

Mikrofiziografske značajke Maceljskih pješčenjaka

Kelava, Paulina

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:217:560025>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Paulina Kelava

**MIKROFIZIOGRAFSKE ZNAČAJKE
MACELJSKIH PJEŠČENJAKA**

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 MACELJSKIH PJEŠČENJAKA

Paulina Kelava

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

Sažetak: U ovom radu analiziran je uzorak pješčenjaka poznat pod nazivom Maceljski pješčenjak. Radi se o pješčenjacima donjomiocenske starosti koji pripadaju formaciji Macelj. Uzorkovan je izdanak kod sela Donji Macelj u Hrvatskom zagorju. Analizom sadržaja karbonatne komponente utvrđeno je da pješčenjak ne sadrži karbonatne minerale. Analiza mikroskopskog izbruska pokazala je da se radi o srednje do dobro sortiranom gusto pakiranom srednjezrnatom pješčenjaku u čijem sastavu dominiraju kremen i litične čestice. Osim toga pješčenjak sadrži i brojne čestice glaukonita koje stijeni daju karakterističnu zelenu boju. Uzorak je određen kao litični arenit s glaukonitom.

Ključne riječi: pješčenjak, glaukonit, donji miocen, Macelj formacija

Rad sadrži: 16+IV stranica, 23 slike, 12 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: prof. dr. Marijan Kovačić

Ocjenjivači: prof. dr. Marijan Kovačić, doc. dr. sc. Karmen Fio -Firi, mr.sc. Dražen Kurtanjek

Datum završnog ispita: 22. 9. 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

MICROPHYSIOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF MACELJ-SANDSTONES

Paulina Kelava

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 sandstone sample known as Macelj sandstone is analyzed. These sandstones are of Early Miocene age that belong to the Macelj Formation. Sampling was done near the village of Donji Macelj in Hrvatsko Zagorje. Analysis of the content of the carbonate component revealed that the sandstone does not contain carbonate minerals. Analysis of the thin-sections showed that it is a medium to well-sorted densely packed medium-grained sandstone composed of quartz and lytic particles. The sandstone contains also numerous glauconite particles that give the rock its characteristic green colour. The sample was determined as lytic arenite with glauconite.

Keywords: sandstone, glauconite, Lower Miocene, Macelj Formation

Seminar contains: 16+IV pages, 23 figures, 12 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: prof. dr. Marijan Kovačić

Reviewers: prof. dr. sc. Marijan Kovačić, doc. dr. Karmen Fio -Firi, mr. sc. Dražen Kurtanjek

Date of the final exam: 22.9.2021.

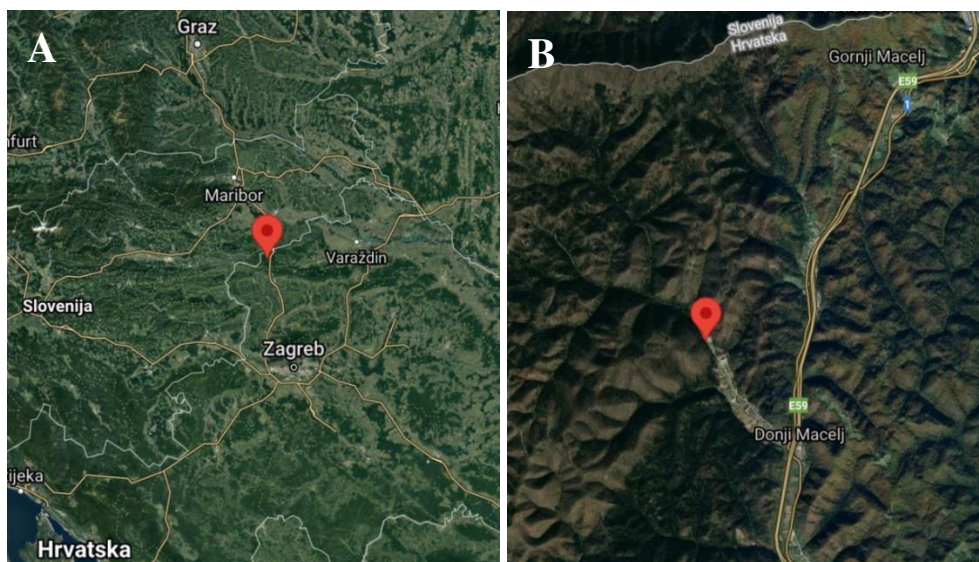
Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja	2
3. Geološki položaj	3
3.1. Razvoj Panonskog bazena.....	3
3.2. Neogen Hrvatskog zagorja.....	4
4. Metode istraživanja.....	6
4.1. Terenska istraživanja	6
4.2. Izrada mikroskopskih izbrusaka	7
4.3. Analiza sadržaja CaCO ₃	8
5. Rezultati istraživanja i diskusija	10
6. Zaključak.....	14
7. Literatura.....	15

1. Uvod

Na širem području Maceljske gore smještene u sjeverozapadnom dijelu Hrvatskog zagorja neposredno uz granicu s Republikom Slovenijom na površinu izdanjuju raznovrsne naslage uvrštene u Macelj formaciju (AVANIĆ i sur., 2021). Spomenute naslage sastoje se od pješčenjaka, konglomerata, pelita i piroklastita, a taložene su tijekom ranog miocena, točnije u egenburgu, u plitkim marinskim i deltnim okolišima na južnom rubu Središnjeg Paratethysa (AVANIĆ, 2012). Slijed naslaga debljine 300 do 350 metara podijeljen je dalje na četiri člana; Vučji Jarek, Čemernica, Lipni Vrh i Vrbno (ŠIMUNIĆ AN. i sur., 1995; AVANIĆ i sur., 2021).

