Strukturno-geološka analiza u zoni Vrbovskoga rasjeda u Gorskom kotaru

Šegović, Filip

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:169:292993

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







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

Strukturno-geološka analiza u zoni Vrbovskoga rasjeda u Gorskom kotaru

Završni rad

Filip Šegović
GI 2149

Zagreb, 2020

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet Završni rad

Strukturno-geološka analiza u zoni Vrbovskoga rasjeda u Gorskom kotaru

Filip Šegović

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Ovim radom načinjena je geološka i strukturna analiza područja oko Vrbovskoga rasjeda u Gorskom kotaru na temelju prikupljenih podataka na terenu i već postojećih podataka. U uvodnom dijelu rada opisane su naslage koje se nalaze na površini istraživanog područja te pregled dosadašnjih strukturno-tektonskih istraživanja toga područja. Zatim su opisane metode rada te potom i strukturna analiza temeljena na podatcima prikupljenim na terenu. Terenskom analizom u gornjotrijaskim klastitima zaključeno je da je dominantna folijacija u ovim stijenama klivaž osne plohe, nastao uslijed boranja i nastanka antiklinale u krovini Vrbovskoga rasjeda, a ne slojevitost u prebačenom položaju, kako se to smatralo u prethodnim radovima. Ovaj podatak, zajedno s ostalim strukturnim podacima o orijentaciji slojeva u zoni Vrbovskoga rasjeda, korištenje za reinterpretaciju strukturnih odnosa na području istraživanja, na temelju kojih je izrađen geološki profil kroz istraživano područje do dubine oko 7 km.

Ključne riječi: Vrbovsko, Vrbovski rasjed, prebačena antiklinala, antiklinala, klivaž

Završni rad sadrži: 36 stranica, jednu tablicu, 34 slike i šest referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Bruno Tomljenović, red. prof.

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

prof. dr. sc. Igor Vlahović

doc. dr. sc. Bojan Matoš

Datum obrane: 22. rujna 2020., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Sadržaj

1. UVOD 1

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 2

3. GEOLOŠKA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA: 3

3.1. OPIS STRATIGRAFSKIH JEDINICA OBUHVAĆENIH ISTRAŽIVANJEM 3

3.1.1. Perm 3

3.1.1.1. Srednji i gornji perm: Crni šejlovi i pješčenjaci; kvarcni konglomerati ($^{2}P_{2,3}$) 3

3.1.2. Trijas 5

3.1.2.1. Donji trijas: dolomitni tinjčasti siltiti, siltitni dolomitični šejlovi (sajski nivo, induan–olenekij, $^{1}T_{1}$) 5

3.1.2.2. Gornji trijas: brečokonglomerati, pješčenjaci, siltni šejlovi (karnik, $^{1}T_{3}$) 6

3.1.2.3. Gornji trijas: dolomiti (norik-ret, $^{2,3}T_{3}$) 7

3.1.3. Jura 8

3.1.3.1. Donja jura: dolomiti i vapnenci (donji i srednji lijas, J_{1}^{1+2}) 8

3.1.3.2. Donja jura: mrljasti laporoviti mikriti (gornji dio donje jure, J_{1}^{3}) 9

3.1.3.3. Srednja jura: dolomiti i bankoviti mikriti (doger, J_{2}) 10

3.1.3.4. Gornja jura: dolomiti i algalno–foraminiferski vapnenci s klipeinama (kimeridž, titon, $J_{3}^{2,3}$) 10

3.1.4. Kreda 11

3.1.4.1. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (neokom, K_{1}^{1+2}) 11

3.1.4.2. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (barem–apt, K_{1}^{3+4}) 12

3.1.4.3. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (alb, K_{1}^{5}) 13

3.2. STRUKTURNA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA....13

4. METODE ISTRAŽIVANJA.... 17

4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA....17

4.2. KABINETSKI RAD....18

4.2.1 Sažeti opis rada u programima....18

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.... 19

5.1. REZULTATI STRUKTURNIH ISTRAŽIVANJA....19

5.1.1. Slojevitost....20

5.1.1.1. Slojevitost u permskim naslagama....20

5.1.1.2. Slojevitost u donjotrijaskim klastitima i gornjotrijaskim dolomitima....21

5.1.1.3. Slojevitost u donjojurskim i gornjojurskim naslagama....23

5.1.1.4. Slojevitost u donjokrednim naslagama....25

5.1.2. Rasjedi....26

5.1.3. Pukotine....28

5.1.4. Klivaž....28

5.2. GEOLOŠKI PROFIL NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA....32

5.2.1. Geološki profil kroz područje istraživanja....32

6. ZAKLJUČAK.... 35

7. LITERATURA.... 36

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Isječak topografske karte koji prikazuje istraživano područje uokvireno crnom linijom. 2

Slika 3-1. Isječak OGK lista Črnomelj koji obuhvaća područje istraživanja ovog završnog rada (Bukovac et al. 1983). Crna crta predstavlja trasu geološkog profila prikazanog na slici 3-10. 4

Slika 3-2. Lijevo - Izdanak serije pješčenjaka i šejlova na makadamskom putu uz lijevu obalu rijeke Dobre između Vrbovskog i Moravica. Točka istraživanja T11, koordinate X=5505118 Y=5028502, Tablica I. Desno - Izdanak konglomerata gornjeg perma u lijevom pritoku rijeke Dobre. Točka istraživanja T59, koordinate X=5505209 Y=5028876, Tablica I..... 5

Slika 3-3. Izdanak tinjčastih siltita donjeg trijasa na točki istraživanja T44, koordinate X= 5502964 Y=5030276, Tablica I..... 6

Slika 3-4. Izdanak crvenih klastita gornjeg trijasa na točki istraživanja T75, koordinate X=5503217 Y=5029444, Tablica I 7

Slika 3-5. Izdanak gornjotrijaskih dolomita na zavoju ceste koja iz centra Vrbovskog vodi preko rijeke Dobre do željezničke postaje Vrbovsko. Slojevitost u dolomitu obilježava izmjena tamno i svjetlosivih stromatolitnih lamina i slojeva. Točka istraživanja T7, koordinate X=5505859 Y=5026356, Tablica I 8

Slika 3-6. Izmjena vapnenaca i dolomita donje jure na izdanku uz cestu (Ul. Hrvatskih Branitelja) koja vodi u centar Vrbovskog, Točka istraživanja T27, koordinate X=5505953 Y=5025705, Tablica I 9

Slika 3-7. Izmjena vapnenaca i dolomita gornje jure na izdanku smještenom uz državnu cestu D3 kod mjesta Vučinići. Točka istraživanja T34, koordinate X=5503805 Y=5030984, Tablica I..... 11

Slika 3-8. Vapnenci donje krede na izdanku smještenom uz državnu cestu D3 kilometar istočno od mjesta Vučinić. Točka istraživanja T35, koordinate X=5504613 Y=5030556, Tablica I..... 12

Slika 3-9. Isječak pregledne tektonske OG karte lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983). A) Tektonska jedinica naljuskani kompleks Knežja Lipa-Vrbovsko, karakteriziran redukcijom sedimentacije dijela donjeg trijasa te srednjeg trijasa: a) Strukturna jedinica blok Jablan, 1) transverzalni rasjed Komačnik b) Strukturna jedinica ljuska Knežja Lipa, 2) prevrnuta antiklinala Vrbovsko,3) regionalni rasjed Srpske Moravice–Vrbovsko–Gomirje (dijelom čelo navlake Črnomelj–Bosiljevo). 14

Slika 3-10. Isječak profila A-B iz OGK lista Črnomelj (Bukovac et al. 1983). Položaj profila prikazan je na slici 3-1. RR – regionalni rasjed Srpske Moravice-Vrbovsko-Gomirje..... 14

Slika 3-11. Tektonska skica koja prikazuje raspored tektonskih zona u Gorskom kotaru (iz Herak, 1980). Legenda: III–Kompleksna alohtona zona s obilježenim pojasom s alohtonim paleozoikom i trijasom; IV–Zona sjeveroistočnog pobrđa 15

Slika 3-12. Lijevo: Isječak tektonske karte koja prikazuje strukturne odnose u u dijelu Gorskog kotara na istraživanom području. Desno: Profil koji prikazuje opću, pojednostavljenu skicu strukturnih odnosa u Gorskom kotaru između Brod Moravica i Mrkoplja (iz Herak, 1980). Legenda: smeđe – klastična alohtona jedinica (paleozoik i trijas); ljubičasto – dolomitna navlačna jedinica (gornji trijas i dijelom lijas); plavo – tangencijalno poremećena jurska podloga..... 16

Slika 4-1 Područje istraživanja s terenskim točkama 17

Slika 4-2 Područje istraživanja s prikazom numeriranih terenskih točaka na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) 19

Slika 5-1. Slojevitost u permskim naslagama karakterizirana izmjenom pješčenjaka i šejlova u zasjeku šumskog puta. Točka istraživanja T51, koordinate X=5503504 Y=5029942, Tablica I..... 20

Slika 5-2. Orijentacije slojnih ploha (n=22) u permskim naslagama otkrivenim na površini uz lijevu obalu rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 21

Slika 5-3. Ravna ploča donjotrijaskih crvenih klastita sa zrnima sjajnih tinjaca. Točka istraživanja T44, koordinate X=5502964 Y=5030276, Tablica I..... 21

Slika 5-4. Orijentacije slojnih ploha (n=4) u donjotrijaskim naslagama otkrivenim na površini kilometar od lijeve obale rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 22

Slika 5-5. Veliki zasjek kod Moravica s reliktnom slojevitošću u hauptdolomitima. Točka istraživanja T20, koordinate X=5501712 Y=5031253, Tablica I..... 22

Slika 5-6. Orijentacije slojnih ploha (n=9) u gornjotrijaskim naslagama otkrivenim na površini uz lijevu obalu rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 23

Slika 5-7. Slojevitost u donjojurskim naslagama karakterizirana izmjenom vapnenaca i dolomita na izdanku kod planinarskog doma Kamačnik. Točka istraživanja T67, koordinate X=5504927 Y=5025669, Tablica I 23

Slika 5-8. Orijentacije slojnih ploha (n=6) u gornjojurskim naslagama na području sjeveroistočno od Vrbovskog te kod mjesta Vučinići prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 24

Slika 5-9. Orijentacije slojnih ploha (n=8) u donjojurskim naslagama otkrivenim na površini na području Vrbovskog te na području desne strane obale rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 24

Slika 5-10. Orijentacije slojnih ploha (n=8) u donjokrednim naslagama otkrivenim na zasjecima uz državnu cestu D3 kilometar istočno od mjesta Vučinići prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient. 25

Slika 5-11. . Donjokredni vapnenci u zasjeku državne ceste nedaleko od mjesta Prokop. Točka istraživanja T37, koordinate X=5504615 Y=5030156, Tablica I 25

Slika 5-12. Rasjed u gornjotrijaskim dolomitima uz put koji od Vrbovskog vodi prema Moravicama bez vidljivih kinematskih indikatora pomaka, Točka istraživanja T19, koordinate X=5501950 Y=5030845, Tablica I 26

Slika 5-13. Vlaknasti agregati koji nam ukazuju na reversni-desni rasjed (R 216/60). Izdanak se nalazi kod pilane smještene u lijevu obalu rijeke Dobre Točka istraživanja T11, koordinate X=5505118 Y=5028502, Tablica I 27

Slika 5-14. Lokalni rasjed na zasjeku uz cestu za Ogulin i skretanje za Hambarište (R 275/20) uz koji se nalaze vlačne bore u podinskom krilu i ukazuju na reversni pomak, Točka istraživanja T6, koordinate X=5507687 Y=5024517, Tablica I..... 27

Slika 5-15. Rozeta dijagram za osam izmjerenih orijentacija pukotina na području istraživanja u donjojurskim i permskim naslagama napravljen pomoću programa GEOrient. 28

Slika 5-16. Dominantna folijacija u gornjotrijaskim klastitima zabilježena na usjeku makadamskog puta od Vrbovskog prema Moravicama. Točka istraživanja T24, koordinate X=5503065 Y=5029509, Tablica I 29

Slika 5-17. Lijevo: Odnos klivaža i slojevitosti u gornjotrijaskim klastitima u zasjeku šumskog puta na lijevoj strani doline rijeke Dobre. Točka istraživanja T26, koordinate X=5503105 Y=5029637, Tablica I. Slojevitost se prepoznaje kao izmjena slojeva različite debljine u pelitima crvene i sivo-zelene boje nagnutim prema desnoj strani fotografije (prema JZ), a refrakcijski klivaž kao izrazita folijacija s promjenjivim kutom nagiba prema lijevoj strani fotografije (prema SI). Desno: Detalj s lijeve slike 30

Slika 5-18. Interpretacija postanka i položaja klivaža zabilježenog u gornjotrijaskim klastitima koji izgrađuju teren duž lijeve strane doline rijeke Dobre. a) Položaj klivaža u JZ krilu antiklinale nastale u krovinskom krilu Vrbovskoga rasjeda. b) Orijentacija svih izmjerenih ploha klivaža (n=24) prikazana na stereogramu. c) Slika koja prikazuje očekivani raspored i orijentaciju klivaža osne plohe u boranim naslagama (iz Ramsay & Huber, 1987)..... 31

Slika 5-19. Isječak OGK lista Črnomelj s ucrtanom trasom profila A–B 32

Slika 5-20. Geološki profil A-B koji prikazuje raspored naslaga istraživanog područja u podzemlju. JR – rasjed koji se nalazi na području naselja Jablan, V1-tzv. „backthrust“ rasjed nastao uslijed izdizanja VR, VR – glavni rasjed na području istraživanja i šire,V2 - sporedni rasjed koji je nastao uslijed izdizanja VR 34

