

# Mikrofiziografske značajke donjomiocenskih pješčenjaka u okolini Gornje Voče

---

Majetić, Lea

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:781552>

*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

Lea Majetić

**MIKROFIZIOGRAFSKE ZNAČAJKE  
DONJOMIOCENSKIH PJEŠČENJAKA U  
OKOLICI GORNJE VOĆE**

Seminar III  
Preddiplomski studij geologije

Mentor:  
Prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Zagreb, 2021.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Seminar III

### Mikrofiziografske značajke donjomiocenskih pješčenjaka u okolici Gornje Voće

Lea Majetić

**Rad je izrađen:** Mineraloško-petrografski zavod Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

#### Sažetak:

U ovom radu analiziran je uzorak donjomiocenskog pješčenjaka s izdanka na lokalitetu Gornja Voća smještenom u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Na uzorku su načinjene analiza mikroskopskog izbruska i analiza sadržaja karbonatne komponente. Dobiveni rezultati pokazuju da se radi o pješčenjaku tipa litični arenit koji sadrži 70% karbonatne komponente. Pješčenjak je slabo sortiran i sastavljen od slabo zaobljenih čestica. U modalnom sastavu prevladavaju litične čestice tipa kvarcita, rožnjaka, kvarc-sericitnog škriljavca, vapnenaca i kvarca, a utvrđeni su i fosilni ostaci crvenih algi, bodljikaša i foraminifera. Klastični detritus najvećim dijelom porijeklom je iz starijih metamornih i sedimentnih stijena, relativno kratko je transportiran i najvjerojatnije istaložen u marinskom okolišu povišene energije.

**Ključne riječi:** pješčenjak, donji miocen, Bazen Hrvatskog zagorja, modalni sastav, kalcimetrija

**Rad sadrži:** 21 stranica, 28 slika, 6 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** prof. dr. sc. Marijan Kovačić

**Ocjenjivači:** doc. dr. sc. Karmen Fio Firi, Dražen Kurtanjek v. pred. Mr. sc., prof. dr. sc. Marijan Kovačić

**Datum završnog ispita:** 09.09.2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Seminar III

#### Microphysiographic characteristics of Lower Miocene sandstones in the vicinity of Gornja Voća

Lea Majetić

**Thesis completed in:** Division of Mineralogy and Petrography, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb

#### Abstract:

In this paper, a sample of Lower Miocene sandstone from a shoot at the Gornja Voća site located in northwestern Croatia was analyzed. Analysis of the microscopic slide and analysis of the carbonate component content were performed on the sample. The obtained results show that it is a sandstone of the lytic arenite type containing 70% of the carbonate component. Sandstone is poorly sorted and composed of poorly rounded particles. The modal composition is dominated by lytic particles such as quartzite, chert, quartz-sericite shale, limestone and quartz, and fossil remains of red algae, echinoderms and foraminifera have been identified. Clastic detritus is mostly native to older metamorphic and sedimentary rocks, is relatively short transported, and is most likely deposited in a high-energy marine environment.

**Keywords:** sandstone, Lower Miocene, Hrvatsko Zagorje Basin, the modal composition, calcimetry

**Seminar contains:** 21 pages, 28 figures, 6 references

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** prof. dr. sc. Marijan Kovačić

**Reviewers:** doc. dr. sc. Karmen Fio Firi, Dražen Kurtanjek v. pred. Mr. sc., prof. dr. sc. Marijan Kovačić

**Date of the final exam:** 09.09.2021

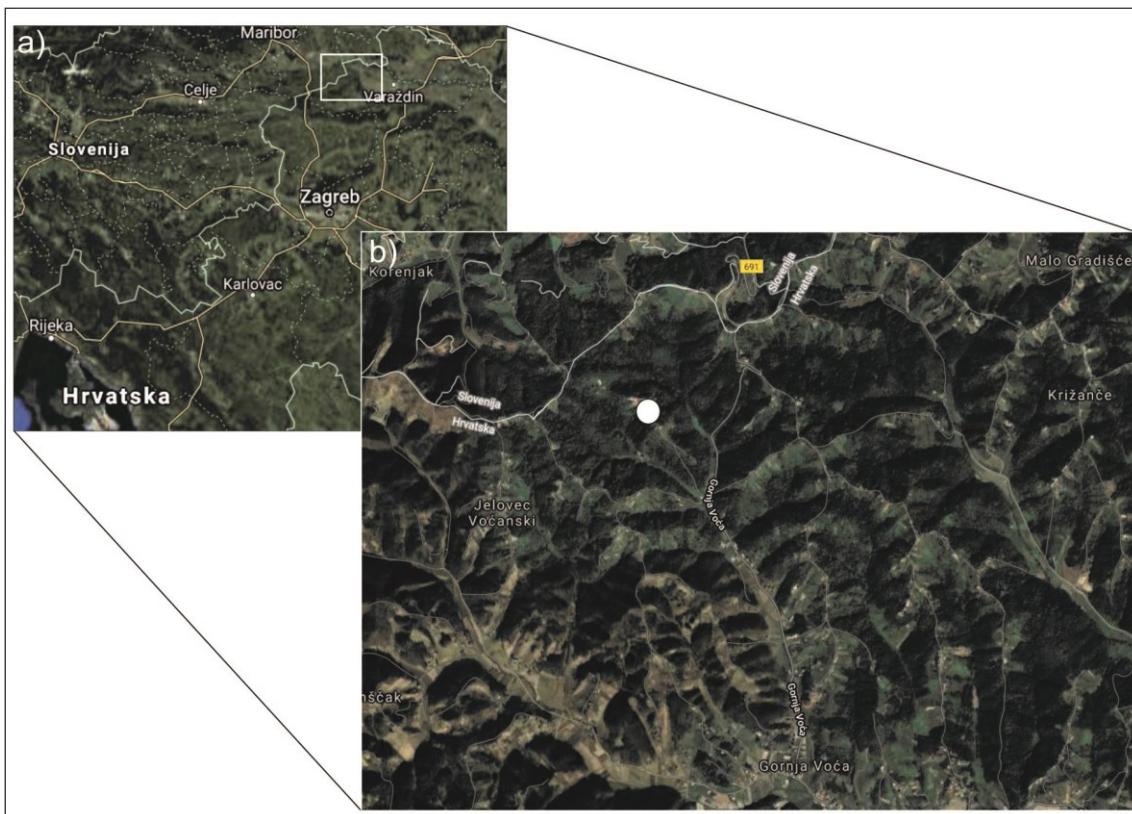
## Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Geološki položaj.....	3
2.1.	Razvoj Panonskog bazena.....	3
2.2.	Litostratigrafske jedinice Bazena Hrvatskog zagorja.....	7
3.	Materijali i metode istraživanja.....	10
3.1.	Terenska istraživanja.....	10
3.2.	Izrada mikroskopskih izbrusaka.....	11
3.3.	Analiza sadržaja CaCO <sub>3</sub> .....	12
4.	Rezultati istraživanja i diskusija.....	15
5.	Zaključak.....	21
6.	Bibliografija.....	V

