

Petrografske i mineraloške karakteristike gornjotrijaskih naslaga Gorskog kotara i Like

Pavić, Ivor

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:169:150247>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-06**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geologije

Petrografske i mineraloške karakteristike gornjotrijaskih naslaga Gorskog kotara i Like

Diplomski rad

Ivor Pavić

G-288

Zagreb, 2018.

Zahvala

Zahvaljujem se svome mentoru doc. dr. sc. Urošu Barudžiji na utrošenom vremenu i trudu. Svojim savjetima i pristupom ste mi uvelike olakšali pisanje ovog rada. Hvala na ukazanom povjerenju.

Zahvaljujem se i svome komentoru dr. sc. Duji Smirčiću koji je uvijek našao vremena za razgovor i također puno pomogao u izradi rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Dunji Aljinović na korisnim savjetima, pokazanoj dobroj volji i prenesenom znanju.

Zahvaljujem vam na poučnim i jedinstvenim konzultacijama!

Zahvaljujem se timu iz labosa kem. teh. Branki Prši i kem. teh. Vinku Baranašiću na nezamjenjivoj pomoći sa laboratorijskim istraživanjima bez čega rada ne bi ni bilo.

Posebno hvala stručnom suradniku dipl. ing. geol. Nevenu Tadeju na izdvojenom vremenu za obradu XRD podataka.

Hvala i tehničaru Mariu Valentu za brzu i kvalitetnu izradu mikroskopskih preparata.

Na kraju posebno i najveće hvala mojim roditeljima na razumijevanju i podršci tijekom cijelog školovanja!

Petrografske i mineraloške karakteristike gornjotrijaskih naslaga Gorskog kotara i Like

Ivor Pavić

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U radu su opisane petrografske i mineraloške karakteristike gornjotrijaskih naslaga Gorskog kotara i Like. Terensko istraživanje provedeno je na četiri lokaliteta: Lokve, Vratnik, Klementa i Bruvno. Na svim lokalitetima uzorkovane su stijene gornjega trijasa, a u kontinuiranom slijedu naslaga na lokalitetu Lokve snimljen je geološki stup. Mikropetrografski su analizirani izbrusci stijena, a mineralni sastav uzoraka analiziran je u preparatima teške mineralne frakcije te metodama kalcimetrije i rendgenske difrakcije u prahu. Na lokalitetu Lokve su izdvojena tri litotipa dolomita, koji se nalaze u izmjeni sa sitnozrnastim i srednjezrnastim klastitima crvene i zelene boje. Na ostalim lokalitetima determinirani su crveni klastiti (ruditi, areniti i peliti), koji sadrže i znatan udio kalcita. Slijed naslaga na lokalitetu Lokve taložen je u mješovitom karbonatno-klastičnom plitkomorskom okolišu i predstavlja mlađi dio gornjotrijaskih naslaga, na prijelazu prema naslagama „Hauptdolomita (Glavnog dolomita)“. Slijedovi naslaga na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno taloženi su u dominantno klastičnom marinskom okolišu i predstavljaju stariji dio gornjotrijaskih naslaga. Analize teške mineralne frakcije ukazuju na djelomično podrijetlo izvorišnjeg materijala iz vulkanskih stijena za klastite na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno.

Ključne riječi: gornji trijas, klastiti, dolomiti, petrografija, mineralogija, Gorski kotar, Lika

Diplomski rad sadrži: 58 stranica, 4 tablice, 60 slika, 2 priloga i 22 reference

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Mentor: Doc. dr. sc. Uroš Barudžija
Komentor/neposredni voditelj: dr. sc. Duje Smirčić, viši asistent
Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Uroš Barudžija
Prof. dr. sc. Dunja Aljinović
Doc dr. sc. Ana Maričić

Datum obrane: 28.09.2018.

Petrological and mineralogical characteristics of Upper Triassic deposits from Gorski Kotar and Lika

Ivor Pavić

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

This work deals with the petrographical and mineralogical characteristics of the Upper Triassic deposits from Gorski Kotar and Lika regions in Croatia. Field work has been conducted at four localities: Lokve, Vratnik, Klementa and Bruvno. Sampling of the rocks has been done for all determined lithotypes, at all localities. Geological column in almost continuous succession of mixed carbonate-clastic deposits is recorded at Lokve locality as well. Lithotypes are determined by micropetrographic analysis in thin-sections. Mineral composition of the selected samples is determined by calcimetry, XRD and by analysis of heavy minerals fractions under the microscope. Total of three different dolomite lithotypes, interlayered with arenitic-to-pelitic, red and green clastics, are determined at Lokve section. Red clastics, ruditic-to-pelitic clastics, containing significant portion of calcite, are determined at other three investigated localities. Sedimentary succession at Lokve section is interpreted as deposited in a mixed carbonate-clastic marine environments, presenting the younger part of the Upper Triassic deposits, and makes the transition toward the „Hauptdolomit (Main dolomite)“. Sedimentary successions at Vratnik, Klementa and Bruvno were interpreted as deposited in a predominately clastic marine environments, presenting the older part of the Upper Triassic deposits. Heavy minerals in the analysed clastic rocks from Vratnik, Klementa and Bruvno indicate their origin partly from the volcanic rocks.

Keywords: Upper Triassic, clastics, dolomites, petrography, mineralogy, Gorski Kotar, Lika

Thesis contains: 58 pages, 4 tables, 60 figures, 2 enclosures and 22 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Uroš Barudžija, Assistant Professor

Co-supervisor: Phd Duje Smirčić, Senior Assistant

Reviewers: PhD Uroš Barudžija, Assistant Professor

PhD Dunja Aljinović, Professor

PhD Ana Maričić, Assistant Professor

Date of defense: 28.09.2018.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 2 |
| 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA | 9 |
| 3.1 Terenski rad | 9 |
| 3.2 Mikropetrografska analiza | 12 |
| 3.3 Laboratorijske metode | 13 |
| 3.3.1 Usitnjavanje uzorka | 13 |
| 3.3.2 Kalcimetrija | 13 |
| 3.3.3 Rendgenska difrakcija u prahu (XRD) | 14 |
| 3.3.4 Separacija teške mineralne frakcije | 15 |
| 3.4 Mikropetrografska analiza teške frakcije..... | 16 |
| 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 17 |
| 4.1 Terenski rad | 17 |
| 4.2 Mikropetrografske karakteristike stijena | 30 |
| 4.2.1 Lokalitet Lokve | 31 |
| 4.2.2 Lokalitet Vratnik | 39 |
| 4.2.3 Lokalitet Klementa | 41 |
| 4.2.4 Lokalitet Bruvno..... | 43 |
| 4.3 Mikroskopska analiza teške mineralne frakcije..... | 45 |
| 4.4 Kalcimetrija | 48 |
| 4.5 Rendgenska difrakcija na prahu..... | 50 |
| 5. RASPRAVA REZULTATA | 52 |
| 6. ZAKLJUČAK | 56 |
| 7. LITERATURA..... | 57 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 2.1. Isječak OGK lista Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1983)..... | 3 |
| Slika 2.2. Isječak OGK lista Rab (MAMUŽIĆ, 1966)..... | 4 |
| Slika 2.3. Isječak OGK lista Gospić (SOKAČ, 1976)..... | 5 |
| Slika 2.4. Isječak OGK lista Udbina (ŠUŠNJAR, 1965)..... | 6 |
| Slika 3.1. Lokacija Lokvi. | 9 |
| Slika 3.2. Lokacija Vratnik..... | 9 |
| Slika 3.3. Lokacija Velika Plana. | 10 |
| Slika 3.4. Lokacija Bruvno. | 10 |
| Slika 3.5. Aparatura korištena za određivanje udjela CaCO ₃ po metodi kalcimetrije..... | 14 |
| Slika 3.6. Separacija teške mineralne frakcije pomoću bromoforma. | 16 |
| Slika 4.1. Karta istraživanog područja na lokalitetu Lokve. | 17 |
| Slika 4.2. Slika slojeva 1 i 2 u slijedu naslaga Lokve A..... | 18 |
| Slika 4.3. Slika slojeva 3,4,5,6 i 7 u slijedu naslaga Lokve A..... | 19 |
| Slika 4.4. Slika slojeva 4,5,6,7 i 8 u slijedu naslaga Lokve A..... | 20 |
| Slika 4.5. Slika snimljenih stupova A i B s označenim slojevima za pojedini stup. | 21 |
| Slika 4.6. Sloj 2 stupa C. Izmjena pješčenjaka i pelita..... | 22 |
| Slika 4.7. Sloj 3,4 i 5 stupa C. | 23 |
| Slika 4.8. Pješčenjaci Vratnik 1 i Vratnik 2 s klastima vapnenca. | 24 |
| Slika 4.9. Pješčenjak Vratnik 3..... | 25 |
| Slika 4.10. Sitni pješčenjak do silit | 26 |
| Slika 4.11. Lokalitet Klementa..... | 26 |
| Slika 4.12. Oligomiktni konglomerati (uzorak Klementa 1)..... | 27 |
| Slika 4.13. Fragmenti zelenog pelita unutar crvenog pješčenjaka (uzorci Klementa 2b i 2c)..... | 28 |
| Slika 4.14. Crveni pješčenjaci (uzorak Klementa 2a)..... | 28 |
| Slika 4.15. Izdanak uz cestu na lokalitetu Bruvno. | 29 |
| Slika 4.16. Skenirane pločice analiziranih uzoraka stijena. | 30 |
| Slika 4.17. Mikrofotografije uzorka Lokve A–2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit. | 32 |
| Slika 4.18. Mikrofotografije uzorka Lokve A–15, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit. | 32 |

| | |
|---|----|
| Slika 4.19. Mikrofotografije uzorka Lokve C–10, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit. | 33 |
| Slika 4.20. Mikrofotografije uzorka Lokve A–3a, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekristalizirani dolomit. | 33 |
| Slika 4.21. Mikrofotografije uzorka Lokve B–5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekristalizirani dolomit. | 34 |
| Slika 4.22. Mikrofotografije uzorka Lokve A–5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit. | 34 |
| Slika 4.23. Mikrofotografije uzorka Lokve A–6b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit. | 35 |
| Slika 4.24. Mikrofotografije uzorka Lokve A–11, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit. | 35 |
| Slika 4.25. Mikrofotografije uzorka Lokve B–2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit. | 35 |
| Slika 4.26. Mikrofotografije uzorka Lokve B–3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit. | 36 |
| Slika 4.27. Mikrofotografije uzorka Lokve B–10, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit. | 36 |
| Slika 4.28. Mikrofotografije uzorka Lokve C–5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit. | 36 |
| Slika 4.29. Mikrofotografije uzorka Lokve C–7, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit. | 37 |
| Slika 4.30. Mikrofotografije uzorka Lokve C–17, s analizatorom (a) i bez analizatora (b).Dolobiosparit. | 37 |
| Slika 4.31. Mikrofotografije uzorka Lokve C–19, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiosparit. | 37 |
| Slika 4.32. Mikrofotografije uzorka Lokve C–1, s uanalizatorom (a) i bez analizatora (b). Arenit. | 38 |
| Slika 4.33. Mikrofotografije uzorka Lokve C–2b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Grauvaka..... | 38 |
| Slika 4.34. Mikrofotografije uzorka Lokve C–3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Pelitna stijena - muljnjak. | 39 |
| Slika 4.35. Mikrofotografije uzorka Lokve C–4, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Grauvaka..... | 39 |
| Slika 4.36. Mikrofotografije uzorka Vratnik 3/1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekristalizirani vapnenac. | 40 |

| | |
|--|----|
| Slika 4.37. Mikrofotografije uzorka Vratnik 3/2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 40 |
| Slika 4.38. Mikrofotografije uzorka Vratnik 4, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 41 |
| Slika 4.39. Mikrofotografije uzorka Klementa 1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Brečo–konglomerat. | 42 |
| Slika 4.40. Mikrofotografije uzorka Klementa 2b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Muljnjak. | 42 |
| Slika 4.41. Mikrofotografije uzorka Klementa 2c, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Muljnjak. | 42 |
| Slika 4.42. Mikrofotografije uzorka Klementa 3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litoarenit. | 43 |
| Slika 4.43. Mikrofotografije uzorka Bruvno 1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 43 |
| Slika 4.44. Mikrofotografije uzorka Bruvno 2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 44 |
| Slika 4.45. Mikrofotografije uzorka Bruvno 3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 44 |
| Slika 4.46. Mikrofotografije uzorka Bruvno 3a, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka. | 44 |
| Slika 4.47. Mikrofotografija uzorka Lokve C–4. | 45 |
| Slika 4.48. Mikrofotografija uzorka Vratnik 3. | 46 |
| Slika 4.49. Mikrofotografija uzorka Klementa 3. | 46 |
| Slika 4.50. Mikrofotografija uzorka Bruvno 2. | 47 |

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Slijed naslaga na lokalitetu Lokve – Stupovi A i B

Prilog 2. Slijed naslaga na lokalitetu Lokve – Stup C

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 4.1. Prikaz uzoraka i njihovih klasifikacija | 31 |
| Tablica 4.2. Prikaz rezultata kalcimetrije | 48 |
| Tablica 4.3. Prikaz rezultata analize rendgenske difrakcije. | 50 |
| Tablica 4.4. Prikaz rezultata analize rendgenske difrakcije neotopljenog ostatka. | 50 |

1. UVOD

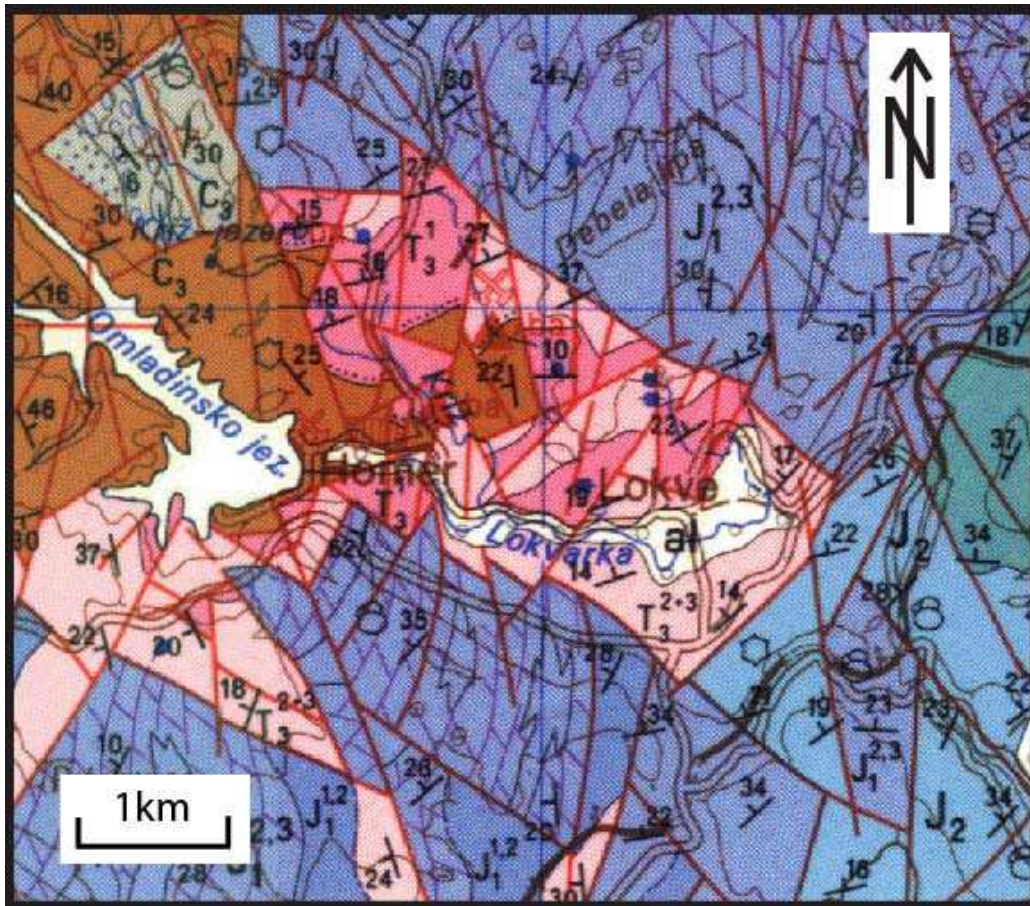
Predmet istraživanja diplomskoga rada su sedimentne stijene gornjega trijasa. U radu su opisane mineraloške i petrografske karakteristike stijena gornjega trijasa Gorskog kotara i Like. U Gorskom kotaru, u mjestu Lokve, snimljeni su sedimentološki stupovi, dok su u Lici na tri lokaliteta (Vratnik, Klementa i Bruvno) uzeti pojedinačni uzorci te su promotrene karakteristike sedimenata na osnovi tipičnih varijeteta.

Cilj rada je opisati i determinirati stijene na terenu te ih potom mikropetrografskim i laboratorijskim metodama klasificirati i opisati. Također je cilj bio zaključiti u kakvim su uvjetima sedimenti nastajali te opisati okoliš u kojem su stijene taložene. Dobiveni rezultati su uspoređeni i s prijašnjim istraživanjima provedenim u Gorskom kotaru i Lici.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

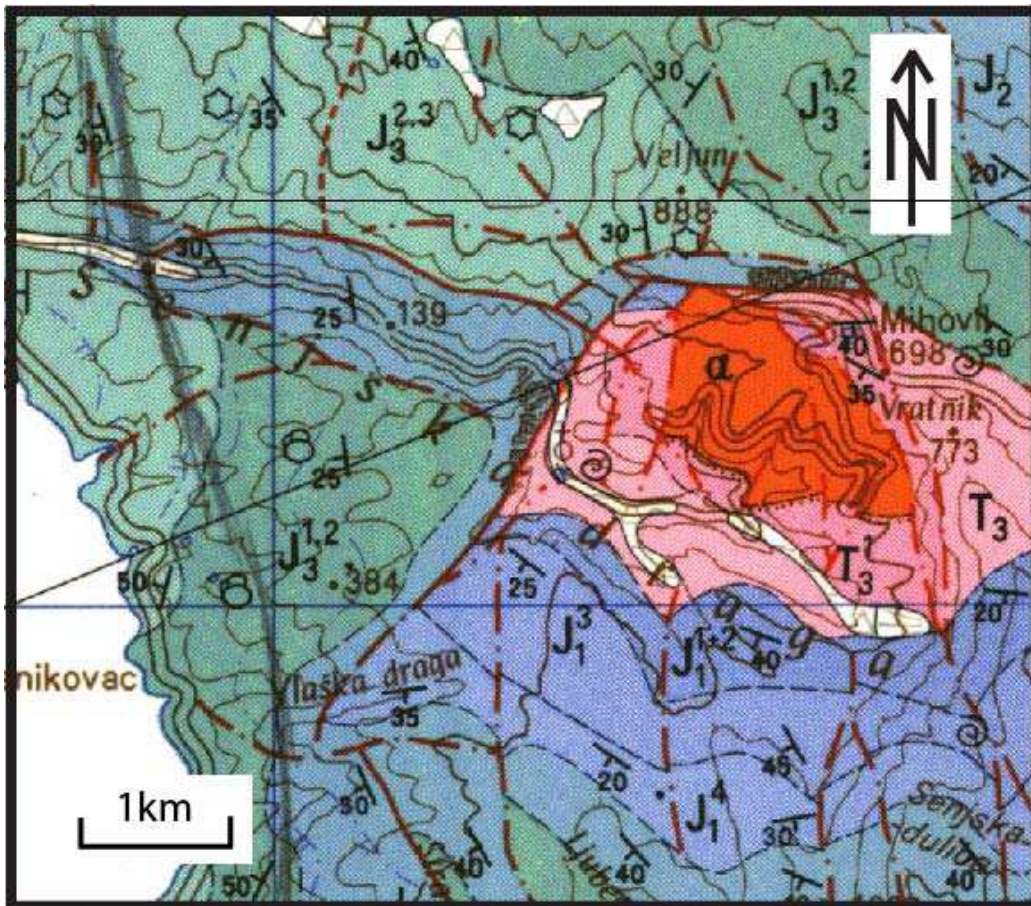
Istraživano područje Gorskog kotara i Like ovog diplomskog rada obuhvaća lokalitete koji se nalaze unutar područja četiri tumača Osnovne geološke karte 1:100 000. U nastavku su opisani i citirani dijelovi tumača koji opisuju gornjotrijaske stijene vezane za istraživanje ovog rada.

U Tumaču za list Delnice, Osnovne geološke karte 1:100 000 (SAVIĆ i DOZET, 1983), autori su klasificirali dva člana (T_3^1 , T_3^{2+3}). ***Glineno–laporovite, pješčanotinjčaste i dolomitno–laporovito–pješčane naslage*** kao donji litološki član. Po njima član počinje baritom debljine od jedan i pol metar a koji leži na limonitnoj kori, nakon kojeg slijedi izmjena dolomita i barita. *Dolomit je guste do sitnozrne strukture, sive i sivobijele boje.* Nakon toga slijede sitnozrnati klastiti s česticama tinjaca. *Boja im varira od sivozelene preko sivosmeđe do žutosmeđe i crvene. Slojne površine su jasne, a litološke granice su oštre. Slijede naizmjenično pelitno–dolomitno–pelitno–silitno–arkozne i dolomitno–arkozne naslage sa tinjcima.* Sastav im je dominantno: kvarc, feldspat i tinjci. U okolici Lokva navode da se ispod vršnog član gornjotrijaskih naslaga, **dolomita**, nalaze lapori bez tinjaca. *Ti dolomitni peliti su gusti u nijansama crvene, smeđe i sivozelene boje. Lističavo i pločasto su uslojeni, s tankim proslojcima dolomita i pješčenjaka.* Debljinu cijelog opisanog klastičnog dijela naslaga procjenjuju na 150 metara. Naglašavaju da autori ŠČAVNIČAR i ŠUŠNJARA (1967), za razliku od njih, tinjčaste pješčenjake svrstavaju u naslage donjeg trijasa a one bez tinjaca u naslage gornjeg trijasa. Ukupna debljina dolomita je oko 300 metara a napominju da im je slojevitost jasna. *Uglavnom su dolomikritnog do dolosparitnog, rjeđe dolosparitnog i doloruditnog tipa (slika 2.1).*



Slika 2.1. Isječak OGK lista Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1983).

