

# Naslage fliša otoka Paga i sjeverne Dalmacije

---

Šoprun, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:217:908145>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Filip Šoprun

**NASLAGE FLIŠA OTOKA PAGA I SJEVERNE  
DALMACIJE**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

Filip Šoprun

**NASLAGE FLIŠA OTOKA PAGA I SJEVERNE  
DALMACIJE**

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

Mentor:  
Doc. dr. sc. Katarina Gobo

Zagreb, 2022.

*Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Katarini Gobo na pruženoj prilici, savjetima, strpljenju i razumijevanju tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem djelatnicima Mineraloško-petrografskog i Geološko-paleontološkog zavoda koji su pomogli u pripremi uzoraka i provedenim analizama.*

*Zahvaljujem Domagoju i Borni, koje uvijek mogu naći na riftu.*

*Hvala Stanku, Zrinku i Karlu, čije je prijateljstvo najvrjednija stvar koju nosim sa sobom s fakulteta, s kojima sam prolazio i padao, na čijim ću se kaučima uvijek osjećati dobrodošao i koji su zaslužni za bezbroj neprocjenjivih uspomena. gg ez*

*Također, hvala Dori, koja je imala strpljenja i prenijela mi svoje znanje iz Autocada, koje je bilo od velike važnosti za izradu ovog rada.*

*Posebna zahvala teti iz referade, dipl.iur. Mariji Cindro, koja je bila spremna pomoći kad god sam se doveo u naizgled bezizlaznu situaciju. Velike su šanse da bez Vas ne bi došao do ovdje.*

*Najveće zasluge pripisujem svojoj obitelji, a posebno roditeljima koji su mi omogućili ovo studiranje, imali živaca i strpljenja i koji su bili uz mene u svakom trenutku i bez obzira na sve.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

## NASLAGE FLIŠA OTOKA PAGA I SJEVERNE DALMACIJE

**Filip Šoprun**

**Rad je izrađen u:** Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb, Horvatovac 102b u sklopu diplomskog studija Geologija

### **Sažetak:**

U ovom radu istraživane su naslage fliša sa otoka Paga i područja sjeverne Dalmacije. Na temelju zapažanja na terenu izrađeno je i analizirano osam geoloških stupova i napravljena je mikropaleontološka i petrografska analiza 11 mikroskopskih preparata, kao i određivanje udjela karbonata u uzorcima. Tokom istraživanja je određeno pet različitih facijesa: lapori, koji ukazuju na hemipelagičko taloženje u distalnom području prodelte, horizontalno laminirani pješčenjaci koji su indikator vučnog transporta u uvjetima gornjeg strujnog režima, masivni pješčenjaci sa prisutnim amalgamacijama koji ukazuju na proksimalniji okoliš, koso laminirani pješčenjaci koji nastaju migracijom riplova u sporijim turbiditnim tokovima manje gustoće te slampovi koji ukazuju na podmorska klizišta povezana s nestabilnim podmorskim padinama. Petrografskom analizom određeno je da su analizirani pješčenjaci areniti, s većim udjelom karbonatne komponente u uzorcima iz sjeverne Dalmacije. Mikropaleontološkom analizom potvrđena je eocenska starost proučavanih naslaga.

**Ključne riječi:** fliš, turbiditi, pješčenjaci, lapori, delta

**Rad sadrži:** 44 stranice, 46 slika, 1 tablicu i 34 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor(i):** doc. dr. sc. Katarina Gobo

**Ocjenjivači:** doc. dr. sc. Katarina Gobo

doc. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

mr. sc. Dražen Kurtanjek, viši predavač

**Datum završnog ispita:** 21. rujna 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Graduate Thesis

## FLYSCH DEPOSITS OF ISLAND OF PAG AND NORTHERN DALMATIA

Filip Šoprun

**Thesis completed in:** Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, Horvatovac 102b, Zagreb, Graduate study of Geology

### Abstract:

This thesis deals with flysch deposits of the Island of Pag and northern Dalmatia. Sedimentological logging was carried out on eight localities. Eleven samples from different localities were subjected to micropaleontological and petrographic analysis and determination of carbonate content. Five sedimentary facies were identified: (1) hemipelagic marls deposited in a distal prodelta setting, (2) plane parallel-stratified sandstones indicating deposition under tractive conditions; (3) massive and amalgamated sandstones suggesting a more proximal depositional setting; (4) ripple cross-laminated sandstones deposited from weaker and low-density turbulent flows; and (5) slumps suggesting mass-movement along unstable subaqueous slopes. The results of petrographic analysis show that the study sandstones are arenites, with higher carbonate content in the samples from northern Dalmatia. Micropaleontological analysis confirmed the Eocene age of the study deposits.

**Keywords:** flysch, turbidites, sandstones, marls, delta

**Thesis contains:** 44 pages, 46 figures, 1 table and 34 references

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** Katarina Gobo, Ph.D., Assistant Professor

**Reviewers:** Katarina Gobo, Ph.D., Assistant Professor

Borna Lužar-Oberiter, Ph.D., Assistant Professor

Dražen Kurtanjek, Mr. sc., senior lecturer

**Date of the final exam:** September 21, 2022.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	2
3.	FLIŠ.....	5
4.	METODE ISTRAŽIVANJA.....	7
	Terenski rad i prikupljanje uzoraka.....	7
	Priprema uzoraka .....	11
	Kalcimetrija.....	11
	Mikroskopska analiza.....	13
5.	REZULTATI.....	15
	5.1. Analiza facijesa .....	15
	5.2. Kalcimetrija.....	31
	5.3. Mikropaleontološka analiza .....	32
	5.4. Petrografska analiza .....	34
6.	RASPRAVA .....	39
	6.1. Analiza Facijesa .....	39
	6.2. Kalcimetrija.....	39
	7.2. Mikropaleontološka analiza .....	40
	8.2. Petrografska analiza .....	40
7.	ZAKLJUČAK .....	41
8.	LITERATURA.....	42

## **1. UVOD**

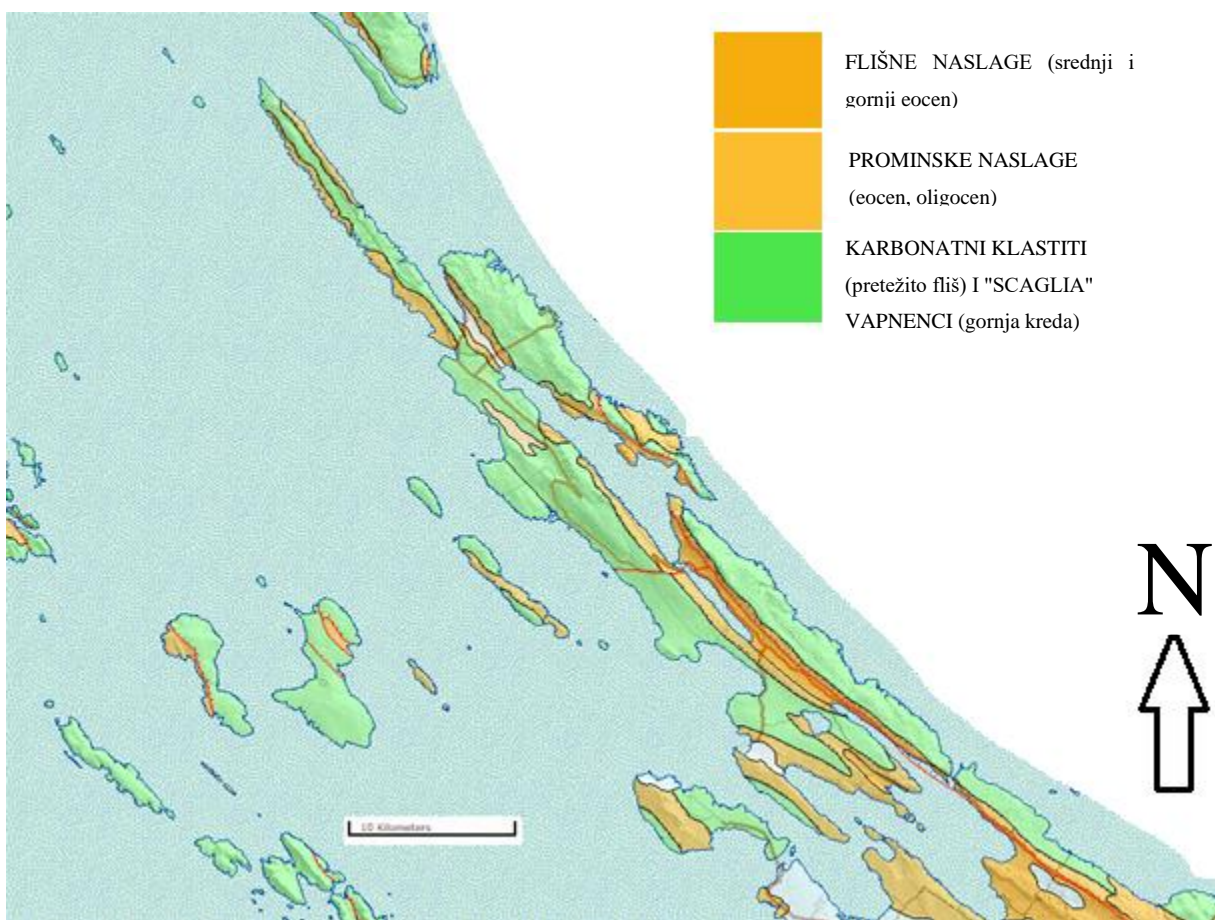
Pod pojmom fliš podrazumijevaju se dubokomorske naslage koje su nastale kretanjem pijeska i mulja sa šelfa turbiditnim mehanizmom niz padinu prema dubljem dijelu bazena za vrijeme izdizanja orogena (sinorogenetski sediment). Pretežito krupnozrnasti sedimenti odlagani su već na padini, dok su sitnozrnastiji i muljni stizali do dubljih dijelova bazena, tako da su nizanjem brojnih sekvencija nastale izmjene najčešće tankih slojeva pješčenjaka i lapora (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009). Ukupna debljina takvih sekvenci može doseći nekoliko tisuća metara, ali pojedinačni slojevi su debeli od samo nekoliko centimetara do nekoliko metara. Prisutnost rijetkih fosila ukazuje na taloženje u moru. Danas se općenito smatra da su se flišni facijesi istaložili u morskim sredinama do dubine 2000 m. Krupnozrnasti pijesak vjerojatno je nataložen iz mutnih struja (podvodni tokovi puni sedimenta). Izraz fliš je izvorno primijenjen na formaciju iz paleogena i neogena koja izdanjuje u sjevernom alpskom području, ali sada označava slične naslage drugih doba i na drugim mjestima.

Naslage fliša na teritoriju Republike Hrvatske izdanjuju na tri glavna područja: u Istri, sjevernoj Dalmaciji te srednjoj Dalmaciji, a cilj ovog rada bio je analizirati i usporediti naslage fliša otoka Paga i sjeverne Dalmacije.



## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Otok Pag (slika 1) jedan je od većih hrvatskih otoka s površinom od 284,56 km<sup>2</sup>. Pruža se u pravcu SZ-JI u duljini od 58,25 km. S morfološkog aspekta Pag čini produžetak Ravnih kotara prema kvarnerskoj otočnoj skupini, u koju se "uvlači" poput klina. Izrazitija je prirodna granica prema kontinentalnoj unutrašnjosti Gorske Hrvatske, koju čini hrbat Velebita, čije se padine strmo spuštaju prema Velebitskom kanalu.