## 1. Uvod

Miocenske naslage na prostoru panonskog dijela Republike Hrvatske najvećim dijelom pripadaju Sjevernohrvatskom Bazenu, dok njihov manji dio, smješten na krajnjem sjeverozapadu Hrvatske, pripada Bazenu Hrvatskog zagorja (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Tijekom ranog miocena u Bazenu Hrvatskog zagorja dominirali su marinski okoliši (AVANIĆ i sur., 2021), dok se u Sjevernohrvatskom Bazenu taloženje odvijalo u aluvijalnim i slatkovodnim jezerskim okolišima (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Tijekom srednjeg i kasnog miocena oba bazena imala su sličan razvoj koji je karakteriziran postupnim prijelazom iz marinskih u brakične i slatkovodne jezerske i u konačnici aluvijalne okoliše (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

U Bazenu Hrvatskog zagorja, kod sela Gornja Voća smještenog na samoj granici s Republikom Slovenijom (slika 1a) na površini su otkrivene naslage donjeg miocena definirane kao formacija Bednja (AVANIĆ i sur., 2021). U sklopu znanstvenog projekta SEDBAS financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost čiji je voditelj prof. dr. Marijan Kovačić terenskom prospekcijom sjeverno od centra sela (slika 1b) utvrđeno je da se naslage formacije Bednja sastoje od izmjene pelitnih sedimenata, tufova i pješčenjaka. U ovome radu analizirane su mikrofiziografske značajke i sadržaj karbonata sloja pješčenjaka s ciljem utvrđivanja njegovog modalnog sastava, porijekla detritusa i okoliša njegovog taloženja.



Slika 1. a) Širi prostor sela Gornja Voća smještenog na sjeverozapadu Republike Hrvatske blizu granice s Republikom Slovenijom; b) Položaj uzorkovanog sloja pješčenjaka sjeverno od središta sela Gornja Voća (Preuzeto s Google Maps)

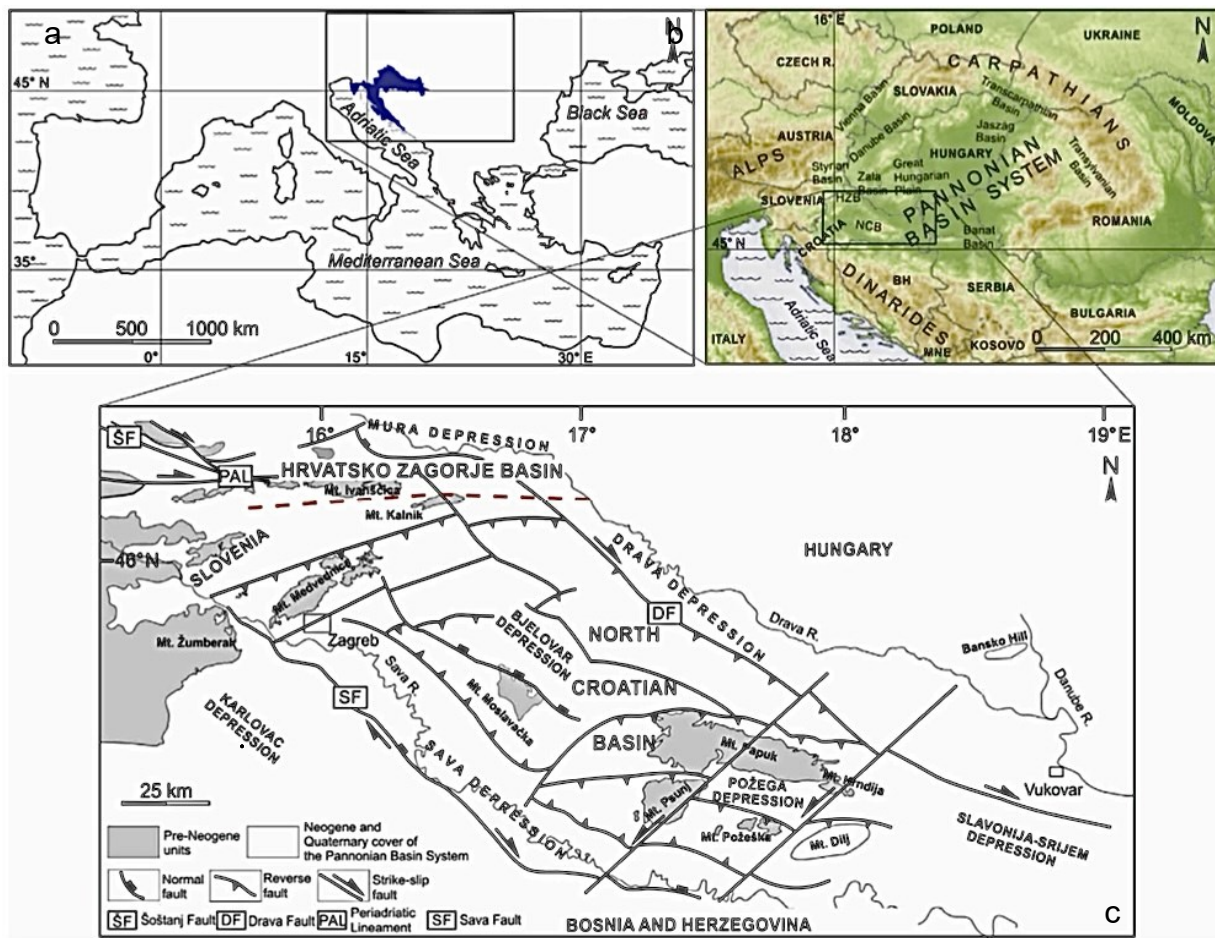
## **2. Geološki položaj**

### **2.1. Razvoj Panonskog bazena**

Panonski bazen, okružen Dinaridima, Karpatima i Alpama (slika 2a i 2b), započeo je svoj razvoj u ranom eocenu kolizijom Afričke i Euroazijske ploče što je posljedično dovelo do podvlačenja Jadranske mikroploče pod Panonski dio Euroazijske ploče.

Evolucija Panonskog bazena može se podijeliti na dvije faze: sin-riftna koja je trajala od otnanga do srednjeg badena te je karakterizirana izmjenom taložnih okoliša od kontinentalnih do marinskih, normalnim rasjedanjem, promjenama klimatskih uvjeta od suhih do vlažnih, porastom vulkanske aktivnosti te marinskom regresijom i transgresijom (posljedica eustatskih promjena morske razine) i post-riftna koja je trajala od kasnog badena do kvartara te je karakterizirana izmjenom taložnih okoliša iz marinskih u kontinentalne, slabljenjem vulkanske aktivnosti te dvjema fazama kompresije koje su uzrokovale inverziju bazena i izdizanje blokova stijena. Granica između te dvije faze lijepo je vidljiva u bazi gornjobadenskih naslaga gdje je definirana rotacijskim izdizanjem grebena blokova rasjeda, erozijom sin-riftnih naslaga te izdizanjem starijih naslaga na površinu (ROYDEN, 1988; TARI et al., 1992).



