

# Facijesi i stratigrafija mastrihtskih naslaga uvale Likva, otok Brač

---

Golec, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:416908>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Ivana Golec

**FACIJESI I STRATIGRAFIJA MASTRIHTSKIH  
NASLAGA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ**

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

Ivana Golec

**FACIJESI I STRATIGRAFIJA MASTRIHTSKIH  
NASLAGA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ**

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

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

**Zagreb, 2017.**

## *Zahvale*

*Zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović, neposrednoj voditeljici dr. sc. Maji Martinuš, prof. dr. sc. Darku Tibljašu te stručnoj savjetnici dipl. inž. Štefici Kapić koji su pratili čitav proces nastajanja diplomskog rada i svojim mi savjetima, iskustvom i literaturom pomogli prilikom njegovog nastanka.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

### FACIJESI I STRATIGRAFIJA MASTRIHTSKIH NASLAGA UVALE LIKVA, OTOK BRAČ

Ivana Golec

**Rad je izraden:** Geološko-paleontološki zavod, PMF, Zagreb, Horvatovac 102a

**Sažetak:** Glavnu strukturu otoka Brača čini kosa antiklinala pružanja istok-zapad. Većina stijena od kojih je otok izgrađen gornjokredne je starosti, a tek manji dio otoka čine paleogenske naslage. Uvala Likva smještena je na sjeverozapadnom dijelu Brača, nedaleko od Sutivana. Gornja kreda je razdoblje značajnih promjena na području Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme koje su posljedica sinsedimentacijske tektonske aktivnosti, globalnih promjena morske razine te nepovoljnih uvjeta krajem krede. Gornjokredni (mastrihtski) vapnenci u uvali Likva izgrađeni su od mikritnih, rudistnih, laminiranih mikritnih vapnenaca te vapnenaca s okršenim ostacima grebenotvornih organizama koji indiciraju diferencijaciju plitkomorskih taložnih okoliša. Udubljenja („rupe“) na površini vapnenaca s intraklastičnom, tamnosivom–crnom ispunom, razlika u mikrofacijesnim tipovima između osnovne stijene i materijala ispune te crni klasti (*black pebbles*) ukazuju na povremena subaerska izlaganja dijelova karbonatne platforme i odražavaju karstifikacijske procese kao i procese postanka tla koji su tipični za karbonatnu podlogu. Ti su se procesi odvijali u gornjoj vadoznoj zoni, u vegetaciji bogatom terenu i u uvjetima aridne klime najvjerojatnije za vrijeme vršnog mastrihta.

**Ključne riječi:** emerzija, mastrihtski vapnenci, diferencijacija taložnih okoliša, Jadransko-Dinaridska karbonatna platforma, uvala Likva

**Rad sadrži:** 50+VIII stranica, 21 sliku, 6 tablica i 30 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. Damir Bucković, izv. prof.

dr. sc. Marijan Kovačić, izv. prof.

**Datum završnog ispita:** 17. ožujka, 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Diploma Thesis

## FACIES AND STRATIGRAPHY OF MAASTRICHTIAN DEPOSITS IN LIKVA COVE, THE ISLAND OF BRAČ

Ivana Golec

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

**Abstract:** The main structure on Island of Brač is oblique anticline, which stretches in the direction of east-west. The Island is mainly build-up of the Upper Cretaceous and, to a lesser extent, Paleogene deposits. Likva Cove is situated in the north-western part of the Island, near Sutivan. Upper Cretaceous is a period of many changes for Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform that caused by synsedimentary tectonic activity, the global sea level change and adverse conditions at the end of the Cretaceous. Upper Cretaceous (Maastrichtian) limestone on the island of Brač, in Likva Cove, are made of micritic, laminated micritic limestone and limestone with karsted reef remains of organisms that indicate differentiation of shallow water depositional environments. Indentations (“holes”) on the surface of limestone, containing intraclastic, dark gray–black, filling, differences between basic rock and fill material microfacies types and black clasts (*black pebbles*) indicate occasional subaerial exposure parts of the carbonate platform and reflect karstification and soil-forming processes typical for carbonate substrates. These processes occurred in the upper vadose zone of a vegetated area, under arid climate and, probably, during uppermost Maastrichtian.

**Keywords:** subaerial exposure, Maastrichtian limestone, differentiation of depositional environments, Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform, Likva Cove

**Thesis contains:** 50+VIII pages, 21 figures, 6 tables and 30 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. Damir Bucković, Associate Professor

Ph.D. Marijan Kovačić, Associate Professor

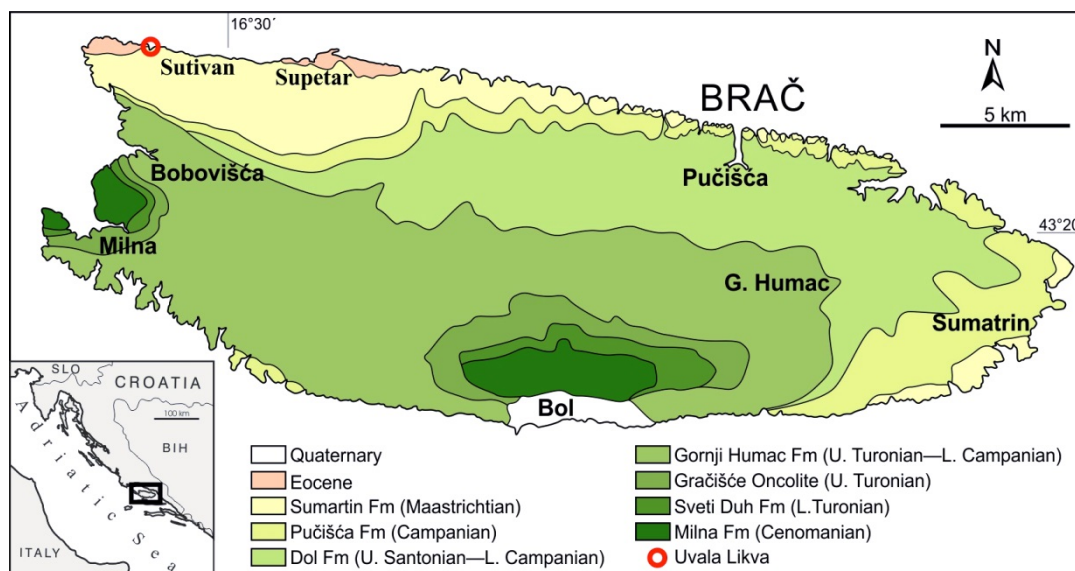
**Date of the final exam:** March 17, 2017

## SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Pregled dosadašnjih istraživanja</b> .....	<b>3</b>
2.1. Teorijska osnova .....	3
2.2. Dosadašnja geološka istraživanja.....	8
<b>3. Materijali i metode istraživanja</b> .....	<b>10</b>
3.1. Uzorci .....	10
3.2. Terenske metode istraživanja .....	10
3.3. Laboratorijske metode istraživanja .....	10
3.3.1. Određivanje udjela kalcijevog karbonata .....	11
3.3.2. Rendgenska difrakcijska analiza (XRD) .....	12
<b>4. Rezultati</b> .....	<b>14</b>
4.1. Litologija istraživanih naslaga .....	14
4.2. Starost istraživanih naslaga .....	16
4.3. Mikrofacijsne analize .....	16
4.3.1. Standardni mikrofacijsni tipovi .....	17
4.3.2. Standardne facijesne zone .....	24
4.4. Emerzijska površina Ld–24.....	25
4.4.1. Opis.....	25
4.4.2. Određivanje udjela kalcijevog karbonata .....	27
4.4.3. Rendgenska difrakcijska analiza .....	29
<b>5. Rasprava</b> .....	<b>32</b>
5.1. Uvod.....	32
5.2. Litologija istraživanih slijeda naslaga .....	33
5.3. Starost istraživanih slijeda naslaga.....	35
5.4. Mikrofacijsne analize .....	36
5.4.1. Standardni mikrofacijsni tipovi (SMF).....	36
5.4.2. Standardne facijesne zone (FZ).....	37
5.4.3. Fosilni sadržaj.....	37
5.5. Emerzijska površina .....	38
5.5.1. Uvod .....	38
5.5.2. Nastanak emerzijske površine Ld–24 .....	39
5.5.3. Materijal ispune u udubljenjima .....	41
5.5.4. Rendgenska difrakcijska analiza materijala ispune udubljenja .....	41
<b>6. Zaključak</b> .....	<b>43</b>
<b>7. Literatura</b> .....	<b>45</b>
<b>8. Popis slika u tekstu</b> .....	<b>48</b>
<b>9. Popis tablica u tekstu</b> .....	<b>50</b>
<b>10. Prilozi</b> .....	<b>VI</b>

## 1. Uvod

Otok Brač, čija je površina 396 km<sup>2</sup>, najveći je srednjodalmatinski otok. Glavnu strukturu otoka čini kosa antiklinala pružanja istok-zapad. Većina stijena od kojih je otok izgrađen gornjokredne je starosti, a tek manji dio otoka čine paleogenske naslage. Uvala Likva smještena je na sjeverozapadnom dijelu Brača, nedaleko od Sutivana, a uzorci s tog lokaliteta predmet su istraživanja u ovom diplomskom radu (slika 1). Uzorci su označeni oznakama od Ld—1 do Ld—28, a dio su najmlađe litostratigrafske jedinice, formacije Sumartin (slika 1). Formacija Sumartin (Sumartin Fm) uglavnom je izgrađena od raznih litotipova dolomita u svom donjem dijelu, a njen gornji dio, čije su naslage predmet istraživanja, čine najvećim dijelom vapnenci s raznim bentičkim mikrofosilima i rudistima koji su taloženi u vrlo plitkom moru, na plimnim ravnicama tijekom mastrihta.



**Slika 1** Geografski smještaj otoka Brača i uvale Likva s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama (preuzeto iz Cvetko Tešović et al., 2016, dopunjeno podacima iz Jelaska et al., 2015).

Krajem mastrihta došlo je do dezintegracije i izdizanja prostora Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme što je, u kombinaciji s globalnim sniženjem morske razine, dovelo do emerzije na većini njenog prostora dok se, na samo nekim mjestima, kontinuirana sedimentacija nastavila i u paleogen. U uvali Likva otoka Brača izdanjuju naslage mastrihtske starosti Sumartin formacije s prijelazom u paleogenske na slici 1. Istraživani slijed mastrihtskih naslaga vjerojatno predstavlja gornji tj. najmlađi dio Sumartin formacije, odnosno, najmlađe gornjokredne naslage Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme i kao



takav je od velikog značenja za interpretaciju događaja koji su prethodili kraju njene egzistencije.

U istraživanim naslagama uvale Likva zabilježene su emerzijske površine. Cilj ovog rada je sedimentološkom i mikropaleontološkom analizom utvrditi točne okolišne uvjete taloženja karbonata na proučavanom lokalitetu te ih na temelju bio- i litostratigrafije smjestiti u kronostratigrafski i geokronološki okvir. Iz uzoraka iz pretpostavljenih emerzijskih površina, u kojima je metodom kalcimetrije utvrđen niži udio karbonata, načinjena je rendgenska difrakcijska analiza na praškastim uzorcima, a ona je doprinijela interpretaciji klimatskih uvjeta u kojima su taložene istraživane naslage.

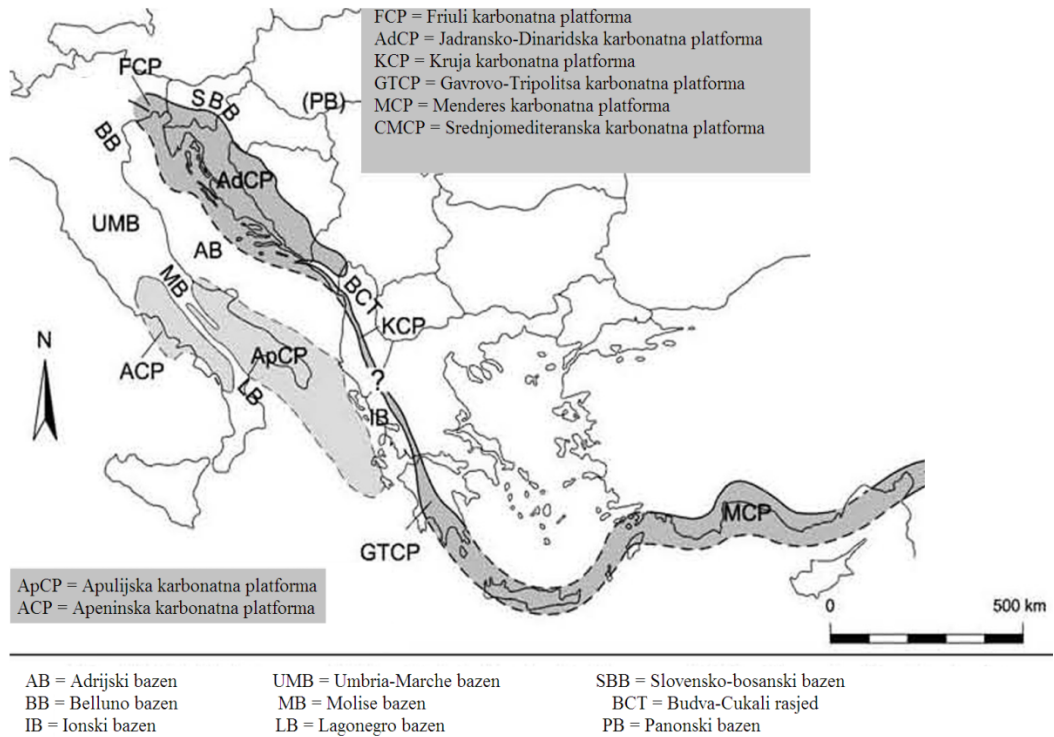
## 2. Pregled dosadašnjih istraživanja

### 2.1. Teorijska osnova

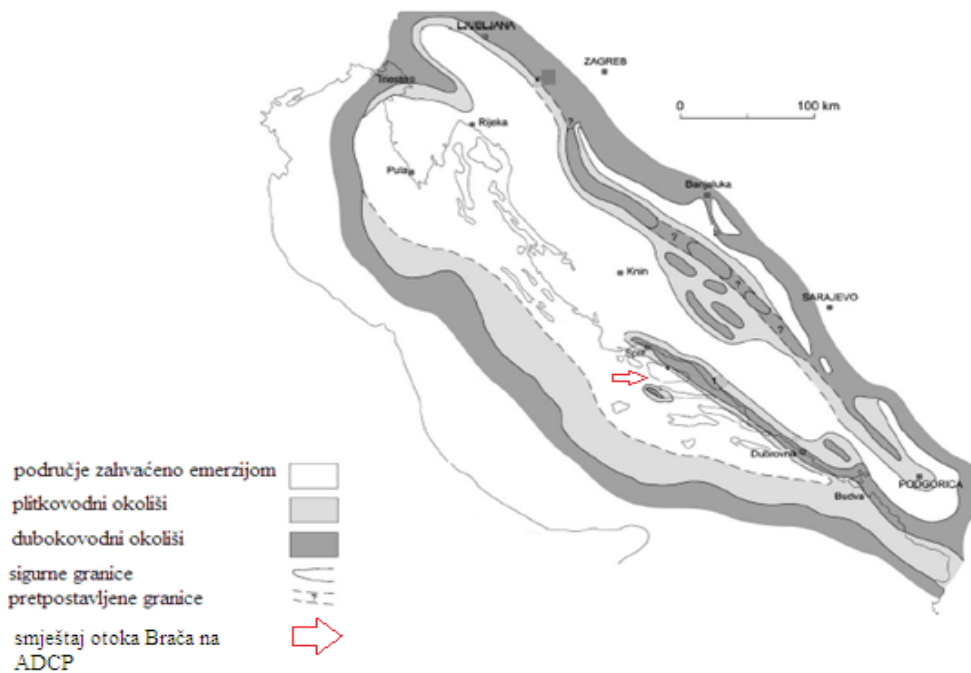
Danas se obično podrazumijeva da Jadransko-Dinaridska karbonatna platforma (Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform, ADCP) obuhvaća područje između rijeke Soče na sjeverozapadu (talijansko-slovenska granica) i Bojane na jugoistoku (crnogorsko-albanska granica). Dimenzija tog područja je 800 x 200 km te platforma predstavlja jednu od najvećih mezozojskih karbonatnih platformi u perimediteranskoj regiji. Izdanci Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme mogu se naći u Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji i Crnoj Gori i Albaniji (Vlahović et al., 2005), (slika 2). Naslage ADCP čine glavni dio ukupnog slijeda karbonatnih sedimenata u Vanjskim Dinaridima. Jadransko-Dinaridska karbonatna platforma (ADCP) počela se stvarati na variscičkoj podlozi već tijekom srednjeg perma i nastavila se razvijati uz povremene prekide kontinuiranim taloženjem karbonatnih naslaga sve do srednjeg eocena. Tijekom gotovo 220 milijuna godina istaloženo je više od 8.000 metara slijeda naslaga (Velić, 2000).

Glavna geomorfološka karakteristika Vanjskih Dinarida je jursko–kredna karbonatna sukcesija, koja zajedno s Hauptdolomitima i paleogenskim foraminiferskim vapnencima, paleogeografski predstavlja izoliranu intraoceansku karbonatnu platformu. Donja granica sukcesije označena je nekonformitetom između Hauptdolomita i raznolikih pre-norik jedinica. Ova veza je bila istražena sa stratigrafskog i geodinamskog stajališta (Tišljar et al., 1991). Pre-norik sukcesije Vanjskih Dinarida u asocijacijama su sa siliciklastičnim šelfnim naslagama koje su bile taložene na epiričkoj platformi duž sjevernog ruba Gondwane u periodu od gornjeg karbona do srednjeg trijasa dok gornjomezozojska karbonatna sukcesija Vanjskih Dinarida (ADCP *sensu stricto*) predstavlja plitkomorske karbonatne naslage taložene na izoliranoj platformi tijekom jure i krede.