Slika 1. Geološka karta otoka Paga (Hrvatski geološki institut, 2009)

Otok Pag (slika 1) nalazi se u sjevernojadranskom dijelu zone vanjskih Dinarida. Donji dio paške sukcesije sastoji se od gornjokrednih i donjo-srednjeeocenskih plitkomorskih karbonata koji su odvojeni karstificiranom površinom s lokalnom pojavom boksita (MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973; SOKAČ et al., 1976). Ove naslage odgovaraju gornjem dijelu nekoliko

kilometara debele mezozojske do srednjeeocenske platformske karbonatne sukcesije koja karakterizira vanjske Dinaride. Karbonati su prijelazno prekriveni eocenskim pješčenjacima i laporima (MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973;) koji postižu debljinu od oko 350 m. Prijelaz iz plitkomorskih vapnenaca, bogatih većim foraminiferama rodova *Alveolina* i *Nummulites*, obilježen je nekoliko metara debelim prijelaznim naslagama, uglavnom predstavljenim laporovitim vapnencima, a sadrži bentičke i planktonske foraminifere i ježince. Smatra se da laporoviti vapnenci odražavaju promjenu od plitkih prema dubljim morskim uvjetima (MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973; SOKAČ et al., 1976). Starost eocenske klastične sukcesije odgovara kasnom lutetu i ranom bartonu što je određeno pomoću planktonskih foraminifera (MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973), te djelomično nanoplanktona (BENIĆ, 1975), i kasnom lutetu, bartonu i priabonu (SOKAČ et al., 1976), također na temelju planktonskih foraminifera. Ova jedinica predstavlja naslage tipa fliša (MAMUŽIĆ et al., 1970; MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973; MARINČIĆ, 1981), točnije, "proksimalnog fliša" (MAMUŽIĆ et al., 1981).

Neki dijelovi otoka sadrže paleogenske vapnenačke breče koje izravno prekrivaju gornjokredne karbonate, zatim neogenske jezerske do palustrinske lapore sa slojevima ugljena, pleistocenske aluvijalne konglomerate i pijeske te holocenski pokrov (MAMUŽIĆ et al., 1970; MAMUŽIĆ & SOKAČ, 1973; SOKAČ et al., 1974; SOKAČ et al., 1976). Glavne tektonske deformacije uzrokovale su bore usmjerene SZ-JI i brojne rasjede. Karbonati su izloženi u antiklinalnim pojasevima koji uglavnom odgovaraju topografskim uzvišenjima dok su sinklinalni dijelovi otoka uglavnom prekriveni eocenskim i kvartarnim naslagama u topografskim nizinama i morem u zaljevima usmjerenim SZ-JI. Iz tog razloga, većina izdanaka eocenskog proksimalnog fliša, uključujući i one koji su ovdje proučavani, pojavljuje se na rubovima uzdužnih dolina i zaljeva, gdje su bokovi bora izloženi (BABIĆ et al., 1993).

Otok Pag dio je Jadranske karbonatne platforme (AdCP - VLAHOVIĆ et al., 2005., koja se naziva i Jadransko-dinaridska karbonatna platforma - ADCP - JENKYNS, 1991). AdCP bila je jedna od najvećih mezozojskih i najdugovječnijih karbonatnih platformi u Sredozemlju.

AdCP se sastoji od 4-6,5 km debele sukcesije gotovo čistih karbonatnih stijena taloženih od rane jure do kraja krede (VLAHOVIĆ et al., 2005). Predstavlja značajan dio deblje sukcesije (mjestimice deblje od 8 km; TIŠLJAR et al., 2002; VELIĆ et al., 2002; VLAHOVIĆ et al., 2005) uglavnom karbonatnih slojeva, koji danas tvore krške Dinaride (ili Vanjske Dinaride), sa

stratigrafskim rasponom većim od 300 milijuna godina (najstariji izdanci su karbonske starosti; SREMAC, 2005). Ova je sukcesija izvorno taložena na mikroploči Adria, koja je predstavljala rt Afrike tijekom mezozoika (SCHMID et al., 2008). Sukcesija je sada uključena u složeni imbricirani borano-navlačni pojas karakteriziran uglavnom JZ vergencijama, koji se proteže više od 600 km duž SI Jadranske obale (KORBAR, 2009). Na samom kraju krede dogodila se emerzija, a transgresija preko raščlanjenog paleoreljefa dogodila se uglavnom u eocenu. Paleocenske stijene dokumentirane su samo ponegdje, npr. na području zapadne Slovenije i u ograničenim područjima južne Hrvatske, gdje je emerzija bila najkraća (ĆOSOVIĆ et al., 1994).

### 3. FLIŠ

Evolucija predgorskih bazena smještenih ispred orogena koji se razvija popraćena je nizom tektonskih i sedimentacijskih promjena. Proces tipično počinje formiranjem ispupčenja, a slijedi ga slijeganje kao odgovor na pritisak koji vrši orogen koji napreduje (FLEMINGS & JORDAN, 1990). U ranoj fazi, brzina slijeganja veća je od sedimentacije, što dovodi do produbljivanja i promjene taložnog prostora, od kontinentalnog i/ili plitkomorskog do dubokomorskog. U tom dubokomorskom prostoru talože se klastiti koji primarno dolaze s orogena, a obično se nazivaju fliš ili klasični fliš (FLEMINGS & JORDAN, 1990). Općenito, flišne naslage proksimalnih područja bogatije su kremenom dok su distalna područja obilježena pretežito karbonatnim sastavom (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009). Tijekom daljnje evolucije, deformacija i povezano slijeganje usporavaju se ili zaustavljaju, što omogućuje sedimentaciji da nadmaši slijeganje, taložni prostor postaje plići do kontinentalni, a rezultat je klasična molasa. Te dvije faze razvoja bazena poznate su i kao nedovoljno ispunjena i preispunjena faza (*underfilled and overfilled stage*) (SINCLAIR, 1997). Prijelazna faza između to dvoje također je opisana, a karakterizirana je trendom punjenja i oplićavanja u bazenu (COVEY, 1986).

Naslage eocenskoga fliša otkrivene su u području središnje i sjeverne Istre, u Hrvatskome primorju, na otocima Krku, Rabu i Pagu, Ravnim Kotarima, području Trogira, Kaštela, Solina i Splita, uz južne padine Mosora i Zamosorju, na otocima Braču i Hvaru, Makarskome primorju i Biokovskoj Župi, Pelješcu (Orebić), pa sve do Dubrovnika i Konavala (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009) Među tri glavna područja eocenskog fliša dinarskog obalnog pojasa Hrvatske (slika 2), sjevernodalmatinski fliš zauzima središnje mjesto. U ovom području, SCHUBERT (1905, 1908, 1909) je identificirao i kartirao lutetske lapore i pješčenjake, koji su također označeni kao fliš (IVANOVIĆ et al., 1969), i, u svojim zapadnim dijelovima, kao molasa (MAJCEN & KOROLIJA, 1973. Izraz molasa odnosi se na nemarinski konglomerat, pješčenjak i muljnjak proizveden erozijom planina i taložen u rijekama i jezerima.

Pojas izdanaka izoliranih pojava fliša proteže se od središnje Istre na sjeveru do splitskog i dubrovačkog područja na jugu. Međutim, ove naslage ne moraju nužno biti iste starosti, budući da izolirane pojave vjerojatnije predstavljaju dijakroni raspon paleookoliša koji obuhvaćaju prijelaz od vanjskog šelfa do podmorske padine i dna dubokomorskog bazena (VLAHOVIĆ et

al., 2012). Kontroverza sa predloženom miocenskom starošću proučavanih naslaga koju su izazvali MIKES et al. (2008) nije u opsegu ovog rada koji prati prijašnja datiranja (eocen).

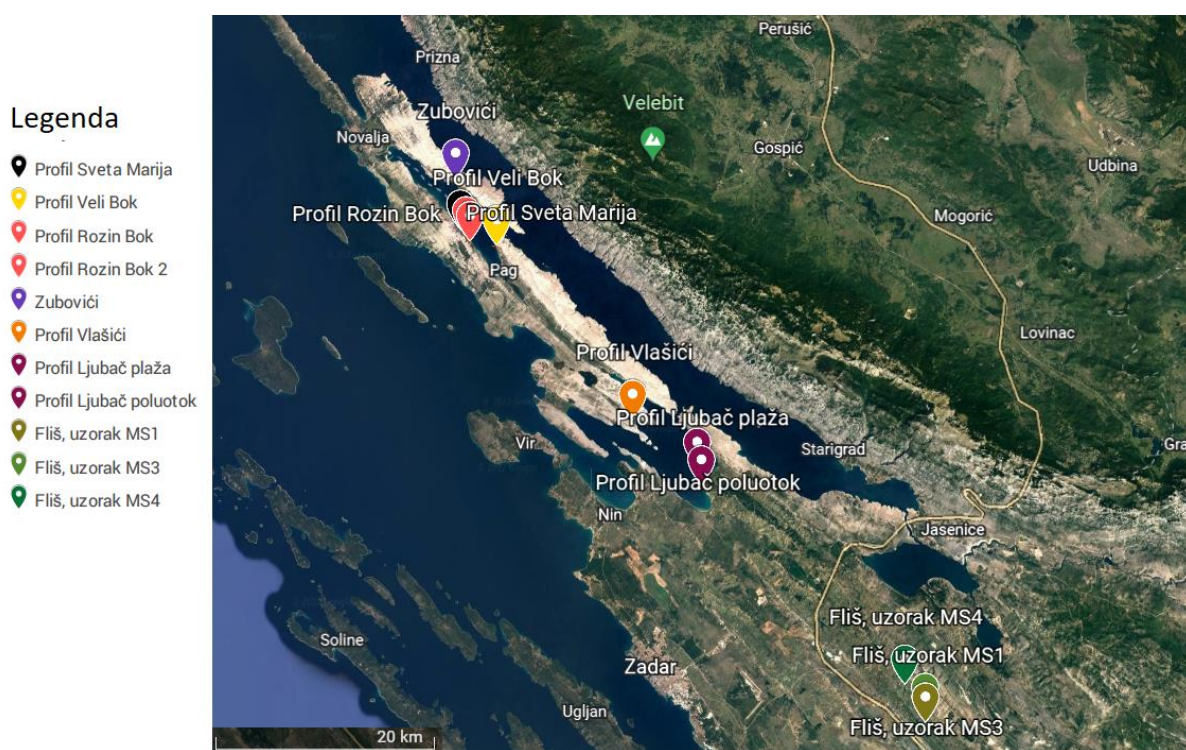


Slika 2. Fliš u Hrvatskom primorju. (Preuzeto iz BABIĆ & ZUPANIČ, 2008)

## 4. METODE ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Terenski rad i prikupljanje uzoraka

U sklopu istraživanja prikupljeno je i analizirano 11 uzoraka sa područja otoka Paga te kopna sjeverne Dalmacije (slika 3). Na terenu su snimani sedimentološki stupovi koji su kasnije precrtani pomoću programa Autocad 2019, a izdanci su fotografirani radi bilježenja facijesnih karakteristika.



Slika 3. Istraživani lokaliteti na otoku Pagu i u sjevernoj Dalmaciji (preuzeto sa Internet izvor 1)

## **Zubovići**

Uzorak pješčenjaka Z1 prikupljen je istočno od mjesta Zubovići koje se nalazi na sjevernom dijelu otoka (slika 4), na izdanku kraj ceste (slika 5).

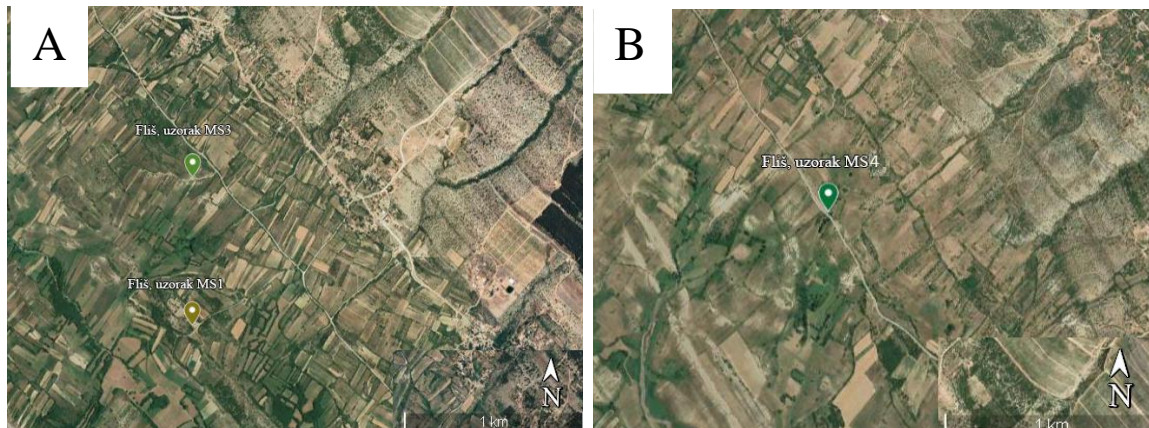


Slika 4. Lokacija izdanka Zubovići (preuzeto sa Interent izvor 1)



Slika 5. Izdanak Zubovići

Uzorci pješčenjaka MS1, MS3 i MS4 (Slika 6 - 9) prikupljeni su na području oko mjesta Korlat ~25 km istočno od Zadra.



