

Mineraloška analiza sitne frakcije u šljuncima iz rijeke Drave

Mišić, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:784283>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-21**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij Geološkog inženjerstva

**MINERALOŠKA ANALIZA SITNE FRAKCIJE U ŠLJUNCIMA IZ RIJEKE
DRAVE**

Završni rad

Katarina Mišić

GI 2106

Zagreb, 2020.

Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Sibili Borojević Šoštarić na predloženoj temi, vodstvu i savjetima tijekom pisanja ovog završnog rada.

Zahvaljujem asistentu mag. geol. Tomislavu Brenku na uloženom trudu i nesebičnoj pomoći.

Također, zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili velika podrška tijekom dosadašnjeg studiranja.

MINERALOŠKA ANALIZA SITNE FRAKCIJE U ŠLJUNCIMA IZ RIJEKE DRAVE

Katarina Mišić

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Šljunčara Hrastovljan nalazi se nedaleko od rijeke Drave na prijelazu između prve i druge dravske terase. Analizirana su četiri uzorka od kojih su dva uzorka materijal iz taložnice, a druga dva su materijal iz ispusta ocednog sita s plovnog bagera. Analiza je provedena na originalnim uzorcima i na uzorcima separiranim Frantzovim magnetnim separatorom. Minerali su određeni pomoću stereoskopske lupe i XRD metodom. U originalnim uzorcima glavni minerali su kvarc, magnetit, 10Å minerali, kloriti, K-feldspati i plagioklasi. Sporedni minerali su kalcit, amfibol i dolomit. Analizom nisu pronađeni granat i zlato koji su pronađeni u dosadašnjim istraživanjima na prvoj dravskoj terasi.

Ključne riječi: rijeka Drava, aluvijalni sediment, mineralogija

Završni rad sadrži: 31 stranicu, 4 tablice, 15 slika i 42 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Sibila Borojević Šoštarić

Pomoć pri izradi: mag. geol. Tomislav Brenko

Ocjenjivači: :

1. izv. prof. dr. dc. Sibila Borojević Šoštarić

2. prof. dr. sc. Marta Mileusnić

3. prof. dr. sc. Dunja Aljinović

Datum obrane: 22.9.2020.

University of Zagreb

Bachelor Thesis

Faculty of Mining, Geology and
Petroleum Engineering

MINERALOGICAL ANALYSIS OF FINE FRACTION THE IN GRAVELS FROM THE
DRAVA RIVER

Katarina Mišić

Final paper completed at: University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Department of Mineralogy, Petrology and Mineral resources

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The Hrastovljan gravel pit is located near the Drava River between the first and second Drava terraces. Four samples were obtained, two were material from the settling tank, and the other two were drained leftover material from the dredger. The analysis was performed on the original samples and on the samples separated by the Frantz separator. Minerals were determined using a stereoscopic magnifying glass and the XRD method. In the original samples the main minerals are quartz, magnetite, 10Å minerals, chlorites, K-feldspar and plagioclase. Secondary minerals are calcite, amphibole and dolomite. The analysis did not confirmed presence of garnet and gold, which were found in previous research on the first Drava terrace.

Keywords: the Drava river, alluvial sediment, mineralogy

Final paper contains: 31 pages, 4 tables, 15 pictures and 42 references

Original in Croatian

Final paper deposited at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Sibila Borojević Šoštarić, PhD

Technical support: Tomislav Brenko, mag.geol.

Reviewers: Sibila Borojević Šoštarić, PhD

Marta Mileusnić, PhD

Dunja Aljinović, PhD

Date of defense: 22.9.2020.

Sadržaj

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA | 2 |
| 3. GEOLOGIJA | 3 |
| 3.1. Regionalna geološka obilježja..... | 3 |
| 3.2. Lokalna geologija istraživnog područja | 5 |
| 3.3. Hidrogeologija..... | 8 |
| 4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 9 |
| 5. MATERIJALI I METODE | 9 |
| 5.1 Materijali..... | 9 |
| 5.2. Metode..... | 10 |
| 5.2.1. Magnetna i nemagnetna sitna frakcija..... | 10 |
| 5.2.2. Mineralni sastav sitne frakcije..... | 12 |
| 6. REZULTATI | 14 |
| 6.1. Magnetska separacija | 14 |
| 6.2. Rezultati analiza mineralnog sastava primjenom rendgenske difrakcije na prahu (XRD).... | 17 |
| 7. DISKUSIJA | 22 |
| 7.1. Istraživanja na prvoj Dravskoj terasi..... | 22 |
| 7.2. Istraživanja na drugoj dravskoj terasi..... | 25 |
| 7.3. Usporedba s rezultatima ove studije..... | 25 |
| 8. ZAKLJUČAK | 27 |
| 9. POPIS LITERATURE | 28 |

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 2-1. a) Geografski položaj rijeke Drave (preuzeto s DGU) i b) lokacija šljunčare Hrastovljan (preuzeto s ARKOD portala)..... | 2 |
| Slika 3-1. Jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava (Pavelić i dr., 2018)..... | 3 |
| Slika 3-2. Karta s rezultatima dosadašnjih istraživanja i rezultatima ovog završnog rada..... | 7 |
| Slika 3-2. Rijeka Drava s mjernim stanicama i cjelinama (Tadić i Brleković, 2018)..... | 8 |
| Slika 5-1. Izodinamički magnetski separator po Frantzu..... | 10 |
| Slika 6-1. Magnetna frakcija (lijevo) i nemagnetna frakcija (desno) uzorka H-1, povećanje 3,2x . | 14 |
| Slika 6-2. Magnetit iz uzorka H-2, povećanje 5x | 15 |
| Slika 6-3. Magnetna frakcija (lijevo), povećanje 4x i nemagnetna frakcija (desno), povećanje 3,2x uzorka H-2..... | 15 |
| Slika 6-4. Magnetit iz uzorka H-3, povećanje 5x | 16 |
| Slika 6-5. Magnetna frakcija (lijevo), povećanje 4x i nemagnetna frakcija (desno), povećanje 3,2x uzorka H-3..... | 16 |
| Slika 6-6. Magnetna frakcija (lijevo) i nemagnetna frakcija (desno) uzorka H-4, povećanje 3,2x . | 17 |
| Slika 6-7. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-1 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija)..... | 18 |
| Slika 6-8. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-2 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija)..... | 19 |
| Slika 6-9. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-3 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija)..... | 20 |
| Slika 6-10. Difrakcija slika magnetne frakcije uzorka H-4 | 21 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 5-1. Tablica standardnih uvjeta pri magnetnoj separaciji..... | 11 |
| Tablica 6-1. Mineralni sastav originalnih uzoraka sitne frakcije iz šljunaka rijeke Drave. Objašnjenje kratica minerala: Qtz – kvarc; Pl – plagioklas; Fld – feldspat; 10Å – 10Å minerali (tinjčasti materijal); Cal – kalcit; Dol – dolomit; Chl – klorit; Amp – amfibol. | 17 |
| Tablica 6-2. Mineralni sastav magnetski separiranih uzoraka sitne frakcije iz šljunaka rijeke Drave. Objašnjenje kratica minerala: Qtz – kvarc; Pl – plagioklas; Fld – feldspat; 10Å – 10Å minerali (tinjčasti materijal); Cal – kalcit; Dol – dolomit; Chl – klorit; Amp – amfibol. | 19 |
| Tablica 7-1. Usporedba rezultata istraživanja na rijeci Dravi s vlastitim istraživanjem..... | 24 |

1. UVOD

Rijeka Drava je meandrirajuća rijeka s nekoliko napuštenih korita, od kojih su neki još uvijek ispunjeni vodom te tvore mirne mrtvaje i rukavce. Napuštena korita nastaju kao rezultat pronalaska novih putova riječnoga toka i istodobnog napuštanja postojećih korita. Napuštena korita često se nalaze na prvoj i drugoj riječnoj terasi s fluvijalnim taloženjem sitnozrnatog materijala (Bognar, 2008; Brenko i dr., 2020). Naglašena bočna erozija uzrokovala je stvaranje terasa, plicaka, plaža i riječnih otočića, koji su s vremenom uništeni i ponovno stvoreni (Brenko i dr., 2020). S obzirom da rijeka Drava ima strmi profil obale korita, a u svome toku nosi velike količine šljunka i pijeska, njezino je korito uzdignuto pa se lateralno od korita rijeke nalaze ocjeditiji i povišeni tereni. No, budući da Drava u svojim naslagama stalno presijeca vlastite meandre može se dogoditi da u jednom takvom presijecanju nastane zapušteno korito koje se s vremenom zamuljuje (Valent i dr., 2017).

Ležišta nevezanog, rastresitog sedimenata (nanosna ležišta) nastaju erozijom primarnih stijena te ponekad starijih ležišta koja sadrže primjese korisnih minerala koji se fluvijalnim procesima mogu mehanički koncentrirati. Mehaničke koncentracije mogu formirati minerali koji su otporni na mehaničku eroziju i kemijsko razlaganje u oksidacijskoj zoni, a imaju veću gustoću od ostalog sedimenta.. Ti se minerali separiraju i koncentriraju mehaničkim djelovanjem vode u potocima i rijekama, a povećane koncentracije nastaju na mjestima gdje tok naglo mijenja snagu odnosno brzinu kretanja. Ležišta koja nastaju na ovaj način nazivaju se aluvijalna (nanosna) ležišta. Među nanosnim ležištima najpoznatija su ležišta zlata, zatim ležišta ilmenita, magnetita, rutila, cirkona, monacita i granata, dok su ležišta dijamanata, platine i dragog kamenja puno rjeđa (Šinkovec, 1991). Zlato u nanosima rijeka u Panonskoj nizini potječe iz izvorišnog područja planinskih lanaca u okruženju (Alpa, Karpata i Dinarida) te iz brojnih rudnih ležišta koje riječni tokovi erodiraju. Zlato u Dravi i Muri alpskog je podrijetla (Bermanec i dr., 2014).

Uzvodno i nizvodno od šljunčare Hrastovljan rađena su istraživanja na rijeci Dravi u kojima su pronađeni magnetit, granat, cirkon, zlato, kvarc, dolomit, albit, kalcit i drugi minerali (Tablica 7-1) (Bermanec i dr., 2014; Šoster i dr., 2018). Za ovaj završni rad smo ponovili istraživanje na uzorcima dobivenim iz šljunčare Hrastovljan. Dva uzorka (H-1 i H-4) su materijal iz ispusta ocjednog sita s plovnog bagera. Druga dva uzorka (H-2 i H-3) su materijal iz taložnice odnosno ostatak od pranja agregata. Korištene metode su XRD analiza i analiza stereoskopskom lupom.

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Rijeka Drava druga je po veličini rijeka u Hrvatskoj. Njena ukupna duljina iznosi 749 km, dok njen središnji dio prolazi kroz Hrvatsku u duljini od 322,8 km (Tadić i Brleković, 2018). Izvor rijeke Drave nalazi se u Toblachu, smještenom u sjevernoj Italiji te prolazi kroz austrijske pokrajine istočni Tirol i Korušku, zatim Slovensku Štajersku u Sloveniji (Šoster i dr., 2017), te naposljetku kroz Podravinu u Hrvatskoj gdje čini dio državne granice između Hrvatske i Mađarske. Nedaleko od Osijeka, na granici sa Srbijom ulijeva se u Dunav. Područje njenog sliva u Hrvatskoj je 7,015 km², što je manje od 20% ukupnog sliva koji iznosi od 41,238 km² (Slika 2-1).