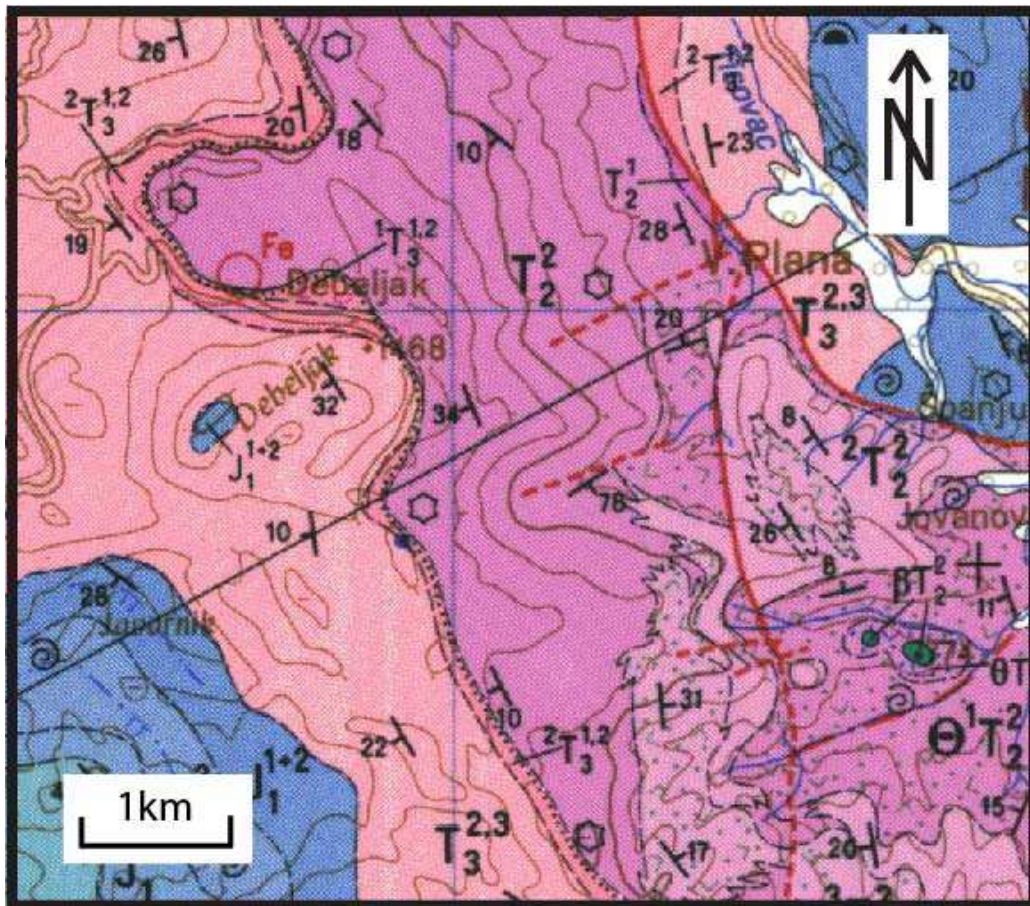
U Tumaču za list Rab, Osnovne geološke karte 1:100 000 (MAMUŽIĆ i MILAN, 1966), autori opisuju gornjotrijaske stijene kao *karničke klastite* koje okružuju eruptivi i srednetrijaske vapnenci (T_2 , T_3^1 , T_3). Slijed naslaga započinje konglomeratima u kojima su prisutne valutice vapnenca srednjeg trijasa, eruptivi i crveni pješčenjaci. Vezivo je tufitično ili karbonatno. Pješčenjaci, koji dolaze u izmjeni s konglomeratima, sadrže kvarc, nešto feldspata i ulomke eruptiva. Cement je karbonatan i obojen limonitnim pigmentom. Nakon klastita dolazi gornjotrijaske dolomit kao zadnji član. U krovinskom dijelu klastita postoji izmjena s dolomitima, ali debljina ovog prijelaznog horizonta je samo desetak centimetara (slika 2.2).



Slika 2.2. Isječak OGK lista Rab (MAMUŽIĆ, 1966).

U Tumaču za list Gospić, Osnovne geološke karte 1:100 000 (SOKAČ i dr, 1976), autori navode kako su *sedimenti gornjeg trijasa otkriveni na velebitskom dijelu u više odvojenih područja*. Navedene su tri kartirane jedinice a s podlogom su u transgresivnom odnosu (${}^1T_3^{1,2}$, ${}^2T_3^{1,2}$, T_3^{2+3}). **Brečokonglomerati** su jedinica kojom počinje sedimentacija gornjeg trijasa. SOKAČ i dr., (1976) navode kako su male debljine tj. od 1 do 3 metra. Tvrde da su valutice većinom od srednjetrijskih vapnenaca koje ponekad sadrže *anizičke ili ladiničke vapnenčke alge* dok je cement u donjem dijelu *glinovito–vapnenackog sastava te pigmentiran hematitom, dok prema višim dijelovima prevladava kristalinični kalcitni cement, bez glinovitih i željezovitih primjesa*. Nakon toga u sekvenci sve manje ima valutica a stijena prelazi u pelite. Kao sljedeću jedinicu navode **tufove i tufitične klastite** koje opisuju kao *piroklastične i klastične sedimente, najčešće mrkocrvene boje, promjenljive debljine, nekontinuirane duž transgresivne granice. Oblika su izduženih leća ili, tek rijetko, imaju izgled zone*. Starost ove jedinice autori određuju superpozicijskim položajem kontinuiranim i ostrim prijelazom u dolomitne naslage. Kao *značajan fosilni materijal* navode školjku *Myophoria kefersteini*. Kao najzastupljeniji član gornjotrijaskih

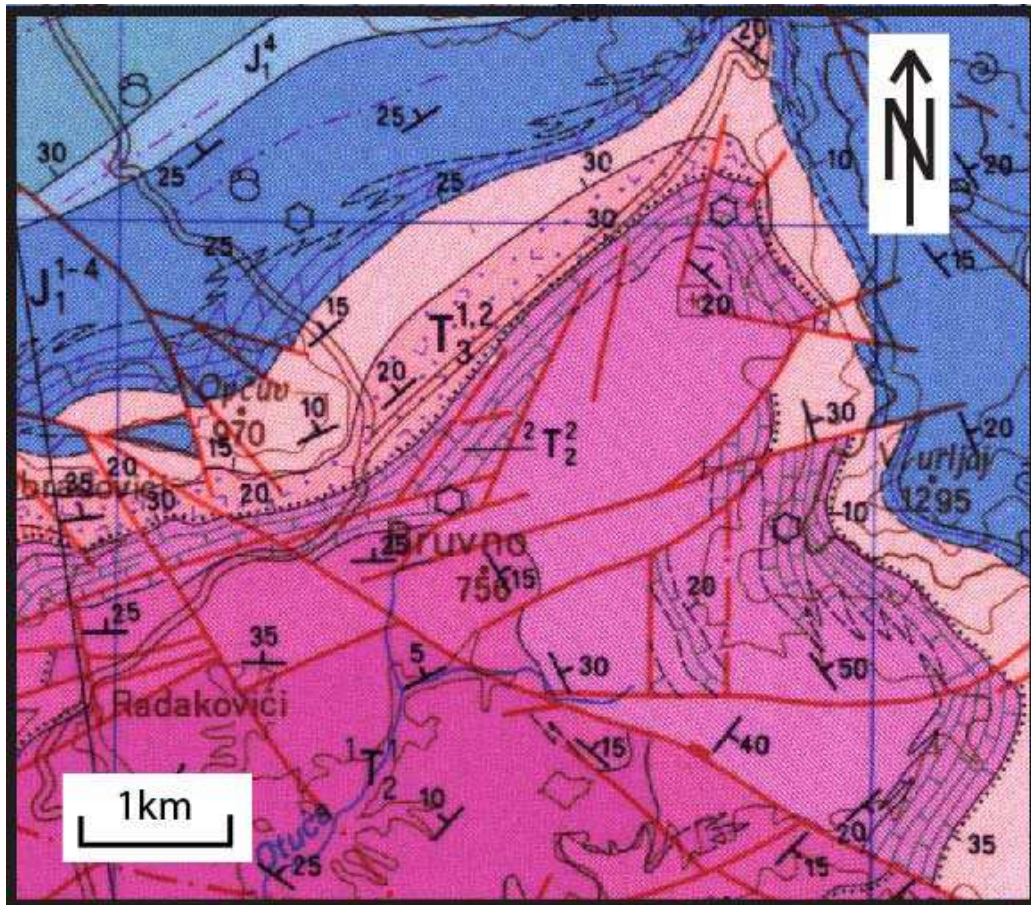
naslaga naveden je *finozrnasti crveni vapnovito–glinoviti sediment*. U sastav im ulaze: *kvarc, ilit, plagioklasi, hematit, a rjeđe kaolinit i klorit*. Postotak CaCO_3 varira od 17 do 49%, ali najčešće ne prelazi 25%. Isti autori naglašavaju da se u nižim dijelovima ovaj sediment često izmjenjuje s tufovima i tufitičnim pješčenjacima dok u višim dijelovima imaju sve manje priklastičnog materijala a raste postotak CaCO_3 u sastavu. Na kraju se zamjenjuju s zadnjim članom, *dolomitima*. Za njih autori navode da su debljine 220–250 metara te su dobro uslojeni. Izdvajaju 3 tipa dolomita. *Dolomiti s organogenom valovito–trakastom teksturom*, zatim *dolomitizirani biokalkareniti ili pseudoolitični–oolitični kalkareniti* te kao treći tip navode *kristalinični dolomit koji se ističe postotkom $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ komponente iznad 95%* (slika 2.3).



Slika 2.3. Isječak OGK lista Gospić (SOKAČ, 1976).

U Tumaču za list Udbina, Osnovne geološke karte 1:100 000 (SOKAČ i dr, 1965), autori su utvrdili da sedimenti gornjeg trijasa naliježu transgresivno u odnosu na podlogu. Navode da su boksiti i klastiti nestalni članovi, dok je ostali dio većinom karbonatnog podrijetla. *Konglomerati i tufovi i tufitični klastiti* su gotovo identično opisani poput onih u tumaču za list Gospić, Osnovne geološke karte 1:100 000 (SOKAČ i dr, 1976) te kao i u

tom tumaču naglašavaju da se sastav klastita na pojedinim lokalitetima mijenja u odnosu na količinu prisutnog piroklastičnog materijala. Naglašavaju da na području Bruvna dominiraju šejlovi i lapori, a kao ulošci u njima su razvijeni karbonatni sedimenti. Također navode da ovdje nisu naišli na tufove. Na istom tom području nailaze i na leće crnih **vapnenaca**. **Dolomit** je opisan i podijeljen u tri tipa identično kao u tumaču za Gospić (slika 2.4).



Slika 2.4. Isječak OGK lista Udbina (ŠUŠNJAR, 1965).

U radu „Geološka i petrografska istraživanja trijaskih naslaga u Gorskom kotaru (Područje Lokve–Gerovo)“ ŠČAVNIČAR i ŠUŠNJARA, (1967), opisuju *klastične naslage gornjeg trijasa*. Navode kako su slične donjotrijaskim naslagama, ali se jasno razlikuju po uvjetima nastanka i petrografskim karakteristikama. Tako kažu da su *razvijeni u specifičnom facijesu crvenih, crvenoljubičastih i zelenkastosivih klastičnih sedimenata, koji su u gornjim dijelovima postepeno zamijenjeni dolomitima*. Nadalje, slijed karničkih naslaga opisuju *konglomeratima na kojima slijede pješčenjaci u izmjeni s crvenim pjeskovito-pelitskim sedimentima. Peliti sadrže proslojke sivih dolomita, kojih je dalje u sukcesiji sve više, dok konačno ne prevladaju*. Naglašavaju da na nekim lokalitetima

konglomerati nisu najdonji član karnika. Istraženim naslagama su opisali i petrografske karakteristike. U Lokvama karnički konglomerat sadrži uglavnom valutice donjotrijaskih oolitskih kalkarenita i pjeskovitih dolomita sa kvarcom, muskovitom i kloritom. Pješčenjake su okarakterizirali kao klastite ljubičasto-crvene, rjeđe sive boje, a od donjotrijaskih se razlikuju po izostajanju tinjaca u sastavu. Kao osnovnu karakteristiku navode feldspatski karakter i prisustvo eruptivnog neprerađenog kvarca. U postotcima navode sastav: kvarc 36,18%, feldspati 18,85%, čestice stijena 10,92%, klorit i muskovit 0,18% te karbonatni cement 29,16%, kvarcni cement 0,48% i hematitni cement 4,24%. Visok udio feldspata i eruptivni kvarc povezuju s kiselim eruptivnim tijelom koje je naglo mehanički razoreno i akumulirao se kvarc-feldspatski reziduum bez prerade i značajnog transporta. Od teških minerala navode dominaciju opakih zrna magnetita, hematita i rjeđe ilmenita u sastavu. Iz grupe prozirnih teških minerala navode cirkon i turmalin. Za cirkon tvrde da je *krupniji, prizmatski izdužen te pretežno nezaobljen*. Također navode rutil i korund ka značajne sastojke karničkih pješčenjaka u Gorskom kotaru. Pelitski sedimenti su opisani kao karbonatno–glinoviti i malo pjeskoviti. Crvenoljubičaste boje, zemljastog izgleda, a na dijelovima gdje imaju više karbonatne komponente su čvršći. Utvrdili su im sastav u kojem dominiraju ilit, kvarc, albit–oligoklas, klorit, hematit. Naglašavaju da im se boja u dijelovima gdje je dominantniji dolomit u njihovom sastavu mijenja u zelenkastosivu. Na kraju prelaze u dolomite. Kao i svi autori dosad utvrdili su da je gornji trijas transgresivan na starije naslage.

U radu „O trijasu Gorskog kotara i susjednih područja“ BABIĆ, (1968), gotovo identično opisuje naslage gornjeg trijasa kao i prethodni autori. Za razliku od prethodnih, njegovo istraživanje je usmjereno na određivanje uvjeta taloženja. Pa tako iznosi dokaze transgresije u gornjem trijasu. Zaključuje da je na ovom području prevladavala plitkomorska sedimentacija a bila je prekidana povremenim izdizanjem dna iznad vode.

U diplomskom radu „Mineraloško–petrografske karakteristike gornjotrijaskih klastično–karbonatnih naslaga Senjske drage“ PRPIĆ, (2000), između ostalog, opisuje slijed naslaga na lokalitetu Vratnik. Opisuje slijed naslaga koji se sastoji od pelitnih sedimenata i karbonata. Pelitne sedimente opisuje kao sedimente s visokim sadržajem karbonatne komponente te ih klasificira kao *karbonatni peliti*. Također tvrdi da su crvene, zelene ili žute boje te da su slabo litificirani. U sastavu pelita ubraja i dosta glinovitih i tinjčastih minerala. Karbonatni sediment opisuje kao *mikritni ili zrnski varijeteti vapnenca ili dolomitima tipa gustih dolomita, dolomita grejnston tipa ili laminiranih dolomita*. Na

kraju spominje i dijagenetski potpuno izmjenjene stijene, *dijagenetske breče*. Uočava da se u slijedu naslaga postupno povećava udio karbonata.

U diplomskom radu „Petrološko–sedimentološke karakteristike gornjotrijaskih sedimentnih stijena na profilima Vratnik i Kula u okolici Senja“ GRBIĆ, (2000), opisuje naslage na lokalitetu Vratnik. Stijene su detaljno opisane makroskopski i mikroskopski, a sve su klasificirane kao razni varijeteti dolomita. Zaključuje da naslage u podini istraženih profila sadrže više terigene komponente, dok one u krovini sadrže više karbonatne naslage, što pokazuje da je teren bio izložen stalnom tonjenju. Također zaključuje da su sedimenti nastali u okolišu plitkog mora.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1 Terenski rad

Istraživanje na terenu odnose se na područje Gorskog kotara i Like. Uzorci su uzeti na sljedeća četiri lokaliteta.

Na lokalitetu Lokve, koje se nalazi u Gorskom kotaru, deset kilometara jugozapadno od Delnica (slika 3.1).



Slika 3.1. Lokacija Lokvi.

Na lokalitetu u blizini prijevoja Vratnik, petnaest kilometara istočno od Senja (slika 3.2).



Slika 3.2. Lokacija Vratnik.

Na lokalitetu u blizini mjesta Velika Plana, trideset kilometara sjeverozapadno od Gospića (slika 3.3).



Slika 3.3. Lokacija Velika Plana.

Na lokalitetu u blizini mjesta Bruvno, petnaest kilometara sjeverno od Gračaca (slika 3.4).



Slika 3.4. Lokacija Bruvno.

Istraživanje na lokalitetu Lokve, provedeno je snimanjem geološkog stupa te uzimanjem uzoraka. Na ostalim lokalitetima nije bilo moguće snimiti geološki stup već su sakupljeni i proučeni uzorci sedimentnih stijena gornjeg trijasa koje su karakteristične za te lokalitete. Terenska oprema sastojala se od geološkog čekića, lupe povećanja 10x, geološkog kompasa, 10% HCl, terenskog dnevnika, vrpce za mjerenje, topografske i geološke karte, vrećica za uzorke i flomastera za označavanje. Izdanci su opisani i napravljene su fotografije izdanaka. Pri uzimanju uzoraka stijene su klasificirane, uz pomoć lupe. Determinirani su dolomiti, koji su ako je to bilo moguće, na terenu određeni

kao kasnodijagenetski odnosno ranodijagenetski. Pelitni sedimenti su klasificirani, ovisno o boji. Pješčenjaci i breče su se najčešće pojavljivali u tanjim slojevima, u izmjeni s dolomitima i pelitnim sedimentima.

3.2 Mikropetrografska analiza

Prije mikropetrografske analize uzorci koji su prikupljeni na terenu su pregledani i izdvojeni su reprezentativni uzorci. Pri izradi mikroskopskog preparata odrezan je dio uzorka u obliku pločice. Jedna strana se izravna i ispolira brusnim prahom te se kanadskim balzomom zalijepi na objektno stakalce. Pomoću pile ili grubim brušenjem, a poslije finim brušenjem uzorak se stanji na debljinu od 0,02 do 0,03 milimetara. Zatim se koristi metoda brzog bojanja izbrusaka (EVAMY & SHEARMAN, 1962). Metoda je korištena zbog lakšeg raspoznavanja i klasificiranja uzoraka. Za bojanje mikroskopskog preparata potrebne su dvije otopine: K-fericijanid i alizarin crveni S. Na kraju se uzorak polira do visokog sjaja ili pokriva pokrovnim stakalcem. Zbog mogućih dodatnih mineraloških i petrografskih analiza te usporedbe mikroskopski i makroskopski vidljivih značajki, izrađuje se još jedna dodatna pločica iz uzorka debljine nekoliko milimetara.

Polarizacijskim mikroskopom tipa *Leica DM LSP* napravljena je mikropetrografska analiza, a pomoću digitalne kamere koja je pričvršćena za okular mikroskopa napravljene su mikrofotografije svih uzoraka.

U analizi uzorka korištene su različite klasifikacije. Konglomerati su klasificirani s obzirom na potporu klasta i sadržaj matriksa, pri čemu tzv. ortokonglomerati imaju potporu klasta dok parakonglomerati imaju potporu matriksa. Pješčenjaci su klasificirani po PETTIJOHNU i dr. (1972), a promatran je udio matriksa te udio kvarca, litičnih fragmenata i feldspata. Na taj način su klasificirani kao areniti tj. pješčenjaci koji sadrže manje od 15% matriksa ili kao grauvake tj. pješčenjaci koji sadrže više od 15% matriksa.

Za determinaciju vapnenaca i dolomita korištena je i klasifikacija po DUNHAMU (1962) i FOLKU (1959, 1962).

3.3 Laboratorijske metode

3.3.1 Usitnjavanje uzorka

Reprezentativni uzorci, osim dodatne pripreme za mikroskopske izbruske, morali su biti i dodatno pripremljeni za kalcimetriju i analizu mineralnog sastava rendgenskom difrakcijom.

Uzorci su zdrobljeni čekićem u sitne fragmente. Potom je dio uzorka stavljen u ahatni tarionik, a dio uzorka odvojen je za separaciju teške frakcije pomoću bromoforma. Za usitnjavanje je korišten mlin proizvođača Siebtechnik u vlasništvu Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Tarionik se okretao u mlinu na 710 okretaja u minuti. Nakon tretmana u trajanju od pet minuta uzorak je samljeven u prah. Prah je analiziran metodama rendgenske difrakcije i kalcimetrije.

3.3.2 Kalcimetrija

Kalcimetrija je relativno jednostavna metoda analize udjela karbonata u uzorcima. Udio se dobiva na način da se mjeri volumen CO₂ te se zatim preračunava u količinu CaCO₃. Svaki uzorak odvagano je četiri puta. Težina odvagano uzorka bila je oko 1 g. Nakon toga uzorak je stavljen u Erlenmayerovu tikvicu koja u sredini ima zavarenu epruvetu. U epruvetu je stavljeno 10 ml klorovodične kiseline. Zatim se Erlenmayerova tikvica začepi čepom koji je povezan s graduiranom cijevi kalcimetra. Tikvica se dovoljno dugo trese i dolazi do potpune reakcije: $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Volumen CO₂ se mjeri na graduiranoj cijevi. Udio CaCO₃ je izračunat jednostavnom formulom:

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{\text{ml}(\text{CO}_2) * \text{korekcijski faktor}}{\text{odvaga} * 10\ 000}$$

U formuli, korekcijski faktor se određuje po uvjetima u laboratoriju odnosno temperaturi i tlaku. Temperatura je bila 21 °C a tlak 1017,4 hPa što znači da je korekcijski faktor iznosio 4267,3.



Slika 3.5. Aparatura korištena za određivanje udjela CaCO_3 po metodi kalcimetrije.

3.3.3 Rendgenska difrakcija u prahu (XRD)

Uzorak samljeven u prahu se oblikuje u tanku pločicu površinom 2 cm^2 te se orijentira simetrično prema upadnom i difraktornom snopu rendgenskih zraka. Metoda se koristi zbog svojstava emitiranih rendgenskih zraka. Prema Braggovom zakonu, do refleksa na nekom skupu mrežnih ravnina s međumrežnim razmakom dolazi samo uz onaj kut za koji je razlika u hodu između zraka reflektiranih s dviju susjednih ravnina jednaka cjelobrojnom višekratniku valne duljine zračenja i interferencijom dolazi do pojačavanja intenziteta zraka (SLOVENEK, 2011). To znači da pri različitim orijentacijama minerala u uzorku, dolazi do niza položaja za koje vrijedi Braggov zakon. Pojačavanje intenziteta zraka se registrira kao difrakcijski maksimumi, koji se razlikuju po smjeru i intenzitetu i bilježe se na difrakcijsku sliku. Takva slika je dijagram koji prikazuje intenzitet zračenja u odnosu na dvostruki kut upada pomoću proporcionalnog ili scintilacijskog brojača. Intenzitet difrakcijske linije se može izraziti visinom difrakcijske linije. Za dobro

kristalizirane uzorke difrakcijske linije su oštre, zbog uređenosti rešetke (SLOVENEĆ, 2011). Prilikom identifikacije minerala, difrakcijska slika se uspoređuje sa difrakcijskim slikama pojedinačnih standarda, najčešće silicija, germanija i kvarca. Svaki mineral ima svoju karakterističnu difrakcijsku sliku praha te se slike razlikuju karakterističnim međumrežnim razmacima i intenzitetima difrakcijskih maksimuma (SLOVENEĆ, 2011).

Za XRD analizu korišten je Philipsov difraktometar 1710 s Bragg Brentano geometrijom, $\text{CuK}\alpha$ zračenjem ($U=40\text{kV}$, $I=20\text{mA}$). Obrada i interpretacija snimaka provedena je pomoću programa X'Pert HighScore.

U interpretaciji, određuju se postotci udjela minerala u uzorku a problem mogu predstavljati minerali koji se preklapaju u difrakcijskim maksimumima. Za što bolju interpretaciju koriste se dobiveni podaci iz ostalih metoda, ali se i uzorci samljeveni u prahu tretiraju nizom tretmana. Nakon svakog tretmana snima se uzorak te se uspoređuju dijagrami.

Nakon što se snimi globalni uzorak koji nije tretiran slijedi prvi tretman, a to je uklanjanje karbonata. Uzorak se stavlja u posudu s pH 4,5 NaOAc/HAc puferom. Nakon 24 sata pufer se dekantira i ponovno se stavlja novi pufer ako nema reakcije, pufer se ponovno dekantira a uzorak se ispiri vodom i suši. U slučaju da ima reakcije postupak se ponavlja. Nakon snimanja uzorka s netopivim ostatkom nakon uklanjanja karbonata, uzorak se tretira s HCl 1:1. Tim tretmanom se uklanjaju Fe oksidi. Postupak je isti kao i kod tretmana s pH 4,5 NaOAc/HAc puferom. Slijedi snimanje uzorka, a potom tretiranje etilen–glikolom. Uzorak s etilen–glikolom oblikuje se u kuglice i stavlja u eksikator te se suši 24 sata u sušioniku na temperaturi od $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uzorak se snima i ostavlja 24 sata na zraku kako bi etilen–glikol ishlapio. Slijedi tretman glicerinom, koji je proceduralno potpuno identičan tretmanu etilen–glikolom. Nakon snimanja, posljednji tretman uzorka predstavlja žarenje uzorka na $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ te potom snimanje. Ovim tretmanima se olakšava interpretacija mineralnog sastava uzoraka.

