

Eocenski vapnenci otoka Hvara: okoliši taloženja i starost naslaga

Tudor, Tamara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:487837>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Tamara Tudor

**EOCENSKI VAPNENCI OTOKA HVARA:
OKOLIŠI TALOŽENJA I STAROST NASLAGA**

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Tamara Tudor

**EOCENSKI VAPNENCI OTOKA HVARA:
OKOLIŠI TALOŽENJA I STAROST NASLAGA**

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

Mentor:
prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Zagreb, 2023.

Zahvale

Zahvaljujem mentorici, prof. dr. sc. Vlasti Čosović, na strpljenju, nesebičnom trudu, uloženom vremenu i korisnim savjetima tijekom izrade ovoga rada.

Hvala dipl. ing. Željku Ištuku na pomoći pri izradi mikroskopskih preparata.

Hvala mojim kolegicama i kolegi na nezaboravnim studentskim danima, timskom radu i prijateljstvu.

Hvala mojim curama koje su bile uz mene od prvog dana studiranja i Ivanu na neizmjernoj podršci i razumijevanju.

I za kraj, najveće hvala mojoj obitelji na podršci, strpljenju i poticanju tijekom studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

EOCENSKI VAPNENCI OTOKA HVARA: OKOLIŠI TALOŽENJA I STAROST NASLAGA

Tamara Tudor

Rad je izrađen u: diplomski studij Geologija, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Sažetak: Na južnom i jugozapadnom dijelu otoka Hvara prikupljeni su uzorci eocenskih vapnenaca s ciljem rekonstrukcije okoliša taloženja. Napravljene su mikropaleontološke i mikrofacijesne analize. Metodom *point countinga* kvantitativno je opisan sastav vapnenaca. Na temelju udjela pojedinih vrsta zrna u preparatima, sastava zajednice velikih bentičkih foraminifera, određeno je pet mikrofacijesa, koji odgovaraju okolišu srednje rampe. Preklapanjem stratigrafskih raspona pojavljivanja određenih morfovrrsta ortofragmina, dobivena je starost naslaga od mlađeg dijela starijeg luteta do starijeg priabona, te pripadnost zonama od SBZ13 do SBZ19, odnosno od OZ9 do OZ14.

Ključne riječi: otok Hvar, velike bentičke foraminifere, *Solenomeris*, eocen, karbonatna rampa

Rad sadrži: 46+XIII stranica, 30 slika, 2 tablice, 78 literaturnih navoda, 2 table i 3 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor(i): Prof. dr. sc. Vlasta Čosović, PMF, Zagreb

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Vlasta Čosović, PMF, Zagreb

Prof. dr. sc. Đurđica Pezelj, PMF, Zagreb

Prof. dr. sc. Nenad Tomašić, PMF, Zagreb

Datum završnog ispita: 22. rujna 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

EOCENE LIMESTONES FROM THE ISLAND OF HVAR: DEPOSITIONAL SETTING AND AGE ATTRIBUTION

Tamara Tudor

Thesis completed in: Graduate study of Geology, Division of Geology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Abstract: In the southern and southwestern part of the island of Hvar, samples of Eocene limestones were collected to reconstruct the depositional conditions and settings. Micropaleontological and microfacial analyses were made. The composition of the limestone was quantitatively described using the point count method. Based on the proportion of each grain type in thin sections and composition of large benthic foraminiferal assemblages, five microfacies corresponding to the middle ramp environment were determined. By overlapping the stratigraphic ranges of certain *Ortophragmina* morphospecies, the age of the deposits was determined from the younger part of the late Lutetian to the Priabonian, for the zones from SBZ13 to SBZ19, i.e., from OZ9 to OZ14.

Keywords: island Hvar, large benthic foraminifera, *Solenomeris*, eocene, carbonate ramp

Thesis contains: 46+XIII pages, 30 figures, 2 tables, 78 references, 2 plates and 3 attachments

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Library of Geology, Department of Geology, Faculty of Science

Supervisor: Vlasta Ćosović, Ph.D. Full professor, PMF, Zagreb

Reviewers: Professor Ph.D. Vlasta Ćosović, PMF, Zagreb

Professor Ph.D. Đurđića Pezelj, PMF, Zagreb

Professor Ph.D. Nenad Tomašić, PMF, Zagreb

Date of the final exam: September 22, 2023

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja	3
Kratki kronološki pregled geoloških istraživanja pojedinih naslaga	3
3. Metode istraživanja	7
Terenske metode	7
Laboratorijska priprema uzoraka	10
Kabinetske metode	11
3.1.1. Mikrofacijesna analiza.....	11
3.1.2. Standardni mikrofacijesi i facijesne zone.....	15
4. Rezultati	20
Taksonomija nekih određenih vrsta velikih bentičkih foraminifera	20
Mikrofacijesi	24
4.1.1. Mikrofacijes „Diskociklinsko-numulitni <i>packstone</i> “	25
4.1.2. Mikrofacijes „Koralinacejski <i>grainstone</i> “.....	26
4.1.3. Mikrofacijes „ <i>Solenomeris packstone</i> “	27
4.1.4. Mikrofacijes „Klastični vapnenci s foraminiferama“.....	28
4.1.5. Dolomitizirani vapnenac	29
Obraštajuća foraminifera <i>Solenomeris</i> sp.	29
Rod <i>Sphaerogypsina</i> sp.....	31
5. Rasprava.....	33
Starost naslaga.....	33
Paleoekološka interpretacija.....	33
5.1.1. Mikrofacijes Diskociklinsko-numulitni <i>packstone</i>	34
5.1.2. Mikrofacijes Koralinacejski <i>grainstone</i>	35
5.1.3. Mikrofacijes <i>Solenomeris packstone</i>	36
5.1.4. Mikrofacijes Klastični vapnenci s foraminiferama	36
Model taloženja.....	36
6. Zaključak	39
7. Literatura.....	40
8. Table	V
9. Prilozi.....	X

1. Uvod

Eocen je geološka epoha obilježena paleogeografskom reorganizacijom mediteranskog područja te učestalim, ali kratkotrajnim klimatskim promjenama. To je i zadnje razdoblje „staklenika“ prije današnjeg modernog doba i trajalo je od prije 56 do 33,9 milijuna godina. Najviše temperature postignute su u starijem eocenu tijekom paleocensko-eocenskog termalnog maksimuma, PETM (prije 56 milijuna godina) i starijeg eocenskog termalnog optimuma, EECO, prije oko 52 do 50 milijuna godina, nakon čega je započeo period dugotrajnog zahlađenja (RIVERO-CUESTA i sur., 2019). Tijekom eocena, na antarktičkom kontinentu razvile su se male ledene kape. Prijelaz klime u globalno hladnije uvjete bio je prekinut i u srednjem eocenu kratkim zagrijavanjem poznatim kao kasno lutetski klimatski maksimum (LLTM) i klimatski optimum srednjeg eocena (MECO) u trajanju od 300, odnosno 500 tisuća godina (RIVERO-CUESTA i sur., 2019; D'ONOFRIO i sur., 2021). Karbonatnim stijenama nastalim na šelfu tijekom starijeg paleocena dominiraju ostaci crvenih algi i mahovnjaka te koralji, vrste i rodovi koji su preživjeli biološku krizu (izumiranje) na prijelazu iz krede u paleogen. Tijekom starijeg i srednjeg eocena, velike bentičke foraminifere (VBF) postaju sve raznovrsnije i brojnije, raširene su u tropskim i subtropskim morima i oceanima, preuzimaju ulogu graditelja karbonatnih naslaga, dok su koralji koji su gradili grebene bili rijetki.

Proučavane naslage nalaze se na otoku Hvaru koji pripada geotektonskoj jedinici Vanjskih Dinarida. Najveći dio otoka grade naslage, koje su istaložene u okolišima Jadranske karbonatne platforme, plitkomorskom području izoliranom od kopnenih utjecaja i okruženom dubokim oceanom Neotethys (BUCKOVIĆ, 2006) tijekom većeg dijela mezozoika. U uvjetima plitkog, toplog mora tijekom krede istaložio se slijed karbonatnih naslaga, ukupne debljine 2400 m (BOROVIĆ i sur., 1977). Tijekom krede zbog regionalnih geoloških promjena, dijelovi platforme bivaju zahvaćeni emerzijom. Regionalna emerzija početkom paleogena se povezuje s promjenama u prostoru taloženja zbog subdukcije Jadranske mikroploče (dijela Afričke ploče), na kojoj je bila Jadranska karbonatna platforma, pod Euroazijsku ploču. Zbog promjene smjera kretanja Afričke i Euroazijske ploče, u miocenu je došlo do promjene smjera stresa iz smjera SI-JZ u smjer S-J, što je rezultiralo promjenom pravca pružanja otoka Hvara u pravac I-Z (BOGNAR, 2001).

Rudistni, uslojeni i gromadasti vapnenci gornjokredne starosti (BOROVIĆ i sur., 1977) su najrasprostranjeniji, dok su donjokredne naslage na zapadnom dijelu otoka (HERAK i sur., 1976) najstarije. Transgresivno na krednim leže paleogenske naslage čije je pružanje ograničeno na samo nekoliko lokaliteta: u okolici grada Hvara, okolica Milne, rt Zračće, uz obalu kod Sv. Nedjelje i zapadno od Pitavske plaže. Paleogenske su naslage (BOROVIĆ i sur., 1977) eocenski Foraminiferski vapnenci, Prijelazne naslage i fliške naslage (lapori i kalkareniti).

U ovom diplomskom radu posebna je pažnja usmjerena na ulogu zajednice eocenskih VBF-a koje su glavni „graditelji“ naslaga. Foraminifere su jednostanični eukariotski organizmi koji su se pojavili u kambriju, a danas je poznato 6800 vrsta (HAYWARD i sur., 2017) u morima, bočatim vodama, ali i u slatkoj vodi i vlažnom tlu. S obzirom na način života, razlikujemo bentičke i planktonske foraminifere. Bentičke foraminifere žive na dnu, zakopane u ili na sedimentu (npr. pričvršćene za morsku travu, taluse algi, na fragmentima ostataka makroorganizama, ali i na plastici). Prema načinu ishrane, većinom su oportunistički svejedi, neke imaju endosimbionte koji ih opskrbljuju potrebnom hranom. Najstarije VBF su karbonske starosti. Zbog osjetljivosti na ekološke parametre, VBF se koriste kao facijesni fosili, a kako su u stijenama često jedini fosili, primjenjuju se i u biostratigrafiji (npr. plitkomorske paleogenske bentičke zone, SBZ 1 – SBZ 23; PAPAZZONI i sur., 2017). Vrlo su česte u fosilnom sadržaju zbog mineralnog skeleta, a njihova široka primjenjivost posljedica je lake prepoznatljivosti i jednostavne laboratorijske obrade.

Cilj ovog diplomskog rada bio je opisati okoliše taloženja i odrediti vrijeme nastanka vapnenaca na južnom i jugozapadnom dijelu otoka Hvara. Naslage su prikupljene metodom točkastog uzorkovanja (izolirani izdanci), a tamo gdje su se naslage pružale u kontinuitetu snimljeni su geološki stupovi. Interpretacija naslaga temelji se na određivanju vrsta VBF, zastupljenosti pojedinih rodova u zajednici i morfologiji njihovih kućica.

Diplomski rad je izrađen u okviru znanstveno-istraživačkog projekta koji financira HRZZ, IP-2029-04-5775, Dinaridski predgorjski bazen između dva eocenska termalna optimuma: mogući scenarij za Sjevernojadranski bazen (BREEMECO).

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Geološka građa otoka Hvara zaintrigirala je mnoge znanstvenike. Prve podatke o geološkoj građi otoka nalazimo u geološkoj karti koju je 1868. godine izradio F. Hauer, odnosno 1878. godine G. Stache (preuzeto iz BOROVIĆ i sur., 1977).

Geološke strukture, vrste naslaga i kronostratigrafsku starost otoka nalazimo prikazane na listovima 1: 100 000, Vis (Jabuka, Svetac, Biševo) (BOROVIĆ i sur., 1975), Jelsa (MARINČIĆ i MAJCEN, 1975) i Ploče (MARINČIĆ i sur., 1977).

Prema podacima nove Osnovne geološke karte 1: 50000 koju su izradili OŠTRIĆ i suradnici (2015), otok Hvar podijeljen je na litostratigrafske jedinice (slika 1). Naslage kredne starosti obuhvaćaju više formacija. Formacije Babino Polje, Dragozetići, Govedari, Kanfanar, Porozina i Sis su donjokredne starosti, dok su formacije Milna, Basina, Sveti Duh, Gornji Humac, Dol, Pučišća i Sumartin gornjokredne starosti. Paleogenske naslage izgrađuju srednje eocenski Foraminiferski vapnenci i srednje do gornje eocenski fliš. Foraminiferski vapnenci su masivni do debeloslojeviti crvenkasto-smeđi madstoni s puževima i žućkasto-bijeli bioklastično-skeletni vapnenci s VBF-om (numulitima i diskociklinama). Fliš predstavljaju tankoslojeviti karbonatno-siliciklastični pješčenjaci i siliti u izmjeni sa srednje do debeloslojevitim laporima te vrlo debeloslojevitim bioklastičnim vapnencima i konglomeratima (OŠTRIĆ i sur., 2015). Taloženje eocenskih vapnenaca karakterizirano je brojnim prekidima u sedimentaciji, od kojih su neki trajali i do 2-2,5 milijuna godina (MARJANAC i sur., 1998).

Kratki kronološki pregled geoloških istraživanja pojedinih naslaga

Godine 1895. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER je u gornjokrednim naslagama, takozvanim ribljim škrljajcima, pronašao fosilne ostatke riba. Iz naslaga cenomanske starosti, između Staroga Grada i Vrbovske, opisani su ostaci mnogih gmazova, među kojima su i mosasauri *Aigialosaurus dalmaticus* KRAMBERGER, 1892 i *Aigialosaurus buchichi* KORNHUBER, 1901 (DUTCHAK i CALDWELL, 2006; JAPUNDŽIĆ i sur., 2013; MEKARSKI, 2017).

HERAK u svojem istraživanju iz 1959. godine navodi kako se u centralnom dijelu otoka Hvara nalazi dolomitna donjokredna antiklinala, a na prostoru između Staroga Grada i rta Dugi rat je prepoznato sekundarno boranje gornjokrednih naslaga. Područje grada Hvara je jače tektonski poremećeno od ostatka otoka. Od uvale Podstine do Sv. Helene pruža se rasjed između paleogenskih i krednih naslaga. Dubinskim bušenjima pokazano je

kako su mjestimično kredne naslage navučene na paleogenske. Na južnom krilu glavne antiklinale, nagib slojeva varira od normalnog antiklinalnog položaja (nagib slojeva u krilima je simetričan s obje strane osne ravnine) do prebacivanja (slojevi u obama krilima su nagnuti u istom smjeru). Na području Jelse i Pitava taj je pomak manji pa su zbog toga slojevi sjevernog krila antiklinale nagnuti prema sjeveru pod blažim kutom, nego što su slojevi južnog krila prema jugu.

Godine 1976. HERAK i sur. ističu kako je tektonska građa otoka Hvara karakterizirana poprečnom i uzdužnom izmjenom elemenata bora i rasjeda s blaže izraženim ljuškanjem i navlačenjem na južnoj padini zapadnog dijela otoka. Glavne tektonske jedinice formirane su krajem eocena, a završna tektogeneza produžuje se i u mlađa razdoblja. Otok karakteriziraju brojne škrape, ponikve i uvale. Raspucanost naslaga i međuslojne šupljine omogućavaju vodenu komunikaciju prvenstveno na krilima antiklinala dok dolomitne jezgre antiklinala predstavljaju uglavnom nepropusne naslage. U hidrogeološkom režimu značajnu uspornu funkciju ima dolomitna jezgra sekundarne antiklinale Starigrad – Jelsa, koja usmjerava podzemnu vodu središnjeg dijela otoka prema izvoru Slatina. Ostali dio podzemne vode otječe u more slojnim i tektonskim šupljinama.

U uvali Žukova, u blizini Starog Grada, na slojnim plohama plitkomorskih vapnenaca, otkriveni su otisci stopala dinosaura. To su prvi otkriveni tragovi dinosaura u naslagama dalmatinskog dijela nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (MEZGA i sur., 2006). Kasnije, 2017. godine, na sjevernoj obali zapadnog dijela Hvara (uvala Pelegrin) u krednim vapnencima je otkriveno 13 tragova sauropodnih dinosaura (SOLT i sur., 2020).

Na lokalitetu Križna luka (na jugoistočnom dijelu grada Hvara), u krednim vapnencima, istaloženim u dubokom podplimnom okolišu, pronađene su masivne ljuštore rudista *Pseudosabinia klinghardti* BOEHM, 1927 (KORBAR i sur., 2010). Ove naslage su najmlađe pronađene naslage formacije Pučišća na Jadranskoj karbonatnoj platformi.

Osim ostataka beskralježnjaka i kralježnjaka (uključujući i fosilne tragove), naslage izložene na samom otoku ili susjednim otočićima sadrže ostatke kopnene flore. Proučavane palinomorfe iz gornjokrednih naslaga otoka Hvara i Šćedra karakteristične su za umjerenu i toplu klimu te predstavljaju najjužniji nalaz palinomorfne provincije kritosjemenjača Normapolles (FIO FIRI i sur., 2017).

