

Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Ivana Gudac i Marin Sečanj

**Geološka istraživanja na području značajnog krajobraza Vražji prolaz i  
Zeleni vir s ciljem izrade geološke poučne staze**

Zagreb, 2014.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine i Zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, pod vodstvom doc. dr. sc. Uroša Barudžije i prof. dr. sc. Brune Tomljenovića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2013/2014.

## KORIŠTENE KRATICE

DMR	Digitalni model reljefa
GIS	Geografski informacijski sustav
HCl	Klorovodična kiselina
HE	Hidroelektrana
J	Jug
JI	Jugoistok
JZ	Jugozapad
M	Mjerilo
OGK	Osnovna geološka karta
S	Sjever
SFRJ	Socijalistička Federativna Republika Jugoslavija
SI	Sjeveroistok
SZ	Sjeverozapad
TK	Topografska karta
TZ	Turistička zajednica
WMS	Web Map Service

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. HIPOTEZA I CILJ RADA</b> .....	2
<b>3. ZNAČAJKE GORSKOG KOTARA I ISTRAŽIVANOG PODRUČJA</b> .....	3
3.1. GEOLOGIJA GORSKOG KOTARA.....	5
3.1.1. STRATIGRAFSKE ZNAČAJKE .....	6
3.1.1.1. <i>PALEOZOIK</i> .....	6
3.1.1.2. <i>MEZOZOIK</i> .....	6
3.1.1.3. <i>KVARTAR</i> .....	8
3.1.2. STRUKTURNO – TEKTONSKE ZNAČAJKE .....	8
3.2. DOSADAŠNJA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU ZNAČAJNOG KRAJOBRAZA VRAŽJI PROLAZ I ZELENIM VIR.....	9
<b>4. METODE I PLAN RADA</b> .....	13
4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA .....	13
4.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA.....	16
4.2.1. GRANULOMETRIJSKA ANALIZA .....	16
4.2.2. IZDVAJANJE MINERALNIH SASTOJAKA TEŠKIM TEKUĆINAMA .....	18
4.2.2. IZDVAJANJE MINERALNIH SASTOJAKA FRANTZOVIM IZODINAMSKIM MAGNETSKIM SEPARATOROM .....	20
4.3. KABINETSKI RAD .....	22
4.3.1. IZRADA GIS PROJEKTA .....	22
4.3.2. IZRADA GEOLOŠKE KARTE S PRIPADAJUĆIM PROFILIMA .....	24
4.3.3. IZRADA GEOLOŠKOG MODELA.....	27
4.3.4. DIZAJNIRANJE EDUKATIVNIH PANOJA.....	28
<b>5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b> .....	32
5.1. OPIS KARTIRANIH JEDINICA .....	32
5.1.1. ŠEJLOVI, PJEŠČENJACI I KONGLOMERATI (perm).....	32
5.1.2. IZMJENA DOLOMITA SA CRVENIM I ZELENIM KLASTITIMA (kamik) .....	34

5.1.3. GLAVNI DOLOMIT (norik – ret).....	35
5.1.4. VAPNENCI I DOLOMITI (sinemurij – plinsbah) .....	35
5.1.5. VAPNENCI S GASTROPODIMA, BRAHIPODIMA I LITIOTISIMA (plinsbah).....	37
5.1.6. MRLJASTI VAPNENCI (toarcij).....	38
5.2. STRUKTURNA GRAĐA I TEKTONIKA .....	38
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>42</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>43</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>46</b>
<b>9. SUMMARY.....</b>	<b>47</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>49</b>

## POPIS SLIKA

<b>Slika 3–1</b> Općine Gorskog kotara .....	3
<b>Slika 3–2</b> Zaštićena područja u Gorskom kotaru .....	4
<b>Slika 3–3</b> Isječci s listova Osnovne geološke karte SFRJ koji predstavljaju Gorski kotara.....	5
<b>Slika 3–4</b> Položaj značajnog krajobraza na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ – list Delnice;.....	9
<b>Slika 3–5</b> Prikaz kronostratigrafskih jedinica na području značajnog krajobraza .....	10
<b>Slika 4–1</b> Prikaz točkaka opažanja .....	14
<b>Slika 4–2</b> Prikaz skice iz terenskog dnevnika u dijelu kanjona bez GPS signala .....	15
<b>Slika 4–3</b> Prikaz rezultata granulometrijske analize histogramom .....	17
<b>Slika 4–4</b> Kumulativna granulometrijska krivulja.....	17
<b>Slika 4–5</b> Kvantitativna klasifikacija i nomenklatura klastičnih sedimenata na temelju međusobnih udjela pojedinih kategorija zrna (BLOTT & PYE, 2011).....	18
<b>Slika 4–6</b> Oprema potrebna za izdvajanje mineralnih sastojaka teškim tekućinama .....	19
<b>Slika 4–7</b> Teška mineralna frakcija dobivena separacijom bromoformom .....	20
<b>Slika 4–8</b> Frantzov izodinamski magnetski separator .....	21
<b>Slika 4–9</b> Grupe minerala dobivene magnetskom separacijom;.....	22
<b>Slika 4-10</b> Fotodokumentacija i opis točaka opažanja u GIS projektu .....	23
<b>Slika 4-11</b> Prikaz dodavanja simbola slojevima (lijevo) i rasjedima (desno) u GIS projektu.	23
<b>Slika 4-12</b> Organizacija i vrsta podataka u GIS projektu.....	24
<b>Slika 4–17</b> Shema edukativnog panoa.....	29
<b>Slika 4–18</b> Prikaz transparentne fotografije okoliša kao pozadine panoa.....	30
<b>Slika 4–19</b> Prikaz organizacije podataka pomoću slojeva u Adobe Illustratoru® .....	31
<b>Slika 5–1</b> Slojevitost pješčenjaka u izmjeni sa šejlovima (A); Kosa laminacija u pješčenjaku (B) .....	32
<b>Slika 5–2</b> Konglomerat s valuticama kvarca .....	33
<b>Slika 5–3</b> Kontakt crvenih i zelenih šejlova, u izmjeni s dolomitom, s crnim šejlovima .....	34
<b>Slika 5–4</b> Stromatolitna laminacija u glavnom dolomitu (A); Izmjena ranodijagenetskog i kasnodijagenetskog dolomita (B).....	35

<b>Slika 5–5</b> Laminacija u vapnencima.....	36
<b>Slika 5–6</b> Slamp bora iznad Zelenog vira .....	36
<b>Slika 5–7</b> Vapnenci s gastropodima, brahiopodima i litiotisima .....	37
<b>Slika 5–8</b> Slojna ploha mrljastog vapnenca .....	38
<b>Slika 5–9</b> Reversni rasjedi unutar glavnog dolomita.....	39
<b>Slika 5–10</b> Polegla slamp bora metarskih dimenzija u istočnom krilu rasjeda .....	40
<b>Slika 5–11</b> Kontakt između naslaga koje izgrađuju slamp bore i vapnenaca .....	41

#### POPIS TABLICA

<b>Tablica 4-1</b> Prikaz rezultata granulometrijske analize.....	16
---	----

#### POPIS PRILOGA

**Prilog 1.** Geološka karta značajnog krajobraza Vražji prolaz i Zeleni vir

**Prilog 2.** Geološki model značajnog krajobraza

**Prilog 3.** Primjer edukativnog panoa u izradi

## 1. UVOD

Značajni krajobraz Vražji prolaz i Zeleni vir geološki je vrlo zanimljivo područje. Već na prvi pogled, prolazeći planinarskim stazama i šetnicom kroz Vražji prolaz i Zeleni vir, jasno je vidljiva kompleksna geološka građa ovog područja. Na nju ukazuju polegale bore vidljive u kanjonu, kao i velike razlike u naslagama koje čine bokove kanjona. Sve navedeno, kao i još niz drugih stvari geolozima otvara puno pitanja. Radi toga, kontaktirana je turistička zajednica općine Skrad i dogovorena je izrada geološke poučne staze na području značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

Tijekom geološkog istraživanja spomenutog područja, obavljeno je 211 točaka opažanja. Geološkim kartiranjem utvrđeno je da se na ovom području nalaze naslage permske, trijasko i jurske starosti, te su utvrđeni litološki i strukturni odnosi spomenutih naslaga. Laboratorijskim istraživanjima su detaljno analizirani uzorci koje smo prikupili tijekom istraživanja. Geološka istraživanja provedena su u svrhu izrade geološke karte s pripadajućim profilima, geološkog modela područja te detaljnog opisa kartiranih jedinica.

Rezultati geoloških istraživanja biti će, na pristupačan i slikoviti način, prikazani na 12 edukativnih panoa, koji će biti postavljeni tijekom ljeta 2014. godine duž cijelog značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*.



## 2. HIPOTEZA I CILJ RADA

Područje značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir* nastalo je djelovanjem tektonike uslijed koje je došlo do stvaranja pukotina u karbonatnim stijenama. Prodiranjem vode u nastale pukotine dolazi do otapanja karbonatnih stijena te postupnog produbljivanja kanjona. Osim raspucalih karbonatnih stijena, od velikog su značaja nepropusne klastične stijene, na višim dijelovima terena, na kojima su se formirali mnogi manji površinski tokovi. Ti tokovi se slijevaju prema *Vražjem prolazu i Zelenom viru* i donose vodu, koja je nužna za proces topljena karbonatnih stijena i daljnjeg oblikovanja kanjona.

Cilj rada je ustanoviti geološke procese te strukturne i litološke odnose koji su doveli do formiranja spomenutog područja, izraditi geološku kartu s pripadajućim profilima kao i geološki model područja. Rezultati istraživanja biti će na pristupačan način prikazani na edukativnim panoima koji će biti postavljeni u zaštićenom krajobrazu *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

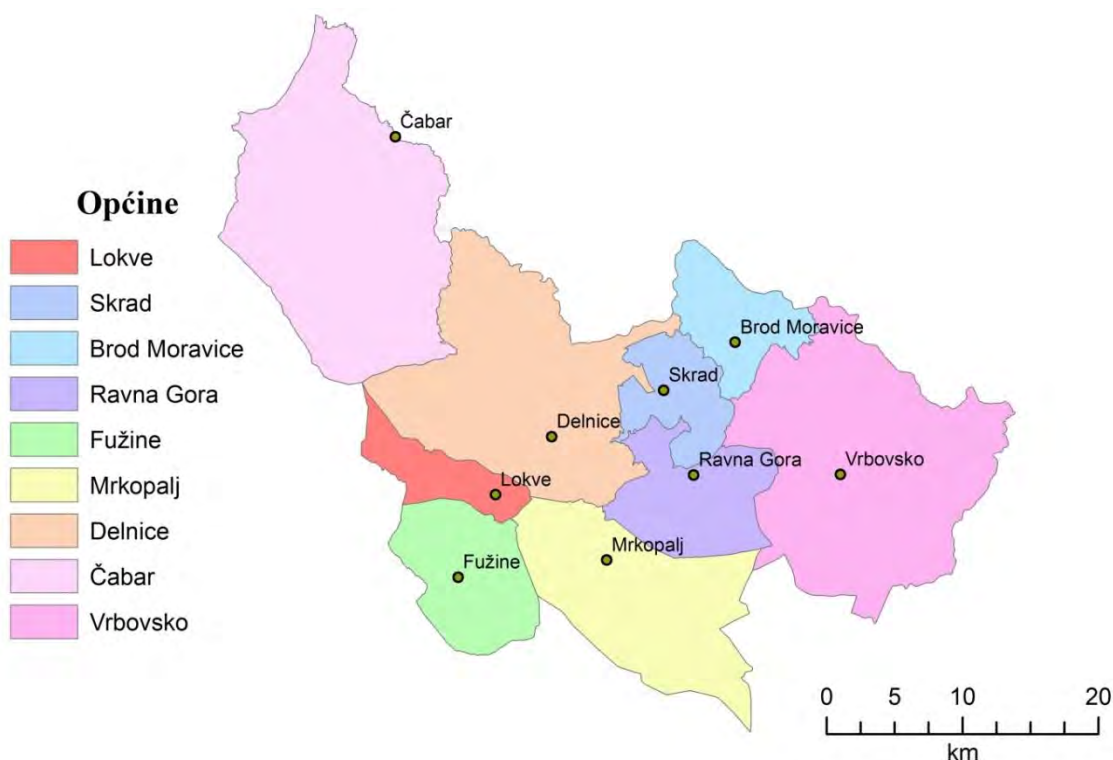
Kroz 12 edukativnih panoa, posjetiteljima značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*, želi se približiti geološka građa područja. Putem edukativnih panoa prikazati će se:

- kako nastaju karbonatne i klastične stijene te koja je njihova razlika
- načini na koje se navedene stijene troše i kako je to utjecalo na stvaranje današnje morfologije terena
- kako nastaju krški oblici (špilje, kanjoni) i krški izvori
- kako nastaju geološke strukture koje su vidljive u značajnom krajobrazu, a i one koje su pokrivene

Osim slikovitih pojašnjenja gore navedenih pojmova, na svakom edukativnom panou biti će i dodatne informacije o periodu u kojem su nastale promatrane stijene.

### 3. ZNAČAJKE GORSKOG KOTARA I ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

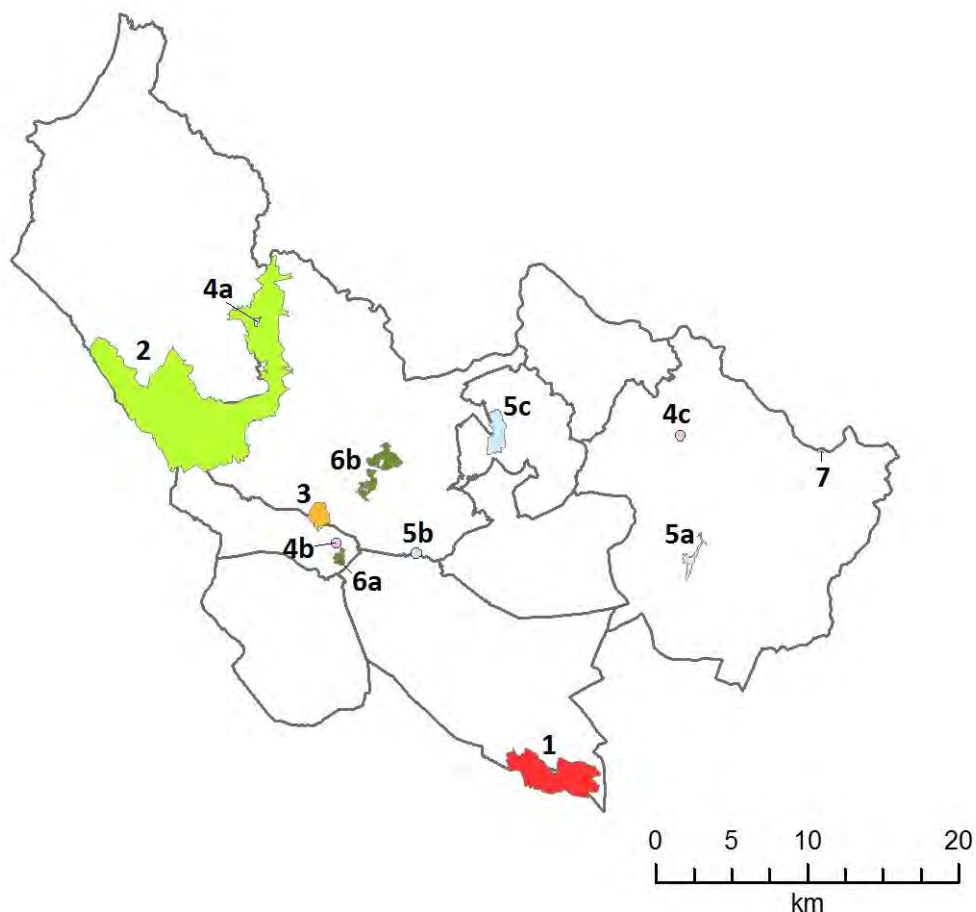
Gorski kotar, površine 1270 km<sup>2</sup>, je dio Primorsko-goranske županije. Grad Delnice su njegovo središte, a općine koje obuhvaća su: Brod Moravice, Čabar, Delnice, Fužine, Lokve, Mrkopalj, Ravna Gora, Skrad i Vrbovsko (Slika 3–1). Zbog svoje prirodne ljepote i raznolikosti u Gorskom kotaru se nalazi nekoliko zaštićenih područja prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13).