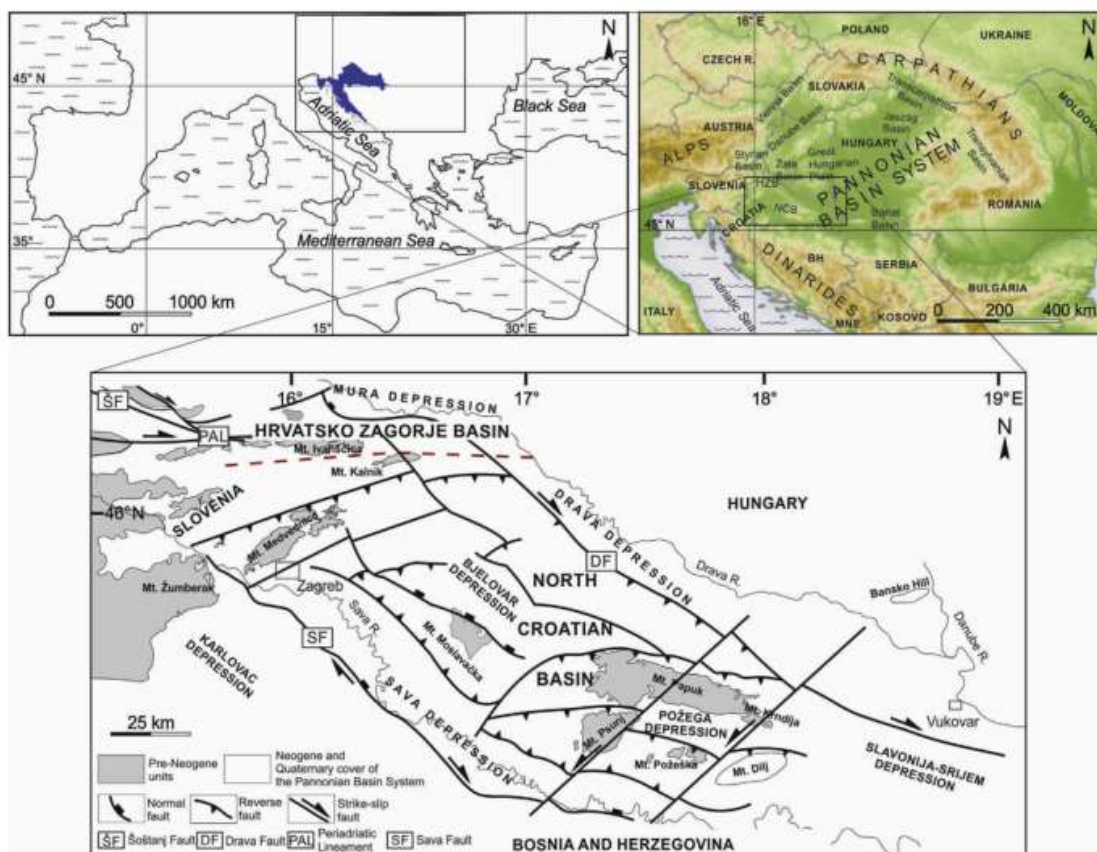
Slika 2-1. a) Geografski položaj rijeke Drave (preuzeto s DGU) i b) lokacija šljunčare Hrastovljan (preuzeto s ARKOD portala).

Područje istraživanja s kojeg su uzeti uzorci obrađeni u sklopu ovog završnog rada je šljunčara Hrastovljan, koja je u vlasništvu tvrtke COLAS Mineral d.o.o. Šljunčara se nalazi u neposrednoj blizini rijeke Drave na njenoj desnoj aluvijalnoj ravnici, između dvaju akumulacija, Varaždinskog jezera i jezera Dubrava.

3. GEOLOGIJA

3.1. Regionalna geološka obilježja

Geomorfološki, istraživano područje nalazi se u središnjem dijelu doline rijeke Drave, koja pripada jugozapadnom dijelu Panonskog Bazena (Slika 3-1).



Slika 3-1. Jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava (Pavelić i dr., 2018).

Prema Bucković (2006), kolizijom Afričke i Euroazijske ploče početkom miocena izdižu se planinski lanci Alpa, Dinarida, Helenida (u Grčkoj) i Taurusa (u Turskoj). Formiranjem ovih planinskih lanaca istočni dio Tethysa dijeli se na dva dijela; južni, i sjeverni koji se naziva Paratethys. Sredinom miocena, prije oko 15 milijuna godina puca veza između južnog kraka Tethysa i Paratethysa u području Alpa, čime Paratethys postaje prostrano jezero koje se zbog dotoka slatkih voda sa euroazijskog kopna postupno oslađuje. Prije oko 5,5 milijuna godina, Paratethys se raspao na niz manjih bazena (panonski, dacijski, egejski, kaspiski, aralski) koji su se najvećim dijelom isušili. Panonski bazenski sustav okružen je planinskim lancima koji uključuje Alpe, Karpate i Dinaride, a paleogeografski

zauzima većinu područja središnjeg Paratethysa čiji je jugozapadni rub u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i sjevernoj Bosni (Rögl i Steininger, 1983; Popov i dr., 2004; Harzhauser i Piller, 2007; Piller i dr., 2007; Kováč i dr., 2017; Pavelić i dr., 2018).

U neogenu Panonski bazen se otvara kao zalučni bazen u kojem se ekstenzija očitovala kroz niz normalnih (Tari i sur., 1999.) i rasjeda s pomakom po pružanju. Ekstenzija je bila istovremena sa kompresijom unutar Karpatskog rasjednog pojasa (Saftić i dr., 2003). Rano miocensko slijeganje i sedimentacija započeli su kao rezultat prve sin-riftne ekstenzijske tektonske faze u Panonskom bazenu (Horváth i Royden, 1981; Tari, 1994; Tari i Pamić, 1998; Lučić i dr., 2001; Pavelić, 2001; Saftić i dr., 2003). Nakon kratkog kopnenog razdoblja, započinje period marinskog taloženja uslijed kojeg su brojne depresije povezane s velikim vodenim masama (Saftić i dr., 2003). Tijekom donjeg miocena unutar Panonskog bazenskog sustava moguće je razlikovati dva taložna bazena različitih taložnih karakteristika. To su bazen Hrvatskog Zagorja i Sjeverni Hrvatski bazen (Bucković, 2006). Posljedica specifičnog razvoja Sjevernog Hrvatskog bazena je moderni strukturalni uzorak karakteriziran ZSZ-IJI tendencijom izduženih i tektonski oslabljenih područja depresija s maksimalnom dubinom litoloških i tektonskih kompleksa paleozojsko-mezozojsko-paleogenskog bazena od oko 7000 m u Dravskoj depresiji (Pavelić, 2018). To ukazuje da se Dravska depresija počela formirati ranije od ostalih depresija Sjevernog Hrvatskog bazena (Hernitz, 1983; Pamić, 1997; Pavelić, 2001) te da je bila početno područje kontinentalnog riftanja u Sjevernom hrvatskom bazenu (Pavelić, 2018). Prvi rani post-riftni događaj inverzije bazena dogodio se tijekom sarmata (Horváth i Tari, 1999) što rezultira raširenim pred-panonskim nekonformitetom (Saftić i dr., 2003). Treća faza razvoja bazena predstavljena je opetovanim kompresijskim događajima u odnosu na inverziju od pliocena pa nadalje (Horváth, 1995; Csontos i dr., 2002; Saftić i dr., 2003). Slijeganje se uglavnom nastavilo u najdubljim depresijama što rezultira stvaranjem povremeno debele pliocensko-kvartarne sukcesije (Horváth i Cloetingh, 1996; Prelogović i dr., 1998; Horváth i Tari, 1999; Lučić i dr., 2001; Velić i dr., 2002, Saftić i dr., 2003).

3.2. Lokalna geologija istraživanog područja

Prema Osnovnim geološkim kartama, listova Čakovec (Mioč i Marković, 1997), Nađkaniža (Marković i Mioč, 1988) i Varaždin (Šimunić i dr., 1983) uže područje istraživanja čine pleistocenske i holocenske naslage. Glavni facijesi na istraživanom području su facijes mrtvaja – gline i organske gline (am), aluvijalni talozi rijeka i potoka – šljunci i pijesci (a, ap, al), aluvijalni talozi prve dravske terase (a1) te aluvijalni talozi druge dravske terase (a2).

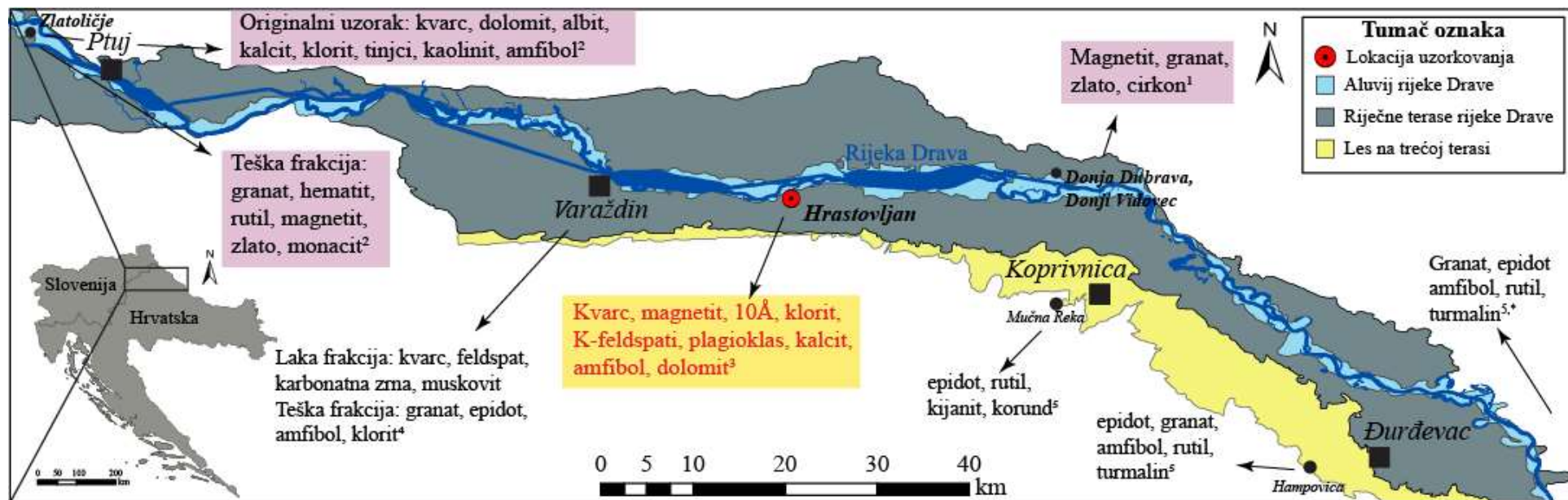
Geomorfološko stanje Podravine kakvu danas poznajemo oblikovano je u posljednjih petnaestak tisuća godina, na prijelazu pleistocena u holocen i tijekom holocena. Zatopljenje koje nastaje prije otprilike 11 do 12 tisuća godina dovodi do značajnih klimatskih promjena (Head i dr., 2019). Otapanjem velikih količina leda i snijega dolazi do stvaranja velikih vodenih bujica kojima su se akumulirali veliki nanosi pijeska i šljunka na kojima se u kasnijim razdobljima formirao humusni sloj, tvoreći tako današnju geografsku sliku Podravine (Feletar i Feletar, 2008; Valent i dr., 2017). Uslijed donosa materijala, česta pojava je i fluvijalna erozija, te razna uzdizanja i spuštanja reljefa o kojima svjedoče mlađe taložine šljunka uzdignute iznad starijih sedimenata pleistocenskih glina i lesolikih sedimenata (Feletar i Feletar, 2008; Valent i dr., 2017). Akumulacija pijeska i šljunka i kasnije formiranje sloja humusa oblikovali su današnju geografiju Podravskog područja (Feletar i Feletar, 2008; Brenko i dr., 2020).