Nedaleko od grada Hvara, u uvali Majerovica, 47 m debeo slijed kredno-paleocenskih naslaga, KORBAR i sur., 2015, istraživali su geokemijski, mikropaleontološki i litološki sastav. Posebna pažnja bila je usmjerena na 5 m debeo sloj

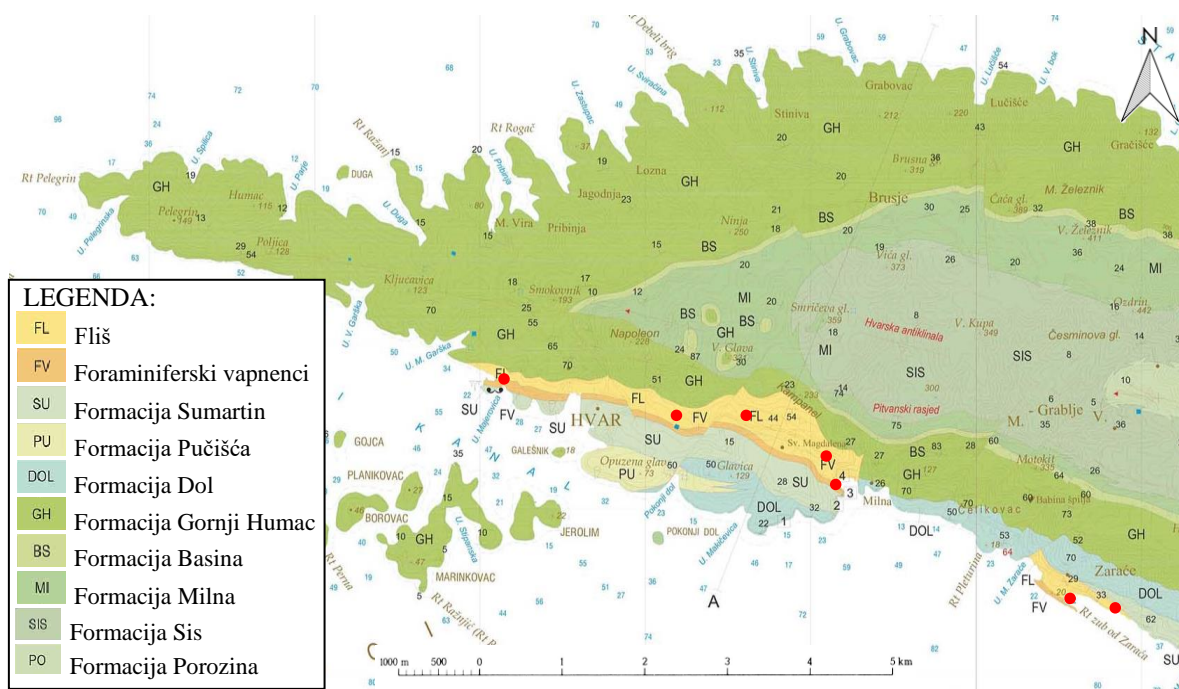
breča (neki klasti imaju gornjokredne planktonske foraminifere) i od 0,3 do 1 m deo sloj mikritnih vapnenaca na njima. U vapnencima su pronađene paleocenske (najstariji dan) planktonske foraminifere. Geokemijski podaci (posebno povećana koncentracija iridija, KORBAR i sur., 2017; KORBAR, 2019; KORBAR i sur., 2023), kao i facijesne osobine, poslužile su autorima kao dokaz da je taj dio sedimentnog slijeda istaložen djelovanjem tsunamija nastalog kao posljedica udara meteora u Meksiku prije 66 milijuna godina.

Paleogenske naslage koje nalazimo samo na jugozapadnom dijelu otoka, nastale u predgorskom bazenu, sastoje se od plitkomorskih Foraminiferskih vapnenaca (bogatih VBF-om), Prijelaznih naslaga u kojima, uz VBF, nalazimo ostatke rakova deseteronožaca roda *Harpactocarcinus* (SCHWEITZER i sur., 2007) te bazenskih, fliških naslaga, u kojima lapori sadrže bogatu zajednicu planktonskih foraminifera gornjoeocenske (priabonske) starosti (TUDOR, 2021; PEJNOVIĆ i ČOSOVIĆ, 2023). Prema određenim vrstama kokolitoforida iz lapora, koji pripadaju fliškoj seriji, fliš je priabonske starosti (MARINČIĆ, 1981; SAXENA i sur. 2022), dok je miocensku starost odredila Puškarić (1987). Lapori iz neposredne okolice grada Hvara sadrže od 66 do 78 % karbonatne komponente, dok oni iz uvale Zračice imaju od 20 do maksimalno 62 % (HORVAT i sur., 2022).

Istraživanja (MONTANARI i sur., 2021) pleistocenskog fenomena, špilje Vodeni rat na otoku Sv. Klement (jednom od Paklenih otoka), koja se nalazi u krednim naslagama, otkrila su meteorsku vodu 24 m ispod razine mora.

Kvartarne naslage (MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, 1976) su aluvijalni (pijesak, silt, crvenica), koluvijalni (sipari na strmim južnim obalama otoka) i eolski sedimenti (na sjevernoj strani otoka).

Cjeloviti prikaz strukturne građe otoka dao je MARINČIĆ (1997). Na temelju svojstava strukturnih deformacija otoka Hvara, determinirao je tri tangencionalne tektonske faze koje je povezao s globalnim tektonskim pokretima - krajem gornje krede (lamarijska), od luteta do oligocena (pirenejska) i od neoena do kvartara (neotektonska). Uz pomoć sačuvanih relikata bora, nastalih od krede do kraja oligocena, s nepromijenjenim strukturnim elementima, zaključio je kako neotektonska orijentacija struktura istok-zapad nije posljedica horizontalne rotacije, već „novog“ boranja starijeg strukturnog sklopa.



Slika 1 Isječak iz Osnovne geološke karte Republike Hrvatske M 1:50 000: list Otok Hvar, mjesta uzorkovanja označena su crvenim točkama (OŠTRIĆ i sur., 2015).

3. Metode istraživanja

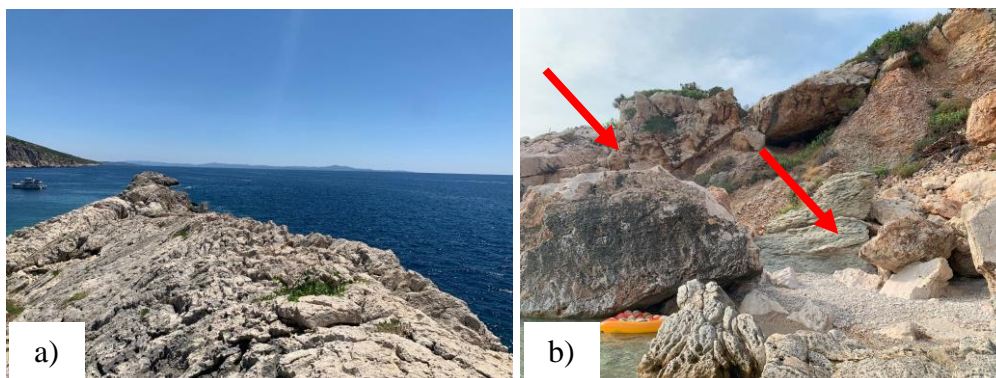
Terenske metode

Na jugozapadnom dijelu otoka Hvara prikupljeno je 17 uzoraka stijena točkastim uzorkovanjem. Točan položaj lokaliteta uzorkovanja prikazan je na slici 2. Uzorci Z1 i Z2 prikupljeni su u uvali Zaraće (slika 3), a uzorci 3, 6, 11 i 12 na potezu između mjesta Milna i grada Hvara. Velike bentičke foraminifere na površinama slojnih ploha stijena su bile vidljive golim okom (slika 4).



Slika 2 Satelitska snimka s označenim mjestima uzorkovanja (Google Earth:

<https://earth.google.com/web/>).

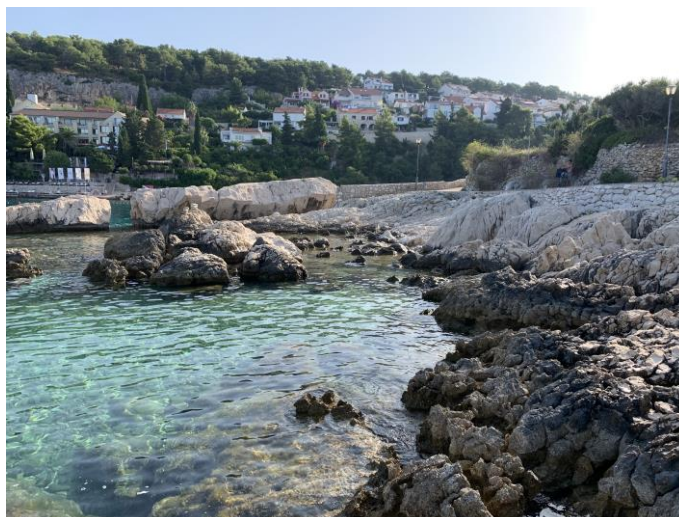


Slika 3 Eocenski izdanci: a) Izdanak vapnenaca u uvali Zaraće, b) Debelouslojeni, okršeni izdanci vapnenaca u uvali Zaraće, mjesta uzorkovanja su označena strelicom (uzorci Z1 i Z2).

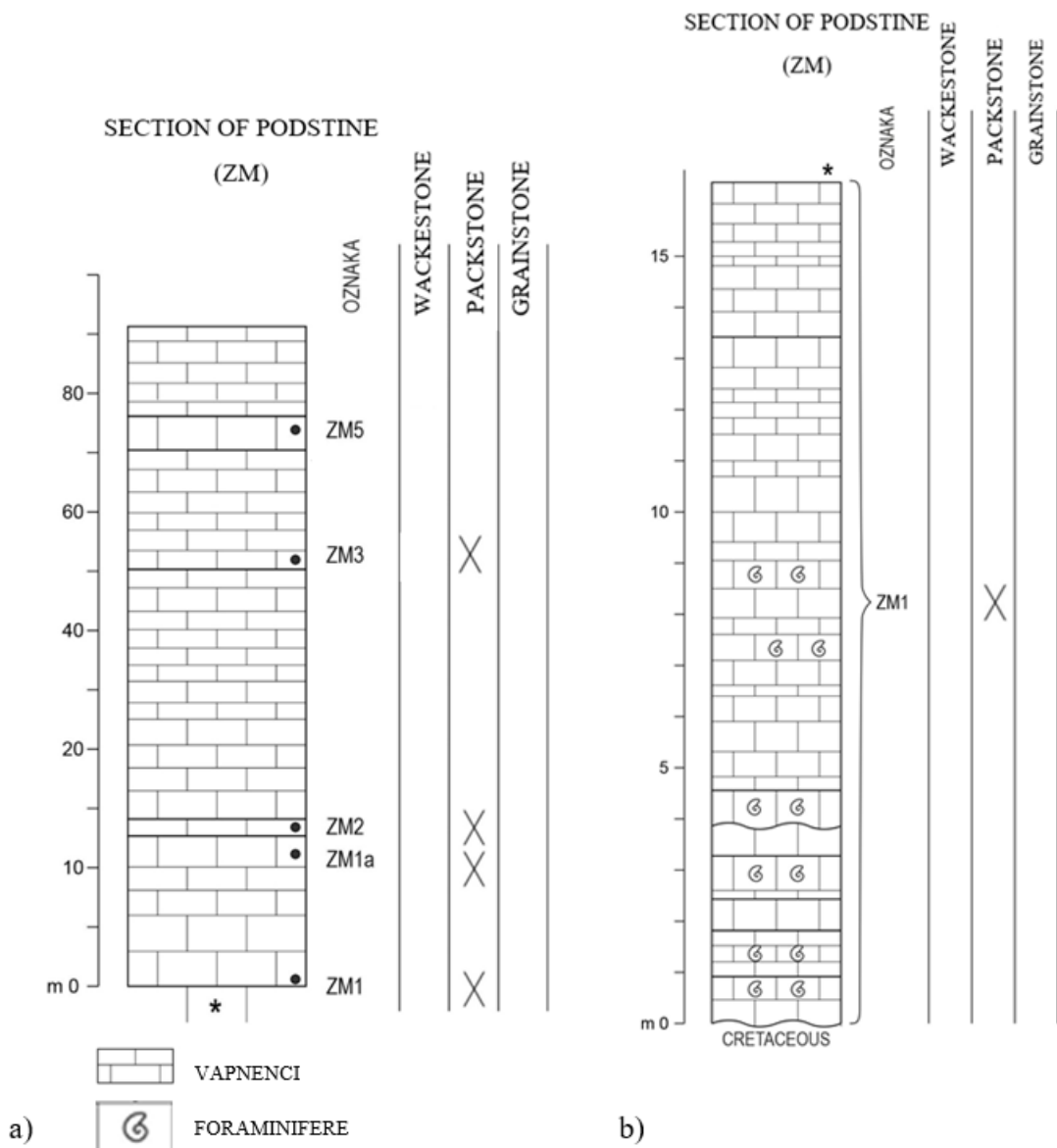


Slika 4 Pogled na površinu slojne plohe vapnenca s brojnim kućicama velikih bentičkih foraminifera (uvala Zaraće, uzorak Z1).

Dio uzoraka sakupljen je prilikom rada na istraživačkom projektu HRZZ, IP-2019-04-5775 BREEMECO. Tom prilikom snimljena su dva geološka stupa, oba u uvali Podstine, oznaka uzorka ZM (slika 5, 6). Točkastim uzorkovanjem prikupljeni su uzorci u mjestu Zavala (oznaka ZAVALA), u uvali Jagodna (uzorci X, Y) te u uvali Zaraće (oznaka ZAR).



Slika 5 Pogled na okršene izdanke vapnenaca prema uvali Podstine.



Slika 6 a) Shematizirani geološki stup naslaga u samoj uvali Podstine (različita debljina vapnenaca ukazuje na promjene u debljini slojeva) i b) od uvale Majerovica prema uvali Podstine (od kredno-paleogenske granice prema mlađim naslagama).

Laboratorijska priprema uzoraka

U laboratoriju Geološko paleontološkog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta iz uzoraka su napravljeni mikroskopski preparati. Uzorci stijena režu se na tanke pločice debljine 1-2 mm, zatim ručno poliraju pomoću korundovog praha finoće 500 i malo vode (slika 7a). Ispolirane pločice se ispiru i suše, lijepe se na predmetna stakalca pomoću smole (slika 7b). Slijedi strojno stanjivanje pločica (slika 7c) te dodatno ručno poliranje abrazivnim prahom do debljine 0,02-0,03 mm. Važno je pločice na predmetnom stakalcu polirati dok pločica ne postane prozirna i na svim dijelovima jednake debljine. Tako pripremljeni mikroskopski preparati spremni su za daljnju analizu.



Slika 7 a) Poliranje pločica pomoću korundovog praha finoće 500 i malo vode; b) Sušenje i lijepljenje pločica na predmetna stakalca; c) Strojno stanjivanje pločica.


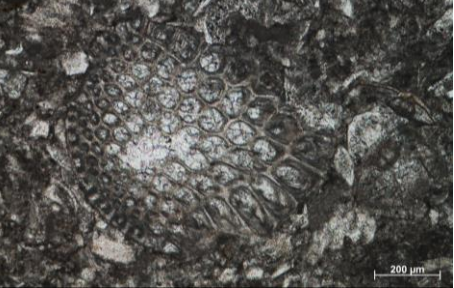

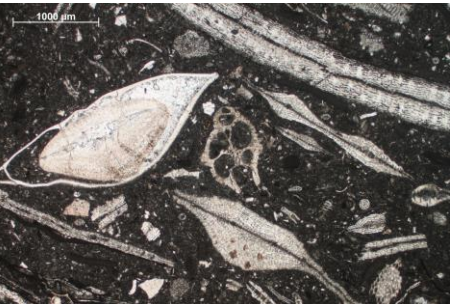
Kabinetske metode


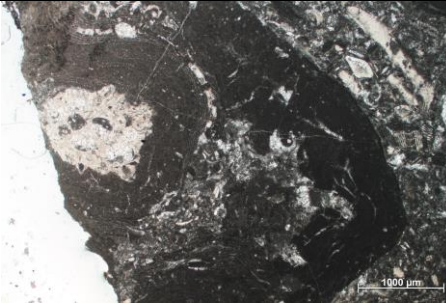
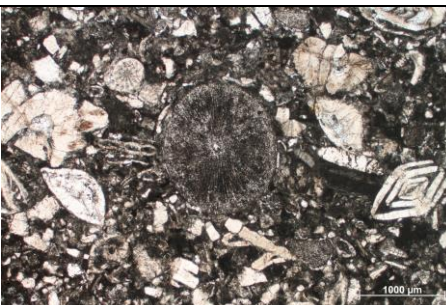
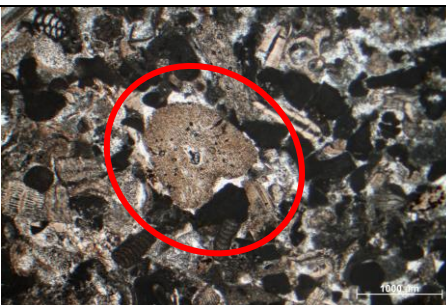

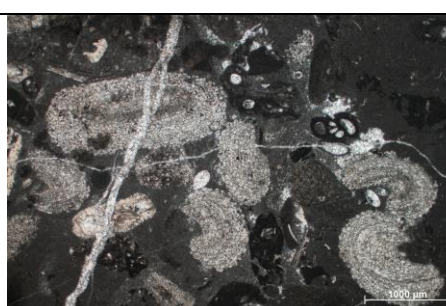
3.1.1. Mikrofacijsna analiza




3.1.1.1. Metoda brojanja („point counting“)

Za kvantitativno opisivanje sastava vapnenaca koristila se metoda „točkastog brojanja“ (FLÜGEL, 2004). Mikropaleontološka metoda *point counting* ili „točkastog brojanja“ je kvantitativna metoda određivanja udjela pojedinih komponenti u građi stijene. U ovom radu koristila se jednostavna tehnika tako da se preko površine mikroskopskog preparata postavila kvadratna mreža (kvadrati su 2 X 2 mm) iscrtana na prozirnici. Zatim je trebalo prepoznati kojim kategorijama alokema pripadaju zrna koja se nalaze u sredini svakog kvadrata. Mikrofosile je bilo potrebno prepoznati na nivou vrste (VBF) ili roda (VBF, male bentičke i planktonske foraminifere, crvene alge), a fragmente makrofosila na nivou skupine (npr. ostaci školjaka, krinoida, bodlje ježinaca, morski crvi, ostrakodi, tablica 1). Prepoznata zrna upisuju se u tablicu i zbraja se koliko koje komponente pojedini preparat sadrži. Nakon *point counting*, sve komponente prepoznate u mikroskopskim preparatima svrstane su u biogenu komponentu, abiogenu komponentu i vezivo.