*Slika 3–1 Općine Gorskog kotara*

Zaštićena područja u Gorskom kotaru s obzirom na stupanj zaštite su (Slika 3–2):

1. STROGI REZERVAT- Bijele i Samarske stijene
2. NACIONALNI PARK- Risnjak
3. POSEBNI REZERVAT- Debela lipa- Velika Rebar
4. SPOMENIK PRIRODE- Kupa-izvor, Lokvarka, Tisa u Moravicama
5. ZNAČAJNI KRAJOBRAZ- Kamačnik, Petehovac, Vražji prolaz i Zeleni vir
6. PARK-ŠUMA- Golubinjak, Japlenški vrh
7. SPOMENIK PARKOVNE ARHITEKTURE- Severin na Kupi- park uz dvor



**Slika 3–2** Zaštićena područja u Gorskom kotaru: 1 – Bijele i Samarske stijene; 2 – Risnjak; 3 - Debela lipa- Velika Rebar; 4a - Kupa-izvor, 4b - Lokvarka, 4c - Tisa u Moravicama; 5a - Kamačnik, 5b - Petehovac, 5c - Vražji prolaz i Zeleni vir; 6a - Golubinjak, 6b - Japlenški vrh; 7 - Severin na Kupu- park uz dvor

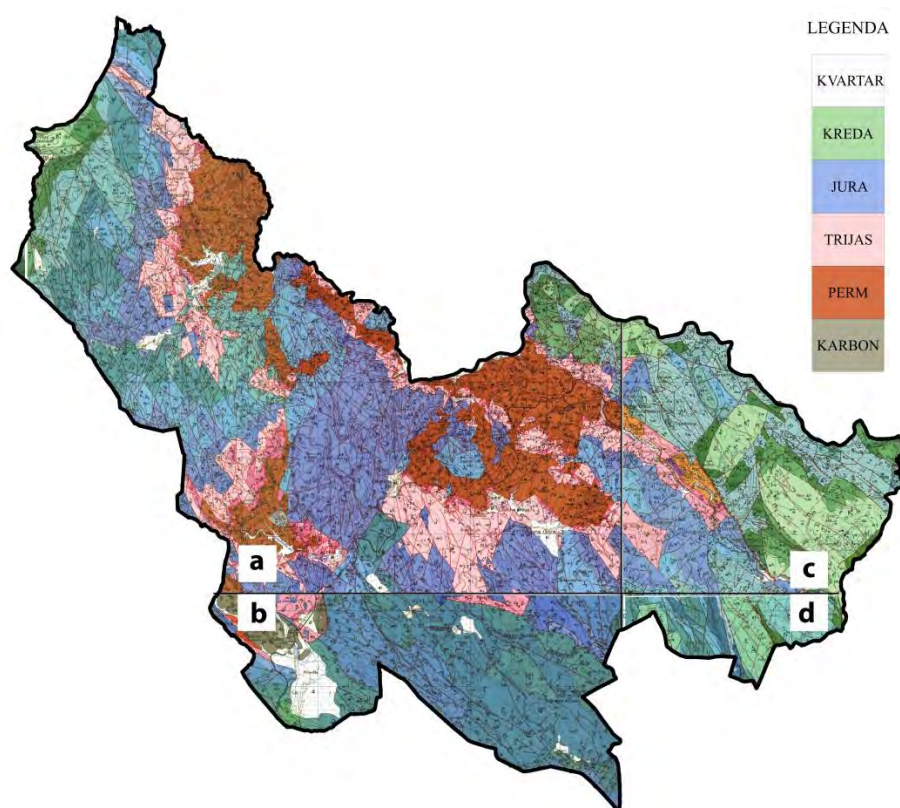
Zaštićeno područje *Vražji prolaz i Zeleni vir* bilo je smatrano posebnim rezervatom, no sukladno Rješenju Zavoda za zaštitu prirode (broj: 7/9- 1962) od 26. rujna 1962. godine područje je zaštićeno u kategoriji rezervata prirodnog predjela koja danas odgovara kategoriji značajnog krajobraza. Značajni krajobraz *Vražji prolaz i Zeleni vir* se nalazi u općini Skrad i proteže se na površini od 2,5 km<sup>2</sup>. Obilježavaju ga kanjon potoka Jasle (Vražji prolaz), izvor Zeleni vir, špilja Muževa hiža i HE Munjara, izgrađena 1921. godine.

### 3.1. GEOLOGIJA GORSKOG KOTARA

Gorski kotar pripada dijelu vanjskih Dinarida. Naslage tog područja generalno možemo podijeliti u dvije vrste, klastične i karbonatne naslage. Klastične naslage su taložene tijekom mlađeg karbona, perma i trijasa. Tijekom mlađeg trijasa (karnika) prestaje taloženje klastita i počinje (u noriku i retu) taloženje karbonata, nakon kojeg više nema pojave klastičnih naslaga. To ukazuje na odvajanje platforme od kopna te taloženje karbonata mlađe trijaskе, jurske i kredne starosti. Nakon završetka taloženja gornjokrednih naslaga slijedi kopnena faza s razvojem kvartarnih naslaga.

Naopsežnija geološka istraživanja na području Gorskog kotara provedena su tijekom 60-tih, 70-tih i 80-tih godina 20. stoljeća prilikom izrade Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000, listova Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984.), Crikvenica (ŠUŠNJAR et.al., 1969.), Črnomelj (BUKOVAC et.al., 1983.) i Ogulin (VELIĆ et.al., 1980.).

S obzirom da list Delnice pokriva najveći dio površine Gorskog kotara (slika 3.3) i da su na njemu vidljive sve geološke jedinice koje su otkrivene u Gorskom kotaru, list Delnice kao i Tumač tog lista biti će temelj za prikaz naslaga na navedenom području.



**Slika 3–3** Isječci s listova Osnovne geološke karte SFRJ koji predstavljaju Gorski kotara: a- list Delnice; b- list Crikvenica; c- list Črnomelj; d- list Ogulin

### 3.1.1. STRATIGRAFSKE ZNAČAJKE

#### 3.1.1.1. PALEOZOIK

Prema tumaču Osnovne geološke karte – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985) naslage paleozoika čine gornjokarbonski i permski klastiti. Mlađe karbonske naslage predstavljaju glinene stijene, pješčenjaci te konglomeratično-pješčane stijene. Na temelju asocijacije plitkomorskih foraminifera (*Quasiendothyra cf. communis*, *Fusulinella simplicata*, *Fusulinella cf. bocki* i *Triticites cf. salopeki*), kronostratigrafski, naslage mlađega karbona odgovaraju kasimovu. Naslage donjo i srednjepermske starosti predstavljaju glinene stijene s proslojcima pješčenjaka i vapnenaca, kvarcni konglomerati i konglomeratične pješčanje stijene te pješčenjaci. Iz glinenih stijena analizom polena određene su *Pityosporites zopfei*, *Pitosporites schaubegeri* itd. karakteristični za perm. Takođe, autor navodi, da je završetak srednjopermskog slijeda obilježen limonitnom korom, dok je lokalno utvrđena hematitno-baritna i limonitno-baritna kora. Limonitna kora formirana je tijekom kopnene faze koja je trajala tijekom mlađeg perma te tijekom starijeg trijas.

#### 3.1.1.2. MEZOZOIK

Prema tumaču Osnovne geološke karte – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985) direktno na limonitnoj kori se pojavljuje barit, dolomitno-baritni mješanac te dolomit na kojem leže klastične naslage gornjeg trijasa. Na tim klastičnim naslaga dolaze dolomiti kao vršni član gornjotrijaskog slijeda naslaga. Prema autorima na području Gorskog kotara nije bilo taloženja tijekom starijeg trijasa što je suprotno mišljenju autora iz ranijih radova (BABIĆ, 1967, ĐURĐANOVIĆ, 1967, ŠČAVNIČAR i ŠUŠNJARA, 1967, ŠČAVNIČAR, 1973, BUKOVAC et al, 1984) i iz nekih novijih (ALJINOVIĆ, 1997). Prema ŠČAVNIČAR (1973), za vrijeme starijeg trijasa taloženi su sedimenti kontinuirano na paleozoik te se oni sastoje od sitnozrnog, dobro sortiranog terigenog detritusa koji je pristizao s preostalim udaljenih paleozojskih kopnenih površina izdignutih u završnim fazama hercinske orogeneze. BUKOVAC et al (1984), na Osnovnoj geološkoj karti – list Črnomelj, izdvaja donji trijas i razlikuje dva nivoa – sajski i kampilski. Također, u tumaču Osnovne geološke karte SFRJ – lista Črnomelj (BUKOVAC et al, 1984) navodi da se u sajskom nivou nalaze dolomitni

tinjčasti siltiti, siltni dolomiti i šejlovi, dok se u kampilskom nivou nalaze zalaporeni pločasti mikriti i siltni mikriti. ALJINOVIĆ (1997) navodi da ležišta barita predstavljaju granicu permskih i donjotrijaskih naslaga, što je suprotno od SAVIĆ i DOZET (1985), koji tvrde da na baritu leže gornjotrijaske naslage. Prema ALJINOVIĆ (1997), najpogodniji pravac kretanja pornih, mineralizirajućih otopina predstavlja granica permskih i trijaskih stijena, što se tumači procesima trošenja permskih klastita tijekom hijatusa u gornjem permu uslijed čega je formiran paleoreljef pun neravnina, pogodnih za cirkulaciju otopina. Za razliku od donjeg trijasa, većina autora se slaže da tijekom trijasa na području Gorskog kotara nije bilo taloženja zbog emerzije.

Prema tumaču Osnovne geološke karte – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985) na naslagama gornjotrijaskih dolomita slijede donjojurske vapnenačko-dolomitne i vapnenačke naslage s mikrofossilnom asocijacijom. To su tamnosivi i sivi srednjezrnati dolomiti hetangija i sinemurija, dolomiti te tamnosivi do crni vapnenci arenitne strukture s *Orbitopsella preacursor*, *Lithiotis problematica* sinemurija i plinzbaha te mrljasti vapnenci plinzbaha i toarcija. Direktno na tim mrljastim vapnencima leže srednjotrijaske naslage. Iz njih je određena plitkomorska asocijacija foraminifera i algi. Kontinuirano na srednjotrijaske naslagama slijede gornjojurske naslage. To su dolomiti i sivi do svijetlo sivi vapnenci arenitne i rijetko oolitne strukture s *Macroporella sellii* oksforda i kimeridža, srednjezrnati sivo smeđi dolomiti te sivi i svijetlo sivi vapnenci odlitne, pizolitne i arenitne strukture s *Clypeina jurassica* kimeridža i titona. Kontinuirano na te naslage slijede vapnenci donje krede. Mjestimično se nalaze i vapnenačke breče, koje su odličan pokazatelj erozijske granice između gornjojurskih i donjokrednih naslaga. U vapnencima donje krede određena je mikrofossilna zajednica foraminifera i algi *Salpingoporella dinarica*, *Cuneolina camposaurii*, *Palorbitolina lenticularis* i *Sabaudia minuta*. Na vapnencima donje krede slijede vapnenci i dolomiti gornje krede. Gornjokredne vapnence karakterizira neritska makro i mikrofossilna asocijacija. Također, autor navodi, da na jugozapadnom dijelu lista Delnice postoje breče s paleokarstifikacijom kao markerom kratkotrajnog oplićavanja na prijelazu iz donje u gornju kedu.

### 3.1.1.3. KVARTAR

Prema tumaču Osnovne geološke karte – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985), naslage kvartara utvrđene su u većim poljima, planinskim zaravnima, koritima povremenih tokova te dolinama rijeke Kupe i Čabranke. Izdvojene su naslage pleistocena i holocena. Pleistocenske naslage čine glaciofluvijalni sedimenti dok holocenske aluvijalni nanos i deluvijalne naslage.

### 3.1.2. STRUKTURNO – TEKTONSKE ZNAČAJKE

Generalno, postoje dvije skupine autora koji zagovaraju različite teorije. Jedna skupina autora smatra da je područje Gorskog kotara alohtono dok druga skupina zagovara teoriju da je područje Gorskog kotara autohtono (nepokrenuto).

HERAK (1980) navodi da se na području Gorskog kotara mogu razlikovati tri geotektonske megajedinice: a) tangencijalno poremećena jurska osnova, b) navlačna jedinica trijaskog (dijelom lijaskog) dolomita i c) najviša navlačna jedinica paleozojskih i trijaskih klastita. Autor dalje navodi da se na području Gorskog kotara nalaze i tri tektonske zone; usvođena gorska zona s neotektonskim prodorima paleozoika kroz primarno naljuskane podzone, zatim kompleksna alohtona zona s navlačcima i oknima te zona sjeveroistočnog pobrđa s djelomično prikrivenim ljuskanjem. SAVIĆ (1982) smatra da je složeno građena gorskokotarska struktura autohtona, uz lokalne pojave alohtona te se poziva na ranije radove tj. rezultate gravimetrijsko-geomagnetskih mjerenje koji podupiru tu tezu.

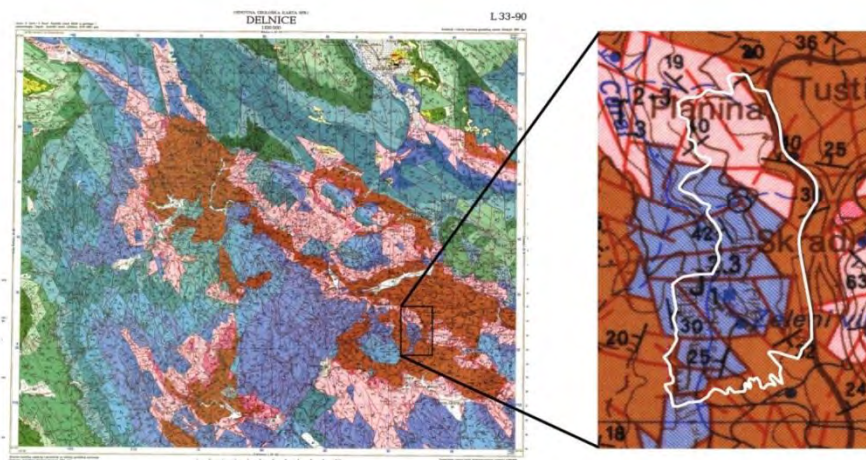
Prema Tumaču Osnovne geološke karte – list Delnice (SAVIĆ & DOZET, 1985), Gorski kotar spada u Gorskokotarsku-goteničku strukturnu jedinicu. Prema autorima, evidentna je autohtonost ove strukturne jedinice unatoč alohtonim dijelovima u njenim središnjim, jugoistočnim i sjeveroistočnim dijelovima. Gorskokotarsku-goteničku strukturnu jedinicu podijelili su na 55 manjih dijelova koji obuhvaćaju razne alohtone jedinice, nekoliko zasebnih blokova te najvažnije rasjede. Prema autorima glavni rasjedi na području Gorskog kotara su Delnički rasjed (pružanja SI-JZ), rasjed Risnjaka (pružanja SZ-JI), Ravnogorski rasjed (pružanja SZ-JI), rasjed Moravice (pružanja S-J), rasjed Crnog Luga (pružanja S-J). Važnije strukturne oblike čine doma Omladinskog jezera, doma Čabranka – Tršće, antiklinala Brod na

Kupi, antiforma Ravna Gora, Gornja Dobra, Mrzlica – Snježnik, te sinklinala Grobničkog polja (SAVIĆ & DOZET, 1985).

### 3.2. DOSADAŠNJA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU ZNAČAJNOG KRAJOBRAZA VRAŽJI PROLAZ I ZELENI VIR

HERAK (1980) područje Zelenog vira i Vražjeg prolaza interpretira kao tektonsko okno izgrađeno od trijaskih i jurskih karbonata, gdje klastične naslage perma i trijasa čine navlaku. Također navodi da je erozijska dolina Curka sa Zelenim virom izgrađena od mlađih mezozojskih karbonatnih naslaga umjesto od starijih paleozojsko-trijaskih klastita, kao što bi u okviru standardne tektonike mogli očekivati. Uz to, fenomen Zelenog vira, zbog geološkog sklopa u kojem se nalazi, ne može se objasniti pomoću bora i rasjeda, jer u tom slučaju ne bi postojao. Zbog tektoniziranih kontakata između trijaskih dolomita i jurskih karbonata smatra da se, osim permskih i trijaskih klastita, u navlaci nalaze i dolomiti trijasa. Tome u prilog ide nepostojanje elemenata superpozicije trijasa i jure kao i širina rasprostiranja trijaskih dolomita koja nije u skladu s položajem slojeva.

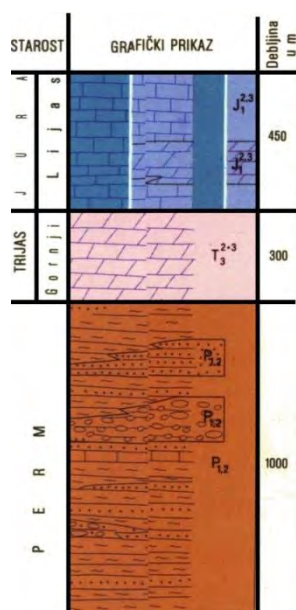
Podaci o geologiji značajnog krajobraza Vražji prolaz i Zeleni vir mogu se pronaći i na jugoistočnom dijelu Osnovne geološke karte SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984) (Slika 3–4) i u Tumaču Osnovne geološke karte SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985).



**Slika 3–4** Položaj značajnog krajobraza na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ – list Delnice; na slici desno bijelom bojom označena je granica značajnog krajobraza Vražji prolaz i zeleni vir



Prema Osnovnoj geološkoj karti – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984) na području Vražjeg prolaza i Zelenog vira nalaze se tri kronostratigafske jedinice (Slika 3–5 ) koje su međusobno u kontaktu duž rasjeda.