POPIS TABLICA

Tablica I. Opis točaka opažanja

1. UVOD

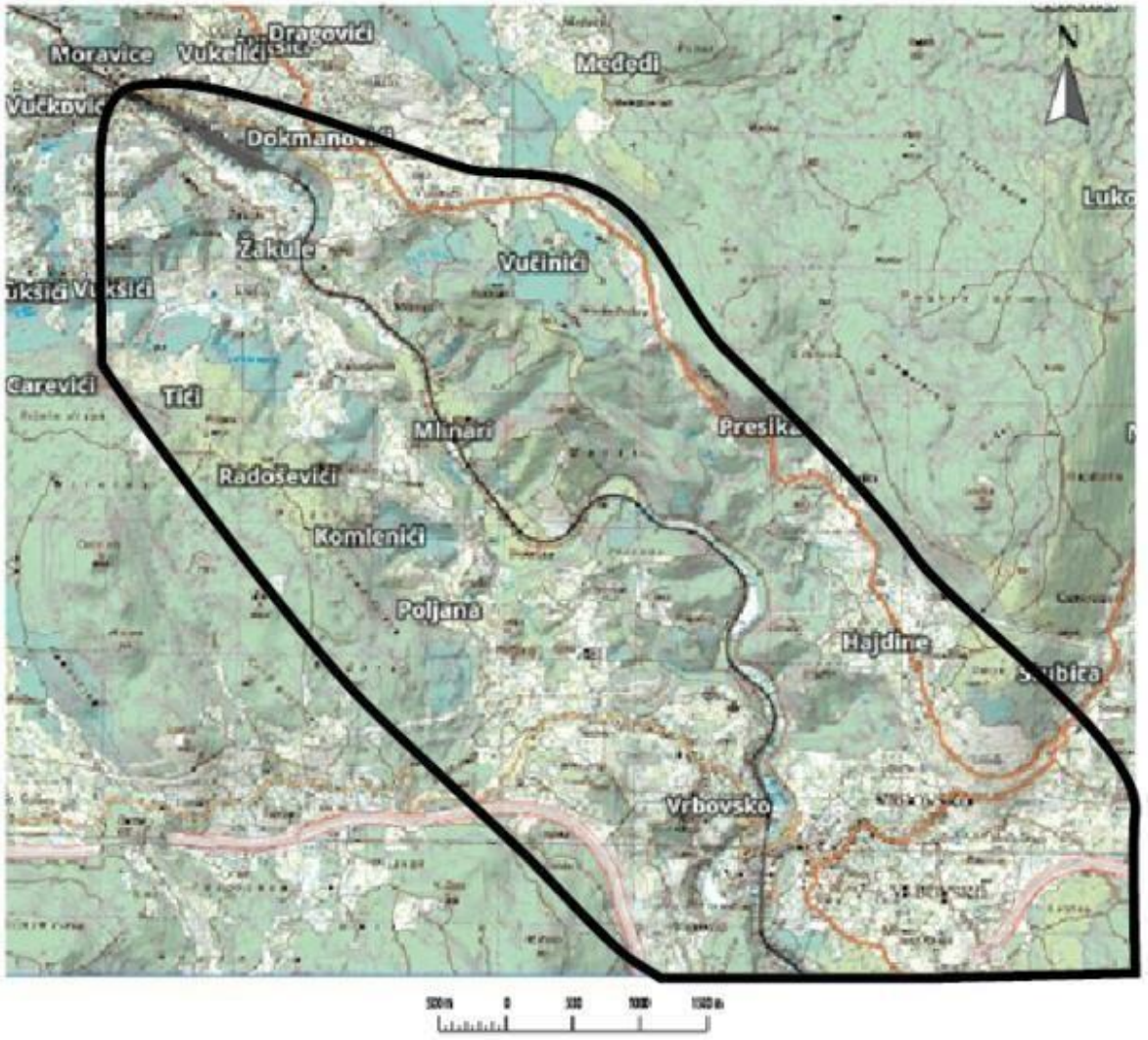
U ovom završnom radu opisani su rezultati analize strukturnih značajki stijena koje su otkrivene na površini u zoni Vrbovskoga rasjeda, u dijelu njegova pružanja između Vrbovskog i Moravica u Gorskom kotaru, s ciljem da se nadopune podaci o kinematskim značajkama toga rasjeda i interpretira njegova orijentacija i tip s obzirom na pomak.

U izradi ovog rada korišteni su geološki podaci objavljeni na OGK 1:100.000 lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983), tumaču toga lista (Bukovac et al., 1984), u kombinaciji s podacima koji su prikupljeni u terenskim istraživanjima provedenim 11. veljače te od 29. do 31. srpnja 2020. godine. Uz prikupljanje podataka provjereni su i postojeći podaci prikazani na navedenoj OG karti i na tektonskoj karti koju je objavio Herak (1980), a koja također obuhvaća područje istraživanja ovog rada.

U izradi ovog rada korišteni su programi Adobe Ilustrator, GEOrient 32v9 (Holcombe, 2019), QGIS i ArcMap, a u terenskim istraživanjima i aplikaciju Avenza Maps 3.5.1 pomoću koje su zabilježeni prostorni položaji lokacija na kojim su provedene strukturno-geološke analize na izdancima.

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istraživano područje nalazi se u središnjem dijelu Gorskog kotara, a prostire se od mjesta Vrbovsko na jugoistoku do Moravica na sjeverozapadu. U središnjem dijelu istraživanog područja protječe rijeka Dobra, a njeno korito prate željeznička pruga i makadamska cesta. Kroz sjeverni dio istraživanog područja prolazi državna cesta D3 kroz naselja Hajdine, Presika i Vučinići. Površina istraživanog područja je cca 30 km^2. Naselja koja obuhvaća istraživano područje su Hajdine, Presika, Vučinići, Moravice, Tići, Poljana i Vrbovsko (Slika 2-1).



Slika 2-1. Isječak topografske karte koji prikazuje istraživano područje uokvireno crnom linijom.

3. GEOLOŠKA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA:

U ovom poglavlju najprije su sažeto prikazane litološke i stratigrafske značajke onih stratigrafskih jedinica koje su obuhvaćene terenskim istraživanjem u okviru ovog završnog rada, a potom je opisana i strukturna građa istraživanog područja na temelju postojećih podataka.

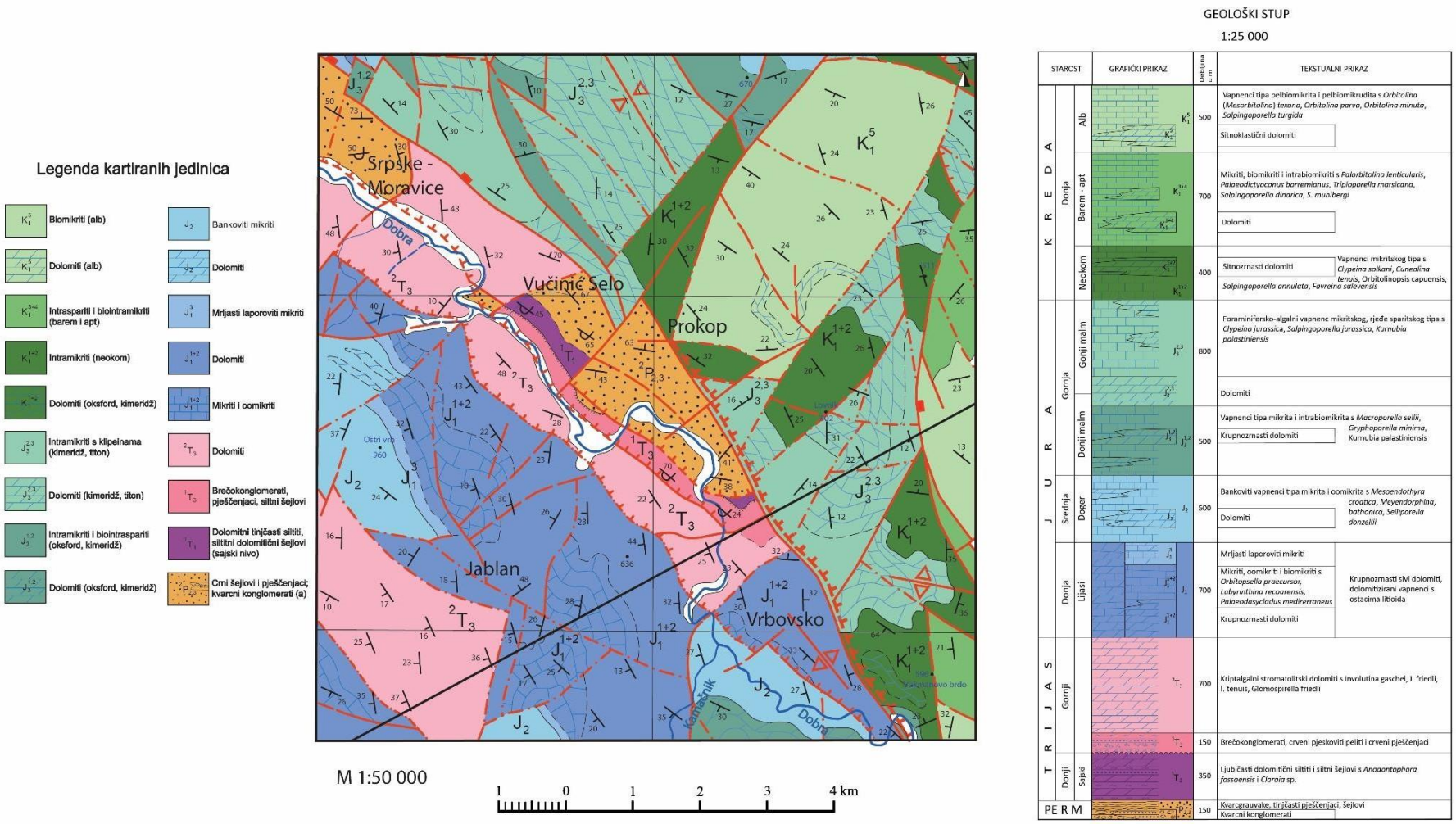
3.1. OPIS STRATIGRAFSKIH JEDINICA OBUHVAĆENIH ISTRAŽIVANJEM

Opis stratigrafskih jedinica načinjen je na temelju podataka prikazanih na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) i u pripadajućem tumaču (Bukovac et al., 1984) za one stratigrafske jedinice koje su zahvaćene ovim istraživanjem (Slika 3-1). Također, nadopunjen je i terenskim zapažanjima o litološkim i teksturnim značajkama stijena te i fotografijama načinjenim na izdancima gdje su analizirane stijene pojedinih stratigrafskih jedinica. Istraživano područje pretežito izgrađuju karbonatne naslage mezozojske starosti, a njegov manji dio i klastiti paleozojske starosti. Na OGK lista Črnomelj i u pripadajućem Tumaču u tom području su izdvojene stratigrafske jedinice permske, trijaske, jurske i kredne starosti.

3.1.1. Perm

3.1.1.1. Srednji i gornji perm: Crni šejlovi i pješčenjaci; kvarcni konglomerati ($^{2}P_{2,3}$)

Naslage gornjeg perma utvrđene su i kartografski prikazane u pojasu koji prati korito rijeke Dobre u dijelu od Vrbovskog do Moravica (Slika 3-1). Lokalno, kontinuirano prelaze u sedimente donjeg trijasa. Većinom se radi o izmjeni šejlova i pješčenjaka, a na pojedinim mjestima čine ih i konglomerati s valuticama kvarca dimenzija od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, a najveća zapažena valutica je 3 cm u promjeru (Slika 3-2). Pješčenjaci su dominantno tipa kvarc-grauvaka, a pojavljuju se i tinjčasti pješčenjaci koji mogu biti tipa subgrauvaka, subarkoza ili protokvarciti. Šejlovi su tamnosivi i crni, bogati sjajnim tinjcima koji se jasno naziru golim okom. Starost naslaga je određena na temelju donjotrijaskih



Slika 3-1. Isječak OGK lista Črnomelj koji obuhvaća područje istraživanja ovog završnog rada (Bukovac et al. 1983). Crna crta predstavlja trasu geološkog profila prikazanog na slici 3-10.

naslaga u krovini kod Vrbovskog i nalaza polena *Araucariaceae*, te skupina *Ginkoniae, Cicadinae* i *Gnetinae* (Bukovac et al., 1984).



Slika 3-2. Lijevo - Izdanak serije pješčenjaka i šejlova na makadamskom putu uz lijevu obalu rijeke Dobre između Vrbovskog i Moravica. Točka istraživanja T11, koordinate X=5505118 Y=5028502, Tablica I.

Desno - Izdanak konglomerata gornjeg perma u lijevom pritoku rijeke Dobre. Točka istraživanja T59, koordinate X=5505209 Y=5028876, Tablica I.

3.1.2. Trijas

3.1.2.1. Donji trijas: dolomitni tinjčasti siltiti, siltitni dolomitični šejlovi (sajski nivo, induan–olenekij, $^{1}T_{1}$)

Superpozicijski kontinuirano na naslagama gornjeg perma kod Vrbovskog u dolini Dobre utvrđene su naslage sajskog nivoa donjeg trijasa, koje su paleontološki dokumentirane fosilima školjkaša *Andontophora fassaensis* i *Claraia* sp (Bukovac et al., 1984). Ove naslage obilježava izmjena terigenih i karbonatnih sedimenata s visokim udjelom minerala glina, pa se na istraživanom području pojavljuju različiti varijeteti ljubičastih do crvenih, dolomitno-tinjčastih siltita te siltitnih dolomitnih šejlova. Tinjci se jasno vide golim okom (Slika 3-3). Debljina donjotrijaskih naslaga je prema podacima OGK procijenjena na 240–400 m.



Slika 3-3. Izdanak tinjčastih siltita donjeg trijasa na točki istraživanja T44, koordinate X= 5502964 Y=5030276, Tablica I.