3.3.4 Separacija teške mineralne frakcije

Za separaciju teške mineralne frakcije korištena je metoda separacije pomoću, bromoforma. Prethodno ručno zdrobljeni uzorci su prvo tretirani pH 4,5 NaOAc/HAc puferom na isti način kao i prah koji je bio korišten za rendgensku difrakciju. Nakon toga, uzorci su prosijani kroz sita (prema ALJINOVIĆ, 2013) i uzeta je frakcija 0,063–0,125

mm, koja je potom usipana u bromoform. Sva zrna koja su potonula u bromoformu tretirana su kao teška mineralna frakcija i iz njih su napravljeni uzorci za mikropetrografsku analizu polarizacijskim mikroskopom.



Slika 3.6. Separacija teške mineralne frakcije pomoću bromoforma.

3.4 Mikropetrografska analiza teške frakcije

Nakon što je korištenjem broforma dobivena teška mineralna frakcija, odabrano je pet uzoraka koji su pripremljeni za analizu teške frakcije polarizacijskim mikroskopom. Preparati se pripremaju na sljedeći način. Na objektno stakalce se stavlja kap kanadskog balzama na koji se potom ravnomjerno posipa uzorak teške frakcije, a na kraju se preparat pokrije pokrovnim stakalcem.

Uzorci su analizirani pomoću polarizacijskog mikroskopa te su determinirana pojedinačna prozirna zrna. Za svako determinirano prozirno zrno dodan je i opis karakteristika zrna, odnosno boja, habitus i stupanj očuvanja.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1 Terenski rad

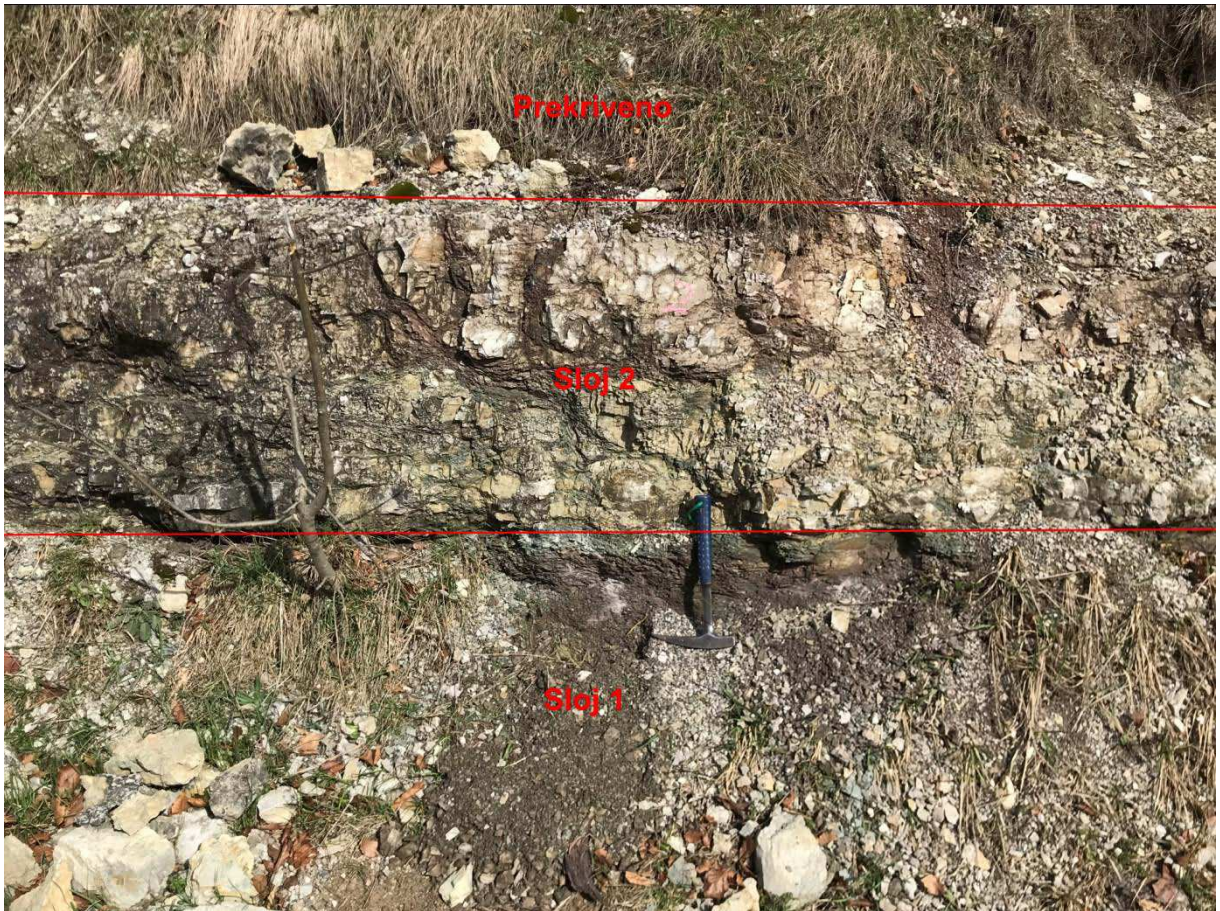
Na lokalitetu Lokve (slika 4.1) snimljena su tri geološka stupa na izdanku koji se nalazi uz cestu (prilog 1 i 2).



Slika 4.1. Karta istraživanog područja na lokalitetu Lokve.

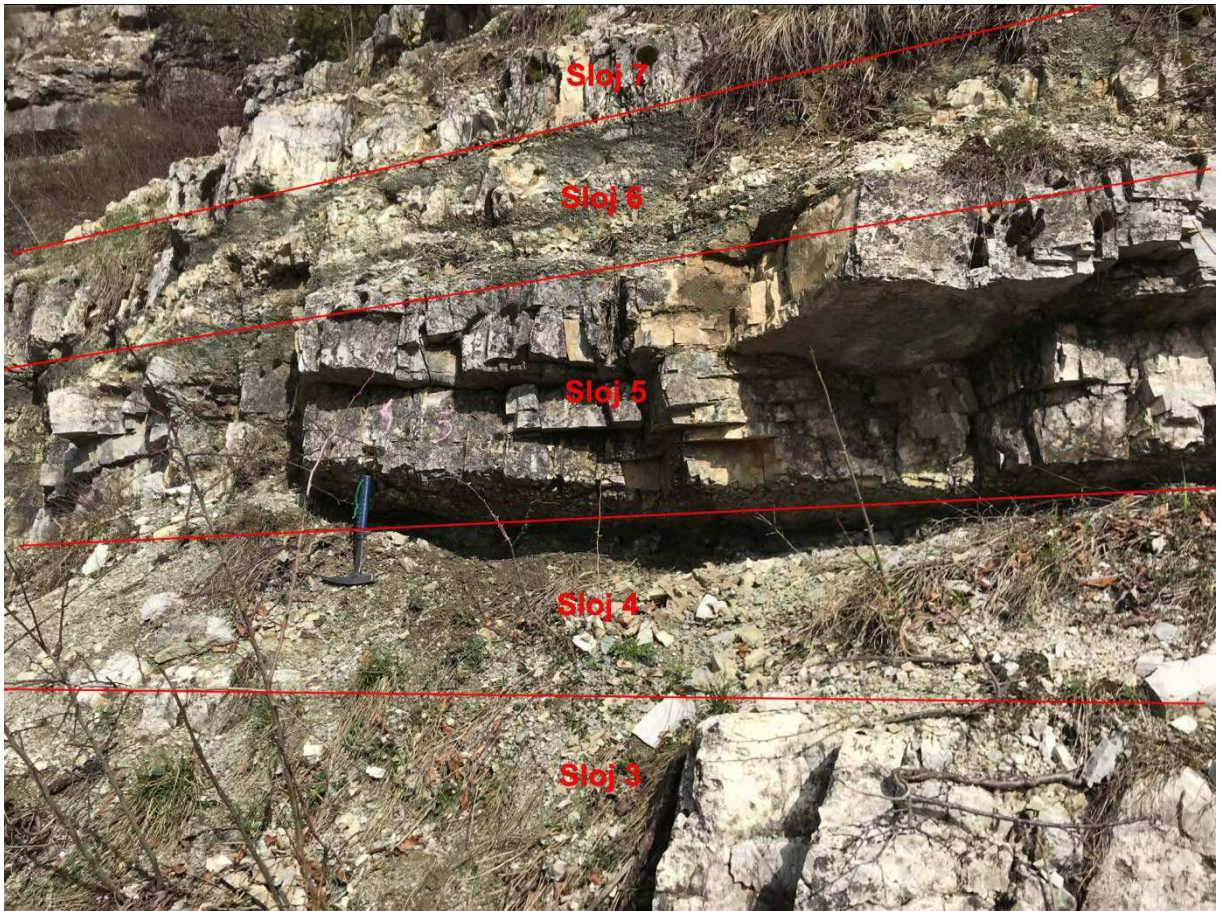
Snimljeni sljedovi završavaju tektonskim prekidom ali se mogu korelirati obzirom na neznatne tektonske pomake i mogućnost praćenja određenih markantnih slojeva.

U slijedu naslaga ritmički se izmjenjuju dolomiti i klastiti. Pri snimanju stupova uzeti su uzorci te su makroskopski klasificirani na terenu. Gdje je bilo moguće, dolomiti su klasificirani kao ranodijagenetski ili kasnodijagenetski, dok su klastiti klasificirani kao pješčenjaci odnosno crveni ili zeleni peliti. U uzorcima klastita je već na terenu utvrđeno prisustvo karbonatne komponente. U tri definirana slijeda naslaga izmjerene su sljedeće debljine slojeva: slijed naslaga Lokve A je ukupne debljine 9,77 m, slijed naslaga Lokve B je ukupne debljine 7,79 m, dok je slijed naslaga Lokve C ukupne debljine 12,66 m. Iz svakog sloja uzet je uzorak, a stijena je makroskopski opisana i klasificirana.



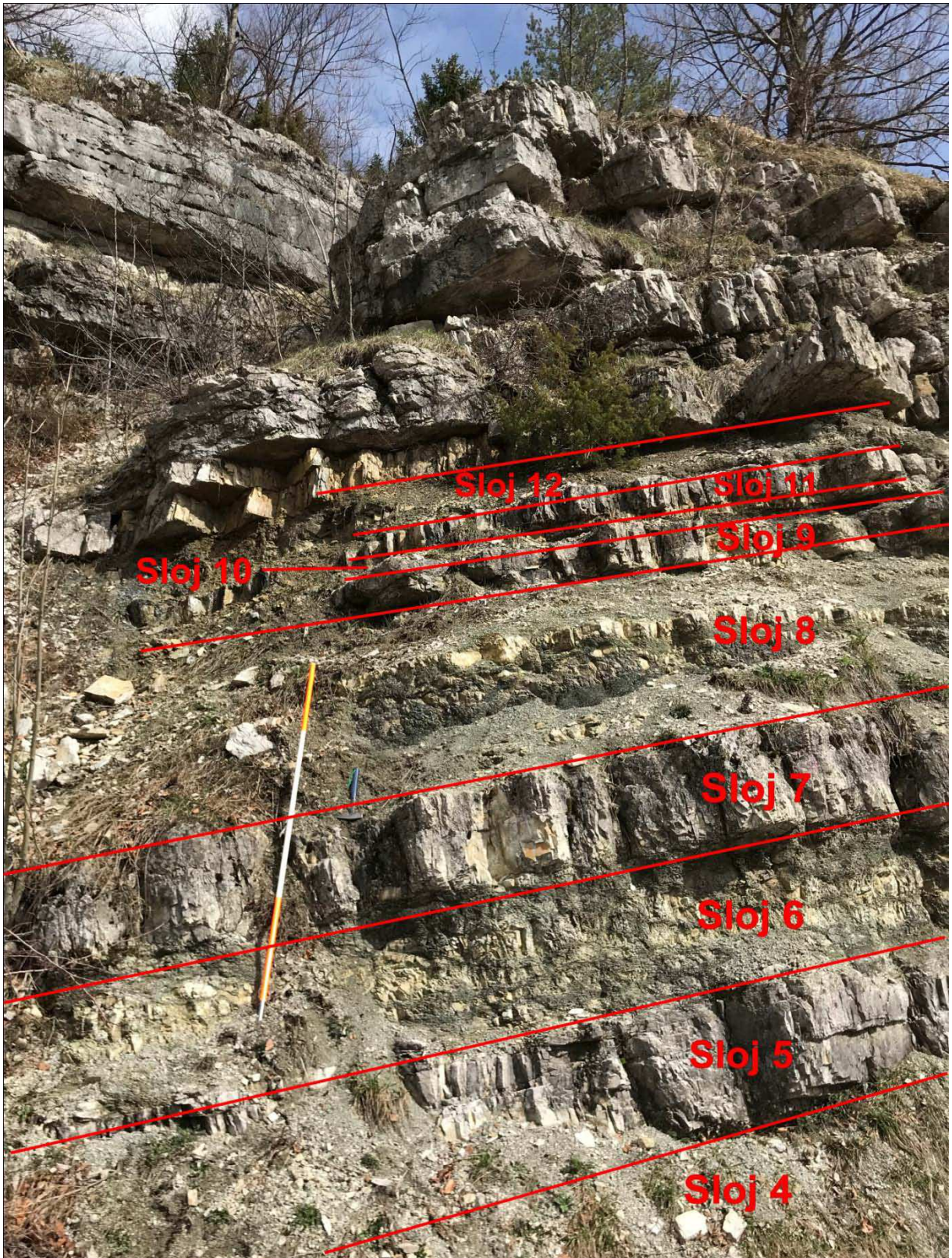
Slika 4.2. Slika slojeva 1 i 2 u slijedu naslaga Lokve A.

Na slici 4.2 su prikazani slojevi 1 i 2 te prekriveni sloj iz slijeda naslaga Lokve A. Sloj 1 je determiniran klastita u kojem se pojavljuju klastiti koji su crveno ili zeleno obojeni. Crveni klastiti označuju početak snimanog stupa, a zeleni klastiti su u gornjem dijelu sloja 1. Tekstura im je listasta, a problem pri uzorkovanju je predstavljala njihova rahlost. Iz dijela sloja crveno obojenog klastita uzet je uzorak A-1c te uzorak A-1z iz dijela sloja s zeleno obojenih klastita. Izmjerena debljina ovog sloja je 20-tak cm. Sloj 2 predstavlja ranodijagenetski dolomit s nejasnom horizontalnom laminacijom. Ukupna debljina sloja je 71 cm.



Slika 4.3. Slika slojeva 3,4,5,6 i 7 u slijedu naslaga Lokve A.

Na slici 4.3 prikazani su slojevi 3, 4, 5, 6 i 7 u slijedu naslaga Lokve A. Sloj 3 čine dolomiti sa šećerastom strukturom, makroskopski determinirani kao kasnodijagenetski dolomiti. Izmjerena debljina sloja 3 je 220 cm, a uzeti su uzorci u donjem (A-3a) i gornjem dijelu (A-3b) sloja. U sloju 4 slijede peliti identični onima iz sloja 1. Debljina im je 48 cm i također je uzet uzorak (A-4). Sloj 5 predstavljaju ranodijagenetski dolomiti, debljine 46 cm. U sloju 6 vidljiva je izmjena pelita i ranodijagenetskog dolomita. Sloj počinje pelitnim sedimentom (uzorak A-6a), makroskopski identičnima ranije opisanim pelitima. Nakon toga slijede ranodijagenetski dolomiti (uzorak A-6b) te opet peliti (uzorak A-6c). Debljina ovog sloja je 56 cm. Sloj 7 čine ranodijagenetski dolomiti (uzorak A-7) debljine 47 cm.

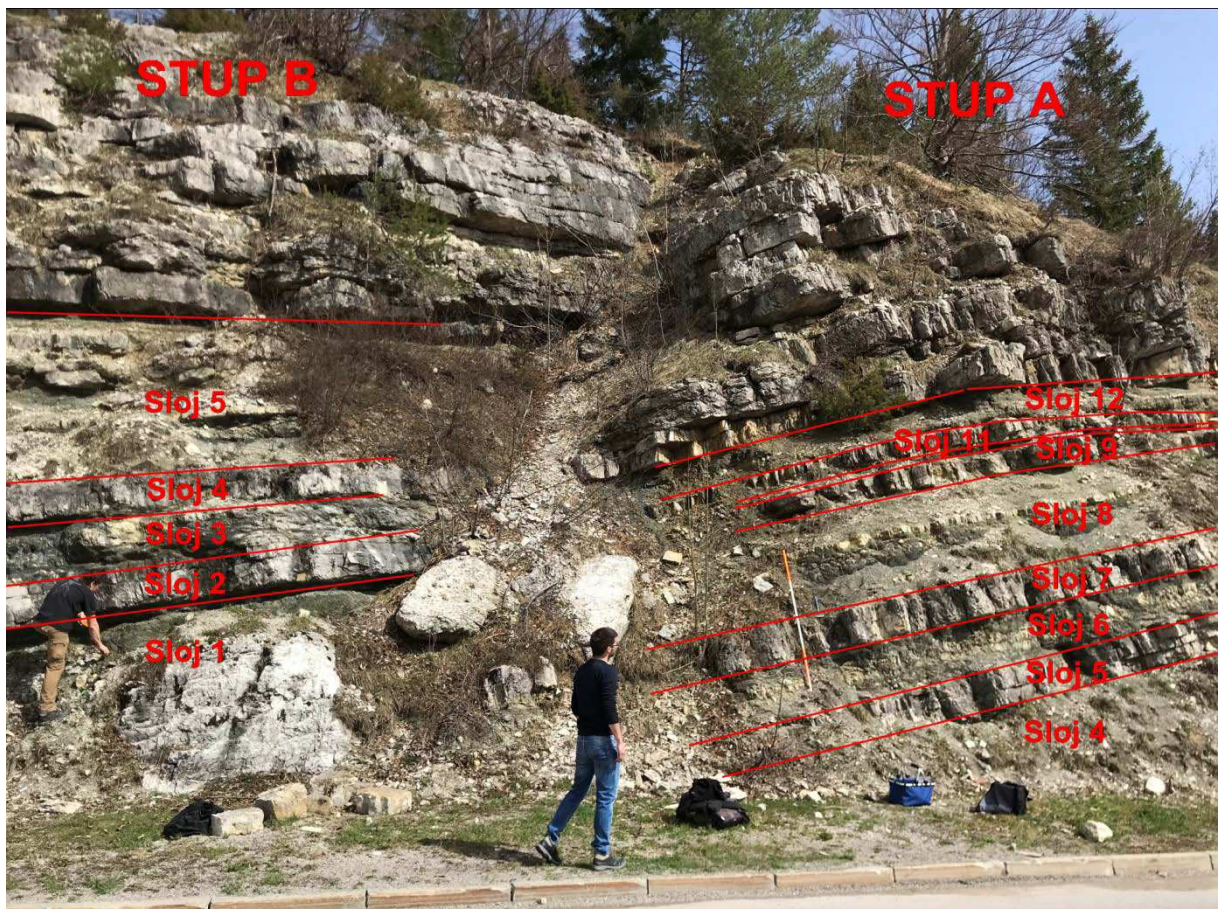


Slika 4.4. Slika slojeva 4,5,6,7 i 8 u slijedu naslaga Lokve A.

Slika 4.4 prikazuje ostatak slijeda naslaga Lokve A, od sloja 4 do sloja 15. Sloj 8 se sastoji od izmjene pelita i ranodijagenetskog dolomita poput onih u sloju 6, ali je sloj 8 veće

debljine, ukupno 166 cm. Iz dolomitnog intervala je uzet uzorak A–8. Sloj 9 čine ranodijagenetski dolomiti (uzorak A–9), debljine 34 cm. Sloj 10 predstavlja tanki proslojak pelita, nakon kojeg opet slijede ranodijagenetski dolomiti u sloju 11 (uzorak A–11), debljine 34 cm. U sloju 12 je prisutna ista izmjena kao i kod slojeva 6 i 8, peliti i ranodijagenetski dolomiti. Debljina sloja je 73 cm, a na donjoj slojnoj plohi pelita su uočene teksture utiskivanja. U sloju 13 se nalazi dolomit (uzorak A–13) debljine 44 cm, nakon kojeg slijedi proslojak pelita debljine 4 cm te u sloju 15 ponovno slijedi dolomit (uzorak A–15) debljine 72 cm.

Naslage stupova A i B se mogu korelirati iako su odvojeni rasjedom (slika 4.5). Najuočljivija korelacija je između sloja 8 u stupu A i sloja 5 u stupu B. Gdje se vidi da je krovina relativno izdignuta u odnosu na podinu tj. da se radi o reversnom rasjedu. Također, se mogu korelirati sljedovi naslaga (stupovi) B i C. Ponovno je sloj 5 iz stupa B najuočljiviji za korelaciju. U stupu C taj se sloj sastoji od tri tanja sloja 12, 13 i 14 (prilog 1 i 2).



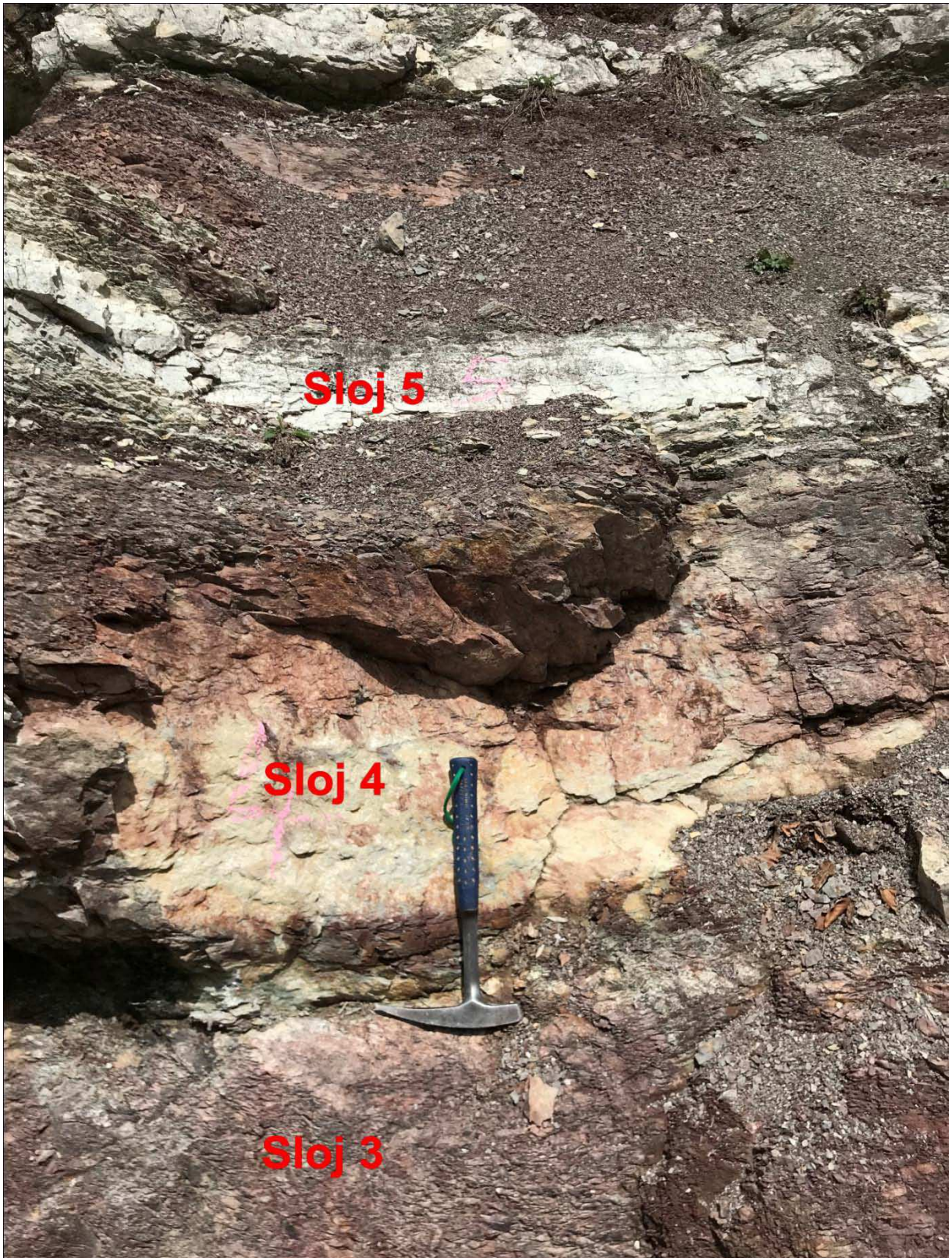
Slika 4.5. Slika snimljenih stupova A i B s označenim slojevima za pojedini stup.