Jadransko-Dinaridska karbonatna platforma egzistirala je kao izolirana, intraoceanska karbonatna platforma od kasnog trijasa pa sve do srednjeg eocena, a maksimum veličine dosegla je u mlađoj kredi (Steuber et al., 2005). Otok Brač bio je smješten duž njenog centralnog dijela (slika 3).



**Slika 2** Karta današnjeg smještaja naslaga Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme (preuzeto iz Vlahović et al., 2005).



**Slika 3** Današnji razmještaj naslaga nastalih u različitim okolišima koji su na području Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme postojali tijekom gornje krede (preuzeto iz Vlahović et al., 2005).

Na otoku Braču izloženi su izdanci koji predstavljaju cjelovitu gornjokrednu sukcesiju Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme. Taj slijed naslaga služi kao reprezentativni primjer razvoja gornjokrednih naslaga plitkovodnih karbonata na ADCP. Paleogenske su naslage također prisutne i to na sjeverozapadnim i jugoistočnim dijelovima otoka. Gornjokredni vapnenci karbonatne platforme predstavljaju slijed koji se uglavnom sastoji od malih ciklusa oplićavanja u višim horizontima, a podijeljen je u šest litostratigrafskih jedinica čije starosti datiraju od cenomana pa do mastrihta. Geološki stup s naznačenim formacijama prikazan je na slici 4, a formacije su, od najstarije prema najmlađoj sljedeće:

Formacija Milna, koja obuhvaća plitkovodne naslage cenomanske starosti, a koje su otkrivene u jezgri bračke antiklinale u dva odvojena područja (na zapadu otoka u području Milna te na središnjem i južnom dijelu otoka u zaleđu Bola, na južnim padinama Vidove gore). Naslage su većim dijelom bioklastični wackestone - grainstone (Gušić & Jelaska, 1990).

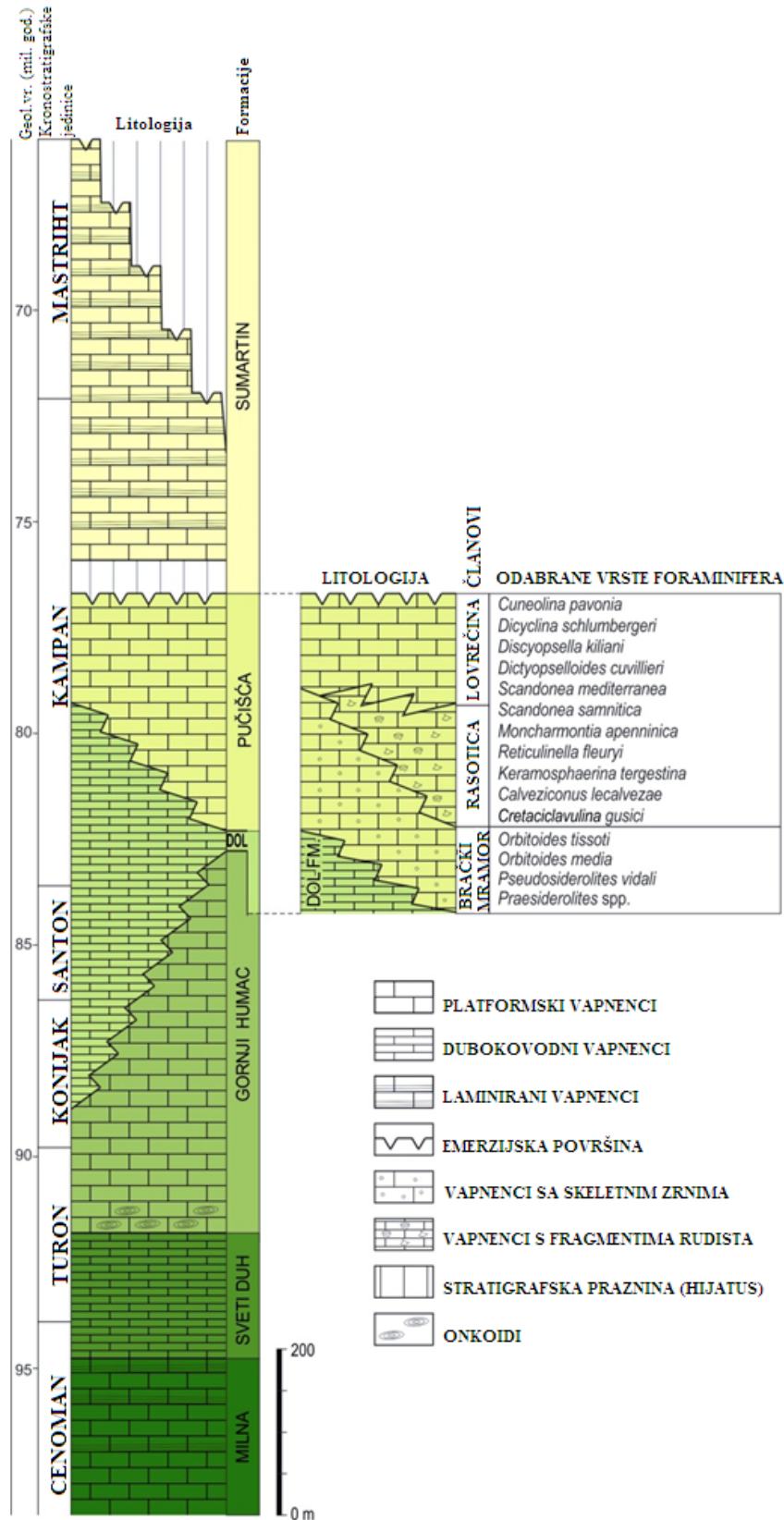
Formacija Sveti Duh, koja je zastupljena pelagičkim vapnencima (wackestone) s planktonskim foraminiferama i kalcisferama koji ukazuju na potapanje ADCP, a koji su u krovini formacije Milna. Debljina vapnenaca iznosi oko 110 metara, a starost im je određena korelacijom s drugim mediteranskim područjima, budući da u njima nisu pronađeni provodni fosili, te superpozicijski u odnosu na formacije u podini i krovini. S obzirom na to, starost naslaga formacije Sveti Duh odgovarala bi najvišem cenomanu i donjem turonu (Gušić & Jelaska, 1990).

Formacija Gornji Humac, koja počinje taloženjem tzv. „onkolita Gračišće“, nakon kojih su taloženi vapnenci muljne osnove. Debljina tih naslaga u sjevernom i istočnom dijelu otoka iznosi oko 250 metara dok u južnom, jugozapadnom-zapadnom dijelu dostiže više od 400 metara. Fosilni sadržaj (rudisti, bentičke foraminifere) ukazuje na gornjoturonsku starost člana Gračišće dok se muljnim vapnencima iznad onkolita pripisuje gornjoturonska–donjokampanska starost (Gušić & Jelaska, 1990).

Formacija Dol zastupljena je pretežno hemipelagičkim vapnencima (sivi vapnenci muljne osnove čiji je kamenarski naziv „Sivac“). Vremenski raspon taloženja ovih naslaga bio je od konijaka do donjeg kampana što je u skladu s podacima o eustatičkom rastu morske razine u to vrijeme i stratigrafskim položajem vrste *Murgella lata* iz vršnih dijelova formacije Gornji Humac (Gušić & Jelaska, 1990).

Formacija Pučišća, čije naslage imaju približnu debljinu od 80 metara, sastavljena je od vapnenaca koji čine tri njene jedinice (člana): „Brački mramori“ te članovi Rasotica i Lovrečina. Formaciji se pripisuje santonska–kampanska starost (Gušić & Jelaska, 1990).

Formacija Sumartin, koja je najvećim dijelom izgrađena od dolomitiziranih rudistno - foraminiferskih i laminitnih vapnenačkih varijeteta koji se izmjenjuju s mudstonima i wackestonima laminirane ili masivne građe, obuhvaća naslage koje slijede iznad gornjokampanske emerzije u vrhu člana Lovrečina pa do emerzije ispod eocenskih vapnenaca. Ove naslage velikim su dijelom rekristalizirane i dolomitizirane, a starost im je mastrihtska. Česta foraminifera je *Rhapydionina liburnica*, a u vrhu formacije vidljivi su sljedovi oplićavanja koji ukazuju na sniženje morske razine na samom kraju krede (Gušić & Jelaska, 1990).



**Slika 4** Geološki stup gornjokrednih naslaga na otoku Braču (preuzeto iz Gušić & Jelaska, 1990, nadopunjeno prema Schlagintweit & Cvetko Tešović, 2017).

## 2.2. Dosadašnja geološka istraživanja

Gornjokredne naslage otoka Brača poznate su još od austrijskih vremena. Najnovija istraživanja, provedena na Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta, u okviru izrade Osnovne geološke karte Republike Hrvatske mjerila 1:50.000 doprinijela su preglednosti geologije otoka te njegovoj prostornoj povezanosti (Jelaska et al., 2015).

Postoji dosta radova koji se odnose na pojavljivanje bitumenoznih vapnenaca na Braču, ali s obzirom na tematiku ovog rada, ovdje neće biti spomenuti, nego će biti navedeni samo oni sa stratigrafskom sedimentološkom i mikropaleontološkom tematikom.

Prvi radovi s vrlo sažetom stratigrafijom su Jelaska et al. (1986), Jelaska (1988) te Gušić & Jelaska (1988). Vezano za stratigrafiju otoka Brača postoje još dva značajna rada: Pejović & Radoičić (1968), koji sadrži korisne podatke o fosilnim zajednicama, njihovom slijedu i međusobnoj korelaciji profila i stariji, Pejović & Radoičić (1987), u kojem su autorice revidirale stratigrafsku shemu iz svog rada iz 1987. godine i dale biostratigrafski pregled starijih krednih naslaga na Braču te predložile uvođenje šest formacija koje su pritom imenovala.

Probleme i dostignuća stratigrafije gornje krede otoka Brača najpotpunije su prikazali Gušić & Jelaska (1990) pri čemu su posebnu pažnju obratili na nesklad između dotadašnje stratigrafske provodnosti rudista i velikih foraminifera, stratigrafski položaj vrste *Keramosphaerina tergestina* te mastrihtsku starost slojeva s rapidioninama, radshovenijama i murcijelama (= formacija Sumartin u radu).

Osim prethodno navedenih radova, važno je spomenuti rad Cvetko Tešović et al. (2001). Iako je u radu naglasak na gornjokrednoj formaciji Pučišća, rad daje biostratigrafski prikaz gornjokrednih naslaga na otoku Braču te opis mikrofosilnih zajednica s posebnim osvrtom na građu i starost bentičkih foraminifera.

Steuber et al. (2005) je rad s naglaskom na kronostratigrafiji karbonata otoka Brača. Starost naslaga i granice među formacijama određene su na ljušturama rudista Sr-izotopnom stratigrafijom tj. metodom. Rad je značajan jer, osim što daje biostratigrafski prikaz Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme na samom kraju mezozoika, upućuje na emerziju na području uvale Likva.

Vlahović et al. (2005) i Velić (2007) prikazuju paleo(bio)geografiju, paleoklimatologiju i paleoekologiju područja Vanjskih Dinarida. Premda je u radovima proučavano šire područje, oni su ipak od velike pomoći pri razumijevanju i objašnjenju stratigrafije užeg, u diplomskom radu istraživanog, područja.

Za istraživanje gornjokrednih naslaga otoka Brača značajni su i mikropaleontološki radovi (Cherchi et al., 1991; De Castro et al., 1994; Cvetko Tešović et al., 1997) i Schlagentweit & Cvetko Tešović (2016, 2017) u kojima se opisuje, po prvi put, čak pet novih vrsta bentičkih foraminifera uključujući četiri nova roda.



### **3. Materijali i metode istraživanja**

#### **3.1. Uzorci**

Uzorke koji su omogućili izradu ovog diplomskog rada ustupile su dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, izv. prof. i dr. sc. Maja Martinuš. Analizirani su uzorci karbonata najmlađeg gornjokrednog slijeda otoka Brača, zapadnog dijela uvale Likva (slika 1). Prikupljeno je 28 uzoraka na izdanku uz samu obalu, a označeni su oznakama od Ld—1 do Ld—28 (Ld = Likva, donji dio).

#### **3.2. Terenske metode istraživanja**

Naslage najmlađe krede kontinuirano izdanjuju uz samu obalu i na tom je području, na zapadnom dijelu uvale Likva, snimljen geološki stup metodom sloj-na-sloj. Metoda sloj-na-sloj podrazumijeva da je izdanak snimljen i istraživanu kontinuiranom slijedu te da su teksturne, strukturne i fosilne značajke detaljno bilježene sa svakom svojom promjenom. Geološki stup debljine je 31,26 metara, a snimljeni dio za potrebe ovog rada „završava“ rasjedom.

Svi uzorci su fotografirani te terenski strukturno i fosilno određeni korištenjem terenske lupe povećanja 10, odnosno, 5 puta.

#### **3.3. Laboratorijske metode istraživanja**

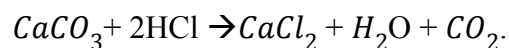
Od uzoraka prikupljenih na terenu napravljeno je 54 stijenskih mikroskopskih izbrusaka pri čemu je od nekih uzoraka napravljeno više od jednog izbruska, a načinjeni su u svrhu sedimentoloških i mikropaleontoloških analiza. Mikroskopiranjem na Carl Zeiss Jena polarizacijskom mikroskopu određene su sedimentne strukture i teksture uzoraka te su uzorci određeni prema klasifikaciji iz Dunham et al. (1962), nadopunjenoj prema Embry & Klovanu (1971), koja je temeljena na strukturnim značajkama stijene, tj., odnosu udjela zrna i mulja, prisutstvu ili odsutstvu karbonatnog mulja te znakovima organogenog vezivanja skeleta tijekom rasta organizama. Uzorci su tako većinom klasificirani kao mudstone, wackestone, packstone, grainstone ili floatstone. Mikropaleontološkom analizom, odnosno, proučavanjem

mikrofosila prisutnih u izbruscima, interpretirani su facijesi i okoliši taloženja istraživanih karbonata te njihove relativne starosti, lito- i biostratigrafija (Flügel, 2004).

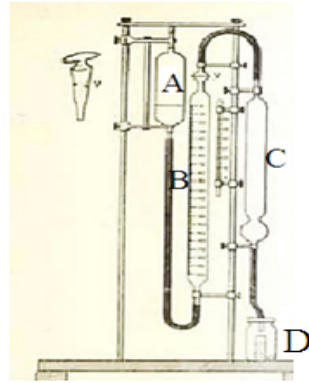
### 3.3.1. Određivanje udjela kalcijevog karbonata

Kako su u slijedu naslaga uvale Likva pronađeni tragovi emerzije, nekoliko je uzoraka (ukupno pet) odvojeno za daljnju analizu. Mjerenja su provedena na cjelovitim uzorcima frakcije manje od dva mikrona. Od svakog su uzorka napravljene po dvije izvage od približno tristo miligrama i na taj su način, radi veće točnosti i preciznosti analize, napravljena po dva mjerenja za svaki uzorak. Isto tako, napravljena su i dva mjerenja na standardima za kalcijev karbonat.

Utvrđivanje kalcijevog karbonata zasniva se na njegovoj reakciji s klorovodičnom kiselinom pri čemu se oslobađa ugljikov dioksid. Tijek reakcije je sljedeći:



Volumetrijska metoda određivanja kalcijevog karbonata temelji se na dobivanju volumena ugljikovog dioksida pri određenom tlaku i temperaturi, a eksperiment se provodi u Scheiblerovom kalcimetru (slika 5). Scheiblerov se kalcimeter sastoji od tri staklene cijevi (označene slovima A, B i C na slici 5) i bočice D, koje su međusobno povezane gumenim crijevima (slika 5). Cijev A je pomična i služi za izjednačavanje tlaka i sadrži zakiseljenu vodu, cijev B je graduirana i na njoj se očitava volumen oslobođenog ugljikovog dioksida i također sadrži zakiseljenu vodu, a cijev C je fiksna i spojena s bočicom D. Zakiseljena voda u cijevima A i B obojana je s nekoliko kapi crvenog metil indikatora, a zakiseljena je sumpornom kiselinom radi sprječavanja adsorpcije razvijenog ugljikovog dioksida. U staklenu bočicu D stavlja se mala epruveta s klorovodičnom kiselinom (Vukadinović, 2012/2013).



**Slika 5** Scheiblerov kalkimetar (preuzeto iz Vukadinović, 2012/2013).

Na početku eksperimenta trebalo je epruvetu s uzorkom napuniti do dvije trećine deset postotnom klorovodičnom kiselinom i izjednačiti razine obojene tekućine u cijevima A i B. Na cijevi B se zatvori ventil, a potom se zatvori i bočica D. Nakon zatvaranja bočice ventil se otvori, a miješalica uključi kako bi se kiselina razlila na uzorak. Prilikom izlivanja kiseline na uzorak dolazi do reakcije i oslobađanja ugljikovog dioksida. Nakon završetka reakcije izjednačava se razina obojene tekućine u cijevima A i B pomicanjem cijevi A po staklu te se očita volumen oslobođenog ugljikovog dioksida. Količina kalcijevog karbonata izračuna se pomoću formule:  $\%CaCO_3 = (mg\ CO_2 \times F \times 2.274 \times 100) / mg\ uzorka$ . Količina oslobođenog ugljikovog dioksida množi se s koeficijentom 2.274 za preračun u masu kalcijevog karbonata u uzorku, a faktor F je težina jednog mililitra ugljikovog dioksida pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (tablica 1).

**Tablica 1** Masa  $1\text{cm}^3$  ugljikovog dioksida ( $\mu\text{g}$ ) pri različitim vrijednostima tlaka i temperature (preuzeto iz Vukadinović, 2012/2013).