Naslage Macelj formacije predmet su istraživanja znanstvenog projekta SEDBAS financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost, a u ovome radu posebna pažnja posvećena je pješčenjacima koji se kao litološki varijetet često javljaju unutar Vučji Jarek člana a u literaturi su poznati kao Maceljski pješčenjaci (ŠIMUNIĆ AN. i sur., 1995; AVANIĆ i sur., 2021). Maceljski pješčenjaci su uzorkovani na izdanku uz šumsku cestu koja od sela Donji Macelj vodi na sjeverozapad prema granici s Republikom Slovenijom i to neposredno uz retencijsku branu (slika 1). Cilj rada bio je utvrditi mikrofiziografske značajke uzorkovanih pješčenjaka.



Slika 1. A) Šire područje Donjeg Macelja smještenog na sjeverozapadu Republike Hrvatske; B) položaj uzorkovanog pješčenjaka (preuzeto s Google Maps).

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Sveobuhvatni pregled dosadašnjih istraživanja šireg prostora Maceljske gore prikazan je u Tumaču lista Rogatec Osnovne geološke karte SFRJ (ANČIĆ & JURIŠA, 1984). U spomenutom tumaču navedeno je šire istraživano područje bogato mineralnim sirovinama, termalnim i mineralnim izvorima. Tako su područja Makole, Sv. Križa, Tinskog te Dobove bogata ugljenom, kod Rudnice i Bohora pojavljuju se željezo, olovo i cink, a okolica Radoboja ima naslage sumpora. U okolici Rogaške Slatine utvrđeni su mineralni izvori, termalni izvori pojavljuju se kod Podčetrteka te Krapinskih, Tuheljskih i Šemničkih toplica. Među prvim istraživačima geologije tih krajeva bili su: Unger, Frohlich, Eittingshausen, Morlot, Lipold, Rolle i Hauer, a najvažnija istraživanja Hrvatskog Zagorja izvršio je Gorjanović-Kramberger.

Maceljske pješčenjake, predmet istraživanja u ovome radu, istraživali su TADEJ i sur. (1997). Oni su analizirali različite uzorke glaukonitnih materijala pomoću polarizacijskog mikroskopa i rendgenske difrakcije praha (XRD). Utvrdili su da se pješčenjaci uglavnom sastoje od kremenca i feldspata, a mjestimice sadrže i karbonatne minerale kao što su kalcit i dolomit te od glaukonita. Udio glaukonita u analiziranim uzorcima je jako varirao. Prema tumačenjima TIŠLJARA i ŠIMUNIĆA (1978) te ŠIMUNIĆA i sur. (1990) glaukonitni materijal produkt je izmjene dacitno-andezitnog vulkano-klastičnog materijala u plitkim marinskim okolišima.

Glaukonitne pješčenjake Vučji Jarek člana opisali su AVANIĆ i sur. (2018a). Prema spomenutim autorima član Vučji Jarek predstavljen je horizontalno i koso uslojenim glaukonitnim pješčenjacima egenburga. Horizontalno uslojeni pješčenjaci prevladavaju nad koso uslojenim. Opisani su kao sitno do srednje zrnati, dobro sortirani, sivkasto do zelenkaste boje zbog prisutstva glaukonita. Zrna glaukonita bubrežastog su oblika kript-/mikro-kristalaste teksture. U pješčenjaku osim glaukonita prevladavaju kremen, litične čestice i feldspati, dok se klorit, muskovit i biotit rijetko pojavljuju. Određeni su kao glaukonitni litoareniti, grauvake i glaukonitne grauvake (AVANIĆ i sur., 2018a).