Na području istraživanja, dominantna geomorfološka cjelina je velika aluvijalna ravnica s vijugavom rijekom Dravom i njenim pritocima, uglavnom formirana tijekom kasnog pleistocena i ranog holocena. Aluvijalna ravnica sastoji se od tri riječne terase s pripadajućim sedimentom (Brenko i dr., 2020). Treća riječna terasa je najstarija, nastala je na kraju kasnog pleistocena i karakteriziraju je lesni glineno-pjeskoviti siltovi. U vrijeme formiranja terasa, uobičajeni su bili naizmjenični suhi i hladni vremenski uvjeti, s primjetnim nagomilavanjem eolskog materijala, pijeska i lesa, koje svoje izvrište imaju u rijeci Dravi. Terasa je bila povremeno poplavljena tijekom toplijih razdoblja, što je omogućilo stvaranje fluvijalnih akumulacija (Brenko i dr., 2020). Druga Dravska terasa je erozijsko-akumulacijskog karaktera, a formirana je tijekom drugog Würmskog interglacijala (Prelogović i Velić, 1988; Brenko i dr., 2020). Prostire se između treće i prve terase, neravnomjerno prekrivajući sedimente treće terase. Ova terasa je prošla kroz sve faze formiranja, od krupno-zrnatog šljunkovitog pijeska u njezinu podnožju do fino-zrnatih siltova

na vrhu. Na osnovi mineralnog sastava (Mutić,1975), može se pretpostaviti da je ovaj materijal nastao u Istočnim Alpama (Brenko i dr., 2020). Prva terasa, koja se nalazi između druge terase i recentnog kanala rijeke Drave je najmlađa, a nastala je tijekom trećeg Würmskog interglacijala. Jako je izmijenjena zbog jakosti riječne struje i meandara rijeke Drave. Formiranje prve terase rijeke Drave uključivalo je nekoliko faza formiranja nizinskog sliva i, prema tome, njegova je površina neravna i često poplavi za vrijeme visokih voda. Glavni sedimentni talozi na ovoj terasi su pijesci, šljunkoviti pijesci i pjeskoviti šljunci (Šimunić i sur., 1990; Brenko i dr., 2020).

Prema geološkoj karti Koprivnice, lokacija Hrastovljan nalazi se na drugoj dravskoj terasi. Terasa je prošla sve faze razvitka tako da završni član u njezinom formiranju čine siltozne naslage debele do 2 m u čijoj su podlozi šljunkoviti pijesci (Hečimović, 1995). U dolini rijeke Drave istaložene su velike količine šljunka i pijeska. Prema Urumoviću (1971) debljina šljunkovito-pjeskovitog horizonta raste od zapada prema istoku. Ovako velike količine šljunka i pijeska transportirane su tijekom pleistocenskih interglacijala i interstadijala, te u holocenu. Šljunkovito-pjeskoviti horizont koji se danas nalazi na površini, taložen je tijekom holocena u dvije prostrane terase. Visina terasnog odsjeka opada u smjeru toka vode. Sedimenti druge dravske terase se sastoje od šljunka, pijeska, šljunkovitog pijeska te rjeđe sitnog pijeska (Šimunić i dr., 1982).

Na karti (Slika 3-2) ucrtane su lokacije i podaci dosadašnjih istraživanja, kao i lokacija i rezultati istraživanja ove studije. Žutom podlogom istaknuti su rezultati ove studije koji su dobiveni na uzorcima iz Šljunčare Hrastovljan. Rezultati dosadašnjih istraživanja koja su provedena na prvoj Dravskoj terasi istaknuti su ljubičastom podlogom. Istraživanje su izvršili Bermanec i dr. (2014) u Donjoj Dubravi i Donjem Vidovcu te Šoster i dr. (2018) u okolici Ptuja. Bijelu podlogu imaju istraživanja provedena na drugoj Dravskoj terasi koja su izvršili Šimunić i dr. (1982) u okolici Varaždina i Zdelar (2018) na području Bilogore.



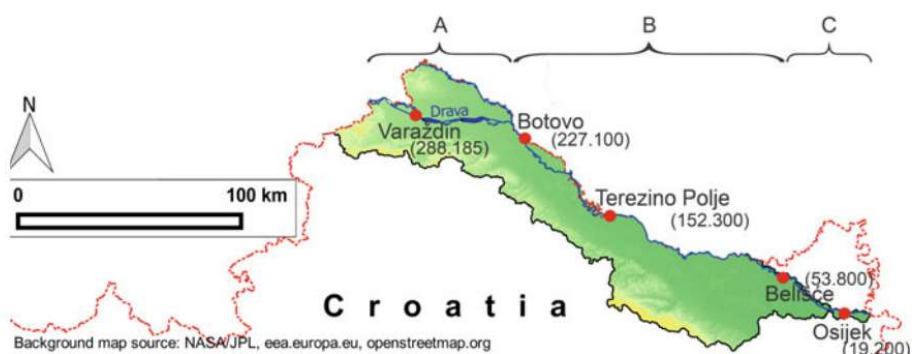
Slika 3-2. Karta s rezultatima dosadašnjih istraživanja i rezultatima ovog završnog rada (¹Bermanec i dr. (2014); ²Šoster i dr. (2018); ³ovaj završni rad; ⁴Šimunić i dr. (1982); ^{5,*}Zdelar (2018), lokacija Cabuna nalazi se izvan karte). Žutom podlogom prikazani su rezultati ove studije, ljubičastom podlogom prikazani su rezultati dosadašnjih istraživanja na prvoj Dravskoj terasi, bijelom podlogom prikazani su rezultati dosadašnjih istraživanja na drugoj Dravskoj terasi.

3.3. Hidrogeologija

Rijeka Drava je tipična ledenjačka rijeka s najvišim vodostajem u kasno proljeće i ljeto (svibanj, lipanj i srpanj) i najnižim vodostajem tijekom zimskog perioda (siječanj i veljača) (Tadić i Brleković, 2018). Ova vrsta hidrološkog režima ponekad dovodi do poplava.

Hidrogeološke karakteristike vodonosnika rijeke Drave su posljedica tektonske aktivnosti i fluvijalnih mehanizama taloženja u dolini rijeke. Vodonosni sloj je zatvoren na nekim dijelovima, dok je u drugima otvoren. Podzemne vode međusobno su povezane s vodostajem rijeke Drave i prevladavajuća je drenaža podzemne vode u rijeku Dravu (Brkić i sur., 2010; Brenko i dr., 2020). Brkić i Briški (2018) prepoznali su da podzemna voda teče od ruba doline prema rijeci Dravi, a infiltracija oborina je glavni izvor opskrbe podzemne vode. Razine podzemne vode su nekoliko metara ispod površine, ali mogu doseći i površinu. Vrijednosti pH za promatranu podzemnu vodu kreću se od 6,60 do 7,90, što znači da je podzemna voda blago kisela, do neutralna i blago alkalna.

Uz cjelokupnu morfološku podjelu rijeke Drave na gornji, srednji i donji dio, hrvatski se dio na temelju riječnog režima može podijeliti u tri cjeline. Na uzvodnom dijelu (A) uspostavljene su tri višenamjenske brane i rezervoari. Drugi odjeljak (B) je pod utjecajem pritoka i završavaju na 53.800 rkm. Treći dio (C) proteže se od Belišća do ušća rijeke Drave u rijeku Dunav (Tadić i Brleković, 2018) (Slika 3-2).



Slika 0-3. Rijeka Drava s mjernim stanicama i cjelinama (Tadić i Brleković, 2018).

4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Bermanec i dr. (2014) u svom radu opisuju kratku povijest zlatarstva na Dravi, te je data temeljita analiza geološke geneze zlatnih nanosa i mineraloški sastav dravskog zlata. Istraživanje je provedeno u Donjoj Dubravi i Donjem Vidovcu (Slika 3-2).

Šoster i dr. (2017) u istraživanju prve Dravske terase u okolici Ptuja (Slika 3-2) predstavljaju rezultate mikroanalize koja se provodi na REE mineralima iz teške mineralne frakcije rijeke Drave.

Šimunić i dr. (1982) u *Tumaču za list Varaždin* opisuju kartirane jedinice prve i druge Dravske terase. Uzorci su uzeti u profilima u okolici Varaždina (Slika 3-2).

Zdelar, D. (2018) određuje sastav pijeska i rekonstruira porijeklo klastičnog materijala koji izgrađuje kvartarne sedimente Bilogore. Uzorci su uzeti iz tri pjeskoloma, to su Mučna Reka, Hampovica i Cabuna (Slika 3-2).

5. MATERIJALI I METODE

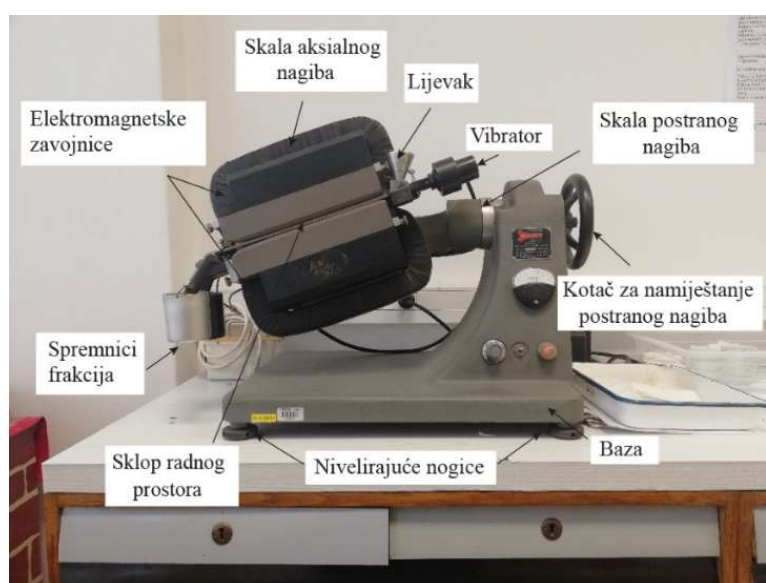
5.1 Materijali

U šljunčari Hrastovljan prikupljena su četiri uzorka. Uzorak H-4 prikupljen je u listopadu 2019., dok je uzorak H-1 prikupljen u studenom 2019. Oba uzorka su materijali iz taložnice odnosno ostatak od pranja agregata. Uzorak H-2 prikupljen je u listopadu 2019., a uzorak H-3 prikupljen je u studenom 2019. Uzeti su na sjevernom dijelu šljunčare na dubini od 30 metara. Materijal je iz ispusta ocjednog sita s plovnog bagera. Iz uzoraka je uklonjen šljunak te je ostavljena sitna frakcija koja je manja od 0,5mm. Nakon što su uzorci osušeni doneseni su na Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Podijeljeni su u dvije faze. Uzorci prve faze usitnjeni su u željeznom mlinu te su snimljeni metodom rendgenske difrakcije na prahu. Uzorci druge faze u originalnom obliku separirani su magnetnom separacijom, nakon toga su ručno usitnjeni u tarioniku te su snimljeni metodom rendgenske difrakcije na prahu, te pregledani korištenjem binokulara s različitim povećanjima

5.2. Metode

5.2.1. Magnetska separacija

Magnetska separacija osniva se na djelovanju sile magnetskog polja na mineralne čestice koje se razlikuju po magnetskoj susceptibilnosti. Susceptibilnost je svojstvo minerala da se magnetiziraju u polju djelovanja magneta. Neki minerali se mogu magnetizirati jače, neki slabije. Za separiranje dijamagnetičnih od paramagnetičnih minerala, a i različitih paramagnetičnih minerala međusobno, u mineraloškoj praksi najčešće se koristi izodinamički magnetski separator po S. G. Frantzu, koji je korišten i u ovom radu (Slika 5-1).