Naslage sljedova A,B i C su istovremene, dok su najstarije naslage prisutne jedino u stupu C. U donjem dijelu snimljenog stupa su određeni pješčenjaci koji se nalaze u slojevima 1, 2, 3 i 4. Sloj 1 predstavljen je pješčenjacima debljine 90 cm, u kojima je vidljiva horizontalna laminacija (uzorak C-1). Zatim u sloju 2 slijedi izmjena pelita i pješčenjaka (uzorak C-2a i C-2b), ukupne debljine 75 cm (slika 4.6).



Slika 4.6. Sloj 2 stupa C. Izmjena pješčenjaka i pelita.

Sloj 3 čine peliti, ukupne debljine 122 cm (uzorak C-3). Na slici 4.7 prikazan je sloj 4, determiniran kao pješčenjak koji postupno prelazi u pelit, debljine 74 cm. Uzorak C-4 uzet je iz donjeg dijela sloja koji je klasificiran kao pješčenjak. Na slici je prikazan i sloj 5, koji je sastavljen od dolomita koji prelazi u klastite, ukupne debljine 42 cm (uzorak C-5).



Slika 4.7. Sloj 3,4 i 5 stupa C.

Nakon toga slijedi sloj 6, koji se može korelirati sa slojem 2 iz stupa A. Daljnji slijed naslaga odgovara ranije opisanom slijedu naslaga stupa A.

Važno je napomenuti kako se u stupovima B i C, dolomiti u krovini slijeda nalaze na nedostupnom i prekrivenom dijelu terena te su njihove debljine procijenjene u stupu B procijenjeni su na ukupno 4 metra, a u stupu C na ukupno 5 metara.

Nakon što su stupovi korelirani, procijenjeno je da cijeli izdanak prikazuje slijed gornjotrijaskih naslaga debljine od cca 15 metara. Slijed započinje pješčenjacima a završava dolomitima, što upućuje na promjenu uvjeta taloženja.

Na lokalitetu Vratnik uzeta su četiri uzorka. Uzeti su uzorci na izdanku uz cestu i to redom od superpozicijski pretpostavljeno najstarijih naslaga prema najmladima.

Uzorci Vratnik 1 i Vratnik 2 determinirani su kao pješčenjaci s klastima vapnenaca (slika 4.8).



Slika 4.8. Pješčenjaci Vratnik 1 i Vratnik 2 s klastima vapnenaca.

Uzorak Vratnik 3 determiniran je kao pješčenjak, U ovom tipu sedimenta nema uklopljenih klata vapnenaca (slika 4.9).



Slika 4.9. Pješčenjak Vratnik 3.

Uzorak Vratnik 4 makroskopski je bilo teško odrediti pa je klasificiran kao sitni pješčenjak do siltit (slika 4.10). Za razliku od ostalih uzoraka koji su sivo–crvene boje ovaj uzorak je izraženije crvene boje. Također iz ovog slijeda vidi se da je prisutna normalna gradacija.



Slika 4.10. Sitni pješčenjak do siltit

Na lokalitetu Klementa uzorkovano je ukupno pet uzoraka, iz tri pojedinačna sloja (slika 4.11).



Slika 4.11. Lokalitet Klementa

U prvom, superpozicijski najstarijem sloju nalaze se oligomiktne konglomerate s valuticama vapnenaca (uzorak Klementa 1). Vezivo je crvene boje, a uočene su i klastične rožnjake. (slika 4.12)



Slika 4.12. Oligomiktne konglomerate (uzorak Klementa 1)

U drugom sloju (slika 4.13) se nalaze crveni sitnozrnati pješčenjaci (uzorak Klementa 2b). Unutar njih se nalaze leće konglomerata (uzorak Klementa 2a) te fragmenti zelenih pelita (uzorak Klementa 2c).



Slika 4.13. Fragmenti zelenog pelita unutar crvenog pješčenjaka (uzorci Klementa 2b i 2c)

U trećem sloju se nalaze crveni pješčenjaci iz kojih je uzet uzorak Klementa 3 (slika 4.14).



Slika 4.14. Crveni pješčenjaci (uzorak Klementa 2a)

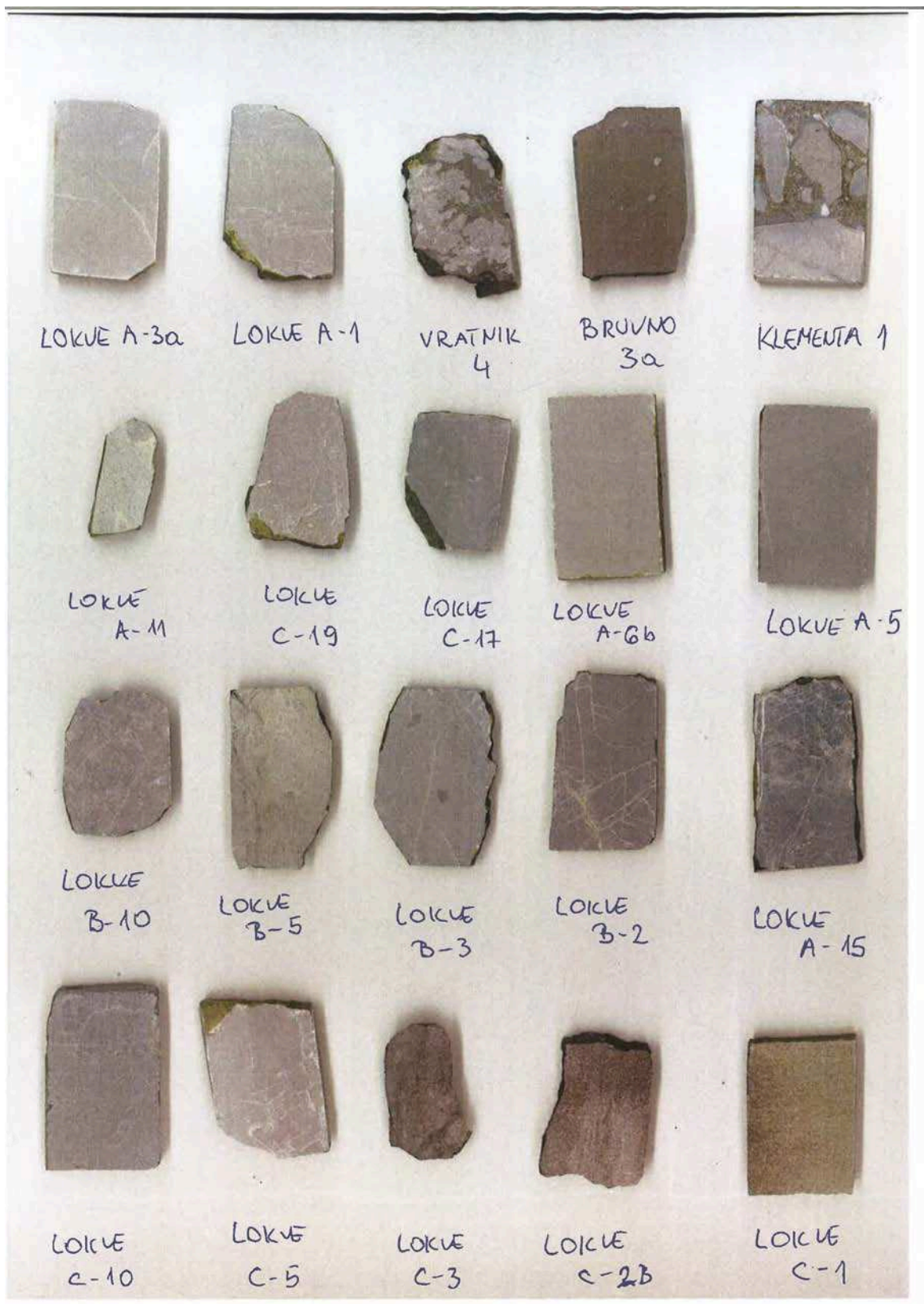
Na lokalitetu Bruvno (slika 4.15) uzeta su četiri uzorka (Bruvno 1, 2, 3 i 3a), s izdanka pored ceste Bruvno-Gračac. Kao i na prethodne dvije lokacije, vidljivo je da zrna positnjavaju, od pješčenjaka prema pelitima. Uzorci su uzeti u pješčenjaku krupnijeg zrna, pješčenjaku sitnijeg zrna i pelitu. Kao što je vidljivo i na slici 4.15, uzorci su izrazito crvene boje.



Slika 4.15. Izdanak uz cestu na lokalitetu Bruvno.

Primjetno je da su na lokalitetima Bruvno i Klementa stijene makroskopski vrlo slične. Stijene s lokaliteta Vratnik su, također, puno sličnije onima na lokalitetima Bruvno i Klementa nego onima na lokalitetu Lokve. Jedino su na lokalitetu Lokve prisutni dolomiti u izmjeni s klastitima. No postoji makroskopska sličnost pješčenjaka te crvenih i zelenih pelita kao i kod ostalih lokaliteta.

4.2 Mikropetrografske karakteristike stijena



Slika 4.16. Skenirane pločice analiziranih uzoraka stijena.

Mikropetrografski je determinirano ukupno 30 uzoraka. Tablica 4.1 prikazuje uzorke i njihove klasifikacije.

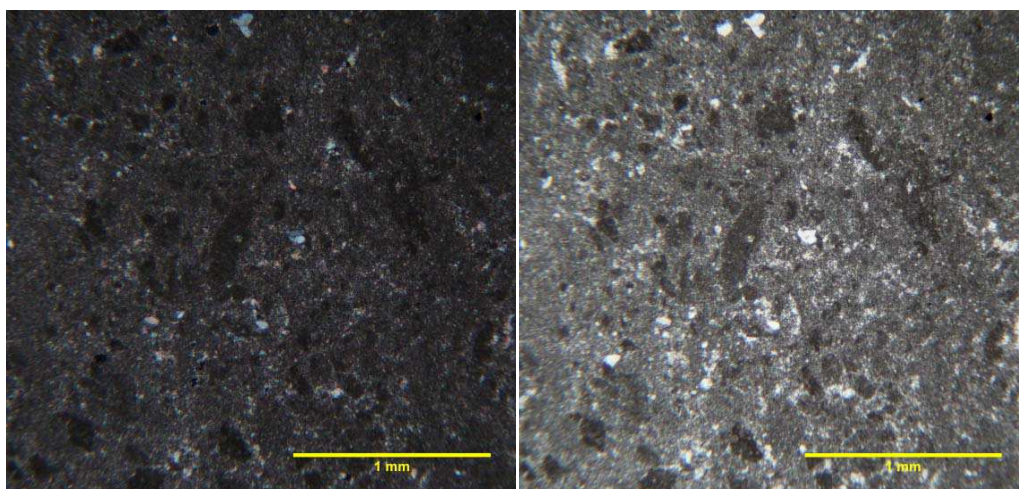
Tablica 4.1. Prikaz uzoraka i njihovih klasifikacija

| Uzorak | Klasifikacija |
|---------------|-------------------------------------|
| Lokve A–2 | Dolobiolitit |
| Lokve A–3a | Rekristalizirani dolomit |
| Lokve A–5 | Dolobiomikrit |
| Lokve A–6b | Dolomikrit |
| Lokve A–11 | Dolomikrit |
| Lokve A–15 | Dolobiolitit |
| Lokve B–2 | Dolobiomikrit |
| Lokve B–3 | Dolomikrit |
| Lokve B–5 | Rekristalizirani dolomit |
| Lokve B–10 | Dolobiomikrit |
| Lokve C–1 | Arenit |
| Lokve C–2b | Grauvaka |
| Lokve C–3 | Muljnjak |
| Lokve C–4 | Grauvaka |
| Lokve C–5 | Dolobiomikrit |
| Lokve C–7 | Dolomikrit |
| Lokve C–10 | Dolobiolitit |
| Lokve C–17 | Dolobiosparit |
| Lokve C–19 | Dolobiosparit |
| Vratnik 3/1 | Fragment rekristaliziranog vapnenac |
| Vratnik 3/2 | Litična grauvaka |
| Vratnik 4 | Litična grauvaka |
| Klementa 1 | Brečo–konglomerat |
| Klementa 2b | Muljnjak |
| Klementa 2c | Muljnjak |
| Klementa 3 | Litoarenit |
| Bruvno 1 | Litična grauvaka |
| Bruvno 2 | Litična grauvaka |
| Bruvno 3 | Litična grauvaka |
| Bruvno 3a | Litična grauvaka |

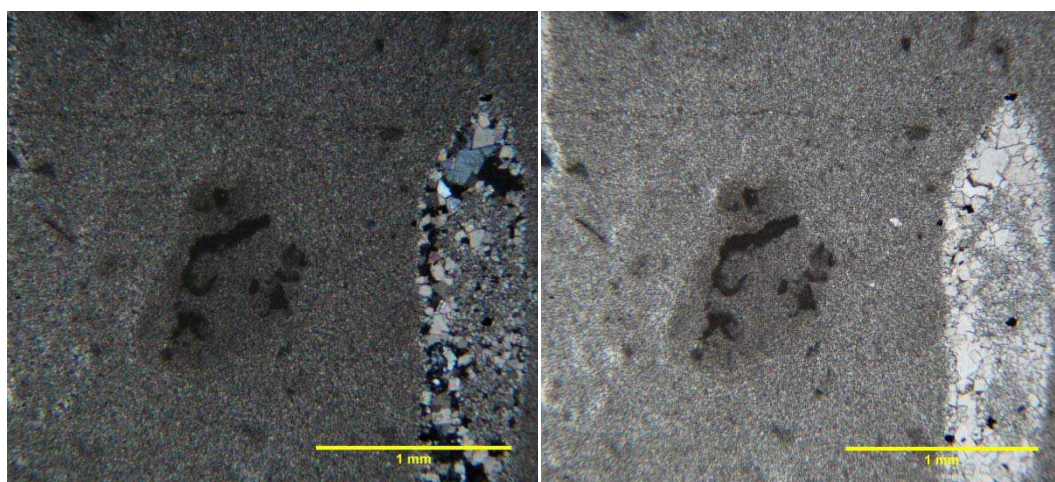
4.2.1 Lokalitet Lokve

Na lokalitetu Lokve utvrđena je prisutnost 4 litotipa. Prvi determinirani litotip predstavljaju dolobiolititi. Uzorci koji su tako klasificirani su Lokve A–2, Lokve A–15 i Lokve C–10 (slike 4.17, 4.18 i 4.19). U njima se vidi jasno izražena primarna laminacija

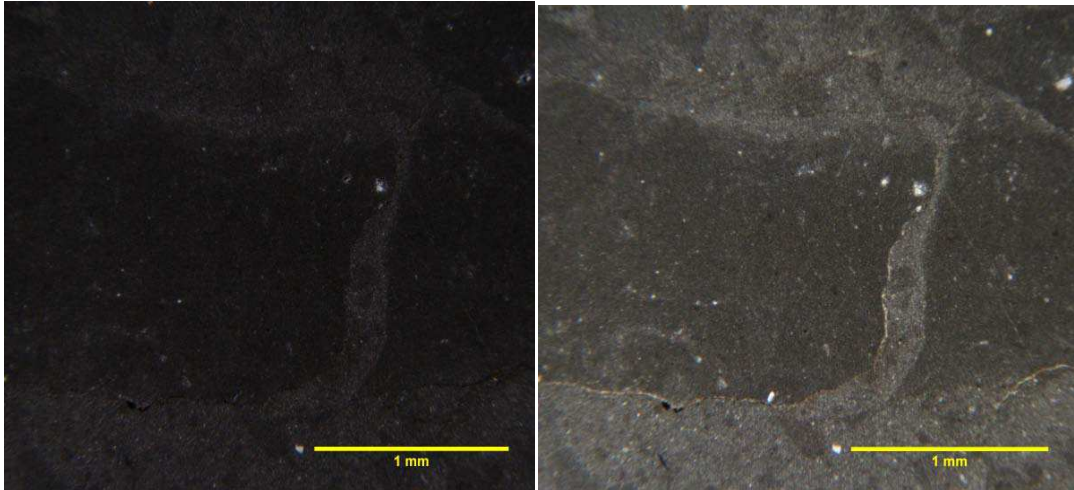
ranodijagenetskog dolomita. Od akcesornih detritičnih minerala, u sastavu su determinirani kvarc i plagioklasi, a prisutni su i opaki minerali (pirit). U strukturi su makroskopski vidljive fenestre.



Slika 4.17. Mikrofotografije uzorka Lokve A-2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit.

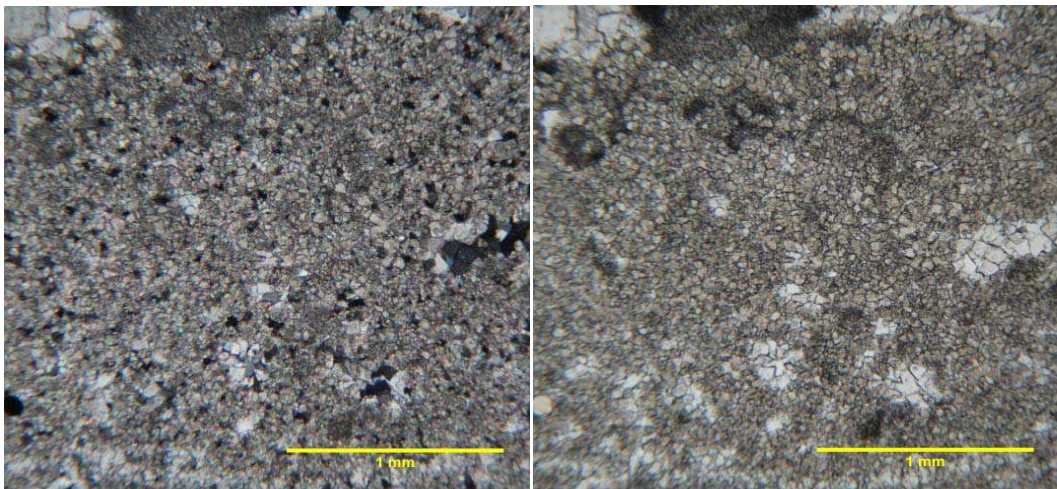


Slika 4.18. Mikrofotografije uzorka Lokve A-15, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit.

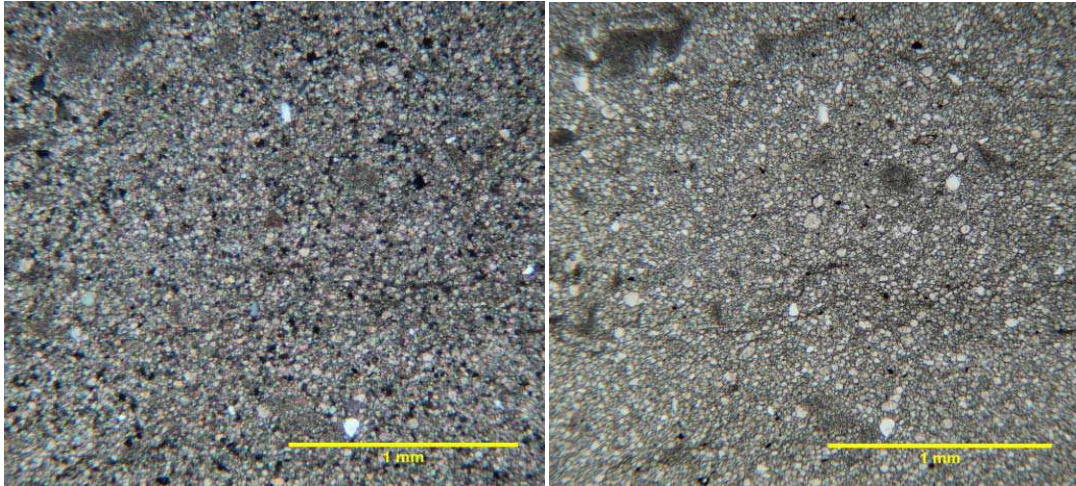


Slika 4.19. Mikrofotografije uzorka Lokve C-10, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiolitit.

Drugi determinirani litotip je rekristalizirani dolomit. Ovom litotipu pripadaju uzorci Lokve A-3a i Lokve B-5 (slike 4.20 i 4.21). U uzorcima se, uz dolomit nalazi i detritus kvarca i plagioklasa. Oba uzorka su uzeta na prijelazu iz pelita u dolomite. Dolomiti su ksenotipne mozaične strukture, s anhedralnim kristalima.

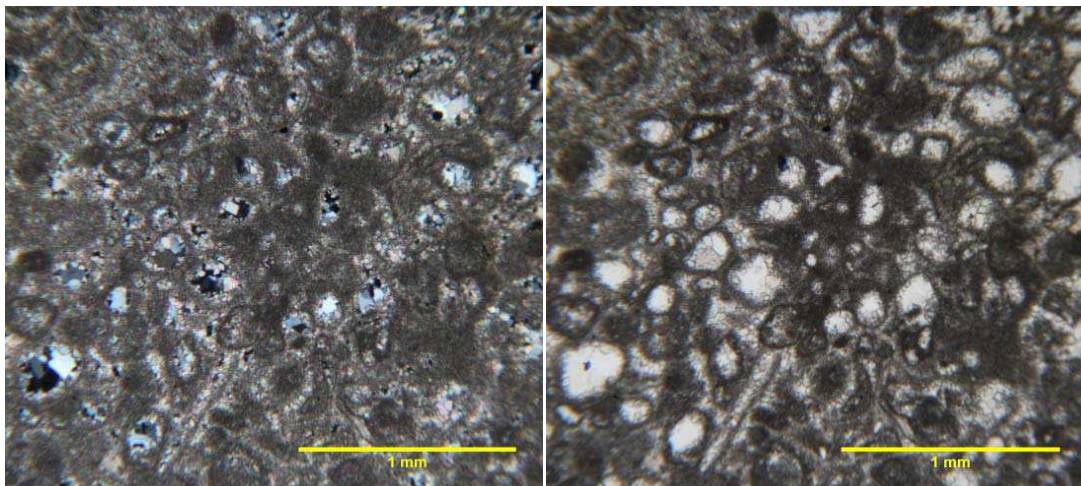


Slika 4.20. Mikrofotografije uzorka Lokve A-3a, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekristalizirani dolomit.