3. Geološki položaj

3.1. Razvoj Panonskog bazena

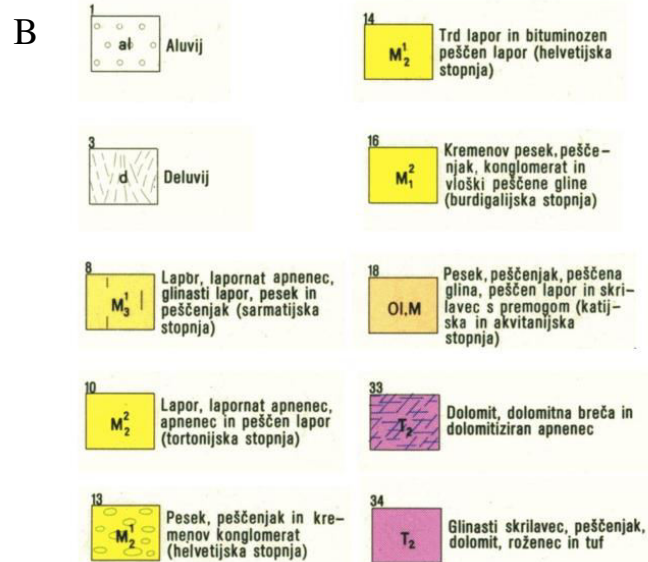
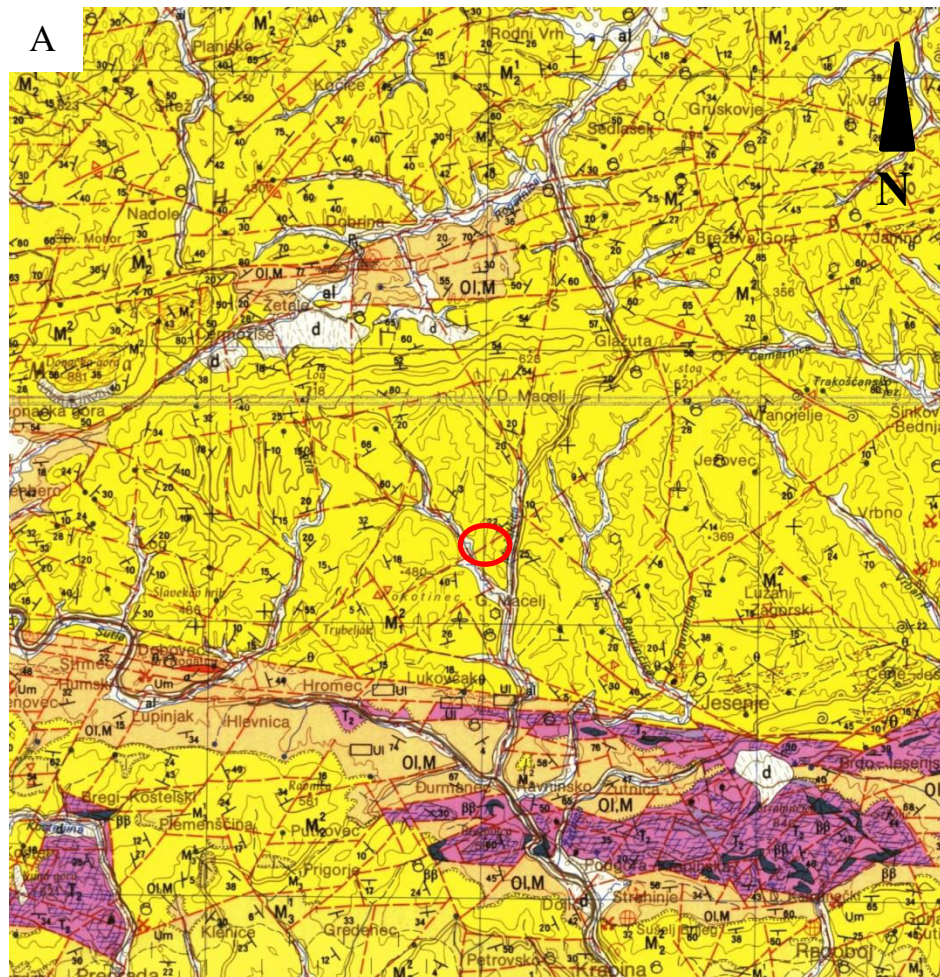
Panonski bazen (slika 2) nastao je u središnjem dijelu Paratethysa miocenskom ekstenzijom uslijed kontinentske kolizije i subdukcije Europske ploče pod Panonski fragment kore (PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018). Okružen je Alpama, Karpatima i Dinaridima. Na dijelu Panonskog bazena koji danas pripada sjevernoj Hrvatskoj tijekom starijeg miocena formirana su dva taložna prostora: bazen Hrvatskog zagorja (manji) koji je obuhvaćao prostor sjeverozapadne Hrvatske i dijela Slovenije i Sjevernohrvatski bazen (veći) koji je obuhvaćao gotovo cjelokupni prostor sjeverne Hrvatske (PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018). Tijekom starijeg miocena, ova dva bazena odlikovala su se različitim taložnim zbivanjima, da bi se od sredine badena taložni uvjeti u njima ujednačili, te od tada govorimo samo o jednom, jedinstvenom Sjevernohrvatskom bazenu. Moguće je razlikovati dvije faze razvoja Sjevernohrvatskog bazena: 1) sin-riftna faza - trajala od otnanga do srednjeg badena, karakterizirana kontinentalno-marinskim taloženjem, izdizanjem astenosfere, ekstenzijskim tektonskim stanjivanjem kore, promjena iz aridne u humidnu klimu, povećana vulkanska aktivnost te izostatsko slijeganje; 2) post-riftna faza - od mlađeg badena do kvartara, karakterizirana marinsko-kontinentalnim taloženjem, naglim opadanjem vulkanske aktivnosti te dvama kompresijskim fazama koje su uzrokovale inverziju bazena i podizanje strukturnih blokova (PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018).



Slika 2. Položaj Panonskog bazena, preuzeto iz [web izvor 1].