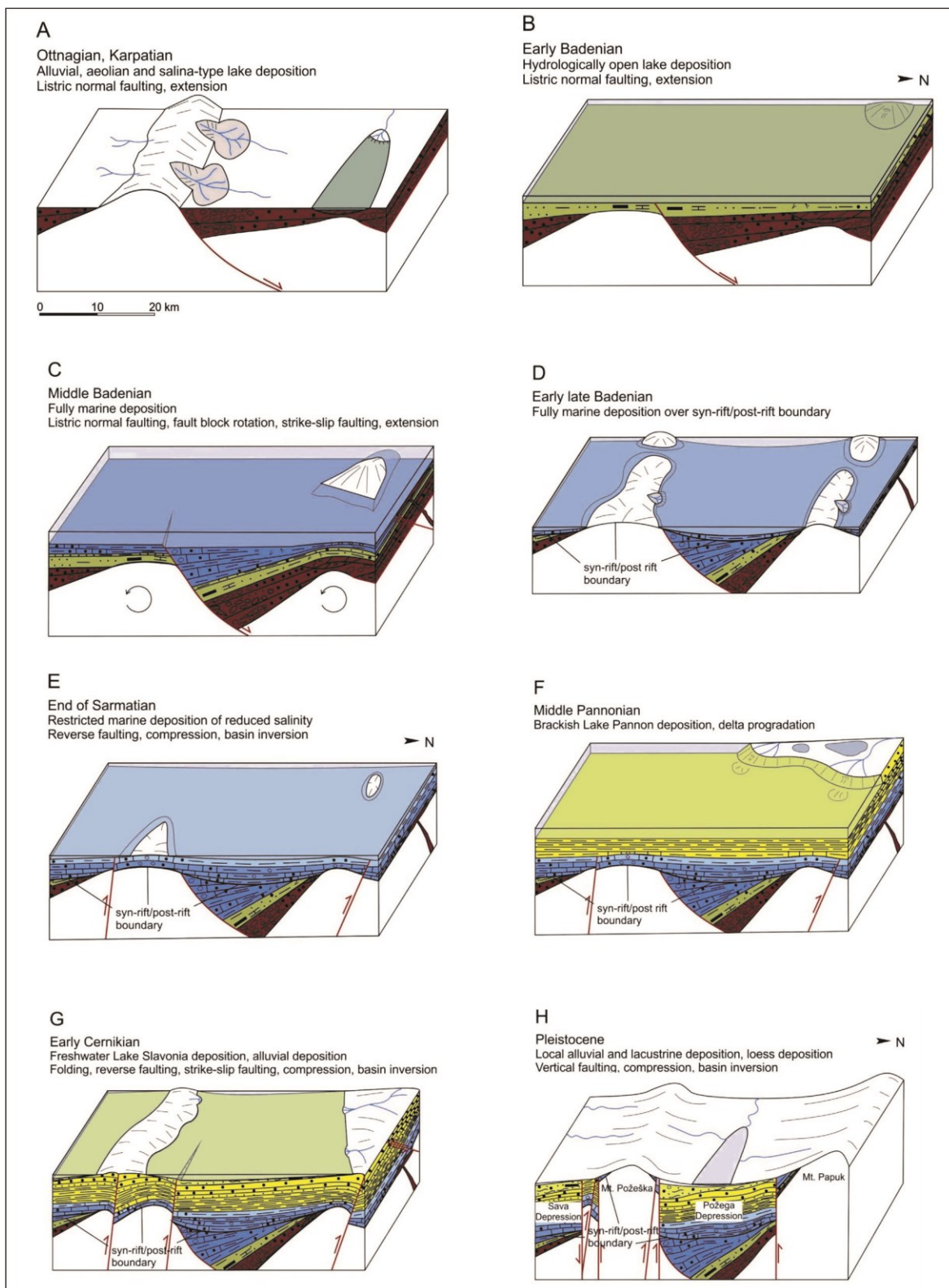


Slika 2. a) Geografski položaj Republike Hrvatske; b) Geografski smještaj Panonskog bazena između Dinarida, Karpata i Alpa; c) Rasprostriranje Sjevernohrvatskog Bazena i Bazena Hrvatskog Zagorja. Crvena isprekidana linija predstavlja granicu između ta dva bazena, dok su crnim linijama označeni glavni rasjedi (Preuzeto iz PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018)

Panonski bazen često se naziva i Panonskim bazenskim sustavom jer se sastoji od desetak manjih bazena u kojima je istaložen nekoliko kilometara debeli slijed naslaga, a koji su međusobno odvojeni relativno plitko položenim stijenama iz podloge bazena. U jugozapadnom dijelu Panonskog bazena, na prostoru današnje Republike Hrvatske izdvojena su dva bazena; Sjevernohrvatski Bazen i Bazen Hrvatskog zagorja (slika 2c). Sjevernohrvatski Bazen proteže se od Bazena Hrvatskog zagorja dalje prema istoku. Njegovo formiranje posljedica je kontinentalnog pasivnog riftinga tijekom ranog miocena kada su normalni listrički rasjedi doveli do ekstenzije terena pri čemu je došlo do formiranja dviju velikih depresija, Dravske na sjeveru i Savske na jugu te manjih depresija kao što su Bjelovarska koja se nastavlja u Požeška depresiju te Karlovačke depresije (slika 2c). Taloženje naslaga u Sjevernohrvatskom Bazenu započelo je u ranom miocenu u

aluvijalnim i slatkovodnim jezerskim okolišima koji su u srednjem miocenu zamijenjeni marinskim okolišima, da bi početkom kasnog miocena ponovno došlo do formiranja najprije brakičnih, a zatim slatkovodnih jezerskih i u konačnici i aluvijalnih okoliša (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018) (slika 3).

Bazen Hrvatskog zagorja smjestio se u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske te dio prelazi u Sloveniju (slika 2b). Taloženje naslaga u ovome bazenu započelo je već u eocenu u marinskim taložnim okolišima koji su se nastavili i početkom miocena (AVANIĆ i sur., 2021). U srednjem miocenu uslijed marinske transgresije dolazi do povezivanja Bazena Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatskog Bazena pa oni do kraja neogena i tijekom kvartara imaju sličan razvoj taložnih okoliša.