**Slika 3–5** Prikaz kronostratigafskih jedinica na području značajnog krajobraza

Prema tumaču Osnovne geološke karte SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985) permske naslage čine kvarcni konglomerati i konglomeratično-pjeskovite stijene. Konglomeratične stijene su neznatnog rasprostiranja u odnosu na ostale litološke članove otvorenog permskog slijeda naslaga. One su većinom izgrađene od uglastih i poluuglastih do kuglastih valutica bijelog kvarca. Veličina valutica kreće se od 1-2 cm, a rjeđe su veće od 20 cm. Valutice su povezane pješčanim detritusom (kvarc, feldspat i dr.), a boja im varira ovisno o odnosu bijelog kvarca i drugih sastojaka s vrstom i tipom veziva. Slojevitost je slabo izražena, debljina slojeva se kreće od 50 do 100 cm. Pješčenjaci decimetarskih, rjeđe metarskih, dimenzija imaju oštru donju granicu prema konglomeratima dok je gornja granica postupna. Vidljiva je inverzna gradacija, tj. vidljiv je prijelaz srednjezrnatih preko krupnozrnatih pješčenjaka u sitnovalutične, ponegdje brečaste konglomerate s pješčanim vezivom bazalnog tipa. Debljina ovih naslaga iznosi i do 1000 m.

Također, prema Tumaču Osnovne geološke karte SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985), naslage trijasa čine dolomiti. Litološka granica vršnih dolomita prema podinskom, klastičnom dijelu naslaga je oštra. Debljina tih dolomita iznosi oko 300 m. Osim mjestimice registriranih presjeka megalodontida unutar dolomita određene su i foraminifere *Involutina (Aulotortus) communis* i *Triasina hatkeni*. Dolomiti imaju jasno izraženu

slojevitost s debljinom slojeva od 5 cm do 100 cm. U ovim naslagama vidljiva je milimetarska kosa i valovita laminacija. Dolomiti su uglavnom dolomikritnog do dolosparitnog tipa. Na otprilike 100 m iznad klastita, unutar vršnih dijelova dolomita utvrđen je pojas dolomita onkolitne strukture.

SAVIĆ i DOZET (1985) u jurske ( $J_1^{2,3}$ ) naslage ubrajaju vapnence i alterirane dolomite. Iz ovog stijenskog kompleksa određena je asocijacija foraminifera: *Orbitopsella praecursor*, *Labyrinthina raecoarensis*, *Haurania amiji*, *Sestrosphaera laisina* i *Vidalina martana*. Od makrofosila određeni su *Litiothis problematica*, *Nerinea atava*, *Turitella sp.*, *Natica sp.*, *Cerithium sp.* itd. Donji dio naslaga karakteriziran je uglavnom lateralnom i vertikalnom alteracijom vapnenaca i dolomita. U središnjem i vršnom dijelu tog slijeda dominantni su vapnenci s mjestimičnim lećama i vrlo uskim pojasevima dolomita. Vapnenci su uglavnom mikritnog, rjeđe biopelmikritnog i znatno rjeđe oopelsparitnog i mikritno ruditnog tipa. Dolomiti su sitnozrnaste, srednjezrnaste do krupnozrnaste strukture, te djelomično očuvane oolitne strukture prvobitne vapnenačke stijene. Unutar ovih naslaga registrirana su tri nivoa s litiotidama.

Prema Osnovnoj geološkoj karti – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984) odnos permskih, trijaskih i jurskih naslaga, na području značajnog krajobrazu Vražji prolaz i Zeleni vir, označen je rasjednim kontaktima bez oznake karaktera pomaka. Prema tumaču Osnovne geološke karte SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1985) autor navodi da sjevernu polovicu bloka Zeleni vir izgrađuju dolomiti gornjeg trijasa, a južnu vapnenci srednjeg dijela donje jure koji su ograničeni rasjedima strmih rasjednih površina približno istočnog pravca pružanja, osim u zapadnom dijelu gdje su lokalno navučene glinene stijene perma.

S obzirom da je Osnovna geološka karta SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984) u presitnom mjerilu i da postoji malo informacija o geologiji istraživanog područja, potrebno je uzeti u obzir i detaljna istraživanja geoloških jedinica i njihov međusobni odnos na širem području. Ta istraživanja mogu biti od koristi prilikom istraživanja značajnog krajobrazu *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

ĐURĐANOVIĆ (1967) je prikazao kompleks sedimenata trijasa sjeverozapadno od Fužina u kojem je utvrđen fosil donjeg trijasa (*Anodontophora fassaensis*). Također, fosil donjega trijasa utvrđen je i u sedimentima zapadno od Mrzle Vodice.

Prema BABIĆ I GUŠIĆ (1969) donjojurske naslage slijede kontinuirano na gornjotrijaskom dolomitu. U srednjem dijelu donje jure nađeni su litiotidi te mikrofosili *Palaeodasycladus mediterraneus* i *Haurania* eks gr. *deserta-amiji*. Od manje značajnih mikrofosila dolaze razne kodijaceje, lituolide, glomospire i favreine. Također je ustanovljeno da ostaci raznih mekušaca i brahiopoda dolaze u većem broju u pojedinim slojevima donjeg i srednjeg lijasu.

Prema ŠČAVNIČAR (1973) donjotrijaske i karničke naslage Gorskog kotara (područje Kupjaka, Zalesine, Delnica, Lokvi, Mrzlih Vodica, Crnog Luga, izvor Kupe, Gerova, Čabra) izgrađene su od klastičnih i karbonatnih članova. U litostratigrafskom stupu starije trijaskih i mlađe trijaskih naslaga sukcesija članova je slična, a karakterizira je prevlast crvenkastih klastita u bazalnim dijelovima, zatim izmjena klastičnih i karbonatnih članova u srednjim dijelovima te prevladavanje karbonatnih naslaga u višim dijelovima donjega trijasa i karnika. Razlika u razvoju donjega i gornjega trijasa vidljiva je u odnosu podloge prema starijim naslagama: gornji trijas je transgresivan na različite članove starije podloge, što je mjestimično markirano bazalnim konglomeratima, dok takvi elementi nisu opaženi u donjem trijasu. On leži kontinuirano na paleozoiku. Klastiti donjega i gornjega trijasa razlikuju se međusobno po teksturi, strukturi, petrografskom sastavu i sastavu teških minerala. Razlikuju se i tipovi karbonatnih stijena u oba kompleksa. Osim toga, karnički klastiti su potpuno nefosiliferni, dok su u donjem trijasu nađeni fosili, iako u prosjeku oskudno zastupljeni. ŠČAVNIČAR (1973) ne spominje razvoj trijasa u značajnom krajobrazu *Vražji prolaz i Zeleni vir*, no može se povući paralela između naslaga koje su proučavane u tom radu s naslagama u značajnom krajobrazu *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

SREMAC I ALJINOVIĆ (1997) i ALJINOVIĆ et al (1997) su, s obzirom na analizirani pretaloženi fosilni detritus na lokalitetima Kosmačev brijeg i nekoliko lokaliteta južno i zapadno od Mrzle Vodice, odredili starost istraživanog paleozojskog gorskokotarskog kompleksa kao srednjepersku.

ALJINOVIĆ (1997) tvrdi da karbonatni facijesi gornjega perma nedostaju, što ukazuje na prekid sedimentacije prije transgresije početkom donjeg trijasa. Također, za vrijeme hijatusa koji je tijekom čitavog mlađeg perma, došlo je do zaravnavanja istaknutog reljefa pa se donjotrijaski sedimenti talože na prostrane zaravnjene terene izgrađene od paleozojskih sedimentnih stijena.

## **4. METODE I PLAN RADA**

Tijekom srpnja 2013. godine započelo je rekognosciranje i geološko kartiranje na području značajnog krajobraza Vražji prolaz i Zeleni Vir. Na području istraživanja vršena su detaljna mjerenja i determinacija stijenskih formacija te su uzeti uzorci stijena radi makroskopske i mikroskopske analize. Sva opažanja dokumentirana su u obliku terenskog dnevnika s pripadajućom kartom.

Rezultati istraživanja, kao što su geološka karta područja s pripadajućim profilima, opis litoloških jedinica, slike mikroskopskih i makroskopskih uzoraka stijena i slično biti će prikazani na edukativnim panoima, koji će biti postavljeni do ljeta 2014. godine.

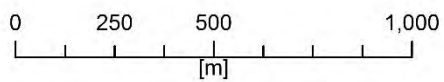
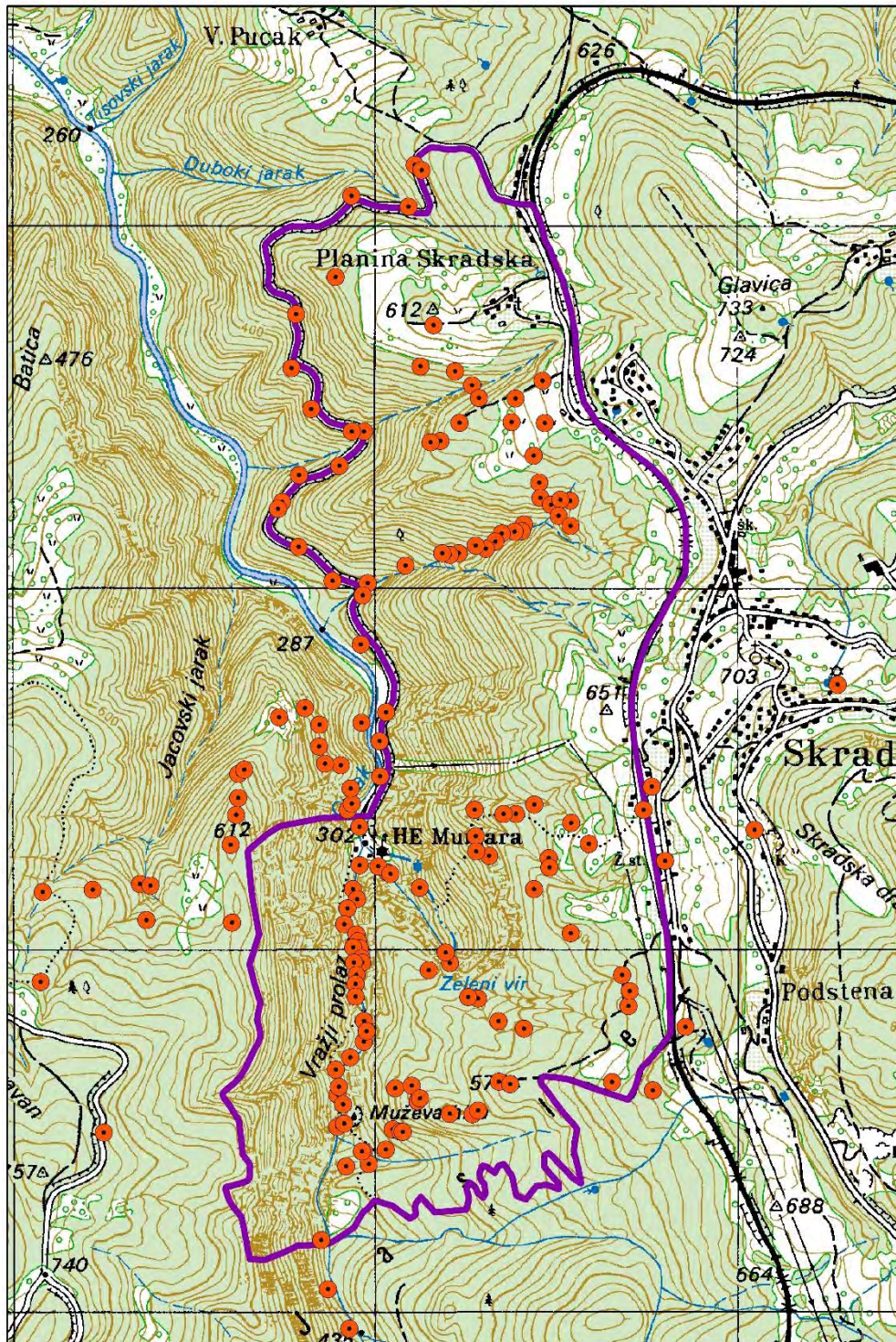
### **4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA**

Kao podlogu terenskim istraživanjima korištena je geokodirana Osnovna geološka karta SFRJ – list Delnice (SAVIĆ i DOZET, 1984) i geokodirana topografska karta – list Skrad (M 1:25000), koje su učitane u program PDF Maps Mobile App na pametni telefon pokretanim Android operativnim sustavom.

Od ostale opreme korišteni su:

- GPS uređaj – za točno pozicioniranje točaka opažanja
- Geološki kompas – za određivanje prostornog položaja i strukturnih elemenata naslaga
- Geološki čekić – za uzimanje uzoraka
- Lupa – za bolje uočavanje sitnij detalja na stijenama
- 10% HCl – za terensko razlučivanje vapnenaca od dolomita
- Fotoaparati – za foto dokumentaciju
- Ostalo – vrećice za uzorkovanje, marker za obilježavanje

Tijekom terenskih istraživanja napravljeno je 211 točaka opažanja (Slika 4–1) koje su bilježene u terenskom dnevniku. Zbog kompleksne geološke građe istraživanog područja i radi boljeg razumijevanja geologije područja, geološkim kartiranjem obuhvaćeni su i dijelovi terena koji se ne nalaze unutar istraživanog područja.

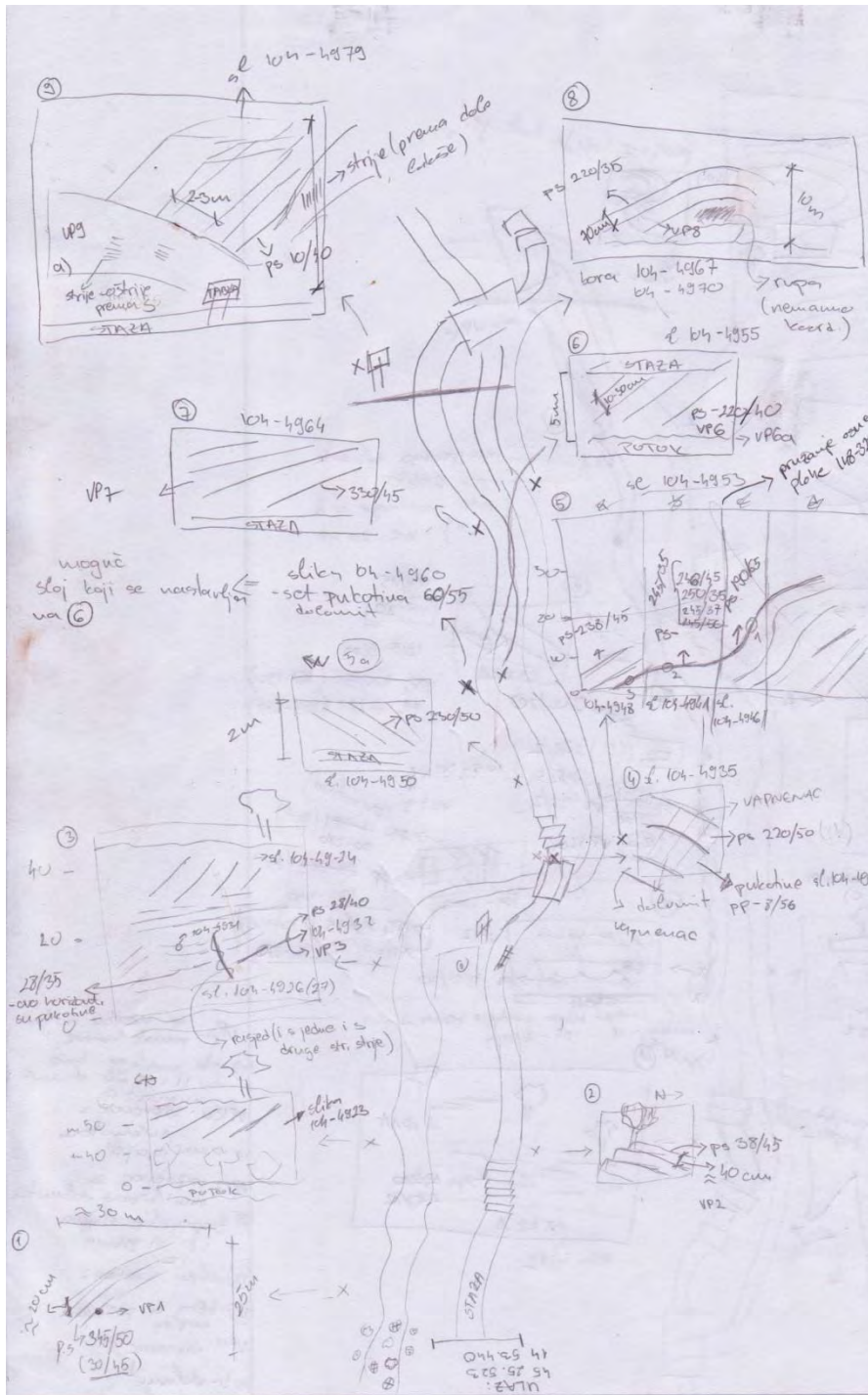


**Legenda:**

- Točke promatranja
- Granica značajnog krajobraza

*Slika 4-1 Prikaz točkaka opažanja*

Svakoj točki opažanja pridodane su koordinate dobivene pomoću GPS-a. U dijelovima kanjona, gdje nije bilo GPS signala, za orijentaciju je korišten geološki kompas te su sva kretanja skicirana i sve točke opažanja su unesene na skice (Slika 4–2).



Slika 4–2 Prikaz skice iz terenskog dnevnika u dijelu kanjona bez GPS signala

## 4.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA

Uzorci koji su prikupljeni prilikom terenskih istraživanja podvrgnuti su laboratorijskim istraživanjima i detaljnije proučavani pomoću uobičajenih metoda koje se koriste u petrografiji sedimentnih stijena. Te metode obuhvaćaju mikroskopska istraživanja stijena u preparatima, granulometrijsku analizu, izdvajanje mineralnih sastojaka teškim tekućinama te magnetsku separaciju (TIŠLJAR, 2004).