Tablica 1 Fotomikrografije odabranih ostataka beskralježnjaka pronađenih u preparatima.

Organizam - skupina	FOTOMIKROGRAFIJA	
Mahovnjaci (uzorak ZM1, ZM2, ZM3, ZM3)		
		

<p>Crvene alge (uzorak ZM3, Z1, Z1, ZAVALA)</p>		
<p>Pločice bodljikaša (uzorak 3, 11, Z2, ZM1)</p>		
<p><i>Solenomeris</i> sp. (uzorak Z2, ZAVALA)</p>		

Morski crvi (uzorak ZM1b)	
Crvne alge koje su obrasle oko kalupa rakovice (uzorak Z2)	
Ostrakodi (označeno); crvene alge, <i>Victoriella</i> sp. i <i>Solenomeris</i> sp. (uzorak ZAVALA)	

3.1.1.2. Sedimentološka analiza preparata

Sedimentološka analiza preparata obuhvaća određivanje vapnenaca prema Dunhamovoj (1962), s nadopunama Embrya i Klovana (1972) i Folkovoj (1959, 1962), klasifikaciji (preuzeto iz TUCKER, 2008).

Dunhamova klasifikacija (slika 8) temelji se na strukturnim značajkama vapnenaca. Vapnenci se određuju prema tome imaju li ili nemaju karbonatni mulj, prema odnosu udjela zrna i mulja te znakovima organogenog vezivanja skeleta tijekom rasta organizma. Razlikuju se madston (*mudstone*), vekston (*wackestone*), pekston (*packstone*), grejnston (*grainstone*) i baundston (*boundstone*). Godine 1972. prvotnu klasifikaciju nadopunili su

Embry i Klovana uvođenjem dvaju novih tipova stijena - floutston (*floatstone*) i radston (*rudstone*). Također, podijelili su *boundstone* na *baffelstone*, *bindstone* i *framestone*.

Prvotni sastojci nisu povezani tijekom taloženja				Prvotni sastojci povezani zajedno	Taložna struktura neprepoznatljiva	Prvotni sastojci nisu povezani posredovanjem organizama tijekom taloženja		Prvotni sastojci povezani su posredovanjem organizama tijekom taloženja			
Sadrži vapnenački mulj		Zrnska potpora	Nema mulja i ima zrnску potporu			>10% zrna >2mm	Potpora matiksа	Potpora sastojaka > 2mm	Organizmi hvataju (<i>baffle</i>) sediment	Organizmi inkrustiraju i vežu (<i>bind</i>)	Organizmi grade čvrsti skelet
Potpora mulja											
Manje od 10% zrna	Više od 10% zrna										
<i>Mudstone</i>	<i>Wackestone</i>	<i>Packstone</i>	<i>Grainstone</i>	<i>Boundstone</i>	Kristaliz. karbonat	<i>Floatstone</i>	<i>Rudstone</i>	<i>Bafflestone</i>	<i>Bindstone</i>	<i>Framestone</i>	

Slika 8 Dunhamova klasifikacija s nadopunom Embry i Klovana (preuzeto iz PAVLOVIĆ 2020).

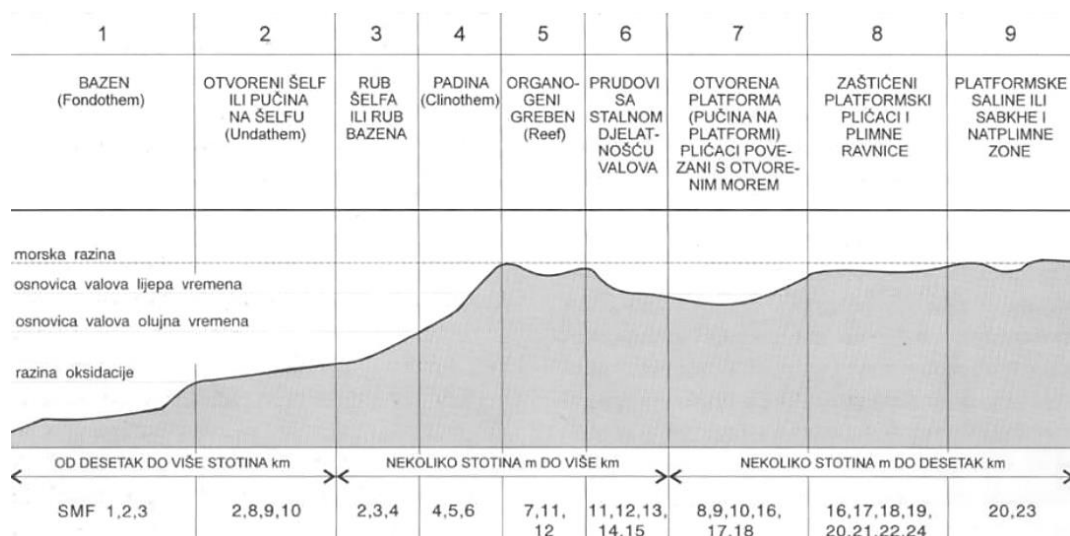
Folkova klasifikacija (1952) (slika 9) bazira se na sastavu i razlikuju se tri vrste sastojaka - zrna (alokemi), matiks (uglavnom mikrit) i cement (uglavnom družni sparit). Zrna se dijele na intraklaste, obavijena zrna (oidi i onkoidi), skeletna zrna te peloide. Vapnenci se imenuju na način da se u prvom dijelu imena nalazi dominantna vrsta čestice u stijeni, a u dugom dijelu imena prevladavajuće vezivo.

Glavna zrna u vapnencu	Tipovi vapnenaca			
	Cementacija sparitom		S mikritnim matiksom	
Skeletna zrna (bioklasti)	Biosparit (<i>Biosparite</i>)		Biomikrit (<i>Biomicrite</i>)	
Ooidi	Oosparit (<i>Oosparite</i>)		Oomikrit (<i>Oomicrite</i>)	
Peloidi	Pelsparit (<i>Pelsparite</i>)		Pelmikrit (<i>Pelmicrite</i>)	
Intraklasti	Intrasparit (<i>Intrasparite</i>)		Intramikrit (<i>Intramicrite</i>)	
Vapnenac nastao <i>in situ</i>	Biolitit (<i>Biolithite</i>)		Fenestralni vapnenac-dismikrit	

Slika 9 Klasifikacija vapnenaca prema Folku (preuzeto iz PAVLOVIĆ, 2020).

3.1.2. Standardni mikrofacijesi i facijesne zone

Mikrofacijes je facijes definiran na osnovi svih paleontoloških i sedimentoloških kriterija koji se mogu dobiti istraživanjem stijena na mikroskopskim preparatima, acetatnim folijama (*peelovima*) i poliranim pločicama (TIŠLJAR, 2001). Na osnovi litoloških značajki, sastava, strukturnih i teksturnih značajki karbonatnih sedimenata te fosilnog sadržaja, izdvojeno je devet facijesnih zona i 24 “standardna mikrofacijesa” (slika 10). Pri izdvajanju facijesnih pojasa nisu primijenjene neke fiksne, apsolutne vrijednosti dubina mora u kojima se nalaze pojedini facijesi, već su se koristili geomorfološki i fizikalni čimbenici, kao što su energija vode, granica oksidacijske zone, osnovica valova za olujna i lijepa vremena, razina plime i oseke i sl. (TIŠLJAR, 2001). Za rekonstrukciju okoliša taloženja koristila se terminologija za karbonatne rampe prema BURCHETTE i WRIGHTU (1992) i POMARU (2001), a za definiranje kategorija fotične zone POMAR i sur. (2017). To znači da granica eufotične i mezofotične zone odgovara najdubljem pojavljivanju „morske vegetacije“ (trava), odnosno masovnom pojavljivanju ortofragmina (HOTTINGER, 1997).



Slika 10 Shematski prikaz rasporeda Wilsonovih karbonatnih facijesnih zona i standardnih mikrofacijesa (TIŠLJAR, 2001).

3.1.2.1. Mikropaleontološka analiza preparata

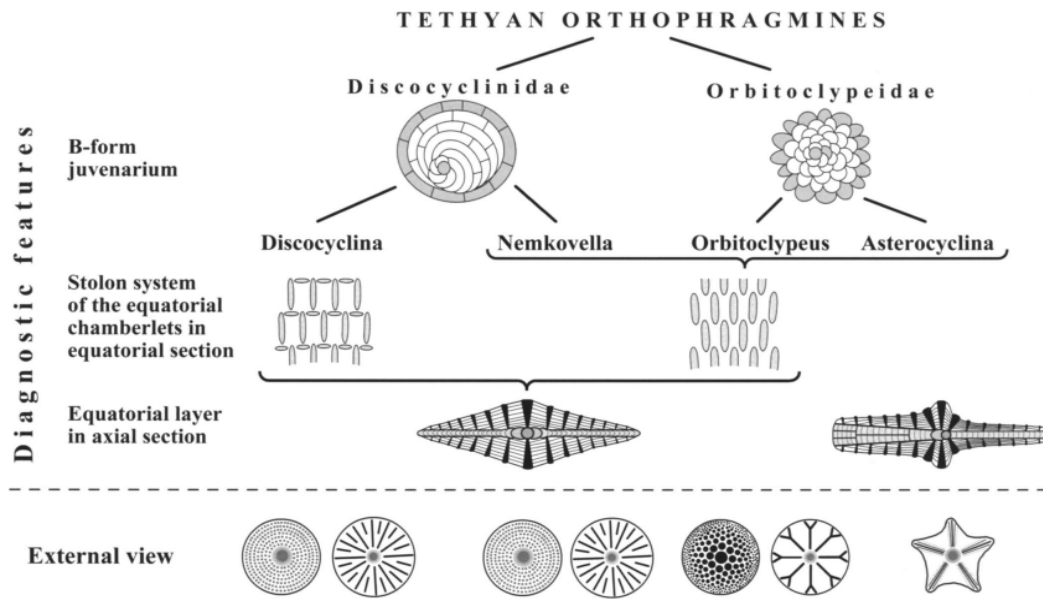
Mikropaleontološka analiza uključuje prepoznavanje ostataka fosila do razine roda, a tamo gdje su presjeci bili pogodni, određene su i vrste. Identificirane ostatke fosila koristimo za određivanje starosti naslaga u kojima se nalaze te interpretaciju uvjeta koji su vladali

tijekom taloženja. Najveća važnost u ovom istraživanju pridodana je foraminiferama, odnosno VBF. Zbog njihove složene unutrašnje građe kućice, određivanje vrsta temelji se na orijentiranim presjecima. Orijentirani presjeci, kod planispiralnih, koncentrično i orbitoidalno građenih foraminifera, prolaze početnom klijetkom i okomiti su ili vodoravni sa smjerom namatanja kućice. Klasifikacijska shema LOEBLICH i TAPPAN (1987) je korištena za VBF.

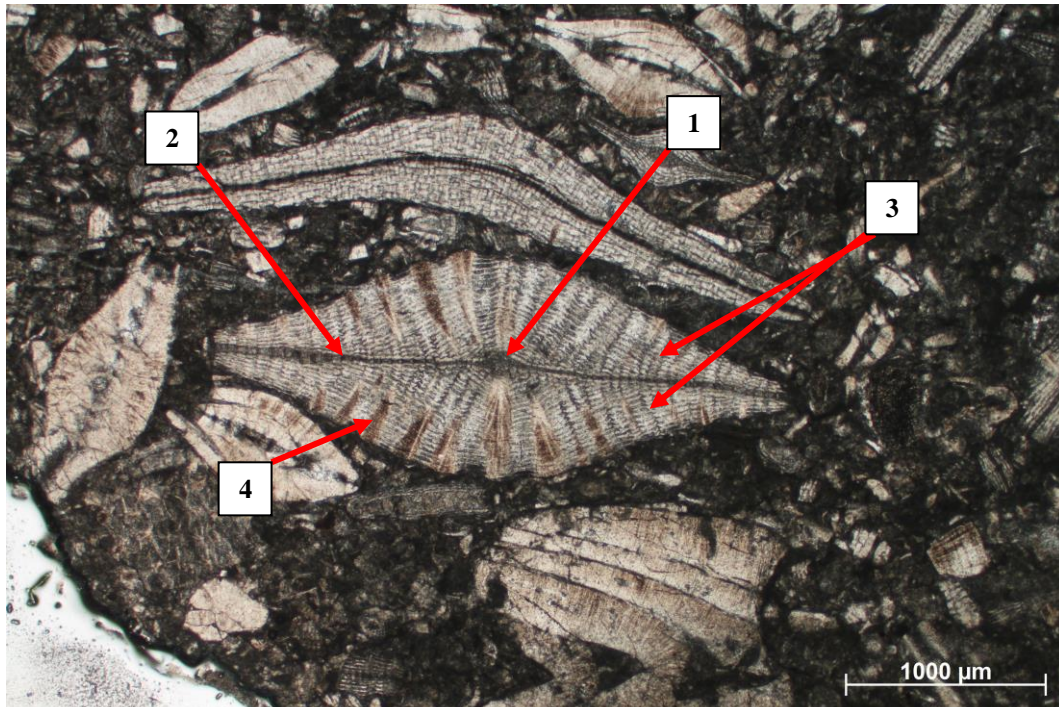
U proučavanim mikroskopskim preparatima najzastupljeniji su predstavnici roda *Nummulites* te ortofragmine (*Discocyclina* i *Asterocyclina*) (slika 11). Određivanje ortofragmina temelji se na prepoznavanju karakterističnih elemenata građe kućice iz ekvatorijalnih presjeka (LESS, 1987; ÖZCAN i sur., 2022). Kriteriji za određivanje vrsta ortofragmina iz osnih presjeka (FERMONT, 1982, slika 12) su:

- a) oblik kućice (plosnata, diskoidalna, lećasta...)
- b) dimenzije pojedinih jedinki (dijametar i debljina)
- c) debljina ekvatorijalnog sloja
- d) oblik i veličina ekvatorijalnih klijetkica
- e) oblik i veličina lateralnih klijetkica
- f) veličina i oblik embrionalnog aparata.

Kako se iz osnih presjeka kućica ne mogu odrediti veličina protokonha i deuterokonha, kao i način kako se te dvije klijetke odnose, brzina prirasta ekvatorijalnih klijetki, prepoznavanje vrsta svodi se na prepoznavanju kategorija koje LESS (1987) definira kao vrste ili razvojne linije vrsta. Broj znanstvenih radova koji opisuju vrste ortofragmina iz osnih presjeka je deseterostruko manji od broja radova u kojima su ekvatorijalni presjeci poslužili pa je, uz nabrojane radove, korištena i monografija NEUMANN (1958) i ÖZCAN i sur. (2022) te određeni taksoni su Lessove (1987) razvojne linije, odnosno morfogrupe (ĆOSOVIĆ i sur., 2004).



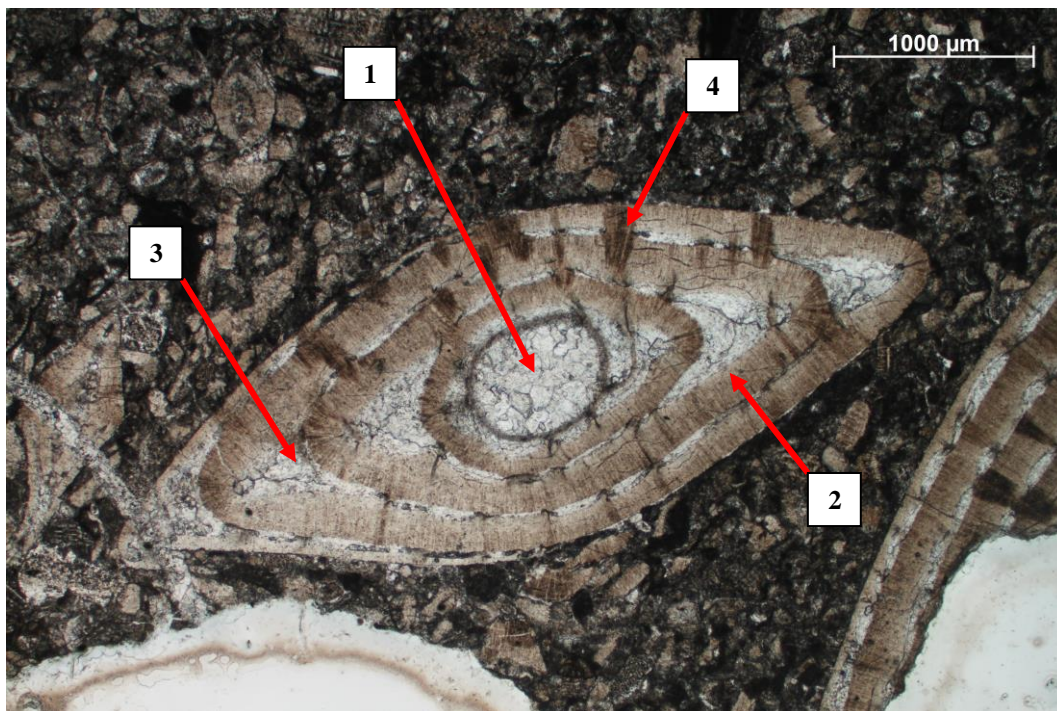
Slika 11 Klasifikacija ortofragmina Tetis oceana; porodice *Discocyclinidae* i *Orbitoclypeidae*, kriteriji za njihovo razlikovanje: raspored stolona ekvatorijalnih klijetki u ekvatorijalnom presjeku, izgled ekvatorijalnog sloja u osnom presjeku te površina kućica pojedinih ortofragmina (ÖZCAN i sur., 2006).



Slika 12 Osni presjek kućice ortofragmina s nekim strukturnim karakteristikama (uzorak ZAR): 1-embriionalni aparat, 2-ekvatorijalni sloj, 3-lateralni sloj s lateralnim klijetkama, 4-stupić.