Slika 3. Razvoj taložnih okoliša u Sjevernohrvatskom Bazenu ; a) otnang, karpat, b) rani baden, c) srednji baden, d) početak kasnog badena, e) kraj sarmata, f) srednji panon, g) rani cernikij, f) pleistocen (Preuzeto iz PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

## 2.2. Litostratigrafske jedinice Bazena Hrvatskog zagorja

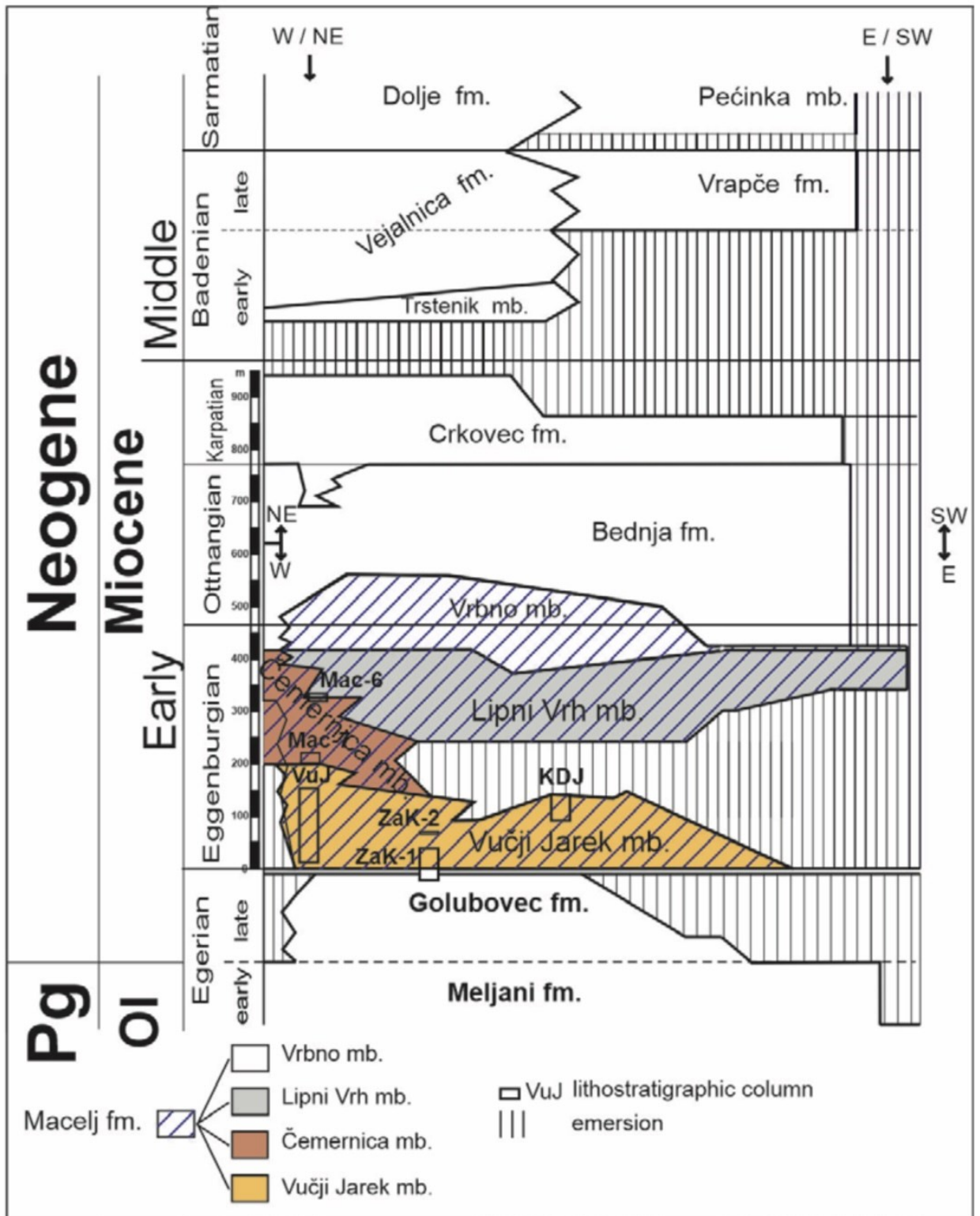
Opis litostratigrafskih jedinica u kenozojskim naslagama Bazena Hrvatskog zagorja načinjen je prema Avaniću i suradnicima (2020.). Prema spomenutim autorima najstarije naslage taložene u Bazenu Hrvatskog zagorja čine sedimenti Meljan formacije. One naliježu na plitkomorske naslage Keglević formacije srednjeg/kasnog eocena. U oligocenu je na tom području došlo do kratke emerzije nakon koje je uslijedila transgresija i taloženje sedimenata navedene formacije. Početni dio naslaga čine muljeviti vapnenci i kalkareniti koji upućuju na taloženje u blizini kopna, dok se početkom egera prevladavaju lapori s proslojcima pješčenjaka koji su taloženi u okolišu prodelte. U kasnom egeru talože se naslage Golubovec formacije (slika 4) sastavljene od pješčenjaka i lapora taloženih u okolišu prodelte i obalnog lica te od deltnih piroklastita i konglomerata. Na blizinu kopna upućuju fragmenti ugljena erodirani s deltne ravnice i transportirani u obalno područje. Prisutnost piroklastita u ovoj formaciji kao i tufova u Macelj formaciji egenburške starosti posljedica je pojave strike-slip rasjeda kao rezultat kolizije Jadranske s Euroazijskom pločom.

Nakon emerzije krajem egera, u egenburgu dolazi do transgresije i taloženja pješčenjaka, glaukonitnih pješčenjaka i piroklastita Macelj formacije, točnije Vučji Jarek člana (slika 4). u obalnom području. Nakon toga dolazi do taloženja marinskih dubljevodnih do plitkovodnih sedimenata Bednja formacije. Daljnje podizanje relativne razine mora dovelo je do taloženja muljevitih i pjeskovitih siltita u prijelaznoj zoni (između šelfa i obalnog lica). Te naslage čine Čemernica član (slika 4). U kasnom egenburgu izdignuti dijelovi Strahinščice, Ivanščice i Ravne Gore su bili erodirani, a rijeke su prenosile krupnozrnasti materijal i taložile ga u okolišu delte, prodelte i obalnog lica (Lipni Vrh član) (slika 4). Krajem egenburga i početkom otnanga došlo je do daljnjeg izdizanja relativne morske razine. Vulkanska aktivnost i dalje je prisutna, a predstavljena je tufovima koji su naknadno alterirani u bentonitne gline. Ove naslage pripadaju članu Vrbno.