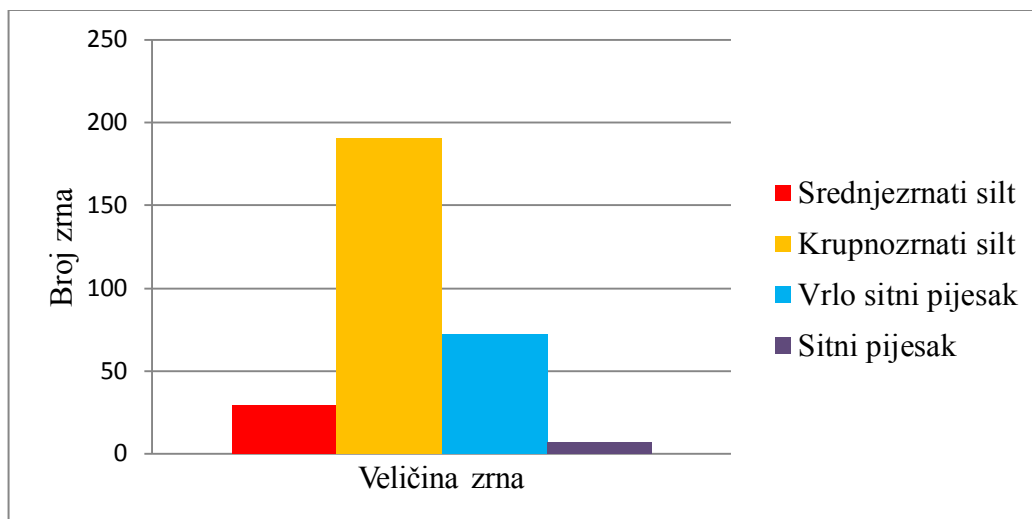
Mikroskopskim istraživanjima obuhvaćeno je 58 uzoraka sedimentnih stijena, od kojih je podjednaki broj karbonata (vapnenaca i dolomita) i klastita (pješčenjaka, konglomerata i šejlova).

### 4.2.1. GRANULOMETRIJSKA ANALIZA

Granulometrijska analiza uzoraka pješčenjaka izvršena je na mikroskopskom preparatu pomoću programa ImageJ<sup>®</sup> mjerenjem veličina 300 zrna. Za određivanje veličine zrna korištena je metoda Krumbeinovog statističkog promjera (TIŠLJAR, 2004) tj. mjeren je najveći promjer zrna. Iz programa ImageJ<sup>®</sup> veličine čestica izvezene su u Microsoft Excel<sup>®</sup> u kojem je napravljena daljnja obrada podataka. Za klasifikaciju zrna korištena je Wentworth-ova ljestvica (WENTWORTH, 1922). Rezultati su prikazani tablično (Tablica 4-1), histogramom (Slika 4-3) i kumulativnom granulometrijskom krivuljom (Slika 4-4)

*Tablica 4-1 Prikaz rezultata granulometrijske analize*

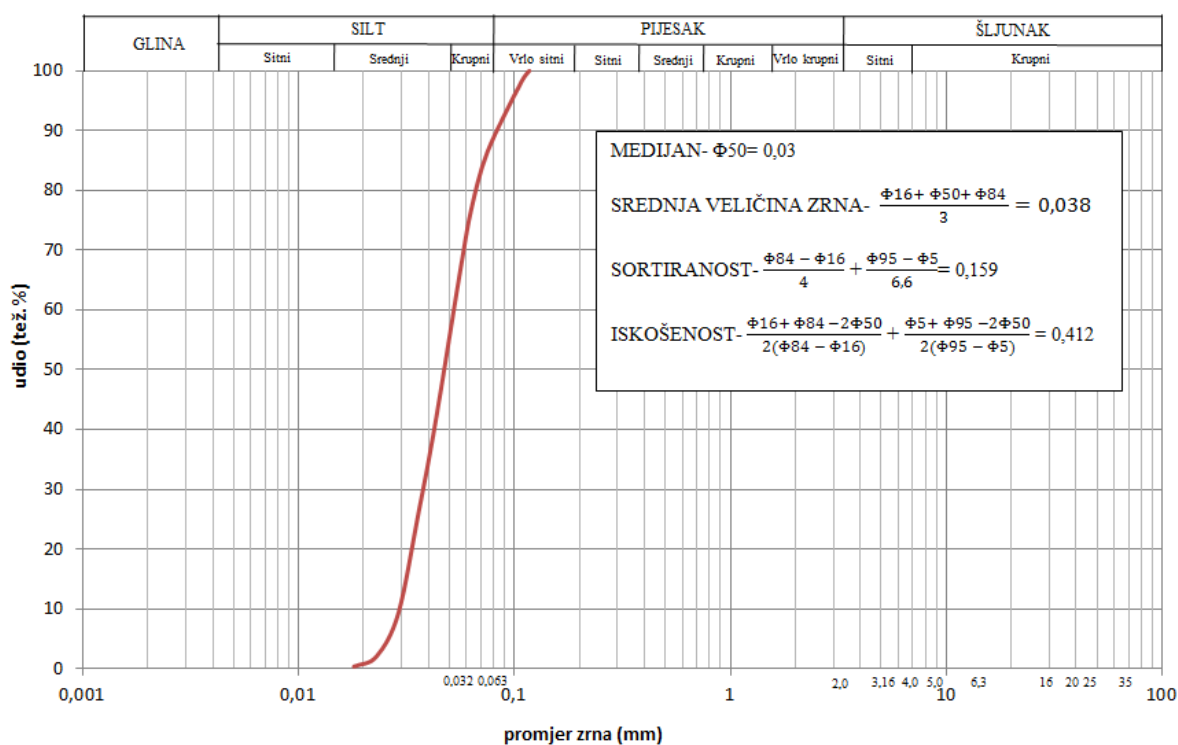
Veličina zrna	Srednjezrnati silt	Krupnozrnati silt	Vrlo sitni pijesak	Sitni pijesak	$\Sigma$
	0,015-0,031 mm	0,031-0,063 mm	0,063-0,125 mm	0,125-0,25 mm	
Broj zrna	30	191	72	7	300
% zrna	10,00	63,67	24,00	2,33	100
Kumulativni %	10,00	73,67	97,67	100,00	



**Slika 4-3** Prikaz rezultata granulometrijske analize histogramom

Kumulativna granulometrijska krivulja služi za očitavanje parametara poput srednje veličine zrna, medijana, veličine zrna, sortiranosti i asimetrije zrna. Za dobivanje navedenih parametara koriste se formule koje se temelje na očitavanju veličine zrna na određenom percentilu ( $\Phi_5$ ,  $\Phi_{16}$ ,  $\Phi_{50}$ ...). Dobivene vrijednosti određenih parametara od koristi su prilikom definiranja taložnog okoliša pojedinog uzorka.

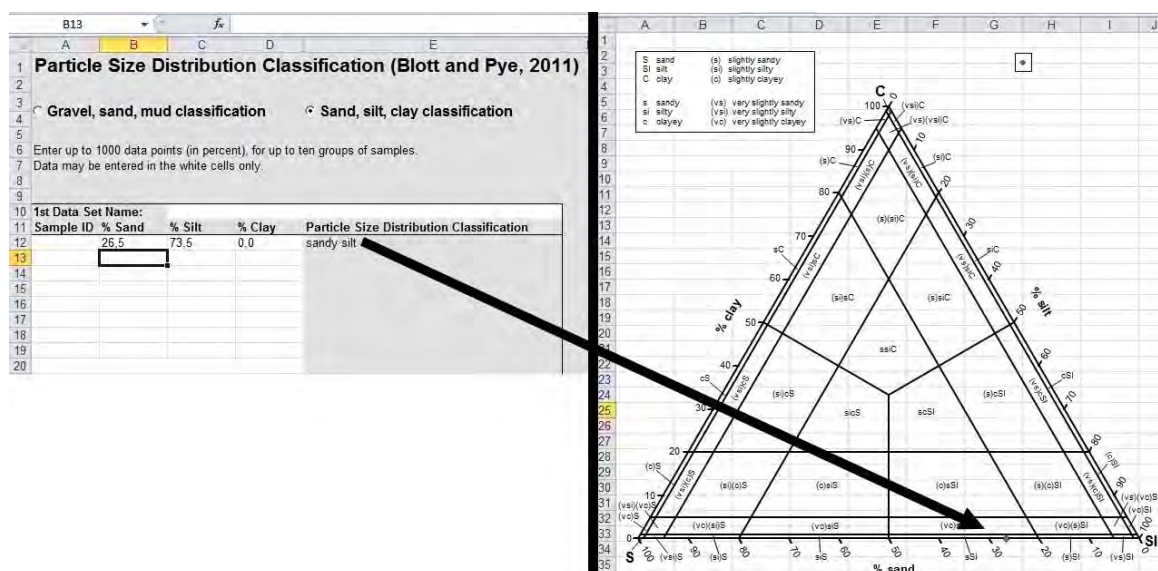
### Kumulativna granulometrijska krivulja



**Slika 4-4** Kumulativna granulometrijska krivulja



Nakon što je određen udio pojedinih kategorija veličina zrna, uzorak je klasificiran pomoću trokomponentnog dijagrama (BLOTT & PYE, 2011) i pridodan mu je određen naziv (Slika 4–5).

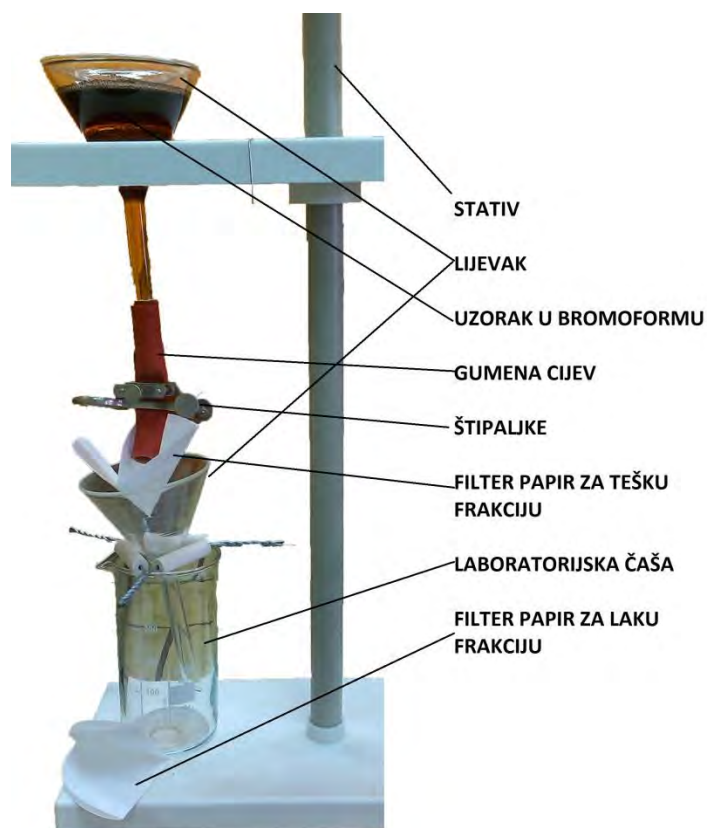


*Slika 4–5 Kvantitativna klasifikacija i nomenklatura klastičnih sedimenata na temelju međusobnih udjela pojedinih kategorija zrna (BLOTT & PYE, 2011)*

#### 4.2.2. IZDVAJANJE MINERALNIH SASTOJAKA TEŠKIM TEKUĆINAMA

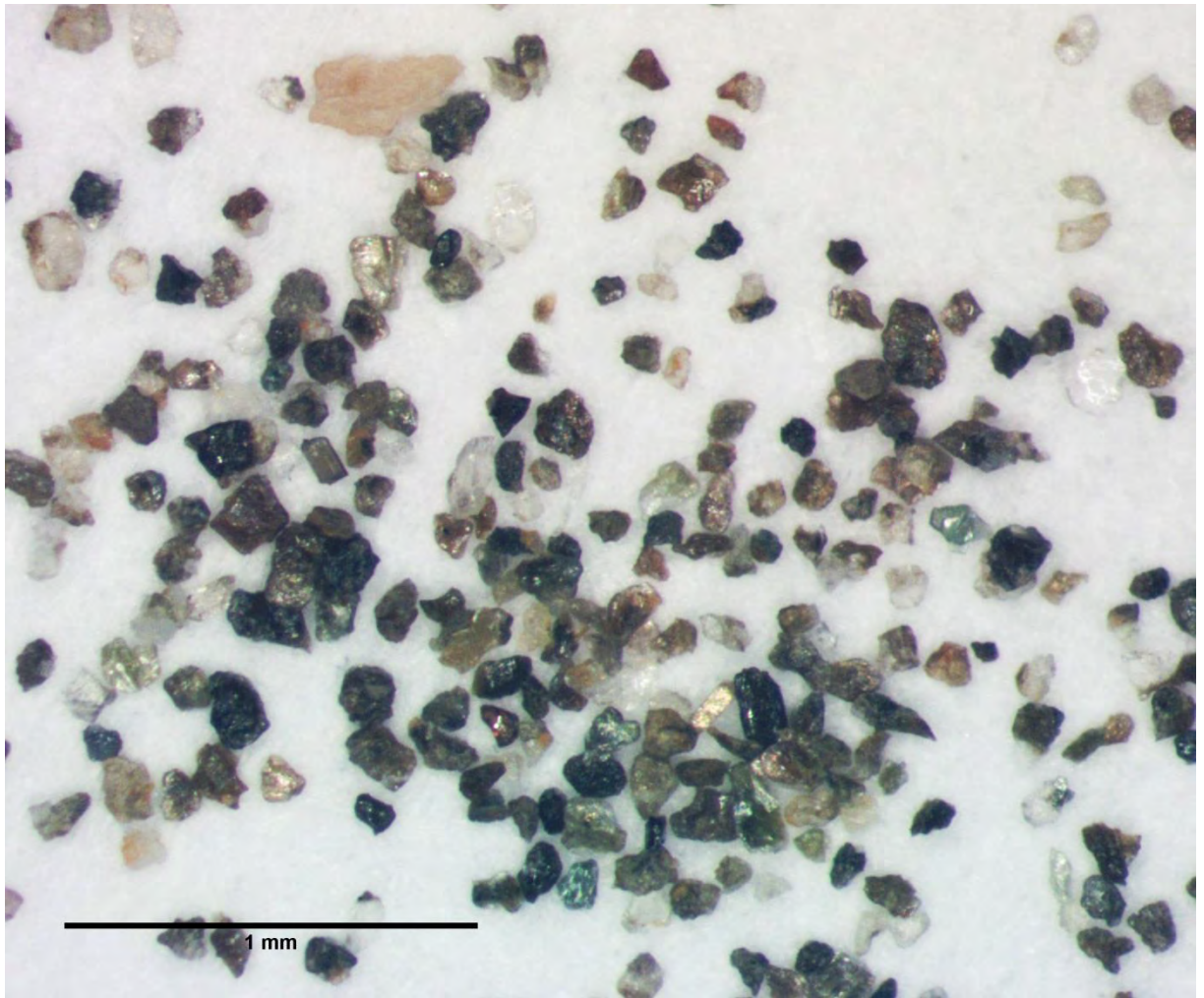
Za izdvajanje mineralnih sastojaka teškim tekućinama korišten je bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ), gustoće od  $2,85 \text{ g/cm}^3$  do  $2,88 \text{ g/cm}^3$ . Mineralni sastojci, veličine zrna od  $0,063$  do  $0,125 \text{ mm}$ , odvajani su na temelju njihove specifične težine i to na tešku i laku mineralnu frakciju. Tešku mineralnu frakciju čine minerali koji imaju veću gustoću od bromoforma pa u njoj tonu, dok laku mineralnu frakciju čine minerali koji imaju manju gustoću od bromoforma pa u njoj lebde (TIŠLJAR, 2004).

Za izdvajanje mineralnih sastojaka pomoću bromoforma potrebna su dva lijevka, gumena cijev, metalna štipaljka, dva filter papira, staklena čaša, stativ i alkohol za ispiranje (Slika 4–6).



*Slika 4–6 Oprema potrebna za izdvajanje mineralnih sastojaka teškim tekućinama*

Na gornji lijevak se navuče gumena cijev dužine 10 cm te se ona zatvori pri dnu s metalnim štipaljka. Lijevak s gumenom cijevi se postavi na stativ iznad lijevka koji se nalazi u staklenoj čaši. U gornji lijevak se stavi bromoform i uzorak, zatim se promiješa i ostavi da odstoji 24 sata tijekom kojeg se teška mineralna frakcija taloži u gumenoj cijevi, a laka mineralna frakcija ostaje lebdjeti na površini bromoforma. Otvaranjem štipaljki, oprezno se ispusti teška mineralna frakcija u donji lijevak, u kojem se nalazi filter papir. Nakon ispuštanja teške mineralne frakcije štipaljke se zatvaraju te se mineralna frakcija na filter papiru ispire s alkoholom (ali u drugoj čaši kako se bromoform ne bi razrijedio te bi se tako mogao ponovno koristiti) i potom se suši. Zatim se na donjem lijevku zamijeni filter papir, na koji se ispušta ostatak bromoforma s lakom frakcijom iz gornjeg lijevka. Laka mineralna frakcija se također ispire s alkoholom i suši. Proučavajući dobivenu tešku (Slika 4–7 ) i laku frakciju pod binokularom dobiva se kvalitativna i kvantitativna analiza mineralnog sastava.