Slika 5-1. Izodinamički magnetski separator po Frantzu.

Sastoji se od elektromagneta s dva specijalno oblikovana raznoimena magnetska pola između kojih je dugački uski zračni procjep. U taj procjep stavlja se vibrirajući žlijeb koji se nakon približno jedne trećine njegove dužine uzdužnom izbočinom razdvaja u dva uzdužna žlijeba. Elektromagnet, zajedno sa žlijebom može se za određeni broj stupnjeva nagnuti oko poprečne i oko uzdužne osi, tako da je žlijeb nagnut prema naprijed i bočno. Kako na mineralna zrna koja se nasipavaju kroz lijevak i dolaze u žlijeb istovremeno djeluju dvije sile suprotnih smjerova – magnetska sila i sila teža – manje magnetična ili dijamagnetična zrna kretat će se kroz donji žlijeb, a magnetičnija zrna privučena magnetom kretat će se kroz gornji žlijeb. Na kraju žljebova ovještene su dvije posudice u koje padaju separirana zrna. U

jednu posudicu padaju nemagnetični minerali, dok u drugu posudicu padaju magnetični minerali. Magnetska sila povećava se s porastom jakosti električne struje (što se može podesiti na instrumentu). Stoga se može podesiti jakost električne struje kao i kut nagiba žljeba u dva smjera (prednji i bočni nagib). Variranjem jakosti struje i kuteva nagiba mogu se međusobno separirati minerali različite, često bliske, magnetske susceptibilnosti. Separacije se obično provode uz struju od 0,4 do 1,2 A i bočni nagib od 5° do 20°. U našem slučaju separacija je provedena uz struju od 1,2 A. Uzorci H-2 i H-3 separirani su pod bočnim nagibom od 5°, dok su uzorci H-1 i H-4 separirani pod bočnim nagibom od 20°. Zbog presitnih čestica u uzorcima H-1 i H-4 separacija nije bila uspješna. Brzina separacije ovisi o nagibu oko poprečne osi i o frekvenciji vibracije žlijeba. Optimalna veličina čestica je između 0,1 i 0,2 mm, no relativno dobri rezultati postižu se i za čestice dimenzija od 0,05 do 0,1 mm (Slovenec, 2014). Iz Tablice 5-1 koja prikazuje vrijednosti kuta uzdužnog i poprečnog nagiba kanala, intenzitet magnetskog polja u ovisnosti o promjeni jakosti struje, te vrijednosti magnetske susceptibilnosti svakoga pojedinog minerala, gotovo svi minerali mogu se odijeliti u manje magnetičnu i više magnetičnu frakciju.

Tablica 5-1. Tablica standardnih uvjeta pri magnetnoj separaciji.

| postrani nagib 20° | | | postrani nagib 5° | |
|---------------------------|------------|-------------|--------------------------|----------------------|
| magnetska frakcija | | | magnetska frakcija | nemagnetska frakcija |
| 0,4 A | 0,8 A | 1,2 A | 1,2 A | 1,2 A |
| ilmenit | hornblenda | diopsid | titanit | cirkon |
| granat | hipersten | tremolit | leukoksen | rutil |
| olivin | augit | enstatit | apatit | anatas |
| kromit | aktinolit | spinel | monacit | brukit |
| kloritoid | staurolit | staurolit | ksenotim | pirit |
| | epidot | muskovit | | korund |
| | biotit | coisit | | topaz |
| | klorit | klinocoisit | | fluorit |
| | turmalin | turmalin | | disten |
| | | | | silimanit |
| | | | | anhidrit |
| | | | | beril |

5.2.2. Rendgenska difrakcija na prahu (XRD)

Analiza mineralnog sastava uzoraka provedena je korištenjem metode rendgenske difrakcije na prahu. Rendgenske zrake su elektromagnetski valovi reda veličine 10^{-10} m. Za dobivanje rendgenskih zraka koriste se rendgenske cijevi. Elektroni koji izlaze iz užarene katode ubrzani su velikom razlikom potencijala i velikom brzinom udaraju u anodu. Vrlo rijetko elektron gubi svu svoju energiju odjednom; on se najčešće uzastopno sudara s nekoliko atoma, gubeći pri svakom sudaru dio energije. Na taj način nastaje tzv. „bijelo zračenje“, odnosno kontinuirani spektar koji ima oštru granicu u kratkovalnom području. Osim kontinuiranog spektra može se dobiti i linijski spektar; to je tzv. karakteristično zračenje. Ono nastaje kad upadni elektron ima dovoljno veliku energiju da izbije jedan od unutarnjih elektrona u atomu anode u viši energijski nivo ili ga potpuno izbacila iz atoma. Na slobodno mjesto prelazi elektron s višeg energijskog nivoa, pri čemu se slobodna energija emitira u obliku zračenja. Valna duljina emitiranog fotona određena je razlikom energija dvaju nivoa. Povećanjem napona ne mijenjaju se valne duljine karakterističnog zračenja anode. Pri prolazu njihov intenzitet slabi. Slabljenje intenziteta je uzrokovano: (a) apsorpcijom – prilikom čeg se atomi tvari ioniziraju i nastaje sekundarno, fluorescentno zračenje i (b) raspršenjem (difrakcijom) zračenja na atomima tvari. U većini metoda rendgenske difrakcijske analize koristi se monokromatsko $K\alpha$ zračenje koje se dobiva pomoću odgovarajućeg filtra. Za zračenje Cu-anode najpogodniji je Ni-filtar, koji osim što znatno apsorbira „bijelo zračenje“, gotovo potpuno apsorbira i $K\beta$ zračenje. Na taj način se dobije znatno monokromatizirano $CuK\alpha$ zračenje koje se koristi u rendgenskoj difrakcijskoj analizi. Takvi filtri koriste se kod filmskih tehnika kad se difrakcijske slike snimaju pomoću rendgenskih kamera. Osnovna periodičnost kristalne rešetke je reda veličine valne duljine rendgenskih zraka. To omogućuje pojavu difrakcije: u nizu prostornih smjerova određenih periodičnošću i simetrijom kristala pojavljuju se difrakcijski maksimumi dovoljnog intenziteta da se mogu detektirati. Raspored difrakcijskih maksimuma po smjerovima u prostoru, registriran na filmu ili pomoću brojača, naziva se difrakcijska slika.

U trodimenzionalnom kristalu (kristalna rešetka) doći će do pojave difrakcije rendgenskih zraka samo kod određenih valnih duljina ili uz monokromatsko zračenje kod određenih orijentacija kristala (rešetke) prema upadnom snopu.

W. L. Bragg došao je do zaključka da se pojava difrakcije rendgenskih zraka u trodimenzionalnoj rešetki kristala može protumačiti refleksijom zraka na skupovima

mrežnih ravnina. Kada na skup mrežnih ravnina s međumrežnim razmakom d pada snop paralelnih monokromatskih rendgenskih zraka pod kutom θ , zrake će zbog svoje prodornosti prolaziti kroz kristal, ali će se jedan dio zraka reflektirati na mrežnim ravninama i to pod istim kutom θ . Razlika u hodu, Δ između zrake koja se reflektira na prvoj i zrake koja se reflektira na drugoj, susjednoj mrežnoj ravnini jednaka je:

$$\Delta = AB + BC = 2AB$$

$$AB = d \sin\theta \quad (5-1)$$

$$\Delta = 2AB = 2d \sin\theta$$

Ako je ta razlika λ ili cjelobrojni višekratnik λ , zrake reflektirane na mrežnim ravninama interferencijom će se pojačati. Prema Bragg-ovom zakonu, do refleksa na nekom skupu mrežnih ravnina (hkl) s međumrežnim razmakom d_{hkl} dolazi samo uz onaj kut θ_{hkl} za koji je razlika u hodu između zraka reflektiranih s dviju susjednih ravnina jednaka cijelom broju valnih duljina:

$$2d_{hkl} \sin\theta_{hkl} = n\lambda. \quad (5-2)$$

Difrakcijske slike snimljene su pomoću Philipsovog difraktometra 1710 s Bragg Brentano geometrijom te $\text{CuK}\alpha$ zračenjem ($U=40$ kV, $I=35$ mA). Kod difrakcije u prahu uzorak predstavlja prah u kojem su statistički orijentirani kristali dovoljno sitni (optimalne veličine 10^{-7} do 10^{-6} m) da sve orijentacije približno jednako budu zastupljene u volumenu obasjanom snopom rendgenskih zraka. Difrakcijska slika praha može se dobiti na dva načina: (a) registriranjem na filmu u rendgenskim kamerama raznih konstrukcija i (b) snimanjem pomoću difraktometra s brojačem. Metoda rendgenske difrakcije na prahu je najtočnija metoda identifikacije kristalnih tvari jer svaka kristalna tvar ima svoju karakterističnu difrakcijsku sliku praha. Prilikom identifikacije difrakcijska slika uzorka se uspoređuje s difrakcijskim slikama pojedinačnih standardnih uzoraka kristalnih tvari koristeći tzv. Powder Diffraction File (PDF), što predstavlja tablice minerala u sklopu programa X'pert Highscore. (Slovenec, 2014).

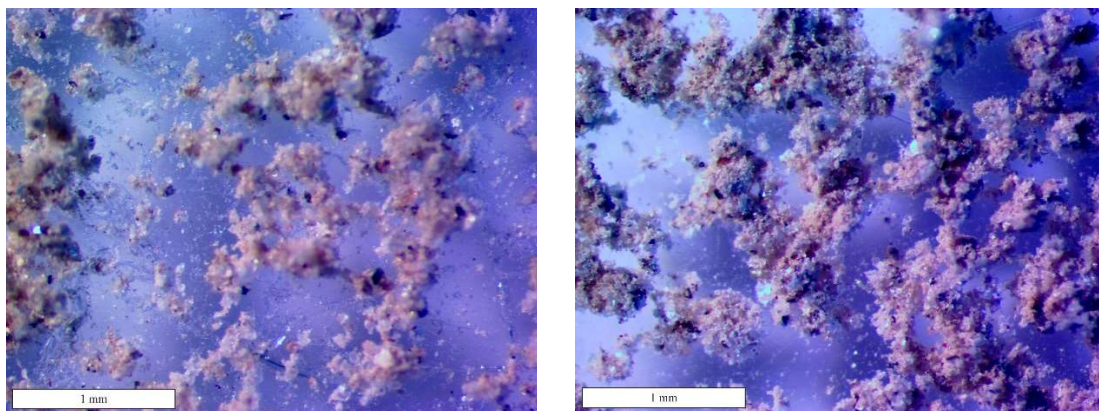
6. REZULTATI

6.1. Magnetna i nemagnetna sitna frakcija

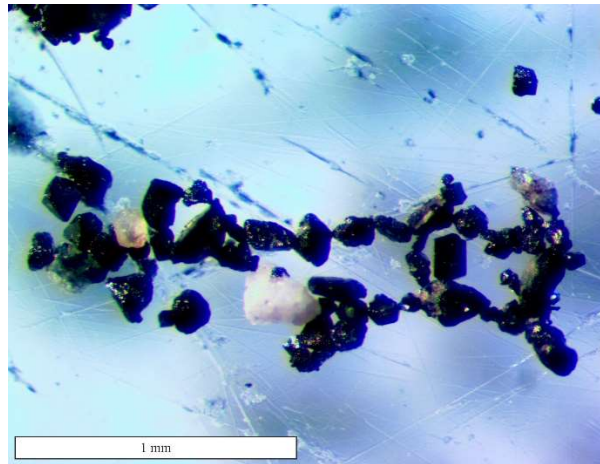
Magnetskom separacijom na četiri uzorka odvojena je magnetska i nemagnetska sitna frakcija. Frakcije su analizirane stereoskopskom lupom, koristeći pritom nekoliko različitih povećanja.

