecchia, F.M., Vlahović, I., Posocco, L., Tarlao, A., Tentor, M. (2002): Late Barremian and Late Albian (Early Cretaceous) dinosaur track sites in the Main Brioni/Brijun Island (SW Istria, Croatia). Natura Nascosta 25, 1−36.

Dunham, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. U: Ham WE (ur.), Classification of carbonate rocks. AAPG Mem 1, 108–121.

Embry, A.F., Klovan, J.E. (1971): A Late Devonian track on northeastern Banks Island, NWT. Bull Can Petrol Geol 19, 730–781.

Esteban, M., Klappa, C. F. (1983): Subaerial exposure environments. U: Scholle, P. A., Bebout, D. G., Moore, C. H. (ur.): Carbonate depositional environments. AAPG Memoirs 33, 1–96.

Flügel, E. (2004): Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer, London, 976 str.

Goudie, A.S. (1983): Calcrete. U: Goudie, A.S., Pye, K. (ur.): Chemical Sediments and Geomorphology. Academic Press, London, 93–131.

Gušić, I., Jelaska, V. (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača. Djela Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti, Zagreb, 1–160.

Gušić, I., Jelaska, V., Velić, I. (1988): Foraminiferal assemblages, facies and environments in the Upper Cretaceous of the Island of Brač, Yugoslavia.– Revue de Paleobiologie, Volume Special 2 (Benthos '86), 447–456.

Jelaska, V. (1985): Changes of depositional environments as causal factors in development of facies variability: an example from the Late Senonian limestones on the Island of Brač (Yugoslavia). Geološki vjesnik 28, Zagreb, 35–44.

Jelaska, V. & Ogorelec, B. (1983): The Upper Cretaceous depositional environments of the carbonate platform on the island of Brač. U: Babić, Lj. & Jelaska, V. (ur.): Contributions to sedimentology of some carbonate and clastic units of the coastal Dinarides. Excursion guide-book, 4th International Association of Sedimentologists Regional Meeting Split, Croatia, 99–124.

Jelaska, V., Fuček, L., Galović, I., Glovacki J. Ž., Gušić, I., Korolija, B., Marinčić, S., Oštrić, N., Prtoljan, B. (2015): Basic geological Map of the Republic of Croatia scale 1:50.000 – sheet: Brač Island. Croatian Geological Survey, Department of Geology, Zagreb, ISBN: 978–953–6907–54–0.

Klappa, C. F. (1980): Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. Sedimentology 27, 613–629.

Korbar, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region; a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. Earth Science Reviews 96, 296–312.

Korbar, T., **McDonald, I., Premec Fućek, V., Fuček, L., Posilović, H.** (2017): Post-impact event bed (tsunamite) at the Cretaceous–Palaeogene boundary deposited on a distal carbonate platform interior. Terra Nova, 29, 135–143.

Košir, A. (2004): Microcodium revisited: root calcification products of terrestrial plants on carbonate-rich substrates. Journal of Sedimentary Research 74, 845–857.

Kurtanjek, D., Babić, Lj., Zupanič, J. (2000): Palaeokarst and Caliche at C/T Boundary on the Island of Brač (Dinarides, Croatia). 2. Hrvatski geološki kongres, Zbornik radova, 287–288, Zagreb.

Martinuš, M. (2013): Površine prekida taloženja u donjojurskim karbonatnim naslagama Gorskog Kotara, Like i Velebita. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, 274 str.

Martinuš, M., Bucković, D., Kukuč, D. (2012): Discontinuity surfaces recorded in shallow-marine platform carbonates: an example from the Early Jurassic of the Velebit Mt. (Croatia). Facies 58, 649–669.

Otoničar, B. (2007): Upper Cretaceous to Paleogene forbulge unconformity associated with foreland basin evolution (Kras, Matarsko podolje and Istria; SW Slovenia and NW Croatia). Acta Carsologica 36, 101–120.

Pejović, D. & Radoičić, R. (1968): Prilog biostratigrafiji najmlađeg senona na ostrvu Braču. I. kolokvij geologiji Dinaridov, Ljubljana 1966, 113–122.

Pejović, D. & Radoičić, R. (1987): Contribution to the study of Upper Cretaceous stratigraphy of Brač. Geologija 28/29. 121–150.

Scholle, P. A. & Ulmer-Scholle, D. S. (2007): A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. AAPG Mem 77, Tulsa Oklahoma, 459 str.

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.

Strasser, A. (1983): Black-pebble occurence and genesis in Holocene carbonate sediments (Florida Keys, Bahamas, and Tunisia). J Sediment Petrol 54, 1097–1109.

Šikić, D., Muldint-Mamužić, S., Mamužić, P., Magaš, N. (1969): Litološki i biostratigrafski tipovi razvoja paleogena u Istri i Dalmaciji. III simp. Dinarske asoc. 1, 247–265, Zagreb.

Tewari, V. C., Stenni, B., Pugliese, N., Drobne, K., Riccamboni, R., Dolenec, T. (2007): Peritidal sedimentary depositional facies and carbon isotope variation across K/T boundary carbonates. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 255, 77–86.

Velić, I. (2007): Stratifraphy and Paleobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe). Geologia Croatia 60/1, 1–113.

Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I., Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics 220 (3), 333–360.

Wright, V. P. (1986b): Pyrite and the drowning of a paleosol. Geol. J. 21, 139–149.