*Slika 4–7 Teška mineralna frakcija dobivena separacijom bromoformom*

#### 4.2.2. IZDVAJANJE MINERALNIH SASTOJAKA FRANTZOVIM IZODINAMSKIM MAGNETSKIM SEPARATOROM

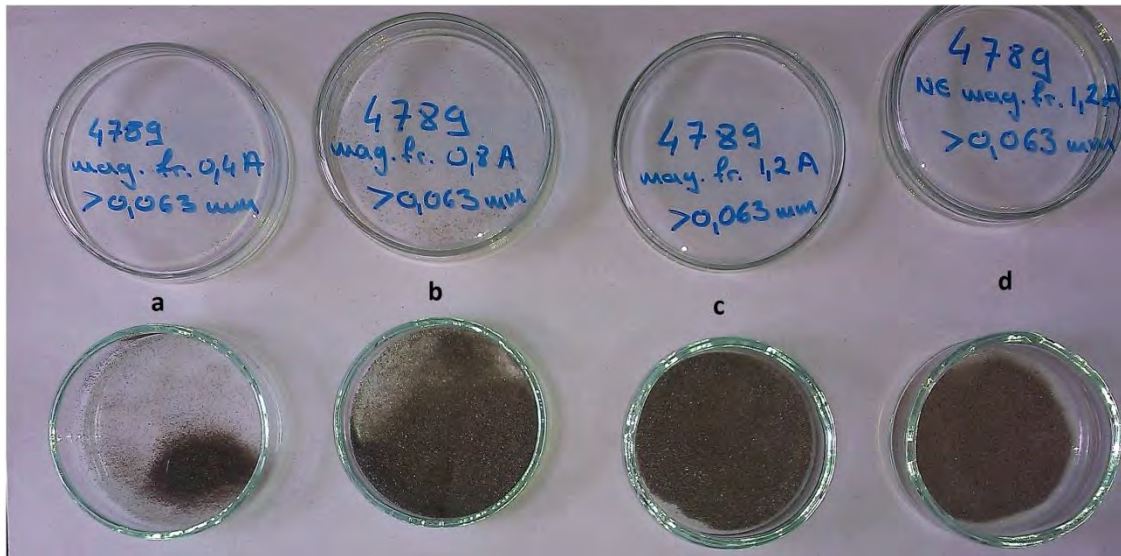
Magnetska separacija se temelji na mogućnosti minerala da se u polju magneta djelomično magnetizira. Instrument koji se koristi za magnetsku separaciju naziva se Frantzov izodinamski magnetski separator. On se sastoji od elektromagneta čiji su polovi raspoređeni na taj način da se između njih nalazi dugačak otvoreni prostor (žljeb) koji se postupno širi i na kraju razdvaja na dvije strane, na čijim se krajevima nalaze posudice. U jednu posudicu ulaze

magnetična zrna, a u drugu nemagnetična zrna (Slika 4–8). Jačina magnetiziranja ovisi o jačini struje, prednjem i postranom nagibu te o jačini trešnje. Stoga se navedeni parametri moraju podesiti prije svake separacije (TIŠLJAR, 2004).



*Slika 4–8 Frantzov izodinamski magnetski separator; u svijetliju posudicu izlaze magnetični minerali, a u tamniju ne magnetični minerali na određenoj jakosti struje*

Frantzovim izodinamskim separatorom odvajana su zrna veličine između 0,063 i 0,125 mm i to pri uobičajenim nagibima od 20° i 5°. Jačina struje je postupno pojačavana. Prvo se uzorak tretira s jakosti struje od 0,4 A zatim 0,8 A i na kraju s 1,2 A. Nakon svakog tretiranja s određenom jakosti struje, magnetna frakcija se sprema, a nemagnetna se podvrgava jačoj struji. Postupak se ponavlja do jakosti struje od 1,2 A. Na kraju su dobivene četiri frakcije, magnetna frakciju na 0,4 A, magnetna frakciju na 0,8 A, magnetna frakciju na 1,2 A i nemagnetna frakcija dobivena pomoću struje jakosti od 1,2 A (Slika 4–9). Dobivene frakcije su deteljno proučavane pod binokularom kako bi se dobila saznanja o izvorišnom području pješčenjaka.



**Slika 4–9** Grupe minerala dobivene magnetskom separacijom; a- magnetna frakcija na 0,4 A; b- magnetna frakcija na 0,8 A, c- magnetna frakcija na 1,2 A: d- nemagnetna frakcija

### 4.3. KABINETSKI RAD

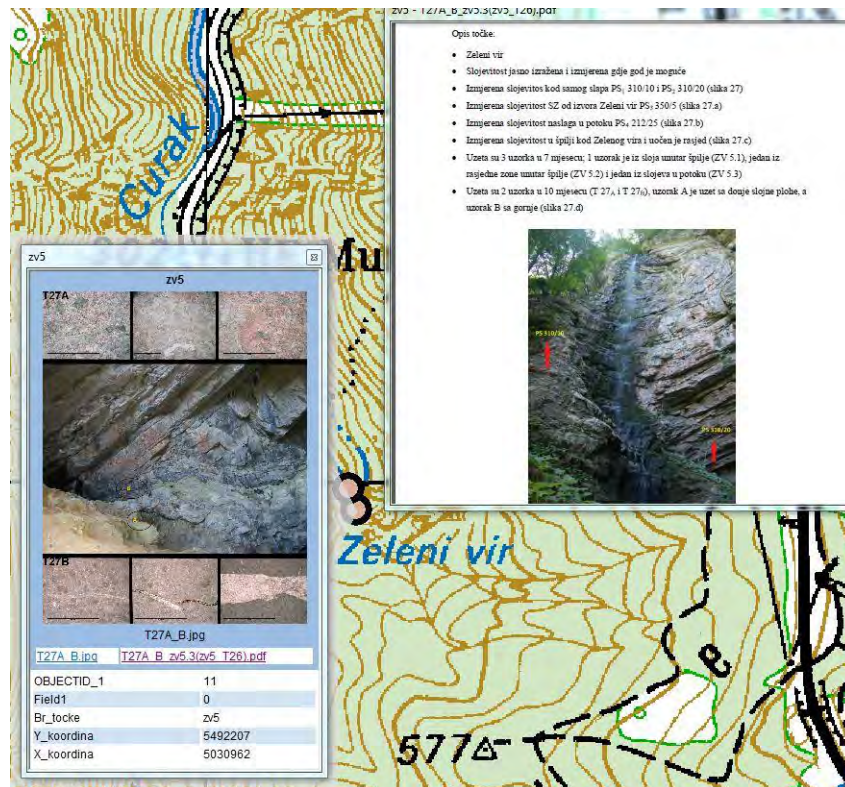
Kabinetski rad obuhvaća izradu GIS projekta, izradu geološke karte s pripadajućim profilima, kreiranje geološkog modela istraživanog područja te dizajniranje edukativnih panoa.

#### 4.3.1. IZRADA GIS PROJEKTA

U svrhu ovog istraživanja napravljen je GIS projekt u programu ArcMAP<sup>®</sup>. Kao podloga korištena je georeferencirana topografska karta, mjerila 1:25000 – list Skrad. Radi ograničenja područja istraživanja, u GIS projekt, učitani su WMS GIS server koji sadrži sva zaštićena područja u Hrvatskoj te je kreirana poligonska tema i omeđen značajni krajobraz *Vražji prolaz i Zeleni vir* u skladu sa službenim podacima.

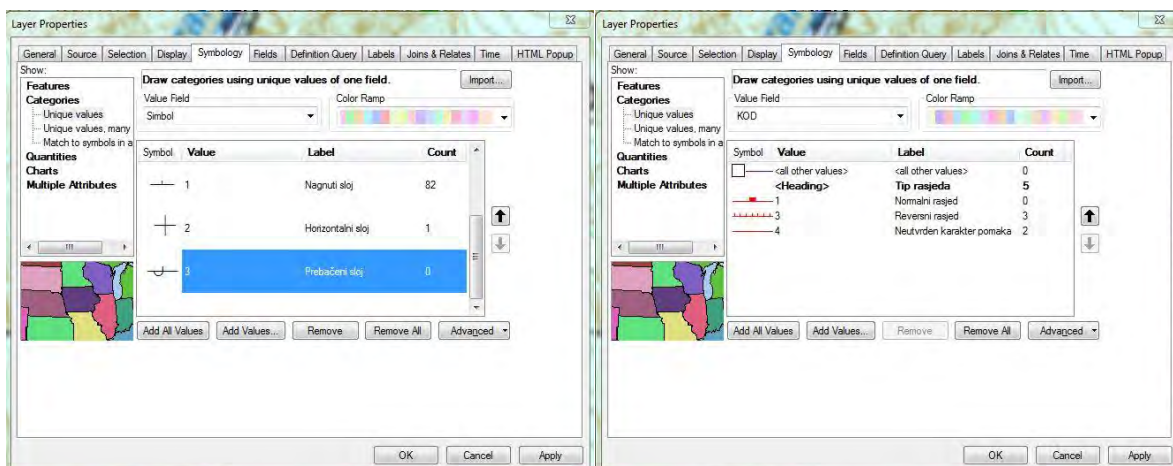
Svim točkama opažanja na istraživanom području dodijeljena je točkasta tema. U atributnoj tablici kreirana su polja s X i Y koordinatama i oznakom točke. Pomoću

koordinata, točke su smještene na georeferenciranu topografsku kartu. Svakoj točki su pridodani pripadajući opis i fotodokumentacija (Slika 4-10).



Slika 4-10 Fotodokumentacija i opis točaka opažanja u GIS projektu

U svrhu prikaza strukturnih elemenata istraživanog područja kreirane su točkaste i linijske teme. Točkasta tema, unutar atributne tablice, sadrži informacije o prostornom položaju, azimutu i kutu nagiba slojeva, dok linijska predstavlja rasjede te antiklinale i sinklinale. Teme su simbolizirane pripadajućim geološkim simbolima (Slika 4-11).



Slika 4-11 Prikaz dodavanja simbola slojevima (lijevo) i rasjedima (desno) u GIS projektu

Za potrebe prikaza litoloških jedinica, koje su kartirane na istraživanom području, kreirana je poligonska tema, a svaka litološka jedinica je simbolizirana prema službenim bojama Međunarodne stratigrafske tablice (COHEN et al, 2013). U svrhu simboliziranja granica među različitim litološkim jedinicama, kreirana je linijska tema s pripadajućim simbolima ovisno o vrsti geološke granice.

Popis datoteka i prikaz organizacije podataka GIS projekta prikazan je na Slici 4-12.

Prikaz organizacije podataka u ArcMAP-u	Datoteke		
	POPIS DATOTEKA	VRSTA PODATAKA	GEOMETRIJSKI PRIKAZ
	<b>Rasterski podaci:</b>		
	Dem_Skrad	digitalni model visina	raster
	delnice.tif	OGK 1:100 000, list Delnice	raster
	368-2-1.TIF	Listovi TK-a 1:25 000	raster
	368-2-2.TIF		
	<b>Vektorski podaci:</b>	<b>Vektorski podaci:</b>	
	KUP	Točke opažanja	Točke
	Bukova_kosa2		
	vododerina_litiotis		
	Bukova_kosa		
	Cesta_Kupjak_Radočaj		
	Planinarska_staza_Vražji_prolaz		
	Jacovski_jarak		
	Cesta_prema_Vražjem_prolazu		
	Planinarska_staza_Zeleni_vir		
	tocke_28_12		
	Vražji_prolaz	Profili	Linije
	profil_1_vpzv		
	profil_2_vpzv		
	<b>Položaji slojeva za kartu</b>	<b>Položaji slojeva</b>	Točke
Svi položaji slojeva			
Rasjedi	Rasjedi	Linije	
Strukture	Strukture		
Geološke granice	Geološke granice		
Kronostratigrafske jedinice	Kronostratigrafske jedinice	Poligoni	
Znacajni_krajobraz	Granica značajnog krajobraza		

Slika 4-12 Organizacija i vrsta podataka u GIS projektu

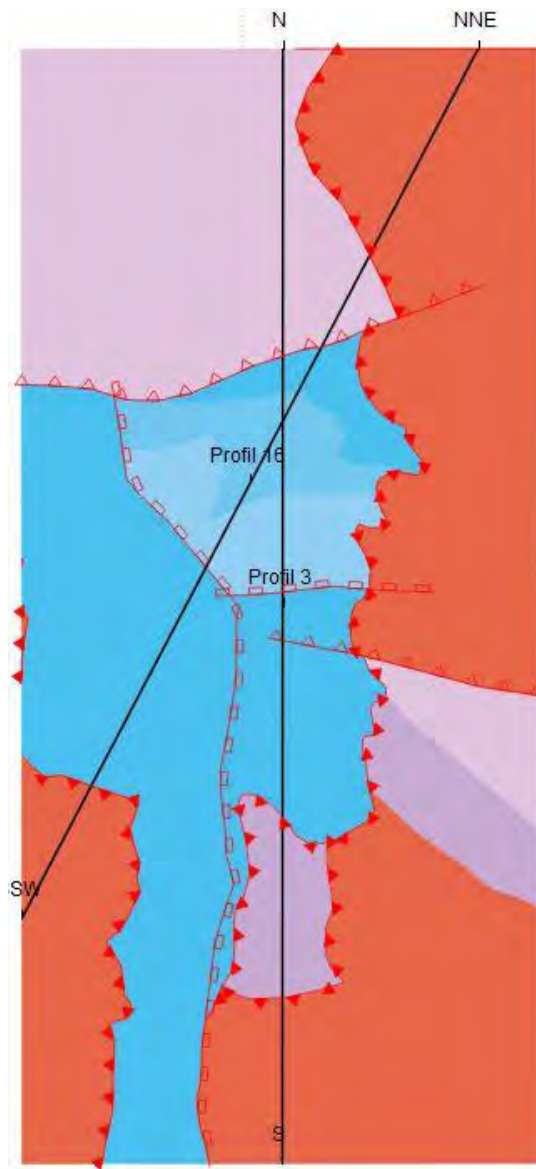
#### 4.3.2. IZRADA GEOLOŠKE KARTE S PRIPADAJUĆIM PROFILIMA

Prilikom izrade završne verzije geološke karte značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*, radna karta, koja je sastavni dio GIS projekta, uređena je na način da su odabrani reprezentativni položaji slojeva, unutar nove točkaste teme, te je određena rotacija simbola po azimutu kao i dodavanje labela za kut nagiba slojeva. Zatim, svakoj litološkoj jedinici dodana je kronostratigrafska oznaka. Naime, treba uzeti u obzir da posjetitelji značajnog krajobraza, koji će promatrati ovu kartu, većinom nisu geolozi, niti su previše upoznati s geologijom. Radi toga litološke jedinice simbolizirane su kronostratigrafski radi lakšeg razumijevanja.

Jedinice su obojane u skladu sa službenim bojama prema Međunarodnoj stratigrafskoj tablici (COHEN et al, 2013), a bojama je dodijeljena transparentnost kako bi se vidjela i topografska karta u podlozi. Nadalje, linijski podaci (rasjedi, geološke granice), unutar linijskih tema, simbolizirani su prema ranije kreiranim simbolima unutar tih tema te su postavljeni na kartu. Također, karti je dodan naziv karte, oznaka za sjever, grafičko i brojevano mjerilo, kao i legendu korištenih oznaka na karti (slika 4–13).

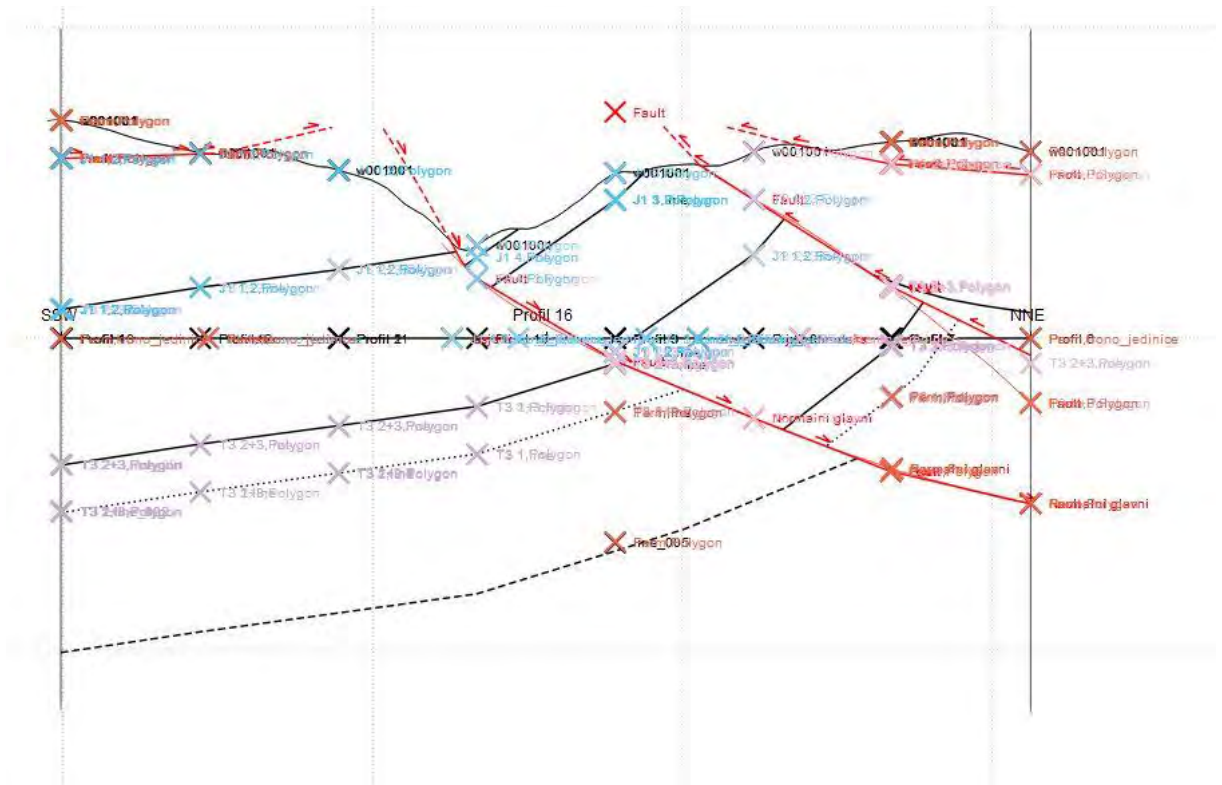
U svrhu izrade geoloških profila, u program Midland Valley MOVE<sup>®</sup> (u daljnjem tekstu MOVE) učitana je geološka karta iz GIS projekta. Karta je učitana u obliku georeferenciranog rastera te je podvrgnuta digitalizaciji podataka (MOVE omogućava direktno učitavanje vektorskih podataka, kreiranih u ArcMAP-u, no zbog čestih pogrešaka prilikom učitavanja bilo je jednostavnije kreirati kartu u obliku rastera u ArcMAP-u te je kao takvu učitati u MOVE i digitalizirati).