Slika 6. A) Lokacije na kojima su prikupljeni uzorci MS1, MS3 i B) Lokacija na kojoj je prikupljen uzorak MS4 (preuzeto sa Internet izvor 1)



Slika 7. Izdanak MS1





Slika 8. Izdanak MS3



Slika 9. Izdanak MS4

## 4.2. Priprema uzoraka

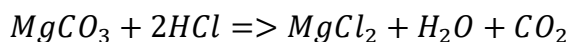
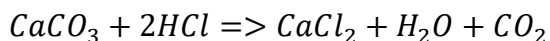
Prikupljeni uzorci pripremljeni su za promatranje mikroskopom. Uzorak je izrezan na pločice debljine 3-4 mm dimenzija predmetnog stakalca, nakon čega je dobivena ravna površina poliranjem na staklenoj ploči koristeći korundni prah i vodu. Uzorak je zatim zagrijan i zalijepljen na predmetno stakalce te ostavljen da se suši. Nakon toga je uzorak stanjen pomoću korundnog praha na rotirajućoj površini i finalno dovršen na staklenoj ploči koristeći sitniji prah kako bi se dobila debljina uzorka koju je moguće promatrati pod stereoskopskom lupom u prolaznom svjetlu.

Za kalcimetriju su uzorci prvo izmrvljeni čekićem te nakon toga pretvoreni u fini prah koristeći mehanički ahatni tarionik.

## 4.3. Kalcimetrija

Karbonatni sadržaj u uzorku stijene određuje se volumetrijski mjerenjem CO<sub>2</sub> koji se iz karbonata razvija djelovanjem klorovodične kiseline.

Magnezijev i kalcijev karbonat djelovanjem solne kiseline razaraju se prema jednadžbi:

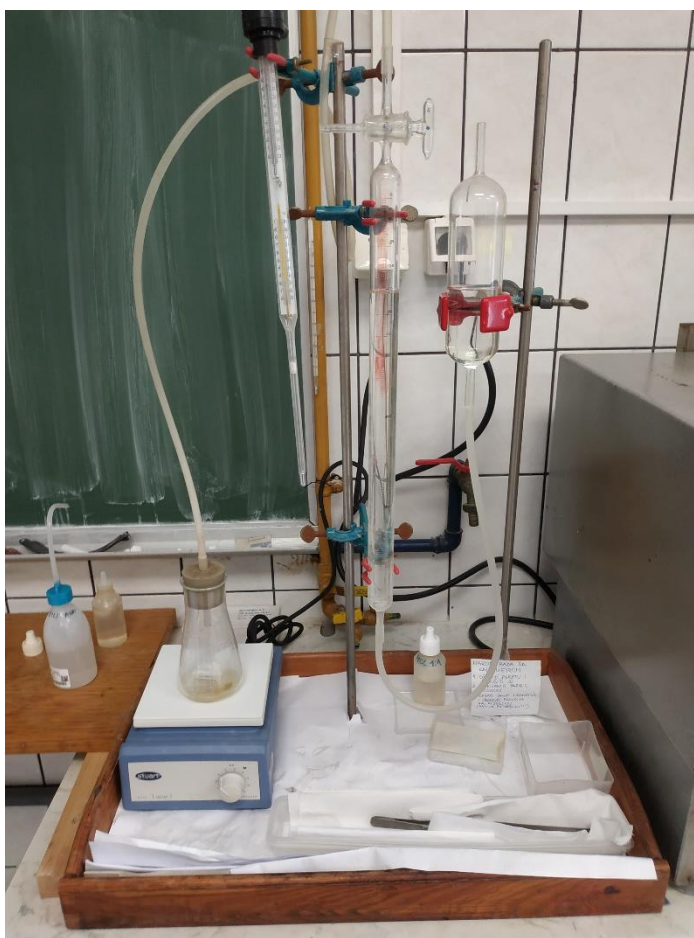


Razvijeni CO<sub>2</sub> zaustavlja se i mjeri u graduiranoj cijevi Schieblerovog kalcimetra (slika 10) i preračunava u postotni udio CaCO<sub>3</sub>. Prije određivanja udjela karbonata, napravljeno je mjerenje na standardu, čistom kalcijevom karbonatu (CaCO<sub>3</sub>). Najprije je dva puta odvagano po 300 mg standarda u male plastične čašice. Svaka od tih čašica pojedinačno je stavljena u Erlenmeyerovu tikvicu zajedno s 5 ml 1:1 HCl (u maloj plastičnoj posudi) te malim magnetom, dobro zatvorena gumenim čepom kako bi se dobilo potpuno zatvoreni sustav. Potom je uključena magnetna miješalica i ostavljena raditi 5 min. Prilikom reakcije razvijao se ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) čiji je volumen izmjeren i očitao. Pomoću formule za izračun:

$$\%CaCO_3 = ml\ CO_2 \cdot F \cdot 2,274 \cdot 100\ mg(uzorak)$$

Dobiven je maseni udio karbonata koji je (morao) iznositi 100% ±1%. Određivanje udjela karbonata u svakom uzorku proveden je na identičan način kao i prilikom mjerenja standarda. Prilikom svakog mjerenja, osim očitavanja volumena ugljikovog dioksida, potrebno je očitati još i temperaturu te tlak zraka u prostoru, pomoću kojih je dobiven faktor F, kasnije potreban za izračun masenog udjela karbonata.

Pošto su za standard i svaki uzorak izvršena po dva mjerenja, za konačnu vrijednost udjela karbonatne komponente uzeta je aritmetička sredina dobivenih rezultata.

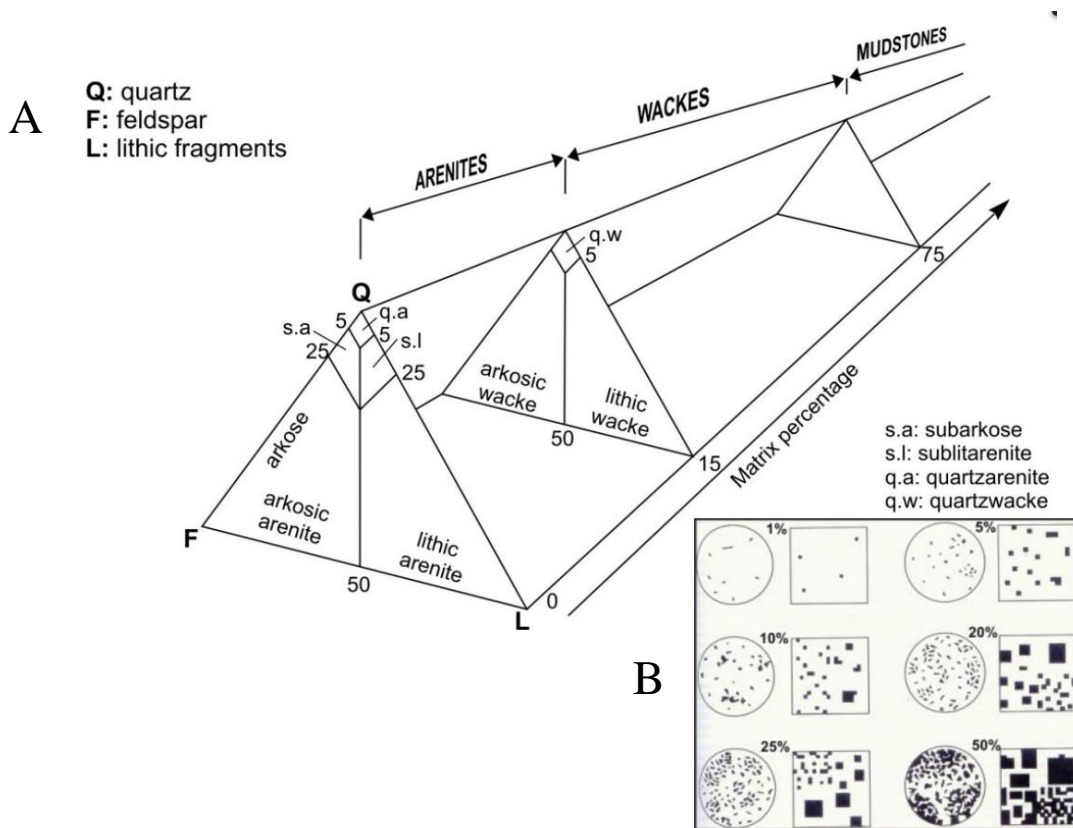


Slika 10. Schieblerov kalcimetar

#### 4.4. Mikroskopska analiza

Za mikroskopsku analizu korištene su lupe na Geološko Paleontološkom te Mineraloško-petrografskom zavodu. Mikroskop na kojem su izrađene fotografije je polarizacijski mikroskop „Carl Zeiss – Axiolab“. Preparati su fotografirani s digitalnim fotoaparatom „Canon 500 D“ koji je pričvršćen za mikroskop. Uzorci su promatrani na objektivu s povećanjem od 2,5x.

DOTTOV (1964) dijagram (slika 11 A) najkorišteniji je klasifikacijski sustav za pješčenjake i pijeske. Zasniva se na udjelu matriksa, definiranog kao zrna veličine manje od 30  $\mu\text{m}$  i udjela kremena, feldspata i litičnih fragmenata dimenzija većih od 30  $\mu\text{m}$ . Na temelju tog dijagrama, ako je udio matriksa viši od 75 %, stijena je muljnjak. Pješčenjaci su podijeljeni u arenite (manje od 15 % matriksa) i grauvake (više od 15 % matriksa). Areniti i grauvake mogu biti dalje klasificirani na temelju udjela kremena (Q), feldspata (F) i stijenskih i litičnih fragmenata (L). Ako kremena ima više od 95 % (F+L je manje od 5%) mogu biti klasificirani kao kvarcni areniti i kvarcne grauvake. Arkozni areniti i arkozne grauvake javljaju se kada feldspati dominiraju, dok se u slučaju kada dominiraju litični fragmenti radi o litičnom arenitu ili litičnoj grauvaki. Daljnja podjela arenita je na subarkoze (kremen između 75 i 95 %, feldspata manje od litičnih fragmenata) i subarenite (kremen između 75 i 95%, litičnih fragmenata više od feldspata). Udio pojedinih čestica određen je usporedbom vidnog polja s dijagramima koji pokazuju izgled vidnog polja za pojedine postotne udjele neke od čestica (slika 11 B).