3.2. Neogen Hrvatskog zagorja

Podrijetlo najstarijih neogenskih stijena Hrvatskog zagorja povezano je s obalnim područjem Središnjeg Paratethysa u kasnom eocenu kada je, zbog kontinentalne kolizije Eurazije s Afrikom i Indijom, Tethys podijeljen na Paratethys i Sredozemno more (AVANIĆ i sur., 2018b). Na sjevernom dijelu Hrvatskog zagorja, tijekom kasnog eocena, oligocena i ranog miocena, odvijala se marinska sedimentacija, dok je na južnom dijelu prevladavalo kopno do badena kada je započela marinska sedimentacija zbog spajanja dvaju bazena (PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018). Najstarije sedimentne stijene nalaze se na sjevernom dijelu Hrvatskog zagorja na području Ravne Gore gdje naliježu na plitkomorske sedimente Keglević formacije. Nakon eocena došlo je do kratke emerzije popraćene marinskom transgresijom kada se talože sedimenti Meljan formacije. Do ranog egera odvijalo se taloženje glinenih vapnenaca i kalkarenita u marinskim okolišima, a zatim se taloženje nastavilo u prodeltama gdje su prisutni lapori i pješčenjaci. Takvo taloženje odvijalo se do kasnog egera nakon čega slijede piroklastiti i konglomerati Golubovec formacije (AVANIĆ i sur., 2018b). Početak egenburga obilježen je transgresijom i taloženjem pješčenjaka, glaukonitnih pješčenjaka i piroklastita člana Vučji Jarek koji pripada Macelj formaciji. Krajem egenburga dolazi i do vulkanske aktivnosti, a razina mora raste cijelo vrijeme sve do kasnog otnanga kada se talože kalcitni muljninci i tufovi popraćeni muljevitim pješčenjacima prijelazne zone što ukazuje na regresiju. Razina mora nastavila je padati i tijekom karpata. Od kasnog karpata do srednjeg badena na tom području razvijeno je slatkovodno jezero na čijem su dubljem dijelu taloženi lapori i tufovi. Tokom ranog badena započela je transgresija koja je nešto kasnije dovela do spajanja bazena Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatskog bazena. Izolacija Panonskog bazena, koja je počela krajem badena, početkom sarmata je rezultirala formacijom marinskog okoliša reduciranog saliniteta (AVANIĆ i sur., 2018b). Sarmatski sedimenti predstavljeni su plitkovodnim konglomeratima, kalkarenitima i vapnencima, a kraj sarmata obilježen je oplićavanjem marinskog okoliša, dok su panonski sedimenti taloženi u brakičnom okolišu i predstavljaju novi transgresivno-regresivni krug. Tijekom pliocena područje Hrvatskog zagorja bilo je aluvijalna ravnica s manjim slatkovodnim jezerima i močvarama (AVANIĆ i sur., 2018b). Preciznija raspodjela litologije i starosti Hrvatskog zagorja vidljiva je na isječku Osnovne geološke karte SFRJ, list Rogatec (ANIČIĆ i JURIŠA, 1984) (slika 3).



Slika 3. A) Isječak Osnovne geološke karte SFRJ, list Rogatec (ANIČIĆ i JURIŠA, 1984) s ucrtanim položajem mjesta uzorkovanja; B) legenda stratigrafskih članova vidljivih na isječku

4. Metode istraživanja

4.1. Terenska istraživanja

U sklopu terenskih istraživanja obišta je cesta koja od sela Donji Macelj vodi na sjeverozapad u Maceljsku goru. Kod retencijske brane na početku šume nađen je izdanak duljine 4-5 m i visine oko 3 m (slika 4). Izdanak je izgrađen od dobro uslojenog pješčenjaka zelene boje. Debljina slojeva pješčenjaka kretala se od 5 do 20 cm, a nagib slojeva bio je 95/10.



Slika 4. Izdanak uslojenog pješčenjaka zelene boje kod retencijske brane u selu Donji Macelj.

Na izdanku je uzet uzorak pješčenjaka. Pri tome se pazilo da je pješčenjak tamnozeleno boje, što je odlika svježeg Maceljskog pješčenjaka. Naime, većina pješčenjaka je uslijed kemijskog trošenja poprimila smeđu boju. Uzet je uzorak veličine šake, označen, spremljen i prenešen u laboratorij na daljnju obradu.



Slika 5. Makroskopski uzorak analiziranog pješčenjaka. Širina fotografije je 12 cm.

4.2. Izrada mikroskopskih izbrusaka

Za potrebe izrade mikroskopskog izbruska uzorak pješčenjaka prvo je izrezan pomoću dijamantne pile na manje pločice (slika 6). Debljina pločice bila je oko 5mm, a nakon rezanja pločica je oblikovana na dimenzije koje odgovaraju predmetnom stakalcu. Pločica je zatim uz pomoć brusnog praha različite granulacije ispolirana da bi se uklonili zarezni od pile, a zatim je zaljepljena na predmetno stakalce pomoću kanada balzama. Potom je brušena i druga strana pločice zaljepljene na stakalce što se radi finim prahom sitnije granulacije (slika 7).



Slika 6. Uzorak pješčenjaka rezan pilom. Širina fotografije je 12 cm.



Slika 7. Izbrusak pješčenjaka nakon što je obrađen grubim brusnim prahom. Širina fotografije je 7 cm.