Prije magnetske separacije iz uzoraka H-2 (Slika 6-2) i H-3 (Slika 6-4) ručnim magnetom su izdvojena zrna magnetita kako bi separacija bila uspješnija, te kako se magnetit ne bi nataložio u magnetskom separatoru (Slika 6-2).

Zbog vrlo sitnih dimenzija čestica u uzorku H-1 magnetska separacija nije se pokazala kao učinkovita metoda separacije, s obzirom da su dobivene dvije vrlo slične faze. Na Slici 6-1. lijevo prikazana je magnetna frakcija uzorka. Magnetna frakcija je tamnija nego uzorak nemagnetne frakcije prikazane na Slici 6-1. desno. Pretpostavlja se da u magnetnoj frakciji ima više magnetita, te manji udio kvarca. Osnovu u obje frakcije čini sitnokristalasta masa kvarca i kalcita svijetlosmeđe boje koja osim magnetita obavlja i tinjce (Slika 6-1).

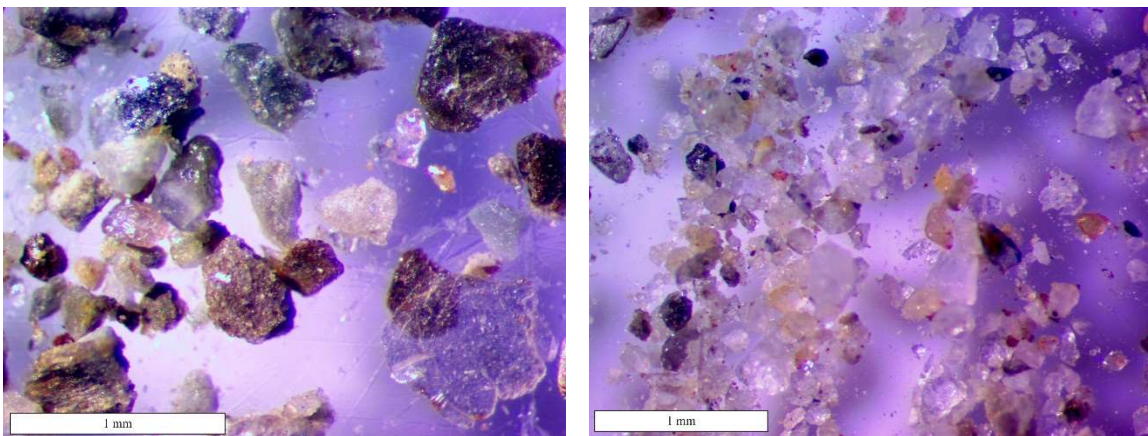


Slika 6-1. Magnetna frakcija (lijevo) i nemagnetna frakcija (desno) uzorka H-1, povećanje 3,2x.

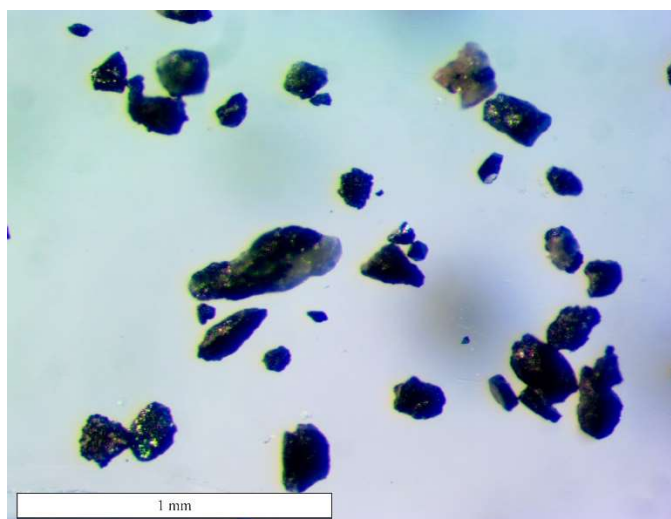


Slika 6-2. Magnetit iz uzorka H-2, povećanje 5x.

Uzorak H-2 je bio krupnije granulacije nego prethodni uzorak te se magnetska separacija pokazala kao uspješna metoda odjeljivanja. Magnetna frakcija dominantno je tamnije boje, te su u njoj uočeni tinjci, pirokseni i amfiboli. S druge strane, nemagnetna frakcija svjetlije je boje, te su u njoj dominantno uočeni kvarc, kalcit i tinjci (Slika 6-3), dok se povremeno javljaju i poneka zrna tamne boje, nalik onima izdvojenim u magnetnoj frakciji.

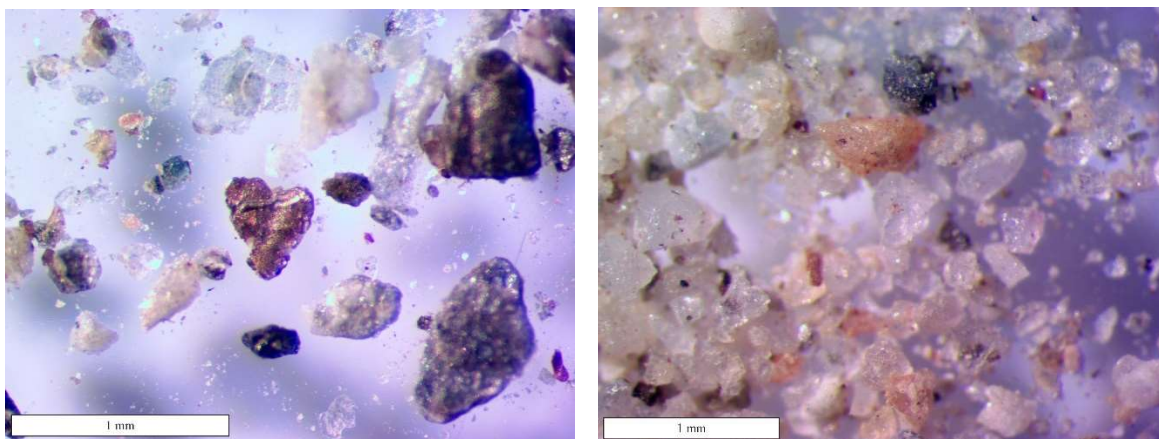


Slika 6-3. Magnetna frakcija (lijevo), povećanje 4x i nemagnetna frakcija (desno), povećanje 3,2x uzorka H-2.



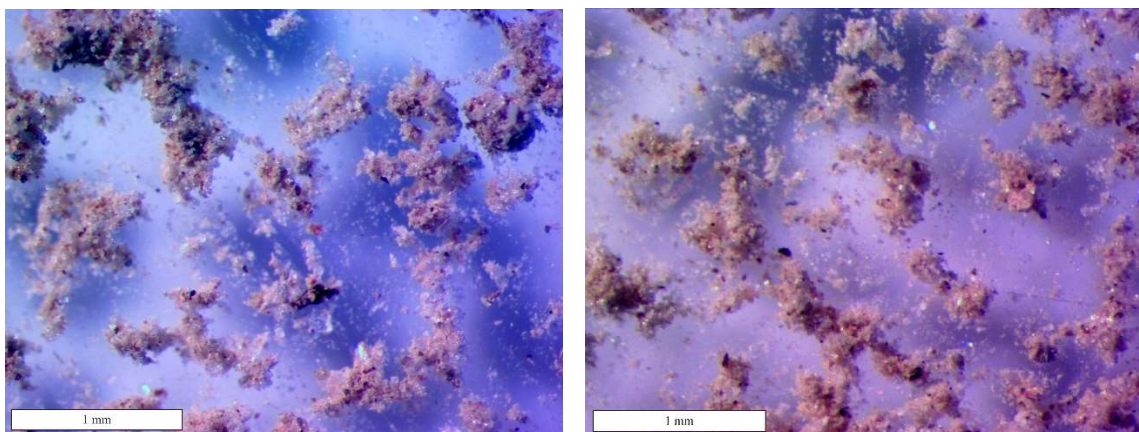
Slika 6-4. Magnetit iz uzorka H-3, povećanje 5x.

Minerali iz skupina tinjaca, piroksena i amfibola, te zaostala zrna magnetita uočeni su u magnetnoj frakciji, dok su u nemagnetnoj frakciji uočeni su kvarc, kalcit i tinjci (Slika 6-5).



Slika 6-5. Magnetna frakcija (lijevo), povećanje 4x i nemagnetna frakcija (desno), povećanje 3,2x uzorka H-3.

Slično kao i kod prvog uzorka (H-1), magnetska separacija uzorka H-4 također nije bila uspješna zbog vrlo sitnih čestica. Sitnokristalasta masa kvarca i kalcita obavija zrna magnetita i tinjaca u magnetnoj frakciji, dok je u nemagnetnoj frakciji gotovo u potpunosti zastupljena samo s te dvije mineralne faze. Ipak, magnetna frakcija je nešto tamnije boje od nemagnetne frakcije jer sadrži veću količinu feromagnetičnih minerala, poput piroksena, amfibola i magnetita (Slika 6-6).



Slika 6-6. Magnetna frakcija (lijevo) i nemagnetna frakcija (desno) uzorka H-4, povećanje 3,2x.

6.2. Mineralni sastav sitne frakcije

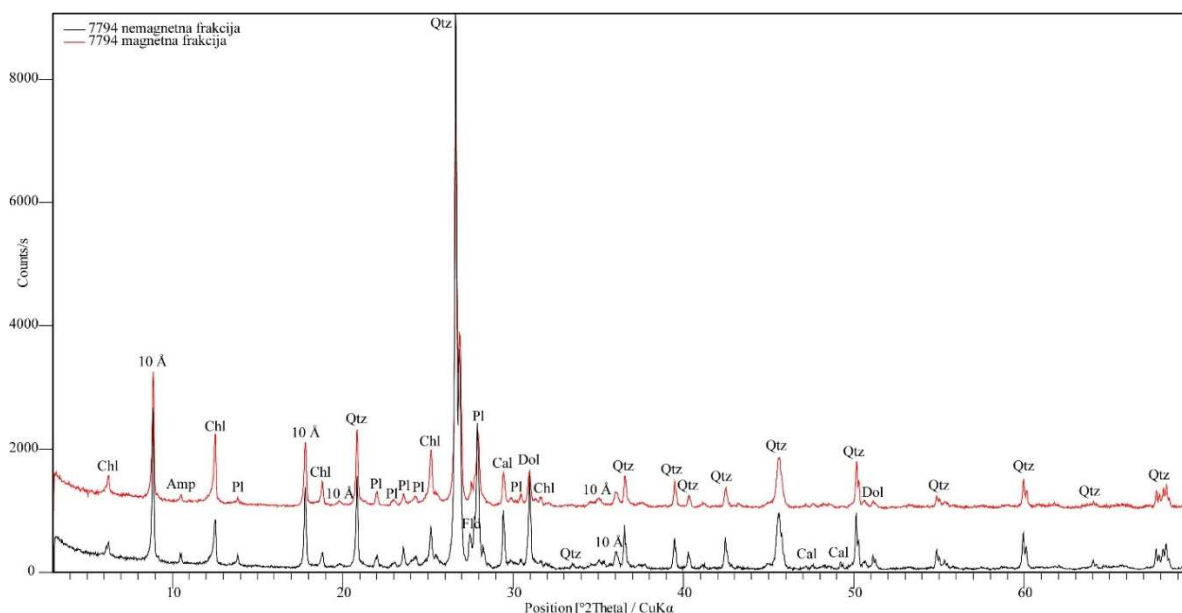
Rezultat mineraloške analize rendgenske difrakcije na prahu je kvalitativni i semikvantitativni prikaz mineralnih faza u uzorcima. Snimljene su difrakcijske slike originalnih uzoraka, te nemagnetne i magnetne frakcije gdje se separacija pokazala uspješnom. Rezultati rendgenske difrakcije na prahu originalnih uzoraka prikazani su u Tablici 6-1, dok su rezultati nemagnetnih i magnetnih frakcija prikazani u Tablici 6-2.