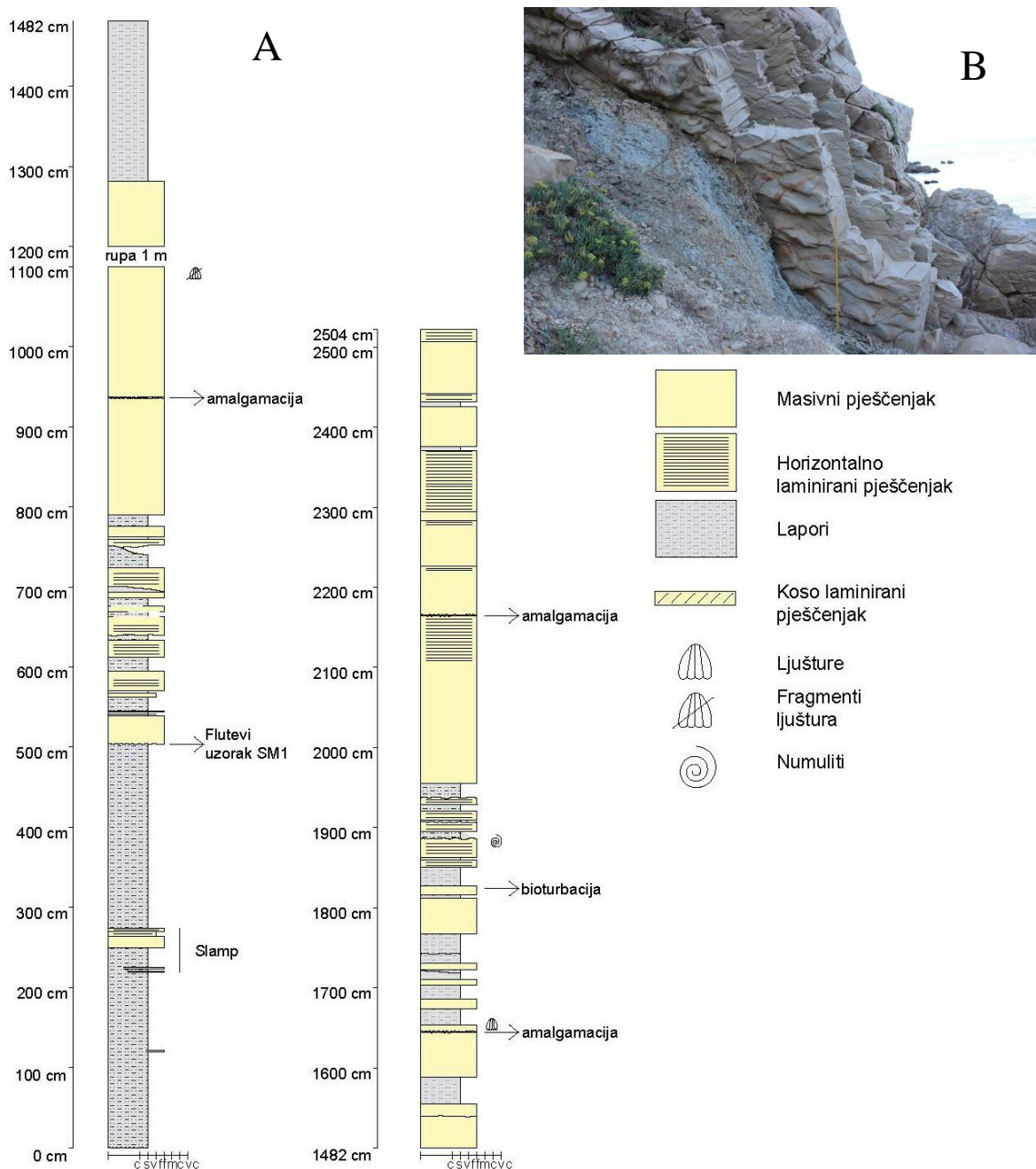


Slika 11. A) Klasifikacija pješčenjaka po Dottu (1964) B) dijagram koji pokazuje izgled vidnog polja za pojedine postotne udjele neke od čestica (Tucker, 2001)

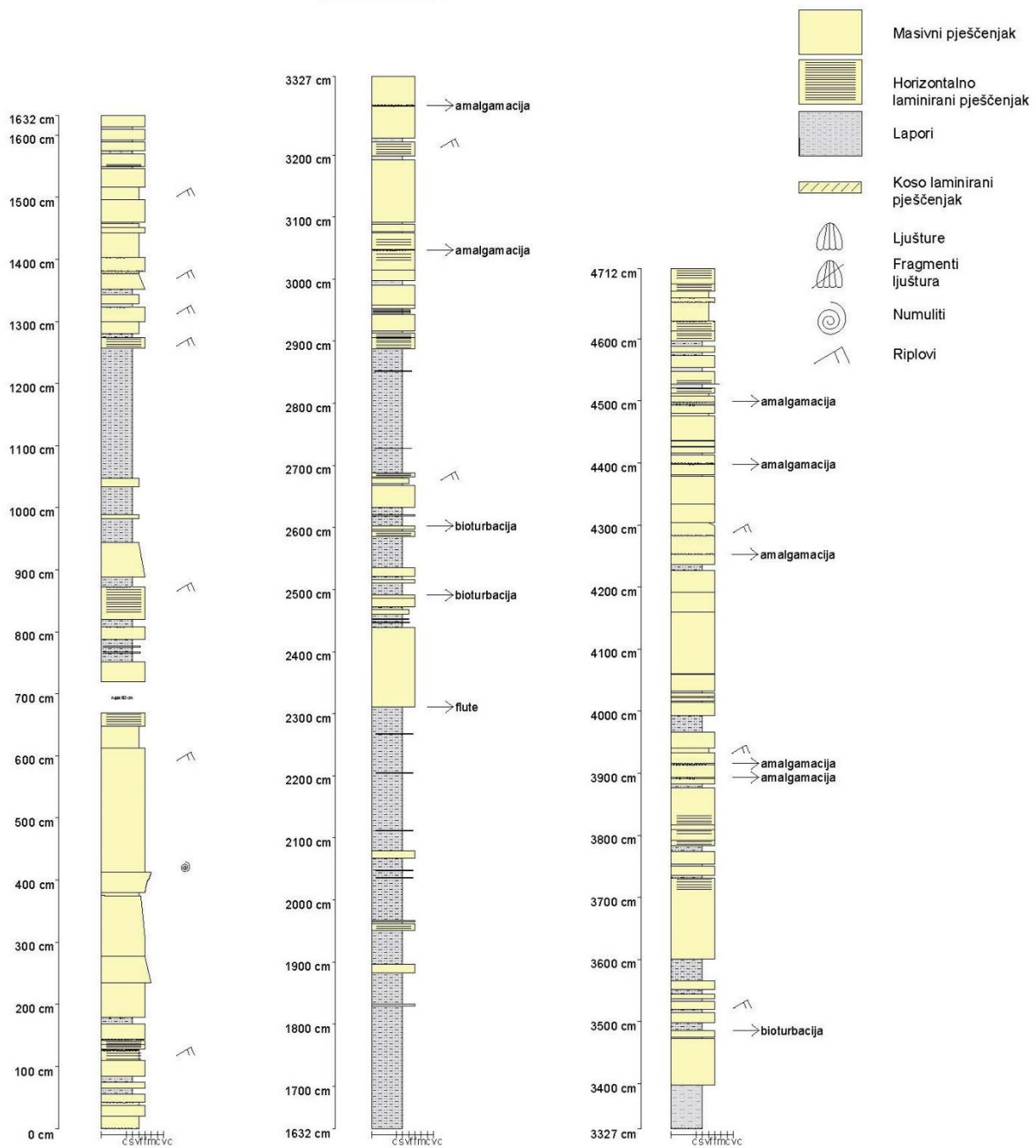
## 5. REZULTATI

### 5.1. Analiza facijesa

Na temelju promatranja na terenu, izrađeno je osam sedimentoloških stupova (slika 11-27).



Slika 11. Izdanak Sveta Marija. A) Sedimentološki stup Sveta Marija i B) Izdanak Sveta Marija s vidljivim tragovima tečenja na donjoj slojnoj plohi. Mjerilo je metar.



Slika 12. Sedimentološki stup Bošana 3

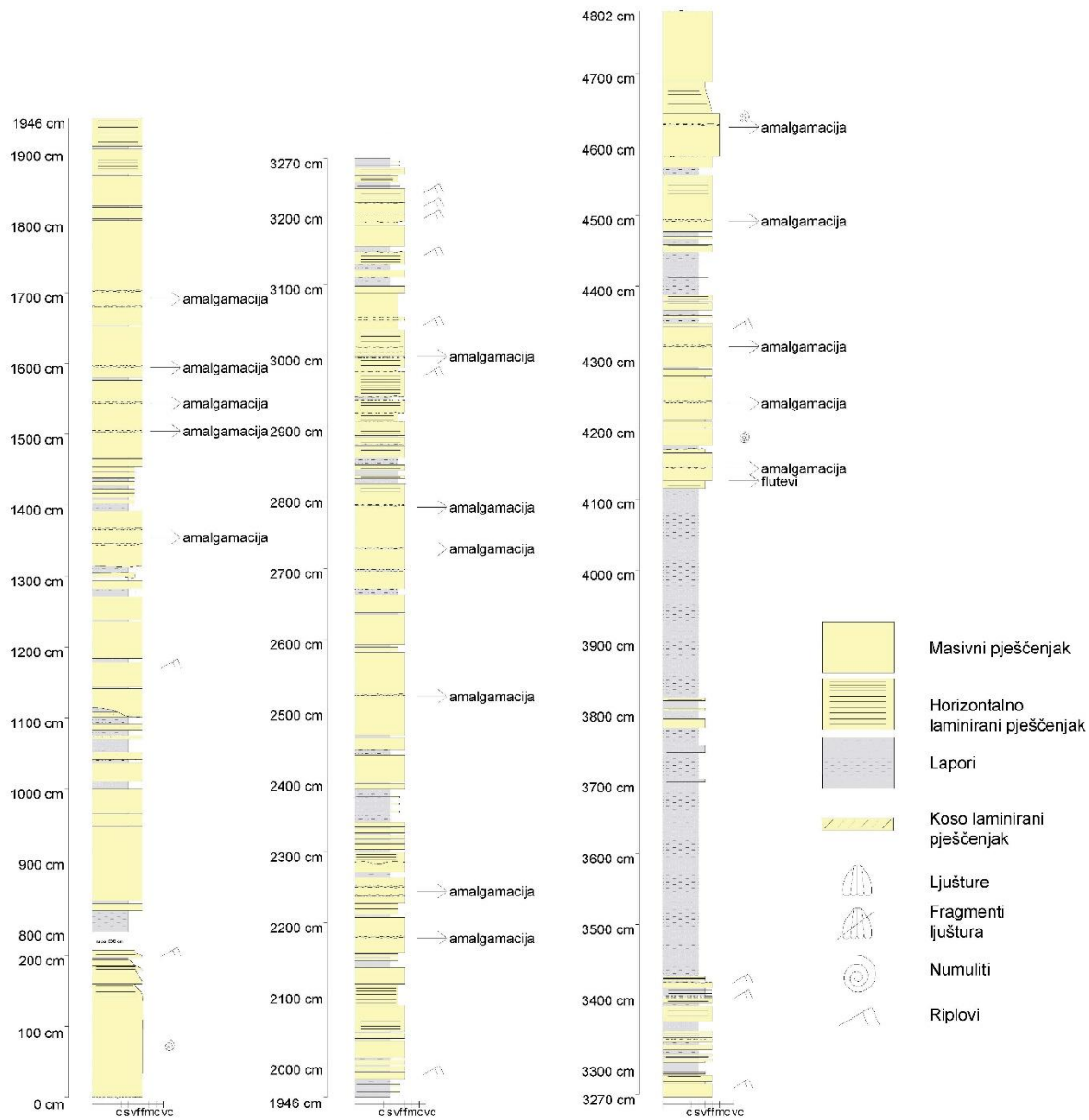


Slika 13. Izdanak Bošana 3. Mjerilo je metar



Slika 14. Lokacija profila Sveta Marija, Rozin Bok, Bošana 2 i Bošana 3 (preuzeto sa Interent izvor 1)