3.1.2.2. Gornji trijas: brečokonglomerati, pješčenjaci, siltni šejlovi (karnik, $^{1}T_{3}$)

U dolini Dobre između Vrbovskog i Moravica na permskim i donjotrijaskim naslagama transgresivno leže klastične naslage gornjeg trijasa koje su površinski otkrivene u kontinuiranom pojasu pružanja SZ–JI duljine oko 5 km i širine do 300 m. U bazalnom dijelu su utvrđeni brečokonglomerati koji se sastoje od fragmenata permskih i donjotrijaskih naslaga. Naviše slijede crveni pjeskoviti peliti s glinovitom osnovom pigmentiranom hematitom i pretežito kvarcnim pjeskovitim detritusom (Slika 3-4). Pojavljuju se i karbonatni intraklastiti s uloščima crvenih pješčenjaka s dominantnim udjelom kvarca. Vezivo je karbonatno i glinovito. U gornjem dijelu sukcesije sve su češći dolomitni peliti i glinoviti dolomiti ljubičaste boje. Debljina ovih naslaga je na OGK lista Črnomelj procijenjena na 100–150 m.



Slika 3-4. Izdanak crvenih klastita gornjeg trijasa na točki istraživanja T75, koordinate X=5503217 Y=5029444, Tablica I.

3.1.2.3. Gornji trijas: dolomiti (norik-ret, $^{2,3}T_3$)

Kod Vrbovskog i Moravica na naslagama gornjotrijaskih klastita kontinuirano slijede dolomiti gornjeg trijasa čiji je stratigrafski položaj određen na osnovi donjojurskih naslaga koje kontinuirano slijede u njihovoj krovini te nalaza mikrofosila kod Donjih Stativa: *Involutina gaschei, I. tenuis, Glomospirella friedli,* koje ukazuju da ovi dolomiti pripadaju noričko–retskom katu gornjeg trijasa (Bukovac et al., 1984). Utvrđeni su kriptalgalni, stromatolitni dolomiti koji se sastoje od paralelnih i ravnih, ali i valovitih lamina slabo prozirnog, kriptokristalastog, karbonatnog sedimenta. Stromatolitna laminacija jasno odražava i slojevitost u ovim dolomitima (Slika 3-5). Također, ovdje su nađeni i kriptalgalni doloareniti te i rekristalizirani sitno do srednjokristalinični dolomiti, sa ili bez sačuvanih relikata stromatolitne teksture. Debljina naslaga dolomita gornjeg trijasa na OGK lista Črnomelj je procijenjena na 500–800 m.



Slika 3-5. Izdanak gornjotrijaskih dolomita na zavoju ceste koja iz centra Vrbovskog vodi preko rijeke Dobre do željezničke postaje Vrbovsko. Slojevitost u dolomitu obilježava izmjena tamno i svjetlosivih stromatolitnih lamina i slojeva. Točka istraživanja T7, koordinate X=5505859 Y=5026356, Tablica I.

3.1.3. Jura

3.1.3.1. Donja jura: dolomiti i vapnenci (donji i srednji lijas, J_1^{1+2})

Jugozapadno od rijeke Dobre kod Gomirja i Srpskih Moravica, te na području Vrbovskog na gornjotrijaske naslage superpozicijski naliježu naslage donjeg i srednjeg dijela donje jure. U donjem dijelu ih čine dolomiti koje prijelazom u mlađe naslage postupno zamjenjuju vapnenci. Stratigrafski položaj ovih karbonatnih sedimenata je određen nalazima bogate mikrofosilne zajednice u vapnencima, u kojoj su najvažnije vrste: *Palaeodasycladus mediterraneus, Orbitopsella praecursor*, *Labyrinthina recoarensis*, *Praeophtalmidium*, *Vidalina martana* i dr (Bukovac et al., 1984). Uz mikrofosile prisutni su i fragmenti školjkaša, brahiopoda i gastropoda. Ranodijagenetski dolomiti s reliktno sačuvanim vapnenačkim teksturama prevladavaju u donjem dijelu stupa naslaga. Sukcesivno, unutar slijeda naslaga dolomita, nalaze se laminirani algalni biolititi. U gornjem dijelu stupa

dominiraju vapnenci s proslojcima dolomita (Slika 3-6). Prema OGK debljina ovih naslaga je približno 600 m.



Slika 3-6. Izmjena vapnenaca i dolomita donje jure na izdanku uz cestu (Ul. Hrvatskih branitelja) koja vodi u centar Vrbovskog, Točka istraživanja T27, koordinate X=5505953 Y=5025705, Tablica I.

3.1.3.2. Donja jura: mrljasti laporoviti mikriti (gornji dio donje jure, J_1^3)

Jugozapadno od rijeke Dobre u okolici Oštrog vrha (960 m) utvrđene su naslage mrljastih, laporovitih mikrita gornjeg dijela donje jure koje su superpozicijski smještene između sigurno utvrđenih naslaga srednjeg dijela donje jure i paleontološki dokumentiranih vapnenaca srednje jure (Slika 3-1). Na temelju tog superpozicijskog položaja utvrđena im je starost. Sadrže mikrite s kalcitnom komponentom u kojima su prisutni i peleti. Karakteristična je pojava mikrostilolitnih šavova ispunjenih limonitičnom tvari. Tipičan mrljasti izgled vapnenca potječe od nejednolikog stupnja dolomitizacije i različitih količina glinovite komponente. Prema OGK debljina ovih naslaga je 100–130 m.

3.1.3.3. Srednja jura: dolomiti i bankoviti mikriti (doger, J_2)

Jugozapadno od rijeke Dobre u okolici Oštrog vrha (960 m) te jugoistočno u blizini Kamačnika (Slika 3-1) utvrđene su naslage bankovitih mikrita superpozicijski smještenih između mrljastih vapnenaca gornjeg dijela donje jure i vapnenaca donjeg dijela donje jure. Također, starost im je određena i na temelju provodnih foraminifera: *Mesoendothyra croatica*, *Meyendorphina batonnica* i *alge Selliporella donzellii* (Bukovac et al., 1984). Naslage su predstavljene mikritnim vapnencima s debelim slojevima (debljine 80–200 cm). Sadrže intraklaste homogene, mikritne, rjeđe i biomikritne građe te mikrokristalaste sferične pelete. Pojavljuju se i ooliti, obično s jednom ovojnicom oko jezgre, u sparitnom cementu uz zaostali mikritni matriks. U bazalnom dijelu, a ponekad i u višim dijelovima stupa naslaga nalaze se na mrljastim vapnencima donje jure paketi dolomita visokog stupnja dolomitizacije, sitnokristalinične do krupnokristalinične građe s pretežno idiomorfnim romboedrijskim kristalima dolomita. Prema OGK lista Črnomelj debljina ovih naslaga je oko 500 m.

3.1.3.4. Gornja jura: dolomiti i algalno–foraminiferski vapnenci s klipeinama (kimeridž, titon, $J_3^{2,3}$)

Južno od rijeke Dobre na potezu od Vrbovskog do Gomirja (Slika 3-1) utvrđene su naslage vapnenaca i dolomita gornje jure koje su u tom dijelu terena najzastupljenija stratigrafska jedinica na površini. Kroz čitav raspon ovih naslaga prisutna je alga *Clypeina jurassica* (Bukovac et al., 1984), koja svojim vertikalnim rasponom pojavljivanja sigurno određuje vrijeme sedimentacije ovih karbonatnih naslaga u rasponu gornji kimeridž i titon. U donjem i vršnom dijelu stupa naslaga dolomiti se nalaze kao kontinuirani slijed, a u srednjem dijelu se pojavljuju kao proslojci u vapnencima (Slika 3-7). Dolomiti vršnog dijela stupa, na prijelazu u donju kredu, sadrže primjese glinovite tvari i limonita. Vapnenci su uglavnom predstavljeni fosilifernim i peloidalnim mikritima.



Slika 3-7. Izmjena vapnenaca i dolomita gornje jure na izdanku smještenom uz državnu cestu D3 kod mjesta Vučinići. Točka istraživanja T34, koordinate X=5503805 Y=5030984, Tablica I.

3.1.4. Kreda

3.1.4.1. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (neokom, K_1^{1+2})

Na naslagama gornje jure superpozicijski leže vapnenci neokoma (berijas–otriv) čija je stratigrafska pripadnost utvrđena na osnovi provodnih mikrofosila: *Orbitolinopsis capuensis*, *Cuneolina tenuis*, *Salpingoporella annulata*, *Aetinoporella podolica* i dr. Prijelaz iz gornje jure u naslage donje krede litološki je obilježen pojavom vapnenaca mikritnog tipa koji slijede na dolomitima, a za koje je karakteristično da pokazuju visok stupanj rekristalizacije koji je podjednako zahvatio osnovu i alokeme. Sadrže još i glinovitu tvar i limonit kao dominantne primjese, a rjeđe limonitizirani pirit (Slika 3-8). Rijetko se nalaze dolomiti, većinom kao dolomitizirani vapnenci ili dolomiti s jasnim ostatcima primarnog vapnenca mikritne strukture. Debljina ovih naslaga je na OGK lista Črnomelj procijenjena na oko 300–600 m.



Slika 3-8. Vapnenci donje krede na izdanku smještenom uz državnu cestu D3 kilometar istočno od mjesta Vučinić. Točka istraživanja T35, koordinate X=5504613 Y=5030556, Tablica I.

3.1.4.2. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (barem–apt, K_1^{3+4})

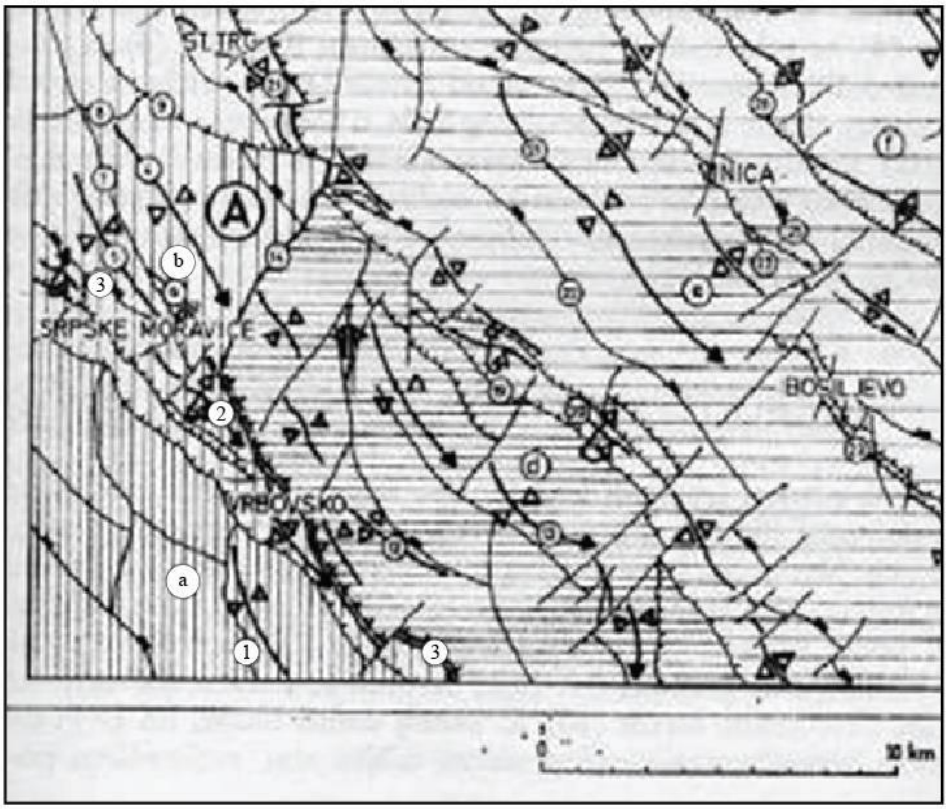
Desetak kilometara sjeveroistočno od Vrbovskog i od rijeke Dobre (Slika 3-1) površinu terena izgrađuju naslage vapnenaca i dolomita barema i apta (Slika 3-1). Naslage obiluju ostatcima zelenih alga i foraminifera na temelju kojih im je utvrđena statigrafska pripadnost: alge *Salpingoporella muehlbergi* i *S. melitae* te foraminifera *Sabaudia minuta*, *Debarina hahounarensis*, *Nezzazata simplex* (Bukovac et al., 1984). Gornja granica je definirana prestankom pojavljivanja alge *Salpingoporella dinarica* uz masivno pojavljivanje orbitolina i kuneolina. Litološki razvoj ovih naslaga je uglavnom jednoličan u donjem dijelu, predstavljen je vapnencima s rijetkim pojavama dolomita. Naviše slijede mikriti s biodetritusom kao prevladavajućim alokemima. U središnjem dijelu nalaze se biolititi s grebenotvorcima (rudisti, koralji i briozoi). U gornjem dijelu slijeda dominiraju biomikriti, biopelmikriti i intrabiopelmikriti do intrabiopelspariti, ovisno o prevladavajućoj komponenti u matriksu (Bukovac et al., 1984). U naslagama je prisutna i organska tvar i limonit. Prema OGK debljina ovih naslaga je 500–700 m.