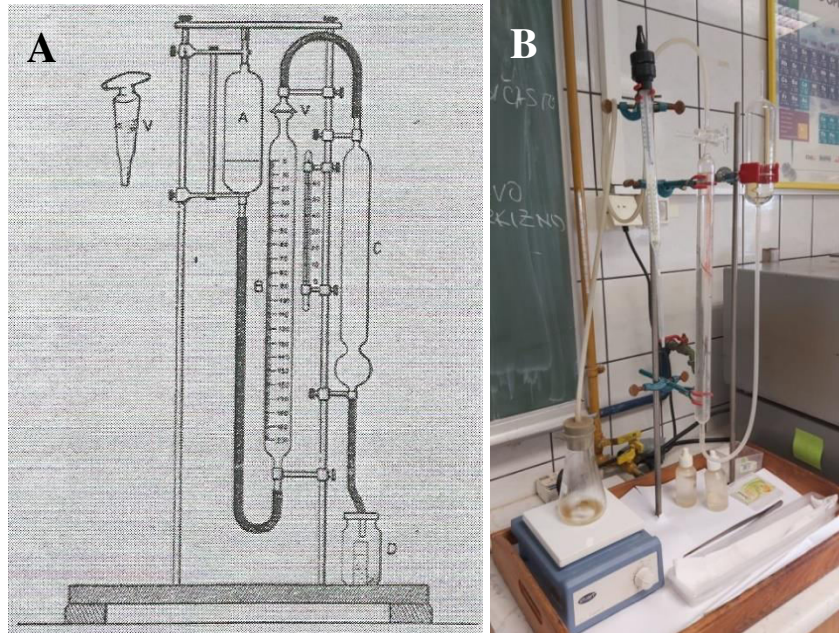
Brušenje se odvija sve dok uzorak ne dosegne željenu debljinu koja iznosi 30-ak mikrometara i najpogodnija je za mikroskopiranje. Zatim slijedi ljepljenje pokrovnog stakalca za koje se također koristi kanada balzam. Preparat se zagrijava i istiskuje se zrak. Kada se preparat ohladi, uranja se u alkohol koji nam pomaže da sastružemo ostatke kanada balzama s rubova. Nakon toga preparat je gotov i spreman za mikroskopiranje.

4.3. Analiza sadržaja CaCO_3

Sadržaj CaCO_3 u uzorku određuje se volumetrijskim mjerenjem CO_2 koji se iz uzorka koji sadrži CaCO_3 razvija djelovanjem kloridne kiseline. Aparat kojim se služimo prilikom ovakvog mjerenja naziva se Scheiblerov kalcimetar (slika 8), a sastoji se od tri staklene cijevi (A, B i C), posude (D) i ventila (V). S obzirom na to da je ovdje u pitanju kompaktna stijena, pješčenjak, za početak ga je bilo potrebno usitniti, odnosno smrviti u ahatnom tarioniku (slika 9). Zatim se na tehničkoj vagi odvagalo 0,3 g uzorka i prenijelo u posudu D. U posudu je također stavljen HCl (1:1), ali u maloj epruveti da se ne izlije na uzorak. Ventil V stavi se u položaj da povezuje cijevi B i C te se pomiče cijev A da bi se razine tekućine u cijevi A i B poravnale na 0. Ventil V potrebno je okrenuti u položaj da povezuje cijev C s okolinom, a zatim začepiti posudu D čepom kalcimetra kojim završava gumeni nastavak cijevi C. Ventil V vraća se u položaj da povezuje cijevi B i C i uključuje se mješalica tako da se HCl izlije na uzorak. Razvijeni CO_2 potiskuje vodu u cijevi B nakon čega je potrebno poravnati razine

tekućina u cijevi A i B. Nakon 5-10 minuta očitana je volumen razvijenog CO₂ na skali graduirane cijevi B te se količina CaCO₃ izračunava formulom:

$$\% \text{ CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 \times F \times 2.274 \times 100) / \text{mg uzorka.}$$



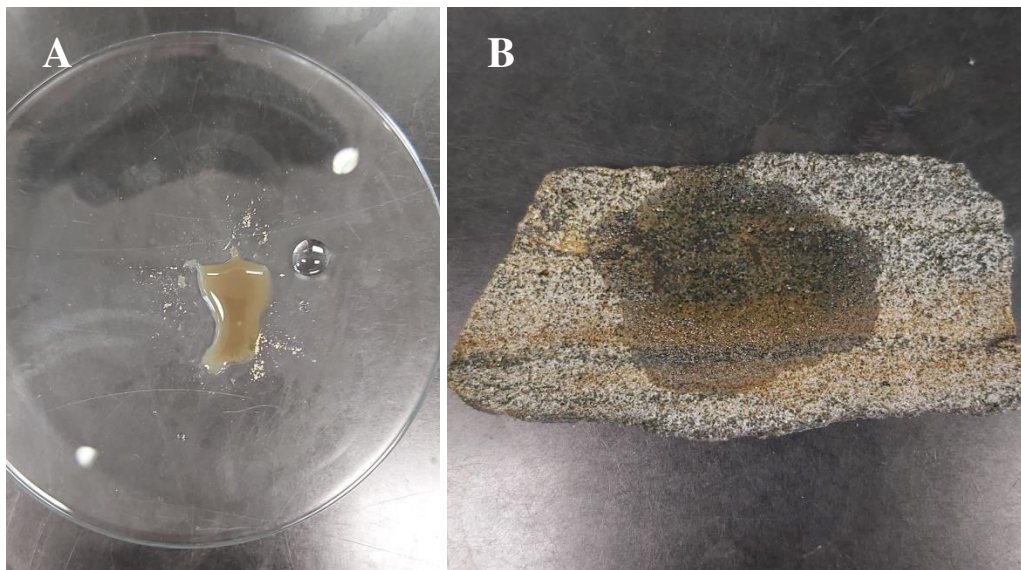
Slika 8. A) Skica Scheiblerovog kalcimetra; B) Scheiblerov kalcimetar u laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda Geološkog odsjeka.