Wright, V. P., Platt, N. H., Wimbledon, W. (1988): Biogenic laminar calcretes: evidence of calcified root mat horizons in palaeosols. Sedimentology 35, 603–620.

Wright V. P., Tucker, M. E. (1991): Calcretes: an introduction. U: Wright, V. P., Tucker, M. E. (ur.): Calcretes. IAS Reprint Series 2, 1–22.

Internetski izvor:

https://earth.google.com/web/@0,0,24018.82718741a,36750128.22569847d,35y,0h,0t,0r/data=CgAoAQ (preuzeto 17. kolovoza, 2018.)

9. POPIS SLIKA U TEKSTU

Slika 1 Taložni okoliši kalkreta, palustrinskih i lakustrinskih karbonata (preuzeto i prilagođeno prema Alonso-Zarza, 2002). 3

Slika 2 Različite strukture kod kalcifikacije korijenja u rizolitu (preuzeto i prilagođeno prema Wright & Tucker, 1991). 5

Slika 3 Današnje rasprostiranje karbonatnih naslaga nekadašnjih mezozojskih platformi u južnom Tethysu (preuzeto iz Vlahović et al., 2005). 9

Slika 4 Prikaz glavnih facijesa krednih naslaga na AdCP od SZ (Istra) do JI (Dubrovnik) te različito trajanje emerzija na prijelazu kreda–paleogen (preuzeto iz Vlahović et al., 2005). 10

Slika 5 a Prikaz geografskog smještaja i geologije otoka Brača s označenim lokalitetom istraživanja. **b** Gornjokredne naslage otoka Brača (preuzeto iz Schlagintweit & Cvetko Tešović, 2017). 12

Slika 6 Geološki stup naslaga Sumartin formacije (mastriht) i Liburnijske formacije (mastriht–paleocen) u uvali Likva (preuzeto iz Steuber et al., 2005). 14

Slika 7 Istraživane karbonatne naslage zapadno od uvale Likva s naznačenim početkom geološkog stupa (strelica; izvor Google Earth). 15

Slika 8 Istraživane naslage formacije Sumartin na otoku Braču (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš). 17

Slika 9 Detaljan geološki stup dijela paleocenskih naslaga formacije Sumartin na otoku Braču. 18

Slika 10 Makroskopske značajke istraživanih naslaga. **a, b** Površina subaerskog izlaganja. **c** Slojevi brakičnih i slatkovodnih vapnenaca. **d**. Ostaci ljuštura na gornjoj slojnoj plohi BO–19. **e, f** Kršje gastropoda na gornjim slojnim plohama (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš). 19

Slika 11 Cjevčice cijanobakterije *Decastronema* (De Castro) (uzorak BO–2). 20

Slika 12 a, c Bentičke foraminifere (uzorci BO–11a, BO–3). **b** Kućica gastropoda (uzorak BO–1i). **c** Ljušture ostrakoda (BO–2). 21

Slika 13 Ostaci oogonija alga Charophyta (uzorak BO–5). 21

Slika 14 Različite male bentičke foraminifere. a, b, c, d *Bangiana hanseni*? Drobne, Ogorelec & Riccamboni. e *Kayseriella* sp., dio odvijenog stadija?. (a, b, c, d, f uzorak BO–6, e uzorak BO–11a, f uzorak BO–1d, g uzorak BO–1n). 22

Slika 15 Litofacijes 1. a Biogena kalkreta. b Laminirana kalkreta. 24

Slika 16 Litofacijes 3. 24
Slika 17 Transgresivna breča s fragmentima vapnenca koji je subaerski izložen (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš). 25
Slika 18 Ostale površine subaerskog izlaganja. a Sloj BO–2. b Sloj BO–9 (strelica). c Sloj BO–18 (fotogr. I. Vlahović i M. Martinuš). 26
Slika 19 *Microcodium* agregati. a, b, c Prstenasti i korasti oblici *Microcodium* agregata (uzorci BO–e, h). d, e Razasuti kristali kalcita *Microcodium* agregata (uzorak BO–3).. 27
Slika 20 Fotomikrografije biogenih kalkreta (BO–1). a Nodula unutar koje se nalaze šupljine korijenja ispunjene sparitom i sitne foraminifere skupine Discorbidae. b Litoklast obavijen tamnim mikritnim ovojem. c Kosi presjek tubula koji je ispunjen sparitom (strelica) i šupljine korijenja. d, e Šupljine korijenja ispunjene sparitom i obavijene mikritnim ovojima te mikrolaminarna struktura mikrita između šupljina. f Alveolarno septalna struktura razvijena unutar šupljina ispunjenih sparitom koje pokazuju fenestralnu strukturu. g, h Nodule od tamnog mikrita i šupljine obavijene debelim mikritnim ovojima. 28
Slika 21 Crni klasti („*black pebbles*“, uzorak BO–1f)..... 29
Slika 22 Fotomikrografije laminiranih kalkreta (uzorci BO–1). a Kontakt brečirane podloge s foraminiferama i crnim klastima i laminirane kalkrete sa šupljinama korijenja koje su ispunjene sparitom. b, c Laminirane kalkrete s nakupinama peloida unutar lamina te ostacima ljuštura ostrakoda. d, e, f Laminirane kalkrete sa šupljinama korijenja koje presijecaju lamine 30
Slika 23 Fotomikrografije pizoida (uzorak BO–1k).....30

10. POPIS TABLICA U TEKSTU

Tablica 1 Litofacijesi utvrđeni u istraživanim naslagama.....23