°C	Tlak u mm Hg						
	752	754	756	758	760	762	765
26	1.816	1.822	1.829	1.835	1.840	1.845	1.849
25	1.823	1.829	1.836	1.842	1.847	1.852	1.856
24	1.829	1.835	1.842	1.848	1.853	1.858	1.862
23	1.835	1.841	1.848	1.854	1.859	1.864	1.868
22	1.841	1.847	1.854	1.860	1.865	1.870	1.875
21	1.848	1.854	1.861	1.867	1.872	1.877	1.882

### 3.3.2. Rendgenska difrakcijska analiza (XRD)

Uzorak Ld–25a/2 za koji se, nakon analize udjela kalcijevog karbonata, pokazalo da ne sadrži 100% kalcijevog karbonata korišten je za rendgensku difrakcijsku analizu. Njegovom se analizom željelo odrediti koji su minerali glina prisutni u njegovoj frakciji manjoj od 2 mikrona. Uzorak je sniman na rendgenskom difraktometru Phillips PW3040/60 X'Pert PRO. Kao izvor zračenja korištena je bakrena cijev pod naponom od 40 kV, a jakost struje bila je 40 mA. Korišteno je  $\text{CuK}\alpha_{1,2}$  zračenje valne duljine 1.54178 Å.

Rendgenska difrakcija je nedestruktivna tehnika koja pruža detaljne informacije o kemijskoj i strukturnoj strukturi snimanog materijala. U trenutku kada rendgenske zrake padnu na uzorak, atomi ili ioni počinju djelovati kao novi, sekundarni, izvori zračenja tj. dolazi do rasipanja rendgenskih zraka na elektronskim oblacima atoma. Između rasutih zraka dolazi do interakcije pri čemu se dio valova pojačava, dio slabi ili se poništava, a sama se pojava naziva difrakcija. Osnovni uvjet koji treba biti ispunjen da bi došlo do difrakcije elektromagnetnog zračenja jest da valna duljina zračenja i dimenzije rešetke budu bliske. To je zadovoljeno jer je valna duljina rendgenskog zračenja istog reda veličine kao razmak susjednih ravnina u kristalima. Difrakcija se obično tumači Braggovim zakonom koji, izražen formulom glasi:  $2d\sin\theta = n\lambda$  pri čemu je  $d$  = međumrežni razmak ravnina (hkl),  $\theta$  = kut upada rendgenskih zraka na mrežnu ravninu,  $\lambda$  = valna duljina upadnog rendgenskog zračenja, a  $n$  = red zračenja (cijeli broj).

Za potrebe rendgenske difrakcijske analize otopljeno je približno 500 grama uzorka u 3,5 postotnoj klorovodičnoj kiselini. Nakon otapanja, dekantiranjem je odvojena tekućina od taloga na koji je kasnije dodan vodikov peroksid koncentracije 1:1 kako bi se razgradila prisutna organska tvar. Desetminutnim centrifugiranjem na 3500 okretaja u minuti odvojena je suspenzija čijim su nakapavanjem, na prethodno matirana predmetna stakalca, napravljeni orijentirani preparati minerala glina. Orijetirani preparati osušeni su pod IC lampom i snimani na rendgenskom difraktometru u rasponu od 4 do  $65^\circ 2\theta$ . Nakon snimanja ostavljeni su 24 sata u eksikatoru s etilen glikolom nakon čega su ponovno snimljeni. Stakalca su nakon tog snimanja žarena 1 sat na  $400^\circ\text{C}$  u peći proizvođača Inko/LP 08, snimljena, ponovno žarena 1 sat, ali na  $550^\circ\text{C}$  te još jednom snimana, ali u rasponu od 2 do  $20^\circ 2\theta$ . Osim orijentiranih preparata, napravljen je neorijentirani preparat minerala glina i to nakon što je isparila tekućina iz suspenzije dobivene centrifugiranjem, a sniman je u rasponu od 4 do  $63^\circ 2\theta$ .

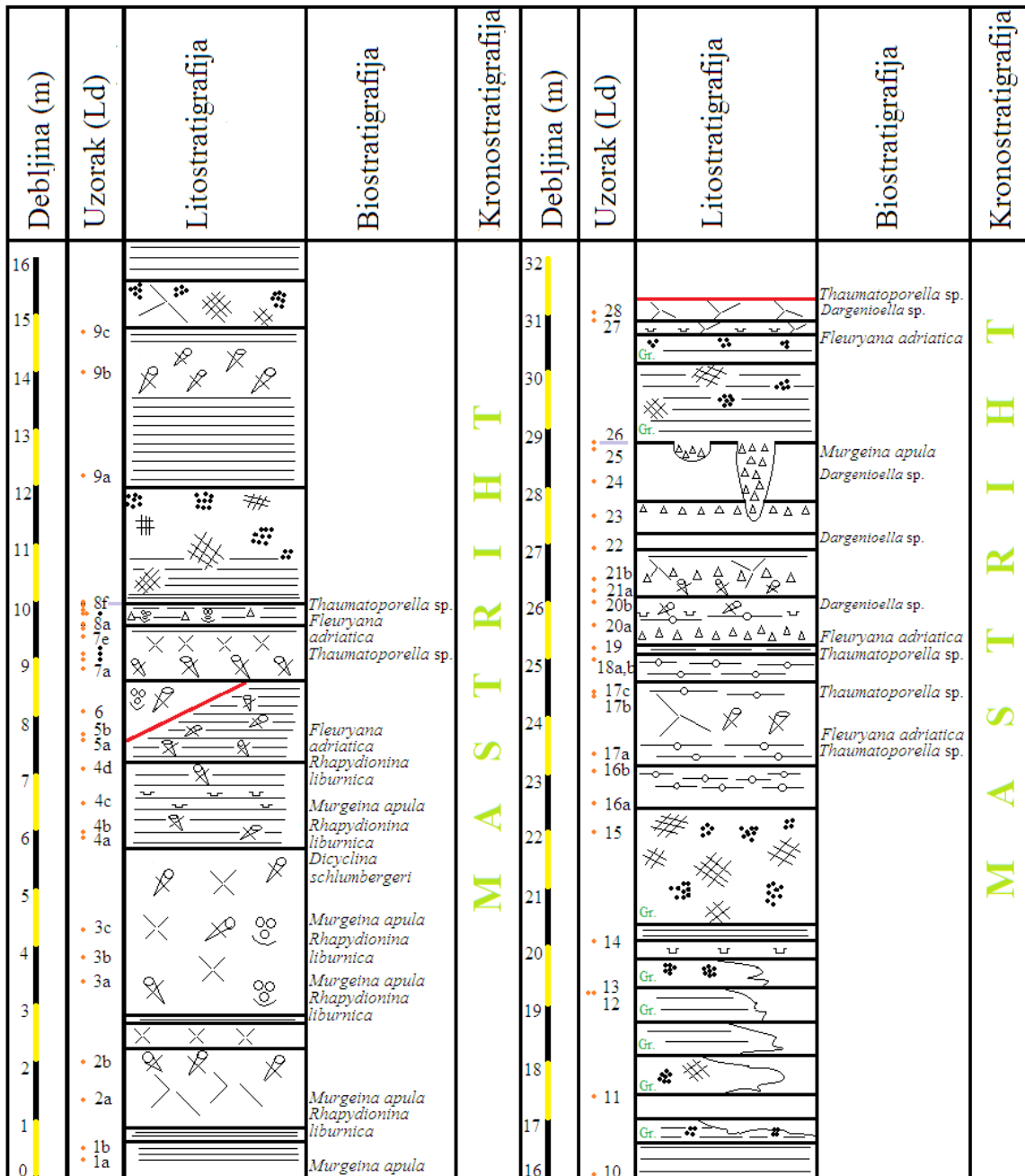
## 4. Rezultati

### 4.1. Litologija istraživanih naslaga

Na istraživanom je terenu snimljen detaljni geološki stup metodom sloj-na-sloj, koji obuhvaća 32 metra gornjokrednih (mastihtskih) naslaga (slika 7). U prilogu 1 prikazane su terenske fotografije najkarakterističnijih litologija prisutnih unutar slijeda.

Istraženi slijed izgrađen je od karbonatnih, i to najvećim dijelom, vapnenačkih naslaga. U donjem dijelu slijeda vapnenci su raspucani, pretežito laminirani i sadrže razne bioklaste, među kojima su česti fragmenti rudista, koji su navise sve rjeđi. Mogu se razlikovati fragmenti rudista tamnijih ljuštura, koji su najčešće sitniji (prilog 1, slika B), i oni svjetlijih ljuštura koji su najčešće krupniji od tamnijih (prilog 1, slika B). U gornjem dijelu slijeda, u nekoliko razina, pojavljuju se ostaci grebenotvornih organizama (prilog 1, slika D). Te razine lateralno prelaze u brašnaste i rekristalizirane mikritne vapnence siromašne fosilima, a mjestimice su odijeljene laminiranim mikritima fenestralne građe (prilog 1, slika C). U samom vršnom dijelu stupa bentičke foraminifere nešto su učestalije.

Unutar slijeda prisutne su dvije značajnije emerzijske površine, od kojih je ona mlađa, na oko 28,8 m slijeda (slika 6), uzorkovana za potrebe određivanja udjela kalcijevog karbonata i rendgensku difrakcijsku analizu na praškastom uzorku. Unutar geološkog stupa uočene su dvije rasjedne površine duž kojih nije bilo značajnijih pomaka te je slijed snimljen u kontinuitetu.



Legenda

- |                           |                          |                         |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Vapnenac mikritne potpore | Bioklast                 | Fragment rudista        |
| Horizontalna laminacija   | Bioturbacija             | Bentičke foraminifere   |
| Rasjedna površina         | Litoklasti / intraklasti | Grebenotvorni organizmi |
| Pukotina                  | Fenestre                 |                         |
| Gr. Grebenski nivo        |                          |                         |
| Emerzijska površina       |                          |                         |

Slika 6 Detaljni geološki stup dijela mastrihtskih naslaga uvale Likva.

## 4.2. Starost istraživanih naslaga

Starost istraživanih naslaga utvrđena je na temelju fosila prisutnih unutar uzoraka. Gornjokrednu starost naslaga potvrđuju diskorbidne foraminifere i rudisti, a utvrđena mikrofosilna zajednica bentičkih foraminifera uspoređivana je s Gušić & Jelaska (1990) te Velić (2007) i ukazuje da bi njihova starost mogla biti najmlađi mastriht (tablica 2).

**Tablica 2** Utvrđena mikrofosilna zajednica najznačajnijih bentičkih foraminifera unutar istraživanih naslaga.

Naziv vrste	Stratigrafski raspon	Slika
	mastriht	
<i>Dicyclina schlumbergeri</i> (Munier-Chalmas, 1887)	_____	10
<i>Fleuryana adriatica</i> (De Castro, Drobne & Gušić, 1994)	_____	11 b
<i>Murgeina apula</i> (Luperto Sinni, 1968)	_____	8
<i>Rhapydionina liburnica</i> (Stache, 1889)	_____	10
<i>Dargenioella</i> sp. (Inan et al., 1996)	-----	13 i 14

## 4.3. Mikrofacijesne analize

Na temelju sedimentoloških i mikropaleontoloških analiza determinirane su sedimentne strukture i teksture te su uzorci klasificirani prema Dunhamovoj klasifikaciji (1962) s nadopunama Embryja & Klovana (1971). Osim toga, na temelju mikrofosilnog sadržaja interpretirani su okoliši taloženja proučavanih karbonata. Za opis i interpretaciju okolišnih uvjeta na karbonatnoj platformi korištene su standardne facijesne zone (FZ) i standardni mikrofacijesni tipovi (SMF) prema Flügelu (2004), a oni su dio modificiranog Wilsonovog modela (Flügel, 2004).

### 4.3.1. Standardni mikrofacijesni tipovi

Standardni mikrofacijesni tipovi predstavljaju virtualne kategorije koje obuhvaćaju mikrofacijese nastale u taložnim okolišima sa sličnim uvjetima. Većina mikrofacijesnih tipova bazirana je na nekoliko dominantnih karakteristika kao što su tip zrna, biota i teksture taloženja. Wilson je u svom modelu predstavio i objasnio 24 mikrofacijesna tipa, a glavni kriteriji razlikovanja su prevladavajući tip zrna, tip matriksa, fosilni sadržaj te strukturne i teksturne značajke (Flügel, 2004).

Proučavani uzorci svrstani su unutar devet različitih standardnih mikrofacijesnih tipova (SMF) koji definiraju tri facijesne zone (FZ 7, FZ 8 i FZ 9) (tablica 3; slika 7).

**Tablica 3** Pregled standardnih mikrofacijesnih tipova (SMF) i facijesnih zona (FZ) utvrđenih u analiziranim uzorcima slijeda Likva. Korištene kratice: M – mudstone; W – wackestone; P – packstone; B – bindstone; F – floatstone. Standardni mikrofacijesni tipovi poredani su od onih karakterističnih za plitkovodnije prema onima karakterističnim za dubljevodne okolišne uvjete.

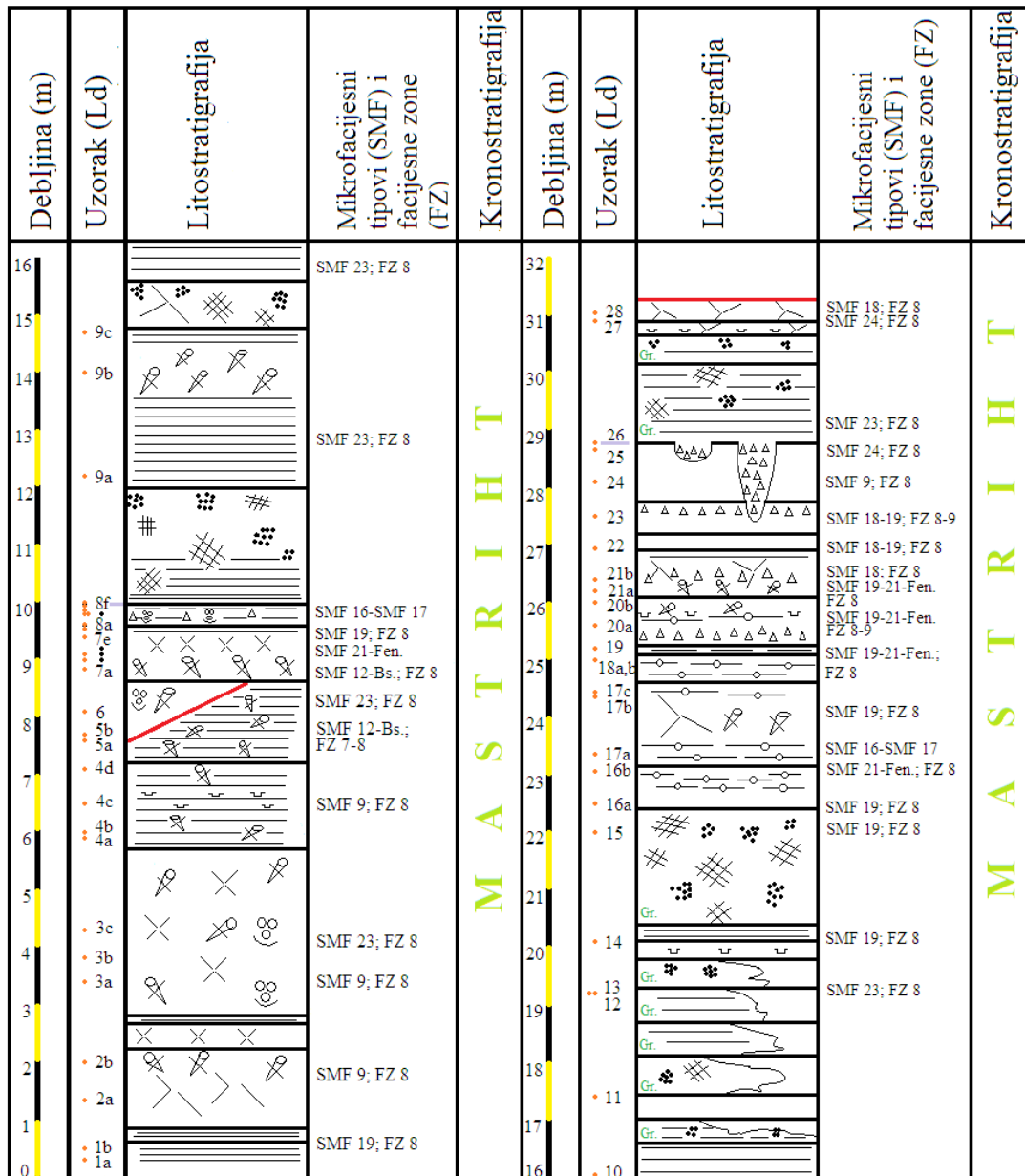
Standardni mikrofacijesni tip (SMF)		Uzorci (Ld)	Facijesna zona (FZ)
24	intraklastični M intraklastično - bioklastični W - P	25, 27	8
23	M bioklastični M rekristalizirani M	3b, 3c, 6, 9, 11, 12, 13, 26	8
21–Fen.	fenestralno - peloidno - ostrakodni P (B) diskorbidno - ostrakodni W - P fenestralno - peloidni W - P peloidno - intraklastični W peloidno - bioklastični W	7e/1, 16b, 18, 19, 20, 21a	8
19	ostrakodni M peloidno - ostrakodno - diskorbidni W - P M ostrakodno - diskorbidni W - P	1, 7e/3, 14, 15, 16a, 17b	9B i 8
18–For.	foraminifersko - ostrakodni W ostrakodno - foraminiferski W foraminiferski W - P	21b, 22, 23, 28	9B i 8



16–17	peloidno - diskorbidni W peloidno - intraklastični W peloidno - intraklastični W - P peloidni P - G	8a, 8b, 8d, 8f, 17a	7 i 8
12–Bs.	rudistni F bioklastični W	5, 7a, 7b, 7c, 7d	8 i 7
9	peloidno - bioklastično - intraklastični W foraminifersko - rudistni M peloidno - bioklastični M diskorbidni W	2, 3a, 4, 24	7

Mikrofacijesni tipovi su, s obzirom na zastupljenost unutar uzoraka, sljedeći: SMF 23, SMF 19, SMF 21–Fen. (Fen - fenestralni), SMF 9, SMF 16–lam. (lam - laminirani), SMF 16–non-lam. (non-lam - nelaminirani), SMF 17, SMF 12–Bs. (Bs - *bivalveshells*, ljuštore školjkaša), SMF 18–For. (For - foraminiferski) i SMF 24. U daljnjem tekstu mikrofacijesni će tipovi biti prikazani od najzastupljenijeg prema najmanje zastupljenom.