Tablica 6-1. Mineralni sastav originalnih uzoraka sitne frakcije iz šljunaka rijeke Drave. Objašnjenje kratica minerala: Qtz – kvarc; Pl – plagioklas; Fld – feldspat; 10Å – 10Å minerali (tinjčasti materijal); Cal – kalcit; Dol – dolomit; Chl – klorit; Amp – amfibol.

| Lab. broj | Uzorak | Qtz | 10Å | Chl | Fld | Pl | Cal | Amp | Dol |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 7794 | H-1 | ++ | ++ | ++ | + | + | + | ? | + |
| 7795 | H-2 | +++ | + | + | + | + | + | + | - |
| 7796 | H-3 | +++ | + | + | + | + | ? | + | ? |
| 7797 | H-4 | ++ | ++ | + | + | + | + | ? | + |

Korištene oznake pri određivanju mineralnog sastava: + - relativni udio minerala na difrakcijskoj slici; +++ glavna mineralna faza; ++ sporedna mineralna faza; + mineralna faza u tragovima; ? – postoje indicije o prisutnosti minerala, ali se ne može sa sigurnošću utvrditi (zbog malog udjela u uzorku i/ili zbog preklapanja difrakcijskih pikova s difrakcijskim pikovima drugih mineralnih faza).

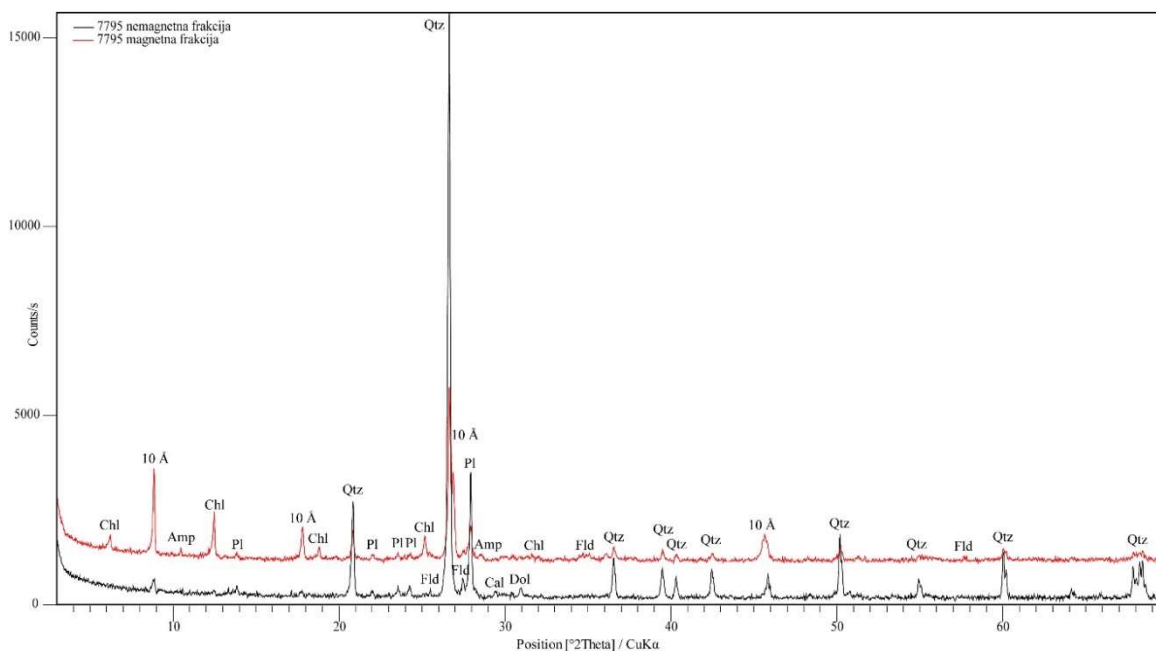
U mineralnom sastavu originalnih uzoraka (Tablica 6-1) prevladavaju kvarc, plagioklasi i feldspati, te karbonatni minerali (kalcit i dolomit). Uz njih, javljaju se minerali iz skupine tinjaca (muskovit i/ili biotit), te klorit i u dva uzorka i amfiboli. U magnetnoj i nemagnetnoj frakciji kod uzoraka koji su uspješno separirani postoje značajne razlike u mineralnom sastavu. S obzirom da se magnetna separacija uzorka H-1 nije pokazala kao dobra metoda zbog relativno sitnih čestica, pretpostavljalo se da će dobiveni mineralni sastav tih dviju frakcija biti isti, ili vrlo sličan korištenjem rendgenske difrakcije na prahu. Na difrakcijskom snimku prikazanom na Slici 6-7, te u Tablici 6-2, to je i potvrđeno. Vidi se da su udjeli glavnih minerala (kvarc, kalcit, dolomit, 10Å minerali (tinjčasti materijal)) gotovo isti u obje frakcije. Od feromagnezijskih minerala, mogu se primjetiti pojave amfibola i klorita.



Slika 6-7. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-1 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija).

Uzorak H-2 krupnijeg je granulometrijskog sastava od uzorka H-1, te je time i magnetska separacija bila puno uspješnija. S obzirom na to, magnetna i nemagnetna frakcija odlikuju se različitim mineralnim sastavom (Slika 6-8). U nemagnetnoj frakciji dominantni minerali su kvarc, te plagioklasi i feldspati, dok se u manjoj mjeri javljaju i 10Å minerali (tinjčasti

materijal) te kalcit. U magnetnoj frakciji primjetno je povišenje udjela 10Å minerala (tinjčasti materijal), te klorita i amfibola.



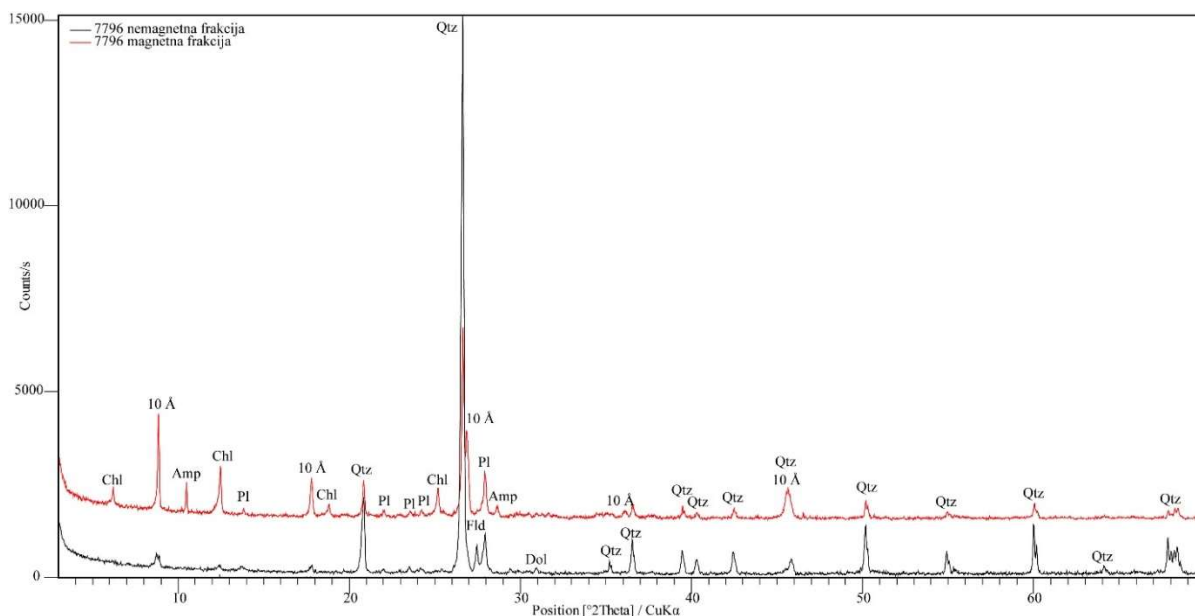
Slika 6-8. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-2 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija).

Tablica 6-2. Mineralni sastav magnetski separiranih uzoraka sitne frakcije iz šljunaka rijeke Drave. Objašnjenje kratica minerala: Qtz – kvarc; Pl – plagioklas; Fld – feldspat; 10Å – 10Å minerali (tinjčasti materijal); Cal – kalcit; Dol – dolomit; Chl – klorit; Amp – amfibol.

| Lab. broj | Uzorak | Qtz | 10Å | Chl | Pl | Fld | Cal | Amp | Dol |
|-----------|--------|-----|---------|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 7794_NM | H-1 NM | +++ | ++ | + | + | + | ++ | + | ++ |
| 7794_M | H-1 M | +++ | ++ | ++ | + | + | + | + | - |
| 7795_NM | H-2 NM | +++ | + | ? | + | + | + | ? | - |
| 7795_M | H-2 M | ++ | +++ | ++ | + | + | - | + | - |
| 7796_NM | H-3 NM | +++ | + | ? | + | + | ? | - | + |
| 7796_M | H-3 M | ++ | +++ | ++ | + | ? | - | + | - |
| 7797_M | H-4 M | ++ | + / +++ | ++ | + | + | + | + | ? |

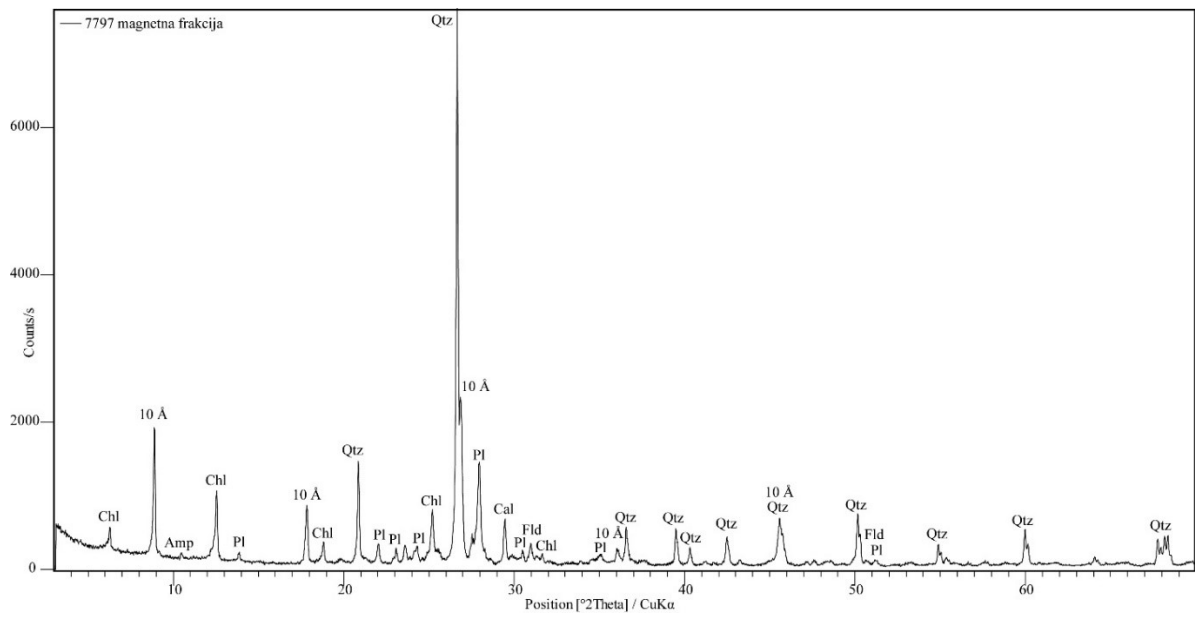
Korištene oznake pri određivanju mineralnog sastava: + - relativni udio minerala na difrakcijskoj slici; +++ glavna mineralna faza; ++ sporedna mineralna faza; + mineralna faza u tragovima; ? – postoje indicije o prisutnosti minerala, ali se ne može sa sigurnošću utvrditi (zbog malog udjela u uzorku i/ili zbog preklapanja difrakcijskih pikova s difrakcijskim pikovima drugih mineralnih faza).