U kasnom otnangu se talože kalcitom bogati lapori, tufovi i siltni pješčenjaci Bednja formacije koji ukazuju na regresiju. Nastavak regresije vidljiv je i u naslagama karpata kada se u obalnom području talože pijesak i šljunak Crkovec formacije. Kao posljedica transgresije početkom badena u Središnjem Paratethysu, dolazi do spajanja Bazena Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatskog bazena. Područje Hrvatskog zagorja je tijekom srednjeg i kasnog badena bilo pod utjecajem lokalne tektonike i oscilacija relativne

morske razine pa se u obalnom području odvijalo taloženje biokalkrudita i biokalkarenita Vrapče formacije, a u odobalju taloženje lapora Vejalnica formacije. Krajem badena dolazi do djelomične izolacije Panonskog bazena što je rezultiralo stvaranjem marinskog okoliša smanjenog saliniteta tijekom sarmata. Sarmatski sedimenti predstavljeni su plitkovodnim konglomeratima, kalkarenitima i vapnencima Pećinka formacije ili horizontalno laminiranim pelitima Dolje formacije taloženim u nešto dubljim okolišima. Krajem sarmata dolazi do oplićavanja kao posljedica inverzije bazena. Sedimenti panona taloženi su u brakičnom jezeru Panon. Najstariji sedimenti panona građeni su od pločastih glinovitih vapnenaca Croatica formacije koji su taloženi u priobalju. Vapnenci postupno prelaze u lapore Medvedski Breg formacije taložene u dubljim dijelovima bazena. Početkom panona riječni klastiti progradiraju iz smjera sjever-sjeverozapad te tijekom srednjeg panona u južnim dijelovima jezera talože pješćane i silitne sedimente Andraševac formacije. Svojim nanosima rijeke su počele zapunjavati bazen. Krajem panona dolazi do regresije te taloženja pješćenjačkih sedimenata delte koji čine Nova Gradiška formaciju. U kasnom panonu taloženje se odvija o kolišima deltne i aluvijalne ravnice, a istaloženi raznovrsni klastični sedimenti čine Pluska formaciju. Tijekom pliocena ovo područje bilo je aluvijalna ravnica s manjim slatkovodnim jezerima (AVANIĆ i sur., 2018).

2018)



Slika 4. Litostratigrafske jedinice Bazena Hrvatskog zagorja (iz Avanić, 2021)



### 3. Materijali i metode istraživanja

#### 3.1. Terenska istraživanja

Terenska istraživanja obavljena su u proljeće 2021. godine. Tom prilikom su duž seoskog puta sjeverno od središta mjesta Gornja Voća nađeni izdanci koji prema Geološkog karti Republike Hrvatske 1:300.000 pripadaju donjem miocenu (HGI, 2009), a prema litostratigrafskoj podjeli formaciji Bednja (Avanić i sur., 2021). U zasjeku puta oko 1 km južnije od granice s Republikom Slovenijom (slika 1) nađen je izdanak pješčenjaka. Pješčenjak je čvrsto litificiran, a pojavljuje se u obliku sloja debljine 20cm (slika 5). Mjerenjem položaja sloja utvrđeno je da je on nagnut u smjeru juga (azimut  $195^\circ$ ) pod kutem od  $30^\circ$ . Sam izdanak je fotografiran a uzet je i uzorak pješčenjaka za daljnja laboratorijska istraživanja (slika 6).



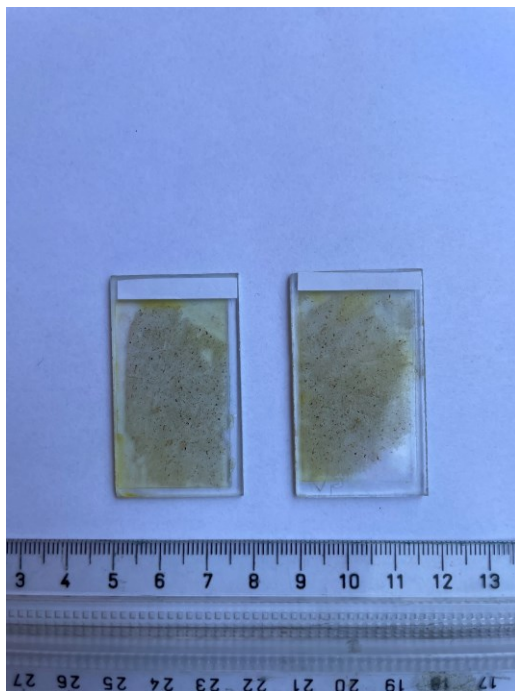
Slika 5. Izdanak donjomiocenskih pješčenjaka sjeverno od sela Gornja Voća.



Slika 6. Uzorak čvrsto litificiranog pješčenjaka uzet za laboratorijska istraživanja.

### 3.2. Izrada mikroskopskih izbrusaka

Iz uzorka pješčenjaka prikupljenog na terenu najprije je dijamantnom pilom izrezana pločica debljine oko 5mm. Zatim je pločica izrezana na dimenzije koje odgovaraju stakalcu na koje je pločica zalijepljena kanada balzomom. Prilikom lijepljenja pazilo se da ne ostane zarobljen zrak između stakalca i uzorka. Nakon što se ljepilo osušilo pločica je brušena i polirana. Brušenje je najprije rađeno ručno na staklu pomoću dijamantnog praha za brušenje, a zatim na strojnoj brusilici do jako malih debljina preparata. Završno brušenje ponovno je rađeno na ploči za brušenje pazeći pritom da izbrusak bude jednake debljine. Paralelno su rađena dva izbruska iz istog uzorka u slučaju da jedan od izbrusaka ne ispadne dobro. U konačnici su načinjena dva izbruska debljine 0.02-0.03 mm, odnosno takva da svjetlost može prolaziti kroz njih (slika 7). Izbrusci su zatim mikroskopirani polarizacijskim mikroskopom.



Slika 7. Fotografija gotovih mikroskopskih izbrusaka.



### 3.3. Analiza sadržaja $\text{CaCO}_3$

Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  određen je volumetrijski na način da je mjeran volumen ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) koji se razvije u reakciji klorovodične ( $\text{HCl}$ ) kiseline i kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ).