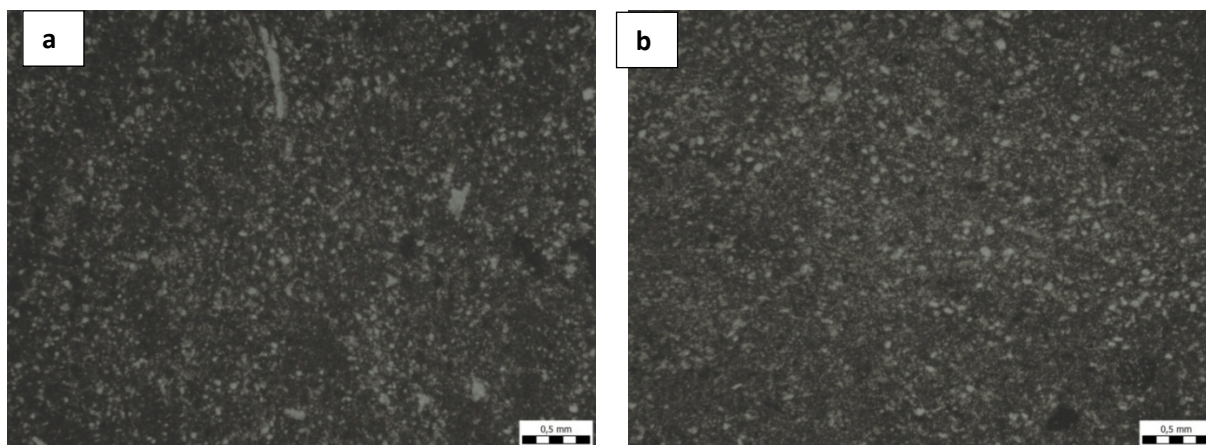
Najveći dio uzoraka svrstan je u mikrofacijesni tip 23 (SMF 23), a on je definiran kao nelaminirani homogeni mikrit i mikrosparit bez fosila vezan uz facijesnu zonu 8 (Flügel, 2004). Mikrofacijesni tip, odnosno, uzorci koji su tako determinirani prikazani su na slikama 8a i 8b.



## Legenda

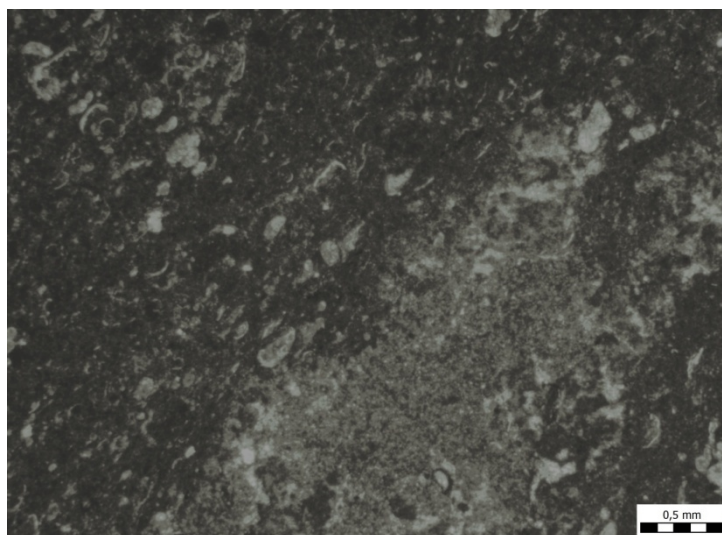
Vapnenac mikritne potpore	Bioklast	Fragment rudista
Horizontalna laminacija	Bioturbacija	Bentičke foraminifere
Rasjedna površina	Litoklasti / intraklasti	Grebenotvorni organizmi
Pukotina	Fenestre	
Grebenski nivo		
Emerzijska površina		

Slika 7 Pregled standardnih mikrofacijesnih tipova (SMF) i facijesnih zona (FZ) unutar snimanog dijela naslaga u uvali Likva.



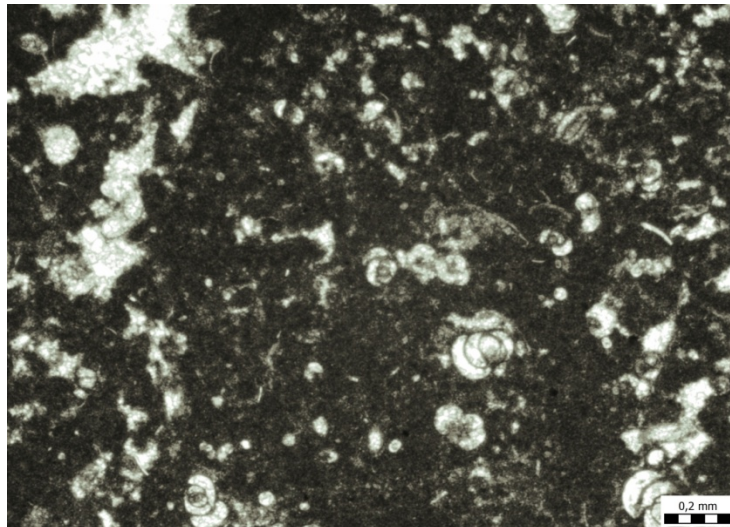
**Slika 8 a)** Nelaminirani homogeni mikrit, SMF 23; uzorak Ld–3b. **b)** Rekrystalizirani mikrit, SMF 23; uzorak Ld–26.

Gusto laminirani bindstone s rijetkim fosilima ostrakoda, foraminifera, puževa i alga definira mikrofacijesni tip 19 (SMF 19; slika 9). On je vezan uz facijesne zone 8 i 9 (Flügel, 2004).



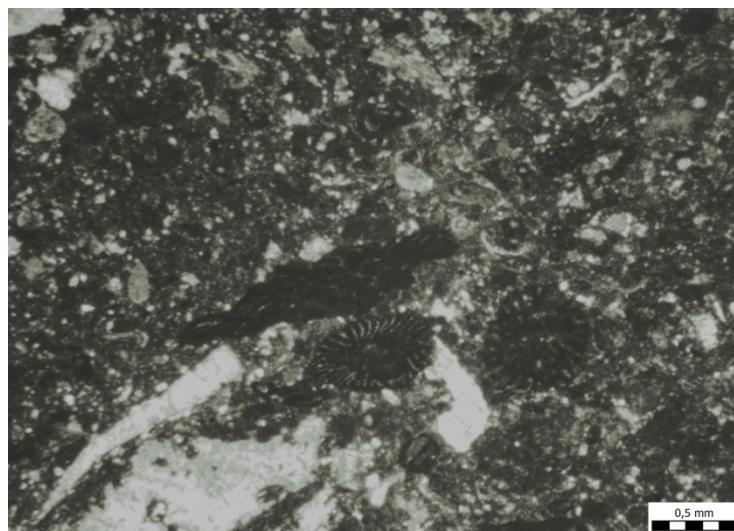
**Slika 9** Horizontalno laminirani wackestone - packstone, SMF 19; uzorak Ld–1b.

Mikrofacijesni tip 21 (SMF 21) u uzorcima je prisutan kao SMF 21–Fen. Taj je mikrofacijesni tip definiran kao fenestralni packstone i bindstone i vezan je uz facijesnu zonu 8 (restriktivni lagunski okoliši). Karakteriziraju ga fenestralne šupljine različitih veličina od kojih manje odgovaraju šupljinama ptičjeg oka, a veće mogu imati stromataksis strukturu (Flügel, 2004). Na slici 10 prikazan je uzorak koji je svrstan unutar tog mikrofacijesnog tipa.



**Slika 10** Laminirani packstone (bindstone), SMF 21–Fen.; uzorak Ld–21a.

Mikrofacijesni tip 9 (SMF 9) definiran je kao bioklastični wackestone, a karakterizira ga mikritna osnova s puno fragmenata fosila. Bioklasti su često mikritizirani, a od fosila su česti školjkaši, puževi i bodljikaši. Okoliš koji se s njima povezuje jesu plitke lagune s otvorenom cirkulacijom vode ispod ili u razini valne baze lijepog vremena (FZ 7), što je slučaj u ovom radu (Flügel, 2004). Slika 11 prikazuje uzorak svrstan u mikrofacijesni tip 9.

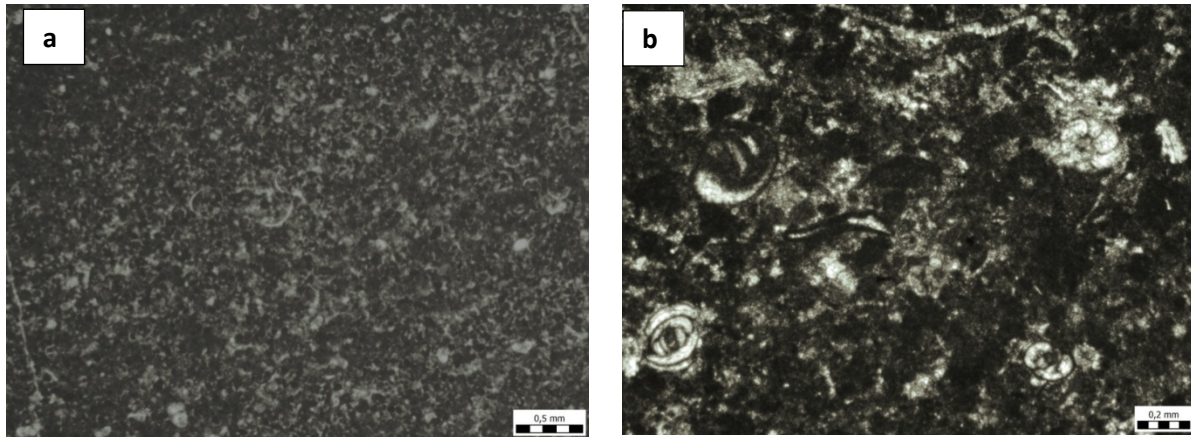


**Slika 11** Bioklastični wackestone, SMF 9; uzorak Ld–2a.

Mikrofacijesni tip 16 (SMF 16) u uzorcima se pojavljuje kao laminirani (SMF 16–lam.; laminirani peloidni bindstone) i nelaminirani varijetet (SMF 16–non-lam.; nelaminirani peloidni grainstone i packstone). Nelaminirani varijetet karakteriziran je sitnim peloidima jednakih veličina u asocijaciji s bentičkim foraminiferama, ostrakodima, a laminirani varijetet karakteriziraju peloidi različitih dimenzija koji mogu formirati sitnozrnasti packstone ili



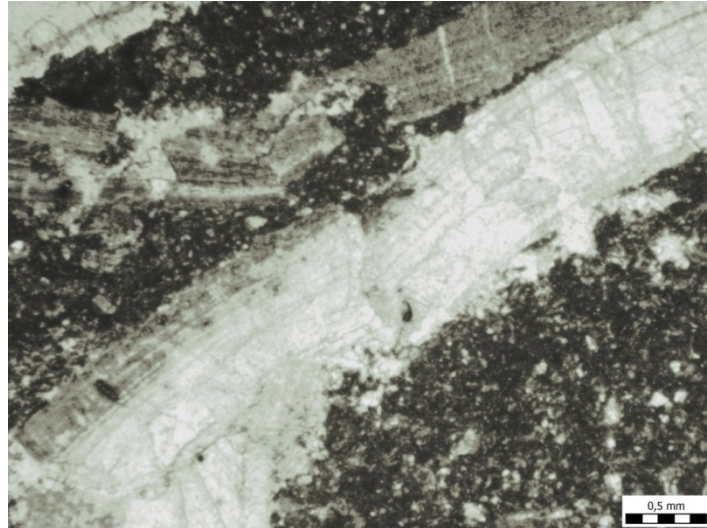
grainstone. Naslage definirane ovim mikrofacijsnim tipom česte su u plitkim okolišima unutarnjeg dijela karbonatne platforme u područjima umjerene cirkulacije vode (FZ 8; Flügel, 2004). Na slikama 12a i 12b prikazani su uzorci svrstani u mikrofacijsni tip 16.



**Slika 12 a)** Peloidni packstone - grainstone, SMF 16–lam.; uzorak Ld–8b. **b)** Peloidno - intraklastični wackestone, SMF 16–non-lam.–17; uzorak Ld–17a.

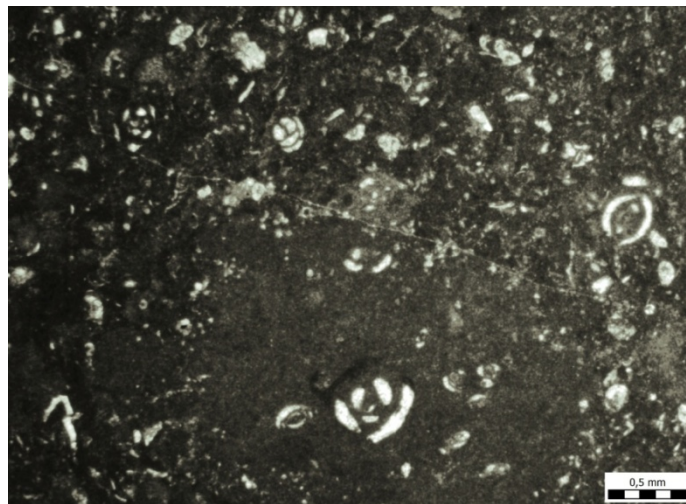
Mikrofacijsni tip 17 (SMF 17) definiran je kao agregatno-zrnasti grainstone. Karakteriziraju ga pelodi i obavijena mikritizirana skeletna zrna, fosili su rijetki, no moguće su foraminifere i alge. Okoliši s kojima se povezuje su otvoreni i restriktivni dio unutarnje platforme (FZ 7 i FZ 8; Flügel, 2004). Na slici 12b prikazan je uzorak svrstan u mikrofacijsni tip 16 (SMF 16–non-lam.)–17.

Mikrofacijsni tip 12 (SMF 12) definiran je kao vapnenac s koncentriranim ljušturama školjkaša. Proučavani uzorci sadrže ljuštire školjkaša (rudista) pa je njihov pripadajući mikrofacijsni tip SMF 12–Bs. Taj je mikrofacijs vezan uz restriktivni i otvoreni dio unutarnje karbonatne platforme (FZ 8 i FZ 7; Flügel, 2004). Na slici 13 prikazan je uzorak koji je svrstan u taj mikrofacijsni tip.



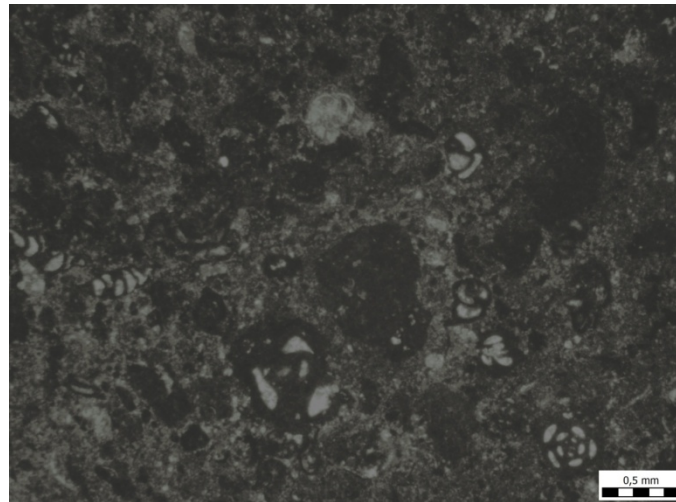
**Slika 13** Rudistni floatstone, SMF 12–Bs.; uzorak Ld–5b.

Mikrofacijesni tip 18 (SMF 18) definiran je kao bioklastični grainstone i packstone s mnoštvom bentičkih foraminifera ili zelenih alga, a vezan je za restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme (FZ 8) i plitke lagune s otvorenom cirkulacijom vode (FZ 9; Flügel, 2004). Unutar proučavanih uzoraka česti su peloidi, ljušture ostrakoda i bentičke foraminifere koje su dominantni fosili unutar uzoraka pa su oni svrstani u SMF 18–For. Na slici 14 prikazan je uzorak koji pripada SMF 18–For.



**Slika 14** Ostrakodno - foraminiferski wackestone, SMF 18–For.; uzorak Ld–22.

Mikrofacijesni tip 24 (SMF 24) definiran je kao intraklastični floatstone i rudstone (slika 15). Intraklasti su veličine nekoliko centimetara i slabo su do srednje zaobljeni, mikritni klasti su izduženi i prisutni u većoj količini, a ponekad su tako uređeni da uzorak izgledom podsjeća na breču. Okoliši s kojima se povezuje taj mikrofacijes je restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme (FZ 8; Flügel, 2004).