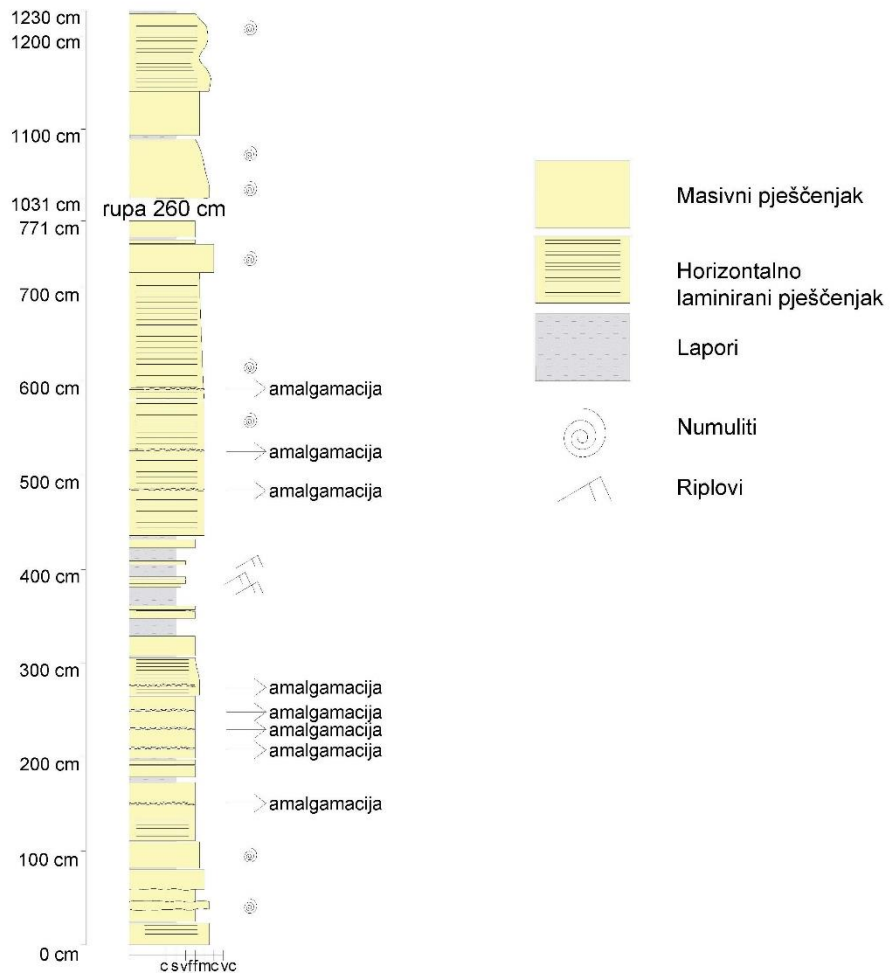




Slika 15. Sedimentološki stup Rozin Bok



Slika 16. Profil Rozin Bok



Slika 17. Sedimentološki stup Bošana 2



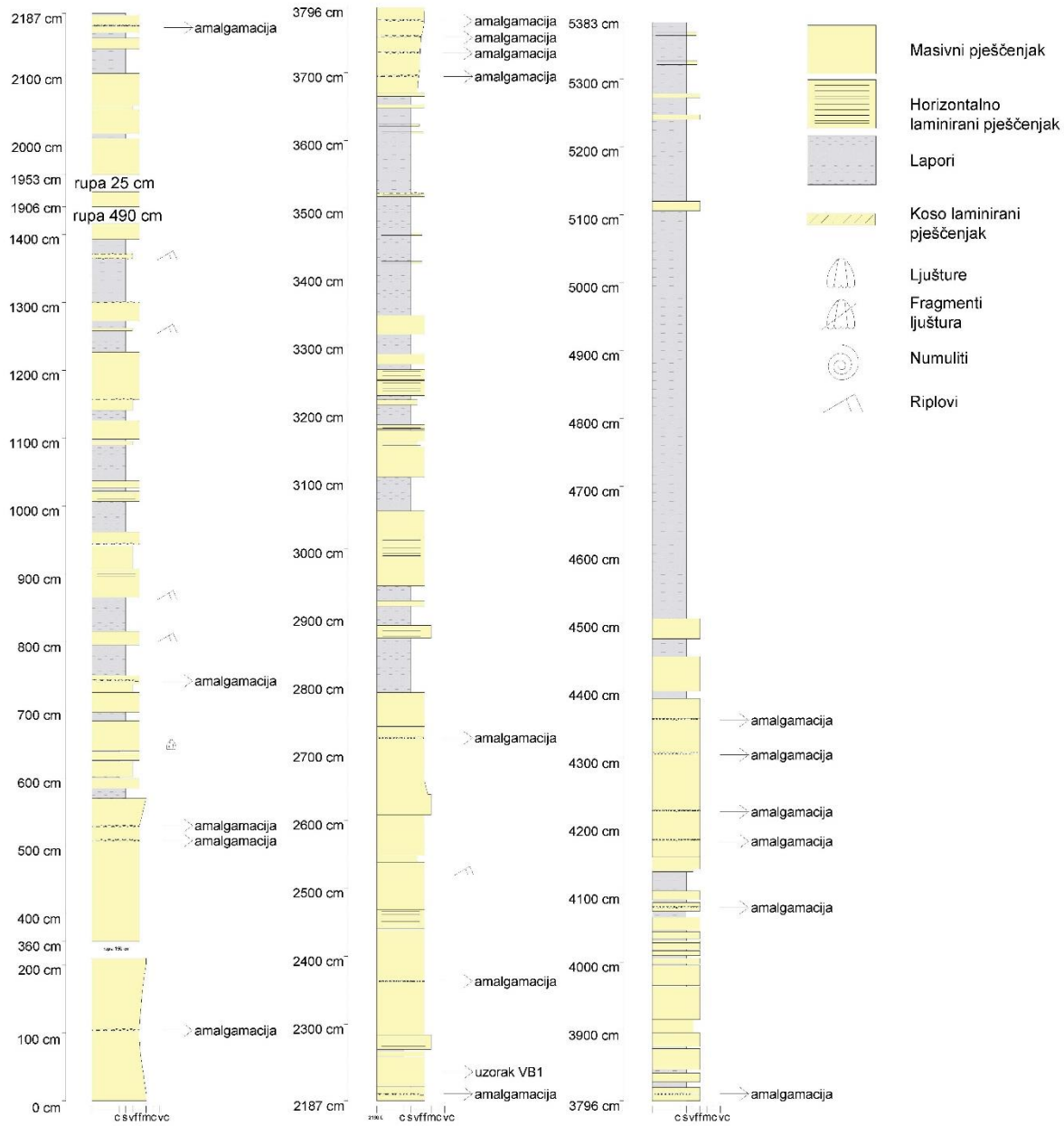
Slika 18. Izdanak Bošana 2



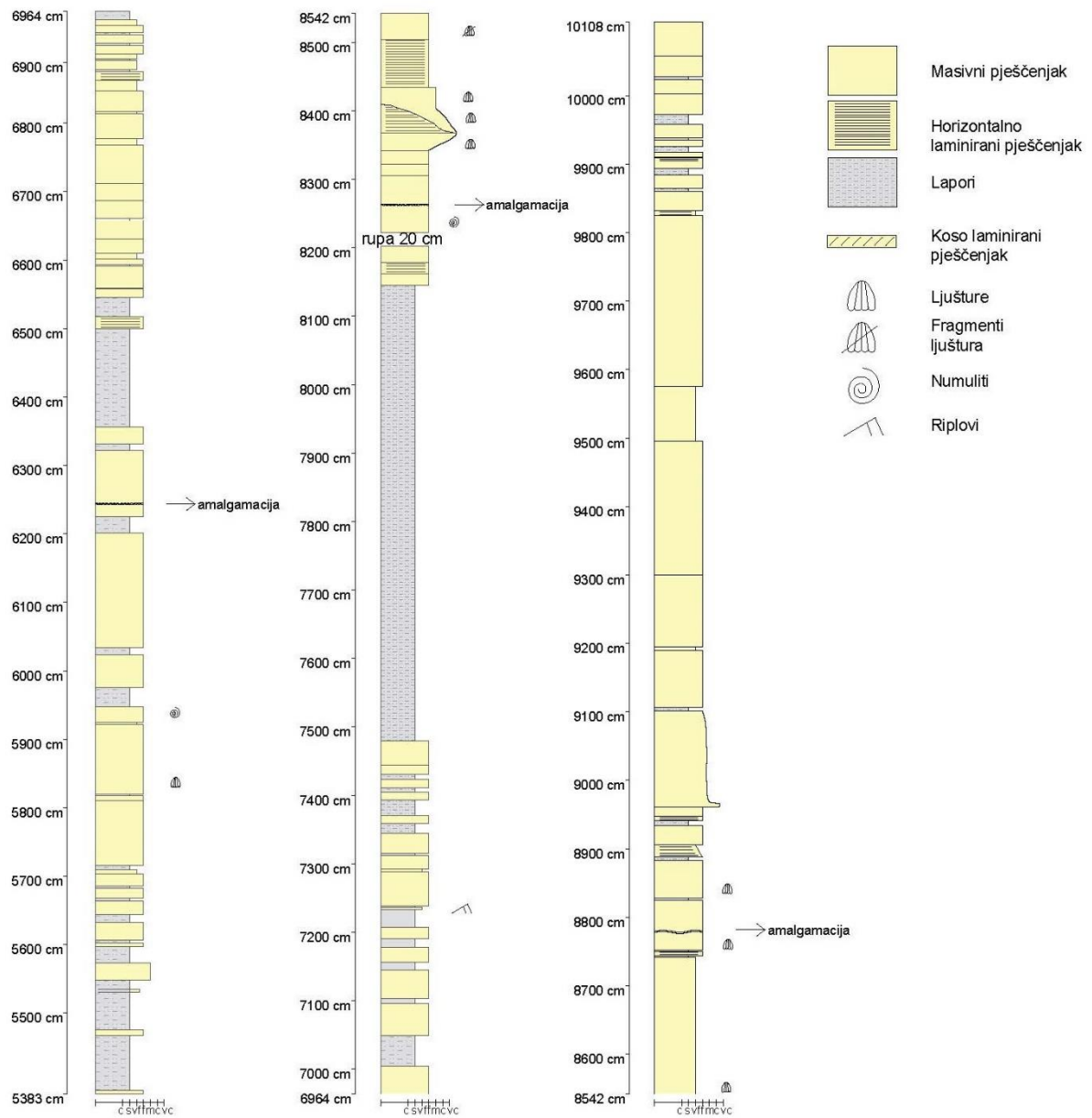
Slika 19. Lokacija profila Veli bok (preuzeto sa Interent izvor 1)



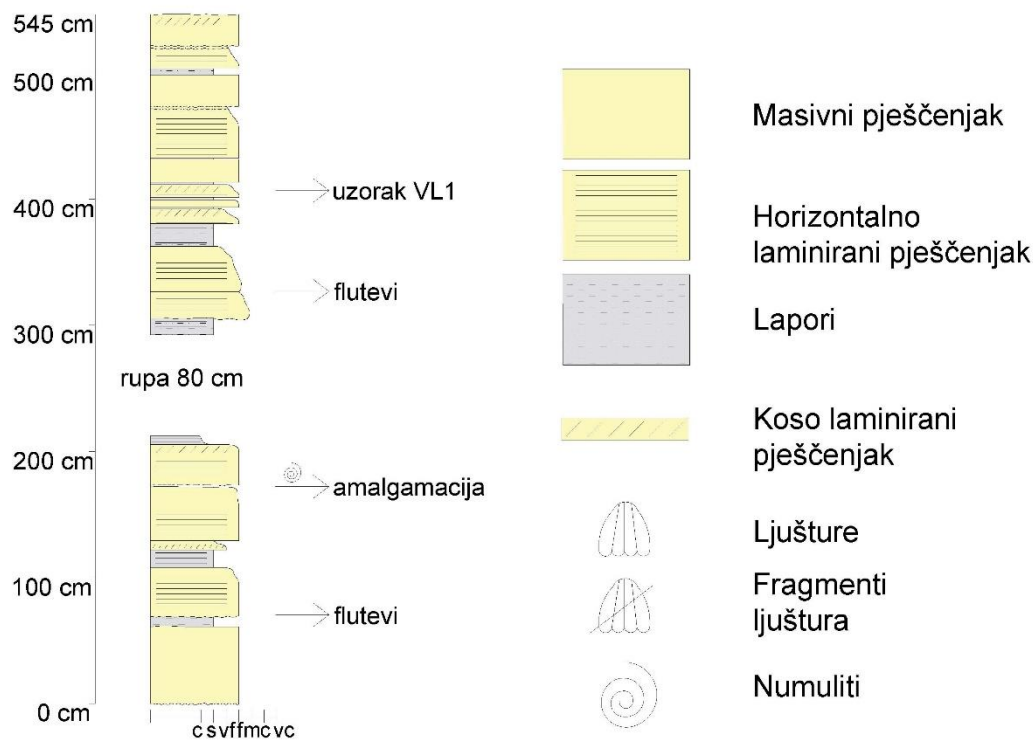
Slika 20. Izdanak Veli Bok. Mjerilo je geološki čekić.