Uzorak je najprije usitnjen čekićem na manje komadiće, a zatim je u ahatnom tarioniku usitnjen u prah. Zatim su uzete tri odvage takvog uzorka od približno 300 mg (slika 8). Osim toga, načinjene su i dvije odvage od 300 mg standarda  $\text{CaCO}_3$  koje su poslužile za provjeru ispravnosti rada Scheiblerovog kalcimetara, uređaja za određivanje sadržaja karbonatne komponente. Scheiblerov kalcimetar se sastoji od tikvice s poklopcem iz kojeg izlazi gumena cijev (slika 9). Na drugoj strani gumena cijev je spojena na staklenu cijev s mjernom skalom i ventilom te još jednom gumenom cijevi spojena je na drugu staklenu cijev u kojoj se nalazi zakiseljena voda. U tikvicu je stavljena magnet-miješalica i uzorak kojem je dodano par kapi vode. Zatim je u tikvicu stavljena plastična posuda u koju je stavljeno 5 mL  $\text{HCl}$ -a. Tikvica je zatim zatvorena čepom koji je prethodno navlažen kako bi bolje prijanjao uz tikvicu, a gumena cijev je namještena tako da nigdje ne bude presavijena jer bi to omelo protok plina kroz nju. Ventil na cijevi s mjernom skalom polagano je okretan za krug i pol te vraćen u početni položaj. To je omogućilo da se razina vode u staklenoj cijevi pomakne točno na 100 mL. Razina tekućine u obje staklene cijevi mora biti jednaka. Zatim je naginjanjem tikvice došlo do izlivanja kiseline po uzorku što je dovelo do reakcije kiseline i kalcita u uzorku. Pri tome je došlo do razvijanja ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) i do spuštanja razine vode u staklenoj cijevi s mjernom skalom. Nakon toga je druga staklena cijev skinuta sa stalka te spuštena tako da se razine tekućine podudaraju. Pušteno je da reakcija traje 5 minuta. Na početku reakcije izmjereni su pT- uvjeti u laboratoriju, a po završetku reakcije očitana je volumen  $\text{CO}_2$  oslobođenog u reakciji i pomoću formule izračunat je udio  $\text{CaCO}_3$  u uzorku. Aparatura je isključena i vraćena u početno stanje, a tikvica, posudica za kiselinu i magnet su oprani i postupak je ponavljen za svaku odvagu.

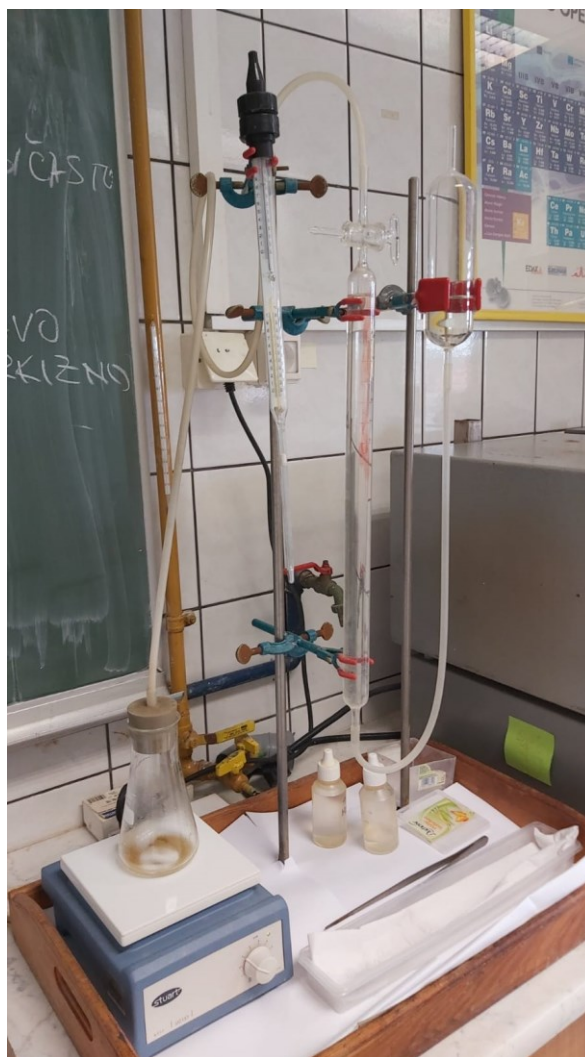


Slika 8. Vaganje praškastog uzorka za analizu sadržaja  $\text{CaCO}_3$ .

Formula za izračunavanje sadržaja  $\text{CaCO}_3$  u uzorku :

$$\text{udioCaCO}_3 (\%) = (\text{volumen CO}_2 (\text{mL}) \times F \times 2.274 \times 100) / \text{masa uzorka (mg)}$$

F - predstavlja težinu 1 mL  $\text{CO}_2$  pri temperaturi i tlaku provođenja analize i iščitava se iz tablice



Slika 9. Aparatura za volumetrijsko određivanje sadržaja CaCO<sub>3</sub>.

#### 4. Rezultati istraživanja i diskusija

Pomoću testa kod kojeg je na satno stakalce stavljen praškasti uzorak na kojeg je zatim stavljeno nekoliko kapi razrijeđene klorovodične kiseline utvrđeno je da analizirani uzorak pješčenjaka sadrži  $\text{CaCO}_3$ . Naime dodavanjem kiseline došlo je do burne kemijske reakcije (slika 10).



Slika 10. Fotografija burne reakcije uzorka i otopine HCl-a koja upućuje na prisutnost kalcita.

Kvantitativnim određivanjem sadržaja  $\text{CaCO}_3$  dobiveni su slijedeći rezultati

##### 1. odvaga

masa uzorka = 300.4 mg

$V(\text{CO}_2) = 49 \text{ mL}$

Uvjeti:  $T = 22^\circ\text{C}$ ;  $p = 995 \text{ mbar}$

$F = 1.828$

udio  $\text{CaCO}_3$  (%) =  $(49 \text{ mL} \times 1.828 \times 2.274 \times 100) / 300.4 \text{ mg} = \underline{\underline{67.81\%}}$

##### 2. odvaga

masa uzorka = 299.3 mg

$V(\text{CO}_2) = 50.5 \text{ mL}$

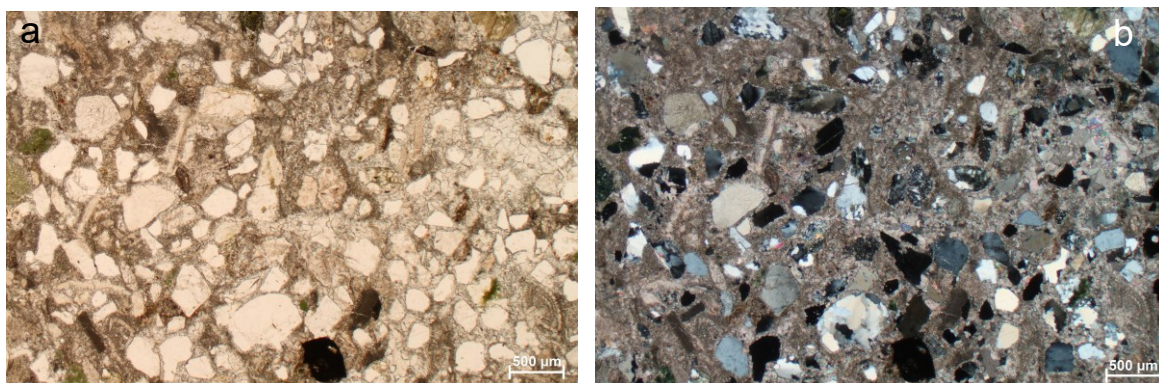
Uvjeti:  $T = 22^\circ\text{C}$ ;  $p = 995 \text{ mbar}$