**Slika 15** Bioturbirani intraklastično - bioklastični wackestone - packstone, SMF 24; uzorak Ld–27.

#### 4.3.2. Standardne facijesne zone

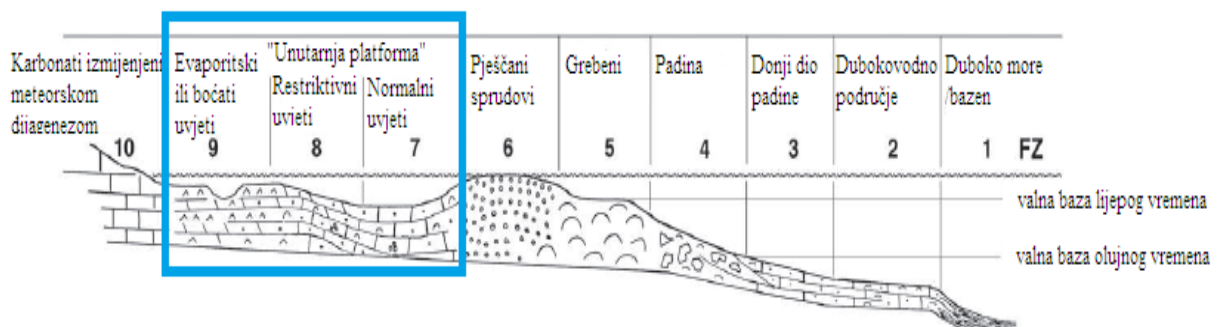
Standardna facijesna zona predstavlja idealizirani facijesni pojas koji se proteže od otvorenog dubokomorskog bazena, duž kontinentske padine i rubova platforme pa do njenog unutarnjeg dijela i same obale. Zone se međusobno razlikuju prema prevladavajućim sedimentima, bioti i litofacijesima pa tako karbonati, nastali unutar određene facijesne zone, predstavljaju specifične standardne mikrofacijesne tipove (*Standard microfacies type*, SMF). Određivanje facijesne zone i smještanje proučavanih karbonata unutar njih omogućuje procjenu paleogeografske situacije, prepoznavanje okoliša taloženja i povezanosti između široko razmaknutih stratigrafskih područja te procjenu ekonomskih vrijednosti (Flügel, 2004). Standardne facijesne zone karbonatne platforme, prema modificiranom Wilsonovom modelu, prikazane su na slici 16 pri čemu su obilježene one koje su dio unutarnjeg dijela platforme (FZ 7, FZ 8 i FZ 9) koje su, ujedno, utvrđene analizom.

Proučavani karbonati pripadaju dijelu platforme koji je Wilson u svom modelu nazvao „unutarnja platforma“ (*platform interior*; slika 16). Taj dio platforme obuhvaća tri facijesne zone: FZ 7, FZ 8 i FZ 9. Kako postoje FZ 9A i FZ 9B, važno je napomenuti da analize uzoraka ukazuju na FZ 9B (tablica 4). Gotovo svi proučavani uzorci pripadaju facijesnoj zoni FZ 8 koja predstavlja restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme (tablica 4; slika 7). Preostalih nekoliko proučavanih uzoraka na prijelazu je ili FZ 7–FZ 8 ili FZ 8–FZ 9. Facijesna zona 7 predstavlja unutarnji dio karbonatne platforme s normalnim marinskim uvjetima (*platform interior – normal marine*). Unutar facijesne zone 9 razlikuju se FZ 9A (unutarnja

platforma na kojoj su taloženi evaporiti) i FZ 9B (unutarnja platforma na kojoj su uspostavljeni bočati uvjeti taloženja – *humid platform interior (brakish)*)).

**Tablica 4** Pregled facijesnih zona (FZ) utvrđenih u analiziranim uzorcima slijeda Likva. Standardni mikrofacijesni tipovi poredani su od onih karakterističnih za plitkovodnije prema onima karakterističnima za dubljevodne okolišne uvjete.

Facijesna zona (FZ)		Standardni mikrofacijesni tip (SMF)
9B	unutarnji dio karbonatne platforme s brakičnim uvjetima	19
8	restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme	24, 23, 21–Fen., 19, 18–For., 17, 16, 12–Bs.
7	unutarnji dio karbonatne platforme s normalnim marinskim uvjetima	17, 12–Bs., 9



**Slika 16** Standardne facijesne zone (FZ 1–FZ 10) karbonatne platforme prema modificiranom Wilsonovom modelu s označenim facijesnim zonama (plavi pravokutnik) koje su utvrđene analizom (preuzeto iz Flügel, 2004).

## 4.4. Emerzijska površina Ld–24

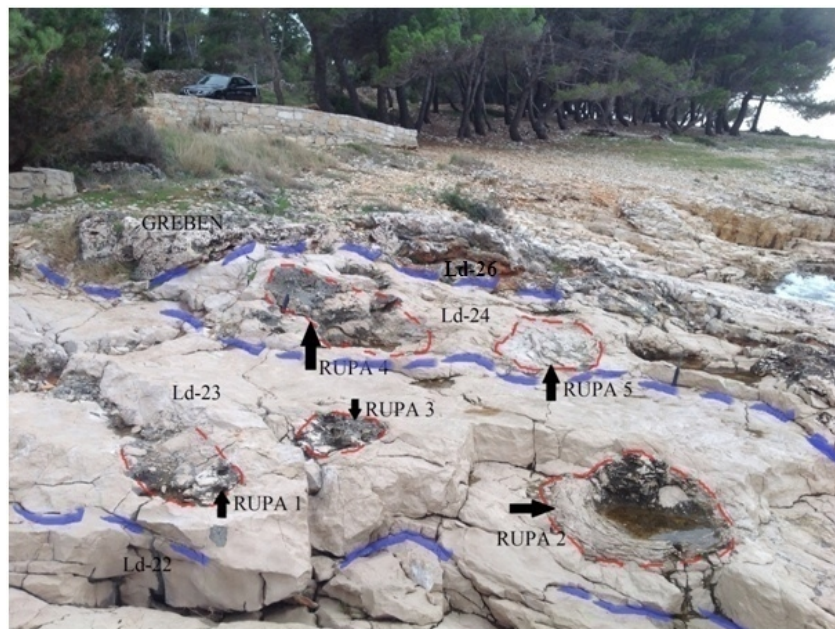
### 4.4.1. Opis

Unutar istraživanog slijeda uočene su dvije površine sa značajkama subaerskog izlaganja. Prva u donjem dijelu slijeda, na otprilike 10 metara, a druga na otprilike 29 metara slijeda (slika 6). Mlađa od te dvije površine, Ld–24, pokazuje izrazito neravan reljef razvijen u svijetlosivom mikritnom vapnencu s brojnim udubinama djelomično kružnog presjeka i cilindričnog oblika (slika 17). Udubine su ispunjene tamnosivim rekristaliziranim mikritnim vapnencem s nepravilnim, ili dijelom zaobljenim, mikritnim intraklastima kao i crnim



klastima (*black pebbles*; slika 18). Rekrystalizirani mikrit u ispunama, koji je mjestimice tamnosivo do crno obojen, uzorkovan je za potrebe određivanja udjela kalcijevog karbonata i rendgenske difrakcijske analize (uzorci Ld-25 i Ld-25d). Udubine su promjera do 1 metar, prodiru u podinski sloj Ld-23, a kontakt između materijala ispune i osnovne stijene je oštar (slika 17).

Mikrofacijesne analize pokazale su da je emerzijska površina razvijena u diskordidnom wackestonu sa sitnim ljušturama ostrakoda, nepravilnim fenestrama, rijetkim miliolidnim foraminiferama te vrstom *Dargenioella* sp. (uzorak Ld-24, standardni mikrofacijesni tip 9; SMF 9). Okoliš nastanka bio je niskoenergijski, a uzorak je svrstan u facijesnu zonu 8 (FZ 8; plitki i restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme). Mikritne ispune (uzorci Ld-25a i Ld-25d) klasificirane su kao rekrystalizirani intraklastični floatstone s rijetkim diskordidnim i miliolidnim foraminiferama te ljušturama ostrakoda (SMF 24). Okoliš nastanka također je bio niskoenergijski, odnosno, restriktivni i plitki unutarnji dio karbonatne platforme (FZ 8). Uzorak Ld-23 uzet je s podine emerzijske površine, a klasificiran je kao foraminifersko - ostrakodni wackestone (SMF 18-For.-SMF 19). Okoliš nastanka bio je niskoenergijski, a uzorak je svrstan u FZ 8-FZ 9B (restriktivni unutarnji dio karbonatne platforme – unutarnji dio karbonatne platforme s brakičnim uvjetima).



**Slika 17** Područje uzorkovanja na emerzijskoj površini Ld-24 za potrebe određivanja udjela kalcijevog karbonata. Označene su rupe 1–5 s vidljivim ispunama koje su uzorkovane (uzorci Ld-25a i Ld-25d), a prodiru u sloj Ld-24 i u njegovu podinu.



Slika 18 Crni klast (*black pebble*) i intraklasti, uzorak Ld–25d.

#### 4.4.2. Određivanje udjela kalcijevog karbonata

U gornjem dijelu slijeda, u sloju Ld–24, pronađene su rupe sa smeđkasto do tamnosivom mikritnom ispunom (uzorci Ld–25a/1, Ld–25a/2, Ld–25a/3, Ld–25a/4 iz rupe 1 i Ld–25d/1 iz rupe 5) i na tim je uzorcima, ali i na uzorku Ld–26 (uzet ispod grebena koji se nalazi iznad emerzijske površine; slika 16), volumetrijski određen udio kalcijevog karbonata.

Rezultati određivanja udjela kalcijevog karbonata u odabranim uzorcima prikazani su u tablici 5. Moguće je iščitati kako rezultati ne pokazuju značajnije varijacije te da su svi analizirani uzorci izrazito karbonatni. Uzorak Ld–25a/2 jedini nije pokazao da sadrži 100% kalcijevog karbonata i iz tog je razloga bio podložan daljnjoj analizi. Način izračuna postotka kalcijevog karbonata prikazan je na primjeru druge odvage standarda za kalcijev karbonat:

$$m \text{ (uzorak)} = 300.5 \text{ mg}$$

$$t = 27^{\circ}\text{C}; p = 1002 \text{ mbar}; m_{\text{CO}_2} = 1.810 \text{ mg/mL}$$

$$\text{faktor konverzije} = 2.274$$

$$V (\text{CO}_2) = 73.5 \text{ mL}$$

$$\% \text{CaCO}_3 = (73.5 \times 1.810 \times 2.274 \times 100) / 300.5$$

$$\% \text{CaCO}_3 = 100$$

**Tablica 5** Rezultati određivanja udjela kalcijevog karbonata. Napomena: premda je izračunom dobiveno da gotovo svi uzorci, osim Ld–25a/2 i jednog mjerenja za Ld–24, sadrže više od 100% udjela kalcijevog karbonata (što je nemoguće), u tablici su te vrijednosti korigirane i iznose 100%.

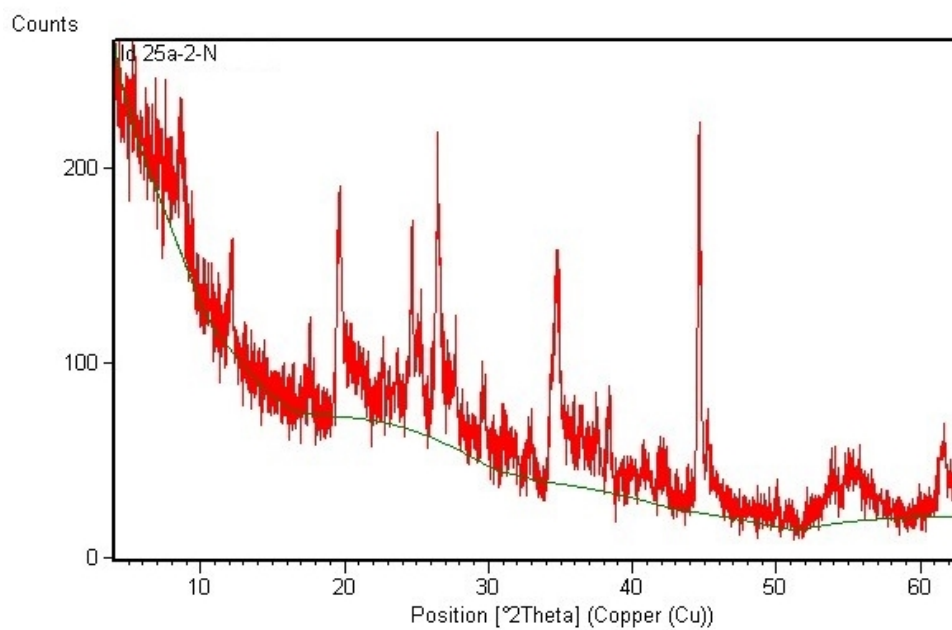
Uzorak		Masa uzorka (mg)	Volumen razvijenog CO <sub>2</sub> (mg)	Postotak CaCO <sub>3</sub>
Ld–24	1	300.9	73	99.85
	2	300.3	73.5	100
Ld–25a/1	1	302.8	76	100
	2	303	76	100
<b>Ld–25a/2</b>	<b>1</b>	<b>303.3</b>	<b>73.5</b>	<b>99.74</b>
	<b>2</b>	<b>302.8</b>	<b>73</b>	<b>99.23</b>
Ld–25a/3	1	300.1	75	100
	2	300.2	74	100
Ld–25a/4	1	302.9	76	100
	2	302.4	77	100
Ld–25d/1	1	302.7	76.5	100
	2	302.6	76	100
standard za CaCO <sub>3</sub>	1	300.8	74	100
	2	300.5	73.5	100

#### 4.4.3. Rendgenska difrakcijska analiza

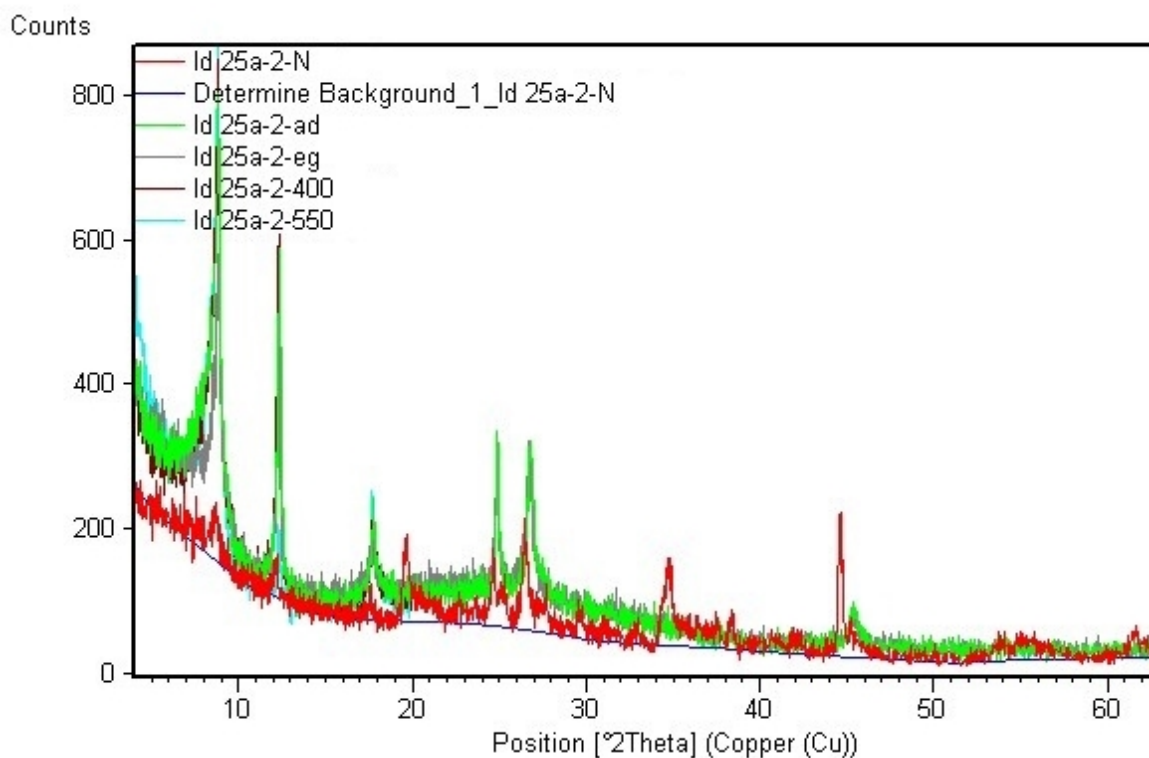
Rendgenska difrakcijska analiza provedena je na uzorku Ld–25a/2 za koji se pokazalo da ne sadrži 100% kalcijevog karbonata kako bi se utvrdilo koji su minerali glina prisutni u njegovoj frakciji manjoj od 2 mikrona. Rezultati su prikazani u tablici 6, a na slikama 19 i 20 rendgenogrami neorijentiranog i orijentiranih preparata minerala glina.

**Tablica 6** Rezultati rendgenske difrakcijske analize uzorka Ld–25a/2.

Pos. ( $^{\circ}$ 2 $\theta$ )	d-razmak ( $\text{\AA}$ )	Rel. Int. (%)	Mineral	hkl
8.6129	10.26669	24.50	illit	002
12.1396	7.29090	24.64	kaolinit	001
17.5422	5.05575	12.25	illit muskovit	004 002
19.6333	4.52173	50.07	illit muskovit	020 110
24.6792	3.60748	49.21	kaolinit	002
26.4534	3.36941	73.12	illit muskovit	006 003
29.6489	3.01314	16.64	muskovit	112
32.8982	2.72259	9.91	muskovit	023
34.7887	2.57884	54.02	illit muskovit	021 130
38.3944	2.34455	22.39	kaolinit	1-31
42.1288	2.14496	10.77	illit muskovit	22-3 -133
44.6663	2.02883	100.00	illit muskovit	0010 005
53.9125	1.70068	12.82	illit	2010
55.3568	1.65969	12.99	illit muskovit	316 151
61.5885	1.50462	19.51	illit	33-1



Slika 19 Rendgenogram neorijentiranog preparata minerala glina uzorka Ld-25a/2.