3.1.4.3. Donja kreda: vapnenci i dolomiti (alb, K_1^5)

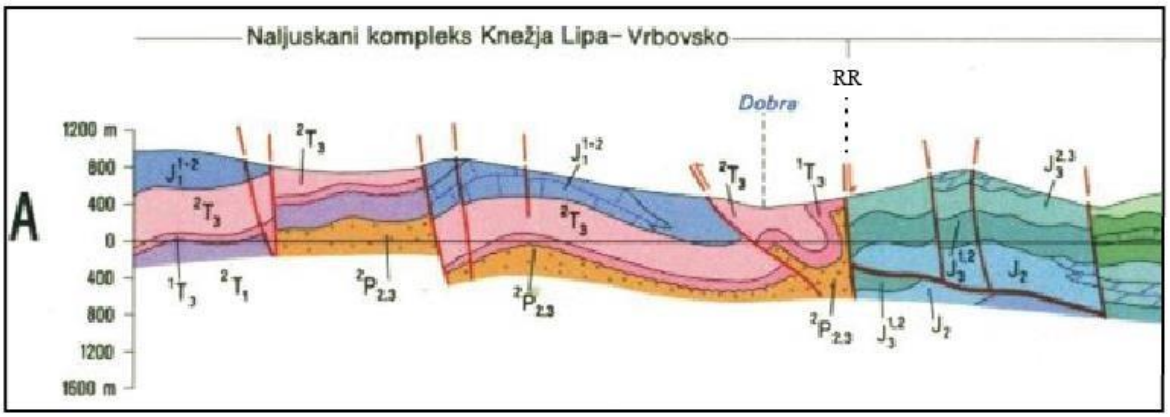
Uz državnu cestu D3 sjeveroistočno od mjesta Prokop sve do rijeke Kupe (Slika 3-1) nalaze se na površini naslage vapnenaca i dolomita alba, u kontinuiranom slijedu na naslagama vapnenaca i dolomita barema i apta. Pretežito ih čine vapnenci u kojima prevladavaju pelbiomikriti i pelbiomikruditi. Sporadično su prisutni i ooliti. Na nekim mjestima su u vapnence uloženi i sitnokristalinični dolomiti i dolomitični vapnenci. Prisutna je i silicifikacija, a od akcesornih minerala čest je pirit. Stratigrafska pripadnost im je utvrđena na osnovi provodnih mikrofosila: *Salpingoporella turgida*, *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana texana*, *O.* (*M.*) *minuta*, *O.* (*M.*) *parva*, *Cuneolina pavonia parva*, *Nummoloculina heimi*, *N. regularis*, *Sabaudia minuta* i dr (Bukovac et al., 1984). Donja granica, prema naslagama barem–apta, definirana je prestankom pojavljivanja alge *Salpingoporella dinarica* i masivnim pojavama orbitolina i kuneolina. U krovini im nalazimo horizont dolomitno-vapnenačkih breča, koje su pridružene cenomanu i na kojima slijede vapnenci s gornjokrednim rudistima (Bukovac et al., 1984). Prema OGK debljina ovih naslaga je oko 500 m.

3.2. STRUKTURNA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Prema podacima OGK lista Črnomelj i pripadajućeg tumača (Bukovac et al., 1983, 1984) istraživano područje uvršteno je u tektonske jedinice Naljuskani kompleks Knežja Lipa–Vrbovsko i tektonsku jedinicu Navlaka Črnomelj–Bosiljevo, koje se nalaze jugozapadno i sjeveroistočno od regionalnog rasjeda S. Moravice–Vrbovsko–Gomirje (Slike 3-1, 3-9 i 3-10). Prema autorima karte i tumača, taj je regionalni rasjed označen kao vertikalni rasjed pružanja SZ–JI čije je sjeveroistočno krilo relativno spušteno u odnosu na jugozapadno. U središnjem dijelu istraživanog područja ovaj rasjed na površini dovodi u kontakt permske klastite i donjokredne karbonatne naslage u JZ, odnosno SI krilu rasjeda. Dalje po pružanju prema SZ ovaj rasjed dovodi u kontakt gornjotrijaske i jurske naslage, a u dijelu od Vrbovskog prema JI, trijaske i starije jurske naslage u JZ krilu s mlađim jurskim i krednim naslagama u njegovom SI krilu (Slike 3-1, 3-10). S obzirom na debljine naslaga prikazane u profilu (Slika 3-10) i na geološkom stupu OGK lista Črnomelj (Slika 3-1) po ovom subvertikalnom rasjedu ostvaren je pomak SI u odnosu na JZ krilo od oko 2500 m.

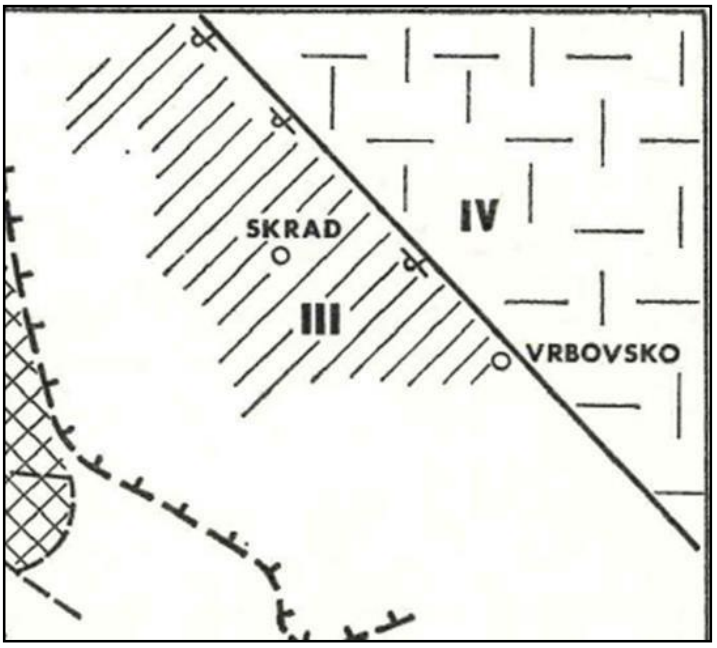


Slika 3-9. Isječak pregledne tektonske OG karte lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983). A) Tektonska jedinica naljuskani kompleks Knežja Lipa-Vrbovsko, karakteriziran redukcijom sedimentacije dijela donjeg trijasa te srednjeg trijasa: a) Strukturna jedinica blok Jablan, 1) transverzalni rasjed Komačnik b) Strukturna jedinica ljuska Knežja Lipa, 2) prevrnuta antiklinala Vrbovsko,3) regionalni rasjed Srpske Moravice–Vrbovsko–Gomirje (dijelom čelo navlake Črnomelj–Bosiljevo).



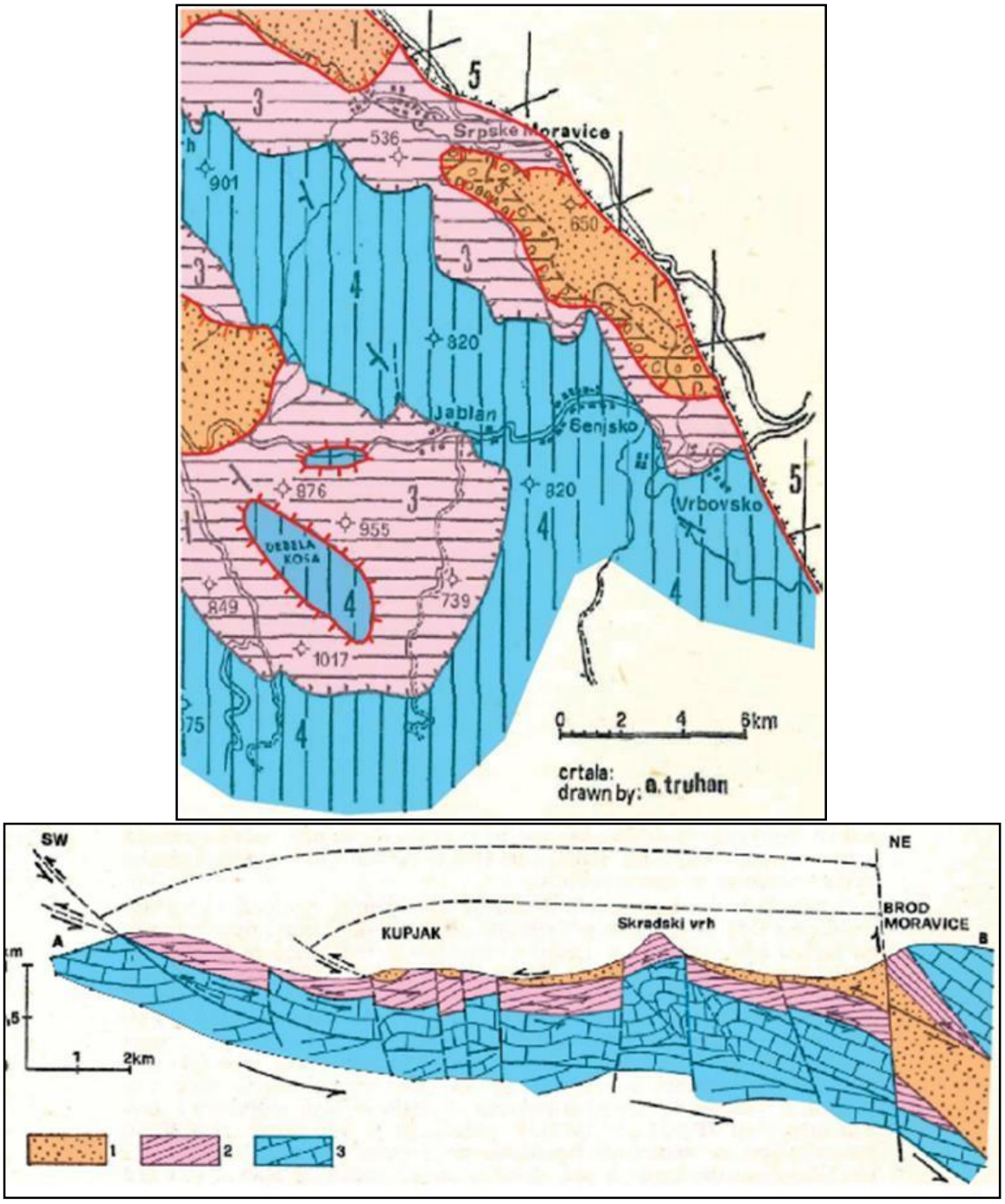
Slika 3-10. Isječak profila A-B iz OGK lista Črnomelj (Bukovac et al. 1983). Položaj profila prikazan je na Slici 3-1. RR – regionalni rasjed Srpske Moravice-Vrbovsko-Gomirje.

Isti je rasjed Herak (1980) prikazao na tektonskoj karti kao rasjed koji odjeljuje Kompleksnu alohtonu zonu u JZ krilu, od Zone sjeveroistočnog pobrđa u SI krilu toga rasjeda (Slika 3-11).



Slika 3-11. Tektonska skica koja prikazuje raspored tektonskih zona u Gorskom kotaru (iz Herak, 1980). Legenda: III–Kompleksna alohtona zona s obilježenim pojasom s alohtonim paleozoikom i trijasom; IV–Zona sjeveroistočnog pobrđa.

Autor opisuje ovaj rasjed kao „*...izrazit rasjed između paleozojsko-trijaskog kompleksa s jasnim trgovima inverzije u slijedu naslaga u njegovu JZ krilu i sjeveroistočnog kompleksa mezozoika s normalnom superpozicijom stratigrafskih jedinica*“. Međutim, za ovaj rasjed također naglašava da presijeca stariju strukturu pa smatra da predstavlja mlađu, neotektonski aktivnu strukturu koja nije važna za interpretaciju navlačnih (alohtonih) tektonskih i strukturnih odnosa u geološkoj građi Gorskog kotara.



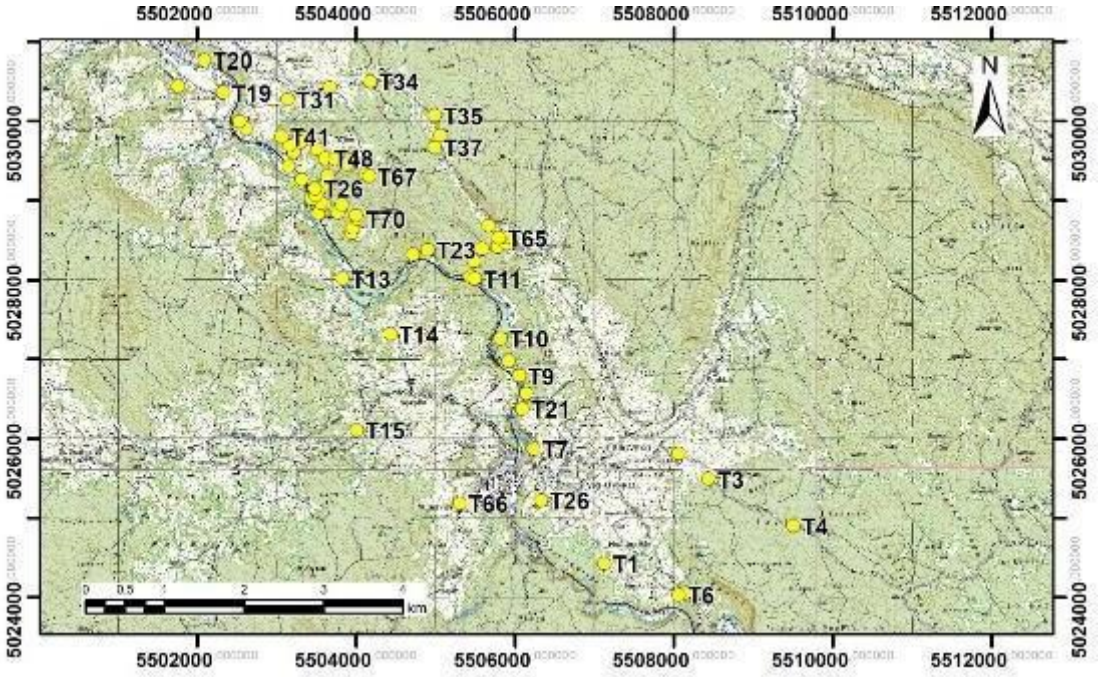
Slika 3-12. Lijevo: Isječak tektonske karte koja prikazuje strukturne odnose u dijelu Gorskog kotara na istraživanom području. Desno: Profil koji prikazuje opću, pojednostavljenu skicu strukturnih odnosa u Gorskom kotaru između Brod Moravica i Mrkoplja (iz Herak, 1980). Legenda: smeđe – klastična alohtona jedinica (paleozoik i trijas); ljubičasto – dolomitna navlačna jedinica (gornji trijas i dijelom lijas); plavo – tangencijalno poremećena jurska podloga.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

Izrada ovog završnog rada obuhvatila je pregled literature, analizu podataka prikupljenih tijekom terenskog rada koji su obrađeni u programima QGIS, ArcMap, Adobe Ilustrator i GEOrient (Holcombe, 2019) i aplikaciji Avenza Maps 3.5.1 kako bi se što preglednije prikazalo istraživano područje i rezultati istraživanja ovog rada. Prikupljeni podatci su analizirani i interpretirani te su na temelju toga strukturni odnosi prikazani na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) i na tektonskoj skici u radu Heraka (1980) reinterpretirani.