Slične razlike u mineralnom sastavu vidljive su i kod uzorka H-3, koji je po svom izgledu i granulometrijskom sastavu, vrlo sličan uzorku H-2. U nemagnetnoj frakciji prevladavaju kvarc, plagioklasi i feldspati, uz pojave 10Å minerala (tinjčasti materijal) i dolomita. U magnetnoj frakciji ponovno imamo značajno povišenje udjela 10Å minerala (tinjčasti materijal), klorita i amfibola (Slika 6-9).



Slika 6-9. Difrakcijska slika magnetski separiranog uzorka H-3 (crno - nemagnetna frakcija; crveno - magnetna frakcija).

S obzirom na vrlo sitnu granulometrijsku frakciju sadržanu u uzorku H-4, magnetska separacija tog uzorka nije bila moguća odnosno sva zrna padala su u posudicu za magnetsku frakciju. S obzirom na to, napravljena je mineraloška analiza korištenjem XRD analize samo magnetnoj frakciji. Uzorak sadrži slične mineralne faze kao i u prethodna tri uzorka, gdje su kvarc, plagioklasi, feldspati i 10Å minerali (tinjčasti materijal) glavne mineralne faze sadržane unutra, dok se uz njih javljaju klorit, amfibol te kalcit (Slika 6-10).



Slika 6-10. Difrakcija slika magnetne frakcije uzorka H-4.

7. DISKUSIJA

7.1. Istraživanja na prvoj Dravskoj terasi

Bermanec i dr. (2014) temeljito su analizirali geološku genezu zlatnih nanosa i mineraloški sastav dravskog zlata. Područje uzorkovanja nalazi se na prvoj Dravskoj terasi, u Donjoj Dubravi i Donjem Vidovcu, neposredno uz rijeku Dravu (Slika 6-11). Uzorci su uzeti šlihovanjem *in situ*. Na ovaj način ispere se pijesak i na dnu ostaje najteža frakcija – zlato, teški minerali i nešto zrnaca kvarca i gline. Veličina pijeska (okom vidljiva frakcija) na kojem je rađena daljnja analiza iznosi 0,5-2mm. Pomoću elektronskog mikroskopa uočeno je da najveći udio u teškoj frakciji dravskih sedimenata zauzima mineral magnetit. Pojedina zrna su razvijena kao oktaedarski kristali s oštrim bridovima, ali su na nekim zrnima bridovi oštećeni, pa čak i do neprepoznatljivosti morfologije. Bermanec i dr. (2014) zaključuju da se ovaj mineral koncentrirao donosom iz različitih udaljenosti, pa samim time i različitih izvora. Osim granata u teškoj frakciji registriran cirkon i zlato. Granati se mogu prostim okom vidjeti jer sitnijem dijelu nanosa daju crvenkastu boju.

Šoster i dr. (2017) proveli su uzorkovanje šljunka na obali rijeke Drave u okolici Ptuja (Slika 6-11), na prvoj dravskoj terasi. Tri skupna uzorka od kojih je svaki imao 2 kg, oprani su kako bi se uklonile nečistoće, biljni detritus i glinene čestice. Uzorci su podvrgnuti ručnom gravitacijskom odvajanju odnosno šlihovanju, kako bi se dobila relativno čista koncentracija teških minerala. Šlihovanjem su uklonjene frakcije veće od 5mm, stoga su analize rađene na uzorcima od 0,5 do 5mm. Teški minerali dalje su tretirani teškim tekućinama kako bi se razdvojili laki i teški minerali. Prema XRD analizi originalni uzorak jednoliko je sastavljen od kvarca, kalcita, dolomita, klorita, tinjca, plagioklasa i tragovi kaolinita i amfibola. Uzorci sedimenta s početnom masom od 2 kg, dali su 46,2 - 79,7 g teške mineralne frakcije nakon završne obrade s teškim tekućinama. Tešku frakciju čine zrna pijeska veličine između 0,06 i 0,5 mm. Pretežni minerali u teškoj mineralnoj frakciji su granati koji čine 92 mas.%, slijede hematit (6,7 mas.%) i rutil (0,7 mas.%). Osim spomenutih minerala polarizacijskim mikroskopom uočeni su magnetit, zlato i monacit.

Cilj Zdelarovog (2018) istraživanja bio je odrediti sastav pijeska i rekonstruirati porijeklo klastičnog materijala koji izgrađuje kvartarne sedimente Bilogore. Minerali teške frakcije veličine 0,063-0,125mm određeni su brojanjem zrna pomoću polarizacijskog mikroskopa. Uzorci su uzeti s tri lokacije (Slika 6-11). U uzorku uzetom u pjeskolomu Hampovica može se uočiti da dolazi do smanjenja udjela epidota (38%) i porasta udjela granata (23%). Na ovoj lokaciji značajan je i udio amfibola (17%), rutila (11%) i turmalina (6%).

Tablica 7-1. Usporedba rezultata istraživanja na rijeci Dravi s rezultatima dobivenim u okviru ovog završnog rada.

| Autori | Lokacije uzorkovanja | Opis lokacije i/ili načina uzorkovanja | Broj terase | Frakcije na kojoj su rađene analize (mm) | Teška/laka frakcija | Metode kojima su određeni minerali | Originalni uzorci | | Separirani uzorci | | |
|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|--|--------------------------------------|---|--|---------------------------|-------------------|--|--|
| | | | | | | | Glavni minerali | Spooredni minerali | Magnet | Magnetska frakcija | Nemagnetska frakcija |
| Bermanec i dr. (2014) | Donja Dubrava, Donji Vidovec na Dravi | Šlihovani uzorak <i>in situ</i> | Prva | veličina pijeska (okom vidljiva frakcija) cca. 0,5 - 2 | teška frakcija dobivena šlihoivanjem | elektronski mikroskop | magnetit, granat | cirkon, zlato | / | | |
| Šoster i dr. (2018) | okolica Ptuja na Dravi | Šlihovani uzorak <i>in situ</i> , tretiran teškim tekućinama | Prva | cca. 0,5 - <5 | originalni uzorak | XRD, polarizacijski mikroskop | kvarc, dolomit, albit, kalcit, klorit | tinjci, kaolinit, amfibol | / | | |
| | | | | 0,06 - 0,5 | teška frakcija | | granat, hematit, rutil | magnetit, zlato, monacit | | | |
| Ovaj završni rad | šljunčara Hrastovljan na Dravi | Uzorak iz taložnice bagera i ispusta ocjednog sīta sa ispusta plovnog bagera | Između prve i druge | < 0,5 | / | stereoskopska lupa, XRD | kvarc, magnetit, 10Å minerali (tinjčasti materijal), kloriti, K-feldspati, plagioklasi | kalcit, amfibol, dolomit | magnetit | kvarc, plagioklas, feldspat, 10Å minerali (tinjčasti materijal), klorit, amfibol | kvarc, plagioklas, feldspat, 10Å minerali (tinjčasti materijal), kalcit, dolomit |
| Šimunić i dr. (1982) | Profili, okolica Varaždina | Srednjeznati pijesci | Druga | 0,5 - 2 | laka frakcija | / | kvarc, feldspat | karbonatna zrna, muskovit | / | | |
| | | | | | teška frakcija | | granat, epidot, amfibol | klorit | | | |
| Zdelar (2018) | pjeskolom Mučna Reka | Otvoreni kop pijeska i šljunka | / | 0,063 - 0,125 | teška frakcija | Brojanje zrna pomoću polarizacijskog mikroskopa | epidot | rutil, kijanit, korund | / | | |
| | pjeskolom Hampovica | Kontakt šljunka prve dravske terase i lesa | Rub prve terase | | | | epidot, granat | amfibol, rutil, turmalin | | | |
| | pjeskolom Cabuna | Šljunak iz aluvijalnog kompleksa | Druga ili treća | | | | granat, epidot | amfibol, rutil, staurolit | | | |

7.2. Istraživanja na drugoj dravskoj terasi

Prema Šimunić i dr. (1982) mineralni sastav pješćanih sedimenata druge dravske terase je uglavnom ujednačen. Uzorci su uzeti u profilima u okolici Varaždina (Slika 6-11). Pijesci su srednjezrnati (0,5-2mm), dobro sortirani, homogenog granulometrijskog sastava. U lakoj frakciji dolazi oko 40% kvarca, 40% čestica stijena, oko 12% feldspata, karbonatna zrna i muskovit. Sadržaj teške mineralne frakcije je znatan i iznosi 2-3%. Količine opakih zrna klorita su neznatne.

Zdelar (2018) je za svoje istraživanje uzorkovao na tri lokacije. Prvi uzorak uzet je u pjeskolomu Mučna Reka. Dominira mineral epidot (63%), od sporednih minerala ističu se rutil, kijanit i korund. U uzorku uzetom u pjeskolomu Cabuna na trećoj lokaciji, koji se nalazi na drugoj ili trećoj dravskoj terasi znatno dominira udio granata (45%). Osim granata u teškoj frakciji se nalaze epidot (39%), amfibol (7%), staurolit (3%), rutil (3%).

7.3. Usporedba s rezultatima dobivenim u sklopu ovog rada

Lokacije uzorkovanja Bermaneca i dr. (2014), Šostera i dr. (2017) i Zdelara (2018) – Hampovica nalaze se na prvoj dravskoj terasi. Bermanec i dr. (2014) uzorkovali su u Donjoj Dubravi i Donjem Vidovcu koji se nalaze oko 26 km istočno od šljunčare Hrastovljan. U okolici Ptuja, oko 80km sjeverozapadno od šljunčare, Šoster i dr. (2017) proveli su uzorkovanje šljunka. Zdelar (2018) je uzorkovao na tri lokacije od kojih se Hampovica nalazi na rubu prve dravske terase, oko 60km jugoistočno od šljunčare. Preostale dvije lokacije nalaze se na drugoj dravskoj terasi. Također, Šimunić i dr. (1982) proveli su istraživanje na drugoj dravskoj terasi u okolici Varaždina. Točne lokacije uzorkovanja ucrtane su na karti (Slika 3-2).

U rezultatima sva tri istraživanja koja su izvršili Bermanec i dr. (2014), Šoster i dr. (2017) i Zdelar (2018) pronađen je mineral granat. Osim granata Bermanec i dr. (2014) i Šoster i dr. (2017) pronašli su magnetit i zlato. U istraživanju koje je provedeno za ovaj završni rad nema pojave granata niti zlata, ali je u uzorcima H-2 i H-3 uočen mineral magnetit. Uzorci H-1 i H-4 nisu imali prisutne značajne količine minerala magnetita. Izostanak magnetitne faze u ovim uzorcima može se objasniti i dodatnom pripremom i ispiranjem uzorka u samom pogonu šljunčare, čime je ta mineralna faza možda uklonjena. Kao i kod Šostera i dr. (2017) u rezultatima ove analize uočeni su kvarc, klorit, tinjci, kalcit, amfibol i dolomit. Šimunić i dr. (1982) i Zdelar (2018) su na drugoj dravskoj terasi također pronašli granat. Od drugih minerala

ističu se epidot i amfibol, ali zlato nije pronađeno. Minerali njihovih analiza koji se podudaraju s ovom studijom su kvarc, feldspat, karbonatna zrna, muskovit i amfibol.