Slika 20 Usporedni prikaz rendgenograma orijentiranih preparata minerala glina uzorka Ld-25a/2.

U uzorku Ld—25a/2, u frakciji manjoj od 2  $\mu\text{m}$ , unutar neorijentiranog preparata minerala glina, prisutni su illit, muskovit i kaolinit (tablica 5). Najzastupljeniji su minerali muskovit i, od njega nastao trošenjem, illit. Njihovi su difrakcijski maksimumi jako slični pa je zbog toga teško odrediti pripada li neki samo illitu ili samo muskovitu. Osim njih u uzorku je prisutan kaolinit koji je jako slabo zastupljen sa svega nekoliko difrakcijskih maksimuma puno manjih intenziteta u odnosu na illit i muskovit.

Rezultati rendgenske difrakcijske analize na orijentiranim preparatima minerala glina prikazani su u obliku usporednih rendgenograma orijentiranih preparata sušenih na zraku (ad), tretiranih etilen-glikolom (eg) te žarenih na 400 i 550°C (slika 20). Na slici 19 vidljivo je da se nakon tretiranja uzorka smanjuje broj difrakcijskih maksimuma minerala prisutnih u njemu te da difrakcijski maksimumi kaolinita nestaju nakon žarenja na 550°C jer on postaje amorfan.

## 5. Rasprava

### 5.1. Uvod

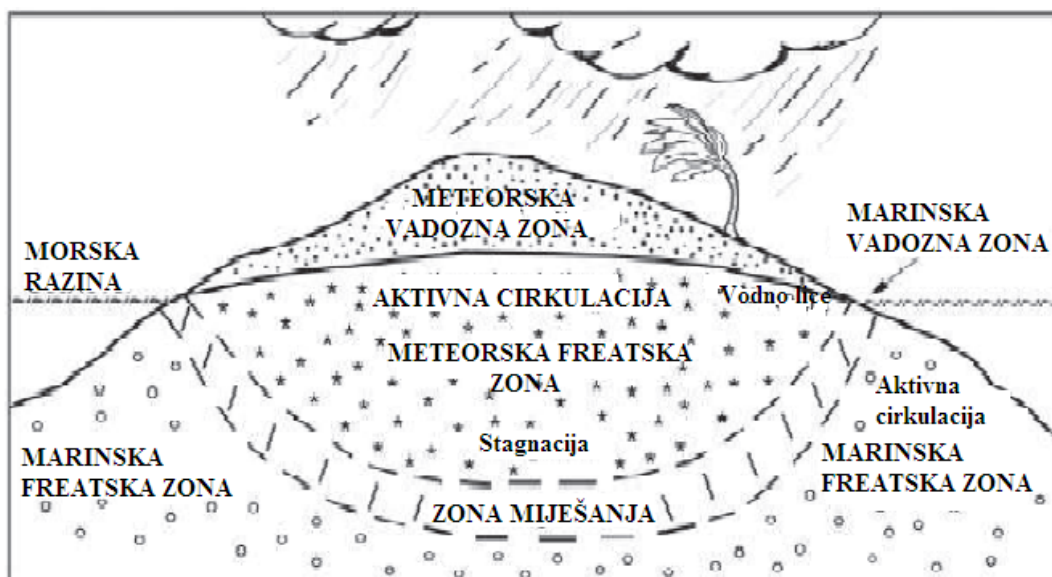
Karbonatna platforma dinamičan je sustav koji se mijenja unutar prostorno-vremenskih okvira. Ona može širiti svoje granice (rasti), što je uvjetovano progradacijom i/ili agradacijom materijala, ali može i nestati. Prestanak postojanja karbonatne platforme može biti uzrokovan smanjenjem ili prestankom produkcije karbonata zbog eustatičkih promjena morske razine, tektonike (tonjenje tektonskih ploča), prevelikog donosa siliciklastičnog materijala ili zbog paleoceanografskih efekata (uzrokovani promjenama cirkulacije vodene mase, njene temperature ili saliniteta) (Flügel, 2004).

Istraživani slijed naslaga nastao je na Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi i starošću pripada najmlađoj kredi, koja je bila razdoblje izrazito dinamičnih promjena (relativne promjene morske razine uzrokovane tektonikom i eustatikom) koje su zahvaćale ne samo spomenutu karbonatnu platformu, nego i šire područje zapadnog Tetisa. Glavni uzorci tome su približavanje te skoro kolizija plitkomorskih područja zapadnog Tetisa, uključujući i Jadransko-Dinaridsku karbonatnu platformu, s europskom litosfernom pločom (Vlahović et al., 2005). Kao posljedica sinsedimentacijske tektonike naslage najmlađe krede (mastrihta) bile su često izlagane utjecaju meteorske dijageneze.

Meteorska dijageneza važna je za razumijevanje postanka karbonata i ključni je faktor pretvorbe karbonatnog sedimenta u karbonatnu stijenu te nastanak krškog reljefa. Dešava se u zoni gdje dolazi do miješanja podzemne oborinske vode sa sedimentom ili stijenom, a počinje gubitkom magnezija iz visokomagnezijskog kalcita u kombinaciji s pretvorbom aragonita u kalcit. Sama dijageneza dešava se u meteorskoj vadoznoj i/ili u meteorskoj freatskoj zoni (slika 21) koje karakterizira miješanje slatke i morske vode. U meteorskoj vadoznoj zoni voda je koncentrirana na kontaktima zrna, a u meteorskoj freatskoj zoni sve pore su ispunjene vodom. Također, zone se razlikuju prema kretanju vode (aktivna cirkulacija ili stagnacija), otapanju i precipitaciji te vrsti cementa i poroznosti (Flügel, 2004). Premda je meteorska dijageneza važan faktor u nastanku karbonata, svaka takva stijena ne prolazi nužno kroz taj proces jer on nije jedini zadužen za dijagenetske procese unutar karbonata (Tucker & Wright, 2001).



Glavni čimbenici koji kontroliraju meteorsku dijagenezu su mineraloški sastav sedimenta koji prolazi kroz dijagenezu te klima. Karbonatni sediment s većim sadržajem aragonita i visokomagnezijskog kalcita ima puno veći potencijal za dijagenezu za razliku od onog sastavljenog od stabilnijeg, niskomagnezijskog, kalcita. Također, utjecaji dijageneze bit će naglašeniji u sedimentu u kojem je aragonit glavni anorganski precipitat ili kad su organizmi, koji ugrađuju aragonit, glavna sastavnica nekog okoliša. Klima utječe na dijagenezu preko oborinske vode, temperature, tla i vegetacije. Tako će u uvjetima aridne klime mala količina oborina rezultirati malom stopom dijagenetskih procesa te će se mala količina vode infiltrirati u akvifer preko vadozne zone, a karbonati se u tom slučaju sporo akumuliraju, a vodno je lice duboko. U uvjetima humidne klime može doći do akumulacije manje količine karbonatnog sedimenta u tlu ili u vadoznoj zoni, ali, uz to, zbog puno oborina i visokog stupnja otapanja, može doći do intenzivne cementacije (Tucker & Wright, 2001).



**Slika 21** Veza između glavnih dijagenetskih okoliša u plitkoj površinskoj zoni za karbonatni sediment idealizirane propusnosti. Razlike između pornih fluida i cirkulacije porne vode dovode do drugačijih procesa otapanja i precipitacije koji za posljedicu imaju specifičan tip karbonatnog cementa. Sediment u meteorskoj vadoznoj zoni izložen je utjecaju oborinskih voda, a unutar sedimenta u meteorskoj freatskoj zoni odvija se aktivna cirkulacija fluida (područja unutarne karbonatne rampe, vanjskog dijela karbonatne platforme te dijelovi grebena izloženi vjetru) ili stagnacija (u lagunama ili dubljim dijelovima karbonatne rampe) (preuzeto iz Flügel, 2004).

## 5.2. Litologija istraživanog slijeda naslaga

Prvi opširniji opis slijeda gornjokrednih naslaga na otoku Braču dali su Gušić & Jelaska (1990). Oni su utvrdili da se nakon gornjokampanske emerzije odvijala kontinuirana sedimentacija tj. da je na početku mastrihta uslijedila transgresija (marinske su se naslage



taložile na emerzijskim površinama), a da je kasnije došlo do uspostave regresivnog slijeda koji se, uz kraće oscilacije, nastavio kroz cijeli mastriht. Istraženi slijed uvala Likva predstavlja jedan manji dio naslaga mastrihta, odnosno obuhvaća 32 metra mastrihtskih naslaga neposredno prije granice kreda/paleogen te se detaljno utvrđene promjene taložnih okoliša u tom dijelu mastrihta općenito slažu s podacima u radu Gušić & Jelaska (1990). Promjene taložnih okoliša istraživanog slijeda također pokazuju učestala oplićavanja, odnosno rudistni vapnenci izmjenjuju se s laminiranim fenestralnim mikritima i mikritnim vapnencima s ostrakodima i diskorbidnim foraminiferama (slike 6 i 7). Taložni okoliš je povremeno bio i dugotrajnije subaerski izlagan na što ukazuju emerzijske površine, posebno površina Ld–24 koja ima izrazito neravan reljef i sadrži udubljenja („rupe“) ispunjena sedimentom. Interpretacija paleogeografske situacije za istraživano područje, (uvala Likva) generalno se slaže s onom u radu Gušić & Jelaska (1990), no jedina je razlika što se u tom radu ne spominju neke emerzijske površine i grebenotvorni organizmi.

U radu Steuber et al. (2005) opisan je otprilike 20 metara debeli slijed vapnenaca najmlađe krede na Braču, u uvali Likva. U donjem dijelu slijeda, kako u Steuber et al. (2005), tako i u snimanom stupu sa slike 6, nalaze se vapnenci (wackestone - packstone) s vrstama *Rhapydionina liburnica* i *Dicyclina schlumbergeri* te rekristalizirani laminirani vapnenci s malom količinom ljuštura rudista. Isto tako, zajednička karakteristika ovog istraživanja i onog u Steuber et al. (2005) je manja emerzijska površina na početku slijeda. Krovinske naslage na početku slijeda predstavljaju laminirani vapnenci u izmjeni s fenestralnim vapnencima (wackestone), a koji sadrže ljušturu rudista i čija je gornja granica karakterizirana prisutstvom intraklasta i desikacijskih pukotina, odnosno, postojanjem još jedne, ali veće, emerzijske površine. Kako u Steuber et al. (2005), tako i u istraživanom slijedu naslaga, prisutstvom bentičkih foraminifera najbogatije naslage, nalaze se iznad emerzijske površine Ld–24.

Mastrihtski vapnenci (wackestone, packstone) opisani u radu Ogorelec et al. (2007) s lokaliteta Dolenja Vas (sjeverozapadni dio nekadašnje Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme), s više od 96% udjela kalcijevog karbonata, slični su onima u uvali Likva. Također, sadrže intraklaste i pelete i taloženi su u jako plitkim i restriktivnim dijelovima Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme. Isto tako, za slijed naslaga taložen u lagunskim okolišima s oslađenom vodom karakteristična je intenzivna bioturbacija te prisutstvo ostrakoda i alga. Navedene sličnosti pridonose razumijevanju paleogeografskih zbivanja u vršnoj kredi, na Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi.

### 5.3. Starost istraživanog slijeda naslaga

Na istraživanom je terenu u slijedu naslaga pronađena zajednica bentičkih foraminifera koja je poslužila za utvrđivanje relativne starosti proučavanih naslaga. Naime, naslage su, sudeći po prisutnim foraminiferama utvrđenim mikropaleontološkom analizom mikroskopiranih preparata, bile taložene za vrijeme mastrihta (vjerojatno mlađeg mastrihta). Naslage ove starosti na području nekadašnje Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme jako su rijetke pa su zbog toga njihovi sljedovi nepotpuno istraženi i interpretirani.

Zajednica bentičkih foraminifera iz najmlađe krede u uvali Likva bila je predmet proučavanja u radu Steuber et al. (2005). Steuber et al. (2005) zaključili su da vrsta *Fleuryana adriatica* nije indeks fosil za vršni mastriht, nego da je živjela već u kasnom kampanu. Također, u istom je radu dokazano da je *Rhapydionina liburnica* indeks fosil za čitavi mastriht i da je jedini indeks fosil za vršni mastriht vrsta *Laffitteina mengaudi*. Sudeći prema izostanka vrste *Laffitteina mengaudii* prema dosadašnjim spoznajama o naslagama vršnog mastrihta, jedino što se sa sigurnošću može tvrditi jest da je istraživani slijed naslaga mastrihtske starosti. Ogorelec et al. (2007) unutar vapnenaca najmlađe krede spominju istu zajednicu bentičkih foraminifera (*R. liburnica*, *F. adriatica* i *L. mengaudi*) koja, prema autorima, također upućuje na mastrihtsku starost.

Osim bentičkih foraminifera, za odredbu starosti korištene su i ljušture rudista. Njihovi su fosilni ostaci u slijedu naviše sve rjeđi i to se slaže sa Steuber et al. (2005). Premda se u Steuber et al. (2005) navodi kako je Likva jedan od lokaliteta u peri-mediteranskoj regiji gdje je umjerena raznolikost rudista vezana za restriktivne okoliše unutarnjeg dijela karbonatne platforme, emeziju ili reduciran salinitet te se to ne može uzeti kao dokaz koji bi upućivao na globalno izumiranje krajem krede, moguće je da njihova smanjena populacija može govoriti u prilog izumiranju. Osim mogućeg dokaza o globalnom izumiranju, ljušture su rudista svakako jedan od kriterija prilikom razumijevanja biostratigrafije istraživanog slijeda naslaga. Osim spomenutih bentičkih foraminifera, uočene su vrste *Murgeina apula*, *Dicyclina schlumbergeri* i *Dargenioella* sp., no one nikako ne mogu poslužiti kao indeks fosili za vršni mastriht jer imaju širi stratigrafski raspon.

## 5.4. Mikrofacijesne analize

### 5.4.1. Standardni mikrofacijesni tipovi (SMF)

U donjem dijelu slijeda naslaga, od uzoraka Ld–1a do Ld–8f, najzastupljeniji su horizontalno laminirani vapnenac (wackestone - packstone) s malo fosila (SMF 19) i rudistni vapnenac (floatstone; SMF 12–Bs.) u izmjeni s, količinski manje zastupljenim, bioklastičnim vapnencem (wackestone; SMF 9) i peloidnim vapnencem (packstone - grainstone; SMF 16–SMF 17; slika 7). Peloidni vapnenci ujedno su vrh tog dijela naslaga. U srednjem dijelu slijeda naslaga, od uzorka Ld–9a do Ld–23, najzastupljeniji su mikritni vapnenci (mudstone) koji čine grebenske nivoe (SMF 23), a bliže emerzijskoj površini su laminirani (SMF 19) i fenestralni (SMF 21–Fen.) vapnenci. U vrhu tog dijela slijeda naslaga nalaze se (horizontalno laminirani) vapnenci (SMF 18–For. –SMF 19). Gornji dio slijeda naslaga obuhvaća drugu, veću, emerzijsku površinu (Ld–24) i dio naslaga iznad te površine. Sama emerzijska površina je bioklastični vapnenac (wackestone), a iznad nje su mikritni (mudstone) (SMF 23) te bioturbirani intraklastični (floatstone - rudstone; SMF 24) i foraminiferski (SMF 18–For.) vapnenci. Vapnenci unutar sva tri dijela slijeda naslaga najvjerojatnije su taloženi u niskoenergetskim i restriktivnim okolišima unutarnjeg dijela karbonatne platforme.

U istraživanom je slijedu naslaga vidljiva prilično pravilna izmjena standardnih mikrofacijesnih tipova (SMF). Slijed počinje s horizontalno laminiranim vapnencima (SMF 19) koji se izmjenjuju s bioklastičnim vapnencima (SMF 9), a nakon njih dolaze mikritni vapnenci (SMF 23). Iza mikritnih vapnenaca opet slijede bioklastični vapnenci (SMF 9), vapnenci bogatiji fosilima (SMF 12–Bs. i SMF 18–For.), fenestralnim šupljinama (SMF 21–Fen), horizontalno laminirani vapnenci (SMF 19) te peloidni vapnenci (SMF 16–SMF 17). Nakon prve emerzijske površine slijedi mikritni vapnenac (SMF 23) i iza njega, slično kao i u nižim dijelovima slijeda, laminirani te fosilima, i fenestrama, bogati vapnenci. Za razliku od prve, nakon druge emerzijske površine slijedi mikritni vapnenac, no odmah iznad njega u slijedu se nalaze foraminiferski vapnenci. Ta razlika ne označava neku veliku nepravilnost, nego bi objašnjenje moglo ležati u činjenici da je druga emerzijska površina veća i izraženija u odnosu na prvu što je posljedica jačeg i naglašenijeg emerzijskog događaja. Općenito, takva izmjena standardnih mikrofacijesnih tipova mogla bi upućivati na povremena oplićavanja (regresiju) čiji bi uzrok mogla biti tektonska aktivnost na dijelovima Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme, odnosno, globalno sniženje morske razine krajem krede.

#### 5.4.2. Standardne facijesne zone (FZ)

Istraživani slijed naslaga, odnosno, standardne mikrofacijsne tipove (SMF) koji ih karakteriziraju, moguće je prema Flügel (2004) svrstati u tri facijesne zone (FZ), a sve pripadaju unutarnjem dijelu karbonatne platforme (slika 16). S obzirom na zastupljenost u proučavanim naslagama, to su: FZ 8, FZ 7 i FZ 9B (slika 7).

Na slici 7 vidljivo je da je unutar istraživanog slijeda naslaga najzastupljenija facijesna zona 8 (FZ 8). Facijesna zona 8 ukazuje na prevladavajuće taloženje u niskoenergijskim, restriktivnim i potplimnim okolišima na unutarnjem dijelu karbonatne platforme. Ova zona slabije je povezana s oceanom što uzrokuje velike varijacije u salinitetu i temperaturi, a razina vode može se kretati u rasponu od jednog pa do nekoliko desetaka metara. Sediment ne obiluje fosilima, no tipični organizmi su miliolidne foraminifere, ostrakodi i diskorbidi što je vjerojatno posljedica restriktivnih uvjeta, odnosno varijacija saliniteta i temperature.