4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA

Terenska istraživanja temeljena su na postojećim geološkim podatcima odnosno na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ 1:100 000 lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) i pripadajućeg tumača (Bukovac et al., 1984) Terenska strukturna istraživanja izvedena su pomoću osnovne geološke opreme (geološki čekić, geološki kompas, terenska lupa, 3% HCl) te mobilnog uređaja, odnosno aplikacije Avenza Maps 3.5.1 pomoću koje su na georeferenciranu OGK kartu unesene točke sa svim zabilježenim podatcima na terenskim točkama istraživanja (izmjereni strukturni elementi, fotografije, opis struktura, itd). Mjerenja su izvođena na zasjecima uz ceste, izdancima uz šumske putove te u potocima. Na mjestima gdje nije bilo vidljivih izdanaka opisivani su fragmenti stijena i boja tla kako bi se okvirno



Slika 4-1. Područje istraživanja s terenskim točkama.

moglo odrediti gdje je granica između stratigrafskih jedinica. Terenska istraživanja su obuhvatila ukupno 78 opisanih točaka na površini od 30-ak km^2 (Slika 5-1). Terenski zabilježeni podatci na točkama istraživanja prikazani su u Tablici I.

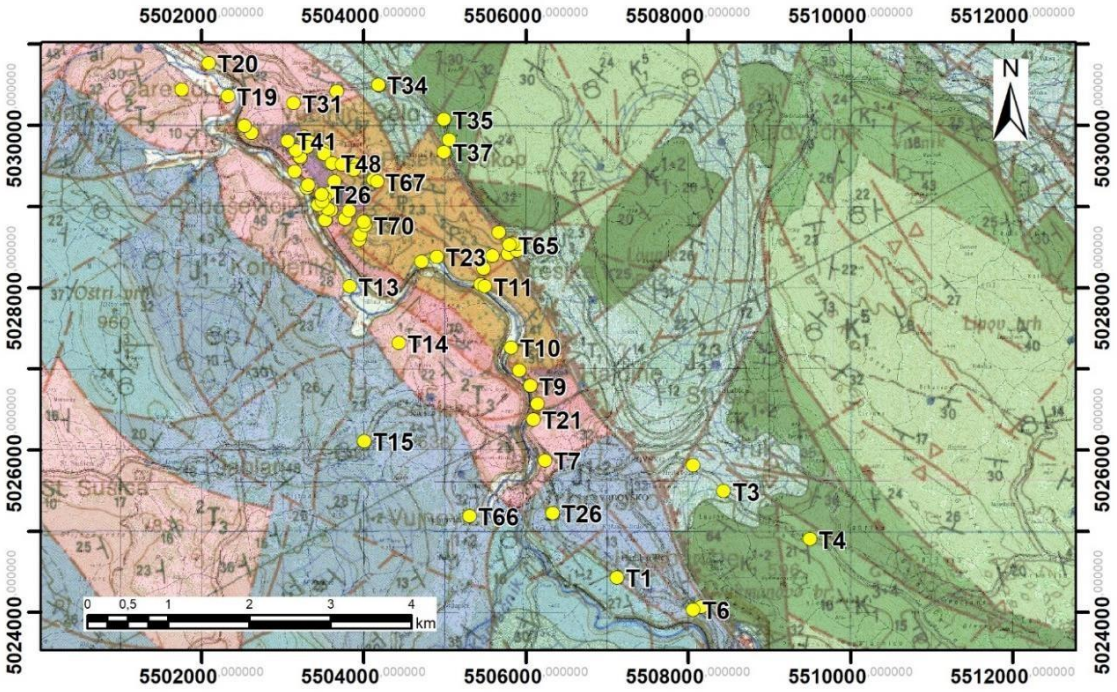
.

4.2. KABINETSKI RAD

U sklopu kabinetskog rada provedena je strukturna analiza podataka s terena uz izradu odgovarajućih stereograma u programu GEOrient 32v9 (Holcombe, 2019) na temelju kojih je u Adobe Illustratoru konstruiran profil s trasom poprečno na pružanje struktura istraživanog područja.

4.2.1 Sažeti opis rada u programima

Pomoću QGIS-a načinjen je topografski profil koji je korišten za izradu geološkog profila, a u programu ArcMap postavljena je georeferencirana OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) te topografska karta TK 25.000 područja Vrbovsko–Moravice. U programu ArcMap 10.1 projicirane su terenske točke mjerenja u Gauss-Krügerovom koordinatnom sustavu. Svaku terensku točku predstavlja jedna točkasta tema uz koju je pridružen broj točke (Slike 4-1 i 4-2). U programu Excel je uređena Tablica I koja opisuje svaku od tih točaka na način da prikazuje oznaku točke, koordinate, geološku starost, izmjerene orijentacije struktura (slojevitost, klivaž, rasjedi i pukotine) i sažeti opis. Program Georient 32v9 (Holcombe, 2019) korišten je za izradu stereograma na kojima su prikazane orijentacije izmjerenih orijentacija slojnih ploha, klivaža i pukotina. Ostali prilozi uzeti iz literature uređeni su u programu Adobe Illustrator u kojem je još precrtan isječak i geološki stup OGK lista Črnomelj (Slika 3-1) i nacrtan geološki profil.



Slika 4-2. Područje istraživanja s prikazom numeriranih terenskih točaka na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja temeljeni su na podatcima prikazanim na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983) i podatcima prikupljenim na terenu 11. veljače te u razdoblju od 29. do 31. srpnja 2020. godine. Potkrijepljeni su slikama s terena i prilozima izrađenima u programima ArcMap, GEOrient 32v9 (Holcombe, 2019) i Adobe Illustrator kako bi se što zornije prikazalo područje istraživanja.

5.1. REZULTATI STRUKTURNIH ISTRAŽIVANJA

Rezultati strukturnih istraživanja temelje se na terenskom mjerenju položaja i orijentacije slojeva, rasjeda, klivaža i pukotina izmjerenih u permskim, trijaskim, jurskim i krednim naslagama na području istraživanja. Ukupno je na terenu izmjereno 66 podataka o orijentaciji ploha slojevitosti, četiri podatka o orijentaciji i kinematskim značajkama rasjeda, 24 podatka o orijentaciji klivaža i osam podataka o orijentaciji pukotina koji su prikazani u Tablici I.

5.1.1. Slojevitost

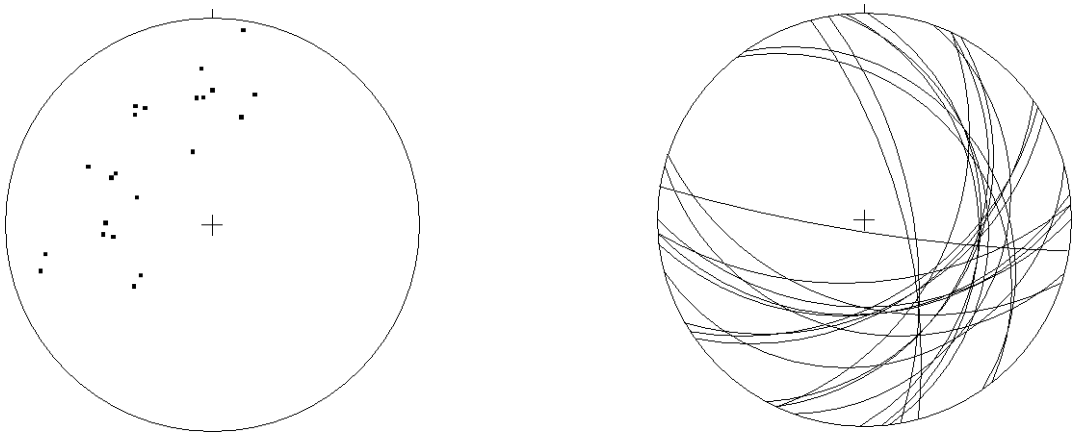
Primarno obilježje svih sedimentnih stijena je slojevitost. Ona je osnovni element za rekonstrukciju geološke građe nekog područja. Orijentacije ploha slojevitosti su prikazane na stereogramima posebno za naslage svake stratigrafske jedinice koja je prisutna na području istraživanja idući od starijih prema mlađim.

5.1.1.1. Slojevitost u permskim naslagama

U permskim naslagama na području istraživanja slojevitost je lako prepoznatljiva, ali samo na izdancima gdje je vidljiva izmjena krupno i sitnozrnastih klastita, odnosno slojeva pješčenjaka, konglomerata i šejlova (Slika 5-1). Na izdancima gdje su otkriveni isključivo sivi i crni šejlovi bez krupnozrnastih klastita, slojevitost nije jasno prepoznatljiva. Orijentacija slojevitosti je u permskim klastitima izmjerena na osam terenskih točaka (Tablica I), pri čemu su izmjerena 22 podatka koji su prikazani na Slici 5-2. Prosječna orijentacija slojevitosti u permskim naslagama koje su otkrivene na površini u području lijeve obale rijeke Dobre je 131/52.



Slika 5-1. Slojevitost u permskim naslagama karakterizirana izmjenom pješčenjaka i šejlova u zasjeku šumskog puta. Točka istraživanja T51, koordinate X=5503504 Y=5029942, Tablica I.



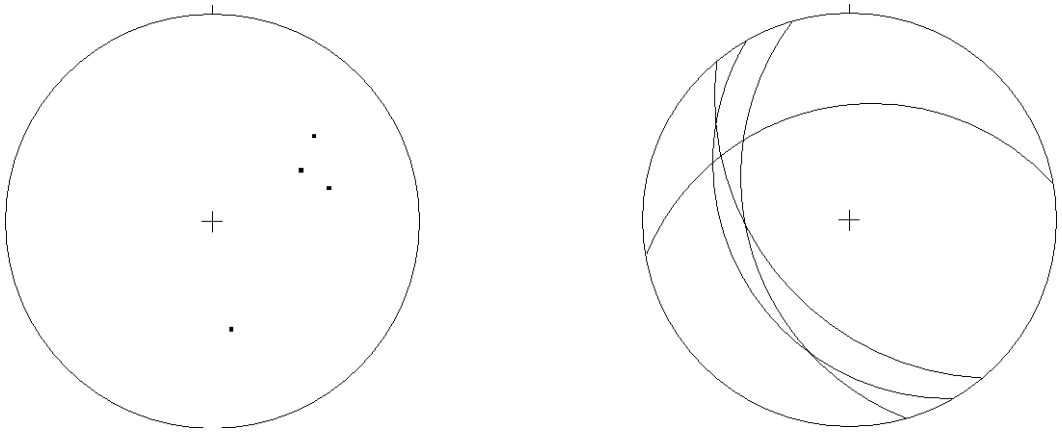
Slika 5-2. Orijentacije slojnih ploha (n=22) u permskim naslagama otkrivenim na površini uz lijevu obalu rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient..

5.1.1.2. Slojevitost u donjotrijaskim klastitima i gornjotrijaskim dolomitima

Naslage donjeg trijasa imaju jasno vidljivu slojevitost, ali samo na mjestima gdje se u tim naslagama jasno prepoznaje laminacija. Udarcem čekićem po tim stijenama one se lijepo lome i kalaju u ravne ploče na kojima se vide zrna sjajnog tinjca (Slika 5-3). Orijentacija slojevitosti u donjotrijaskim klastitima izmjerena je na četiri terenske točke (Tablica 1) pri čemu su izmjerena četiri podatka koji su projicirani na Slici 5-4. Prosječna orijentacija slojevitosti u donjotrijaskim naslagama koje su otkrivene na površini u području sjeverno od lijeve obale rijeke Dobre je 268/47.



Slika 5-3. Ravna ploča donjotrijaskih crvenih klastita sa zrnima sjajnih tinjaca. Točka istraživanja T44, koordinate X=5502964 Y=5030276, Tablica I.

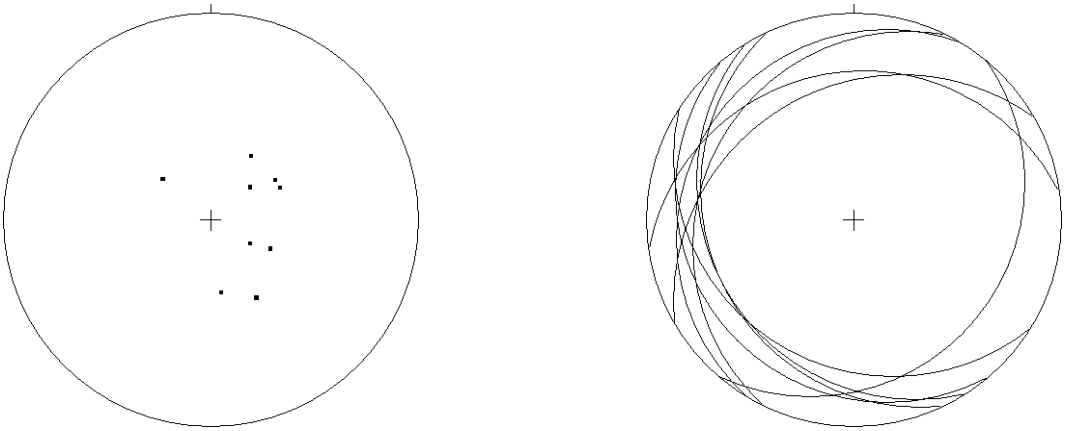


Slika 5-4. Orijentacije slojnih ploha (n=4) u donjotrijaskim naslagama otkrivenim na površini kilometar od lijeve obale rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient.