Slika 9. Mrvljenje uzorka pješčenjaka u ahatnom tarioniku. Širina fotografije je 15 cm.

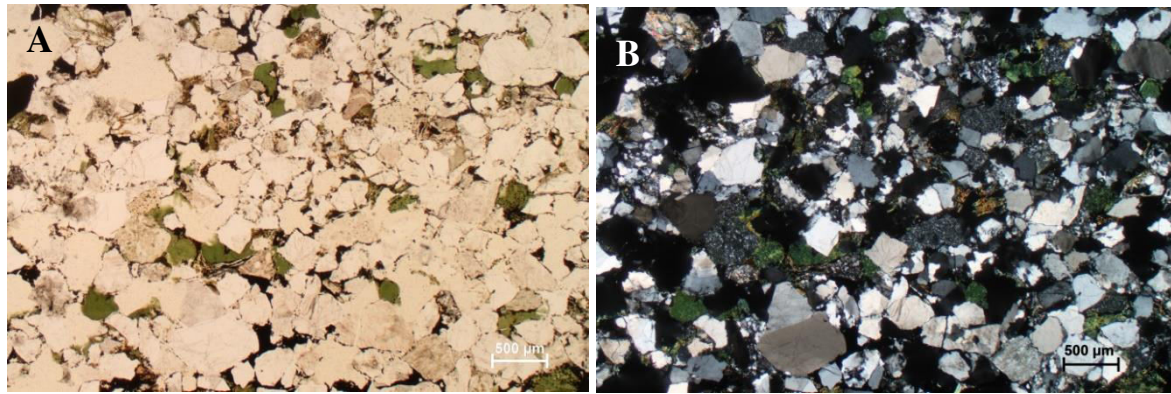
5. Rezultati istraživanja i diskusija

Određivanje sadržaja CaCO_3 pomoću Scheiblerovog kalcimetara pokazalo je da analizirani uzorak pješčenjaka ne sadrži karbonatnu komponentu. Naime, prilikom izvođenja ovog eksperimenta na uzorku glaukonitnog pješčenjaka nije došlo do potiskivanja vode u cijevi B, što znači da se nije razvio CO_2 , a sve to upućuje na izostanak CaCO_3 u obrađivanom uzorku. Da bi se to potvrdilo, kapnuli smo HCl direktno na smrvljeni i kompaktni uzorak te također nije došlo ni do kakve reakcije (slika 10).



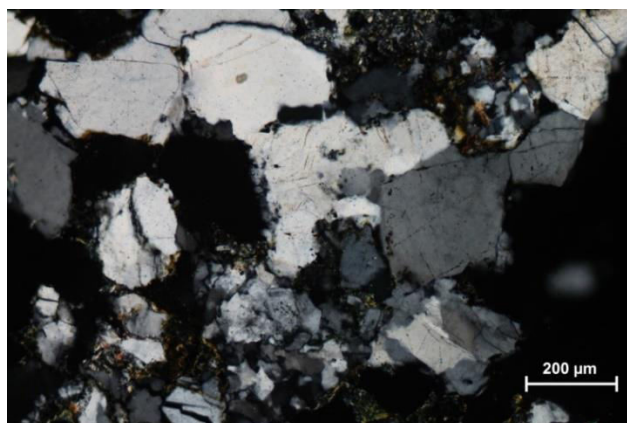
Slika 10. HCl proliven po praškastom uzorku (A) i izrezanoj pločici Maceljskog pješčenjaka (B). Nije zapaženo razvijanje CO_2 . Širina fotografije A je 6 cm, a fotografije B 8 cm.

Analizom mikroskopskog izbruska uzorkovanog pješčenjaka utvrđeno je da je uzorak izgrađen od srednje do dobro sortiranih, gusto pakiranih zrna veličine 200 do 600 mikrometara. Zrna su uglata do poluuglata, rjeđe poluzaobljena, a kontakti među zrnima su uglavnom suturirani. Veziva je malo (slika 11).

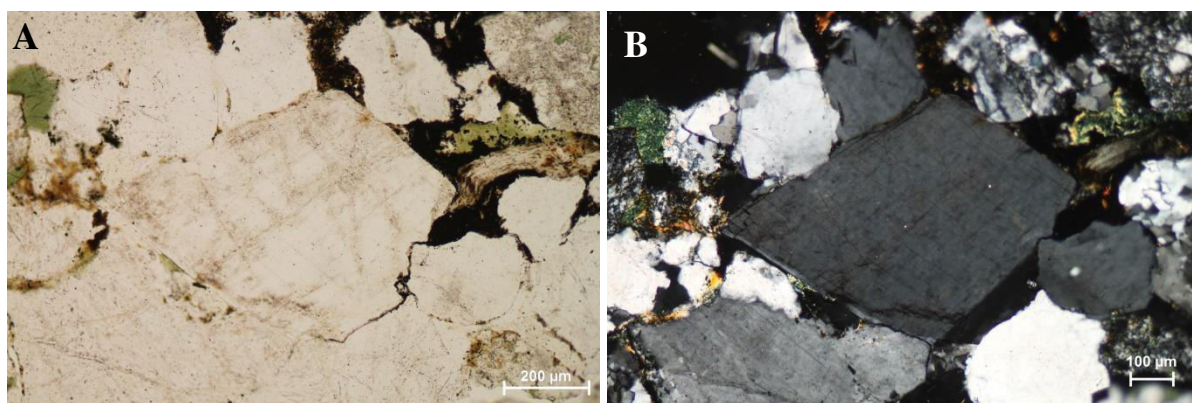


Slika 11. Mikrofotografija uzorkovanog pješčenjaka pretežito sastavljenog od kvarca i čestica stijena. Osim toga vidljiva su zeleno obojena glaukonitna zrna. Vidljivo je gusto pakiranje i suturirani kontakti među zrnima. (A) bez analizatora; (B) analizator uključen