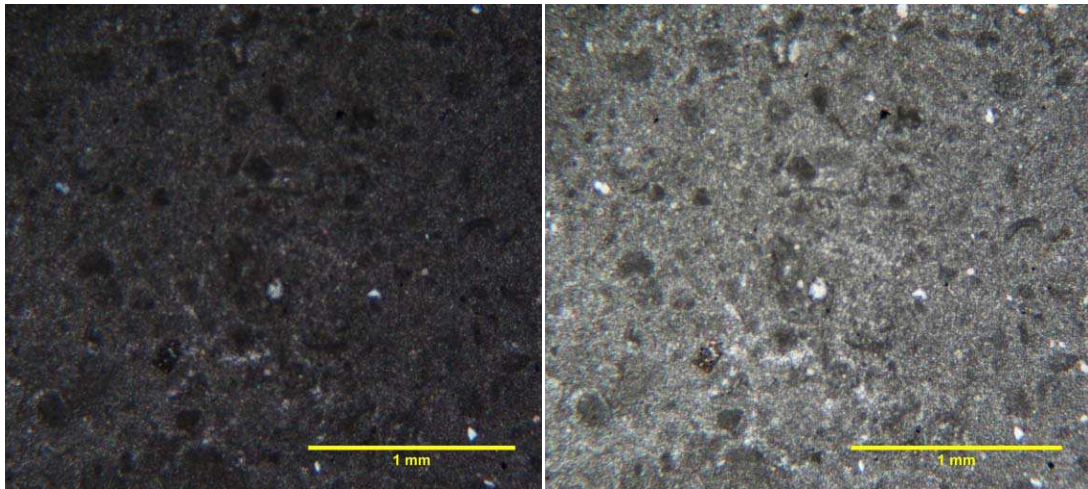


Slika 4.21. Mikrofotografije uzorka Lokve B-5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekrystalizirani dolomit.

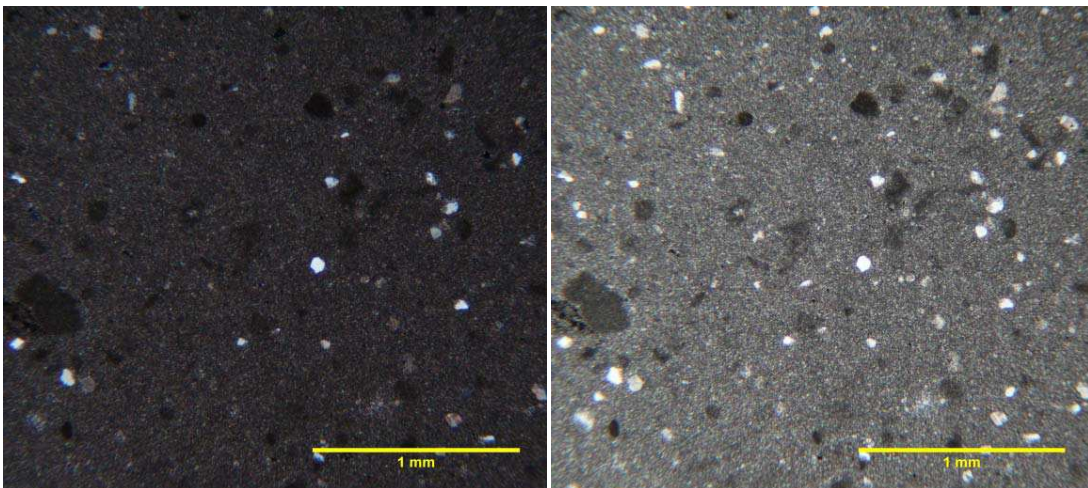
Treći i najzastupljeniji litotip je dolomikrit/dolosparit. Uzorci koji pripadaju ovom litotipu su Lokve A-5, Lokve A-6b, Lokve A-11, Lokve B-2, Lokve B-3, Lokve B-10, Lokve C-5, Lokve C-7, Lokve C-17 i Lokve C-19 (slike 4.22–4.31). Ovi ranodijagenetski dolomiti su karakteristični po sačuvanim ali dolomitiziranim fosilima (alge, foraminifere, gastropodi) te peloidima. U svim uzorcima s bitno manjim udjelom nalazimo kvarc i opake minerale.



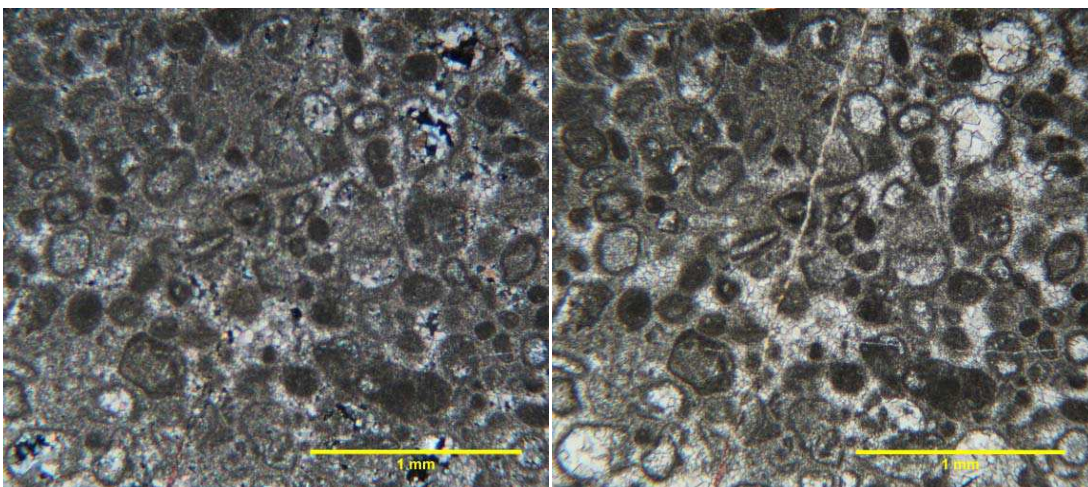
Slika 4.22. Mikrofotografije uzorka Lokve A-5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit.



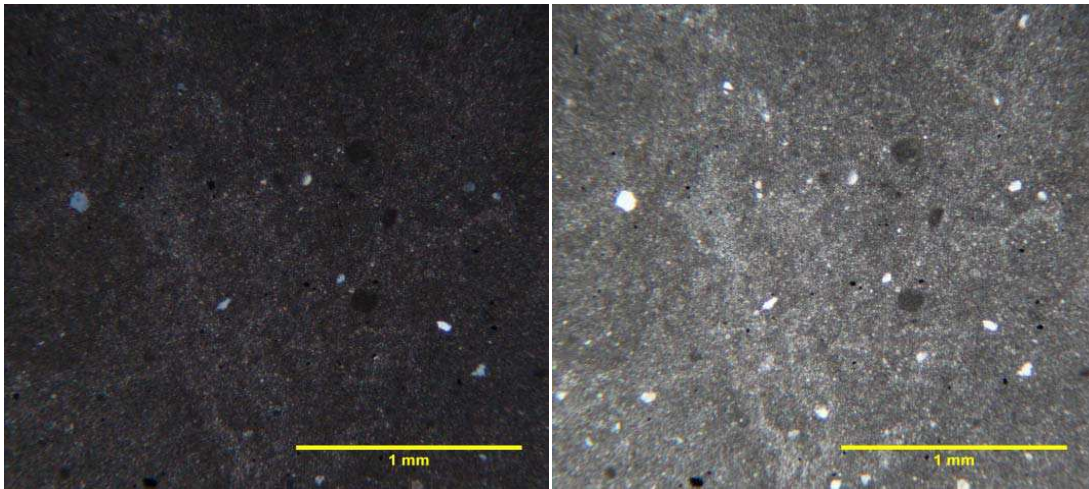
Slika 4.23. Mikrofotografije uzorka Lokve A-6b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit.



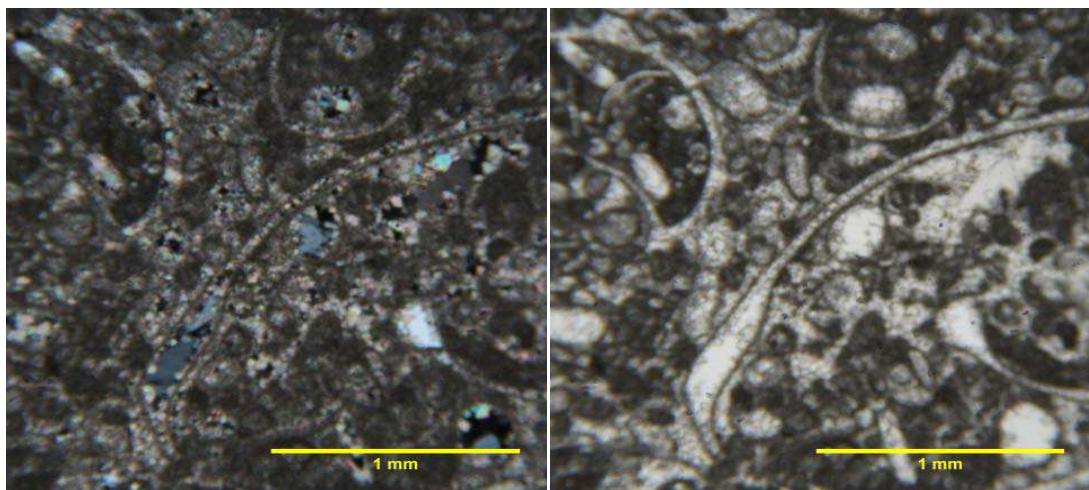
Slika 4.24. Mikrofotografije uzorka Lokve A-11, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit.



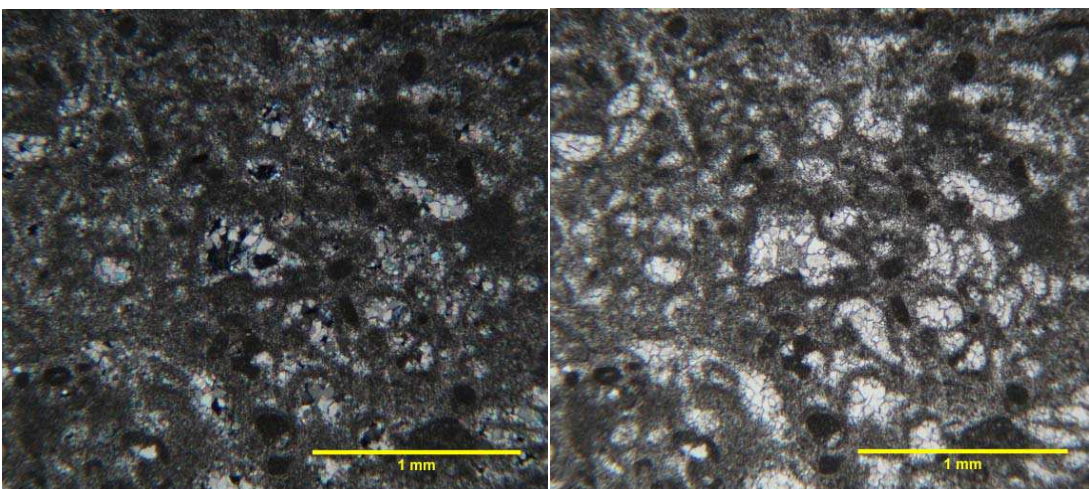
Slika 4.25. Mikrofotografije uzorka Lokve B-2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit.



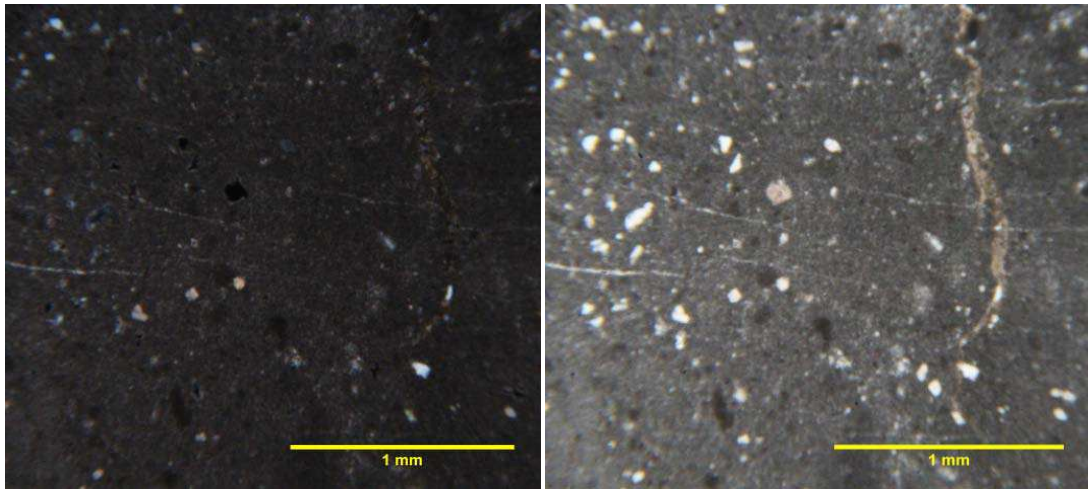
Slika 4.26. Mikrofotografije uzorka Lokve B-3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit.



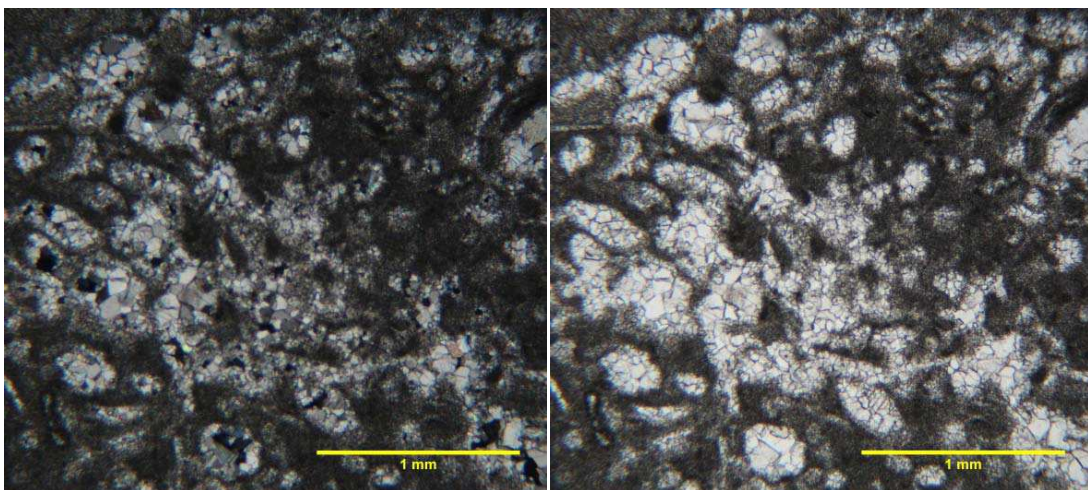
Slika 4.27. Mikrofotografije uzorka Lokve B-10, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit.



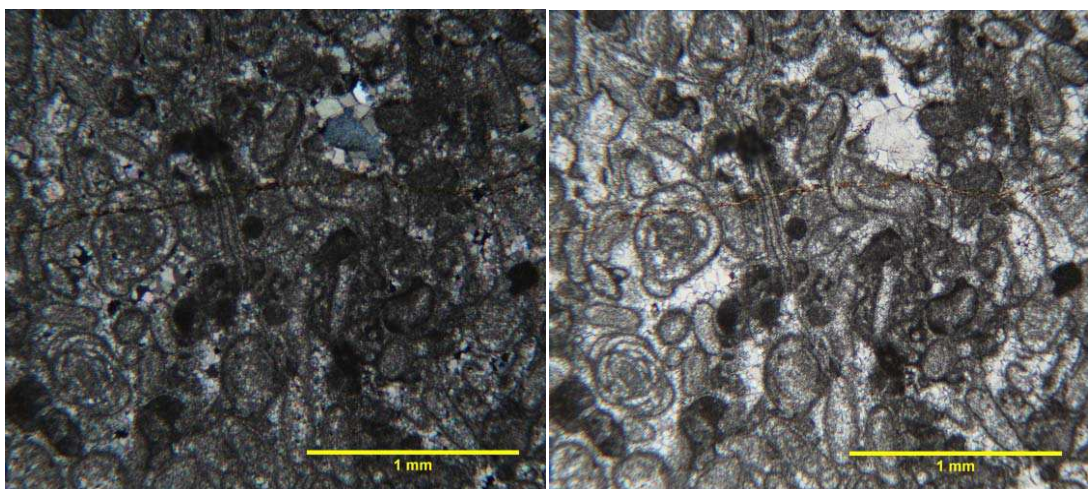
Slika 4.28. Mikrofotografije uzorka Lokve C-5, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiomikrit.



Slika 4.29. Mikrofotografije uzorka Lokve C-7, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolomikrit.

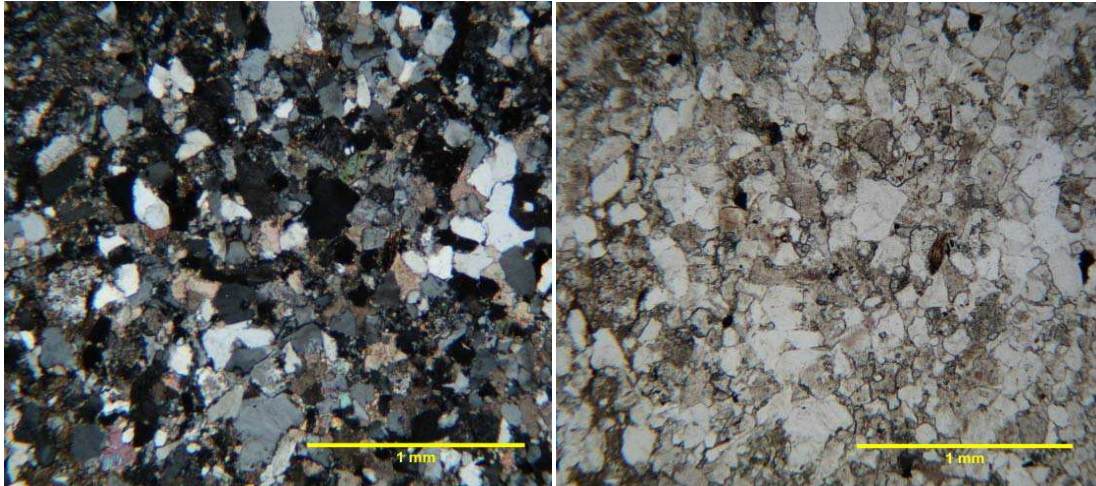


Slika 4.30. Mikrofotografije uzorka Lokve C-17, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiosparit.

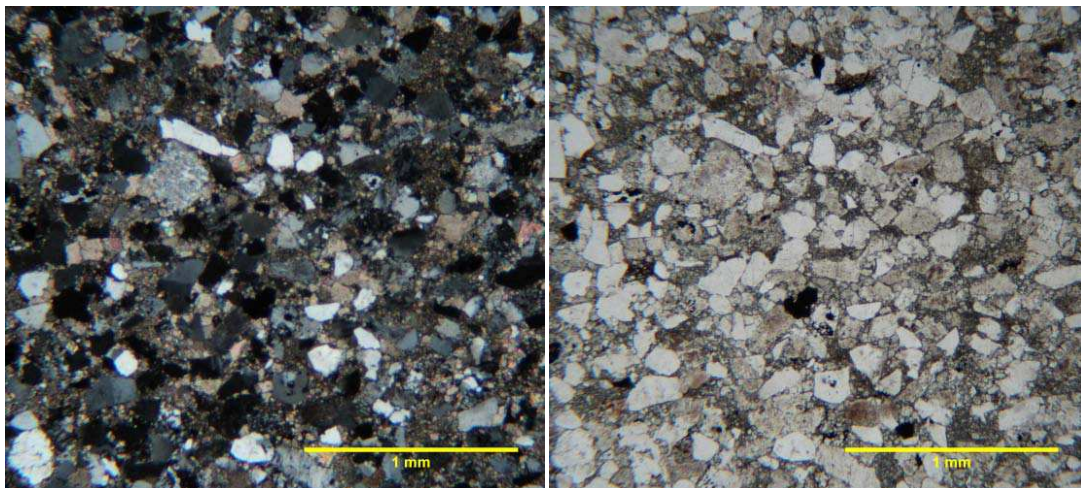


Slika 4.31. Mikrofotografije uzorka Lokve C-19, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Dolobiosparit.

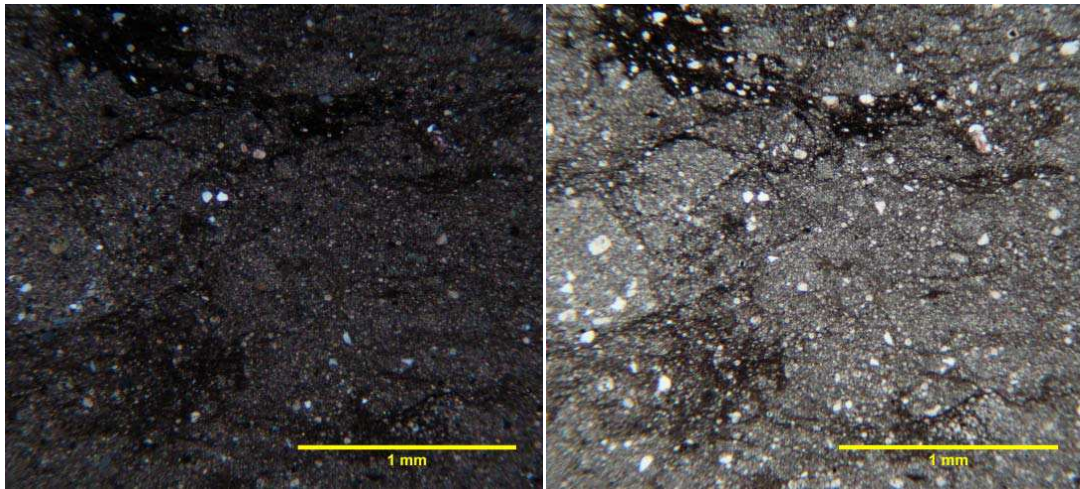
Četvrti litotip predstavljaju srednjezrnati i sitnozrnati klastiti. Tri uzorka su klasificirana kao pješčenjaci (areniti i grauvske), Lokve C-1, Lokve C-2b i Lokve C-4 (slike 4.32, 4.33 i 4.35), a jedan uzorak kao pelitna stijena - muljnjak, Lokve C-3 (slika 4.34). U pješčenjacima prevladavaju klasti kvarca te u manjoj mjeri plagioklasi. Uzorak se sastoji od dobro sortiranih klasta a njihov oblik varira od izrazito zaobljenih do izrazito uglatih. Vezivo je karbonatno, a podređeno ima i karbonatnih klasta. Opaki minerali su zastupljeni u manjoj mjeri.



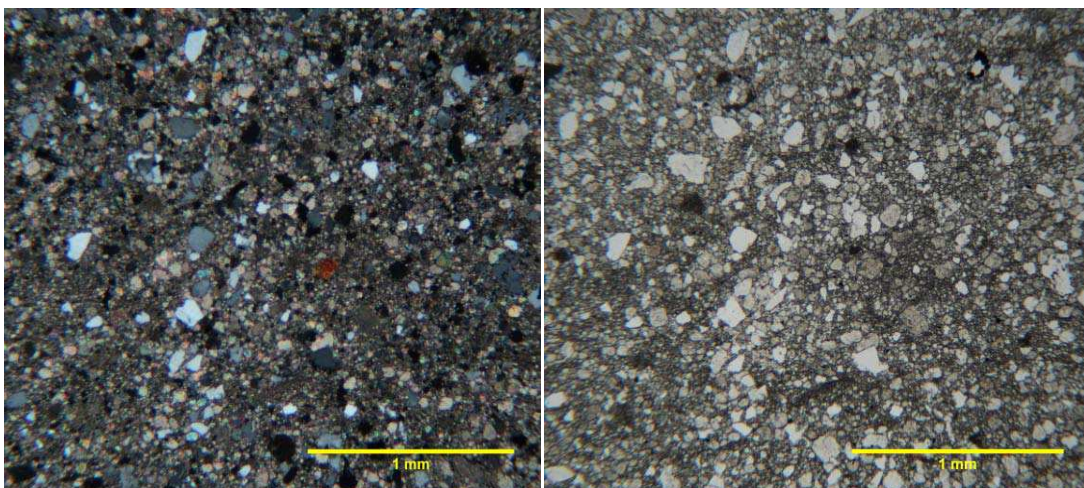
Slika 4.32. Mikrofotografije uzorka Lokve C-1, s uanalizatorom (a) i bez analizatora (b). Arenit.