U gornjotrijaskim naslagama na području istraživanja slojevitost se jasno uočava na izdancima gdje su debeli paketi dolomita (Slika 5-5). Orijentacija slojevitosti u hauptdolomitima izmjerena je na sedam terenskih točaka (Tablica I), pri čemu je izmjereno devet podataka koji su projicirani na slici 5-6. Prosječna orijentacija slojevitosti u gornjotrijaskim naslagama koje su otkrivene na površini u području lijeve obale rijeke Dobre je 260/27.



Slika 5-5. Veliki zasjek kod Moravica s reliktnom slojevitošću u hauptdolomitima. Točka istraživanja T20, koordinate X=5501712 Y=5031253, Tablica I.



Slika 5-6. Orijentacije slojnih ploha (n=9) u gornjotrijaskim naslagama otkrivenim na površini uz lijevu obalu rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient.

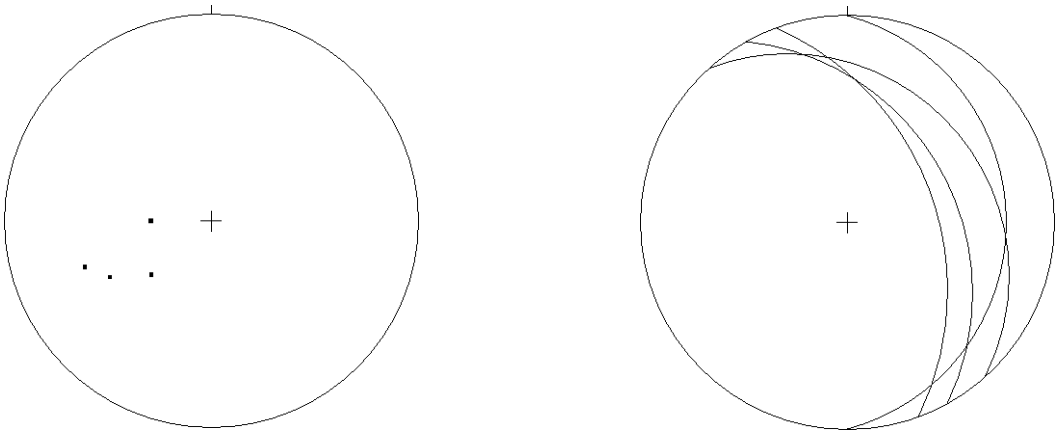
5.1.1.3. Slojevitost u donjojurskim i gornjojurskim naslagama

U naslagama donje jure na području istraživanja slojevitost je na izdancima jasno prepoznatljiva, očituje se izmjenom dolomita i vapnenaca (Slika 5-7). Orijentacija slojevitosti u donjojurskim naslagama izmjerena je na četiri terenske točke (Tablica 1), pri čemu je izmjereno osam podataka koji su projicirani na slici 5-8. Prosječna orijentacija



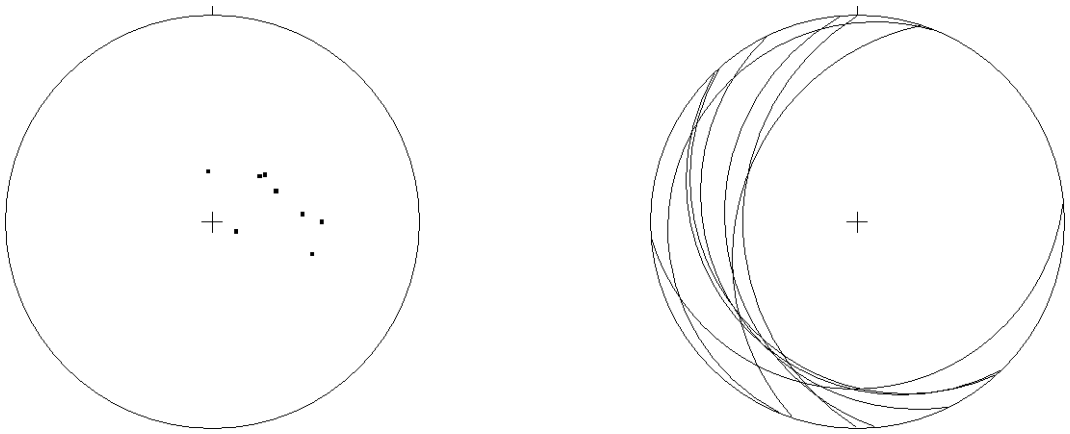
Slika 5-7. Slojevitost u donjojurskim naslagama karakterizirana izmjenom vapnenaca i dolomita na izdanku kod planinarskog doma Kamačnik. Točka istraživanja T67, koordinate X=5504927 Y=5025669, Tablica I.

slojevitosti u donjojurskim naslagama koje su otkrivene na području Vrbovskog te na području desne obale rijeke Dobre je 250/30.



Slika 5-8. Orijentacije slojnih ploha (n=6) u gornjojurskim naslagama na području sjeveroistočno od Vrbovskog te kod mjesta Vučinići prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient.

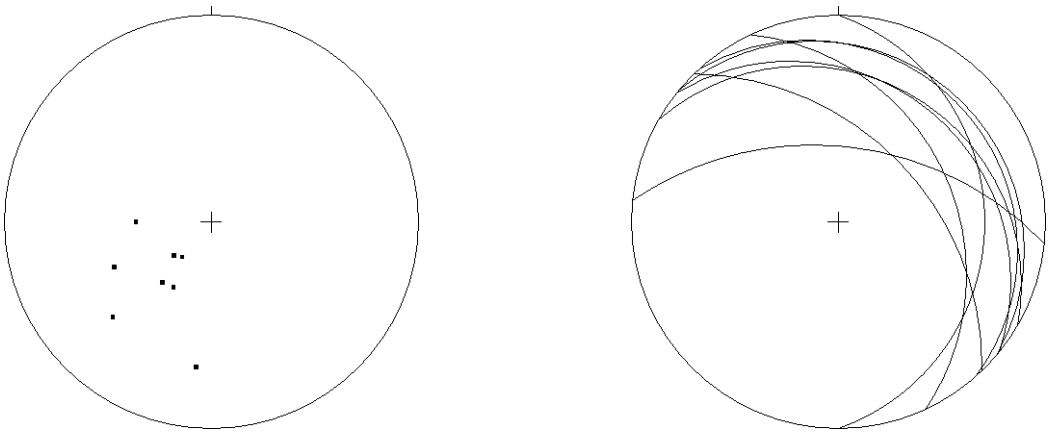
U naslagama gornje jure na području istraživanja slojevitost je uočljiva. Karakterizirana je izmjenom vapnenaca i dolomita. Orijentacija slojevitosti u gornjojurskim naslagama izmjerena je na tri terenske točke (Tablica 1), pri čemu je izmjereno šest podatka koji su projicirani na Slici 5-9. Prosječna orijentacija slojevitosti u gornjojurskim naslagama koje su otkrivene sjeveroistočno od Vrbovskog te kod mjesta Vučinići je 64/38.



Slika 5-9. Orijentacije slojnih ploha (n=8) u donjojurskim naslagama otkrivenim na površini na području Vrbovskog te na području desne strane obale rijeke Dobre prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient.

5.1.1.4. Slojevitost u donjokrednim naslagama

U donjokrednim naslagama na području istraživanja slojevitost se teško uočava zbog velike razlomljenosti stijena (Slika 5-11). Orijentacija slojevitosti u donjokrednim naslagama izmjerena je na tri terenske točke (Tablica 1), pri čemu je izmjereno osam podataka koji su projicirani na Slici 5-10. Prosječna orijentacija slojevitosti u donjokrednim naslagama koje su otkrivene na zasjecima uz državnu cestu D3 između mjesta Vučinići i Prokop je 45/36.



Slika 5-10. Orijentacije slojnih ploha (n=8) u donjokrednim naslagama otkrivenim na zasjecima uz državnu cestu D3 kilometar istočno od mjesta Vučinići prikazane u stereografskoj projekciji pomoću programa GEOrient.



Slika 5-11. Donjokredni vapnenci u zasjeku državne ceste nedaleko od mjesta Prokop. Točka istraživanja T37, koordinate X=5504615 Y=5030156, Tablica I.

5.1.2. Rasjedi

Rasjedi su smične pukotine po kojima su stijene ili stijenska tijela pomaknuta s jedne u odnosu na drugu stranu s pomakom većim od nekoliko centimetara. Smjer i veličinu pomaka po rasjedu definira vektor pomaka rasjeda.

Na istraživanom području ovim su radom zabilježena tek četiri rasjeda, odnosno smične pukotine. U gornjotrijaskim dolomitima rasjedi su česti, ali je njihov pomak u pravilu teško odrediti zbog nedostatka stepenastih agregata vlaknastih kristala ili drugih mikrostruktura koje mogu pomoći u odredbi smjera pomaka. Te rasjede gotovo redovito prati tanja ili deblja zona izrazito smrvljenih i kataklastičnih dolomita (Slika 5-12).



Slika 5-12. Rasjed u gornjotrijaskim dolomitima uz put koji od Vrbovskog vodi prema Moravicama bez vidljivih kinematskih indikatora pomaka, Točka istraživanja T19, koordinate X=5501950 Y=5030845, Tablica I.

Na nekim lokacijama istraživanog područja mogu se naći i minerali vlaknastog habitusa i vlačne bore pomoću kojih je moguće lako odrediti pomak krila rasjeda (Slike 5-13; 5-14).



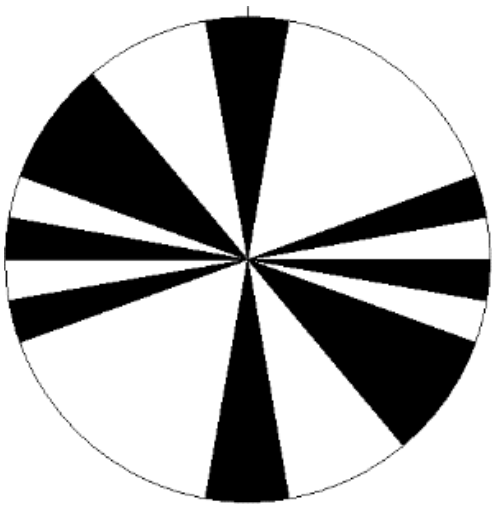
Slika 5-13. Vlaknasti agregati koji nam ukazuju na reversni-desni rasjed (R 216/60). Izdanak se nalazi kod pilane smještene u lijevu obalu rijeke Dobre Točka istraživanja T11, koordinate X=5505118 Y=5028502, Tablica I.



Slika 5-14. Lokalni rasjed na zasjeku uz cestu za Ogulin i skretanje za Hambarište (R 275/20) uz koji se nalaze vlačne bore u podinskom krilu i ukazuju na reversni pomak, Točka istraživanja T6, koordinate X=5507687 Y=5024517, Tablica I.

5.1.3. Pukotine

Pukotine su planarne deformacijske strukture koje u stijenama nastaju kao posljedica krtog loma, čime se u pravilu smanjuje kohezija stijene.



Slika 5-15. Rozeta dijagram za osam izmjerenih orijentacija pukotina na području istraživanja u donjojurskim i permskim naslagama napravljen pomoću programa

Na istraživanom području setovi sistematičnih pukotina su jasno vidljivi u jurskim i krednim naslagama dolomita i vapnenaca, mogu se naći i u permskim pješčenjacima te u trijaskim dolomitima. Na terenu je izmjereno osam orijentacija sistematičnih pukotina na tri terenske točke (Tablica I). Prevladavaju dva primarna seta sistematičnih pukotina S1 i S2 (Slika 5-15). Set S1 ima pružanje 0-180°, dok set S2 ima najčešće pružanje 100-280°.

5.1.4. Klivaž

Kontinuirane folijacije u tektonski deformiranim stijenama u pravilu čine mineralna zrna koja su ravnomjerno raspoređena u stijeni na način da su plošno paralelno orijentirana. Ovisno o tome jesu li mineralna zrna vidljiva prostim okom ili ne, takva se folijacija naziva kontinuirana škriljavost, odnosno kontinuirani klivaž ili slejtni klivaž.

Na istraživanom području klivaž je zabilježen u crvenim klastitima gornjeg trijasa, gdje je razvijen kao izrazita i dominantna folijacija u ovim stijenama, pa se, u slučaju kad su na izdanku vidljivi isključivo crveni peliti/siltiti, stječe dojam da ova folijacija, koja je u pravilu

nagnuta prema sjeveroistoku pod kutom oko 30-40°, u ovim naslagama predstavlja i njihovu primarnu slojevitost (Slika 5-16).



Slika 5-16. Dominantna folijacija u gornjotrijaskim klastitima zabilježena na usjeku makadamskog puta od Vrbovskog prema Moravicama. Točka istraživanja T24, koordinate X=5503065 Y=5029509, Tablica I.

Međutim, detaljnijim obilaskom terena koje izgrađuju gornjotrijaski klastiti, nađen je izdanak u zasjeku šumskog puta (terenska točka T26, Tablica I), gdje je vidljiv kontinuirani slijed ovih naslaga u kojem se jasno prepoznaje slojevitost kao izmjena crvenih i svijetlosivih pelita i u kojima je klivaž izrazito razvijen i protusmjeran u odnosu na slojevitost (Slika 5-17). Također, nagib klivaža i njegova učestalost različiti su pri prelasku iz jednog u drugi sloj te je stoga ova pojava interpretirana kao refrakcija klivaža nastala kao posljedica razlike u kompetenciji među susjednim slojevima (Slika 5-17).