**Slika 4–14** Položaji dva dijagonalna profila

Nakon završetka digitalizacije podataka određeni su položaji za dva dijagonalna profila (slika 4–14). Poprečni profil, koji je okomit na pružanje struktura, kao i uzdužni, koji je paralelan s pružanjem struktura, nije bilo moguće napraviti zbog komplicirane geološke građe. Topografija terena, za svaki profil, projicirana je pomoću DMR-a, dok su položaji slojeva automatski projicirani duž njihova pružanja te im je dodijeljen prividni kut nagiba s obzirom da se radi o dijagonalnim profilima. Također, na profile su projicirane i presječne rasjeda s površinom terena, kao i granice među različitim litološkim jedinicama (slika 4–15). Nakon projekcije svih potrebnih podataka, iscrtani su profili jednakog horizontalnog i vertikalnog mjerila. Profilima su dodani nazivi, oznake azimuta i brojčanog mjerila.

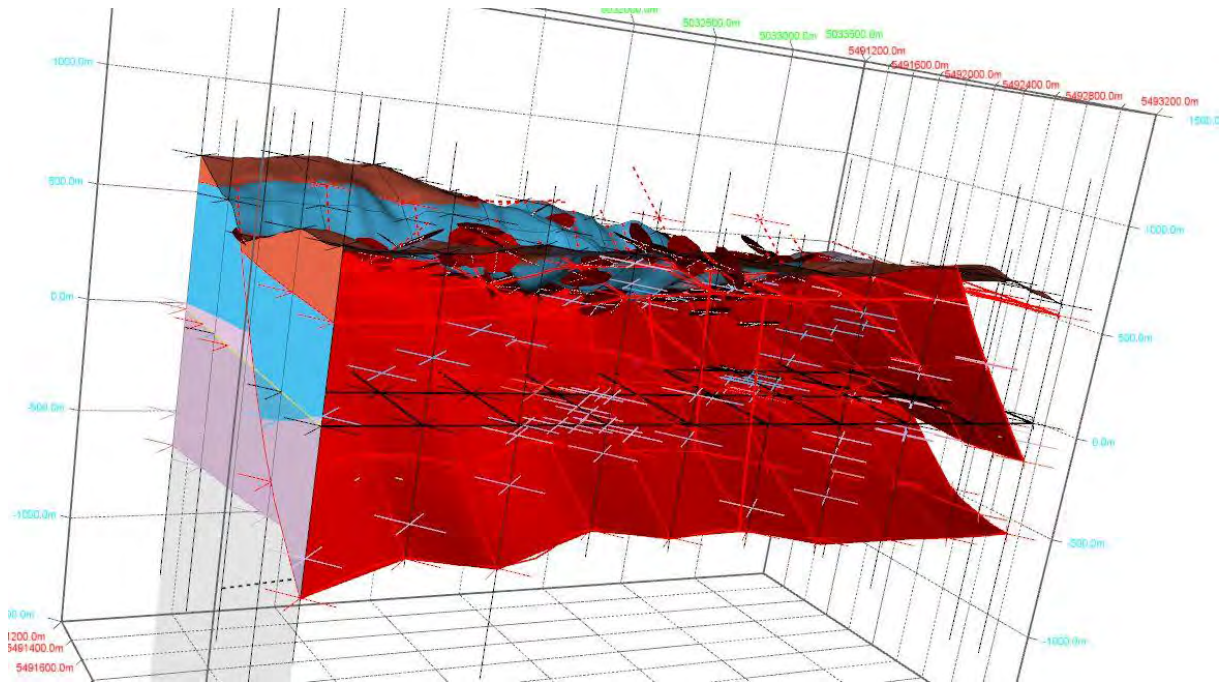


*Slika 4–15 Projekcija rasjeda i litoloških jedinica na profil*

Nakon što su geološka karta i pripadajući profili zasebno grafički obrađeni, objedinjeni su u jednu cjelinu te su oni prikazani u prilogu 1.

#### 4.3.3. IZRADA GEOLOŠKOG MODELA

U svrhu jasnijeg uvida u složenu geološku građu ovog područja, u MOVE-u je izrađena mreža profila. Profili su izrađeni istim postupkom opisanom u poglavlju 4.3.2. Nakon iscrtavanja svih profila kreirani su horizonti, na način da su iste jedinice te isti rasjedi na različitim profilima interpolirani (slika 4–16). Horizonti predstavljaju prostorno, odnosno podzemno rasprostiranje rasjednih površina kao i litoloških jedinica. Također, geološka karta, napravljena u ArcMAP-u, prevučena je preko DMR-a, kako bi se dobilo površinsko rasprostiranje kartiranih jedinica s obzirom na reljef.

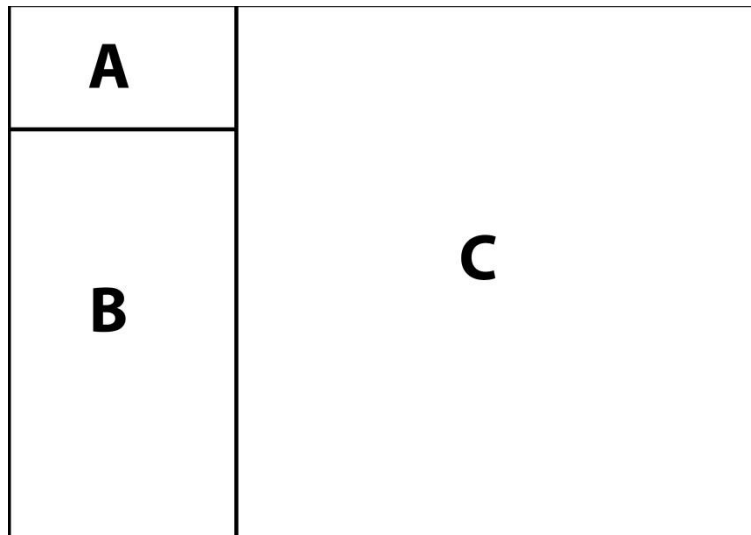


*Slika 4–16 Konstrukcija rasjedne površine*

Geološki model značajnog krajobraza Vražji prolaz i Zeleni vir predstavlja geološku kartu ovog područja prevučenu na DMR te sve horizonte, rasjedne i litološke, u 3D pogledu (prilog 3).

#### 4.3.4. DIZAJNIRANJE EDUKATIVNIH PANOVA

Edukativni panoi osmišljeni su tako da se na jednostavan, slikovit i jasan način prikažu geološke zanimljivosti. Svaki pano je podijeljen na tri dijela, A, B i C, s ciljem što boljeg organiziranja informacija (Slika 4–17).



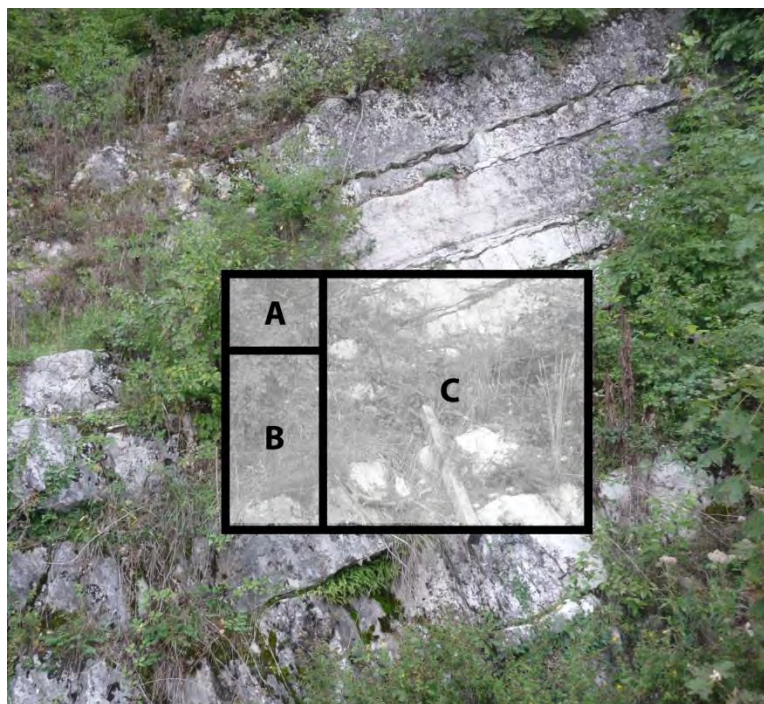
*Slika 4–17 Shema edukativnog panoa*

Na dijelu A biti će prikazana geološka karta značajnog krajobraza s označenim položajima svih 12 edukativnih panoa. Svaki edukativni pano će imati istaknutu jednu točku na karti i to onu koja će predstavljati taj edukativni pano.

Na dijelu B će se nalaziti opće informacije o određenom periodu, od života u moru ili na kopnu do paleogeografije. Sadržaj će ovisiti o mjestu na kojem je pano postavljen tj. ovisiti će o naslagama koje izgrađuju to područje. Radi lakšeg razumijevanja, na vrhu dijela B, nalaziti će se kružići koji će sadržavati ilustracije života u moru, života na kopnu i paleogeografiju te će biti simbolizirani bojom, ovisno o periodu o kojem se radi. Osim općih informacija, na ovom dijelu će se nalaziti i stratigrafska tablica s eonom, erom i periodom te detaljnijom podjelom, na epohu i doba, samo onog perioda čije naslage izgrađuju područje na kojima se nalazi edukativni pano. Boje u stratigrafskoj tablici dodijeljene su u skladu s Međunarodnom stratigrafskom tablicom (COHEN et al, 2013).

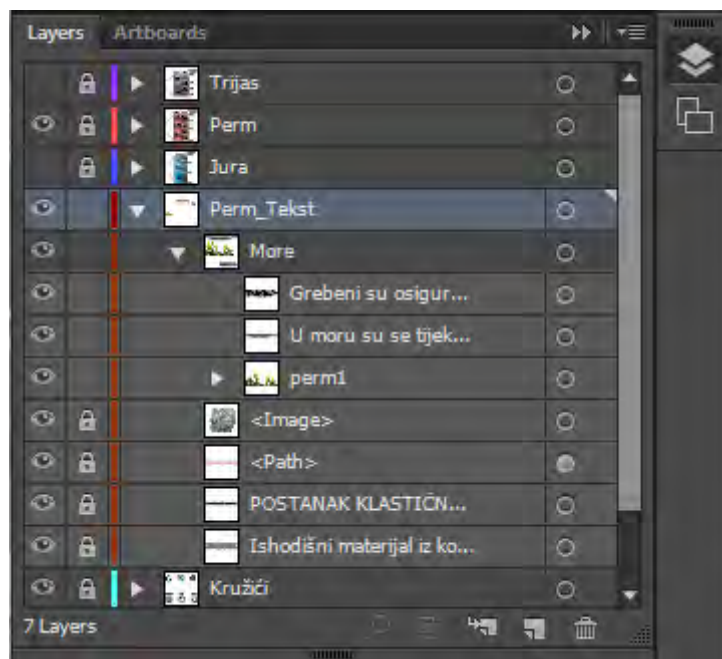
Na dijelu C, koji je ujedno i najveći dio, obrađivati će se teme vezane za geološke zanimljivosti koje se mogu vidjeti s te lokacije. Sa slikama i skicama te popratnim tekstom biti će objašnjen nastanak stijena koje okružuju posjetitelje te kako su nastali određeni geološki oblici koji se mogu vidjeti s mjesta na kojem se nalazi edukativni pano.

Kako bi se edukativni panoi što bolje uklopili u okoliš, pozadinu će činiti transparentna fotografija mjesta kojeg će edukativni pano prekrivati (Slika 4–18). Ukoliko će pano prekrivati dio stijene, taj dio stijene će biti pozadina edukativnog panoa na toj lokaciji.



*Slika 4–18 Prikaz transparentne fotografije okoliša kao pozadine panoa*

Dimenzije edukativnih panoa će biti 1188 mm x 841 mm (A0 format), a njihovo dizajniranje se provodi u programima Adobe Illustrator<sup>®</sup> i Adobe Photoshop<sup>®</sup>. Pomoću Adobe Photoshopa<sup>®</sup> uređivane su i pripremane slike i skice te su im dodavani efekti kako bi se što bolje vidjeli određeni elementi na slici. Pomoću Adobe Illustratora<sup>®</sup> izrađeni su edukativni panoi tj. uređene su slike, tekst i skice na zadani format papira. Organizacija podataka prilikom izade panoa postignuta je korišenjem slojeva u samim programima (Slika 4–19). Primjer jednog edukativnog panoa se prikazan je u prilogu 3.



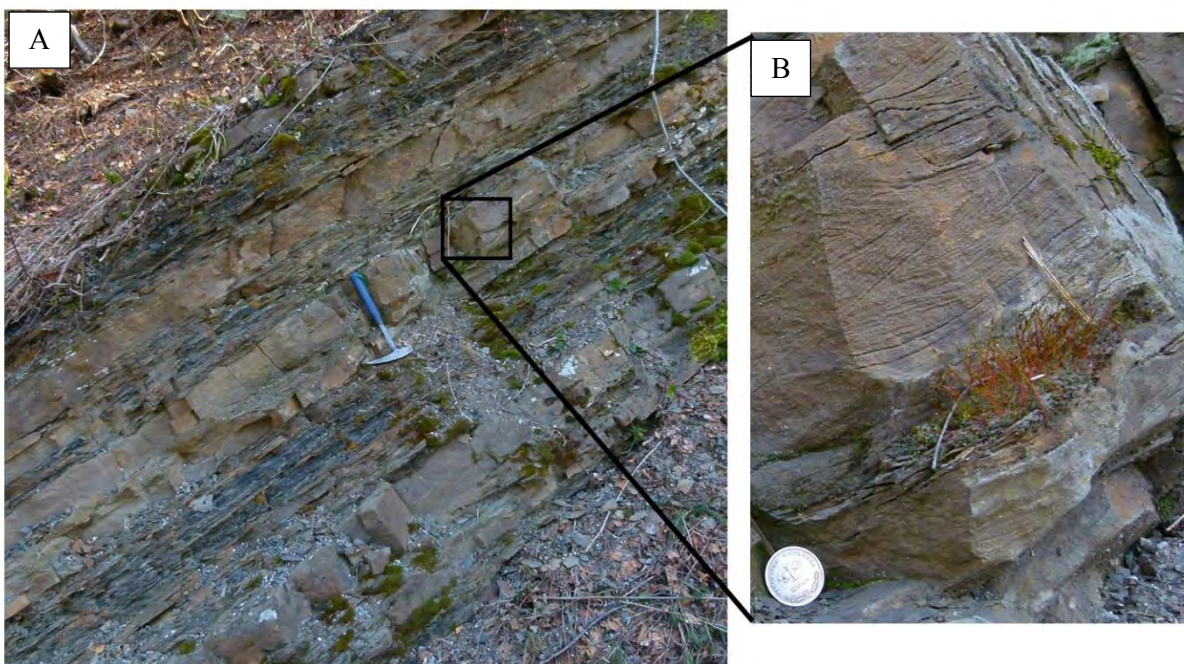
*Slika 4–19 Prikaz organizacije podataka pomoću slojeva u Adobe Illustratoru<sup>®</sup>*

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 5.1. OPIS KARTIRANIH JEDINICA

#### 5.1.1. ŠEJLOVI, PJEŠČENJACI I KONGLOMERATI (perm)

Naslage perma čine najstarije naslage na istraživanom području. Najbolje su otkrivene u vododerinama na istočnom i južnom dijelu značajnog krajobraza. Naslage su najčešće izgrađene od ritmične izmjene pješčenjaka i siltita i/ili šejlova (Slika 5–1) te rjeđe konglomerata. Pješčenjaci su smeđe do sivo-smeđe boje, sitno do krupno zrnasti. Debljina je od 5 do 40 cm. Mjestimično je u pješčenjacima izražena kosa laminacija (slika 5–1). Šejlovi su sive do crne boje, tankopločasti, lisnati, a debljina slojeva im ne prelazi 2 cm. Konglomerati su uočeni na nekoliko lokaliteta, odlikuju ih valutice kvarca centimetarskih dimenzija (Slika 5–2).