$F = 1.828$

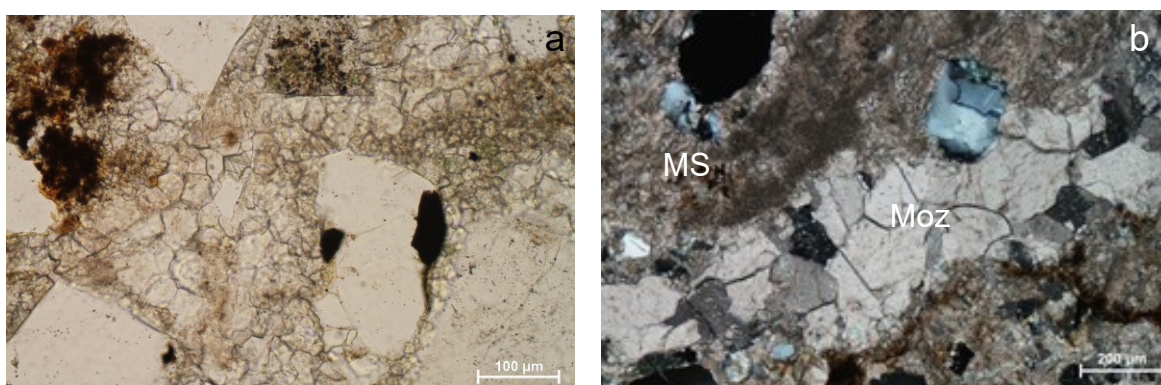
udio  $\text{CaCO}_3$  (%) =  $(50.5 \text{ mL} \times 1.828 \times 2.274 \times 100) / 299.3 \text{ mg} = \underline{\underline{70.14\%}}$

Prema izračunatoj aritmetičkoj sredini dvaju dobivenih rezultata  $((67,81+70,14)/2)$  udio kalcita u analiziranom uzorku pješčenjaka iznosi 68,98%.

Analiza mikroskopskog izbruska pokazala je se pješčenjak sastoji od slabo sortiranih čestica čija se veličina kreće između 100 mikrometara i 500 mikrometara, a prosječno iznosi oko 200 mikrometara (slika 11). Čestice su najčešće poluuglate do poluzaobljene i u međusobnom tangencijalnom kontaktu (slika 12). U sastavu čestica prevladavaju siliciklastične čestice, a osim njih zastupljene su karbonatne klastične čestice te fosilne karbonatne čestice (slika 11). Vezivo u uzorku je sparitni cement koji je na nekim dijelovima sparikalcitni cement mozaičnog tipa, a na nekima mikrosparitnog tipa (slika 12).



Slika 11. Fotomikrografija izbruska pješčenjaka s lokaliteta Gornja Voća na kojoj se vide loše sortirane siliciklastične i karbonatne čestice povezane kalcitnim cementom (a – bez analizatora, b- analizator uključen)

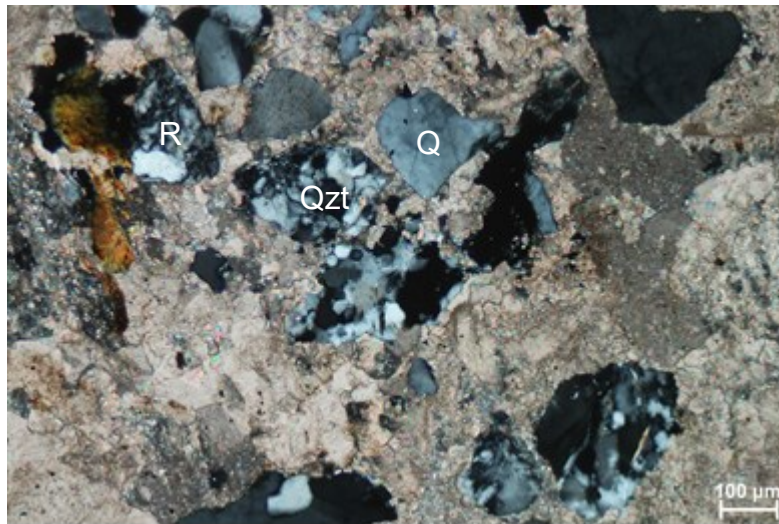


Slika 12. Mozaični sparikalcitni (Moz) i mikrosparitni (MS) kalcitni cement (a – bez analizatora, b- analizator uključen).

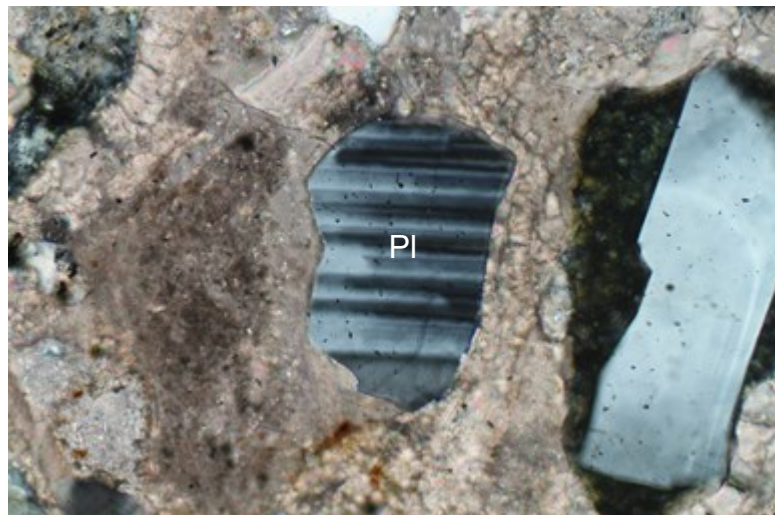
U sastavu siliciklastičnih čestica dominiraju čestice starijih stijena. Među njima najzastupljenije su čestice tipa kvarcita, kvarcsericitnog škriljavca i rožnjaka (slika 13).



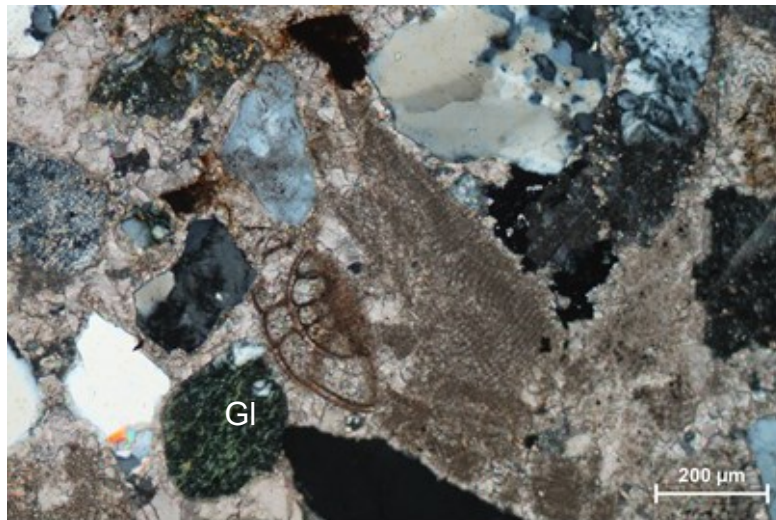
Osim njih brojne su čestice kvarca, a među njima dominiraju kvarcna zrna valovitog potamnjenja (slika 13). Pješčenjak u svom sastavu sadrži i čestice plagioklasa s polisintetskim sraslačkim lamnama (slika 14) kao i alkalijske feldspate tipa ortoklasa i mikrokлина te zrna glaukonita (slika 15), ali su one znatno slabije zastupljene.