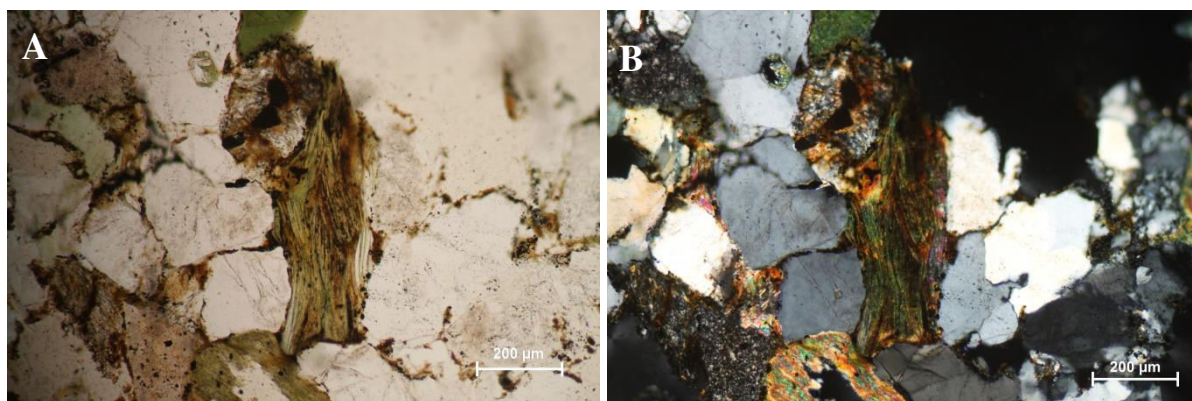
U modalnom sastavu analiziranog uzorka dominiraju siliciklastična zrna. Među njima najzastupljeniji je kremen i čestice starijih stijena, odnosno litične čestice. Zrna kremena su svježja, najčešće bez značajnijih tragova zaobljavanja, a s uključenim analizatorom najčešće pokazuju valovito potamnjenje (slika 12). Među litičnim česticama najzastupljenije su čestice tipa rožnjaka, kvarcita i kvarcsericitnog škriljavca (slike 12, 13 i 14). Relativno brojna su i zrna alkalijskih feldspata među kojima dominira ortoklas. Većina zrna ortoklasa je zamućena ili sericitizirana (slika 13). Od ostalih detritičnih zrna zabilježen je i biotit koji je prepoznatljiv po svojoj strukturi ptičjeg oka (slika 14). Osim spomenutih, uobičajenih sastojaka većine pješčenjaka, analizirani uzorak sadrži i brojna zrna glaukonita. Glaukonit je prepoznatljiv po mat zelenoj vlastitoj boji (slika 15). Obzirom na svoje mikrofizografske značajke analizirani uzorak pješčenjaka određen je kao srednje do dobro sortirani gusto pakirani litični arenit s glaukonitom.



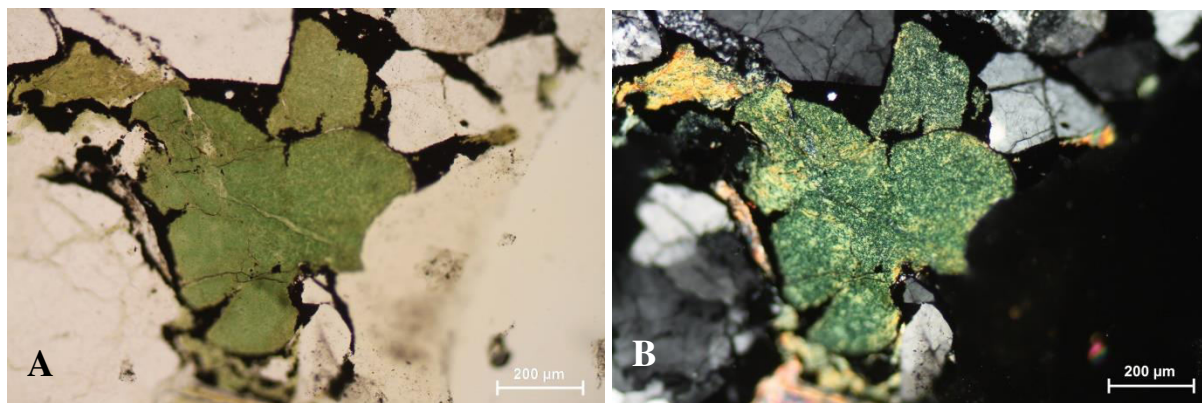
Slika 12. Uglata kvarcna zrna karakteristične sive interferencijske boje prikazana s uključenim analizatorom.



Slika 13. Trošno zrno ortoklasa s jasno vidljivim pukotinama kalavosti. (A) bez analizatora; (B) analizator uključen.