*Slika 5–1 Slojevitost pješčenjaka u izmjeni sa šejlovima (A); Kosa laminacija u pješčenjaku (B)*

U uzorcima pješčenjaka prikupljenima na terenu nije utvrđena fosilna zajednica, dok je mikroskopskim promatranjem uzoraka utvrđeno da se radi o pješčenjacima koji se sastoje većinom od zrna kvarca s međuzrnskom potporom te od muskovita i vrlo rijetko od feldspata.

Prema klasifikaciji za pješčenjake (PETTIJOHN et al, 1972), determinirani su kao kvarene grauvske.

Šejlovi i siltiti se sastoje od sitnih zrna kvarca, feldspata i muskovita, a u nekim uzorcima izražena orijentacija klasta. Prema klasifikaciji za vapnenačko–glinovito–prahoviti sediment (KONTA, 1973) determinirani su kao glineni do prahoviti šejl, odnosno siltit. Udio teške mineralne frakcije pješčenjaka ne prelazi 1%, a prevladava laka mineralna frakcija, s velikim udjelom kvarca i tinjaca.



*Slika 5–2 Konglomerat s valuticama kvarca*



### 5. 1. 2. IZMJENA DOLOMITA SA CRVENIM I ZELENIM KLASTITIMA (karnik)

Izmjena dolomita i crveno-zelenih sitnozrnastih klastita, pretpostavljene karničke starosti uočene su na južnom i istočnom dijelu značajnog krajobraza. Slojevitost je izražena u vododerinama i na strmim padinama. Debljina slojeva crvenih i zelenih klastita je oko 3 cm, dok je debljina slojeva dolomita oko 20 cm. Dolomiti su sive boje te su dobro uslojeni. Terenskim istraživanjem pronađen je kontakt crvenih i zelenih klastita, u izmjeni s dolomitom, s permskim šejlovima (Slika 5–3).



*Slika 5–3 Kontakt crvenih i zelenih šejlova, u izmjeni s dolomitom, s crnim šejlovima*

### 5.1.3. GLAVNI DOLOMIT (norik – ret)

Naslage glavnog dolomita otkrivene su na sjevernom i istočnom dijelu istraživanog područja. Na istočnom dijelu istraživanog područja, kontakt sa starijim naslagama karnika je prekriven, dok su na sjevernom dijelu, naslage glavnog dolomita, u rasjednom kontaktu sa starijim naslagama perma. Slojevitost je jasno izražena, a debljina slojeva varira od 10 do 100 cm. Boja dolomita varira od svijetlosive do tamnosive. Ove naslage također odlikuje stromatolitna laminacija kao i izmjena ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita (Slika 5–4).

Mikroskopskim proučavanjem uzoraka prikupljenih na terenu utvrđena je pojava ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita. Klasifikacijom prema SIBLEY & GREGGU, 1987 dolomiti mikro do makro kristalasti te većinom hipidiomorfni.



*Slika 5–4 Stromatolitna laminacija u glavnom dolomitu (A); Izmjena ranodijagenetskog i kasnodijagenetskog dolomita (B)*

### 5.1.4. VAPNENCI I DOLOMITI (sinemurij – plinsbah)

Naslage koje čine ovu jedinicu otkrivene su u kanjonu potoka Jasle i Curak, kod izvora Zeleni vir te djelomično na cesti koja vodi prema izletištu. U značajnom krajobrazu postupni prijelaz iz starijih naslaga nije uočen, već su naslage sinemurija i plinsbaha u rasjednom kontaktu sa onima norika i reta. Slijed ovih naslaga odlikuje vertikalna i lateralna izmjena dolomita i vapnenaca. Debljina slojeva vapnenaca varira od 20 do 120 cm i sive, tamnosive do smeđe su boje. Na pojedinim mjestima lijepo je vidljiva laminacija vapnenaca, paralelna sa slojevitošću (Slika 5–5). Debljina slojeva dolomita varira od proslojaka debljine 1 cm do slojeva debljine 100 cm.



*Slika 5–5 Laminacija u vapnencima*

Također je i u slojevima dolomita vidljiva laminacija na pojedinim izdancima u značajnom krajobrazu. Unutar ove jedinice jasno su izražene grandiozne slamp bore koje su vidljive duž kanjona, a posebno ona iznad Zelenog vira (Slika 5–6). Mikroskopskim promatranjem uzoraka, prikupljenima na terenu, uočena je foraminifera *Orbitopsella praecursor* koja ukazuje da se radi o naslagama srednjeg dijela donje jure. Prema Folkovoj klasifikaciji (FOLK, 1959) vapnenci su biomikriti s fragmentima fosila, dok su prema Dunhamovoj klasifikaciji (DUNHAM,1962) bioklastični pekston do floutston.



*Slika 5–6 Slamp bora iznad Zelenog vira*

#### 5.1.5. VAPNENCI S GASTROPODIMA, BRAHIPODIMA I LITIOTISIMA (plinsbah)

Ova jedinica je posebno izdvojena jer predstavlja prijelaz između naslaga vapnenaca i dolomita u podini ovih naslaga i mrljastih vapnenaca u krovini. Naslage ove jedinice otkrivene su u središnjem dijelu značajnog krajobraza uz cestu te posebno u vododerini koja vodi od ceste prema pruzi. Slojevitost je jasno izražena, a debljina slojeva se kreće od 10 do 60 cm, dok je ukupna debljina ovog slijeda oko 80 m. Boja vapnenaca je siva do sivo-plava. Unutar ovog slijeda naslaga jasno su izraženi makrofosili gastropoda, brahiopoda i litiotisa veličine do 20 cm (Slika 5–7).



*Slika 5–7 Vapnenci s gastropodima, brahiopodima i litiotisima*

#### 5.1.6. MRLJASTI VAPNENCI (toarcij)

Kontinuirano na vapnence s gastropodima, brahiopodima i litiotisima slijede mrljasti vapnenci toarcija koji čine najmlađe naslage u značajnom krajobrazu. Naslage su otkrivene na središnjem dijelu značajnog krajobraza, a lijepo su vidljive uz cestu koja vodi prema izletištu (Slika 5–8). Debljina slojeva se kreće od nekoliko centimetara do maksimalno 20 cm. Boja im je siva do žuta. Vapnenci su mikritnog tipa, bez fosilnog sadržaja.



*Slika 5–8 Slojna ploha mrljastog vapnenca*

#### 5.2. STRUKTURNA GRAĐA I TEKTONIKA

Područje značajnog krajobraza obilježeno je navlakom koju čine klastične i karbonatne naslage permske i trijaske starosti te tektonskim oknom koje izgrađuju karbonatne naslage jurske starosti. Kartiranjem područja utvrđeno je da je navlaka pretežito subhorizontalna i uglavnom se navlačni kontakt nalazi između 550 i 600 m.n.m. Navlačni kontakt vidljiv je svega na nekoliko mjesta i to u ponikvama na istočnom dijelu značajnog krajobraza te u

Jacovskom jarku koji se nalaze neposredno izvan zapadne granice značajnog krajobraza, dok je na ostalom području pretpostavljen zbog prekrivenosti područja vegetacijom. Na sjevernom dijelu zaštićenog krajobraza glavni dolomit norika i reta je u kontaktu s vapnencima i dolomitima sinemurija i plinsbaha duž reversnog rasjeda, generalnog pružanja istok-zapad s vergencijom prema jugu, koji je mlađi od navlake. Također, unutar glavnog dolomita utvrđeni su reversni rasjedi s vergencijom prema sjeveru s pomakom od svega par centimetara (Slika 5–9). Pružanje naslaga glavnog dolomita je S-I do SZ-JI s blagim nagibom prema sjeveru, dok se, idući prema jugu, naslage ustrmljavaju i boraju.



*Slika 5–9 Reversni rasjedi unutar glavnog dolomita*

Dalje prema jugu, nakon kontakta duž reversnog rasjeda, u kontinuiranom slijedu se nalaze vapnenci i dolomiti sinemurija i plinsbaha, vapnenci s gastropodima, brahiopodima i litiotisima te mrljasti vapnenci toarcija. Na istočnoj granici značajnog krajobraza utvrđen je kontakt permskih klastita i trijaskih karbonata duž reversnog rasjeda, pružanja SZ-JI, s vergencijom prema JZ. Na južnom dijelu značajnog krajobraza, na području iznad izvora Zeleni vir, utvrđen je kontakt permskih i trijaskih klastita, gdje se permski klastiti nalaze strukturno iznad karničkih klastita te je pretpostavljeno da se radi o kontaktu duž reversnog rasjeda tj. o ljuskanju navlake. Na jugoistočnom dijelu značajnog krajobraza kontakt permskih

i karničkih naslaga je prekriven no pretpostavljeno je da se radi o kontinuiranom prijelazu. Osim navlake, veliku ulogu u strukturnoj građi ima normalni rasjed, koji je zahvatio i samu navlaku, a prostire se duž cijelog kanjona, te je on vjerojatno i predisponirao stvaranje samog kanjona. Rasjed je pružanja S-J, s vergencijom prema istoku. Dolomiti i vapnenici sinemurija i plinsbaha, koji se nalaze u zapadnom krilu rasjeda, pružaju se SZ-JI s nagibom prema JZ, dok se u istočnom krilu rasjeda nalaze iste naslage pružanja I-Z s nagibom prema sjeveru. U istočnom krilu rasjeda, u naslagama vapnenaca i dolomita, vidljive su grandiozne polegale bore (Slika 5–10), koje su detaljnim proučavanjem determinirane kao slamp bore. Slamp bore su također vidljive na području oko *Zelenog vira*, pored samog slapa koji se obrušava pored samog izvora te na višim predjelima terena u zapadnom krilu normalnog rasjeda.



*Slika 5–10 Polegla slamp bora metarskih dimenzija u istočnom krilu rasjeda*

Vrlo zanimljiva situacija je kod izvora Zeleni vir, gdje je jasno vidljivo da se sami izvor nalazi na kontaktu naslaga koje izgrađuju slamp bore te vapnenaca, vidljivih u potoku Curak (Slika 5–11), koji su potpuno različite orijentacije. Naime, nije u potpunosti jasno da li se radi o kontaktu duž blago položenog rasjeda ili o deklomanskom horizontu.

Kako bi se dobio jasan uvid u strukturnu građu područja konstruirani su geološki profili kao i trodimenzionalni prikaz istraživanog područja.



*Slika 5–11 Kontakt između naslaga koje izgrađuju slamp bore i vapnenaca*



## 6. ZAKLJUČAK

Na području Skrada tijekom geološke prošlosti dogodili su se razni tektonski pokreti koji su doprinijeli formiranju današnjeg značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*. Uslijed rasjedanja došlo je do stvaranja pukotina u karbonatnim stijenama kroz koje je prodrla voda i postupno otapala te stijene. Sukladno tome, došlo je do formiranja kanjona i njegovog daljnjeg produblivanja.

Na istraživanom području nalazi se niz izvora i niz površinskih tokova, koji upućuju da je cijelo područje građeno dijelom od nepropusnih naslaga, a djelom od propusnih naslaga. Kako bi se utvrdili litološki i strukturni odnosi napravljeno je 211 točaka opažanja tijekom terenskih istraživanja. Uzorci stijena prikupljeni na terenu su detaljnije proučavani polarizacijskim mikroskopom, granulometrijskom analizom, izvdajanjem sastojaka teškim tekućinama i magnetskom separacijom. Terenskim istraživanjima i navedenim laboratorijskim metodama utvrđeno je da se na istraživanom području nalazi pet litoloških jedinica i to:

- Šejlovi, pješčenjaci, konglomerati perma
- Izmjena dolomita s crvenim i zelenim klastitima karnika
- Glavni dolomit norika i reta
- Vapnenci i dolomiti sinemurija i plinzbaha
- Vapnenci s gastropodima, brahiopodima i litiotisima plinzbaha
- Mrljasti vapnenci toarcija

Također, utvrđeni su navlačni odnosi permских i trijaskih naslaga koje se nalaze u navlaci s naslagama jurske starosti koje čine tektonsko okno.

Rezultati istraživanja prikazani su na geološkoj karti s pripadajućim profilima i na geološkom modelu. Uz to, rezultati istraživanja će biti prikazani, na slikovit i jednostavan način, na 12 edukativnih panoa koji će biti postavljeni na ljeto 2014. godine duž značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

## 7. LITERATURA

- ALJINOVIĆ, D. (1997): Facijesi klastičnih sedimenata mlađeg paleozoika i starijeg trijasa Gorskog kotara / doktorska disertacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 19.12.1997. 1997., 163 str. Voditelj: Tišljar, Josip.
- ALJINOVIĆ, D., SREMAC, J. & KOCH, G. (1997): Upper Paleozoic sedimentary rocks from Gorski kotar, Croatia: new sedimentological and paleontological data. –abstract, 18<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology, Heidelberg
- BABIĆ, LJ. (1968): O trijasu Gorskog kotara i susjednih područja. –Geol. vjesnik, 21, 11–18, Zagreb.
- BABIĆ, LJ. & GUŠIĆ I. (1969): Novi podaci o juri i donjoj kredi u Gorskom kotaru. –Geol. vjesnik, 22, 17–23, Zagreb.
- BLOTT, S. J. & PYE, K. (2011): Particle size scales and classification of sediments types based on particle size distribution: Review and recommended procedures. *Sedimentology* 49, 2071–2096.
- BUKOVAC, J., POLJAK, M., ŠUŠNJAR, M., & ČAKALO, M. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Črnomelj L33–91. – Geološki zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1972–1983), Savezni geol. zavod, Beograd.
- BUKOVAC, J., POLJAK, M., ŠUŠNJAR, M., & ČAKALO, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Črnomelj L33–91. – Geološki zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1972–1983), Savezni geol. zavod, Beograd, pp. 21–26.
- COHEN, K.M., FINNEY, S.M., GIBBARD, P.L., & FAN, J.-X., 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36(3): 199–204.

- DUNHAM, J.B., (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture.–  
U: Ham, W.E. (ur.): Classification of carbonate rocks. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 1,  
108–121
- ĐURĐANOVIĆ, Ž. (1967): Prilog poznavanju donjeg trijasa u Gorskom Kotaru. –Geol.  
vjesnik, 20, 107-111, Zagreb.
- FOLK, R.L., (1959): Practical petrographic classification of limestone.– Bull. Amer. Assoc.  
Petrol. Geol., 43, 1–38.
- HERAK, M. (1980): Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnica u Gorskom kotaru  
(Hrvatska). –Acta Geologica, 10/2, pp. 35–51.
- KONTA, J., (1973): Kvantitativni system rezidualnih hornin, sedimentu a vulkanoklastickych  
usazenin.– Univ. Karlova, Praha, 375 str.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER P.E. & SIEVER R. (1972): Sand and Sandstones. –Springer  
Verlag, New York, Hidelberg, Berlin, 615 str.
- SAVIĆ, D. (1982): Problem tektonskog sklopa Gorskog kotara. Geol. vjesnik, 35, 87-92,  
Zagreb
- SAVIĆ, D. & DOZET, S. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Delnice  
L33–90. – Geološki zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1970–1983), Savezni geol.  
zavod, Beograd
- SAVIĆ, D. & DOZET, S. (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list  
Delnice L33-90. – Geološki zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1970–1983),  
Savezni geol. zavod, Beograd, pp. 8 – 49
- SIBLEY, D.F. & GREGGU, J.M. (1987): Classification of dolomite rock textures.- Jour. Sed.  
Petrology, 57, 967-975

SREMAC, J. & ALJINOVIĆ, D. (1997): Upper Paleozoic Fossils from Clastic Sedimentary Rocks in the Gorski Kotar Region. –*Geologica Croatica*, 50/2, 187-199, Zagreb

ŠČAVNIČAR, B. & ŠUŠNJARA, A. (1967): Geološka i petrografska istraživanja trijaskih naslaga u Gorskom Kotaru (područje Lokve i Gerovo). *Geol. vjesnik*, 20, 87-106, Zagreb

ŠČAVNIČAR, B. (1973): Klastiti trijasa u Gorskom kotaru (Clastic Sediments of the Triassic in the Gorski Kotar). –*Acta Geologica*, VII/3, 105-160

ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., MIKLER, L., CRNOLATAC, I., MILAN, A., ŠIKIĆ, D., GRIMANI, I., VULIĆ, Ž. & BLAŠKOVIĆ, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Crikvenica L33–102. – Institut za geološka istraživanja Zagreb (1961–1969), Savezni geol. zavod, Beograd

TIŠLJAR, J. (2004): Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina, Institut za geološka istraživanja, Zagreb

VELIĆ, I. & SOKAČ, B. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Ogulin L33–103. – Geološki zavod Zagreb (1969–1980), Savezni geol. zavod, Beograd

WENTWORTH, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments.- *J. geol.*, 30, 377–392

NARODNE NOVINE (2013) Zakon o zaštiti prirode, 28. lipanj 2013. Zagreb: Narodne novine br.: 80. NN 80/13

## 8. SAŽETAK

*Ivana Gudac i Ivana Gudac*

### **Geološka istraživanja na području značajnog krajobraza Vražji prolaz i Zeleni vir s ciljem izrade geološke poučne staze**

Značajni krajobraz *Vražji prolaz i Zeleni vir* se nalazi u Gorskome kotaru, u općini Skrad. Proteže se na površini od 2,5 km<sup>2</sup> te ga obilježavaju kanjon potoka Jasle (Vražji prolaz), izvor Zeleni vir, špilja Muževa hiža i HE Munjara, izgrađena 1921. godine.