Slika 4.33. Mikrofotografije uzorka Lokve C-2b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Grauvaka.



Slika 4.34. Mikrofotografije uzorka Lokve C-3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Pelitna stijena - muljnjak.

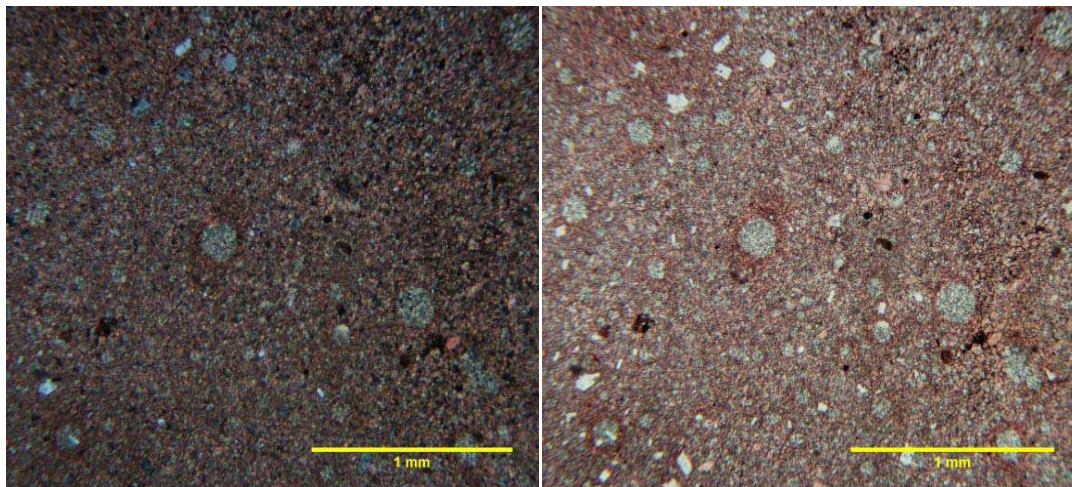


Slika 4.35. Mikrofotografije uzorka Lokve C-4, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Grauvaka.

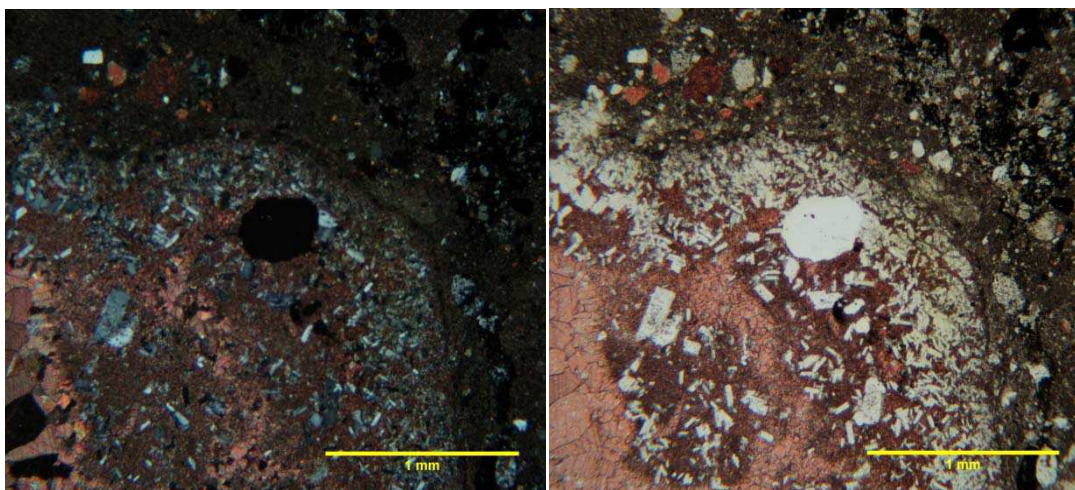
4.2.2 Lokalitet Vratnik

S lokaliteta Vratnik mikropetrografski su analizirana uzorci Vratnik 3 i Vratnik 4. Uzorak Vratnik 3 makroskopski je klasificiran kao pješčenjak koji sadrži vapnenačke klaste. Zbog toga su napravljena dva izbruska, Vratnik 3/1 (slika 4.36) i Vratnik 3/2 (slika 4.37). Uzorak Vratnik 3/1 je klasificiran kao rekristalizirani vapnenac i predstavlja izbrusak vapnenačkog klasta dok je uzorak Vratnik 3/2 klasificiran kao litična grauvaka. U sastavu uzorka Vratnik 3/2 mikroskopski se može uočiti kvarcni detritus. U klastima mogu se uočiti reakcijski rubovi kao i uglavnom okrugle šupljine u središtu zrna. U vapnenačkim litičnim fragmentima vide se štapići plagioklasa vjerojatno dijagenetskog porijekla. Litoklasti pripadaju rožnjacima i andezitima. Iz toga se može zaključiti da je taloženje

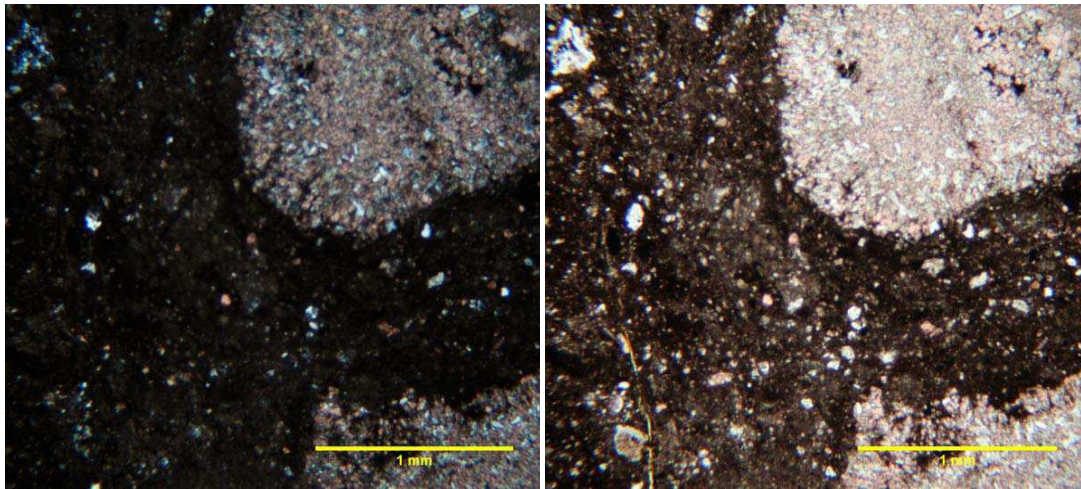
stijena bilo utjecano vulkanizmom. Uzorak Vratnik 4 (slika 4.38) je gotovo identičan uzorku Vratnik 3/2.



Slika 4.36. Mikrofotografije uzorka Vratnik 3/1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Rekrystalizirani vapnenac.



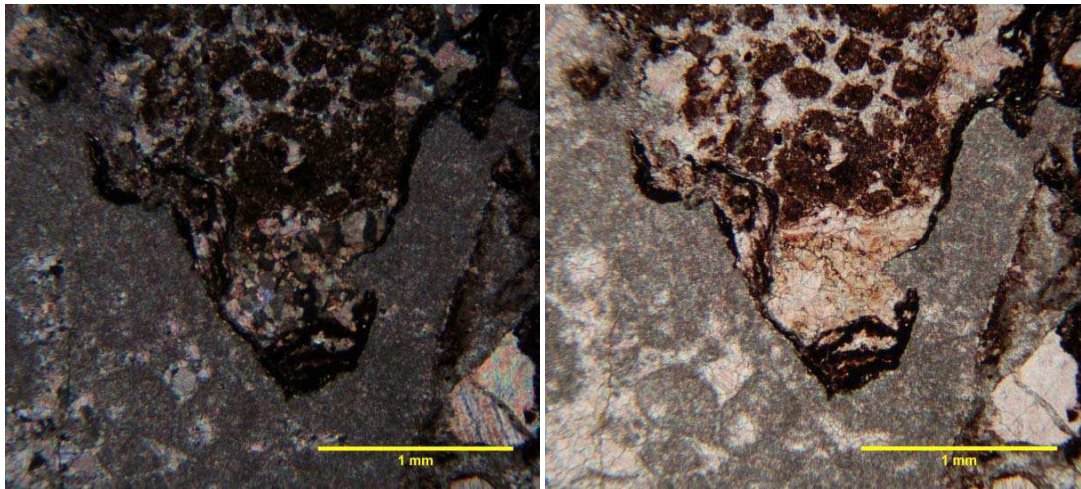
Slika 4.37. Mikrofotografije uzorka Vratnik 3/2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka.



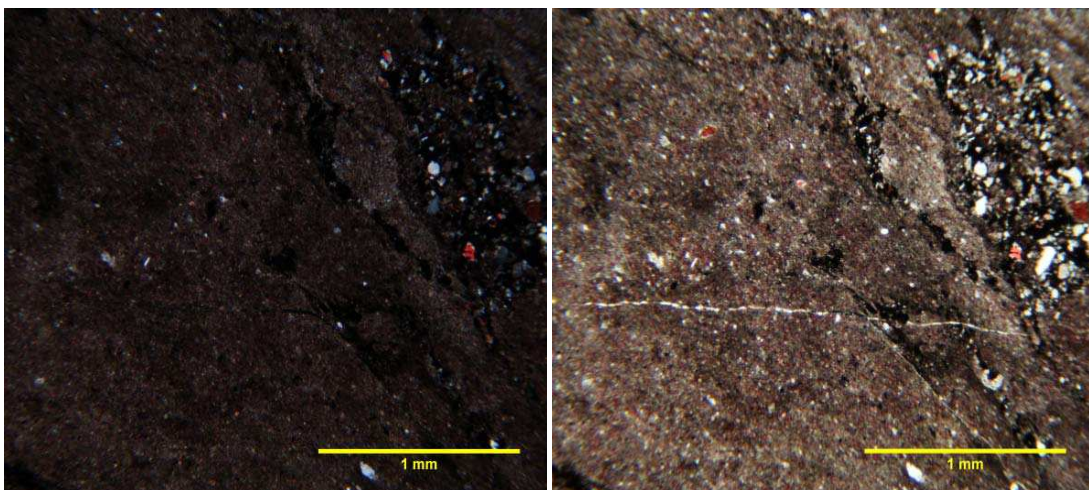
Slika 4.38. Mikrofotografije uzorka Vratnik 4, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka.

4.2.3 Lokalitet Klementa

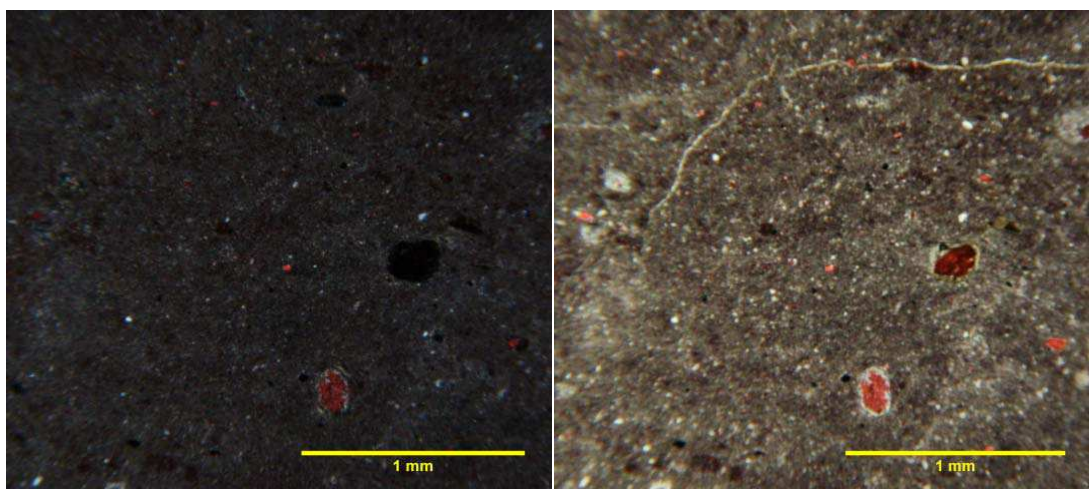
S lokaliteta Klementa analizirana su četiri uzorka, Klementa 1, Klementa 2b, Klementa 2c i Klementa 3. Uzorak Klementa 1 (slika 4.39) klasificiran je kao brečo-konglomerat. Matriks je glinovit, a zrna su vapnenačka, od kojih su poneka i rekristalizirana. U njima se vide fosili (ježinci). Osim kalcita, prisutni su i kvarc, plagioklasi te opaki minerali. Uzorci Klementa 2b i Klementa 2c (slika 4.40 i 4.41) su gotovo identičnog sastava. Klasificirani su kao muljnjac. Sadrže organsku tvar koja se pojavljuje u više tankih proslojaka. Mineralni sastav je vrlo sličan uzorku Klementa 1, ali su zrna puno sitnija. Uzorak Klementa 3 klasificiran je kao litoarenit. Vidljivi su kvarc, plagioklasi te litični fragmenti rožnjaka i vapnenaca, a sadrži i vulkansko staklo. Neki minerali kvarca imaju šupljine što vjerojatno predstavlja trag prisutnosti volatila tijekom kristalizacije kvarca.



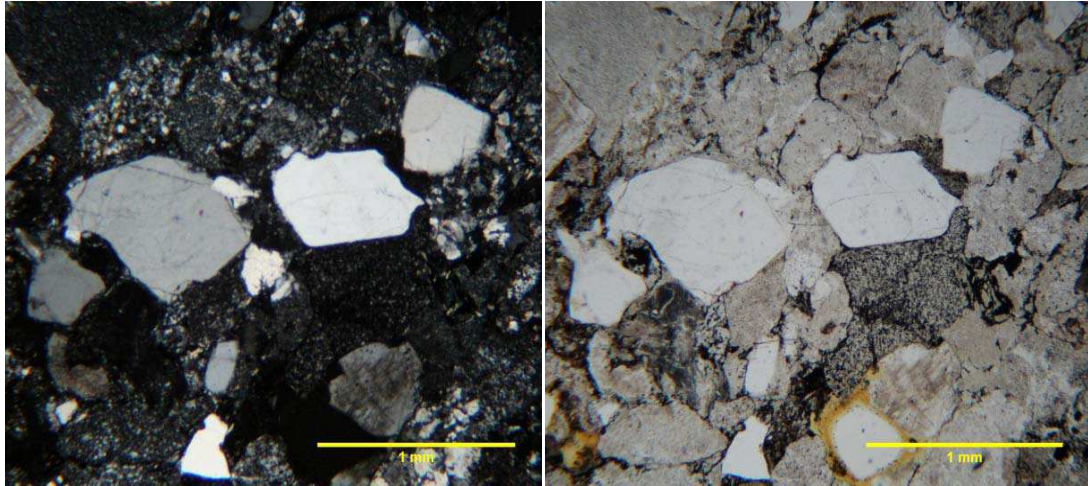
Slika 4.39. Mikrofotografije uzorka Klementa 1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Brečo–konglomerat.



Slika 4.40. Mikrofotografije uzorka Klementa 2b, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Muljnjak.



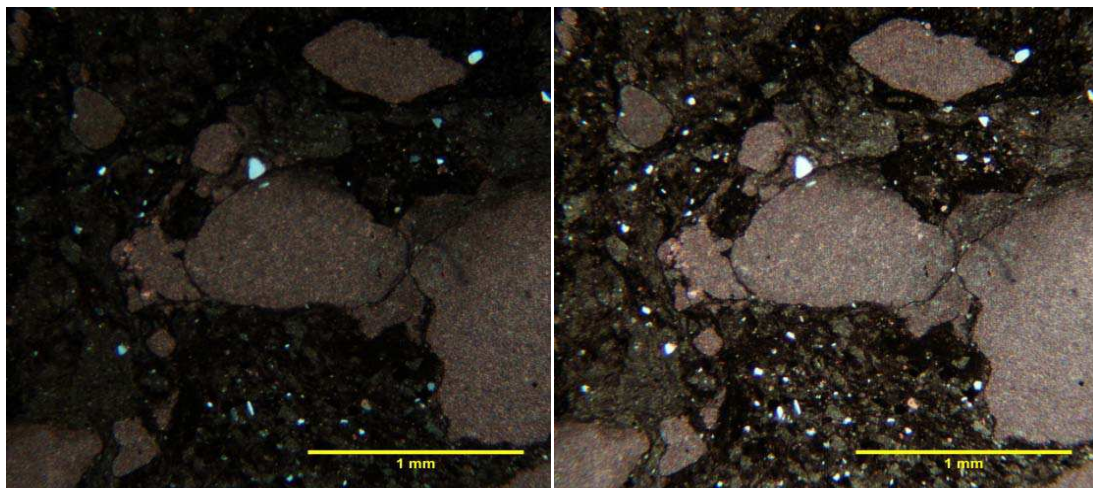
Slika 4.41. Mikrofotografije uzorka Klementa 2c, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Muljnjak.



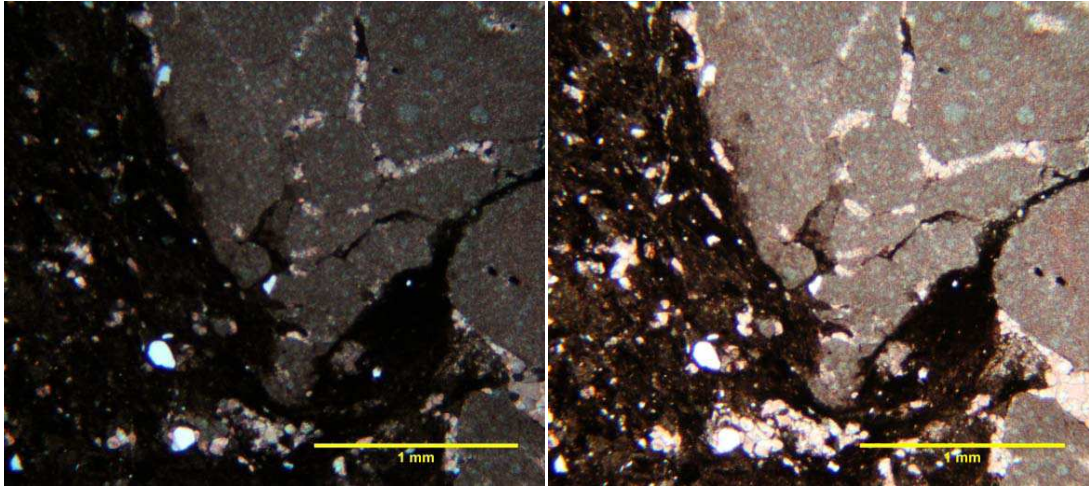
Slika 4.42. Mikrofotografije uzorka Klementa 3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litoarenit.

4.2.4 Lokalitet Bruvno

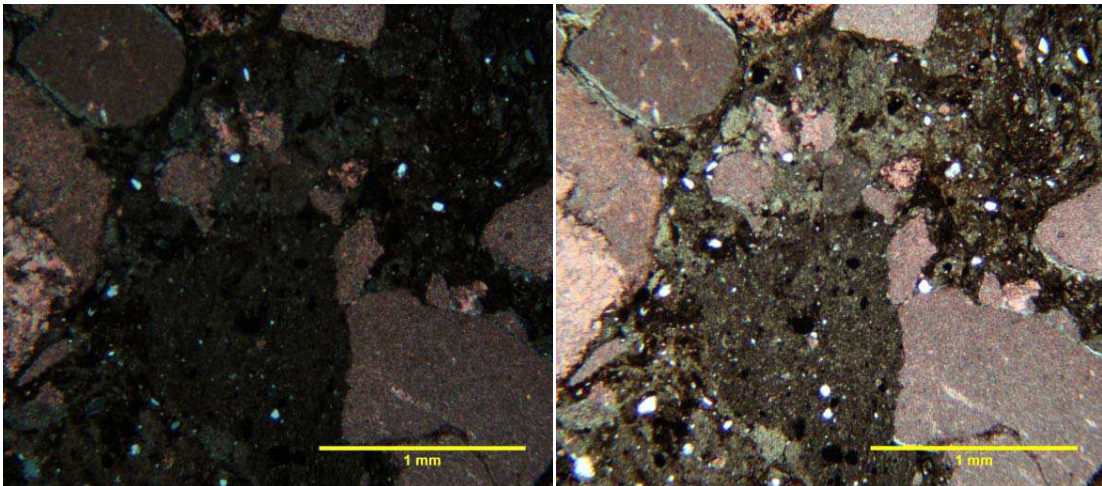
S lokaliteta Bruvno analizirana su ukupno četiri uzorka pješčenjaka (slike 4.43–4.46), ovi uzorci su petrografski vrlo slični. Matriks im je glinovit. Unutar matriksa se podređeno nalazi kvarc, plagioklasi, kalcit i opaki minerali. Krupni klasti su vapnenački po sastavu slični onima s lokaliteta Vratnik. Sva 4 uzorka su klasificirana kao litične grauvake.



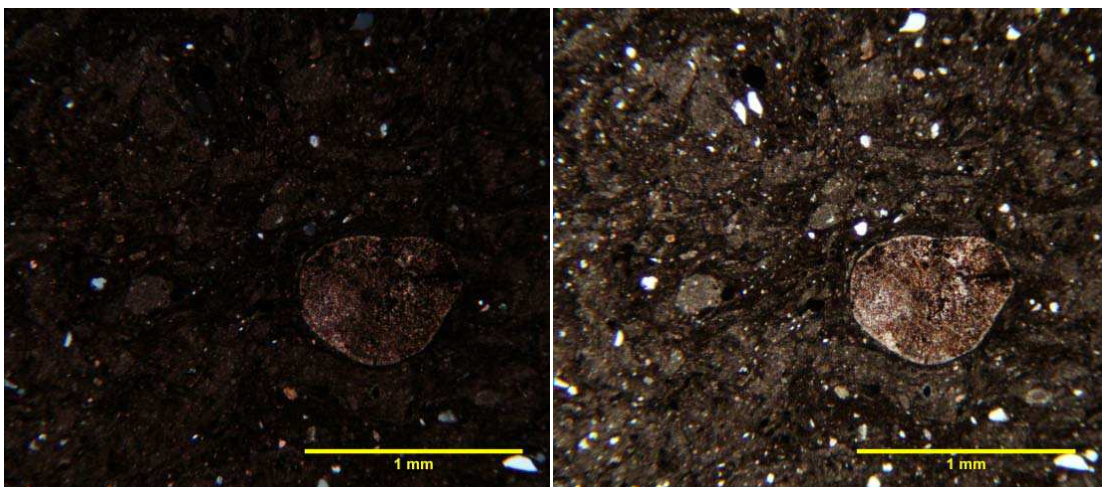
Slika 4.43. Mikrofotografije uzorka Bruvno 1, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvaka.



Slika 4.44. Mikrofotografije uzorka Bruvno 2, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvara.



Slika 4.45. Mikrofotografije uzorka Bruvno 3, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvara.