Facijesna zona 7 (FZ) zastupljena je slabo i to u donjem dijelu istraživanog slijeda naslaga (do prve emerzijske površine, odnosno do Ld–8f; slika 7) te ukazuje na taloženje na unutarnjem dijelu karbonatne platforme koji je imao vezu s otvorenim morem dovoljnu da salinitet i temperatura budu slični onima u oceanu. Cirkulacija vode je, za razliku od FZ 8, umjerena, a razina vode može varirati od nekoliko metara do nekoliko desetaka metara. Boja sedimenta varira od svijetlih do tamnih, a među istraživanim naslagama prevladavaju wackestone i floatstone u kojima su prisutni rijetki fosili rudista, bodljikaša, ostrakoda, diskorbida te miliolidnih i rotalidnih foraminifera.

Facijesna zona 9B zastupljena je slabo i to u srednjem dijelu istraživanog slijeda naslaga (između dvije emerzijske površine; slika 7) te ukazuje na taloženje na unutarnjem dijelu karbonatne platforme koji je imao slabu povezanost s otvorenim morem pa je i klima bila humidna što je bio razlog otjecanju vode te nastanku boćatih okolišnih uvjeta. Boja sedimenta varira od svijetlije (siva) do tamnije (smeđa), a među istraživanim naslagama prevladava wackestone u kojem su prisutni rijetki fosili ostrakoda, diskorbidnih i miliolidnih foraminifera.

### **5.4.3. Fosilni sadržaj**

Što se tiče fosilnog sadržaja, ljuštura rudista i zajednica bentičkih foraminifera, najviše ih je u donjem dijelu slijeda naslaga (do prve emerzijske površine, odnosno do Ld—8f; slika 6). U gornjem dijelu slijeda naslaga najmanje je fosila, no razlozi za to mogu biti globalno nepovoljni uvjeti koji su uzrokovali izumiranje na kraju krede i promjene lokalnih okolišnih uvjeta koji su postali nepovoljni za život bentičkih organizama. Općenito mikrofosilne zajednice istraživanog područja pokazuju niski diverzitet te prevladavaju miliolidne i diskorbidne foraminifere te ostrakodi što upućuje na taloženje u restriktivnim i ekstremnim uvjetima. Srednjim je dijelom slijeda obuhvaćen najveći dio naslaga s ostacima grebenotvornih organizama. Također, taj dio slijeda sadrži malo fosilnog sadržaja što ukazuje na to da su uvjeti oko samih grebena i u njihovoj blizini vjerojatno bili manje povoljni rudistima i bentičkim foraminiferama.

## **5.5. Emerzijska površina**

### **5.5.1. Uvod**

Sedimentacija je diskontinuiran proces. Diskontinuiteti su obično markirani površinom unutar stratigrafskog stupa i/ili izrazitom facijesnom promjenom. Sve površine koje ukazuju na prekid sedimentacije obuhvaćene su pod nazivom „površine diskontinuiteta“. Površine diskontinuiteta koje su posljedica djelovanja atmosferilija na karbonatne stijene nazivaju se površine subaerskog izlaganja i njih je unutar vapnenaca moguće uočiti mikrofacijesnom analizom na temelju određenih kriterija. Kriteriji su sljedeći: razlika u tipu facijesa (razlika u boji, litološkom sastavu, teksturi i fosilnom sadržaju) ispod i iznad površine subaerskog izlaganja, meteorsko-vadozna dijageneza (vadozni cement u podini, a freatički u krovini), dedolomitizacijski horizonti (uobičajeni za pripovršinsku vadoznu zonu), mikrokrš i pedogeni oblici (pizoidi, kalkretne kore, rizoturbacije i sl.). Površine subaerskog izlaganja ukazuju na emerzije (Tišljar, 2001).

Emerzije su, kao i transgresije, glavni događaji u evoluciji karbonatne platforme. Oba procesa vezana su uz relativne promjene morske razine uzrokovane tektonikom i/ili eustazijom, a često uključuju paleoceanografske i paleoklimatske faktore. Emerzije vrlo često ostavljaju malo dokaza i mogu biti predstavljene diskontinuitetom u sedimentaciji (hijatus) (Francis & Frakes, 1993).

Emerzije su razdoblja izronjavanja, a mogu zahvatiti nevezani sediment kao i čvrsto litificiranu stijenu. Karakterizirane su površinskim trošenjem stijena i kontinentskom sedimentacijom. U slučaju izronjavanja čvrsto litificiranih karbonatnih sedimentnih stijena dolazi do okršavanja i nastanka nepravilnih udubljenja, šupljina otapanja i kaverni (ukoliko do njihovog nastanka došlo u geološkoj prošlosti, nazivaju se pradavni krš). U takve paleokrške oblike se talože gline, fragmenti karbonata preostalih nakon okršavanja, boksiti, kalkretne kore, tanke limonitne ili hematitne kore (Tišljar, 2001). Dugotrajne emerzije karbonata, koje su posljedica tektonike, karakteriziraju boksiti, *terra rosse* i kalkrete te se često koriste kao paleotopografski indikatori. Prilikom kraćih epizoda emerzija mogu nastati glinovite naslage koje su često naknadno izmijenjene ranodijagenetskim interakcijama s meteorskom vodom. Njihova prisutnost ukazuje na subaersko izlaganje u uvjetima vlažne (humidne) klime ukoliko su dominantno glinovite naslage, a ako su dominantno karbonatne, kao što je slučaj istraživanog slijeda naslaga za potrebe ovog rada, ukazuju na aridnu (suhu) klimu (Mindszenty, 2003). Sve navedene naslage u širem se smislu smatraju paleotlima - tla nastala u geološkoj prošlosti na dijelovima geomorfoloških površina koji su bili dovoljno dugo stabilni da prime i sačuvaju osobitosti tadašnjih pedogenetskih procesa (Leckie et al., 1989).

### 5.5.2. Nastanak emerzijske površine Ld–24

Budući da su unutar istraživanog slijeda zabilježene dvije emerzijske površine (Ld–7 i Ld–24; slika 6), može se reći da su krajem mastrihta emerzijske epizode bile učestale na tom dijelu Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme. Takvo se opažanje slaže s podacima u radu Kurtanjek et al. (2000), koji opisuje pojave koje indiciraju dužu subaersku izloženost mastrihtskih vapnenaca na Braču na lokalitetu istočno od uvale Likva. Opisane pojave odražavaju karstifikacijske procese i procese postanka tla koji su tipični za karbonatnu podlogu, a odvijali su se u gornjoj vadoznoj zoni, u vegetaciji obraslom terenu i u uvjetima poluaridne klime (Kurtanjek et al., 2000). U krovini opisane emerzijske površine prema Kurtanjek et al. (2000) nalaze se paleogenski vapnenci, a njezine značajke pokazuju sličnost s istraživanom površinom Ld–24, koja je stoga vjerojatno nastala na sličan način, odnosno izronjavanjem dijelova karbonatnih sedimentnih stijena koji su naknadno izmijenjeni djelovanjem meteorske vode. Slojna površina Ld–24 sadrži udubljenja („rupe“) naknadno ispunjena sedimentom (slika 17). Mehanizam koji bi mogao objasniti nastanak takvih udubljenja uključuje drenažu vode iz stabljika biljaka (*stem-flow drainage*), a opisan je u

Vanstone (1998). Prema tom mehanizmu biljke koje čine vegetacijski pokrov djeluju na dva načina: skupljaju koncentrat nastao drenažom na specifičnom mjestu duž emergirane karbonatne platforme i povećavaju kiselost vode kroz ispiranje organskih kiselina iz lisnatih i drvenastih tkiva. Prednost tog mehanizma jest što objašnjava okomit položaj rupa u odnosu na podlogu jer je posljedica gravitacije. Formacija tla, koja je mogla biti posljedica razgradnje pepela (kreda je razdoblje izrazite vulkanske aktivnosti pa je pepeo jedan od njenih produkata) i asimilacije organske tvari, potpomagala je rast biljaka. Kako je rasla debljina tla, povećavala se količina biljaka i organske tvari, povećavalo se i zadržavanje vode i tlak ugljikovog dioksida. Tlak ugljikovog dioksida proporcionalan je s transpiracijom i raspadom biljaka, a njegovo povećanje pospješuje raspad karbonata. U radu Miller & Mitchell, (2003) objašnjeno je da se svi ti procesi dešavali u vadoznoj zoni na mjestu gdje je bila jaka površinska drenaža, duž slabije litificiranih krajeva gdje su se lokve mogle brzo pretvoriti u udubljenja jer je teren bio povišen, a meteorska je voda mogla lako prolaziti kroz tu zonu do sedimenta (slika 20). Izlaganje karbonatnog sedimenta takvoj vodi dovelo je do meteorske dijageneze (stabilizacija prema niskomagnezijskom kalcitu i cementacija pridonijele su koroziji površine, odnosno, stvaranju udubljenja). Također, Miller & Mitchell (2003), navode kako su udubljenja najbolje očuvana ukoliko su procesi njihovog nastanka potpomognuti brzim taloženjem, posebno terigenog sedimenta ili vulkanskog pepela, koje je slijedilo nakon produženog slijeganja. Prisutnost vulkanskog pepela mogla bi biti opravdana upravo zbog ranije navedenog razloga – česte i jake vulkanske erupcije u širem području Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme za vrijeme gornje krede.

Na istraživanom je terenu kontakt između osnovne stijene (Ld–24) i materijala ispune (Ld–25a i Ld–25d) oštar. Proučavani uzorci pokazuju različitu kompakciju (osnovna je stijena nekompaktirana, a materijal ispune je kompaktiran). Također, osnovna stijena nije rekristalizirana, a materijal ispune jest. Te značajke u osnovi ukazuju na to da su osnovna stijena i materijal ispune prošli različit tijek dijageneze. Naime, osnovna je stijena, za razliku od materijala ispune, najvjerojatnije bila u potpunosti litificirana prije subaerskog izlaganja pa nije mogla biti ni kompaktirana ni rekristalizirana. Sve to može biti znak značajnog prekida taloženja te dužeg subaerskog izlaganja. Trajanje subaerskog izlaganja nije moguće procijeniti zbog nedostatka fosilnog sadržaja unutar uzoraka s ovog dijela proučavanog područja.

Razlika u standardnim mikrofacijsnim tipovima između osnovne stijene i materijala ispune govori u prilog emerzijskom događaju. Naime, osnovna stijena (Ld–24) pripada

mikrofacijesnom tipu 9 (SMF 9) kojeg karakterizira mnoštvo mikrofosila unutar mikritne osnove dok materijal ispune (Ld–25a i Ld–25d) pripada mikrofacijesnom tipu 24 (SMF 24) kojeg karakterizira odsutstvo fosila te prisutnost intraklasta koji ukazuju da se priobalna erozija odvijala tijekom transgresije koja je uslijedila nakon emerzije. Osim toga, u krovini osnovne stijene nalazi se rekristalizirani mikritni vapnenac (pripada mikrofacijesnom tipu 23, SMF 23) koji najčešće nastaje u plitkim i restriktivnim uvjetima kakvi su najvjerojatnije bili uspostavljeni na početku podizanja morske razine nakon transgresije. Naime, Chow & Wendte (2010) navode kako su plima i oseka te podizanje morske razine za vrijeme transgresije imali značajan utjecaj u okolišu jer su pridonijeli podizanju vlažnosti te su uzrokovali eroziju gornjeg dijela profila tla.

### 5.5.3. Materijal ispune u udubljenjima

Udubljenja na slojnoj površini Ld–24 zapunjena su intraklastičnim, tamnosivim–crnim vapnencem (floatstone) s pukotinama isušivanja, koji sadrži malu količinu fosilnog sadržaja (miliolidne i diskorbidne foraminifere te ljuštore ostrakoda). Pukotine isušivanja djelomično su rekristalizirane kao i vezivo, dok intraklasti nisu rekristalizirani, ne pokazuju znakove kompakcije i loše su sortirani. Osim intraklasta, u uzorku su česti nesortirani crni klasti (*black pebbles*; slika 18 ), koji upućuju na nastanak u obalnim karbonatnim okolišima te često dolaze u asocijaciji s indikatorima koji upućuju na emerziju (desikacijske pukotine, fenestre, vadozni cement, kalkrete) što je još jedan argument u prilog emerziji (Strasser, 1984). Glavni uzrok obojenja crnih klasta je prisutnost organske tvari zbog toga što koegzistencija organske tvari i kalcijevog karbonata dovodi do nastanka anoksičnih uvjeta u okolišu. Promjene u kemizmu pornih voda, pad razine vode ili transport u plimnu ili natplimnu zonu imaju za posljedicu izlaganje karbonatnog sedimenta neomorfizmu i cementaciji, a ti procesi fiksiraju organsku tvar. Razlozi zašto se crni klasti stalno nalaze u obalnim područjima jesu visoka poroznost i sposobnost adsorpcije plitkomorskih karbonata te fiksacija organske tvari tijekom rane dijageneze. Neki su klasti tamnije sivi, a neki svijetlije sivi što je posljedica varijacije Eh/pH mikrookoliša nejednakog donosa organske tvari.

Sami intraklasti izgledom podsjećaju na mikrobreće unutar mikritog veziva te su mogli biti formirani uslijed ekspanzije i kontrakcije za vrijeme izmjenjivanja suhих i mokrih epizoda u kombinaciji s termalnim promjenama tijekom emerzije (Chow & Wendte, 2010).



#### 5.5.4. Rendgenska difrakcijska analiza materijala ispune udubljenja

Pojava glinovitih sedimenata također ukazuje na završni stadij oplićavanja naviše, odnosno, na pojavu emerzije. Mikritni sastav osnovne stijene doprinio je ranoj konsolidaciji i formaciji pukotina isušivanja. Fluidi su se tijekom emerzije mogli infiltrirati u stijenu kroz te pukotine i to je izazvalo otapanje stijene duž pukotina te njihovo zapunjavanje glinovitim materijalom (Chow & Wendte, 2010).

U analiziranom su materijalu determinirana tri minerala glina: illit, muskovit i kaolinit. Najzastupljeniji je illit, no, zbog velike sličnosti u difrakcijskim maksimumima s muskovitom, može se reći da su oba minerala podjednako zastupljena. Postanak minerala glina prilično je teško odrediti upravo zbog njihove jako male količine u ispunama udubljenja, no ipak postoje dva potencijalna izvorišta tog materijala.

Budući da su istraživane naslage bile taložene na uglavnom izoliranoj Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi, podrijetlo minerala glina može se pripisati vulkanskoj prašini koja je mogla biti nošena na velike udaljenosti vjetrom (Vlahović et al., 2005). Ta pretpostavka svoje uporište nalazi u tome što je za vrijeme najmlađe krede značajna postkolizijska ekstenzija na području „Dinaridskog Tetisa“ koji je bio praćen vulkanizmom. Također, moguće je da su vulkanski materijal ili njegovi produkti alteracije bili pretaloženi pomoću vjetra.

Isto tako, minerali glina mogli bi biti eolskog podrijetla (afrička prašina). Naime, illit je, zbog svoje raširenosti u kontinentskim stijenama i listićave morfologije, često dominantan mineral eolske prašine. Kaolinit je također uobičajen u eolskoj prašini za izvorišta na niskim zemljopisnim širinama (Behairy et al., 1975). U prilog ovoj pretpostavci ide što su naslage taložene u aridnoj klimi za koju je karakteristično pojačano eolsko djelovanje (Durn et al., 2003).

## 6. Zaključak

1) Istraženi slijed mastrihtskih vapnenaca debljine 32 metra u uvali Likva nastao je na nekadašnjoj Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi. Izgrađen je od mikritnih vapnenaca s ostacima ljuštura ostrakoda, rudistnih vapnenaca te laminiranih mikritnih vapnenaca koji ukazuju na taloženje u jako plitkim i restriktivnim dijelovima karbonatne platforme. U svojem središnjem dijelu slijed je izgrađen od mikritnih vapnenaca s ostacima grebenotvornih organizama, koji su također nastali u plitkomorskim taložnim okolišima. Intenzivna bioturbacija te prisutstvo ostrakoda i alga upućuju na povremena uspostavljanja lagunskih okoliša s oslađenom vodom. U donjem i gornjem dijelu slijeda zabilježene su dvije značajnije emerzijske površine koje su najvjerojatnije uzrokovane tektonskom aktivnošću (izrazita kontrakcija, razlamanje i izdizanje dijelova Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme) i/ili globalnim sniženjem morske razine krajem krede.

2) Zajednica bentičkih foraminifera (*Dicyclina schlumbergeri*, *Fleuryana adriatica*, *Murgeinaapula*, *Rhapydionina liburnica* te *Dargenioella* sp.) i ljuštura rudista ukazuju na taloženje istraživanog slijeda naslaga za vrijeme mastrihta i to najvjerojatnije najmlađeg mastrihta. Međutim, zbog izostanka indeks fosila za vršni mastriht (*Laffitteina mengaudi*), nemoguće je sa sigurnošću tvrditi da je starost naslaga upravo vršni mastriht.