Slika 13. U modalnom sastavu pješčenjaka dominiraju litične čestice tipa kvarcita (Qzt), kvarc-sericitnog škriljavca i rožnjaka (R) te kvarcna zrna valovitog potamnjenja (Q) (analizator uključen).



Slika 14. Detritično zrno plagioklasa s polisintetskim sraslačkim lamelama (PI) (analizator uključen).



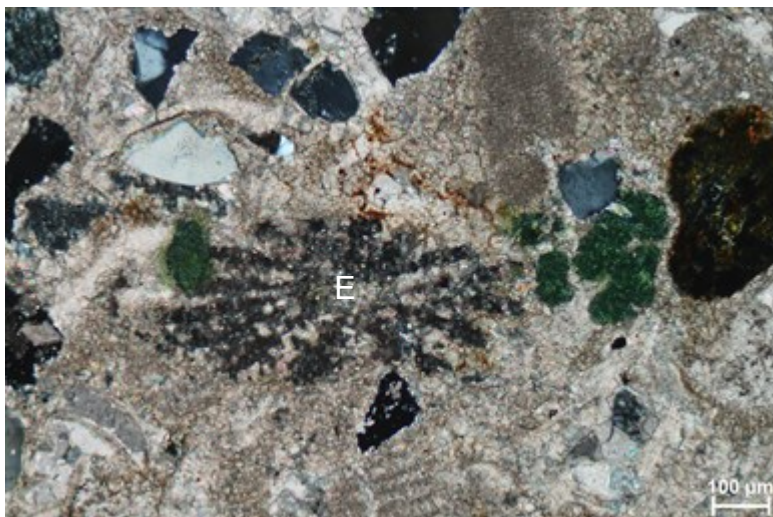
Slika 15. Zrno glaukonita (Gl)(analizator uključen).

Među karbonatnim česticama zabilježene su i čestice starijih karbonatnih stijena tipa mikrita, mikrosparita i sparita te fosilne karbonatne čestice. Od fosilnih karbonatnih čestica utvrđeni su ostaci različitih morskog organizama kao što su fragmenti crvenih algi (slika 16), bodljikaša (slika 17) i bentičkih foraminifera (slika 18).



Slika 16. Fragment crvene alge tipične „mrežaste“ strukture (Ra) (analizator uključen).





Slika 17. Fragment bodlje ježinca (E) (analizator uključen).



Slika 18. Fosilni ostatak bentičke foraminifere (F) (analizator uključen).

Obzirom da u modalnom sastavu pješčenjaka prevladavaju čestice starijih stijena a vezivo je kalcitni cement analizirani uzorak pješčenjaka pripada skupini litičnih arenita. Vrlo visokom udjelu karbonata u pješčenjaku određenom na 69% zajednički doprinose vapnenačke litične čestice, karbonatne fosilne čestice i kalcitno vezivo. Sastav detritičnih čestica u kojem dominiraju litične čestice tipa kvarcita, kvarc-sericitnog škriljavca i kvarcna zrna valovitog potamnjenja ukazuju da značajan dio materijala u pješčenjaku potječe iz starijih metamornih stijena, dok fragmenti rožnjaka i vapnenaca ukazuju na porijeklo dijela materijala iz starijih sedimentnih stijena. Slaba sortiranost pješčenjaka i slaba zaobljenost čestica pokazatelj su kratkog transporta materijala. Prisustvo fosilnih ostataka bentičkih foraminifera, crvenih algi i bodljikaša sugerira da se taloženje pješčanog



detritusa odvijalo u marinskom okolišu. Alternativno, fosilni ostaci marinskih organizama mogli bi biti detritičnog porijekla, tj. pretaloženi iz starijih marinskih sedimenata.

Izostanak matriksa mogao bi biti rezultat ispiranja pelitnog materijala u okolišu povišene energije.

## **5. Zaključak**

Uzorak donjomiocenskog pješčenjaka s lokaliteta Gornja Voća u Hrvatskom zagorju sadrži 69% karbonatne komponente. Pješčenjak je slabo sortiran, sitno do srednjezrnat a čestice su poluuglate do poluzaobljene. Prema modalnom sastavu pješčenjak spada u skupinu litičnih arenita. U sastavu detritusa prevladavaju čestice tipa kvarcita, rožnjaka, kvarc-sericitnog škriljavca i starijih vapnenaca te kvarcna zrna, a vezivo je mozaični sparikalcitni i mikrosparitni cement. Pješčenjak sadrži i brojne fosilne ostatke crvenih algi, bodljikaša i bentičkih foraminifera. Izvorišne stijene klastičnog detritusa pretežito su bile metamorfne stijene i starije sedimentne stijene, a detritus je nakon relativno kratkog transporta istaložen najvjerojatnije u visokoenergetskom marinskom okolišu.

## 6. Bibliografija

- AVANIĆ, R., KOVAČIĆ, M., PAVELIĆ, D., PEH, Z. (2018.). The Neogene of Hrvatsko Zagorje. U: TIBLJAŠ, D., HORVAT, M., TOMAŠIĆ, N., MILEUSNIĆ, M., GRIZELJ, A: Conference Book 9th Mid-European Clay Conference - MECC 2018, Zagreb, 128-131.
- AVANIĆ, R., PAVELIĆ, D., PÉCSKAY, Z., MIKNIĆ, M., TIBLJAŠ, D., WACHA, L. (2021.). Tidal deposits in the Early Miocene Central Paratethys the Vučji Jarek and Čemernica members of the Macelj formation (NW Croatia). *Geologia Croatica*, 74, 41-56.
- HGI. (2009). Geološka karta Repulike Hrvatske M 1:300 000. Zagreb: Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju.
- PAVELIĆ, D. & KOVAČIĆ, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review, *Marine and Petroleum Geology*, 91, 455-469.
- ROYDEN, L. H. (1988): Late cenozoic tectonics of the Pannonian Basin System. U: ROYDEN L.H. & HORVÁTH, F.: *The Pannonian Basin, A Study in Basin Evolution*, AAPG Mem, 45, 27-48
- TARI, G., HORVÁTH, F., JÁNOS, R. (1992). Styles of extension in the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 208, 203-219.
- .
- .