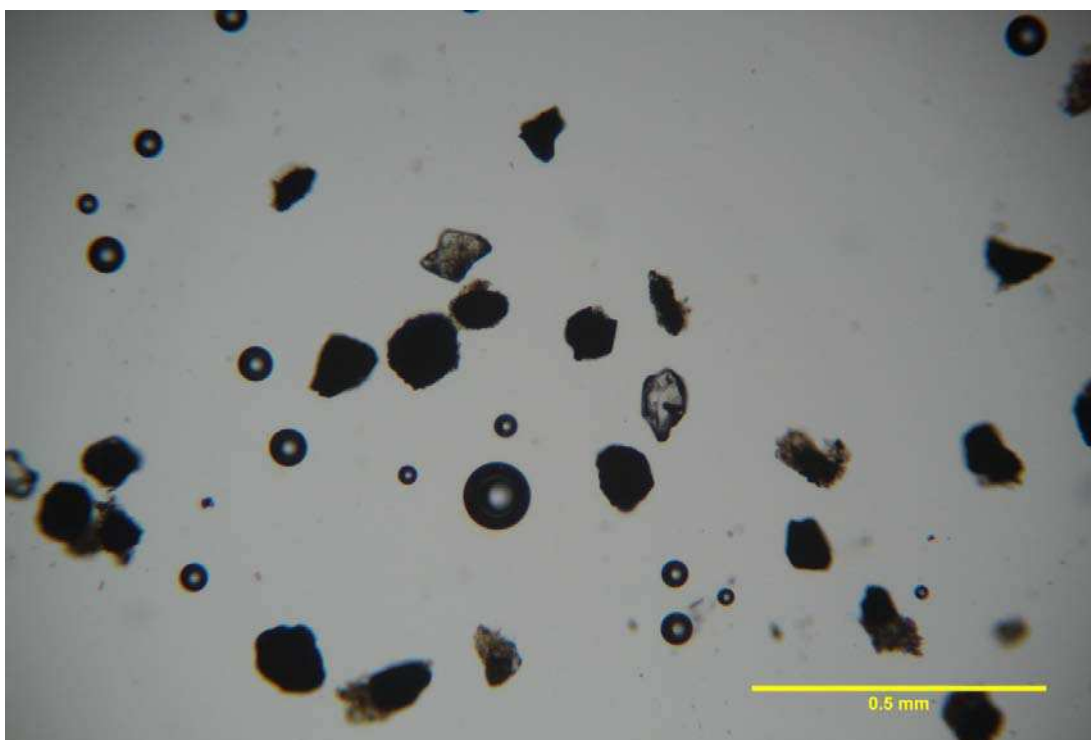


Slika 4.46. Mikrofotografije uzorka Bruvno 3a, s analizatorom (a) i bez analizatora (b). Litična grauvara.

4.3 Mikroskopska analiza teške mineralne frakcije

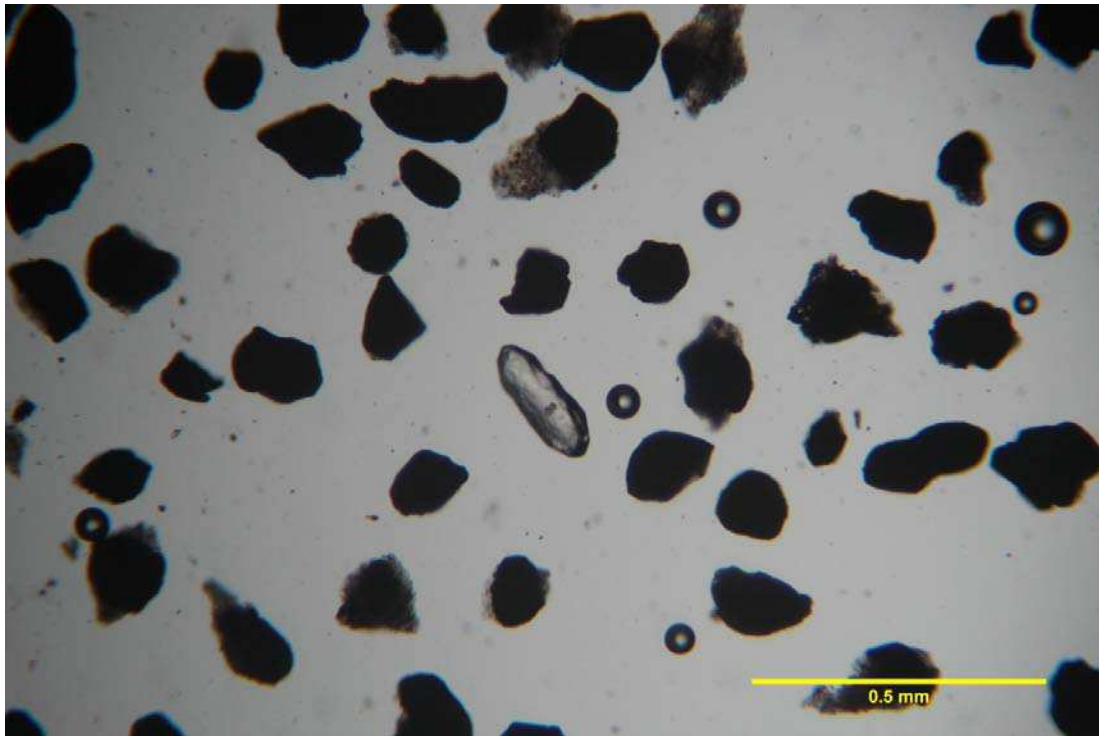
Mikroskopski je analizirana teška mineralna frakcija ukupno pet uzoraka pješčenjaka, sa sve četiri lokacije.

U uzorcima Lokve C-2b i Lokve C-4 određene su slične karakteristike sastava. Većina zrna je limonitizirana (oko 80%), dok su ostala prozirna zrna klasificirana kao muskovit, biotit, cirkon, turmalin, apatit, klorit i rutil. Zrna su većinom razlomljena i zaobljena, no ima i zrna cirkona s razvijenim terminalnim plohami. Zaobljena zrna upućuju na dug transport materijala, dok zrna pravilnih oblika upućuju na kratak transport pa je moguće da su postojala dva izvorišta materijala (slika 4.47).



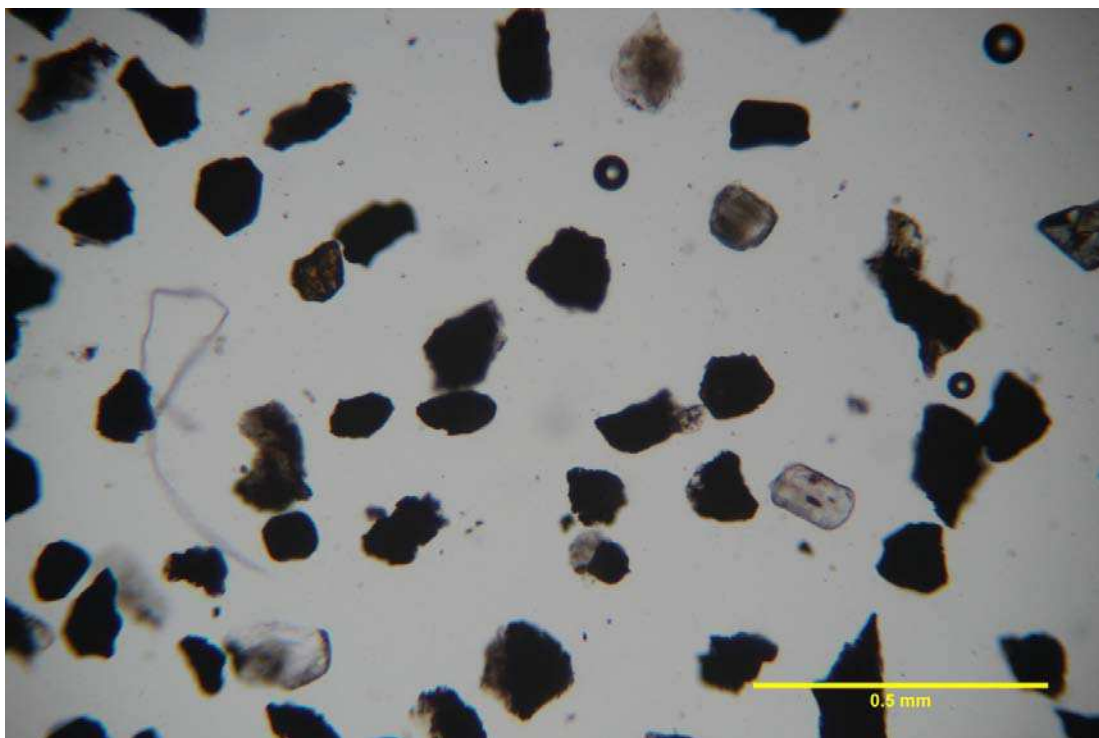
Slika 4.47. Mikrofotografija uzorka Lokve C-4.

U uzorku Vratnik 3 preko 90% sastava predstavlja opaka, limonitizirana, zrna. Određeni su i muskovit, biotit, cirkon i apatit. Zrna su većinom razlomljena i zaobljena, ali ima i zrna s razvijenim terminalnim plohami (slika 4.48).



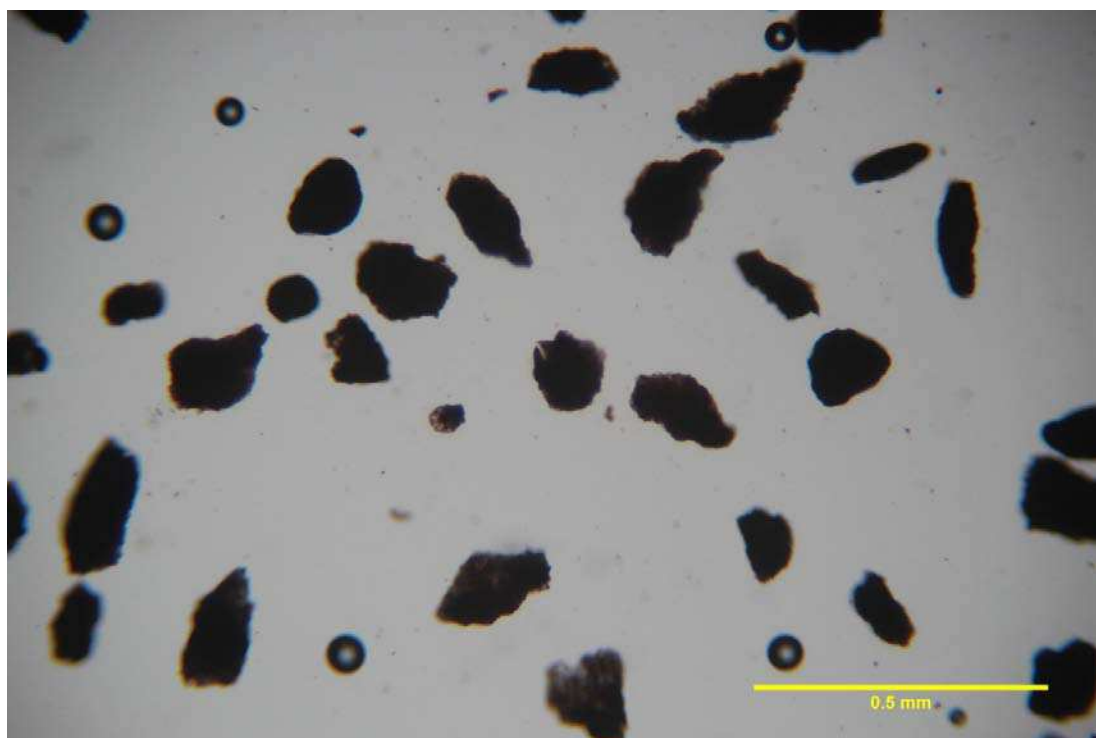
Slika 4.48. Mikrofotografija uzorka Vratnik 3.

U uzorku Klementa 3 oko 80% zrna je limonitizirano a od ostalih minerala određeni su muskovit, klorit, cirkon, turmalin, apatit i rutil. Zrna su većinom zaobljena i razlomljena no pojavljuju se i zrna cirkona i apatita s terminalnim plohamama (slika 4.49).



Slika 4.49. Mikrofotografija uzorka Klementa 3.

U sastavu uzorku Bruvno 2 preko 95% zrna predstavljaju limonitizirana opaka zrna. Ostatak prozirnih zrna je određeno kao cirkon i muskovit. Zrna cirkona se pojavljuju i kao zaobljena i kao zrna s razvijenim terminalnim plohamama (slika 4.50).



Slika 4.50. Mikrofotografija uzorka Bruvno 2.

4.4 Kalcimetrija

Rezultati kalcimetrije prikazani su tablicom (tablica 4.2).

Tablica 4.2. Prikaz rezultata kalcimetrije

| Uzorak Klementa 2c | | | | |
|--------------------|------------|------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0008 | 72 | 4267,3 | 30,07 |
| 2. | 1,0007 | 72 | 4267,3 | 30,07 |
| 3. | 1,0014 | 74 | 4267,3 | 31,54 |
| 4. | 1,0004 | 71 | 4267,3 | 30,28 |
| Uzorak Klementa 2b | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0015 | 61 | 4267,3 | 26,00 |
| 2. | 1,0012 | 64 | 4267,3 | 27,28 |
| 3. | 1,0023 | 66 | 4267,3 | 28,11 |
| 4. | 1,0024 | 67 | 4267,3 | 28,52 |
| Uzorak Vratnik 3/2 | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0002 | 65 | 4267,3 | 28,16 |
| 2. | 1,0003 | 66 | 4267,3 | 28,16 |
| 3. | 1,0003 | 65 | 4267,3 | 27,73 |
| 4. | 1,0002 | 66 | 4267,3 | 28,16 |
| Uzorak Bruvno 2 | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0004 | 130 | 4267,3 | 55,45 |
| 2. | 1,0001 | 129 | 4267,3 | 55,04 |
| 3. | 1,0007 | 131 | 4267,3 | 55,86 |
| Uzorak Lokve C-2b | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0000 | 46 | 4267,3 | 19,63 |
| 2. | 1,0000 | 47 | 4267,3 | 20,06 |
| 3. | 1,0000 | 47 | 4267,3 | 20,06 |
| Uzorak Lokve C-4 | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0012 | 71 | 4267,3 | 30,26 |
| 2. | 1,0011 | 72 | 4267,3 | 30,69 |
| 3. | 1,0011 | 73 | 4267,3 | 31,12 |
| 4. | 1,0011 | 72 | 4267,3 | 30,69 |
| Uzorak Lokve C-6 | | | | |
| Odvagani uzorak | Odvaga (g) | Volumen CO ₂ (ml) | Korekcijski faktor | CaCO ₃ (%) |
| 1. | 1,0013 | 74 | 4267,3 | 31,54 |
| 2. | 1,0018 | 78 | 4267,3 | 33,23 |
| 3. | 1,0007 | 75 | 4267,3 | 31,98 |
| 4. | 1,0009 | 75 | 4267,3 | 31,98 |

Uzorci koji su analizirani ovom metodom su makroskopski klasificirani kao pješčenjaci, a iz ovih rezultata vidljivo je da većina uzoraka ima znatan udio karbonata u svome sastavu. Dobiveni rezultati su okvirni, jer je ova metoda podložna pogreškama.

4.5 Rendgenska difrakcija na prahu

U tablicama (Tablica 4.3 i 4.4) su prikazani rezultati analize rendgenske difrakcije.

Tablica 4.3. Prikaz rezultata analize rendgenske difrakcije.

| UZORAK | KALCIT | DOLOMIT | KVARC | PLAGIOKLAS | K. FELSDSPAT | HEMATIT | TINJČASTI MINERALI | KLORIT | MIJEŠANOSLOJNI MINERALI | AMORFNA KOMPONENTA |
|-------------|--------|---------|-------|------------|--------------|---------|------------------------|--------|-------------------------|--------------------|
| Klementa 2c | 30 | - | 12 | 2 | ? | + | +++ | + / ++ | - | + |
| Klementa 2b | 28 | - | 15 | 4 | ? | + / ++ | +++ | + | - | + |
| Vratnik 3/2 | 26 | - | 21 | 18 | - | + / ++ | ? | + / ++ | + | + |
| Bruvno 2 | 57 | - | 10 | ? | - | + | ++ / +++ paragonit? | + | ? | + |
| Lokve C-2b | - | 26 | 30 | 19 | + | + | + / ++ | + | - / ? | + |
| Lokve C-4 | - | 51 | 15 | 6 | + | + | + / ++ | + | - | + |
| Lokve C-6 | - | 55 | 9 | 3 | ? | + | + / ++ | + | + | + |

Tablica 4.4. Prikaz rezultata analize rendgenske difrakcije neotopljenog ostatka.

| UZORAK | Udio N.O. | KALCIT | DOLOMIT | KVARC | PLAGIOKLAS | K. FELSDSPAT | HEMATIT | TINJČASTI MINERALI | KLORIT | MIJEŠANOSLOJNI MINERALI | AMORFNA KOMPONENTA |
|-------------|-----------|--------|---------|-------|------------|--------------|---------|--------------------|--------|-------------------------|--------------------|
| Klementa 2c | 70 | | | 17 | 3 | ? | + | +++ | ++ | '- | + |
| Klementa 2b | 71 | | | 21 | 6 | ? | ++ | +++ | + | - | + |
| Vratnik 3/2 | 73 | | | 29 | 24 | - | ++ | ? | + / ++ | + / ++ | + |
| Bruvno 2 | 43 | | | 24 | ? | - | ++ | +++ paragonit? | + / ++ | ? | + |
| Lokve C-2b | 73 | | | 41 | 26 | + | + | ++ | + | - / ? | + |
| Lokve C-4 | 49 | | | 31 | 13 | + | + / ++ | +++ | + | - | + |
| Lokve C-6 | 44 | | | 21 | 7 | ? | ++ | +++ | + | + | + |

U analizi rendgenskih snimaka u tablicama su za određene komponente upisane odgovarajuće vrijednosti koje predstavljaju procijenjeni postotak komponente u sastavu uzorka (tablice 4.3 i 4.4). Za komponente koje nije bilo moguće procijeniti u kojem postotku su zastupljene u sastavu uzorka, upisani su određeni znakovi. Znak '-' označava da takve komponente nema u uzorku. Znak '?' označava da se za određenu komponentu ne može točno odrediti da li je prisutna u uzorku, odnosno potrebne su daljnje analize ili je potrebno koristiti neku drugu metodu. Znak '+' označava da je komponenta prisutna u malim količinama u uzorku. Znak '++' označava da je komponenta prisutna u znatnim količinama dok znak '+++' označava visok udio komponente u uzorcima.

U tablici 1 je vidljivo da uzorci Klementa 2c, Klementa 2b, Vratnik 3/2 i Bruvno 2 kao karbonatnu komponentu u sastavu imaju kalcit, dok uzorci Lokve C-2b, Lokve C-4 i Lokve C-6 sadrže dolomit. Uočljivo je da na lokalitetu Lokve, gdje je snimljen i geološki

stup Lokve (prilozi 1 i 2), udio kvarca opada u mlađim naslagama, dok udio dolomita raste. Uzorak Bruvno 2 sadrži najviši udio kalcita, 57%. Hematit je prisutan u svim uzorcima, iako je interpretacijom XRD-a vrlo upitno je li prisutan u uzorku Klementa 2c. No makroskopskim pregledom zaključeno je da uzorak ipak sadrži hematit (prema crvenoj boji uzorka). Uzorak Vratnik 3/2 sadrži najviše hematita. Za isti uzorak nije moglo sa sigurnošću biti određeno da li sadrži tinjčaste minerale. U ostalim uzorcima su oni detektirani sa sigurnošću. Miješanoslojni minerali su prisutni u uzorcima Vratnik 3/2 i Lokve C-6, dok ih u ostalim uzorcima nema ili su upitni. Svi uzorci sadrže klorit, a najviše ga ima u uzorku Klementa 2c. Kalijski feldspati sa sigurnošću su određeni jedino u sastavu uzoraka Lokve C-2b i Lokve C-4. Plagioklasi su prisutni u skoro svim uzorcima, a u većoj mjeri prisutni su jedino u uzorcima Lokve C-2b i Vratnik 3/2. Jedino u uzorku Bruvno 2 plagioklasi nisu mogli biti sa sigurnošću određeni.

5. RASPRAVA REZULTATA

U ovome radu analizirane su petrografske i mineraloške karakteristike gornjetrijaskih naslaga Gorskog kotara i Like, prema snimljenim sljedovima naslaga i pojedinačnim uzorcima s lokaliteta Lokve, Vratnik, Klementa i Bruvno.

Na lokalitetu Lokve snimljena su tri slijeda naslaga i prikazana su geološkim stupovima A, B i C (prilozi 1 i 2). Naslage u sljedovima su međusobno korelirane prema njihovim litostratigrafskim karakteristikama i međusobnim odnosima slojeva. Najstarije naslage su uglavnom sitnozrnati te srednjezrnati klastiti. Oni sadrže 20-34 % karbonata (tablica 4.2), dominantno dolomita, što je potvrđeno XRD analizama (tablica 4.3). U mlađem dijelu naslaga izmjenjuju se dolomiti i klastiti, a u vršnim dijelovima slijeda prisutni su isključivo dolomiti. Uočeno je smanjenje i potom prestanak donosa siliciklastičnog materijala te konačna prevlast karbonatne sedimentacije, što ukazuje na značajne promjene uvjeta u okolišu. Kako na ovim naslagama slijede debele naslage gornjetrijaskog „Hauptdolomita“, ovakve promjene ukazuju na postupno oplićavanje i formiranje plitkomorskih karbonatnih okoliša (laguna i plićaka). Zamiranjju klastične sedimentacije pogoduje smirivanje tektonike koja je bila povezana sa srednjetrojaskim vulkanizmom, a koji krajem srednjeg trijasa konačno prestaje (LUGOVIĆ i MAJER, 1983).

Na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno uočena je izmjena krupnozrnatih, srednjezrnatih i sitnozrnatih klastita. su Slijedovi, u pravilu, započinju konglomeratima, koji prelaze u pješčenjake i na kraju u pelitne sedimente (slike 4.8, 4,9 i 4.10). U svim uzorcima je ustanovljen određeni postotak karbonatne komponente (tablica 4.3). No, za razliku od lokaliteta Lokve gdje su od karbonata prisutni isključivo dolomiti, u uzorcima s ostalih lokaliteta prisutan je kalcit. Za pretpostaviti je da su naslage na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno nastale u sličnim okolišima, što naročito vrijedi za lokalitete Klementu i Bruvno, s obzirom na njihove petrološke i mineraloške karakteristike. Taloženi materijal vjerojatno je nastao erozijom srednjetrojaskih stijena.

Na lokalitetu Vratnik istraživane naslage naliježu na srednjetrojaskie vulkanske stijene. U preparatima je vidljivo da uzorci sadrže i vulkanski materijal (slike 4.36, 4.37, 4.38), što upućuje da su srednjetrojaskie vulkanske stijene u podini bile izvorište, ili jedan od izvorišta, materijala. Također je pretpostavljeno taloženje u neposrednoj blizini

izvorišta materijala, odnosno kratki transport, na što ukazuju karakteristike zrna u izbruscima (slika 4.37). U teškoj frakciji uočavaju se zrna oštih rubova i s razvijenim terminalnim plohama, ali i zaobljena nepravilna zrna (slika 4.48), što može ukazivati i na više izvorišta materijala. Zaobljena i fragmentirana zrna ukazuju na duži transport materijala, ili na njihovo pretaloživanje iz starijih sedimentnih stijena.

Relativna starost istraživanih naslaga pomoću fosilnog sadržaja mogla bi biti eventualno određena samo za slijed naslaga na lokalitetu Lokve, s obzirom na prisustvo fosila u dolomitima, odnosno njihov nedostatak u klastitima s ostala tri lokaliteta. Zbog činjenice da u vršnom dijelu stupa Lokve (prilozi 1 i 2) prevladavaju dolomiti, za pretpostaviti je da se radi o vršnom dijelu podinskih naslaga Jadranske karbonatne platforme (prema VLAHOVIĆ et al, 2005). Prema tome, naslage s lokaliteta Lokve su stratigrafski mlađe u odnosu na naslage s ostalih triju lokaliteta.