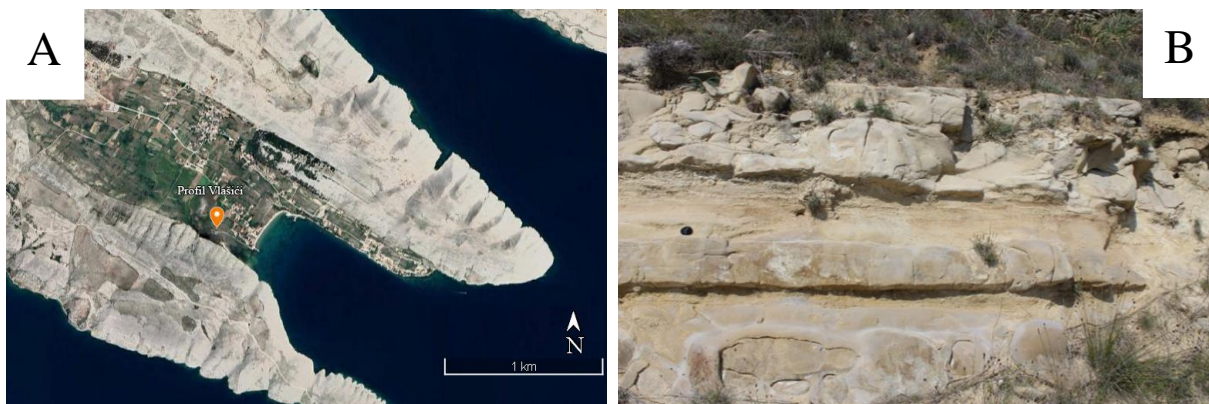
Slika 21. Prvi dio sedimentološkog stupa Veli Bok



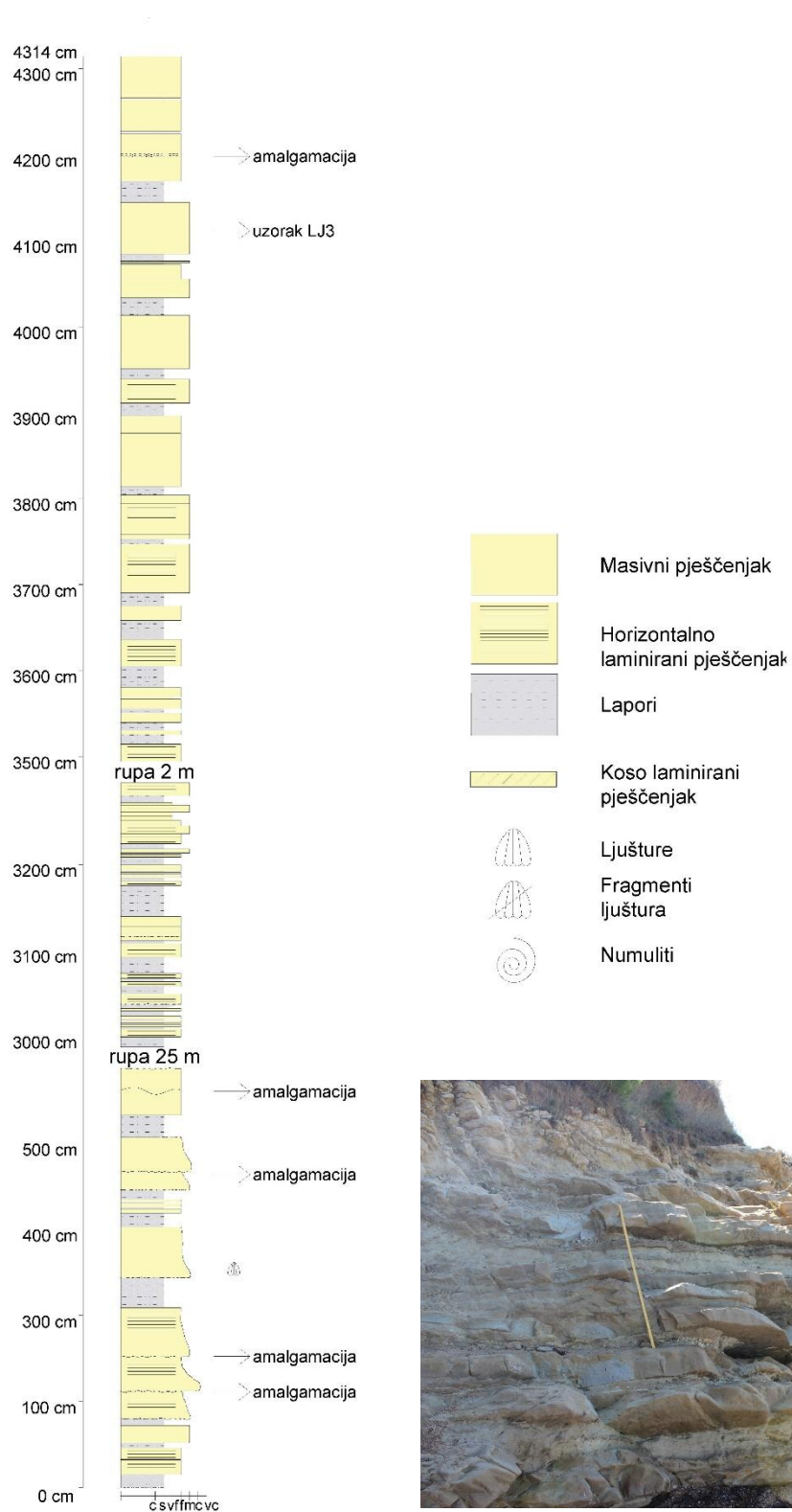
Slika 22. Drugi dio sedimentološkog stupa Veli bok



Slika 23. Sedimentološki stup Vlašići



Slika 24. A) Lokacija izdanka Vlašići. (preuzeto sa Interent izvor 1) B) Izdanak Vlašići. Mjerilo je poklopac fotoaparata.



Slika 25. Sedimentološki stup Ljubač plaža



Slika 26. Izdanak Ljubač plaža. Mjerilo je metar



Slika 30. Sedimentološki stup Ljubač, rt



Slika 27. Ljubač, rt



## Lapori

Ovaj facijes sastoji se od trošnih lapora (slika 28) zelenkaste do sive boje debljine od 1 do 600 centimetara. Metarski slojevi povremeno su presječeni tankim proslojcima pješčenjaka.

### Interpretacija

Sitnozrnasti slojevi nastaju taloženjem iz suspenzije, a prema BABIĆ & ZUPANIČ (2008), neprekidan karakter taložnih tokova odgovara povezanosti sa deltama aluvijalnih sustava bogatih pijeskom.



Slika 28. Lapori sa proslojcima pješčenjaka sa plaže Rozin Bok. Kao mjerilo korišten je metar.

## Masivni pješčenjaci

Ovaj facijes karakteriziran je ponekad amalgamiranim slojevima nesortiranog masivnog pješčenjaka debljine od 3 do 250 centimetara sitno do krupnozrnastih čestica često u izmjeni sa laporima. Numuliti su rijetki i u nekim slučajevima se javljaju u obliku proslojaka unutar ovih pješčenjaka (slika 29). Zabilježena je i pojava ljuštura mekušaca kao i tragova horizontalne bioturbacije. Tragovi tečenja (slika 30) se javljaju na donjim slojnim plohama masivnih

pješčenjaka i dužine su 10 do 20 centimetara, a širine 5 do 10 centimetara. U slučaju lokaliteta Vlašići ukazuju na smjer transporta prema SZ (mjereni azimuti 291° do 310°).

#### Interpretacija

Prema MORRIS (1974), deblji amalgamirani pješčenjaci nastaju brzim, gustim taloženjem sedimenta koji odgovara proksimalnom turbiditnom taložnom sustavu, a talože se iz turbiditnih tokova visoke gustoće (high-density turbidity current, HDTC (LOWE, 1982)). Tragovi tečenja (slika 29) su karakteristični za turbiditne struje i dobar su indikator smjera toka. Nastaju taloženjem pijeska u udubinama koje nastaju kao rezultat lokalne erozije turbiditnim strujama.



Slika 29. Proslojci numulita u masivnom pješčenjaku sa lokaliteta Bošana 3. Kao mjerilo korišten je čekić.



Slika 30. Tragovi tečenja na lokalitetu Sveta Marija. Kao mjerilo korišten je metar.

### **Horizontalno laminirani pješčenjaci**

Ovaj facijes dominiran je horizontalno laminiranim srednje do sitnozrnastim pješčenjacima (slika 31) debljine od 2 do 77 centimetara, često u izmjeni sa slojevima lapora dimenzija nekoliko centimetara do nekoliko decimetara. Pojedini slojevi pokazuju normalnu graduiranost.

#### **Interpretacija**

Horizontalno laminirani pješčenjaci mogli bi ukazivati na taloženje vučnim transportom u uvjetima gornjeg strujnog režima iz turbiditnih tokova niske gustoće (low-density turbidity current, LDTC (LOWE, 1982)). Može se smatrati da svaka lamina predstavlja vučnu površinu koja je pokretana bazalnim smicanjem turbulentnog toka koji se nalazi iznad (Tb prema BOUMA (1962)). Prisutnost lapora mogla bi sugerirati promjenu u dotoku sedimenta.



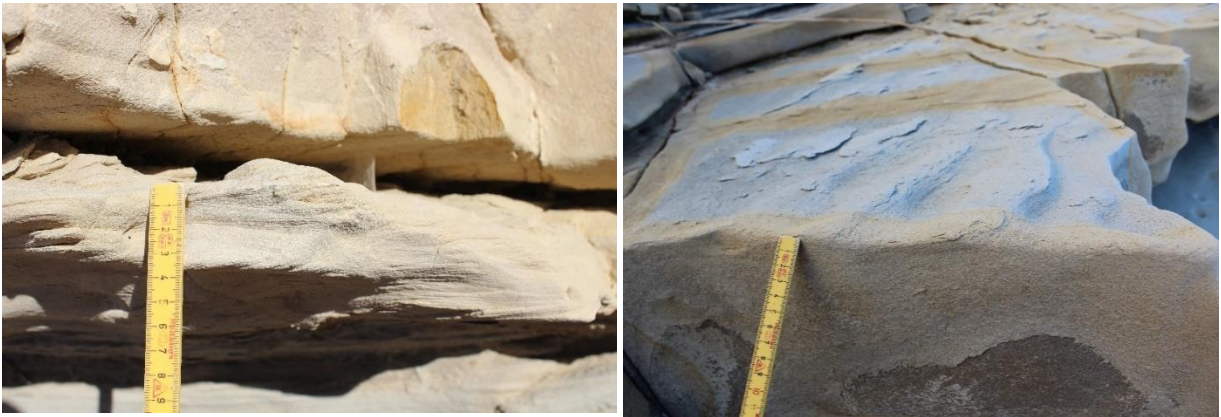
Slika 31. Horizontalno laminirani pješčenjak sa lokaliteta Sveta Marija. Kao mjerilo korišten je metar.

### **Koso laminirani pješčenjaci**

Ovaj facijes sastoji se od srednje do sitnozrnastih pješčenjaka debljine 3 do 10 centimetara koji pokazuju kosu laminaciju (slika 32 A). Na gornjim slojnim plohama mjestimično su vidljivi i riplovi (slika 32 B).

#### Interpretacija

Kosa laminacija rezultat je nizvodne migracije riplova koja se događa zbog erozije njihove uzvodne strane. Riplovi, koji su mjestimice vidljivi na gornjim slojnim plohama, nastaju u donjem strujnom režimu. Prema LOWE (1982), talože se iz turbiditnih tokova niske gustoće (low-densit turbidity current, LDTC). Rezultat su vučnog kretanja s “fallout” procesima iz turbiditnih struja koje se smiruju. Pripadaju Tc dijelu Bouma (1962) sekvence.