Za rezultate analiza vrlo je bitna veličina frakcija zrna na kojima je analiza provedena. Dosadašnja istraživanja provedena su na uzorcima čija su zrna bila koji su uglavnom veća od 0,5mm (Tablica 7-1) dok su uzorci za ovaj završni rad manji od 0,5mm. S obzirom da se frakcije istraživanih uzoraka razlikuju u veličini, postoji mogućnost da je to razlog drugačijih rezultata ove studije i prethodnih istraživanja. Kako bi se postigli što sličniji rezultati potrebno je daljnja istraživanja provesti na većim frakcijama.

8. ZAKLJUČAK

Uzorci na kojima je provedena analiza za ovaj završni rad dobiveni su iz šljunčare Hrastovljan koja se nalazi na rijeci Dravi. Analizirana su 4 uzorka od kojih su dva uzorka materijal iz taložnice, a druga dva su materijal iz ispusta ocjednog sita s plovnog bagera.

Analiza je provedena na originalnim uzorcima i na uzorcima separiranim Frantzovim magnetnim separatorom. Minerali su određeni pomoću stereoskopske lupe i XRD metodom. U originalnim uzorcima glavni minerali su kvarc, magnetit, 10Å minerali (tinjčasti materijal), kloriti, K-feldspati i plagioklasi. Sporedni minerali su kalcit, amfibol i dolomit.

Uspoređujući rezultate ove studije sa rezultatima dosadašnjih istraživanja provedenim na prvoj dravskoj terasi u sastavu se podudara mineral magnetit, dok nema pojava granata i zlata. S obzirom da se veličine frakcija istraživanih uzoraka razlikuju u veličini, postoji mogućnost da je to razlog drugačijih rezultata ove studije i dosadašnjih istraživanja. U dosadašnjim istraživanjima veličina uzoraka bila je veća od 0,5 mm, dok je veličina uzoraka u ovom završnom radu manja od 0,5 mm. Kako bi se postigli što sličniji rezultati potrebno je daljnja istraživanja provesti na većim frakcijama.

9. POPIS LITERATURE

BERMANEC, V., PALINKAŠ, L., ŠOUFEK, M., ZEBEC, V., 2014. Zlato u Dravi i Muri – geološka geneza i mineraloška analiza. Podravina, Volumen 13, broj 25, str. 7–18.

BOGNAR, A., 2008. Geomorfološka obilježja korita rijeke drave i njenog poloja u širem području naselja Križnica. Hrvatski geografski glasnik 70/2, str. 49–71.

BRENKO, T., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., RUŽIČIĆ, S., SEKELJ IVANČAN, T., 2020. Evidence for the formation of bog iron ore in soils of the Podravina region, NE Croatia: Geochemical and mineralogical study. *Quaternary International*, 536, str. 13–29.

BRKIĆ, Ž., BRIŠKI, M., 2018. Hydrogeology of the western part of the Drava Basin in Croatia. *Journal of Maps* 14 (2), str. 173–177.

BRKIĆ, Ž., LARVA, O., URUMOVIĆ, K., 2010. The quantitative status of the groundwater in alluvial aquifers in northern Croatia. *Geologia Croatica* 63/3, str. 283–298.

CSONTOS, L., BENKOVICS, L., BERGERAT, F., MANSY, J-L., WÓRUM, G., 2002. Tertiary deformation history from seismic section study and fault analysis in a former European Tethyan margin (the Mecsek–Villány area, SW Hungary). *Tectonophysics*, 297, str. 51–71.

FELETAR, D., FELETAR, P., 2008. Prirodna osnova kao čimbenik naseljenosti gornje hrvatske Podravine. *Podravina*, Volumen VII, br. 13, str. 167-212.

HARZHAUSER, M., PILLER, W.E., 2007. Benchmark data of a changing sea – palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volumen 253, str. 8–31.

HEČIMOVIĆ, I., 1995. Tektonski odnosi šireg područja Kalnika. Disertacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Str. 20.

HEAD J., M., 2019. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International* 500, str. 32–51.

HORVÁTH, F., ROYDEN, L.H., 1981. Mechanism for formation of the intra-Carpathian basins: A review. *Earth Evolution Sciences*, 1/3–4, str. 307–316.

- HORVÁTH, F., 1995. Phases of compression during the evolution of the Pannonian basin and its bearing on hydrocarbon exploration. *Marine and Petroleum Geology*, 12, str. 837–844.
- HORVÁTH, F., CLOETINGH, S., 1996. Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 266, str. 287–300.
- HORVÁTH, F., TARI, G., 1999. IBS Pannonian Basin Project: a review of the main results and their bearings on hydrocarbon exploration. U: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (ur.): *The Mediteranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. Geological Society of London, Special Publications, 156, str. 195–213.
- KOVÁČ, M., HUDÁČKOVÁ, N., HALÁSOVÁ, E., KOVÁČOVÁ, M., HOLCOVÁ, K., OSZCZYPKO-CLOWES, M., BÁLDI, K., LESS, Gy, NASYMAROSY, A., RUMAN, A., KLUČIAR, T., JAMRICH, M., 2017. The Central Paratethys palaeoceanography: a water circulation model based on microfossil proxies, climate, and changes of depositional environment. *Acta Geologica Slovaca* 9, str. 75–114.
- LUČIĆ, D., SAFTIĆ, B., KRIZMANIĆ, K., PRELOGOVIĆ, E., BRITVIĆ, V., MESIĆ, I., TADEJ, J., 2001. The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. *Marine and Petroleum Geology*, 18, str. 133–147.
- MARKOVIĆ, S., MIOČ, P., 1988. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Nađikaniža L 33–58. Geološki zavod, Zagreb i Geološki zavod, Ljubljana 1987. Savezni geološki zavod, Beograd 1988.
- MIOČ, P., MARKOVIĆ, S., 1997. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske i Republike Slovenije 1: 100.000. List Čakovec L 33–57. Institut za geološka istraživanja, Zagreb 1979-1985.
- MUTIĆ, R., 1975. Pijesak rijeke Drava u naslagama bušotine B-12 nedaleko Podravske Slatine. *Geološki vjesnik*, 28, str. 243–268.
- PAVELIĆ, D., 2001. Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. *Basin Research*, 13, str. 359–376.
- 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, str. 455–469.

PETRIĆ, H., 2007. O poplavama rijeke Drave u Varaždinskoj i Koprivničkoj Podravini od 17. do 19. stoljeća. Podravina, Volumen VI, broj 12, str. 136-147.

PILLER, W., HARZHAUSER, M., MANDIĆ, O., 2007. Miocene Central Paratethys stratigraphy –current status and future directions. Stratigraphy 4, str. 151–168.

POPOV, S.V., RÖGL, F., ROZANOV, A.Y., STEININGER, F.F., SHCHERBA, I.G., KOVÁČ, M., 2004. Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys. 10 Maps, Late Eocene to Pliocene. Cour. Forsch.-Inst. Senckenb 250, 1–46.

PRELOGOVIĆ, E., SAFTIĆ, B., KUK, V., VELIĆ, J., DRAGAŠ, M., LUČIĆ, D., 1998. Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin. Tectonophysics, 297, str. 283–293.

RÖGL, F., STEININGER, F.-F., 1983. Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die Neogene Palaeogeographie und Palinspastik des zirkum-mediterranen Raumes. Ann. Naturhist. Mus Wien 85, str. 135–163.

SAFTIĆ, B., VELLIĆ, J., SZTANÓ, O., JUHÁSZ, G., IVANKOVIĆ, Ž., 2003. Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary). Geologia Croatica, 56/1, str. 101–122.

SLOVENEK, D., 2014. Opća mineralogija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

ŠIMUNIĆ, A., PIKIJA, M., HEČIMOVIĆ, I., 1982. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Varaždin 33–69. Geološki zavod – OOUR za geologiju i paleontologiju Zagreb 1971-1978. Savezni geološki zavod, Beograd 1982.

ŠIMUNIĆ, A., PIKIJA, M., HEČIMOVIĆ, I., ŠIMUNIĆ, AL., 1982. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Varaždin 33–69. Geološki zavod – OOUR za geologiju i paleontologiju Zagreb 1971-1978. Savezni geološki zavod, Beograd 1982.

ŠINKOVEC, B., 1988. Rudna ležišta (rudišta). U: Požar, H. (ur.), Tehnička enciklopedija. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod „Miroslav Krleža“, str. 696-705.

ŠOSTER, A., RAVNJAK, M., ZAVAŠNIK, J., HERLEC, U., 2017. REE-bearing minerals in Drava river sediments, Slovenia, and their potential origin. Geologija, 60/2, str. 257–266.

TADIĆ, L., BRLEKOVIĆ, T., 2018. Hydrological Characteristics of the Drava River in Croatia. U: *The Drava River, Environmental Problems and Solutions*. Pečuh: Springer Geography, str. 79–90.

TARI, G., 1994. Alpine tectonics of the Pannonian Basin. Neobjavljeno. Doktorat. Houston: Rice University, str. 501.

TARI, V. i PAMIĆ, J., 1998. Geodynamic evolution of the northern Dinarides and the southern part of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 297, str. 269–281.

TARI, G., DÖVÉNYI, P., DUNKL, I., HORVÁTH, F., LENKEY, L., STEFANESCU, M., SZAFIÁN, P. & TÓTH, T., 1999. Lithospheric structure of the Pannonian basin derived from seismic, gravity and geothermal data. U: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (ur.): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. Geological Society of London, Special Publications, 156, str. 215–250.

TUMARA, D., 2016. Geokemijske i mineraloške značajke tla u priljevnom području crpilišta Velika Gorica. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., 1971. O kvartarnom vodonosnom kompleksu na području Varaždina. *Geološki vjesnik* 24, str. 183–191.

VALENT, I., ZVIJERAC, I., SEKELJ IVANČAN, T., 2017. Topografija arheoloških lokaliteta s talioničkom djelatnošću na prostoru Podravine. *Podravina*, Volumen 16, broj 32, str. 5–25.

VELIĆ, J., WEISSER, M., SAFTIĆ, B., VRBANAC, B., IVKOVIĆ, Ž., 2002. Petroleum-geological characteristics and exploration level of the three Neogene depositional megacycles in the Croatian part of the Pannonian basin. *Nafta*, 53/6–7, str. 239–249.

ZDELAR, D., 2018. Sastav i porijeklo kvartarnih sedimenata Bilogore. Diplomski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Web izvori:

BUCKOVIĆ, D., 2006. *Historijska geologija 2: mezozoik i kenozoik*: e-book [online]. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet.

http://gfz.hr/~buckovic/Historijska_geologija_2.pdf (14.9.2020.)



KLASA: 602-04/20-01/108
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 10.09.2020.

Katarina Mišić, studentica

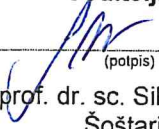
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/108, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 28.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

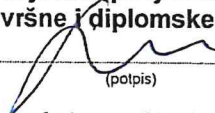
MINERALOŠKA ANALIZA SITNE FRAKCIJE U ŠLJUNCIMA IZ RIJEKE DRAVE

Za voditeljicu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Sibila Borojević Šoštarić, izvanredna profesorica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.


Voditeljica


(potpis)
Izv. prof. dr. sc. Sibila Borojević
Šoštarić
(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**


(potpis)
Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić
(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**


(potpis)
Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek
(titula, ime i prezime)