Predstavnici roda *Nummulites* su česti u istraživanim uzorcima. Kao i kod ortofragmina, vrste se određuju iz ekvatorijalnih presjeka kućica. Veličina početnih klijetki, tip embrionalnog namatanja, brzina namatanja, oblik i veličina postembrionalnih klijetki, položaj i oblik sepata, sve su to obilježja kućica koji su kriteriji za klasifikaciju vrsta (SCHAUB, 1981). U mikroskopskim preparatima dominiraju razni kosi i osni presjeci. Pri određivanju vrsta iz takvih presjeka važno je obratiti pozornost na sljedeće (RACEY 1995; HOTTINGER, 2006, Slika 13) osobine kućice:

- a) veličina (omjer promjera i „debljine“)
- b) oblik kućice (plosnata, plosnata lećasta, lećasta, zaobljena lećasta)
- c) oblik septalnih filamenata suture klijetki u području alarnih produžetaka
- d) raspored i oblik stupića
- e) oblik, veličinu (dužina i visina) i broj zavoja (klijetki)
- f) oblik i broj sepata
- g) izgled „marginalnog korda“ (zadebljali dio kućice koji je nastao nakupljanjem „žljebova“ unutrašnje lamele stijenske kućice) i kanalni sistem (sistem „žljebova“ nastao boranjem unutrašnjeg dijela stijenske), traverkule (imperforatni materijal na popratnoj stijenci smješten na suturama)
- h) veličinu i oblik prolokulusa kod megalosferične generacije
- i) pravilnost/nepravilnost namatanja
- j) alarne produžetke (kod involutnih kućica su to bočni produžeci klijetki nalik na krila, a kod lećastih kućica bočne površine prethodnog zavoja).



Slika 13 Prikaz unutrašnje građe kućice *Nummulites* sp., malo iskošeni osni presjek (uzorak Z2): 1-prolokulus, 2-stijenka i alarno produženje, 3-klijetka, 4-stupić

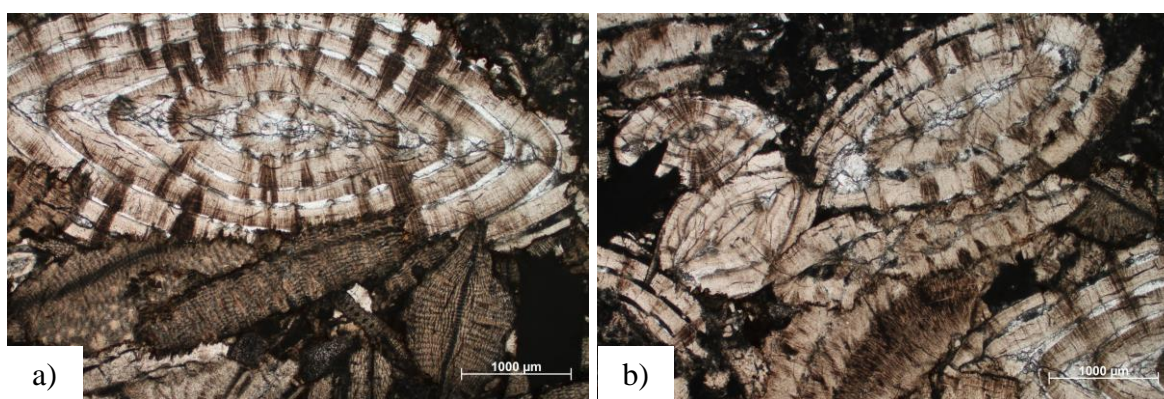
Zbog svoje odlične stratigrafske rezolucije, foraminifere se koriste kao provodni fosili. Preklapanjem stratigrafskih raspona pojavljivanja prisutnih morfovvrsta velikih bentičkih foraminifera u uzorcima, dobiva se određena zona, a time i starost naslaga. Za određivanje starosti korištena je zonacija prema *Shallow benthic zone* shemi (PAPAZZONI i sur., 2017), odnosno prema *Ortophragmina zone* shemi zonama.

Fotografije mikroskopskih preparata načinjene su fotoaparatom spojenim na mikroskop Zeiss Axiolab i obrađene su u programu Axio Vision Rel. 4.8. na Mineraloško-petrografskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.

4. Rezultati

Taksonomija nekih određenih vrsta velikih bentičkih foraminifera

Iz 17 prikupljenih uzoraka, izrađeno je 54 mikroskopskih preparata. U većini mikroskopskih preparata fosilni sadržaj je fragmentiran, a vezivo je kršje fosilnih ostataka (usitnjeni fragmenti). Za određivanje vrsta VBF potrebni su orijentirani presjeci, a među jedinkama u mikroskopskim preparatima, jako je malo bilo takvih presjeka. Dominiraju kosi, tangencijalni presjeci, dok su aksijalni (osni) rijetki, a ekvatorijalnih (medijalnih) presjeka nema. Velikim bentičkim foraminiferama u osnim presjecima nedostaju polovi, njihove su kućice erodirane (kao da je „skinut“ potpuno ili djelomično najmlađi zavoj), često imaju mikritizirane rubove. Početne klijetke ispunjene su sparitom ili mikritom, a kod nekih je uočeno i geopetalno punjenje. U mnogim mikroskopskim preparatima fragmenti VBF-a međusobno se dodiruju i zadiru jedni u druge (kontaktne imbrikacije, slika 14), a tek u nekim je uočena imbrikacija. Kao posljedica svega navedenog, te rijetkih orijentiranih presjeka (samo osni presjeci), određivanje vrsta velikih bentičkih foraminifera bilo je otežano pa je većina velikih bentičkih foraminifera određena na razini roda (tabla 1), a tek neke na nivou morfovvrsta. Morfovvrsta je neformalna taksonomska kategorija koja odgovara u slučaju ortofragmina razvojnim linijama (LESS, 1987; ČOSOVIĆ i sur., 2004), a u slučaju numulita je hibridni naziv proizašao iz relativno manjkavih opisa vrsta (RACEY, 1995).



Slika 14 Fotomikrografije prikazuju kontaktne imbrikacije; a) ortofragmine zadiru u kućicu numulita (uzorak 3), b) kućice *Nummulites* sp. (uzorak 3).

Primjenjujući kriterije (RACEY, 1995; SCHAUB, 1981) za određivanje numulitnih foraminifera, određene su dvije morfovvrste numulita iz osnih presjeka. To su *Nummulites maximus* D'ARCHIAC, 1850 i *Nummulites millecaput* BOUBÉE 1832. Zanimljivo je kako su sve jedinke numulita pronađene u preparatima predstavnici A-generacije (megalosferična, spolna generacija). Takve jedinke imaju veliku početnu klijetku, a veličina jedinke je mala. Korištenjem literature (NEUMAN, 1958; LESS, 1987; ÖZCAN i sur., 2022), određeno je nekoliko morfoloških vrsta: *Discocyclina augustae*, *D. dispansa sella*, *D. radians*, *D. trabayensis*, *Asterocyclina stella* i *Asterocyclina stellata*.

SISTEMATIKA (LOEBLICH i TAPPAN 1987)

Red *Rotaliida*

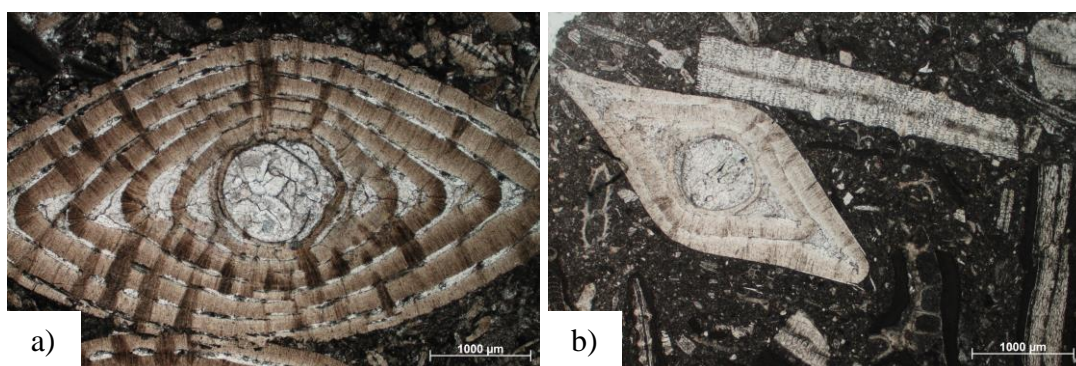
Podred *Nummulitoidea*

Porodica *Nummulitidae*

Rod *Nummulites*

Nummulites maximus D'ARCHIAC, 1850 (osni presjek; slika 15a) ima promjer u rasponu veličina od 5 do 13 mm i širinu od 2,5 do 4 mm. Kućica je lećasta, stisnutih polova, širina zavoja se smanjuje od drugog zavoja prema sljedećima. Duljina početne klijetke ili protokonha je od 1 do 1,7 mm (SCHAUB, 1981).

Nummulites millecaput BOUBÉE 1832 (slika 15b) ima promjer kućice od 4 do 8 mm i debljinu od 2 do 4 mm. Kućica je lećasta s jako stanjenim polovima. Stupići su raspoređeni radijalno, izraženiji su na vanjskom zavoju i više u središnjem dijelu kućice, nego prema polovima. Promjer prolokulusa je od 0,75 do 1,02 mm (SCHAUB, 1981; RACEY, 1995).



Slika 15 Fotomikrografije osnovog presjeka kućice: a) *Nummulites maximus* D'ARCHIAC (uzorak Z₂), b) *Nummulites millecaput* BOUBÉE (A-generacija, uzorak ZM₃).

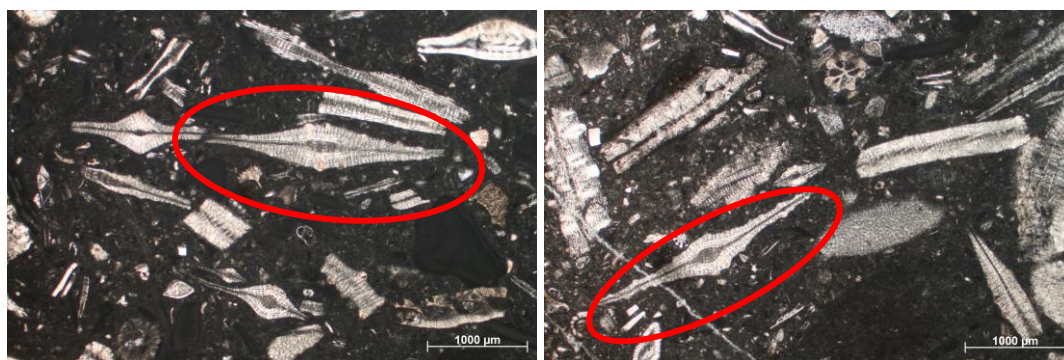
Red Rotaliina

Podred Nummulitoidea

Porodica Discocyclinidae

Rod *Discocyclina*

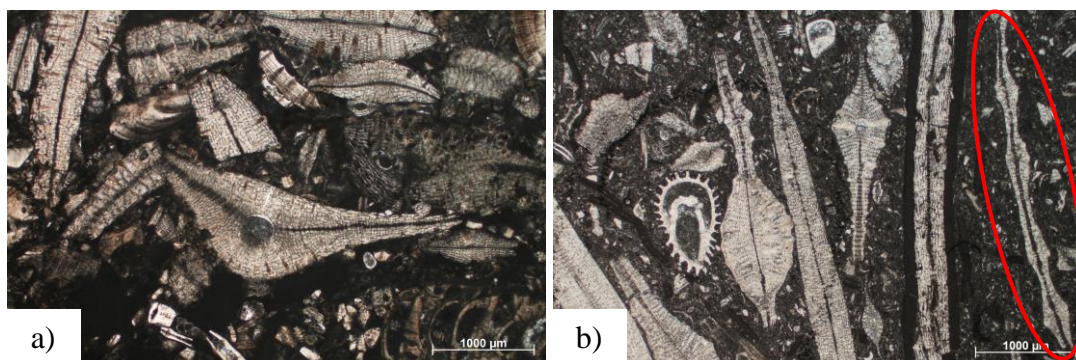
Morfogrupa *Discocyclina augustae* WEIJDEN, 1940 (slika 16) mala je do srednje veličine od 2 do 8 mm, uglavnom spljoštene forme, s izraženim središnjim dijelom („pupak“). Kućica nosi stupiće koji su jednolično raspoređeni. Lateralne klijetkice su male i spljoštene. U osnom presjeku ekvatorijalni sloj, sastavljen od ekvatorijalnih klijetki širi se prema rubovima i doseže visinu od 45 do 55 μm u sredini kućice i od 60 do 70 μm na polovima. Veličina embrionalnog aparata (početna klijetka i deuterokonh) je od 100 do 140 μm (LESS, 1987).



Slika 16 Fotomikrografije mikroskopskih preparata s osnim presjecima ortofragmina prepoznatih kao predstavnici morfogrupe *Discocyclina augustae* WEIJDEN (uzorak ZM2a).

Morfogrupa *Discocyclina dispansa* var. *sella* D'ARCHIAC, 1850 (slika 17a) ima kućicu srednje veličine, duljina kućice kreće se od 5 do 12 mm, te je savijena nalik na sedlo. (LESS, 1987).

Discocyclina radians D'ARCHIAC, 1850 (slika 17b) nosi karakteristična „rebra“ koja u osnom ili kosom-osnom presjeku daju specifičan „valovit“ izgled. Prema opisima (LESS, 1987; ÖZCAN, 2022), to je srednja do velika jedinka duljine kućice od 4 do 15 mm. U osnim presjecima visina embrionalnog aparata je 200 μm , a širina ekvatorijalnog sloja se povećava prema rubovima kućice (LESS, 1987).



Slika 17 Fotomikrografije mikroskopskog preparata s gotovo osnim presjekom: a) morfovrste *Discocyclina dispansa sella* D'ARCHIAC (uzorak 12), b) brojni kosi presjeci ortofragmina s označenom kućicom morfogrupe *Discocyclina radians* D'ARCHIAC (uzorak ZM3).

Rod *Nemkovella*

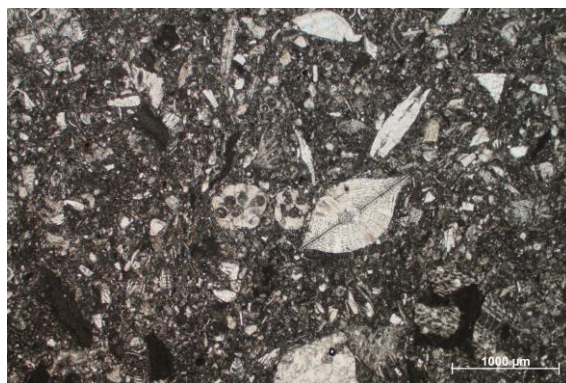
Kućica roda *Nemkovella* (slika 18) je promjera od 1,5 do 5 mm. Forme su plosnate. U osnim presjecima početna klijetka ima visinu od 100 do 120 µm. Ekvatorijalni sloj se prema rubovima širi pa je tako, uz početnu klijetku, širok 40 µm, a uz rubove 80 µm (LESS, 1987).

Podred *Nummulitoidea*

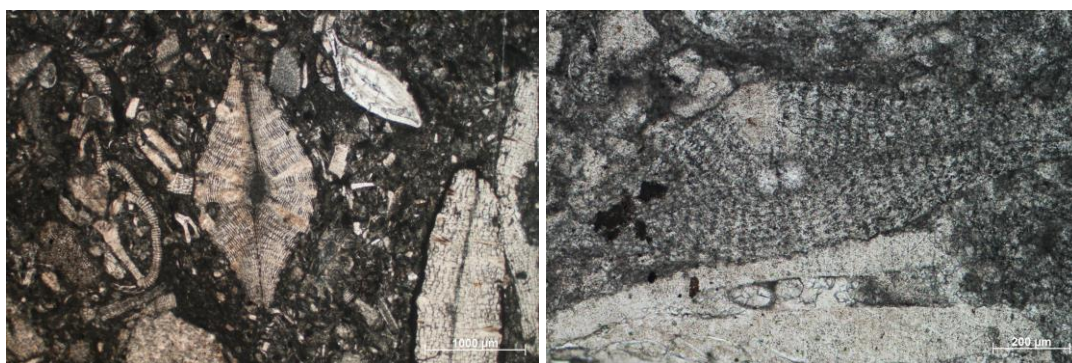
Porodica *Orbitoclypeidae*

Rod *Asterocyclina*

Morfogrupa *Asterocyclina stella* GÜMBEL, 1861 i *Asterocyclina stellata* D'ARCHIAC, 1846 (slika 19) imaju kućice malih dimenzija, promjera od 1 do 5 mm, zvjezdastog oblika s 5 ili rijetko 6 zraka. U osnim presjecima početna klijetka je visoka od 80 do 200 µm. Kako su morfogrupe u osnim presjecima jako slične, a razlikovanje je moguće samo pomoću ekvatorijalnog presjeka, pri određivanju je prihvaćen dvojni naziv (LESS, 1987).



Slika 18 Fotomikrografija mikroskopskog preparata s osnim presjekom kućice *Nemkovella* sp. (uzorak ZM2).



Slika 19 Fotomikrografije mikroskopskih preparata s osnim presjecima kućica koje odgovaraju morfogrubi *Asterocyclina stella* GÜMBEL *stellata* D'ARCHIAC (uzorak ZAR, Z1).