Slika 32. A) Koso laminirani pješčenjak sa lokaliteta Sveta Marija. Kao mjerilo je korišten metar. B) Riplovi na gornjoj slojnoj plohi masivnog pješčenjaka sa plaže Rozin bok. Kao mjerilo korišten je metar.

### Slampovi

Slampovi (slika 33) su povijeni, deformirani setovi slojeva debljine 11 i 20 metara javljaju se na plaži Ljubač u obliku izmjena pješčenjaka s laporima.

### Interpretacija

Slampovi su sekundarna pojava, deformacija nastala nakon taloženja slijeda naslaga. Ukazuju na pokrete mase povezane sa nestabilnim podmorskim padinama.



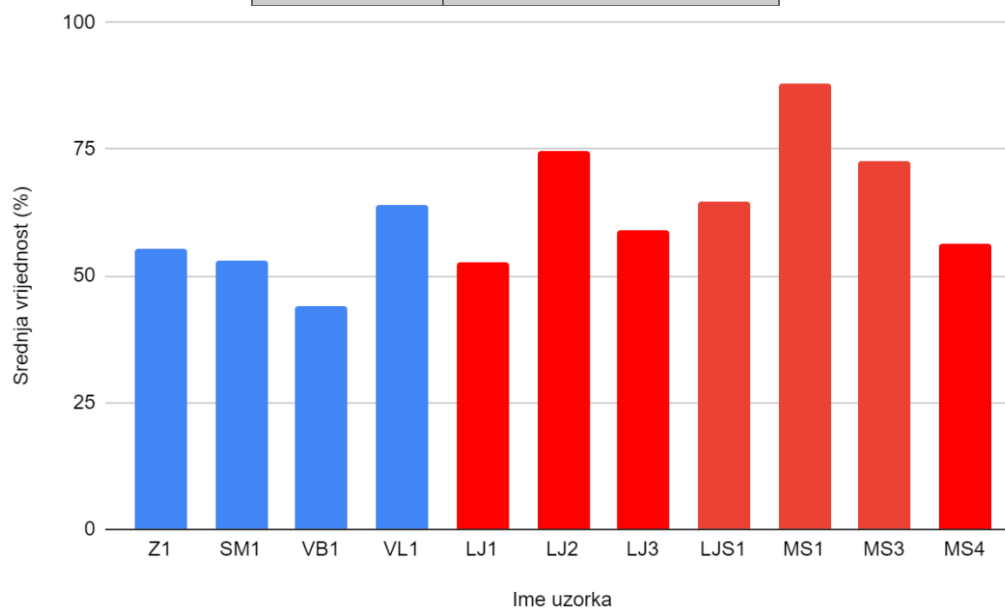
Slika 33. Slamp na početku sedimentološkog stupa Ljubač plaža. Kao mjerilo korišten je metar.

## 5.2. Kalcimetrija

Rezultati su prikazani u tablici 1 i slici 34. Uzorci MS3 i LJ2 te LJ1, MS4, Z1 i SM1 imaju sličan udio  $\text{CaCO}_3$ , dok uzorak MS1 (87,96 %) ima izrazito visok udio karbonatne komponente. Uzorak VB1 ima najmanje karbonata (44,07 %).

Tablica 1. Udio  $\text{CaCO}_3$  u uzorcima.

Ime uzorka	Srednja vrijednost (%)
Z1	55,43
SM1	53,05
VB1	44,07
VL1	63,84
LJ1	52,71
LJ2	74,77
LJ3	59,09
LJS1	64,78
MS1	87,96
MS3	72,47
MS4	56,32



Slika 34. Prikaz udjela  $\text{CaCO}_3$  u pojedinim uzorcima. Plavom bojom označeni su uzorci sa otoka Paga, a crvenom uzorci iz područja kopna sjeverne Dalmacije.

### 5.3. Mikropaleontološka analiza

Od promatranih uzoraka, samo oni prikupljeni na području kopna sjeverne Dalmacije sadrže fosile.



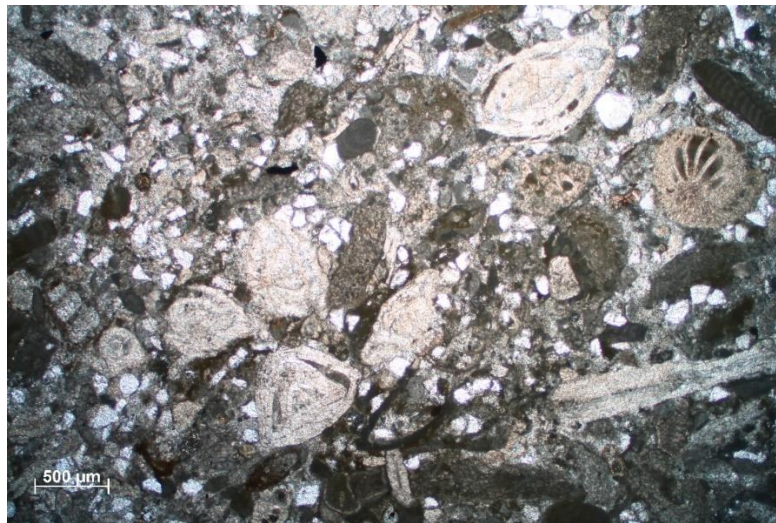
Slika 35. Mikroskopski uzorak LJ2

U uzorku LJ2 (slika 35) prevladavaju velike bentičke foraminifere roda *Nummulites* i *Amphistegina* sa sporadičnom pojavom alga i pokojim fragmentom neodredivih ljuštura. U većini slučajeva su kućice oštećene ili fragmentirane.



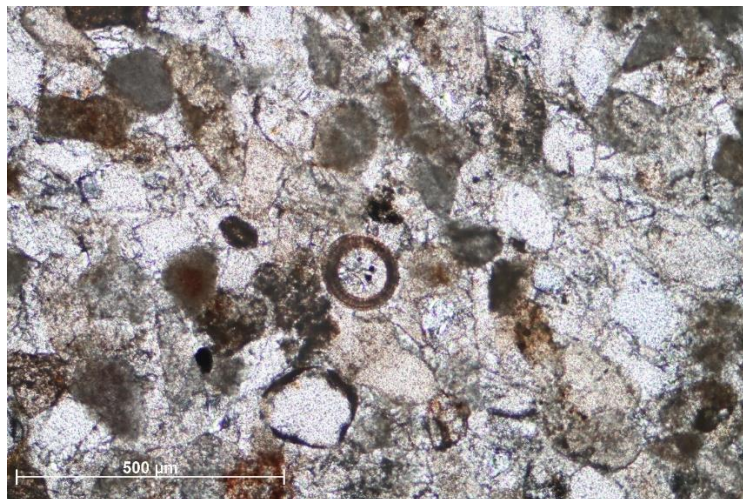
Slika 36. Mikroskopski uzorak LJS1

U uzorku LJS1 (slika 36) prevladavaju velike bentičke foraminifere roda *Nummulites* i *Amphistegina* sa povremenom pojavom *Discocyclina* te fregmentina ljuštura i neodredivih foraminifera. Foraminifere su strujno orijentirane te su u većini slučajeva su kućice oštećene ili fragmentirane.



Slika 37. Mikroskopski uzorak MS1

U uzorku MS1 (Slika 37) prevladavaju velike bentičke foraminifere roda *Nummulites* i *Amphistegina* koje su u većini slučajeva su kućice oštećene ili fragmentirane. Pojavljuju se i *Discocyclina* te fragmenti drugih foraminifera kao i školjkaša. Također se u uzorku mogu pronaći alge.



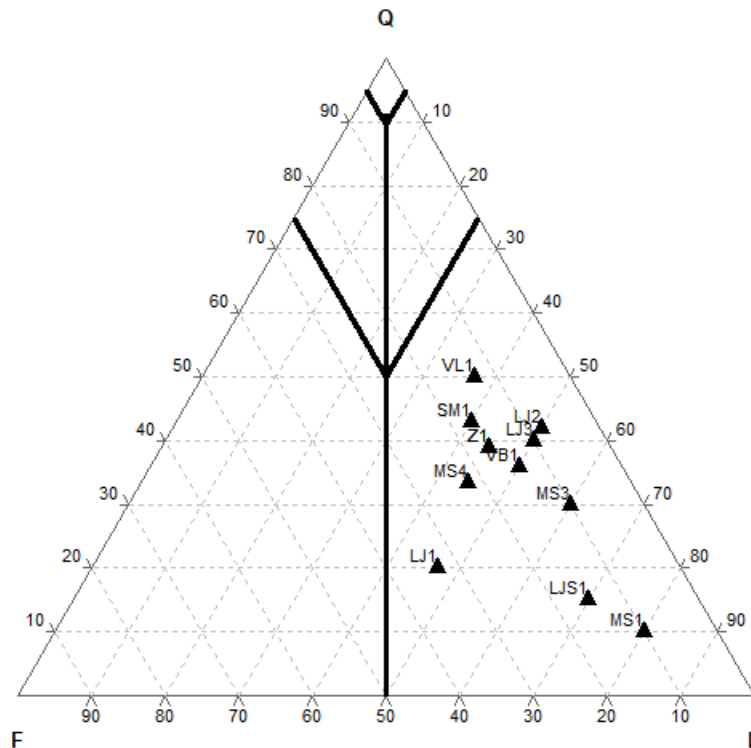
Slika 38. Mikroskopski uzorak MS3

Uzorak pješčenjaka MS3 (slika 38) u sebi sadrži nekoliko bodlji, vjerojatno ježinaca.



## 5.4. Petrografska analiza

Rezultati petrografske analize prikazani su na Dottovom (1964) dijagramu (slika 39).



Slika 39. Dottov (1964) dijagram sa istraživanim uzorcima



Slika 40. Mikroskopski uzorak Z1

Uzorak pješčenjaka Z1 (Slika 40) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



Slika 41. Mikroskopski uzorak SM1

Uzorak pješčenjaka SM1 (Slika 41) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



Slika 42. Mikroskopski uzorak VB1

Uzorak pješčenjaka VB1 (slika 42) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



Slika 43. Mikroskopski uzorak VL1

Uzorak pješčenjaka VL1 (Slika 43) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



Slika 44. Mikroskopski uzorak LJ1

Uzorak pješčenjaka LJ1 (slika 44) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.

Uzorak pješčenjaka LJ2 (slika 35) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



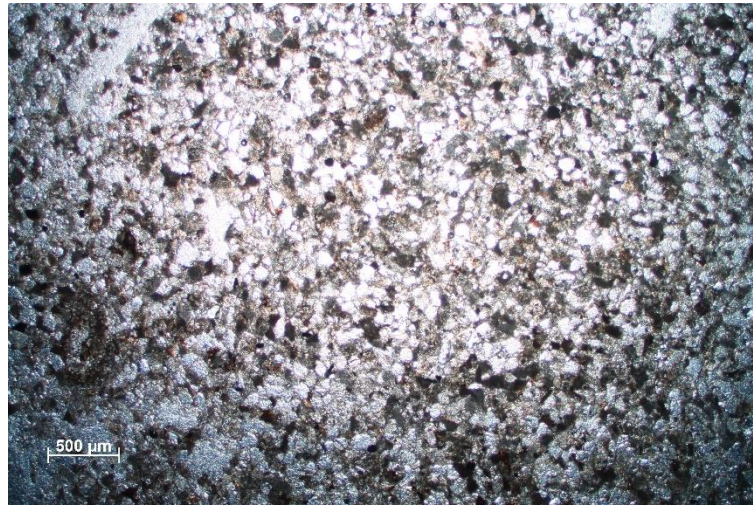
Slika 45. Mikroskopski uzorak LJ3

Uzorak pješčenjaka LJ3 (slika 45) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.

Uzorak pješčenjaka LJS1 (slika 36) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.

Uzorak pješčenjaka MS1 (slika 37) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.

Uzorak pješčenjaka MS3 (slika 38) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.