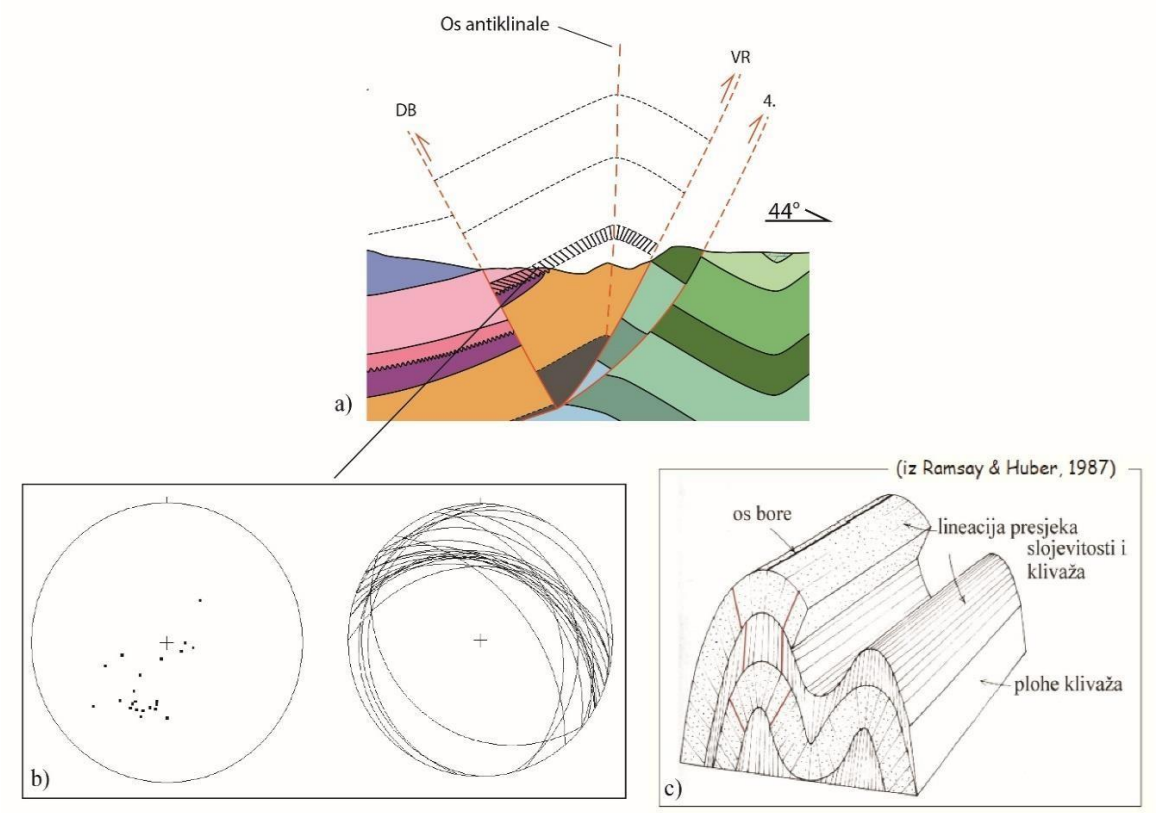


Slika 5-17. Lijevo: Odnos klivaža i slojevitosti u gornjotrijaskim klastitima u zasjeku šumskog puta na lijevoj strani doline rijeke Dobre. Točka istraživanja T26, koordinate X=5503105 Y=5029637, Tablica I. Slojevitost se prepoznaje kao izmjena slojeva različite debljine u pelitima crvene i sivo-zelene boje nagnutim prema desnoj strani fotografije (prema JZ), a refrakcijski klivaž kao izrazita folijacija s promjenjivim kutom nagiba prema lijevoj strani fotografije (prema SI).

Na temelju ove spoznaje, zaključeno je da je tijekom izrade OGK lista Črnomelj (Bukovac, 1983) došlo do zabune u interpretaciji primarne i sekundarne folijacije u ovim naslagama, na način da je klivaž, koji je na većini izdanaka dominantna folijacija, pogrešno interpretiran kao slojevitost u ovim naslagama. Stoga je i položaj ovih naslaga, u odnosu na okolne permske klastite i gornjotrijaske dolomite pogrešno interpretiran u inverznom, odnosno prebačenom položaju, kako je označeno na karti i u profilu OGK lista Črnomelj (Slike 3-1, 3-10).

Dakle, sukladno s novom interpretacijom orijentacije slojevitosti i klivaža u gornjotrijaskim klastitima, ove naslage nisu u prebačenom već u normalnom položaju u odnosu na podinske permske klastite i krovinske gornjotrijaske dolomite, a pojava klivaža u ovim naslagama interpretirana je kao klivaž osne plohe razvijen u JZ krilu antiklinale kako je prikazano na slici 5-18.

U gornjotrijaskim klastitima izmjerena su 24 podatka o orijentaciji klivaža, s prosječnom orijentacijom smjera i kuta nagiba 40/35 (Slika 5-18).

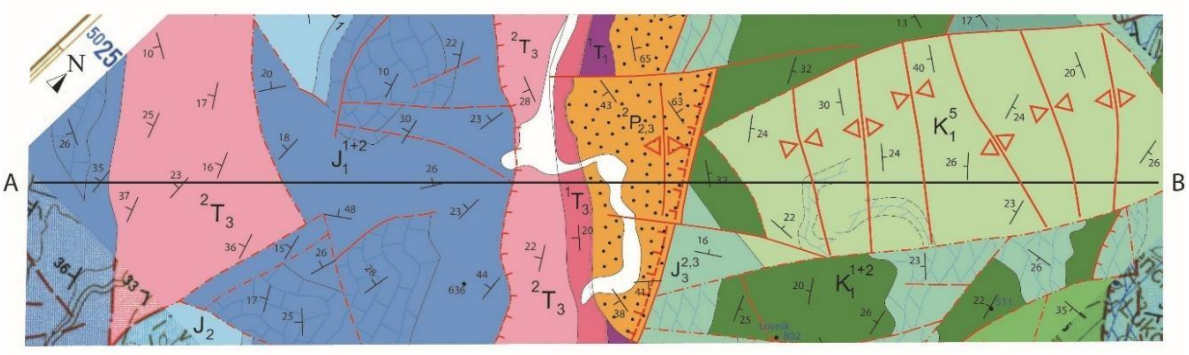


Slika 5-18. Interpretacija postanka i položaja klivaža zabilježenog u gornjotrijaskim klastitima koji izgrađuju teren duž lijeve strane doline rijeke Dobre. a) Položaj klivaža u JZ krilu antiklinale nastale u krovinskom krilu Vrbovskoga rasjeda. b) Orijentacija svih izmjerenih ploha klivaža (n=24) prikazana na stereogramu. c) Slika koja prikazuje očekivani raspored i orijentaciju klivaža osne plohe u boranim naslagama (iz Ramsay & Huber, 1987).

5.2. GEOLOŠKI PROFIL NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

Radi interpretacije strukturne građe područja istraživanja na podlogu OGK lista Črnomelj (Bukovac et al. 1983) uneseni su novi podaci o orijentaciji slojeva prikupljeni terenskim istraživanjem, tragovi bora i oznaka za Vrbovski rasjed koji je reinterpretiran kao reversni rasjed s nagibom prema JZ (Slika 5-19).

5.2.1. Geološki profil kroz područje istraživanja



Slika 5-19. Isječak OGK lista Črnomelj s ucrtanom trasom profila A–B.

Na temelju OGK lista Črnomelj (Bukovac et al. 1983), dopunjene podacima terenskih istraživanja u okviru ovog rada (Slika 5-19), načinjen je geološki profil prikazan na Slici 5-20. Pružanje ovog profila je 44–224° tako da je približno poprečan na normalne kontakte između stratigrafskih jedinica, pružanje Vrbovskog rasjeda i tragove bora u njegovom krovinskom i podinskom krilu. Profil presijeca kroz četiri reversna rasjeda i osam tragova bora pružanja SZ–JI koji nisu međusobno paralelni pa je stoga i pružanje profila određeno tako da je približno poprečan na ove strukture.

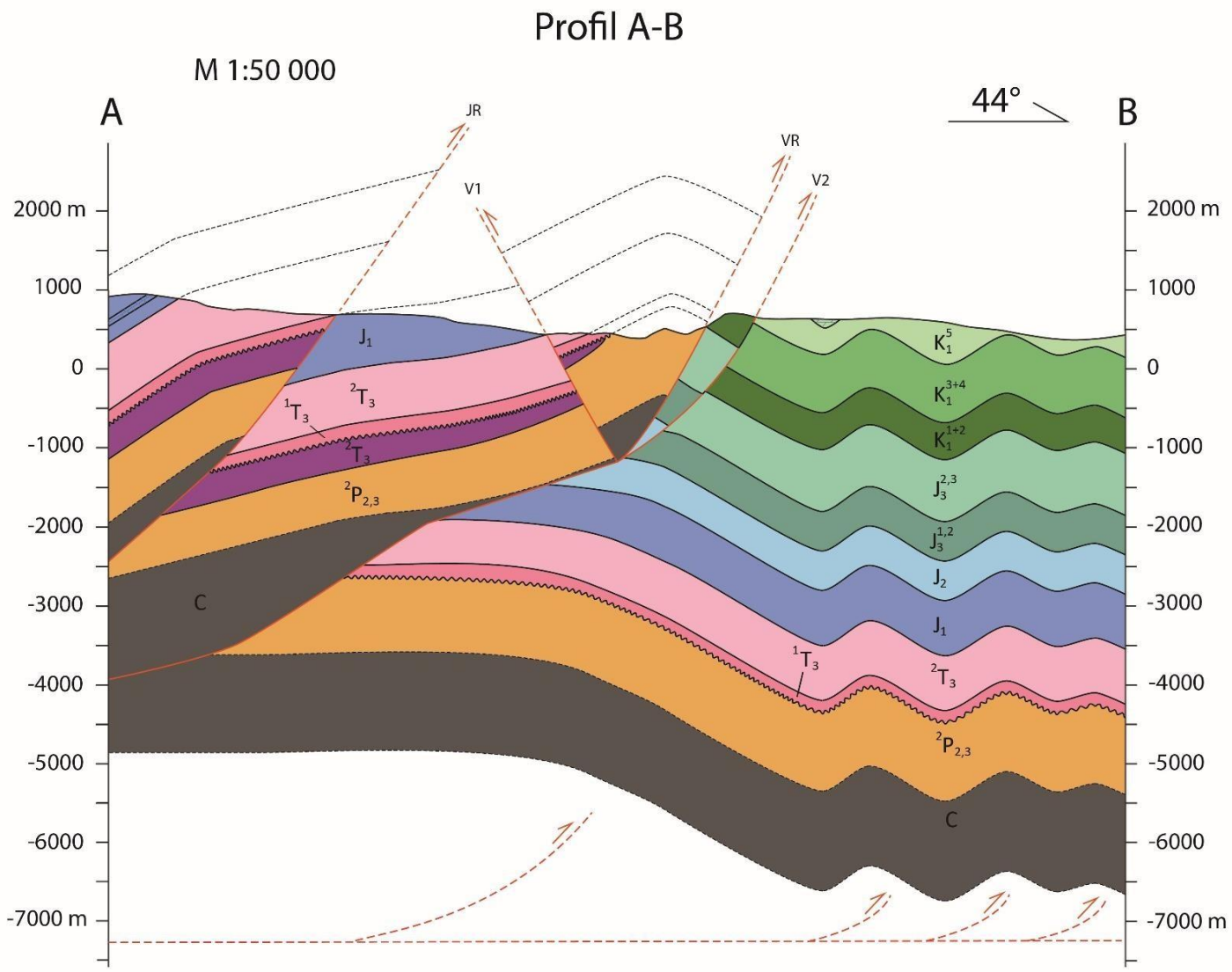
Za razliku od profila na OGK lista Črnomelj, gdje je Vrbovski rasjed interpretiran kao vertikalan rasjed sa spuštenim SI krilom, na ovom profilu taj je rasjed interpretiran kao reversni rasjed s nagibom prema JZ. Gledajući u profilu, ovaj se rasjed sastoji od četiri segmenta: rampe s nagibom 63°, koja na dubini oko -1200 m prelazi u zaravan pod kutom od 18° do dubine od oko -2000 m, gdje prelazi u rampu pod kutom nagiba 32°, koja pak na dubini oko -3500 m prelazi u zaravan s kutom nagiba 20°. Komponenta skoka po Vrbovskom rasjedu je oko 3400 m.

U krovini Vrbovskog rasjeda, iznad strukturno najviše rampe, stvorena je antiklinala čiju jezgru na površini izgrađuju permske naslage. S obzirom na debljinu permskih naslaga koja

je na OGK lista Delnice procijenjena na približno 1000 m (Savić i Dozet, 1984), u jezgri ove antiklinale pretpostavljene su i karbonske naslage. Antiklinala je asimetrična, s kraćim i strmije nagnutim SI krilom koje je reducirano na rampi Vrbovskoga rasjeda, i duljim i blaže nagnutim JZ krilom, čija je cjelovitost prekinuta reversnim rasjedom nagnutim prema SI, a koji je na profilu označen oznakom V1. S obzirom na položaj rasjeda V1 u odnosu na Vrbovski rasjed, interpretiran je kao njegov protusmjerni ogranak, odnosno kao takozvani „*backthrust*“ rasjed u odnosu na Vrbovski rasjed. Vertikalna komponenta pomaka po ovom rasjedu je oko 500 m. U podinskom krilu Vrbovskoga rasjeda interpretiran je i reversni rasjed V2, također pretpostavljen kao istosmjerni ogranak Vrbovskog rasjeda, a koji je zahvatio gornjojurske i kredne naslage u podinskom krilu Vrbovskoga rasjeda te na površini doveo berijas–otrivske preko albskih naslaga. Komponenta skoka po ovom rasjedu je oko 800 m.