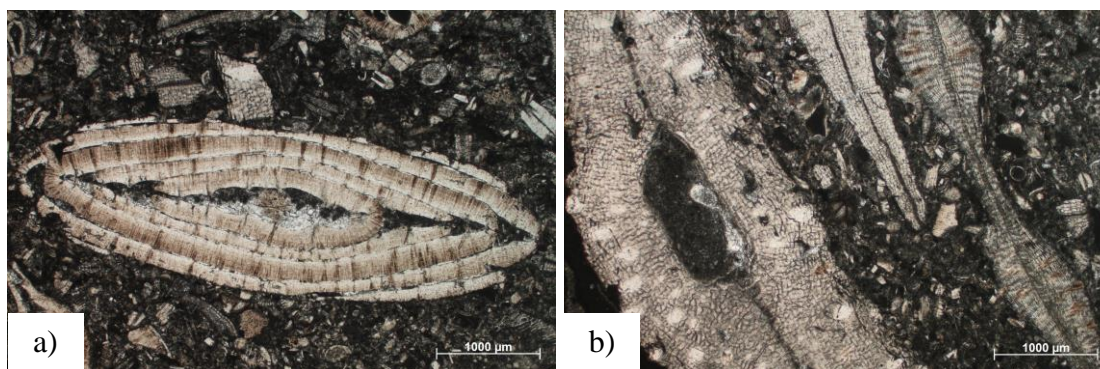
Mikrofacijesi

Mikrofacijes je facijes koji se određuje na temelju paleontoloških i sedimentoloških kriterija, a koje možemo prepoznati u mikroskopskim preparatima. Pri tome jedan važan dio je zastupljenost pojedine komponente (TIŠLJAR, 2001). Ona se može procijeniti, a u ovom radu je primijenjena metoda *point countinga*. Tako su mikropaleontološkom metodom *point countinga* dobiveni podaci o zastupljenosti pojedinih komponenata (prilog 1 i 2). Udjeli biogene komponente, abiogene komponente i veziva prikazani su u prilogu 3. U gotovo svim preparatima dominantna skupina organizama su foraminifere, najčešće velike bentičke foraminifere, koje grade od 17,8 do 100 % biogene komponente u preparatima. Uz njih pronađeni su i ostaci mahovnjaka, crvenih algi, bodlji bodljikaša, *Solenomeris*, morskih crva, rakovica, koralja, karapaksa ostrakoda i spužva (tablica 1).

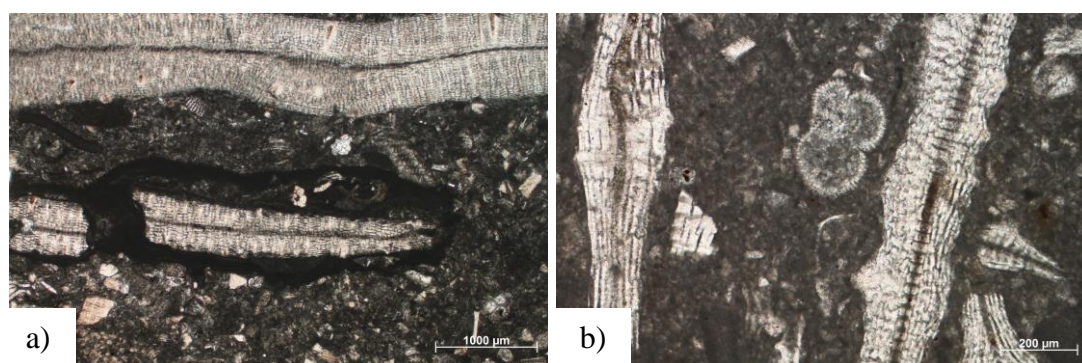
Pet mikrofacijesa je izdvojeno i opisano na temelju sastava i zastupljenosti pojedinih ostataka ili cijelih organizama i sedimentoloških karakteristika.

4.1.1. Mikrofacijes „Diskociklinsko-numulitni packstone“

Ovom mikrofacijesu pripadaju uzorci ZM1, ZM1a, ZM2, ZM2a, ZM3, 3, 12, Z₁, Z₂ i ZAR (slika 24). Prema Folkovoj klasifikaciji (1959), uzorci su biomikrit (vezivo je mikrit i usitnjeno kršje). Karakteristika ovog mikrofacijesa su ostaci velikih bentičkih foraminifera, kućice rodova *Discocyclina* i *Nummulites* su najbrojnije i grade od 57,5 do 95,5 % biogene komponente. Kućice rodova *Asterocyclina*, *Operculina*, *Sphaerogypsina*, *Asterigerina*, *Assilina*, *Victoriella* (tabla 2: slika 5, 6) manje su brojne u proučavanim preparatima. Kućice roda *Discocyclina* su izdužene, a neke savijene u obliku sedla, dok su kućice roda *Nummulites* lećastog oblika sa stanjenim polovima. Kućice VBF-a su većinom fragmentirane, rubovi su oštećeni ili ih nema i vanjska stijenka je mikritizirana ili je „oljuštena“ (slika 20a), polovi nedostaju. Kućice se međusobno dodiruju (kontaktna imbrikacija) ili čak zadiru jedne u druge (slika 14), a u nekim slučajevima postoji imbrikacija (paralelno pružanje, slika 17b). Geopetalno ispunjenje lumenih klijetki VBF-a (slika 20a) primijećeno je kod nekih VBF-a, ali i drugih fragmenata koji imaju „šupljine“ zaostale nakon što su meka tkiva nestala. Kućice VBF-a su bioerodirane (tragovi ubušavanja zahvaćaju, kako vanjske dijelove kućice tako i središnji, embrionalni dio; slika 20b). Neki fragmenati velikih bentičkih foraminifera su obavijeni tankom korom od crvenih algi (slika 21a). Najčešći rodovi crvenih algi prepoznati u preparatima su *Lithophyllum* sp. i obraštajući fragmenti *Lithothamnium* sp., koji pripadaju skupini koralinaceja. Koralinske alge su kore (jednoslojne do višeslojne, slika 21a), rjeđe su nađeni rodoliti ili izolirani fragmenti člankovitih formi. Od foraminifera, pronađeni su i rodovi foraminifera *Lenticulina* sp., *Rotalia* sp. (tabla 2: slika 7) i *Daviesina* sp. Osim navedenih fosilnih ostataka, pronađeni su i ostaci ježinaca (do 5,4 % biogene komponente), *Solenomerisa* (do 6,5 %), mahovnjaka (do 15,6 %), koralja (do 5,4 %), rakovica (do 4,8 %), morskih crva (do 2,4 %) te su u preparatima Y, ZM2a i ZM5 pronađene planktonske foraminifere (*Subbotina* sp., *Globigerinatheka* sp., slika 21b).



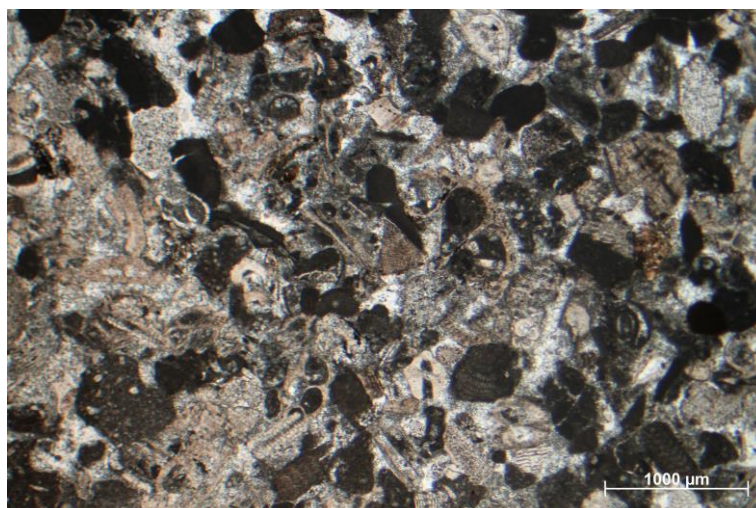
Slika 20 a) Kosi presjek kroz kućicu *Nummulites* sp. pokazuje "oljušteni" najmlađi zavoj ("abradirana stijenka" koja je potom mikritizirana (uzorak ZAR) te geopetalno ispunjenje lumenih klijetki), b) Osni presjek kućice ortofragmina otkriva bioeroziju embrionalnog aparata, geopetalno ispunjavanje zaostalih šupljina i algalno obraštanje mikritizirane stijenske nejednako na suprotnim površinama kućice (uzorak ZAR).



Slika 21 a) Obraštanje oko fragmenata ortofragmine koje je vjerojatno pojačano biološkim uništavanjem (uzorak ZAR), b) Planktonska foraminifera i kosi presjeci ortofragmina (uzorak ZM2a).

4.1.2. Mikrofacijes „Koralinacejski *grainstone*“

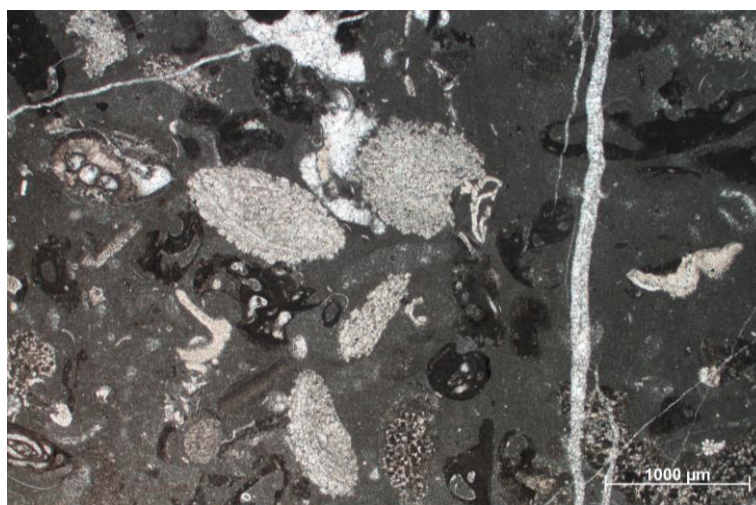
Koralinacejskom *grainstoneu* odgovara uzorak 11 (slika 22). Tekstura mikrofacijesa odgovara *grainstonu* pa prema Folkovoj klasifikaciji (1959) ovaj mikrofacijes se povezuje s vapnencima sa sparitnim vezivom. Uočeno je kako su zrna podjednake veličine (dobra sortiranost). Najzastupljeniji su ostaci (dijelovi članaka) crvenih algi roda *Lithophyllum* sp. (do 41,3 % biogene komponente) i njihov detritus. Foraminifere, manje brojne i to rodovima *Discocyclina* sp., *Rotalia* sp., *Lenticulina* sp., *Nummulites* sp., *Victoriella* sp. i miliolide. Biogenu komponentu još tvore fragmenti bodljikaša (do 6,7 % svih biogenih zrna) i mahovnjaka (do 13 %) te morskih crva, spužvi, koralja i školjkaša.



Slika 22 Mikrofacijes koralinacejski kalkarenitni *grainstone* (fragmenti koralinskih algi, VBF, uzorak 11).

4.1.3. Mikrofacijes „*Solenomeris packstone*“

Ovaj mikrofacijes je određen samo u uzorku (slika 23) prikupljenom u uvali Zavala. Prema Folkovoj klasifikaciji (1959), ova stijena je određena kao biomikrit. Fragmenti *Solenomeris* koji su ovalnog, polukružnog ili nepravilnog oblika dominiraju (do 42,2 % biogene komponente). Drugi bioklasti su obraštajuće foraminifere i kućice roda *Victoriella* sp., fragmenti mahovnjaka, bodljikaša, karapaksi ostrakoda te crvene alge rodova *Lithophyllum* sp. i *Lithothamnium* sp.

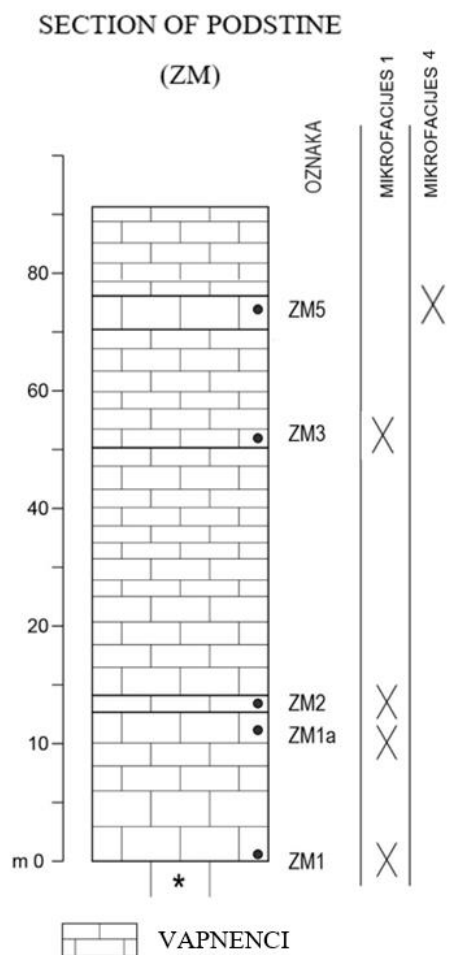


Slika 23 Fotomikrografija preparata određenog kao *Solenomeris packstone* (uzorak ZAVALA) s raštrkanim fragmentima *Solenomeris* sp. i koralinskih algi.

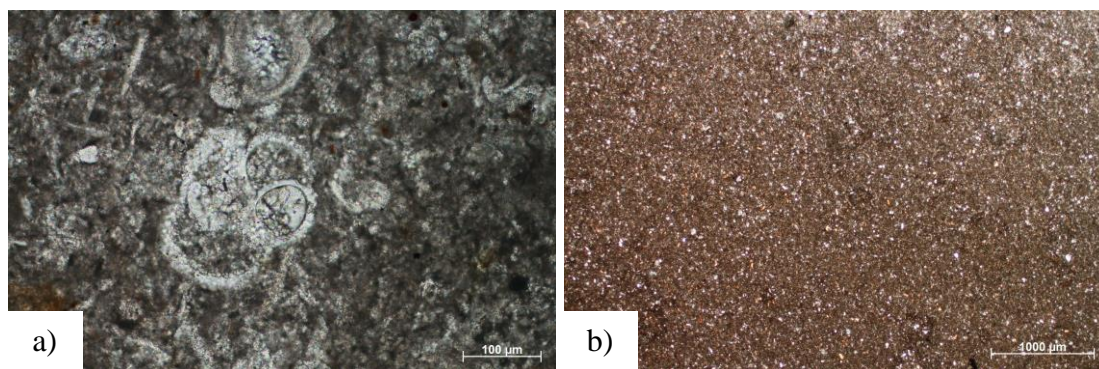
4.1.4. Mikrofacijes „Klastični vapnenci s foraminiferama“

Uzorak ZM1B i ZM5 (slika 24) iz uvale Podstine te uzorci iz uvale Jagodna (X i Y) su klastični vapnenci, klasificirani kao kalkareniti i kalcilutiti. Kalkareniti sadrže veličine zrna od 63 μm do 2 mm, dok su zrna kod kalcilutita manja od 63 μm .

- U uzorku ZM1B iz uvale Podstine dominiraju fragmenti VBF rodova *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp. i *Asterocyclina* sp., a u uzorku ZM5 su pronađene planktonske foraminifere roda *Globigerinatheka* sp. (slika 25a). Biogenu komponentu tvore i fragmenti malih bentičkih foraminifera, crvenih algi, morskih crva, bodljikaša i mahovnjaka.
- U uzorku Y (slika 25b) iz uvale Jagodna, od biogene komponente su pronađene samo rijetke planktonske foraminifere (do 5 %).



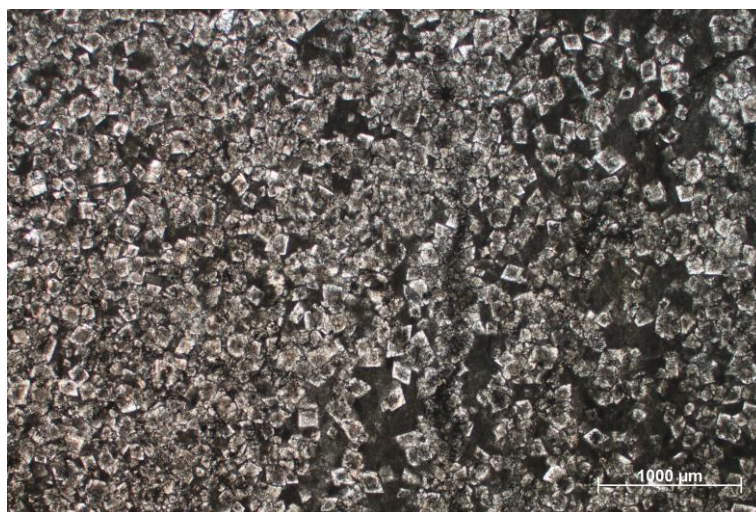
Slika 24 Shematizirani geološki stup naslaga u uvali Podstine s naznačenim određenim mikrofacijesima.



Slika 25 a) Fotomikrografija planktonske foraminifere roda *Globigerinatheka* sp. (uzorak ZM5), b) Mikrofacijes kalcilutit (uzorak Y).

4.1.5. Dolomitizirani vapnenac

Uzorak 6 prikupljen na potezu između Milne i Hvara određen je kao dolomitizirani vapnenac, odnosno ranodijagenetski dolomit (slika 26). Mjestimično između romboedara dolomita se vidi mikritni matriks.



Slika 26 Fotomikrografija dolomitiziranog vapnenca na kojoj se vide kristali dolomita (uzorak 6).

Obraštajuća foraminifera *Solenomeris* sp.

U velikom broju proučavanih preparata pronađeni su fragmenti roda *Solenomeris* (tabla 2: slika 8). Još uvijek postoje dileme oko toga što su to veliki, višeslojni, obraštajući ostaci, crvene alge, hidrozoi ili obraštajuće foraminifere. Presjeci imaju veliku sličnost s

ortofragminama (slika 27). U novijim radovima, osobito nakon objavljivanja rada BASSI (2003), sve rjeđe se povezuje s crvenim algama, za većinu su to foraminifere.

Iz drugih istraživanja (BRANDANO i TOMASSETTI, 2022) poznato je kako se vrhunac *Solenomerisa* često podudara s krizom organizama koji su biokonstruktori, u periodima koje karakterizira značajno pogoršanje uvjeta u okolišu. Prvi maksimum rasprostiranja *Solenomerisa* zabilježen je odmah nakon granice kreda-paleogen, tijekom starijeg dana. Širenje *Solenomerisa* povezano je s nepovoljnim uvjetima za koralinacejske alge zbog zamućenja vode koje je nastalo preradom morskog dna povezanom s transgresivnom fazom i povećanim donosom nutrijenata. Tijekom dana, prije 65,2 milijuna godina, temperatura površinske vode oceana porasla je za 4°C. Ovo povećanje temperature pogodovalo je razvoju oportunističkih vrsta, no već u mlađem danu *Solenomeris* postaje manje brojna zbog oporavka glavnih kompetitora, koralinacejskih algi. Još jedan vrhunac distribucije *Solenomerisa* zabilježen je u starijem ipru prije 55 milijuna godina kada se Zemlja suočila s paleocensko eocenskim termalnim maksimumom (PETM).