Slika 46. Mikroskopski uzorak MS4

Uzorak pješčenjaka MS4 (slika 46) prema Dottovoj (1964) klasifikaciji određen je kao litični arenit.

## **6. RASPRAVA**

### **6.1. Analiza Facijesa**

Tokom istraživanja identificirano je pet facijesa. Naslage lapora većih debljina karakteristične su za distalna područja prodelte i prestanak turbiditnih struja s udaljavanjem od kanala (VRBANAC, 2002), ali mogu biti posljedica i hemipelagičkog taloženja. Horizontalno laminirani pješčenjaci ukazuju na taloženje vučnim transportom u uvjetima gornjeg strujnog režima iz turbiditnih tokova niske gustoće (LOWE, 1982). Tanji slojevi lapora koji se izmjenjuju sa pješčenjacima, mogli bi ukazivati na promjenu u dotoku sedimenta. Riplovi ukazuju na slabljenje turbiditnog toka i pijesak koji se može taložiti iz trajnih turbiditnih struja (donji tok) kako su opisali JOPLING & WALKER (1968), a njihovom migracijom u proksimalnom dijelu prodelte nastaju koso laminirani pješčenjaci. Također, koso laminirani pješčenjaci ukazuju na taloženje iz turbiditnih tokova niske gustoće (LOWE, 1982). Gotovo isključivo pješčani karakter masivnih sedimenata, kao i amalgamacije, ukazuju na taloženje u blizini izvorišnog područja sedimenta iz turbiditnih tokova visoke gustoće (LOWE, 1982), tj. sustava bogatog pijeskom (BABIĆ et al., 1983). Prisutni numuliti i drugi skeletni materijal mogao je biti pokupljen sa morskoga dna i turbiditnim strujama donesen i pretaložen u dublji prostor. Slampovi ukazuju na pokrete mase povezane sa nestabilnim podmorskim padinama. Izmjereni smjer paleontransporta na flutevima ukazuje na kretanje struja pretežito prema SZ, paralelno sa pružanjem obale. Na stupovima koji se nalaze na SZ (otoku Pagu) se u središnjem dijelu pojavljuju deblji slojevi lapora što ukazuje na duži period prestanka turbiditnih struja i period hemipelagičkog taloženja, nakon čega se opet pojavljuju masivni pješčenjaci.

### **6.2. Kalcimetrija**

Uzorci prikupljeni u sjevernoj Dalmaciji pokazuju (u nekim slučajevima znatno) veći udio  $\text{CaCO}_3$ , naročito uzorak MS1 koji je sastavljen je od 87,96 %  $\text{CaCO}_3$  što odgovara činjenici da je gotovo cijeli sastavljen od ljuštura fosila foraminifera. Uzorci MS3 i LJ2 također imaju visok udio  $\text{CaCO}_3$  što je posljedica brojnog fosilnog sadržaja.

## **7.2. Mikropaleontološka analiza**

U uzorcima prikupljenim na obali sjeverne Dalmacije pronađeni su fosili velikih bentičkih foraminifera roda *Nummulites*, *Amphistegina* i *Discocyclina* čime je potvrđena njihova eocenska starost. Velike bentičke foraminifere obično obitavaju u plitkim morima što ukazuje da su to pretaloženi fosili u istraživanim naslagama.

## **8.2. Petrografska analiza**

Na temelju petrografske analize svim uzorcima određeno je da se radi o litičnim arenitima sa različitim sastavom detritičnih komponenti.

## **7. ZAKLJUČAK**

Tokom istraživanja je određeno pet različitih facijesa, lapori, masivni pješčenjaci, horizontalno laminirani pješčenjaci, koso laminirani pješčenjaci te slampovi. Slojevi lapora ukazuju na hemipelagičko taloženje i taloženje u distalnom području prodelte, dok su horizontalno laminirani pješčenjaci indikator indikator su vučnog transporta u uvjetima gornjeg strujnog režima te se mogu smatrati kao Tb interval Boumine (1964) sekvencije. Masivni pješčenjaci sa prisutnim amalgamacijama ukazuju na proksimalniji okoliš, veliku količinu materijala i njegovo brzo taloženje. Koso laminirani pješčenjaci nastaju migracijom riplova u sporijim turbiditnim tokovima manje gustoće. Slampovi ukazuju na podmorska klizišta povezana s nestabilnim podmorskim padinama. Izmjereni smjer paleontransporta na tragovima vučenja ukazuje na kretanje struja prema SZ. Analizirani uzorci određeni su kao areniti. Velike bentičke foraminifere identificirane u mikroskopskim preparatima potvrđuju eocensku starost naslaga.



## 8. LITERATURA

- BABIĆ, L., ZUPANIĆ, J., CRNJAKOVIĆ, M. (1993): An association of marine tractive and gravity flow deposits in the Eocene of the NW part of the Island of Pag (Outer Dinarides, Croatia). *Geologia croatica*, 46(1), 107–123.
- BABIĆ, L. & ZUPANIĆ, J. (2008): Evolution of a river-fed foreland basin fill: the North Dalmatian flysch revisited (Eocene, Outer Dinarides). *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 17(4), 357–374.
- BENIĆ, J. (1975): Vapnenački nanoplankton eocenskog fliša otoka Paga. (Ehgl. sumrnuy: Calcareous nannoplankton from Eocene flysch on the island of Pag - Croatia). *Geol. vjesnik*, 28, 19–23.
- BOUMA, A.H. (1962): *Sedimentology of Some Flysch Deposits*. Elsevier, 168
- COVEY, M. (1986): The evolution of foreland basins to steady state: evidence from the western Taiwan foreland basin. In: ALLEN P. A. & HOMEWOOD P. (Eds.): *Foreland Basins*. Intern. Assoc. Sedim. Spec. Publ., 8, 77–90.
- ĆOSOVIĆ V., BALONČIĆ D., KOIĆ M., MARJANAC T., MORO A., GUŠIĆ I. & JELASKA V. (1994): Paleontological evidence of Paleogene transgression on Adriatic carbonate platform. *Geologie Mediterranee* 21/3-4, 49–53.
- DOTT, R.H. (1964): Wacke, Greywacke and Matrix—What Approach to Immature Sandstone Classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 625–632.
- FLEMINGS, P. B. & JORDAN, T. E. (1990): Stratigraphic modeling of foreland basins: Interpreting thrust deformation and lithosphere rheology. *Geology*, 18, 430–434.
- Hrvatski geološki institut (2009): *Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300.000*. – Hrvatski geološki institut, Zavod za goelogiju, Zagreb.
- IVANOVIĆ, A., MULDINI-MAMUŽIĆ S., VRŠALOVIĆ-CAREVIĆ, I. & ZUPANIĆ, J., (1969): Development of Paleogene deposits in wider area of Benkovac and Drniš in the north-western part of Dalmatia (in Croat., Engl. summary). 3. Simpozij Dinarske asocijacije, 1, 51–71.
- JOPLING, A.V. AND WALKER, R.G. (1968): Morphology and origin of ripple-drift cross-lamination, with examples from the Pleistocene of Massachusetts. *Journal of Sedimentary Research*, 38(4), 971–984.
- KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. *Earth-Science Reviews*. 96. 296–312.
- LOWE, D. R. (1982): Sediment gravity flows; II, Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Research* 1982;; 52 (1): 279–297.

MAJCEN, Ž. & KOROLIJA, B. (1973): Geology of Zadar sheet. Basic Geological Map of Yugoslavia, 1:100.000. (in Croat., Engl. summary), 44.

MAMUŽIĆ, P., SOKAČ, B., VELIĆ, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100 000, list Silba, L33–126.–Institut za geološka istraživanja Zagreb (1963–1969), Savezni geološki zavod, Beograd

MAMUŽIĆ, P. & SOKAČ, B. (1973): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ za list Molat i Silba M 1: 100.000. Inst. geol. istr., Zagreb (1967). Savezni geol. zavod, 45., 6 sl.

MAMUŽIĆ, P., KOROLIJA, B., GRIMANI, M., ŠIMUNIĆ, AL. (1981): Detaljni geološki stupovi kroz naslage krede (gornji otriv-donji turon) središnjeg dijela poluotoka Pelješca) Geol. vj. 34, 19–25, 2 tab.

MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš jadranskog pojasa (Eocene flysch of Adriatic sea).- Geol. vjesnik, 34, 27–38.

MIKES, T., BÁLDI-BEKE, M., KÁZMÉR, M., DUNKL, I. & VON EYNATTEN, H. (2008): Calcareous nanofossil age constraints on Miocene flysch sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). In: Siegesmund, S., Fügenschuh, B., & Froitzheim, N. (Eds.): Tectonic Aspects of the Alpine-Dinaride-Carpathian System. Geol. Soc. Spec. Publ. 298, 335–363.

MORRIS, R. C. (1974): Carboniferous rocks of the Ouachita Mountains, Arkansas; a study of facies patterns along the unstable slope and axis of a flysch trough: Special Paper - Geological Society of America, no. 148, 241-279.

SCHMID, S., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, Sm., SCHUSTER, R., TISCHLER, M., & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: Correlation and evolution of tectonic units. Swiss Journal of Geosciences. 101, 139-183.

SCHUBERT, R. J. (1905): Zur Stratigraphie des istrisch-norrdalmatinischen Mitteleocans. Jahrb. geol. Reichsanst., 55, 153–188.

SCHUBERT, R. J. (1908): Geologische Spezialkarte der Osterreichisch-Ungarischen Monarchie, 1:75.000. Novegradi-Benkovac. Geol. Reichsanst., Wien.

SCHUBERT, R. J. (1909): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Oesterr.-ungar. Monarchie, Novigrad-Benkovac, 1:75.000, Geol. Reichsanst 26.

SINCLAIR, H., 1997: Tectonostratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: an Alpine perspective. Geological Society of America Bulletin, 109 (3), 324–346.

SREMAC, J. (2005): Equatorial shelf of the Palaeozoic supercontinent—cradle of the Adriatic Carbonate Platform. Geologia Croatica, 58(1), 1–19.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. AND SOKAČ, B. (2002) Carbonate platform megafacies of the Jurassic and Cretaceous deposits of the Karst Dinarides. Geologia Croatica, 55(2), 139-170.

TUCKER, M.E. ed. (2001): Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. John Wiley & Sons.

VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEC, D. (2002): Depositional sequences and palaeogeography of the Adriatic carbonate platform. *Mem. Soc. Geol. It.* 57, 141–151.

VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.) (2009): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Zagreb, Hrvatski geološki institut.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360.

VLAHOVIĆ, I., MANDIĆ, O., MRINJEK, E., BERGANT, S., ČOSOVIĆ, V., DE LEEUW, A., ENOS, P., HRVATOVIĆ, H., MATIČEC, D., MIKŠA, G., NEMEC, W., PAVELIĆ, D., PENCINGER, V., VELIĆ, I. I VRANJKOVIĆ, A. (2012): Marine to continental depositional systems of Outer Dinarides foreland and intra-montane basins (Eocene-Miocene, Croatia and Bosnia and Herzegovina). *Journal of Alpine geology*, 54, 401–466.

VRBANAC, B. (2002): Facies, Facies association, Areal distribution, Turbidites, Massive marls, Upper Pannonian, Sava Depression, Croatia. *Geologia Croatica*, 55(1), 57–77.

#### INTERNET IZVORI:

Izvor 1: Earth.google.com. 2022. Google Earth. [online] Dostupno na:


<<https://earth.google.com/web/data=MjYKNAoyCiAxTU9idWZfY1pla2pZdjdaMENJaDRKYkdfYURaOXZvaxIMCgo0OTQ4ZTZiMV8wIAI?authuser=0>> [pristupljeno 28 Kolovoza 2022]

## IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja, Filip Šoprun, student/ica Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, s prebivalištem na adresi Domagović 112G, OIB 92011663085, JMBAG 9025352, ovim putem izjavljujem pod materijalnom i kaznenom odgovornošću da je moj završni/diplomski/doktorski rad pod naslovom: Naslage fliša otoka Paga i sjeverne Dalmacije

\_\_\_\_\_, isključivo moje autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu.

U Zagrebu, 31.08.2022

  
\_\_\_\_\_  
Potpis