Slika 14. Zrno biotita s karakterističnom strukturom ptičjeg oka. (A) bez analizatora; (B) analizator uključen.



Slika 15. Zrno glaukonita prepoznatljive zelene vlastite boje (A) i sive interferencijske boje prekrivene vlastitom (B). (A) bez analizatora; (B) analizator uključen.

Slaba zaobljenost pješčanog detritusa ukazuje da on nije pretrpio značajniji transport. Ipak, činjenica da u sastavu detritusa prevladavaju rezistentna zrna otporna na zaobljavanje ostavlja mogućnost da je materijal ipak pretrpio određeni transport. U prilog takvom zaključku ide i sortiranost detritusa koja je srednja do dobra. Izostanak matriksa u sastavu pješčenjaka također je pokazatelj transporta, ali i taloženja iz struja koje su postupno slabile. Gusto pakiranje zrna i njihovi suturirani kontakti sugeriraju da je pješčenjak u jednom razdoblju svoje geološke prošlosti bio podvrgnut većim pritiscima, tj. nalazio se na većim dubinama zalijeganja. Sastav detritusa ukazuje da su izvorišne stijene koje su dale klastični materijal za analizirani uzorak bile starije sedimentne i metamorfne stijene.

Glaukonitni materijal nastaje u intergranularnim porama izmjenom primarnog matriksa. Za nastanak glaukonita važna je početna podloga koja se sastoji uglavnom od kremenja, silike, tinjaca, feldspata, minerala gline i drugih koji su nerijetko vezani uz vulkanske materijale. Izmjena materijala odvija se na dnu u plitkim marinskim okolišima (AVANIĆ i sur., 2021).

6. Zaključak

U ovom radu analiziran je uzorak Maceljskog pješčenjaka prikupljen u Donjem Macelju. Analizom mikroskopskog izbruska utvrđeno je da se radi o litičnom arenitu s glaukonitom, a samo ime upućuje nas na to da prevladavaju litične čestice te se u uzorku pojavljuje glaukonit po kojem Maceljski pješčenjaci i jesu poznati. Sortiranost je srednja do dobra, veziva je malo, a zrna su uglata do poluuglata iz čega se može zaključiti da je sediment strukturno zreo. U sastavu pješčenjaka prisutni su, uz glaukonit i litične čestice, kremen, feldspati i biotit, a karbonati izostaju što je dokazano i kvalitativno i kvantitativno.

Sveukupnom analizom i obradom potvrđeno je da se radi o glaukonitnom pješčenjaku Macelj formacije za koje se smatra da su nastali u plitkim marinskim okolišima, dok je glaukonitni materijal produkt izmjene primarnog matriksa u intergranularnim porama.

7. Literatura

Aničić, B. & Juriša, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000, Tumač za list Rogatec L 33-68.- Geološki zavod, Ljubljana, Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 76 str.

Aničić, B. & Juriša, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000, list Rogatec L 33-68.- Geološki zavod, Ljubljana, Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Avanić, R. (2012): Litostratigrafske jedinice donjeg miocena sjeverozapadne Hrvatske, Zagreb.– Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 162 str.

Avanić, R., Pavelić, D., Tibljaš, D. & Zupanić, J. (2018a): STOP 3: Glauconitic sandstones of the Vučji Jarek. U: Tibljaš, D., Horvat, M., Tomašić, N., Mileusnić, M. & Grizelj, A. (ur.): 9th Mid-European Clay Conference. Conference book-Field Trip Guide Book. Zagreb, 141-144.

Avanić, R., Kovačić, M., Pavelić, D. & Peh, Z. (2018b): The Neogene of Hrvatsko Zagorje, U: Tibljaš, D., Horvat, M., Tomašić, N., Mileusnić, M. & Grizelj, A. (ur.): 9th Mid-European Clay Conference. Conference book-Field Trip Guide Book. Zagreb, 128-129.

Avanić, R., Pavelić, D., Pecskey, 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.

Pavelić, D. & Kovačić, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review.- *Mar. Petrol. Geol.*, 9, 445-469.

Šimunić, Al., Avanić, R. & Šimunić, An. (1990): „Maceljski pješčenjaci“ i vulkanizam zapadnog dijela Hrvatskog Zagorja (Hrvatska).- *Rad Jugosl. akad. znan. umjet.*, 446, 24, 179-194.

Šimunić, An., Avanič, R., Šimunić, Al. & Hečimović, I. (1995): Litostratigrafska raščlamba donjomiocenskih klastita u Hrvatskom zagorju. - U: Vlahović, I., Velić, I., Šparica, M. (ur.): 1. Hrvatski geološki kongres, Opatija, Zbornik radova, Zagreb, 581-584.

Tadej, N., Slovenec, D., Tišljarić, J. & Inkret, I. (1997): Glauconitic Materials from Lower Miocene Macelj-Sandstones of the Hrvatsko Zagorje, North-Western Croatia.- *Geologia-Croatica*, 50, 17-25.

Tišljarić, J. & Šimunić, Al. (1978): Maceljski pješčenjaci (Točke 2 i 3).- U: Babić, LJ. & Jelaska, V. (ur): Vodič ekskurzije III Skupa sedimentologa Jugoslavije, Hrvatsko geološko društvo, Zagreb, 37-42.

[1] <https://www.azu.hr/en/exploration-and-production/geological-overview-onshore/>
(pristupljeno 2. 9. 2021.)