Tijekom starijeg bartona, kratak događaj zagrijavanja (MECO) prekinuo je trend hlađenja koji je započeo nakon klimatskog starije eocenskog optimuma (EECO). MECO je trajao 500 tisuća godina i u tom razdoblju površina mora i duboke oceanske vode zagrijale su se za nekih 4°C do 6°C. Pojava *Solenomeris* naslaga indikativna je za ovu snažnu promjenu uvjeta u okolišu tijekom starijeg eocena (BRANDANO i TOMASSETTI, 2022).

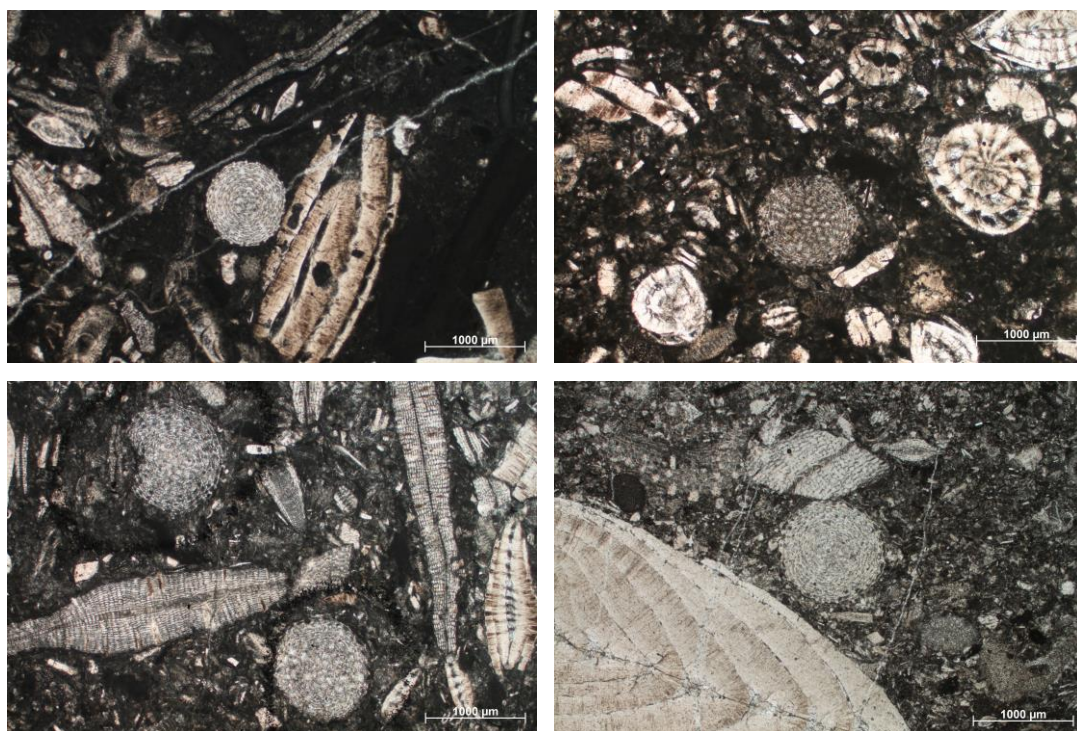


Slika 27 Fotomikrografija mikroskopskog preparata uzorka Z2 s presjecima *Solenomeris ogormani* DOUVILLÉ (sa sačuvanom početnom klijetkom) i ekvatorijalni presjek kućice *Sphaerogypsina globula* (REUSS).

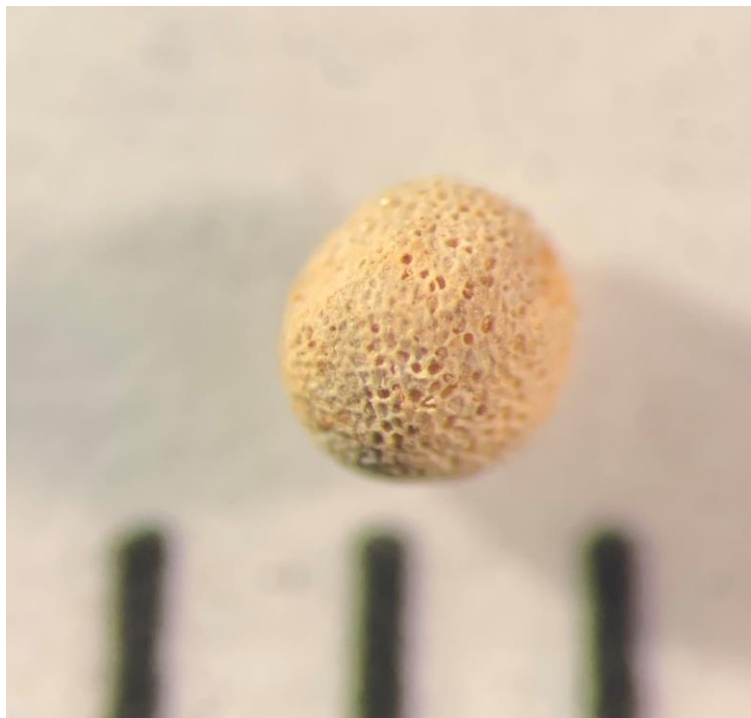
Rod *Sphaerogypsina* sp.

Zanimljivi su višestruki nalazi jedinki roda male bentičke foraminifere *Sphaerogypsina* sp. (slika 28) u opisanim naslagama. Ovaj rod ima karakterističnu kućicu koja je složeno građena. Kućica je najčešće kuglica (slika 29), a može biti i polukugla, površina je prekrivena grubim, heksagonalnim porama. Klijetke se nižu radijalno (posložene u „stupićima“, alternirajući oko embrionalnog aparata, tako da su mlađe klijetke znatno veće od starijih). Specifičnost ovog roda je postojanje dvaju tipova otvora za komunikaciju među klijetkama na lateralnim stijenkama klijetki: ušće i stolone.

Ovu foraminiferu prvi put je opisao Reuss 1848. godine i to kao mahovnjak (rod *Cerriopora*) zbog njenog kružnog „čipkastog“ izgleda (kasnije će biti preimenovana u *Gypsina* i onda u *Sphaerogypsina*). Holotip *Sphaerogypsine globula* (REUSS, 1848) nalazi se u Prirodoslovnom muzeju u Beču (slika 29).



Slika 28 Fotomikrografije mikroskopskih preparata s ekvatorijalnim i kosim presjecima kućica *Sphaerogypsina globula* (REUSS) (uzorak ZM2a, 3, ZAR, ZM1B).



Slika 29 Holotip *Sphaerogypsina globula* REUSS, 1848 (udaljenost između crnih linija je 1 mm), koji se čuva u Prirodoslovnom muzeju u Beču.

5. Rasprava

Starost naslaga

Starost istraživanih naslaga određena je na temelju preklapanja stratigrafskih raspona pojavljivanja određenih morfovvrsta velikih bentičkih foraminifera. Ortofragmine i numuliti dominiraju zajednicom VBF-a. Ovakva zajednica sugerira srednjeocensku starost naslaga. Određena je pripadnost prema *Shallow benthic zone* shemi (PAPAZZONI i sur., 2017) zonama SBZ13 do SBZ19, odnosno prema *Orthophragmina zone* shemi zonama OZ9 do OZ14 (ÖZCAN i sur., 2022), što kronostratigrafski odgovara razdoblju od mlađeg dijela starijeg luteta do starijeg priabona (tablica 2). Za određivanje starosti ključna vrsta bila je *Discocyclina dispansa* var. *sella* D'ARCHIAC.

Tablica 2 Određene morfovvrste ortofragmina sa stratigrafskim rasponima i biostratigrafskim zonacijama (SBZ i OZ, prema ÖZCAN i sur., 2022).

EPOHA	EOCEN															
	IPRES						LUTET				BARTON		PRIABON			
SBZ	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
OZ	3	4	5	6	7	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	16	
<i>Discocyclina augustae</i>																
<i>Discocyclina dispansa</i> var. <i>sella</i>																
<i>Discocyclina radians</i>																
<i>Asterocyclina stella</i>																
<i>Asterocyclina stellata</i>																

Paleoekološka interpretacija

Istraživani uzorci su iste starosti, obilježava ih sličan sastav skeletnih ostataka, pojavljivanje istih vrsta (prilog 1 i 2). To nameće razmišljanje, kako su naslage nastale u sličnim/istim okolišnim uvjetima. Postoje razlike u teksturnim osobinama vapnenaca, ali i stupnju dijagenetskih promjena (mikrofacijes dolomitiziranih vapnenaca, vapnenci sa sparitnim vezivom). Najvažniji graditelji naslaga su VBF (njihova zastupljenost varira od 0

% do 84 % svih zrna u uzorku): ortofragmine (*Discocyclus* sp., *Asterocyclus* sp., *Nemkovella* sp., *Orbitoclypeus* sp.), predstavnici numulitida (*Nummulites* sp., *Operculina* sp.) i u nešto manjoj mjeri predstavnici bentičkih rotalija (s.str., ali i *Sphaerogypsina* sp., *Victoriella* sp.).

Fosilni numuliti i diskocikline imaju endosimbiotske nanoalge zbog čega su oni rašireni u oligotrofičnim, tropskim plitkomorskim okolišima. Njihova je distribucija uvjetovana količinom sunčeve energije. Osim što trebaju energiju za fotosintezu, foraminifere moraju endosimbionte zaštititi od većeg intenziteta ultra-ljubičastih zraka koje izazivaju oštećenja. Numuliti će tako napraviti debelu stijenu ili će se nastaniti u dubljem dijelu šelfa. S druge strane, diskocikline imaju tanke stijene pa samim time sugeriraju dublji dio šelfa za svoj okoliš.

5.1.1. Mikrofacijes „Diskociklinsko-numulitni packstone“

Zajednicu VBF karakterizira velika zastupljenost A (megalosferične) generacije jedinki te tek neznatni broj jedinki s plosnom kućicom. Robusne kućice numulita i dominantno lećaste ortofragmine karakteristične su za dijelove karbonatnih okoliša dubina ispod valne baze za lijepa vremena, za područja srednjeg dijela karbonatne platforme (ĆOSOVIĆ i sur. 2004; GEEL, 2000). To su ujedno i eufotični do mezofotični okoliši koji podupiru brojnost ovih skupina VBF-a (POMAR i HALLOCK, 2008). Većinom su njihove kućice fragmentirane (nedostaju polovi) i lišene najmlađeg zavoja („abradirane“). Uz to, najčešće su kućice u međusobnom kontaktu (slika 14), a tek ponegdje uočena je paralelna orijentacija (slika 17b). Nabrojane osobine kućica, kao i geopetalno ispunjeni lumeni klijetki (slika 20a), ukazuju na *post-mortem* transport, premještanje kućica nakon uginuća mehanizmima gravitacijskog toka ili valovima izazvanim olujama. Nakon uginuća jedinke, zaostala kućica je drugačijih hidrodinamičkih osobina, što može olakšati njeno premještanje. Kombinacija mikritnog matriksa i obilje kućica *Nummulites* i *Discocyclus* te relativno visok stupanj fragmentiranosti foraminifera ukazuje na, tzv. teksturnu inverziju (FOLK, 1962) koju možemo objasniti s okolišem niske energije koji je povremeno bio izložen olujama. Te su oluje bile dovoljno jake da fragmentiraju ostatke, ali nisu dovoljno dugo trajale da bi isprale mikritnu podlogu. Kućice su često mikritiziranih rubova. Mikritizacija je posljedica ubušavanja cijanobakterija i karakteristična je za topla mora i fotičku zonu. Mnogi fragmenti VBF-a su obavijeni jednim ili s više „slojeva“ (uključujući i različite rodove) crvenih algi (većinom koralinskim algama). Debljina „kore“ je različita na površinama kućica (slika 20b), što nam potvrđuje interpretaciju o premještanju kućica,

zadržavanju na jednom mjestu i onda ponovnom premještanju (npr. mehanizmima povezanim s olujama). Udio crvenih algi u mikrofacijesu varira do 9,7 % (uzorak ZM1).

VBF su karakteristične za tropska i suptropska mora (prosječna temperatura morske vode iznad 18⁰C; LANGER i HOTTINGER, 2000; GEEL, 2000; BEAUVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004) i to je skladu s temperaturom tijekom kasnog gornjeg eocena u području gdje je bio Dinarski predgorski bazen (ZACHOS i sur., 2001). Dominacija kućica VBF (Nummulites i ortofragmina) svjedoči o oligotrofičnim i mezofotičnim uvjetima na srednjem dijelu rampe.

5.1.2. Mikrofacijes „Koralinacejski *grainstone*“

Crvene alge su prisutne u gotovo svim uzorcima. Pojavljuju se kao fragmenti korastih formi koje obraštaju oko kućica foraminifera, a rjeđe kao rodoliti (biogena agregatna zrna koja su u smislu vrsta koje grade, monospecifična i nemaju mikroskopski prepoznatljivu jezgru) ili kao ovoji oko kućica foraminifera ili fragmenti člankovitih formi (slika 21a). U recentnim tropskim i suptropskim morima ove su alge raširene (NEBELSICK i sur., 2005), a nalaze se na dubinama od 20 m pa dublje, ovisno o prozirnosti, energiji okoliša i brzini nakupljanja sedimenta (BASSI i sur., 2012). Zajednica algi svjedoči o postojanju odgovarajuće podloge oko koje alge obraštaju, veći donos nutrijenata i relativno nisku „zamućenost“ morske vode (RASSER i PILLER, 2004). Poznato je kako su VBF netolerantne na veću količinu nutrijenata. Njihova prisutnost u okolišu, s obzirom na to da se kućice međusobno dodiruju, fragmentirane su i obraštaju ih crvene alge, pokazatelj je *post-mortem* transporta kućica.

Sastav zajednice (prisutnost VBF-a, miliolida, rotalija s.str, koralinskih algi), kao i sedimentološke osobine (fragmenti, sortiranost, zrnata podloga) mikrofacijesa Koralinacejski *grainstone* ukazuje na hidrodinamički aktivan okoliš koji je bio izložen djelovanju struja/oluja kao i na krupnozrnatu pokretljivu podlogu u plitkomorskom okruženju. Koralinske alge zajedno s VBF-om ukazuju na nešto dublji dio fotičke zone, srednji do vanjski dio karbonatne rampe. Prepoznata visoka energija sugerira srednju rampu kao mjesto taloženja crvenim algama dominantnim mikrofacijesom jer se u tom dijelu osjeti djelovanje oluja. U mikrofacijesu su organizmi koji su po načinu uzimanja hrane filtratori (npr. bodljikaši) malobrojni, što dodatno upućuje na oligotrofični okoliš (onaj siromašan nutrijentima).

Kućice numulita i diskociklina dominantno su jajolikog oblika, dok manji broj jedinki diskociklina, pronađenih u preparatima, ima plosnate kućice. Foraminifere s

perforatnim (staklastim) stijenkama su brojne u dubljim dijelovima fotičke zone (BASSI i sur., 2007). S druge strane, u recentnim okolišima jedinke roda *Operculina* nađene su na pjeskovitoj podlozi na dubini do nekih 200 m (HOHENEGGER, 2011).

5.1.3. Mikrofacijes „*Solenomeris packstone*“

Solenomeris je oportunistički r-strateg (BRANDANO i TOMASSETTI, 2022), organizam koji prosperira od unosa nutrijenata ili pojačanog donosa čestica organske tvari te se razvija u uvjetima klimatski i okolišno karakterističnim za ekstremne događaje zagrijavanja. Dominacija parautohtonih fragmenata *Solenomerisa* (slika 23) sugerira smanjenu količinu svjetla (PLAZIAT i PERRIN, 1992). Također, značajno prisustvo kućica ortofragmina i numulitida sugerira oligotrofične i mezofotične uvjete (HOTTINGER, 1997; GEEL, 2000).

5.1.4. Mikrofacijes „Klastični vapnenci s foraminiferama“

Mikrofacijes kalcilit s planktonskim foraminiferama je istaložen u okolišu niske energije, podloge koja je bila sitnozrnata. Okoliš nastanka mogu biti najdublji dijelovi srednje ili već vanjska rampa. Kalkarenitni varijeteti sadrže fragmente VBF-a i koralinskih algi te rijetke kućice planktonskih foraminifera. Ovaj mikrofacijes odgovara okolišu veće energije i podlozi koja je bila veličine arenita. Koralinske alge su fragmentirane. Nalazi relativno malih kućica *Nummulites* sp., a rjeđe ortofragmina sugerira distalni dio srednje karbonatne platforme gdje je ovakva kombinacija VBF-a prevladavala. Velika količina fragmentiranih ostataka kućica VBF ukazuje na postojanje transporta pa i pretaloživanje zbog čega su jedinke iz susjednih područja izmiješane. Planktonska foraminifera određena kao *Globigerinatheka* sp. prema omjeru stabilnih izotopa ugljika i kisika ukazuje na miješani sloj vode iznad termokline (PEARSON i sur., 1993) te spada u plitkovodnije planktonske foraminifere.