3) U istraživanom slijedu naslaga utvrđeni su sljedeći mikrofacijesni tipovi (SMF): SMF 23, SMF 19, SMF 21–Fen., SMF 9, SMF 16–lam., SMF 16–non-lam., SMF 17, SMF 12–Bs., SMF 18–For. te SMF 24. Njihova izmjena vertikalno u slijedu pokazuje određenu pravilnost (SMF 19, SMF 23, SMF 9, SMF 12–Bs., SMF 18–For., SMF 21–Fen., SMF 16–SMF 17, SMF 23) koja ukazuje na oplićavanje (regresiju), koje je moglo biti posljedica tektonske aktivnosti na dijelovima Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme, odnosno, globalnog sniženja morske razine krajem krede te na oslađivanje okoliša u kojima su naslage taložene. Utvrđene SMF-e moguće je svrstati u tri facijesne zone (FZ), koje sve pripadaju unutarnjem dijelu karbonatne platforme. S obzirom na zastupljenost u proučavanim naslagama, to su: FZ 8, FZ 7 i FZ 9B, koji upućuju na unutarnji dio karbonatne platforme te na niskoenergetske i restriktivne okolišne uvjete.

4) Fosilni sadržaj (ljuštura rudista i bentičke foraminifere) najzastupljeniji je u donjem dijelu slijeda naslaga (do prve emerzijske površine, odnosno do Ld–8f). U gornjem dijelu slijeda naslaga najmanje je fosila, no vjerojatni razlog za to je, osim što je taj dio najkraći u

geološkom stupu, globalno izumiranje na kraju krede. Općenito mikrofosilne zajednice istraživanog područja pokazuju niski diverzitet te prevladavaju miliolidne i diskorbidne foraminifere te ostrakodi što upućuje na taloženje u restriktivnim i ekstremnim uvjetima.

5) Udubljenja („rupe“) na izdvojenoj slojnoj površini Ld–24 nastala su nakon izronjavanja dijelova karbonatnih sedimentnih stijena koji su naknadno izmijenjeni djelovanjem meteorske vode. Mehanizam koji bi mogao objasniti nastanak udubljenja na toj emerzijskoj površini uključuje drenažu vode iz stabljika biljaka (*stem-flow drainage*).

6A) Kontakt između osnovne stijene na emerzijskoj površini Ld–24 i materijala ispune udubljenja (uzorci Ld–25a i Ld–25d) je oštar te uzorci pokazuju različitu kompakciju. Dok je osnovna stijena nekompaktirana i nerekrystalizirana, materijal ispune je kompaktiran i rekrystaliziran što ukazuje na različit tijek dijageneze. Osnovna je stijena, za razliku od materijala ispune, prije subaerskog izlaganja najvjerojatnije bila u potpunosti litificirana pa nije mogla biti kompaktirana ni rekrystalizirana. Navedene značajke ukazuju na značajan prekid taloženja te na duže subaersko izlaganje. Trajanje subaerskog izlaganja nije moguće procijeniti zbog nedostatka fosilnog sadržaja.

6B) Razlika u standardnim mikrofacijskim tipovima između osnovne stijene (Ld–24) i materijala ispune (Ld–25a i Ld–25d) govori u prilog emerzijskom događaju. Osnovna stijena pripada mikrofacijskom tipu 9 s mnoštvom mikrofosila unutar mikritne osnove dok materijal ispune, tamnosivi do crni floatstone, pripada mikrofacijskom tipu 24 kojeg karakterizira manjak fosila te prisutnost intraklasta i crnih klasta (*black pebbles*) koji ukazuju da se priobalna erozija odvijala tijekom transgresije koja je uslijedila nakon emerzije.

6C) Pukotine isušivanja u materijalu ispune djelomično su rekrystalizirane kao i vezivo dok su intraklasti nerekrystalizirani, nekompaktirani i nesortirani. Intraklasti su formirani uslijed ekspanzije i kontrakcije za vrijeme izmjenjivanja suhih i mokrih epizoda u kombinaciji s termalnim promjenama tijekom emerzije.

6D) Pojava glinovitih sedimenata u sedimentu ispune udubljenja na slojnoj površini Ld–24 ukazuje na završni stadij oplićavanja naviše, tj., potvrđuje emerziju. Rendgenskom difrakcijskom analizom sedimenta ispune determinirana su tri minerala glina: illit, muskovit i kaolinit. Najzastupljeniji je illit, no, zbog velike sličnosti u difrakcijskim maksimumima s muskovitom, može se reći da su oba minerala podjednako zastupljena. Postanak minerala glina teško je odrediti zbog male količine, a potencijalna podrijetla su vulkansko i eolsko.

## 7. Literatura

- Behairy, A.K., Chester, R., Griffiths, A.J., Johnson, L.R., Stoner, J.H.** (1975): The clay mineralogy of particulate material from some surface seawaters of the eastern Atlantic Ocean. *Marine Geology* 18, M45–M56.
- Cherchi, A., Radoičić, R., Schroeder, R.** (1991): *Neobalkhania bignoti* n. gen. sp., grand Foraminifère du Maastrichtian supérieur du Sud-est de l'Europe. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série II*, 313, 287–292.
- Chow, N., Wendte, J.** (2010): Palaeosols and palaeokarst beneath subaerial unconformities in an Upper Devonian isolated reef complex (Judy Creek), Swan Hills Formation, west-central Alberta, Canada, *Sedimentology* 2010, 1–34.
- 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 Micropaléontologie* 40/2, 131–139.
- 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.
- 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.
- Durn, G., Ottner, F., Tišljarić, J., Mindszenty, A., Barudžija, U.** (2003): Regional subaerial Unconformities in Shallow-Marine carbonate sequences of Istria: Sedimentology, Mineralogy, Geochemistry and Micromorphology of associated Bauxites, Paleosols and Pedo-Sedimentary Complexes. U: Vlahović, I. & Tišljarić, J. (ur.): *Evolution of Depositional Environments from Paleozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Panonnian Basin*. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija – September 17–19, 2003, Field Trip Guidebook, 209–254, Zagreb.
- Embry, A.F., Klovan, J.E.** (1971): A Late Devonian track on northeastern Banks Island, NWT. *Bull Can Petrol Geol* 19, 730–781.
- Flügel, E.** (2004): *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, London, 276–708.
- Francis, J. E., Frakes, L.A.** (1993): Cretaceous climates. U: Wright, V.P. (ur.), *Sedimentology Review/1* Blackwell, 17–30.
- Gušić, I., Jelaska, V.** (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača. *Djela Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti*, Zagreb, 50–92.

- Inan, N., Akyazi, M., Özgen, N.** (1996): About the occurrence of *Sirelina orduensis* Meriç and Inan in the Ilgaz region. Geological Bullentin of Turkey, 39/2, 103–109.
- 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.
- Kurtanjek, D., Babić, Lj., Zupanić, 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.
- Leckie, D., Fox, C., Tarnocai, C.** (1989): Multiple paleosols of the late Albian Boudler Creek Formation, British Columbia, Canada, Sedimentology 36, 307–323.
- Miller, J.D., Mitchell, F.S.** (2003): Palaeokarstic surfaces in the Upper Cretaceous limestones of central Jamaica. Cretaceous Research 24, 119–128.
- Mindszenty, A.** (2003): On the controversial nature of paleosols related to shallow marine carbonate depositional environments – a review. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Abstract Book, Opatija, 132.
- Ogorelec, B., Dolenc, T., Drobne, K.** (2007): Cretaceous-Tertiary boundary problem on shallow carbonate platform: Carbon and oxygen excursions, biota and microfacies at the K/T boundary sections Dolenja Vas and Sopada in SW Slovenia, Adria CP. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 255, 64–76.
- Pejović, D., Radoičić, R.** (1987): Contribution to the study of Upper Cretaceous stratigraphy of Brač. Geologija 28/29. 121–150.
- Schlagentweit, F., Cvetko Tešović, B.** (2016): *Cretaciclavulina gusici* n. gen., n. sp. (family Valvulinidae Berthelin, 1880), a new larger benthic foraminifer from the lower Campanian of Brač Island, Croatia. Geologia Croatica 69/2, 187–194.
- Schlegentweit, F., Cvetko Tešović, B.** (2017): *Breciana jelaskai* n. gen. sp., a new larger benthic foraminifera from the Late Cretaceous (Santonian–lower Campanian) of the Dinaric-Hellenic realm. Cretaceous Research, 72. 32–38.
- 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.** (1994): Milankovitch cyclicity and high-resolution sequence stratigraphy in lagoonal-peritidal carbonates (Upper Tithonian–LowerBerriasian, French Jura Mountains). *Spec. Publ. IAS*, 19, 285–301.
- Tišljar, J.** (2001): Sedimentologija karbonata i evaporita. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 375 str.
- Tucker, M.E., Wright, P.V.** (1990): Carbonate Sedimentology, Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing company, UK, 315–348.
- Vanstone, D.S.** (1998): Late Dinantian palaeokarst of England and Wales: implications for exposure surface development. *Sedimentology* 45, 19–37.
- Velić, I.** (2008): Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe). *Geologia Croatica* 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.
- Vukadinović, V.** (2012/2013): Reakcija otopine tla. Predavanje, modul: Pedologija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 4 str.

## 8. Popis slika u tekstu

<b>Slika 1</b> Geografski smještaj otoka Brača i uvale Likva s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama (preuzeto iz Cvetko Tešović et al., 2016, dopunjeno podacima iz Jelaska et al., 2015).	1
<b>Slika 2</b> Karta današnjeg smještaja naslaga Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme (preuzeto iz Vlahović et al., 2005).	4
<b>Slika 3</b> Današnji razmještaj naslaga nastalih u različitim okolišima koji su na području Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme postojali tijekom gornje krede (preuzeto iz Vlahović, 2005).	4
<b>Slika 4</b> Geološki stup gornjokrednih naslaga na otoku Braču (preuzeto iz Gušić & Jelaska, 1990, nadopunjeno prema Schlagintweit & Cvetko Tešović, 2017).	7
<b>Slika 5</b> Scheiblerov kalcimetar (preuzeto iz Vukadinović, 2012./2013.).	11
<b>Slika 6</b> Detaljni geološki stup dijela mastrihtskih naslaga uvale Likva.	15
<b>Slika 7</b> Pregled standardnih mikrofacijsnih tipova (SMF) i facijsnih zona (FZ) unutar snimanog dijela naslaga u uvali Likva.	19
<b>Slika 8 a)</b> Nelaminirani homogeni mikrit, SMF 23; uzorak Ld–3b. <b>b)</b> Rekrystalizirani mikrit, SMF 23; uzorak Ld–26.	20
<b>Slika 9</b> Horizontalno laminirani wackestone - packstone, SMF 19; uzorak Ld–1b.	20
<b>Slika 10</b> Laminirani packstone (bindstone), SMF 21–Fen.; uzorak Ld–21a.	21
<b>Slika 11</b> Bioklastični wackestone, SMF 9; uzorak Ld–2a.	21
<b>Slika 12a)</b> Peloidni packstone - grainstone, SMF 16–lam.; uzorak Ld–8b. <b>b)</b> Peloidno - intraklastični wackestone, SMF 16–non-lam. –17; uzorak Ld–17a.	22
<b>Slika 13</b> Rudistni floatstone, SMF 12–Bs.; uzorak Ld–5b.	23
<b>Slika 14</b> Ostrakodno - foraminiferski wackestone, SMF 18–For.; uzorak Ld–22.	23
<b>Slika 15</b> Bioturbirani intraklastično - bioklastični wackestone - packstone, SMF 24; uzorak Ld–27.	24
<b>Slika 16</b> Standardne facijesne zone (FZ 1–FZ 10) karbonatne platforme prema modificiranom Wilsonovom modelu s označenim facijesnim zonama koje su utvrđene analizom (preuzeto iz Flügel, 2004).	25
<b>Slika 17</b> Područje uzorkovanja na emerzijskoj površini Ld–24 za potrebe određivanja udjela kalcijevog karbonata.	26
<b>Slika 18</b> Crni klast ( <i>black pebble</i> ) i intraklast, uzorak Ld–25d.	27
<b>Slika 19</b> Rendgenogram neorijentiranog preparata minerala glina uzorka Ld–25a/2.	30

**Slika 20** Usporedni prikaz rendgenograma orijentiranih preparata minerala glina uzorka Ld–25a/2. \_\_\_\_\_ 30

**Slika 21** Veza između glavnih dijagenetskih okoliša u plitkoj površinskoj zoni za karbonatni sediment idealizirane propusnosti (preuzeto iz Flügel, 2004). \_\_\_\_\_ 38



## 9. Popis tablica u tekstu

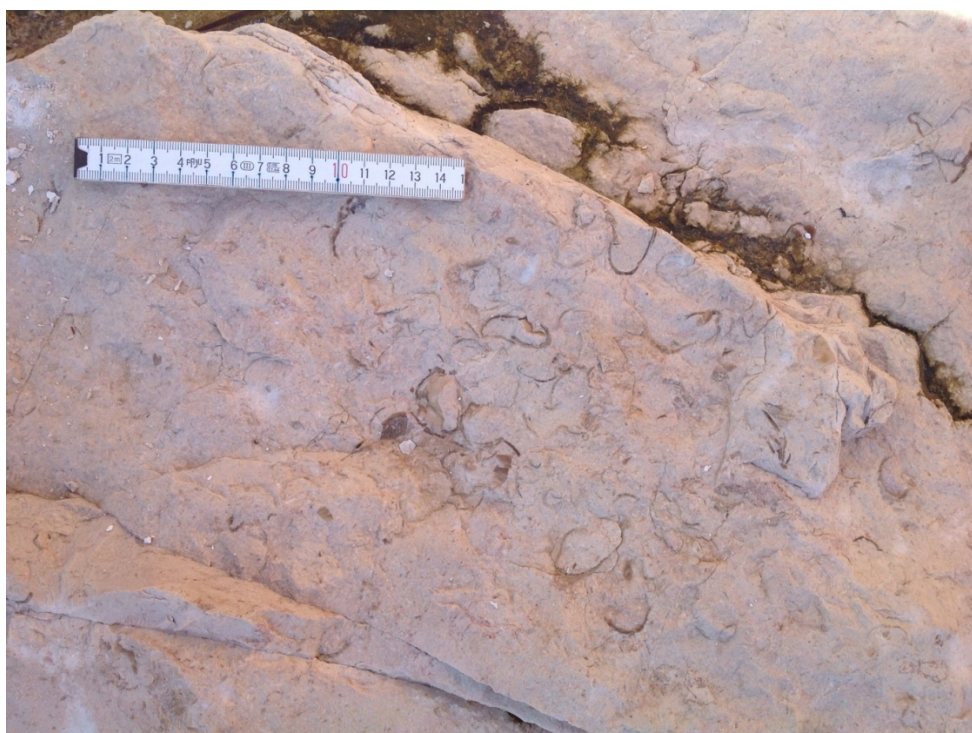
<b>Tablica 1</b> Masa 1 cm <sup>3</sup> ugljikovog dioksida (μg) pri različitim vrijednostima tlaka i temperature (preuzeto iz Vukadinović, 2012/2013).	11
<b>Tablica 2</b> Utvrđena mikrofossilna zajednica najznačajnijih bentičkih foraminifera unutar istraživanih naslaga	15
<b>Tablica 3</b> Pregled standardnih mikrofacijskih tipova (SMF) utvrđenih u analiziranim uzorcima slijeda Likva.	16
<b>Tablica 4</b> Pregled facijskih zona (FZ) utvrđenih u analiziranim uzorcima slijeda Likva.	23
<b>Tablica 5</b> Rezultati određivanja udjela kalcijevog karbonata.	25
<b>Tablica 6</b> Rezultati rendgenske difrakcijske analize uzorka Ld-25a/2.	26

## **10. Prilozi**

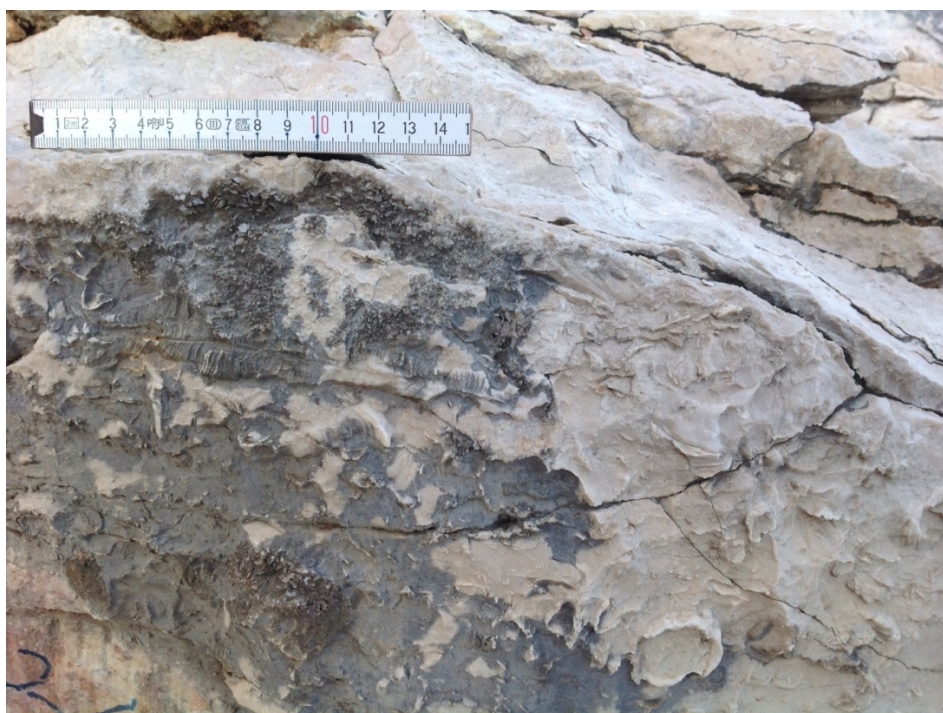
**Prilog 1** Fotografije najzastupljenijih litologija na istraživanom terenu.

## PRILOG 1

Fotografije najzastupljenijih litologija na istraživanom terenu



A) Mikritni vapnenac s ostacima ljuštura rudista (Ld–2b).



B) Rudistni vapnenac (Ld–7a).





C) Laminirani mikritni vapnenac (Ld—16a).



D) Okršeni ostaci grebenotvornih organizama.