Mikropetrografskom analizom potvrđena je sličnost petrografskih karakteristika klastita na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno (slike 4.39 i 4.44). Klastiti s lokaliteta Lokve pokazuju drugačije karakteristike (slika 4.35). U njima su karbonati prisutni uglavnom kao cement, dok su u klastitima s ostalih lokaliteta karbonati uglavnom valutice starijih erodiranih vapnenaca.

Mikropetrografskom analizom izdvojena su tri litotipa dolomita:

(litotip L1) **Dolobiolititi** (slike 4.17, 4.18, 4.19) predstavljaju dolomite s očuvanom stromatolitnom laminacijom i desikacijskim pukotinama, koji su taloženi u intertajdalnim do supratajdalnim okolišima;

(litotip L2) **Rekristalizirani dolomiti** (slike 4.20 i 4.21), primarno dolomikriti, koji su vjerojatno taloženi u subtajdalu, a u slijedu naslaga pojavljuju se neposredno nakon klastita. Tako bi mogli pretpostaviti da su se i peliti taložili u marinskom okolišu, zapunjavajući bazen;

(litotip L3) **Dolomiti s fosilima** (slike 4.25, 4.27 i 4.28) su nastajali u relativno dubljem okolišu u odnosu na dolobiolitite i rekristalizirane dolomite;

Također su izdvojeni i različiti **Pelitni i arenitni klastiti** (litotip L4) (slike 4.32 i 4.33), koji dolaze u izmjeni s dolomitima.

Mikroskopskom analizom teške frakcije utvrđeno je da u uzorcima svih lokaliteta dominiraju limonitizirana zrna, a od prozirnih zrna su prepoznati cirkoni, apatiti, turmalini, rutili, muskoviti te bitotiti (slika 4.49). Za sve uzorke je tipično da su prisutna djelomično razlomljena i zaobljena zrna, a tek manjim dijelom su zastupljena zrna pravilnih oblika s vidljivim terminalnim plohamama. Stoga se za većinu sedimenta pretpostavlja duži transport, a vjerojatno je postojalo i više izvorišta materijala. Zrna cirkona pravilnih terminalnih ploha mogla su biti generirana iz magmatskih i/ili vulkanoklastičnih naslaga srednjega trijasa. Prisustvo fragmentiranih i potpuno zaobljenih cirkona moguće predstavlja materijal nastao erozijom starijih sedimentnih stijena bogatih cirkonima. Datiranjem zrna cirkona s razvijenim terminalnim plohamama bi se mogla odrediti i starost klasta, a modalnom analizom njihova sastava, njihova izvorišna područja, kako je npr. za permske naslage Velebita opisano u SUDAR i dr. (2016).

Na svim lokalitetima primjetno je da je klastični materijal sličan po mineralnom sastavu. Svi uzorci sadrže kvarc, plagioklas, hematit, klorit i tinjčaste minerale. Ovakva mineralna asocijacija ukazuje na trošenje magmatskih ili sedimentnih stijena.

Prijašnja istraživanja dala su vrlo slične rezultate, s manjim razlikama u klasifikaciji. Tako je u Tumaču OGK za list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1983) opisan slijed naslaga u kojima se izmjenjuju dolomiti, pješčenjaci i dolomitni peliti, a koji odgovara slijedu naslaga snimljenog geološkog stupa na lokalitetu Lokve (prilog 1 i 2). U Tumaču OGK za list Rab (MAMUŽIĆ i dr., 1966) opisan je slijed gornjetrijaskih naslaga identičan slijedu stijena koje su uzorkovane na lokalitetu Vratnik (slika 3.2), odnosno opisani su konglomerati s valuticama vapnenaca te pješčenjaci koji sadrže kvarc, feldspate i ulomke eruptiva, što je potvrđeno i rezultatima ovoga istraživanja. U Tumaču OGK za list Gospić (SOKAČ i dr., 1976) također su opisane naslage vrlo slične naslagama uzorkovanim na lokalitetu Klementa (slika 3.3). Kao najzastupljeniji član gornjetrijaskih naslaga naveden je *„finozrnasti crveni vapnovito–glinoviti sediment. U sastav im ulaze: kvarc, ilit, plagioklasi, hematit, a rjeđe kaolinit i klorit. Postotak CaCO₃ varira od 17 do 49%, ali najčešće ne prelazi 25%.“* Ovim istraživanjem određen je vrlo sličan sastav (tablica 4.3 i 4.4). ŠČAVNIČAR i ŠUŠNJARA (1967) opisuju karničke pješčenjake na području Lokvi kao klastite, ljubičastocrvene do rjeđe sive boje, a od donjetrijaskih klastita se razlikuju po nedostatku tinjaca u sastavu. Kao osnovnu karakteristiku navode feldspatski karakter i prisustvo eruptivnog neprerađenog kvarca. U postotcima navode sastav: kvarc 36,18%, feldspati 18,85%, čestice stijena 10,92%, klorit i muskovit 0,18% te karbonatni

cement 29,16%, kvarcni cement 0,48% i hematitni cement 4,24%. Usporedbom s rezultatima XRD analiza iz ovoga rada (tablica 4.3 i 4.4) može se primijetiti sličnost sa spomenutim rezultatima. Također, gore spomenuti autori navode da su iz grupe prozirnih teških minerala prisutni cirkon i turmalin. Za cirkon tvrde da je krupniji, prizmatski izdužen te pretežno nezaobljen. Ovim istraživanjem je, uz cirkon i turmalin, određen i apatit (slika 4.47). Zrna apatita su većinom razlomljena i zaobljena, no prisutna su i zrna s razvijenim terminalnim plohamama.

Iz ovih rezultata može se zaključiti da su gornjetrijaske naslage opisane u ovome radu nastale u mješovitom, karbonatno-klastičnom, plitkom marinskom okolišu, dakle okolišima karbonatne platforme ili rampe. Vjerojatno je tim mješovitim materijalom bio ispunjavan prostor koji je bio međusobno povezan, jer je sastav i makroskopski izgled stijena na svim istraživanim lokalitetima vrlo sličan. Klastiti se u slijedu naslaga koji sadrži karbonate (stup Lokve – prilozi 1 i 2) pojavljuju periodično, a razlog tome bi mogla biti povremeno uspostavljanje uvjeta pogodnih za taloženje karbonata. U svim prijašnjim radovima o istraživanom području autori navode konglomerate kao podlogu te dolomite kao krovinu ovoga slijeda naslaga pa se i iz toga može pretpostaviti da je tijekom mlađega trijasa na području Gorskog kotara i Like prevladavao okoliš sa sličnim sedimentacijskim uvjetima. To je u skladu i sa zaključcima koje navodi BABIĆ (1968) i koji iznosi dokaze o transgresiji u gornjem trijasu te zaključuje da je na ovome području prevladavala plitkomorska sedimentacija, a bila je prekidana povremenim izdizanjem dna bazena iznad vode. Ostaje upitno je li dno bazena izdizano iznad vode tektonikom ili je karbonatna sedimentacija prekinuta taloženjem sitno i srednjezrnatih klastita u plitki marinski okoliš u trenucima kada je siliciklastični materijal raspoloživ? Prestankom donosa klastita talože se dolomiti u subtajdalnim te intertajdalnim do supratajdalnim okolišima. Taložni okoliši gornjega trijasa u Gorskom kotaru i Lici ispunjeni crvenim klastitima zaravnali su područje, na kojem se potom razvija karbonatna sedimentacija obilježena dugotrajnom sedimentacijom debelih slojeva „Hauptdolomita“.

6. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu istraživane su gornjotrijaske naslage područja Gorskog kotara i Like. Istraživanje je provedeno na lokalitetima Lokve, Vratnik, Klementa i Bruvno.

Stijene su najprije makroskopski klasificirane na terenu te su uzeti uzorci za analize. Na lokalitetu Lokve snimljen je geološki stup koji prikazuje ritmičku izmjenu klastita i dolomita (prilozi 1 i 2). Nakon toga uzorci su mikropetrografski analizirani te im je određen mineralni sastav. Mikropetrografskom analizom teške frakcije određena su zrna koja se nalaze u uzorcima a napravljena je i kalcimetrija i rendgenska difrakcija u prahu.

Svi uzorci klastita imaju sličan sastav a karbonatna komponenta nalazi se u svim uzorcima pa je zaključeno da su naslage taložene u sličnim sedimentacijskim uvjetima odnosno u plitkomorskom taložnom okolišu s miješanom karbonatno-klastičnom sedimentacijom. Pretpostavljeno je da su naslage na lokalitetu Lokve mlađe od naslaga na ostalim lokalitetima, zbog dominantno dolomitnih stijena u gornjem dijelu slijeda.

Rezultati pokazuju da je bilo više izvorišta siliciklastičnog materijala, a materijal je vjerojatno iz srednjotrijaskih naslaga. Analize teške mineralne frakcije ukazuju na djelomično podrijetlo izvorišnog materijala iz vulkanskih stijena za klastite na lokalitetima Vratnik, Klementa i Bruvno. No, mehanizam transporta i taloženja nije definiran obzirom na nedostatak tekstura, i nemogućnosti snimanja kompletnih slijedova naslaga. Odnosno, i dalje otvorenim ostaje pitanje da li je bazen periodično bio izdizan iznad razine vode pod utjecajem tektonike ili je pak karbonatna sedimentacija bila prekidana u trenutku kada je siliciklastični materijal bio raspoloživ i taložen u plitki marinski okoliš, što može biti predmet budućih istraživanja.

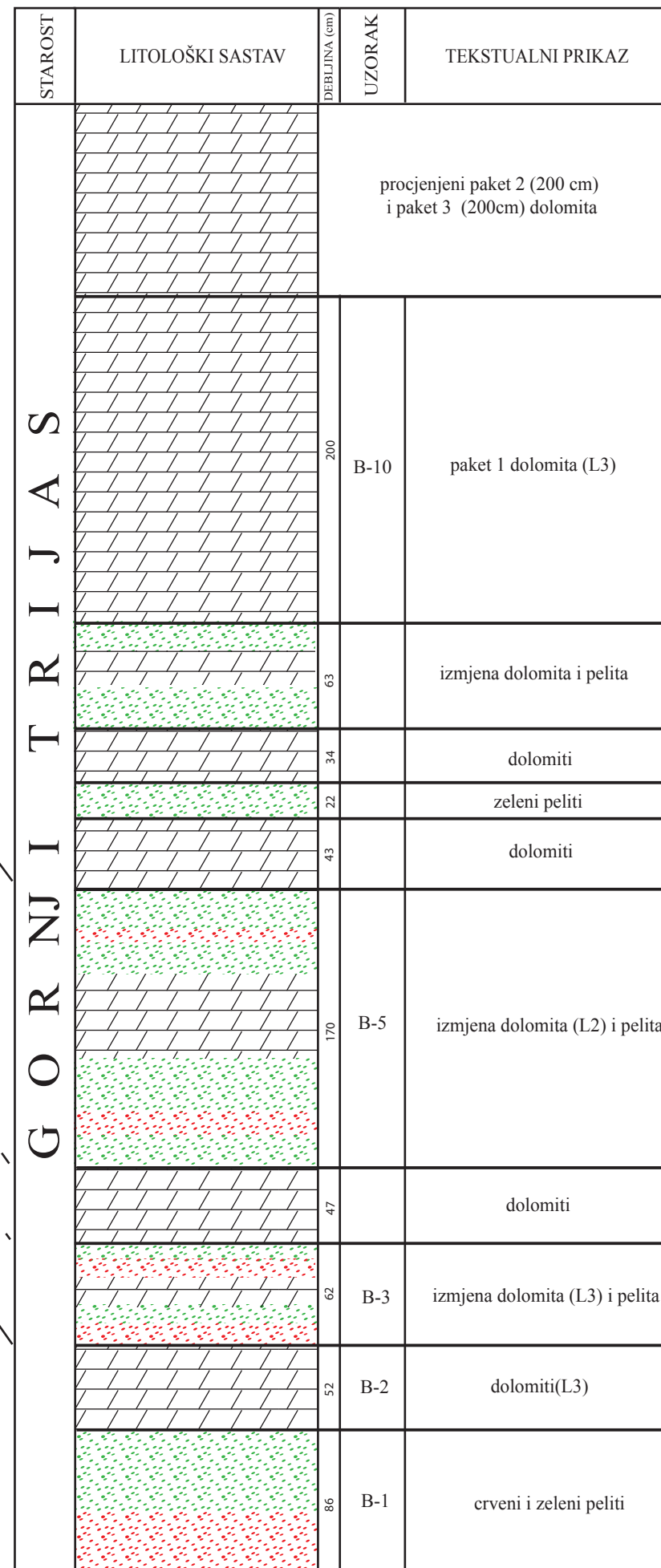
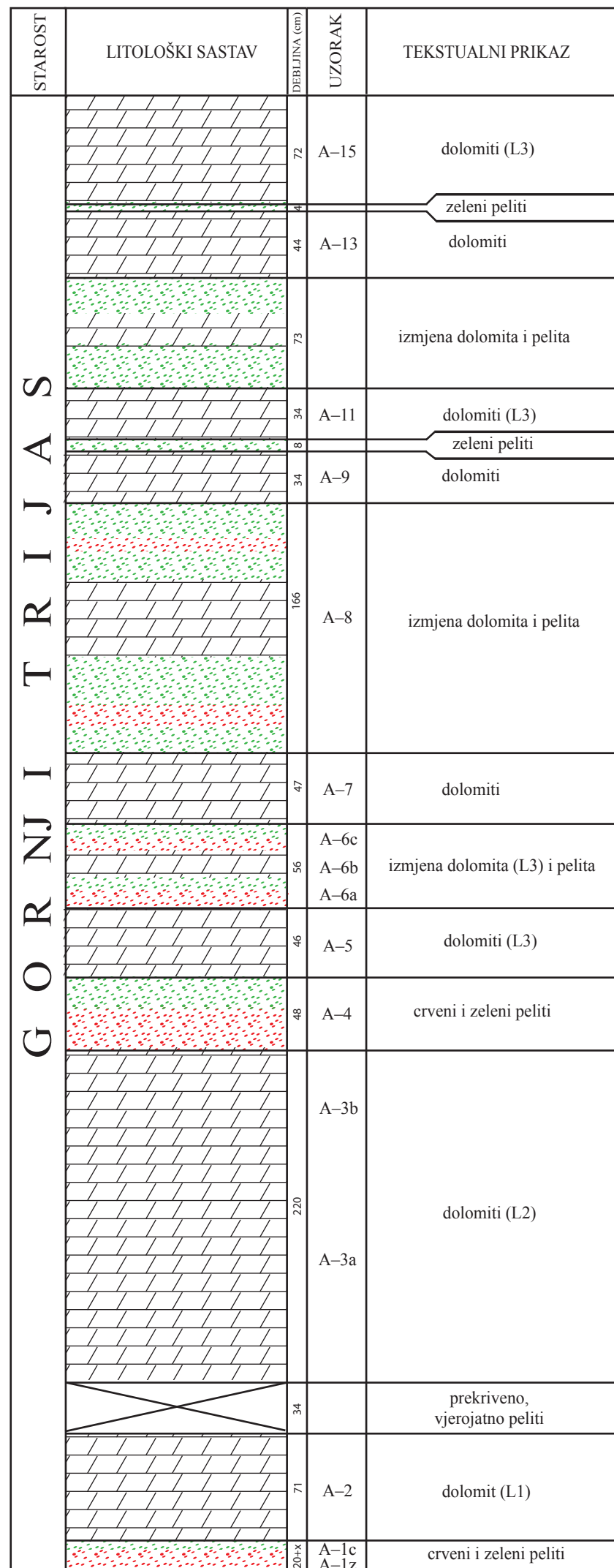
7. LITERATURA

- ALJINOVIĆ, D., 2013. *Skripta za kolegij Metode istraživanja sedimentnih stijena*. Zagreb: Arhiv RGN fakulteta.
- BABIĆ, 1968. *O trijasu Gorskog kotara i susjednih područja*. Geološki vjesnik 21 (za 1967), Zagreb.11–16.
- DUNHAM, J.B., 1962. *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*, u: Ham, W. E. (ur.) *Classification of Carbonate Rocks*, AAPG Memoir, 108–121.
- EVAMY, H.P., SHEARMAN, D. J., 1962. *The application of chemical staining techniques to the study of diagenesis in limestones*, Proc. Geol. Soc. London, br. 1599, 102–103.
- FOLK, L.R., 1959. *Practical petrographic classification of limestones*. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. Mem., 43, 1–38.
- FOLK, L.R., 1962. *Spectral subdivision of limestone types*, u: Ham, W. E. (ur.) *Classification of Carbonate Rocks: AAPG Memoir*, br. 1, 62–84.
- GRBIĆ, M., 2000. *Petrološko–sedimentološke karakteristike gornjotrijaskih sedimentnih stijena na profilima Vratnik i Kula u okolici Senja*. Diplomski rad. Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- LUGOVIĆ, B., & MAJER, V., 1983. *Eruptivi Senjske drage (Vratnika) kod Senja (SR Hrvatska, Jugoslavija)*. Geološki vjesnik, 36, Zagreb.157–181.
- MAMUŽIĆ, P. & MILAN, A., 1966. *Osnovna geološka karta 1:100 000: Tumač za list Rab, L 33 – 114*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- MAMUŽIĆ, P., MILAN, A., KOROLJA, B., BOROVIĆ. I., & MAJCEN, Ž., 1966. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Rab, L 33 – 114*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. & SIEVER, R., 1972. *Sand and sandstone*. New York: Springer-Verlag.
- PRPIĆ, I., 2000. *Mineraloško–petrografske karakteristike gornjotrijaskih klastično–karbonatnih naslaga Senjske drage*. Diplomski rad. Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- SAVIĆ, D. & DOZET, S., 1983. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Delnice, L 33 – 90*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.

- SAVIĆ, D. & DOZET, S., 1983. *Osnovna geološka karta 1:100 000: Tumač za list Delnice, L 33 – 90*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- SLOVENEČ, D., 2011. *Opća mineralogija*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- SOKAČ, B., NIKLER, L., VELIĆ, I. & MAMUŽIĆ, P., 1974. *Osnovna geološka karta 1:100000, list Gospić K 33-127*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd, 18–23.
- SOKAČ, B., ŠČAVNIČAR, B. & VELIĆ, I., 1976. *Osnovna geološka karta 1:100000: Tumač za list Gospić, K 33 – 127*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J. & BAHUN, S., 1965. *Osnovna geološka karta 1:100 000: Tumač za list Udbina, L 33 – 128*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- SUDAR, V., ALJINOVIĆ, D., SMIRČIĆ, D., BARUDŽIJA, U., 2016. *Composition and provenance of Gröden sandstone from the Velebit Mts*. RGN Zbornik, 31, Zagreb, 53–67.
- ŠČAVNIČAR, B. & ŠUŠNJARA, A., 1967. *Geološka i petrografska istraživanja trijaskih naslaga u Gorskom kotaru (Područje Lokve–Gerovo)*. Geološki vjesnik 20 (za 1966), Zagreb. 87–103
- ŠUŠNJAR, M., SOKAČ, B., BAHUN, S., BUKOVAC, J., NIKLER J., & IVANOVIĆ, A., 1965. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Udbina, L 33 – 128*. Zagreb: Savezni geološki zavod, Beograd.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. I MATIČEĆ, D. (2005): *Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics*. Paleogeography, 220, 333–360

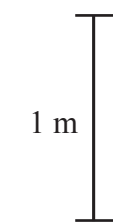
STUP A

STUP B

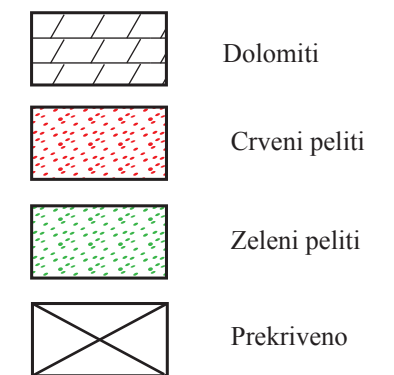


Prilog 1. Slijed naslaga na lokalitetu Lokve – Stupovi A i B

MJERILO

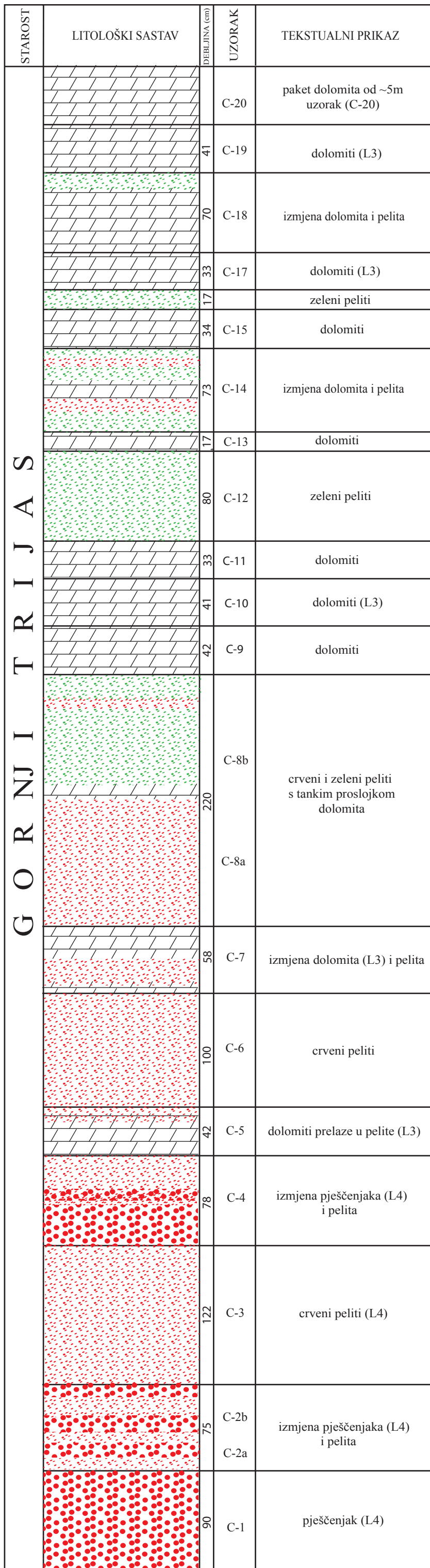


TUMAČ OZNAKA



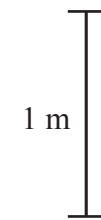
LEGENDA:
 Mikroskopski klasificirani litotipovi:
 Litotip L1 - Dolobiolitit
 Litotip L2 - Rekrystalizirani dolomit
 Litotip L3 - Dolomikrit/dolosparit s fosilima
 Litotip L4 - Srednjezrnasti i sitnozrnasti klastiti

STUP C

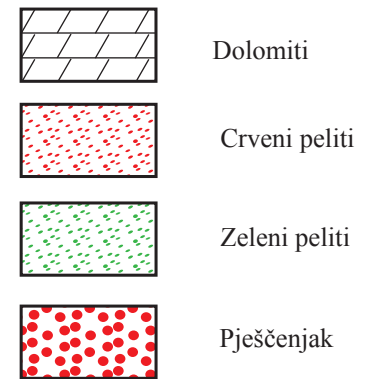


Prilog 2. Slijed naslaga na lokalitetu Lokve – Stup C

MJERILO



TUMAČ OZNAKA



LEGENDA:

- Mikroskopski klasificirani litotipovi:
- Litotip L1 - Dolobiolitit
- Litotip L2 - Rekrystalizitani dolomit
- Litotip L3 - Dolomikrit/dolosparit
- Litotip L4 - Srednjeznasti i sitnoznasti klastiti