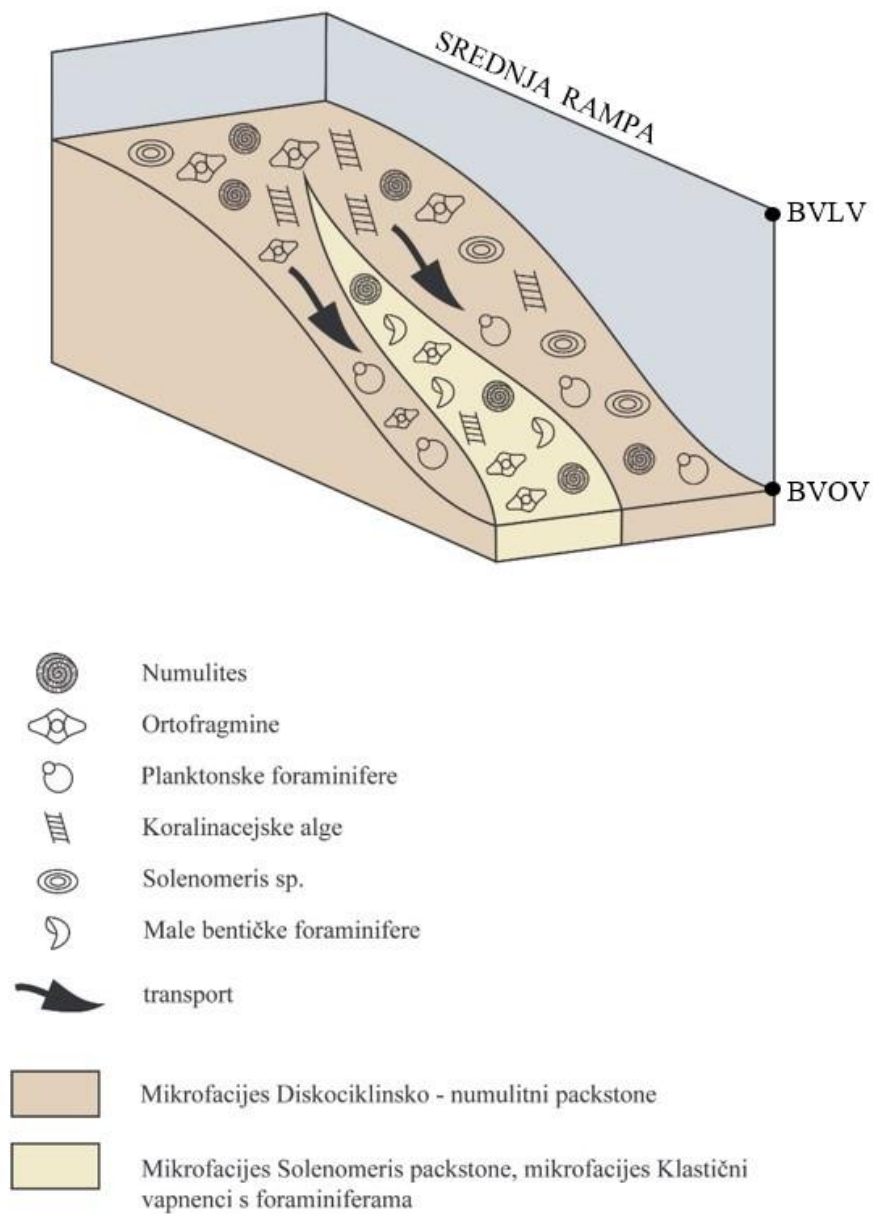
Model taloženja

Dominacija kućica VBF-a (predstavnik roda *Nummulites* i ortofragmina) u većini istraživanih uzoraka ukazuje na plitkomorski okoliš s dosta svjetla (fotička zona, eufotička do mezofotička) te na oligotrofičnost (VBF imaju endosimbionte). Robusne kućice numulita, dominantno lećaste kućice ortofragmina te prisutnost koralinskih algi obilježja su okoliša koji se nalaze na dubinama ispod valne baze za lijepa vremena. Mikritno vezivo

upućuje na relativno miran okoliš, dok fragmentirane i „abradirane“ kućice, kontaktna imbrikacija i paralelno pružanje kućica VBF-a, ukazuje na *post-mortem* transport izazvan djelovanjem oluja. Sve navedeno upućuje na dubinu okoliša između valne baze za lijepog vremena i valne baze za olujnog vremena, na okoliš srednje rampe (slika 30).

Tijekom eocena, istraživane naslage dio su Dinarskog predgorskog bazena. Bazen je skup nekoliko malih sedimentacijskih bazena (ĆOSOVIĆ i sur., 2004; VLAHOVIĆ i sur., 2005; ĆOSOVIĆ i sur., 2008, 2018) u kojima su plitkomorski karbonatni okoliši (platforme), dubljemorski prostori, koji podržavaju različite okoliše taloženja. Karbonatne platforme su rampe i njihovo ostajanje je povezano s tektonskom aktivnošću (izdizanjem Dinarida) i promjenama razine mora (globalnim i lokalnim). Paleogeografski smještaj i klimatske osobine kontroliraju graditelje karbonatnih okoliša te morfologiju plitkomorskog područja. P sistem karbonatnih rampi s VBF-om kao graditeljima poznat je u području paleogenskih naslaga Istre (paleocen – lutet, ZAMAGNI i sur., 2008, 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008), sjevernojadranskom bazenu (barton, BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ŠPANIČEK i sur., 2017; ĆOSOVIĆ i sur., 2018) i srednjodalmatinskom bazenu (barton – priabon, MARJANAC i sur., 1998). Razlike u starosti, ali i građi karbonatnih rampi te taložnih okoliša na njima, rezultat su tektonskih deformacija izazvanih tektonskim aktivnostima uzdižućih Dinarida (KORBAR, 2009) tijekom ranog i srednjeg eocena.

Određeni mikrofacijesi, prema Wilsonovom modelu facijesa, pripadaju facijesnoj zoni FZ 4, što odgovara padini karbonatne platforme. Prepoznati su standardni mikrofacijesi SMF 4 (lito-bioklastični *packstone*) i SMF 5 (alohtoni bioklastični *grainstone/packstone*) nastali u okolišima onog dijela *foredeepa*, padine gdje je moguće fragmentiranje i premještanje zrna zbog visoke energije uslijed olujnih valova, ali i zbog gravitacijskih procesa.



Slika 30 3D model taloženja istraživanih naslaga (BLVL – osnovica valova za lijepa vremena; BVOV – osnovica valova za olujna vremena).

6. Zaključak

U ovom diplomskom radu istraživani su eocenski vapnenci južnog i jugozapadnog dijela otoka Hvara u svrhu interpretacije okoliša i starosti taloženja. Iz prikupljenih uzoraka napravljeni su mikroskopski preparati čiji sastav je kvantitativno opisan metodom *point countinga*. Na temelju udjela pojedinih zrna u proučavanim mikroskopskim preparatima, zastupljenosti predstavnika rodova *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp., *Solenomeris* sp., određeno je pet mikrofacijesa: Diskociklinsko-numulitni *packstone*, Koralinacejski *grainstone*, *Solenomeris packstone*, Klastični vapnenci s foraminiferama i Dolomitizirani vapnenac.

Određeni mikrofacijesi prema Wilsonovom modelu facijesa pripadaju facijesnoj zoni FZ 4 i standardnim mikrofacijesima SMF 4 (lito-bioklastični *packstone*) i SMF 5 (alohtoni bioklastični *grainstone/packstone*), karakterističnim za nastanak u okolišu *foredeep* bazena.

Preklapanjem stratigrafskih raspona pojavljivanja određenih morfovvrsta ortofragmina (*Discocyclina dispansa* var. *sella*) zaključeno je da se taloženje odvijalo od mlađeg dijela starijeg luteta do starijeg priabona. Određena je pripadnost plitkomorskim paleogenskim bentičkim zonama od SBZ13 do SBZ19, odnosno od OZ9 do OZ14.

Temeljem karakteristika proučavanih mikrofacijesa, istraživane naslage su nastale u oligotrofičnim uvjetima, eufotičkom do mezofotičkom okolišu srednje rampe gdje su povremene oluje fragmentirale ostatke i premještale ih.

7. Literatura

- BABIĆ, L., ZUPANIĆ, J. (2016): The youngest stage in the evolution of the Dinaric Carbonate Platform: the Upper Nummulitic Limestones in the North Dalmatian Foreland, Middle Eocene, Croatia. *Nat. Croat.*, 25, 55–71.
- BASSI, D. (2003): Reassessment of *Solenomeris afonensis* Maslov, 1956 (Foraminifera): formerly considered a coralline red alga. *Revista Española de Micropaleontología*, 35(3), 357–363.
- BASSI, D., HOTTINGER, L., NEBELSICK, J. H. (2007): Larger foraminifera from the Upper Oligocene of the Venetian area, north-east Italy. *Palaeontology*, 50, 845–868.
- BASSI, D., IRYU, Y., NEBELSICK, H. (2012): To Be or Not to Be a Fossil Rhodolith? Analytical Methods for Studying Fossil Rhodolith Deposits. *Journal of Coastal Research*, 28(1), 288–295.
- BEAVINGTON-PENNEY, S. J., RACEY, A. (2004): Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera; applications in palaeoenvironmental analysis. *Earth Science Reviews*, 67, 219–265.
- BOGNAR, A. (2001): Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica*, 34(1), 7–26.
- BOROVIĆ, I., MARINČIĆ, S., MAJCEN, Ž., MAGAŠ, N. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za listove Vis K33–33, Jelsa K33–34, Biševo K33–45. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 67 str.
- BOROVIĆ, I., MARINČIĆ, S., MAJCEN, Ž., RAFAELI, P., MAMUŽIĆ, P. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Vis (Jabuka, Svetac, Biševo) K33–33 (31, 32, 45). Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
- BRANDANO, M., TOMASSETTI, L. (2022): MECO and Alpine orogenesis: Constraints for facies evolution of the Bartonian nummulitic and *Solenomeris* limestone in the Argentina Valley (Ligurian Alps). *Sedimentology*, 69(1), 24–46.
- BUCKOVIĆ, D. (2006): Historijska geologija 2, Mezozoik i Kenozoik. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 135 str.
- BURCHETTE, T. P., WRIGHT, V. P. (1992): Carbonate Ramp Depositional Systems. *Sedimentary Geology*, 79, 3–57.
- ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K., MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula). *Facies*, 50, 61–75.

- ĆOSOVIĆ, V., MARJANAC, T., DROBNE, K., MORO, A. (2008): Outer Dinarides: eastern Adriatic coast. Paleogene and Neogene. U: McCANN, T. (ur.): The Geology of Central Europe, Volumen 2: Mesozoic and Cenozoic. The Geological Society London, London, 1031–1139.
- ĆOSOVIĆ, V., MRINJEK, E., NEMEC, W., ŠPANIČEK, J., TERZIĆ, K. (2018): Development of the transient carbonate ramps in involving foreland basin. Basin Research, 30, 1–20.
- DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Classification of Carbonate Rocks, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108–121.
- DUTCHAK, A. R., CALDWELL, M. W. (2006): Redescription of *Aigialosaurus dalmaticus* Kramberger, 1892: a Cenomanian mosasauroid lizard from Hvar Island, Croatia. Canadian Journal of Earth Sciences, 43(12), 1821–1834.
- EMBRY, A. F., KLOVAN, E. J. (1972): Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. Geol. Rundschau, 61/2, 672–686.
- FERMONT, W. J. J. (1982): Discocyclinidae from Ein Avedat (Israel). Utrecht micropaleontological bulletins, 27, 1–152.
- FIO FIRI, K., BERCOVICI, A., SHEVCHUK, O., SREMAC, J. (2017): Late Cretaceous palynoflora from the central part of the Adriatic Carbonate Platform (Islands of Hvar and Šćedro), southern Croatia. Cretaceous Research, 74, 142–150.
- FLÜGEL, E. (2004): Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer, Berlin, 976 str.
- FOLK, R. L. (1959): Practical Petrographic Classification of Limestones. Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43, 1–38.
- FOLK, R. L. (1962): Spectral Subdivision of Limestone Types. Classification of Carbonate Rocks, American Association of Petroleum Geologist Memoirs, 1, 62– 84.
- GEEL, T. (2000): Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 155, 211–238.
- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1895): Fosilne ribe Komena, Mrzleka, Hvara i M. Libanona. Jugoslavenska akademija, Zagreb, 68 str.

- HAYWARD, B.W., CEDHAGEN, T., KAMINSKI, M., GROSS, O. (2017): World Modern Foraminifera Database. Dostupno na <https://www.marinespecies.org/foraminifera>, doi:10.14284/305, pristupljeno 12.8.2023.
- HERAK, M. (1959): Prilog geologiji i hidrogeologiji otoka Hvara. *Geološki vjesnik*, XII, 135–148.
- HERAK, M., MARINČIĆ, S., POLŠAK, A. (1976): Geologija otoka Hvara. *Acta geologica*, 9(1), 5–14.
- HOHENEGGER, J. (2011): Large foraminifera. Greenhouse constructions and gardeners in the oceanic microcosm. The Kagoshima University Museum, Kagoshima, 81 str.
- HORVAT, M., ALJINOVIĆ, D., TOMAŠIĆ, N., KURTANJEK, D., ČOSOVIĆ, V. (2022): Introduction to the bulk rock chemistry of the Eocene hemipelagic/pelagic deposits in the Dinaric foreland basin. *Geologica Balcanica*, XXII International Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Sofija: Bugarska akademija znanosti, 86–86.
- HOTTINGER, L. (1997): Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 168 (4), 491–505.
- JAPUNDŽIĆ, D., CAMPBELL, M., KRIZMANIĆ, K., CALDWELL, M. (2013): A New Cenomanian-Turonian Pontosaur from Croatia. Society of vertebrate Paleontology - SVP 73th Annual Meeting, Los Angeles, CA, USA, 249, 148–148.
- KORBAR, T. (2019): Cretaceous-Paleogene boundary tsunamite on the Adriatic carbonate platform and possible source of a hypothetical Atlantic-to-western-Tethys megatsunami. In: Koeberl, C., Bice, D. (eds.): 250 Million Years of Earth History in Central Italy: Celebrating 25 years of the Geological Observatory of Coldigioco, (eds), GSA Spec. Paper, 542, 319–332.
- KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., ŠPANIČEK, J., STEUBER, T. (2023): Volcano-sedimentary-evaporitic rocks from an aborted Triassic rift and Cretaceous to Palaeogene Adriatic Carbonate Platform successions: OAEs, K–Pg boundary and the Palaeocene platform top (central Dalmatian islands, Croatia). U: Korbar, T., Kovačić, M., Vlahović, I. (ur.): Sedimentary cover of the Adria and its surroundings: from aborted rifting in the central Adriatic to the post-collisional deposition in the Dinarides, the Southern Alps, and the Pannonian basin. Field Trip Guidebook, 36th IAS Meeting of Sedimentology, Dubrovnik (Croatia), 2023, 143–158.

- KORBAR, T., CVETKO TEŠOVIĆ, B., RADOVANOVIĆ, I., KRIZMANIĆ, K., STEUBER, T., SKELTON, P. W. (2010): Campanian Pseudosabinia limestones from the Pučišća Formation on the island of Hvar (Adriatic Sea, Croatia). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19, 721–731.
- KORBAR, T., MCDONALD, I., PREMEC FUČEK, 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.
- 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). *Geological Society of America Bulletin*, 127(11–12), 1666–1680.
- LANGER, M. R., HOTTINGER, L. (2000): Biogeography of selected “larger” foraminifera. *Micropaleontology*, 46(1), 105–126.
- LESS, G. (1987): Paleontology and stratigraphy of the European Orthophragminae. *Geologica Hungarica, Series Paleontologica*, 51, 373 str.
- LOEBLICH, A. R., TAPPAN, H. (1987): *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970 str.
- MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš jadranskog pojasa. *Geološki Vjesnik*, 34, 27–38.
- MARINČIĆ, S. (1997): Tektonska struktura otoka Hvara. *Geol. Croat.*, 50/1, 57–77.
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N., BENČEK, Đ. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ploče K33–35, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1967–1971), Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARINČIĆ, S., MAJCEN, Ž. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000. List Jelsa K33–34. Institut za geološka istraživanja Zagreb (1967–1968), Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARJANAC, T., BABAC, D., BENIĆ, J., ČOSOVIĆ, V., DROBNE, K., MARJANAC, LJ., PAVLOVEC, R., VELIMIROVIĆ, Z. (1998): Eocene carbonate sediments and sea-level changes on the NE part of Adriatic Carbonate Platform (Island of Hvar and Pelješac Peninsula, Croatia). *Slovenska Akademija Znanosti i Umjetnosti (SAZU)*, 34/2, 243–254.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, J. (1976): Kvartarni sedimenti ostrva Hvara-srednji Jadran. *Glasnik prirodnjačkog muzeja*, A(31), 199–214.
- MEKARSKI, M. M. (2017): *The Origin and Evolution of Aquatic Adaptations in Cretaceous Squamates*. Department of Biological Sciences, University of Alberta, 467 str.