Idući od Vrbovskog rasjeda prema JZ, JZ krilo antiklinale je, osim reversnog rasjeda V1, rasjednuto i reversnim rasjedom koji je u ovom radu označen kao Jablanski rasjed (JR), a koji je interpretiran kao reversni rasjed s nagibom prema JZ i po kojem su na površini terena gornjotrijaski dolomiti dovedeni u strukturni položaj iznad donjojurskih naslaga. Procijenjena komponenta skoka po ovom rasjedu je približno 730 m.

Idući od Vrbovskog rasjeda i njegova ogranka V2 prema SI, površinu izgrađuju borane albske naslage u nizu antiklinala i sinklinala, koje se izmjenjuju na malom razmaku. Oblik ovih bora je rekonstruiran na temelju podataka orijentacije slojeva prikazanih na OGK lista Črnomelj (Bukovac et al., 1983), a isti oblik bora pretpostavljen je i u podinskim naslagama čije su debljine preuzete s geološkog stupa toga lista (Slika 3-1) i na geološkom stupu OGK lista Delnice (Savić i Dozet, 1984). Za ovaj niz bora, kao i za Vrbovski i Jablanski rasjed, pretpostavljen je dekolmanski horizont unutar karbonskih naslaga na dubini oko -7200 m.



Slika 5-20. Geološki profil A-B koji prikazuje raspored naslaga istraživanog područja u podzemlju. JR – rasjed koji se nalazi na području naselja Jablan, V1-tzv. „backthrust“ rasjed nastao uslijed izdizanja VR, VR – glavni rasjed na području istraživanja i šire,V2 - sporedni rasjed koji je nastao uslijed izdizanja VR.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju obavljenih terenskih istraživanja na području Gorskog kotara u dijelu od Vrbovskog do Moravica zabilježeni su novi strukturno-geološki podaci koji su korišteni za reinterpretaciju strukturne građe ovog područja.

Terenskom analizom u gornjotrijaskim klastitima zaključeno je da je dominantna folijacija u ovim stijenama klivaž osne plohe, nastao uslijed boranja i nastanka antiklinale u krovini Vrbovskoga rasjeda, a ne slojevitost u prebačenom položaju, kako se to smatralo u prethodnim radovima.

Vrbovski rasjed, koji je u ranijim radovima pretpostavljen kao vertikalni, neotektonski rasjed, ovim je radom interpretiran kao reversni rasjed s nagibom na JZ i tektonskim transportom prema SI. Procijenjena komponenta skoka po ovom rasjedu je oko 3400 m. Sastavljen je od četiri segmenta (dvije rampe i dvije zaravni). U krovinskom krilu ovog rasjeda nastala je asimetrična antiklinala čiju jezgru otkrivenu na površini izgrađuju permske naslage.

Uz Vrbovski rasjed, na istraživanom području interpretirana su i dva istosmjerna i jedan protusmjerni reversni rasjed, koji su vjerojatno nastali tijekom iste deformacijske faze kao i Vrbovski rasjed.

7. LITERATURA

BUKOVAC, J., POLJAK, M., ŠUŠNJAR, M. i ČAKALO, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Črnomelj L 33–91.– Geološki Zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1983.), Savezni geol. Zavod, Beograd, 63 str.

BUKOVAC, J., ŠUŠNJAR, M., POLJAK, M., ČAKALO, M. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000., list Črnomelj L 33–91.– Geološki Zavod Zagreb, Geološki Zavod Ljubljana (1972.–1983.), Savezni geološki zavod, Beograd.

HERAK, M. (1980): Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnica u Gorskom kotaru (Hrvatska). Acta geologica, 10/2, 35–51, Zagreb.

HOLCOMBE, R., 2019. GEOrient 32v9: Program for Windows

https://www.holcombe.net.au/software/georient.html

RAMSAY, J. G. & HUBER, I. M. (1987): The Techniques of Modern Structural Geology, Volume 1: Strain Analysis,–Academic Press Inc., London, 307 str.

SAVIĆ, D. i DOZET, S. (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Delnice L 33–90.– Geološki Zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1983.), Savezni geol. Zavod, Beograd, 66 str.

Tablica I. Opis točaka opažanja

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T1	5506746	5024912	donja jura	288/42 265/36 270/44		R 265/52	Pretežito tamnosivi vapnenci sa sporadičnim slojevima dolomita
T2	5507684	5026295	gornja jura				Izdanak karbonata i pretežito kataklaziranih dolomita
T3	5508063	5025976	gornja jura				Izdanci karbonata
T4	5509128	5025385	donja jura	225/14 230/14			Izdanak laminiranih dolomitičnih vapnenaca. Lamine su crvenkaste boje (rožnjak)
T5	5507787	5024548	donja jura				Vapnenci moguće kredni, a ne jurski kako je označeno na OGK
T6	5507687	5024517	donja jura	175/20		R 275/20 s desnim pomakom (vlačne bore)	Izmjena vapnenaca i dolomita, sporadično laminirani
T7	5505859	5026356	gornji trijas	238/30			Lijepo otkrivena serija hauptdolomita
T8	5505769	5027053	gornji trijas		40/25		Crveni klastiti s izrazitim klivažem
T9	5505677	5027275	gornji trijas		75/28 70/40		Dekametarski izdanak crvenih klastita
T10	5505442	5027748	perm	165/30			Izdanak smeđih klastita (laminirani), u laminama ima tinjaca
T11	5505118	5028502	perm	110/32 52/40 83/40		R 216/60 reversni desni	Izdanak serije pješčenjaka i šejlova u izmjeni.
T12	5504379	5028790	perm				Izdanak permskih klastita
T13	5503452	5028502	gornji trijas	305/45			Hauptdolomiti u zasjeku puta

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T14	5504054	5027802	gornji trijas	296/26 330/36			Hauptdolomit u kamenolomu
T15	5503631	5026592	donja jura	275/16 180/8			Slojeviti tamnosivi vapnenci s dolomitima
T16	5502923	5029716					Prolaz ispod pruge prema izdancima crvenih klastita
T17	5502938	5029754	gornji trijas		20/10		Lećasto klivažirani crveni klastiti
T18	5502771	5029915					Cesta meda
T19	5501950	5030845	gornji trijas		15/25		Izdanci dolomita s mikrorasjedima
T20	5501712	5031253	gornji trijas	212/30			Reliktna slojevitost u dolomitima
T21	5505713	5026862	gornji trijas	230/20 245/30			Hauptdolomit
T22	5505546	5027462	gornji trijas				Izmjena crvenih i zelenih klastita
T23	5504528	5028865	perm	55/35			Pješčenjaci perma
T24	5503065	5029509	gornji trijas		35/35 10/40 0/45 27/68 15/40 10/37		Izdanak crvenih klastita s vrlo izraženim i gustim klivažem
T25	5503111	5029549	gornji trijas		40/45		Izdanak crvenih klastita s izrazitim klivažem
T26	5503105	5029637	gornji trijas				Izdanak klastita, vidi se odnos klivaža i slojevitosti
T27	5505953	5025705	donja jura			Sp1 84/85 Sp2 5/78 Sp3 99/62	Jasno izražena slojevitost u izmjeni dolomita i vapnenaca. Vidljivi setovi pukotina
T28	5502237	5030393	perm				Izrazito trošene stijene, izmjena šejlova i pješčenjaka uz prisutnost valutica kvarca (konglomerati)

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T29	5502157	5030480	gornji trijas		271/11 280/16 300/10		Crveni klastiti s izraženim klivažem koji sjeveroistočno prelaze u žute klastite i vapnence s foraminiferama
T30	5502155	5030483	gornji trijas				Hauptdolomit
T31	5502757	5030758	gornji trijas				Hauptdolomit
T32	5503293	5030907	gornji trijas				Hauptdolomit
T33	5503809	5030980	gornja jura			Sp1 45/38 Sp2 28/34	Dolomiti, dva seta pukotina
T34	5503805	5030984	gornja jura	61/47 70/55			Izražena slojevitost, izmjena vapnenaca i dolomita
T35	5504613	5030556	gornja jura i donja kreda	100/18 120/51 48/32 6/60			Prijelaz iz bijelih vapnenaca (jura) u žućkaste razlomljene vapnence (kreda) uz cestu
T36	5504678	5030307	donja kreda	30/30 40/18 48/20 46/56			Razlomljeni vapnenci u zasjeku ceste
T37	5504615	5030156	donja kreda	39/31 65/43 90/30			Vapnenci
T38	5502843	5030083	gornji trijas				Izrazito razlomljeni hauptdolomiti
T39	5502837	5030094	gornji trijas	352/29			Hauptdolomiti
T40	5502790	5030174	gornji trijas	301/18			Hauptdolomit s proslojcima crvenih klastita
T41	5502685	5030296	gornji trijas		219/32		Crveni klastiti s odlomcima dolomita
T42	5502888	5030346					Jako razlomljeni dolomiti

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T43	5502917	5030310	donji trijas	240/41			Crveni klastiti s tinjcima u izmjeni s pješčenjacima. Dalje mali izdanak s lijepom slojevitosti tinjčastih crvenih klastita
T44	5502964	5030276	donji trijas	230/54			Izdanak slojeva do lamina tinjčastih crvenih klastita
T45	5502928	5030218	donji trijas	254/49			Lijepa slojevitost crvenih tinjčastih klastita
T46	5503129	5030176	perm			Sp1 216/55 Sp2 90/44 Sp3 349/55	Pješčenjaci s nekoliko setova pukotina
T47	5503135	5030130	donji trijas	350/44			Izmjena dolomita i crvenih tinjčastih klastita
T48	5503238	5030019	perm	195/45			Izražena slojevitost s izmjenom pješčenjaka i crnih šejlova
T49	5503359	5030001	perm	189/85			Izmjena crnih tinjčastih šejlova i pješčenjaka u subvertikalnom položaju
T50	5503535	5029996	perm				Gusta izmjena pješčenjaka i šejlova u vertikalnom položaju
T51	5503504	5029942	perm	198/56			Izmjena pješčenjaka i šejlova
T52	5503787	5029793					Put koji dalje vodi po permskim naslagama
T53	5503748	5029813	perm	128/63			Slojevi pješčenjaka
T54	5503265	5029797	donji trijas				Crvenkasto tlo s fragmentima crvenih tinjčastih šejlova

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T55	5503196	5029648	gornji trijas	130/25			Izdanci crvenih klastita bez tinjaca
T56	5503140	5029593	gornji trijas		20/43		Crveni klastiti
T57	5505068	5028528				R 130/48 reversni desni rasjed	
T58	5505105	5028720	perm	147/58 115/56 145/55 115/45 118/44 85/44			Dekametarski izdanci konglomerata. Dalje po putu pješčenjaci s tinjcima.
T59	5505209	5028876	perm				Konglomerati
T60	5505408	5028898	perm	91/43			Lamine pješčenjaka i crnih šejlova
T61	5505404	5028902	gornja jura	90/24			Izmjena dolomita i vapnenaca
T62	5505516	5028945	gornja jura				Izdanci dolomita nepoznate orijentacije
T63	5505523	5029021					Vrlo trošeni žućkasti vapnenci
T64	5505453	5029031		325/35?			Mogući kataklaziti, izmjena žutih, crvenih i sivih klastita. Orijentacija upitna
T65	5505290	5029165	kreda?				Blokovi vapnenaca (moguće krednih) premješteni uslijed odrona
T66	5505418	5029013		102/50? 20/10			Izdanak dolomita u potoku upitne orijentacije. Lijepi stepeničasti slojevi vapnenaca u potoku pored.
T67	5504927	5025669	donja jura	292/10			Izmjena vapnenaca i dolomita
T68	5503567	5029074	perm				Odlomci pješčenjaka i konglomerata

Točka	X	Y	Geol. starost	Slojevitost	Klivaž	Rasjedi i pukotine	Sažeti opis
T69	5503583	5029135	perm	75/75 80/71			Konglomerati i pješčenjaci s tinjcima u zasjeku
T70	5503640	5029257					Kraj puta, može se spustiti u potok
T71	5503625	5029294	perm	180/55 176/52 173/52 176/65 150/55			Lijepo slojeviti konglomerati u potoku s pružanjem istok–zapad
T72	5503157	5029317	gornji trijas				Uz šumski put crveno tlo uz pokoji izdanak crvenih klastita
T73	5503149	5029318					put dalje vodi prema točki T25
T74	5503105	5029637	gornji trijas		30/42 29/40		Izrazit klivaž crvenih klastita s proslojcima dolomita
T75	5503217	5029444	gornji trijas		30/45 25/44 20/47 10/35 50/60		Crveni klastiti s izraženim klivažem
T76	5503392	5029334					Križanje puta s tri ogranka usred šume
T77	5503441	5029434	donji trijas i perm				Fragmenti crvenih tinjčastih klastita uz puno nevezanih valutica kvarca (granica perm–trijas)
T78	5503183	5029458	gornji trijas				Svijetli izdanci nepoznate orijentacije (moguća prava slojevitost vidljiva unutar crvenih klastita na točki T24)

KLASA: 602-04/20-01/197
URBROJ: 251-70-13-20-2
U Zagrebu, 17.09.2020.

Filip Šegović, student

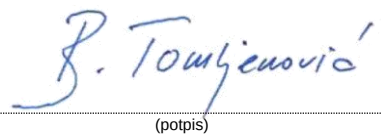
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/197, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 23.07.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

STRUKTURNO-GEOLOŠKA ANALIZA U ZONI VRBOVSKOGA RASJEDA U GORSKOM KOTARU

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Bruno Tomljenović, profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj



(potpis)

Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

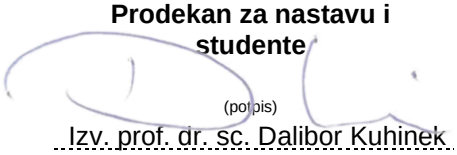


(potpis)

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)