- MEZGA, A., MEYER, C. A., CVETKO TEŠOVIĆ, B., BAJRAKTAREVIĆ, Z., GUŠIĆ, I. (2006): The first record of dinosaurs in the Dalmatian part (Croatia) of the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform (ADCP). *Cretaceous Research*, 27, 735–742.
- MONTANARI, A., CERVEAU, N., FIASCA, B., FLOT, J.-F., GALASSI, D., MAINIERO, M., MCGEE, D., NAMIOTKO, T., RECANATINI, S., STOCH, F. (2021): Stygobitic crustaceans in an anchialine cave with an archeological heritage at Vodeni Rat (Island of Sveti Klement, Hvar, Croatia). *International Journal of Speleology*, 50(1), 1–14.
- NEBELSICK, J. H., RASSER, M. W., BASSI, D. (2005): Facies dynamics in Eocene to Oligocene circumalpine carbonates. *Facies*, 51, 197–216.
- NEUMANN, M. (1958): Révision des Orbitoididés du Crétacé et de l'Éocène en Aquitaine Occidentale. *Mémoires de la Société géologique de France*, 37(83), 1–174.
- D'ONOFRIO, R., ZAKY, A. S., FRONTALINI, F., LUCIANI, V., CATANZARITI, R., FRANCESCANGELI, F., GIORGIONI, M., COCCIONI, R., ÖZCAN, E., JOVANE, L. (2021): Impact of the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) on Foraminiferal and Calcareous Nannofossil Assemblages in the Neo-Tethyan Baskil Section (Eastern Turkey): Paleoenvironmental and Paleoclimatic Reconstructions. *Applied Sciences*, 11(23), 11339.
- OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., PRTOĻJAN, B., JELASKA, V., KOROLIJA, B., GUŠIĆ, I., MARINČIĆ, S., ŠPARICA, M., KORBAR, T., HUSINEC, A. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000: list Otok Hvar. Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb, ISBN: 978-953-6907-49-6.
- ÖZCAN, E., LESS, G., BÁLDI-BEKE, M., KOLLÁNYI, K., KERTÉSZ, B. (2006): Biometric Analysis of Middle and Upper Eocene Discocyclinidae and Orbitoclypeidae (Foraminifera) from Turkey and Updated Orthophragmine Zonation in the Western Tethys. *Micropaleontology* 52(6), 485–520.
- ÖZCAN, E., YÜCEL, A. O., ERKIZAN, L. S., GÜLTEKIN, M. N., KAYĞILI, S., YURTSEVER, S. (2022): Atlas of the Tethyan Orthophragmines. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 4, 3–213.
- PAPAZZONI, C. A., ČOSOVIĆ, V., BRIGUGLIO, A., DROBNE, K. (2017): Towards a calibrated larger foraminifera biostratigraphic zonation: Celebrating 18 years of the application of shallow benthic zones. *Palaios*, 32, 1/2, 1–5.
- PAVLOVIĆ, M. (2020): Cenomanska rudistna zajednica područja Premanture, Istra. Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 22 str.
- PEARSON, P. N., SHACKLETON, N. J., HALL, M. A. (1993): Stable isotope paleoecology of middle Eocene planktonic foraminifera and multi-species isotope

- stratigraphy, DSDP SITE 523, South Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, 23(2), 123–140.
- PEJNOVIĆ, I., ČOSOVIĆ, V. (2023): Biometric changes in planktonic foraminifera *Pseudohastigerina micra* from the upper Eocene sediments of the island of Hvar. 7th Faculty of Science PhD Student Symposium Book of Abstracts, Zagreb, 2023, 57–57.
- PLAZIAT, J.C., PERRIN, C. (1992): Multikilometer-sized reefs built by foraminifera (*Solenomeris*) from the early Eocene of the Pyrenean domain (S. France, N. Spain): palaeoecologic relations with coral reefs. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 96, 195–231.
- POMAR, L. (2001): Types of carbonate platforms: A genetic approach. *Basin Research*, 13(3), 313–334.
- POMAR, L., HALLOCK, P. (2008): Carbonate factories: A conundrum in sedimentary geology. *Earth-Science Reviews*, 87(3), 134–169.
- POMAR, L., BACETA, J. I., HALLOCK, P., MATEU-VICENS, G., BASSO, D. (2017): Reef building and carbonate production modes in the west-central Tethys during Cenozoic. *Marine and Petroleum Geology*, 83, 261–304.
- PUŠKARIĆ, S. (1987): Calcareous nannoplankton from clastic sediments of the island of Hvar. *Jugoslavenska Akademija Znanosti i Umjetnosti*, 22/431, 7–16.
- RACEY, A. (1995): Lithostratigraphy and Larger Foraminiferal (Nummulitid) Biostratigraphy of the Tertiary of Northern Oman. *The Micropaleontology Project., Inc.*, 41, 1–123.
- RASSER, M. W., PILLER, W. E. (2004): Crustose algal frameworks from the Eocene Alpine Foreland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 206(1), 21–39.
- RIVERO-CUESTA, L., WESTERHOLD, T., AGNINI, C., DALLANAVE, E., WILKENS, R. H., ALEGRET, L. (2019): Paleoenvironmental changes at ODP Site 702 (South Atlantic): Anatomy of the Middle Eocene Climatic Optimum. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34(12), 2047–2066.
- SAXENA, S., CHAKRABORTY, A., GALOVIĆ, I., ROY, L., GHOSH, A. K. (2022): New insights into the earliest occurrence, possible evolutionary lineage, palaeogeography and palaeoclimatic implications of *Nicklithus amplificus*: Evidence from the Adriatic Sea, Indian Ocean and Paratethys. *Marine micropaleontology*, 172(3).
- SCHAUB, H. (1981): Nummulites et Assilines de la Tethys paleogene. *Taxinomie, phylogenese et biostratigraphie*. *Schweizerische Palaontologische Abhandlungen*, 104–106, 1–236.

- SCHWEITZER, C. E., SHIRK, A. M., ČOSOVIĆ, V., OKAN, Y., FELDMANN, R. M., HOSGÖR, I. (2007): New species of *Harpactocarcinus* from the Tethyan Eocene and their paleoecological setting. *Journal of Paleontology*, 81(5), 1091–1100.
- SOLT, P., SZUROMI-KORECZ, A., ÓSI, A. (2020): New Late Cretaceous (Coniacian) sauropod tracks from Hvar Island, Croatia. *Central European geology*, 63(1), 19–26.
- ŠPANIČEK, J., ČOSOVIĆ, V., MRINJEK, E., VLAHOVIĆ, I. (2017): Early Eocene evolution of carbonate depositional environments recorded in the Čikola Canyon (North Dalmatian Foreland Basin, Croatia). *Geologia Croatica*, 70/1, 11–25.
- TIŠLJAR, J. (2001): *Sedimentologija karbonata i evaporita*. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 375 str.
- TUCKER, M. E. (2008): *Petrologija sedimenata*, AZP Grafis, Samobor, 262 str.
- TUDOR, T. (2021): *Eocenski lapori u uvali Podstine (otok Hvar): starost i okoliš taloženja*. Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 22 str.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 220, 333–360.
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E., BILLUPS, K. (2001): Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, 292, 686–693.
- ZAMAGNI, J., MUTTI, M., BALLATO, P., KOŠIR, A. (2012): The Paleocene–Eocene thermal maximum (PETM) in shallow-marine successions of the Adriatic carbonate platform (SW Slovenia). *Geological Society of America Bulletin*, 124/7–8, 1071–1086.
- ZAMAGNI, J., MUTTI, M., KOŠIR, A. (2008): Evolution of shallow benthic communities during the Late Paleocene-earliest Eocene transition in the Northern Tethys (SW Slovenia). *Facies*, 54, 25–43.

8. Table

TABLA 1

SLIKA 1

Packstone s cijelim i fragmentiranim kućicama VBF, osni presjek A-generacije *Nummulites* sp., mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak ZAR).

SLIKA 2

Osni presjek roda *Asterocyclina* sp. s mikritiziranim rubovima i kojoj nedostaju polovi, fragmenti velikih bentičkih foraminifera, mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak ZAR).

SLIKA 3

Osni presjek roda *Orbitoclypeus* sp. (Orb), fragmenti velikih bentičkih foraminifera (VBF), crvenih algi (C) i bodljikaša (B), mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak 12).

SLIKA 4

Osni presjek roda *Orbitoclypeus* sp. (Orb), fragmenti crvenih algi (C) i mahovnjaka (M), mikrofacijes je koralinacejski *grainstone* (uzorak 11).

TABLA 1

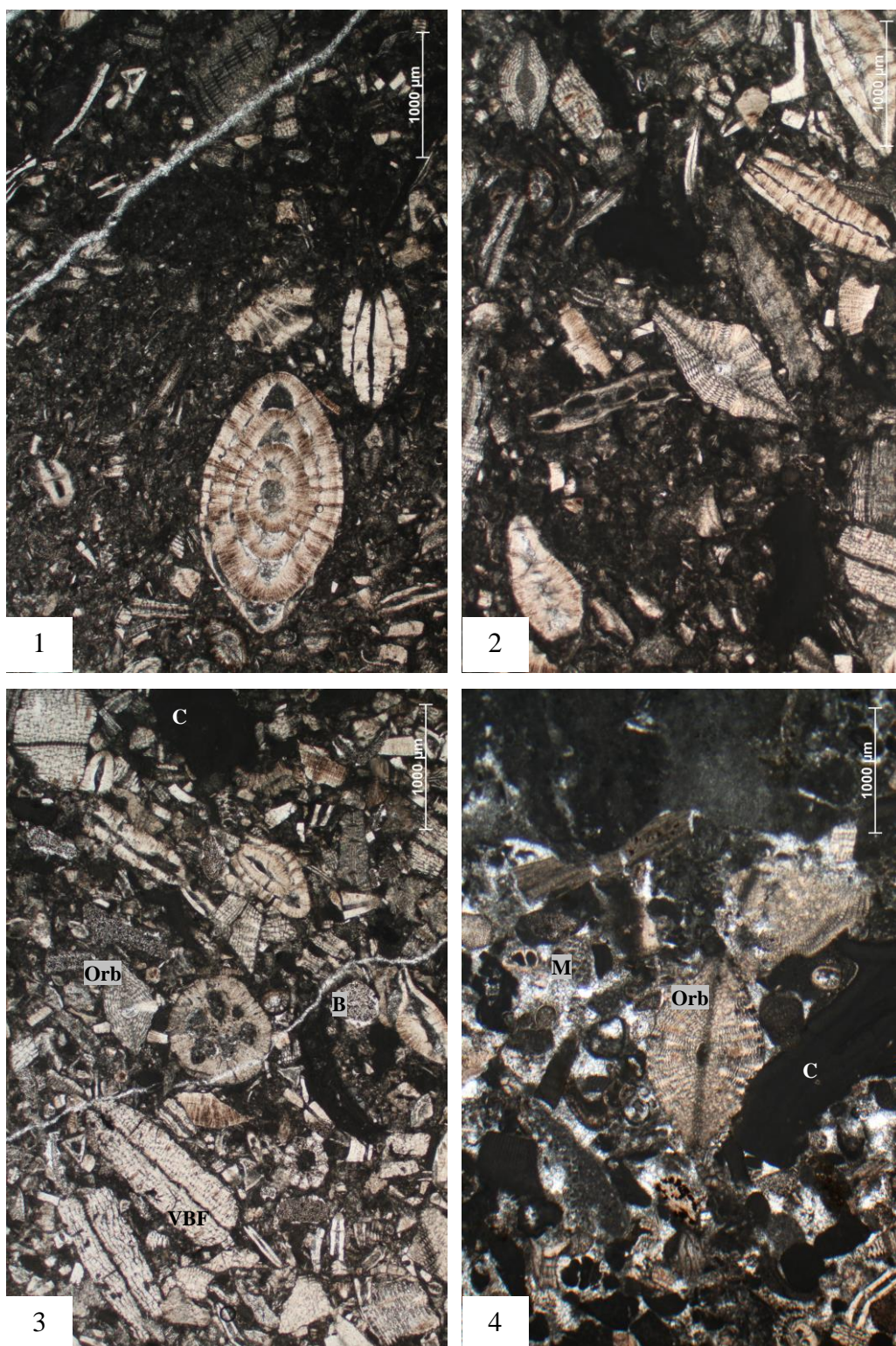


TABLA 2

SLIKA 5

Osni presjek roda *Operculina* sp. (Op), kosi osni presjek A-generacije roda *Nummulites* sp. (N), fragment mahovnjaka (M), crvenih algi (C) i ortofragmine (O), mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak ZM3).

SLIKA 6

Kućice roda *Victoriella* sp.(zaokruženo), fragmenti velikih bentičkih foraminifera, mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak 3).

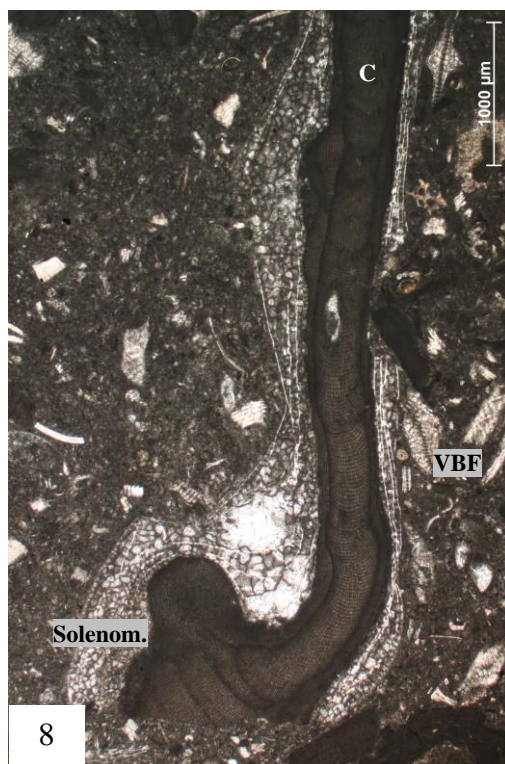
SLIKA 7

Kućica roda *Rotalia* sp. (zaokruženo), fragmenti velikih bentičkih foraminifera, mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak 3).

SLIKA 8

Solenomeris sp. (Solenom.) obrašta crvenu algu (C), fragmenti velikih bentičkih foraminifera (VBF), mikrofacijes je diskociklinsko-numulitni *packstone* (uzorak ZM2A).

TABLA 2



9. Prilozi

Prilog 1 Rezultati *point countinga*. U svakom retku su prikazani apsolutni brojevi pojedinih komponenti u proučavanim mikroskopskim preparatima.

Preparat	Vezivo	Forami- nifera	Brio- zoa	Crvena alga	Bodlji- kaš	<i>Soleno- meris</i>	Crv	Neodre- đeno	Kršje	Makro- fossil
ZM1 ₁₎	33	87	16	19	5			1	29	
ZM1 ₂₎	10	68	16	10	5			3	17	9
ZM1 ₃₎	19	85	19	19	3			2	17	2
ZM1A ₁₎	16	25	5	2						
ZM1A ₂₎	63	68	3	5	1					
ZM1A ₃₎	75	103	4	3						
ZM1B ₁₎	40	21	5	2	3		5	1		
ZM1B ₂₎	37	57	7	11	4					
ZM1B ₃₎	43	75	5	8	4			2		
ZM2 ₁₎	48	57	11	2	2					
ZM2 ₂₎	69	66	8	6	2		2		4	
ZM2 ₃₎	70	67	3	7	3	1				
ZM2A ₁₎	51	85	8	26					8	
ZM2A ₂₎	62	45		21						
ZM2A ₃₎	81	51	4	26						
ZM3 ₁₎	38	46	2	18	1					
ZM3 ₂₎	43	76	3	13						
ZM3 ₃₎	28	42	2	15	1					1
ZM5 ₁₎	94	18			1	1		1		
ZM5 ₂₎	80	37		2						
ZM5 ₃₎	84	34			1					
Y ₁	59	3								
Y ₂	59	1								
Y ₃	64	3								
X _{1,2,3}	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ZAR ₁	6	56	1	3	2				12	
ZAR ₂	16	54	2	3	3			1	14	
ZAR ₃	16	72	5	9	3			5	10	
ZAR ₄	16	63	9	6	4			3	12	
ZAR ₅	24	53	8	9	4			6	13	
ZAR ₆	26	75	6	7	3			7	13	
ZAR ₇	34	76	6	7	4			10	15	

Prilog 2 Rezultati *point countinga*. U svakom retku su prikazani apsolutni brojevi pojedinih komponenti u proučavanim mikroskopskim preparatima.

Preparat	Veživo	Fora- mini- fera	Brio- zoa	Crvena alga	Bo- diji- kaš	Soleno- meris	Rako- vica	Crv	Neo- dre- deno	Koralji	Ostrakod	Spužva	Makrofosil	Biogeno	Litoklast/ Intraklast/ Agregatno zrno
Z1-1	37	56		29	1				4	1					2
Z1-2	20	75	2	2	3	2	1	2	3	5					1
Z1-3	22	114	8	13	5	3			1	4				2	
Z2-1	8	77	1	1	1	3	1		2						3
Z2-2	7	54	1	2	2		3		2						4
Z2-3	5	50	1	1	3	4	3		2						5
31	16	84	1	1	2				10						2
32	18	111	2	2			1		4	1					
33	5	114	3	2	5		2		3	1					
6 _{1,2,3}	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11 ₁	13	38	11	30	5				4						
11 ₂	11	28	7	31	5				5	1		1	2		4
12 ₁	13	122	7	19	2	1			2						1
12 ₂	8	23	2	14		1			3						1
12 ₃	15	83	3	14	3	2			3						7
ZAVVALA ₁	30	8	11	3		19					4				
ZAVVALA ₂	36	20	4	4		20					5				
ZAVVALA ₃	50	23	11	11	1	31					1				

Prilog 3 Relativna zastupljenost biogene i abiogene komponente i veziva u opisanim mikroskopskim preparatima.

Preparat	Biogeno (%)	Abiogeno (%)	Vezivo (%)
Z ₁₋₁	67	4,6	28,4
Z ₁₋₂	79,3	3,3	17,3
Z ₁₋₃	86,6	0,6	12,8
Z ₂₋₁	86,6	5,2	8,2
Z ₂₋₂	82,7	8	9,3
Z ₂₋₃	83,8	9,5	6,7
3 ₁	75,9	10,3	13,8
3 ₂	84,2	2,9	12,9
3 ₃	94	2,3	3,7
6 _{1,2,3}	/	/	/
11 ₁	83,2	3,9	12,9
11 ₂	78,9	9,5	11,6
12 ₁	90,4	1,8	7,8
12 ₂	76,9	7,7	15,4
12 ₃	80,8	7,7	11,5
X _{1,2,3}	/	/	/
Y ₁	5	0	95
Y ₂	2	0	98
Y ₃	4,5	0	95,5
ZAR ₁	77,5	15	7,5
ZAR ₂	66,7	16,1	17,2
ZAR ₃	74,2	12,5	13,3
ZAR ₄	72,6	13,2	14,2
ZAR ₅	63,3	16,2	20,5
ZAR ₆	66,4	14,6	19
ZAR ₇	61,2	16,4	22,4
ZAVALA ₁	60	0	40
ZAVALA ₂	60	0	40
ZAVALA ₃	61	0	39
ZM1 ₁₎	66,8	15,8	17,4
ZM1 ₂₎	78,3	14,5	7,2
ZM1 ₃₎	77	11,5	11,5
ZM1A ₁₎	66,7	0	33,3
ZM1A ₂₎	55	0	45

ZM1A 3)	60	0	40
ZM1B 1)	46,8	1,3	51,9
ZM1B 2)	68	0	32
ZM1B 3)	67,2	1,4	31,4
ZM2 1)	60	0	40
ZM2 2)	53,5	2,6	43,9
ZM2 3)	53,6	0	46,4
ZM2A 1)	66,9	4,4	28,7
ZM2A 2)	51,6	0	48,4
ZM2A 3)	50	0	50
ZM3 1)	63,8	0	36,2
ZM3 2)	68,1	0	31,9
ZM3 3)	68,5	0	31,5
ZM5 1)	17,4	0,9	81,7
ZM5 2)	32,8	0	67,2
ZM5 3)	29,4	0	70,6