U svrhu rješavanja složenih litoloških i strukturnih odnosa napravljena su detaljna geološka istraživanja područja značajnog krajobraza, s ciljem dobivanja detaljnijih informacija o naslagama koja čine istraživano područje te o njihovom međusobnom odnosu. Terenska i laboratorijska istraživanja su pokazala da je značajni krajobraz izgrađen od šejlova, pješčenjaka i konglomerata permske starosti, izmjene dolomita s crvenim i zelenim klastitima, glavnog dolomita trijaskе starosti, vapnenaca i dolomita, vapnenaca s gastropodima, brahiopodima i litiotisima te od mrljastih vapnenaca jurske starosti. Također, utvrđeni su navlačni odnosi permskih i trijaskih naslaga u navlaci s naslagama jurske starosti koje čine tektonsko okno.

Rezultati istraživanja prikazani su geološkom kartom s pripadajućim profilima i pomoću geološkog modela. Uz to, rezultati istraživanja će biti prikazani, na slikovit i jednostavan način, na 12 edukativnih panoa koji će biti postavljeni na ljeto 2014. godine duž značajnog krajobraza *Vražji prolaz i Zeleni vir*.

**Ključne riječi:** Gorski kotar, značajni krajobraz, Vražji prolaz, Zeleni vir, klastiti, karbonati geološka poučna staza

## 9. SUMMARY

*Ivana Gudac and Marin Sečanj*

### **Geological exploration in significant landscape *Devils Passage and the Green Whirlpool* for purpose of making geological educational trail**

The significant landscape named *Devils Passage and the Green Whirlpool* is located in the Gorski Kotar region, district of Skrad. It extends over the area of 2,5 km<sup>2</sup> and it is marked by the canyon of Jasle and Curak streams (*Devils Passage*), *Green Whirlpool* spring, *Muževa hiža* cave and hidroelectric powerplant *Munjara*, build in 1921.

Detail geological exploration has been conducted in order to solve complex lithological and structural relationships of the significant landscape area. Aim of the research was to obtain detail information about the litological and stratigraphical informations of rocks in the area, and their structural relationships as well. The results of the geological mapping and laboratory analysis showed that the area of significant landscape is build of the following litostratigraphical units: Permian clastic rocks (shales, sandstones and conglomerates); Triassic red-green clastic rocks alternating with dolomites; Triassic massive dolomite („Main dolomite“); Lower Jurassic dolomites and limestones, Lower Jurassic fosilliferous (gastropode-bivalve-brachipod) limestones and Lower Jurassic bioturbated („spotted“) limestones. The structural nappe consisting of Permian and Triassic deposits has been determined, and Jurassic deposits are interpreted as positioned in a tectonic window.

The results of this research are shown on a geological map together accompanied with profiles and with 3D geological model. All results will be shown on 12 educational panels set throughout the significant landscape of the *Devils Passage and the Green Whirlpool*.

**Key words:** Gorski kotar, significant landscape, Devils Passage, Green Whirpool, clastic rocks, carbontes, geological educational trail

## 10. ŽIVOTOPIS

Ivana Gudac

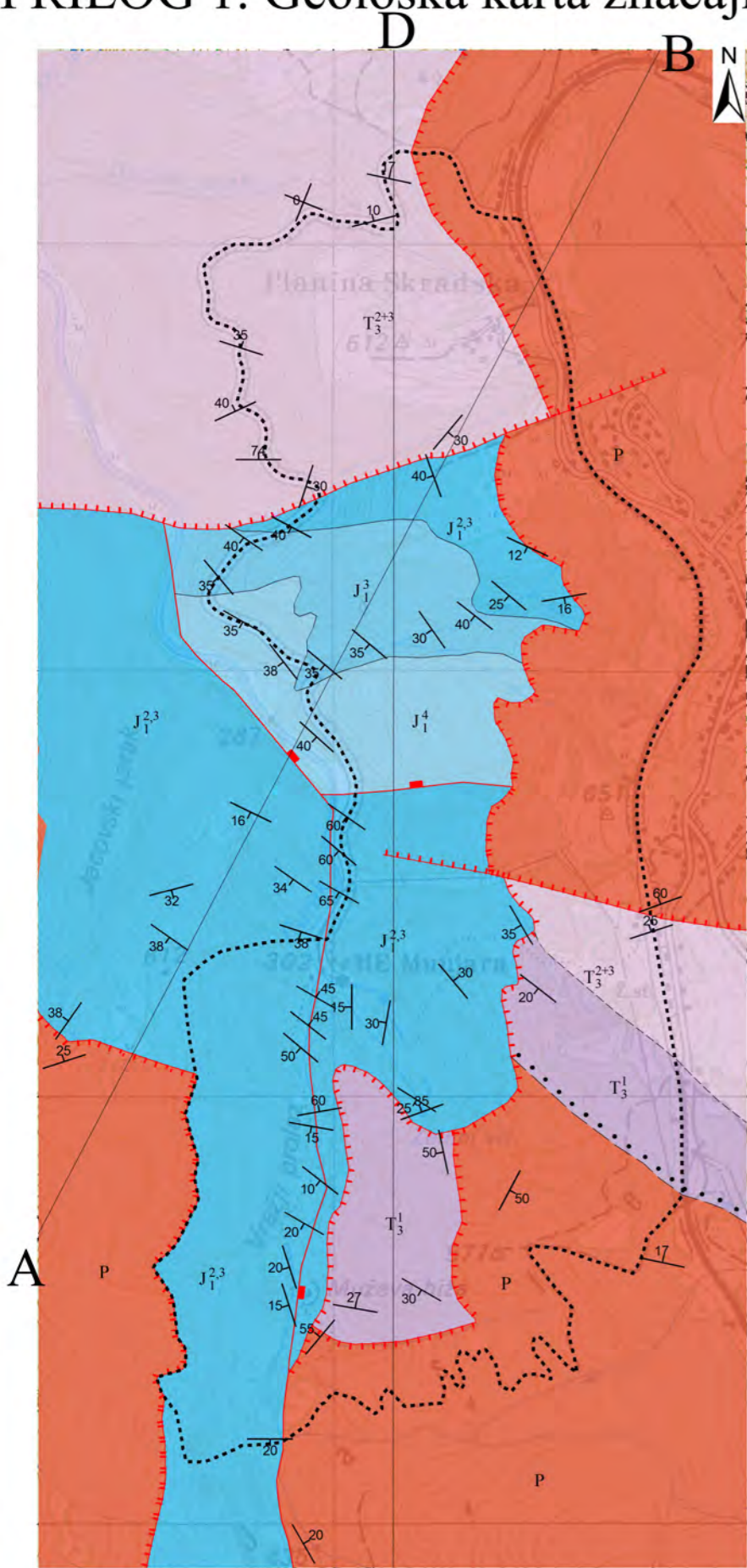
Rođena sam u Pakracu 11. studenog 1989. godine. Maturirala sam 2008. godine na Zdravstvenom učilištu u Zagrebu te sam stekla zvanje Farmaceutskog tehničara. Akademске godine 2008/09. upisala sam preddiplomski studij geološkog inženjerstva na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zagrebu. Obranom završnog rada iz područja hidrogeologije pod naslovom „Analize kakvoće vode na području Ranžirnog kolodvora“ stekla sam akademski naziv Sveučilišna prvostupnica inženjerka geološkog inženjerstva (*univ. bacc. ing. geol.*). Nakon završetka preddiplomskog studija, 2012. godine, upisala sam diplomski studij, smjer Geologija okoliša. U akademskoj godini 2012/13. stekla sam zvanje speleološkog pripravnika, sudjelovala sam na 11. Festivalu znanosti kao koautor radionice „Zemlja: jučer, danas, sutra“, sudjelovala sam u projektu popularizacije geologije Hrvatskog geološkog društva te sam sudjelovala na radionici Hrvatskog geološkog društva na Znanstvenom pikniku. U akademskoj godini 2013/14. sam demonstratorica na Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine iz kolegija „Geologija okoliša“ i „Monitoring okoliša“.



Marin Sečanj

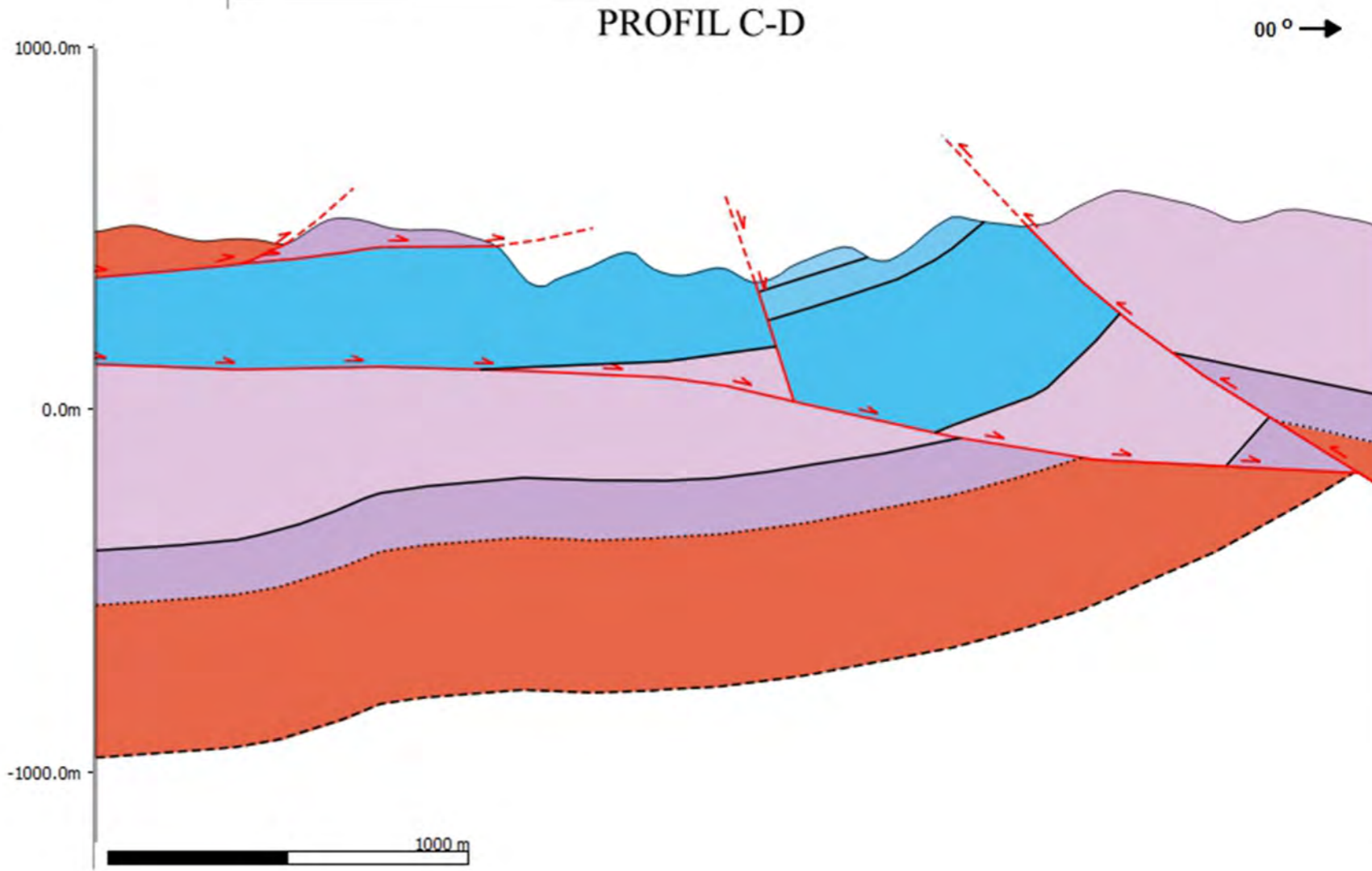
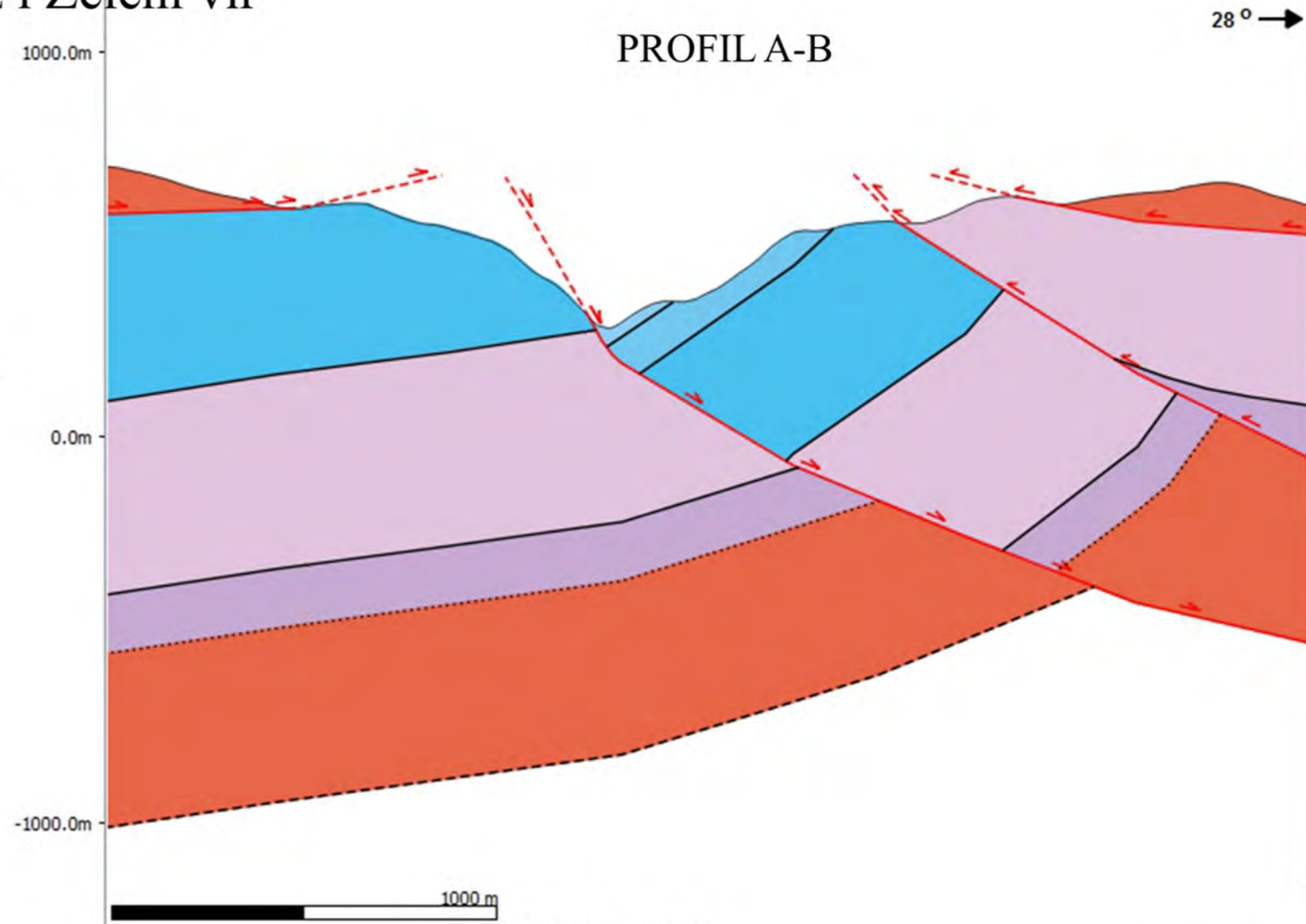
Rođen sam u Zagrebu 29. ožujka 1990. godine. Maturirao sam 2008. godine u I. Tehnička škola TESLA te sam stekao zvanje Elektrotehničar. Akademske godine 2008/09. upisalo sam preddiplomski studij geološkog inženjerstva na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zagrebu. Obranom završnog rada iz područja geološkog kartiranja pod naslovom „Geološka građa područja Omišalj-Selehovice na sjevernom dijelu otoka Krka“ stekao sam akademski naziv Sveučilišni prvostupnik inženjer geološkog inženjerstva (*univ. bacc. ing. geol.*). Nakon završetka preddiplomskog studija, 2012. godine, upisao sam diplomski studij, smjer Hidrogeologija i inženjerska geologija. U akademskoj godini 2012/13. sudjelovao sam na 11. Festivalu znanosti kao koautor radionice „Zemlja: jučer, danas, sutra“, sudjelovao sam u projektu popularizacije geologije Hrvatskog geološkog društva te sam sudjelovao na radionici Hrvatskog geološkog društva na Znanstvenom pikniku. Dugogodišnji sam član benda „Time Decay“.

# PRILOG 1. Geološka karta značajnog krajobraza Vražji prolazi Zeleni vir



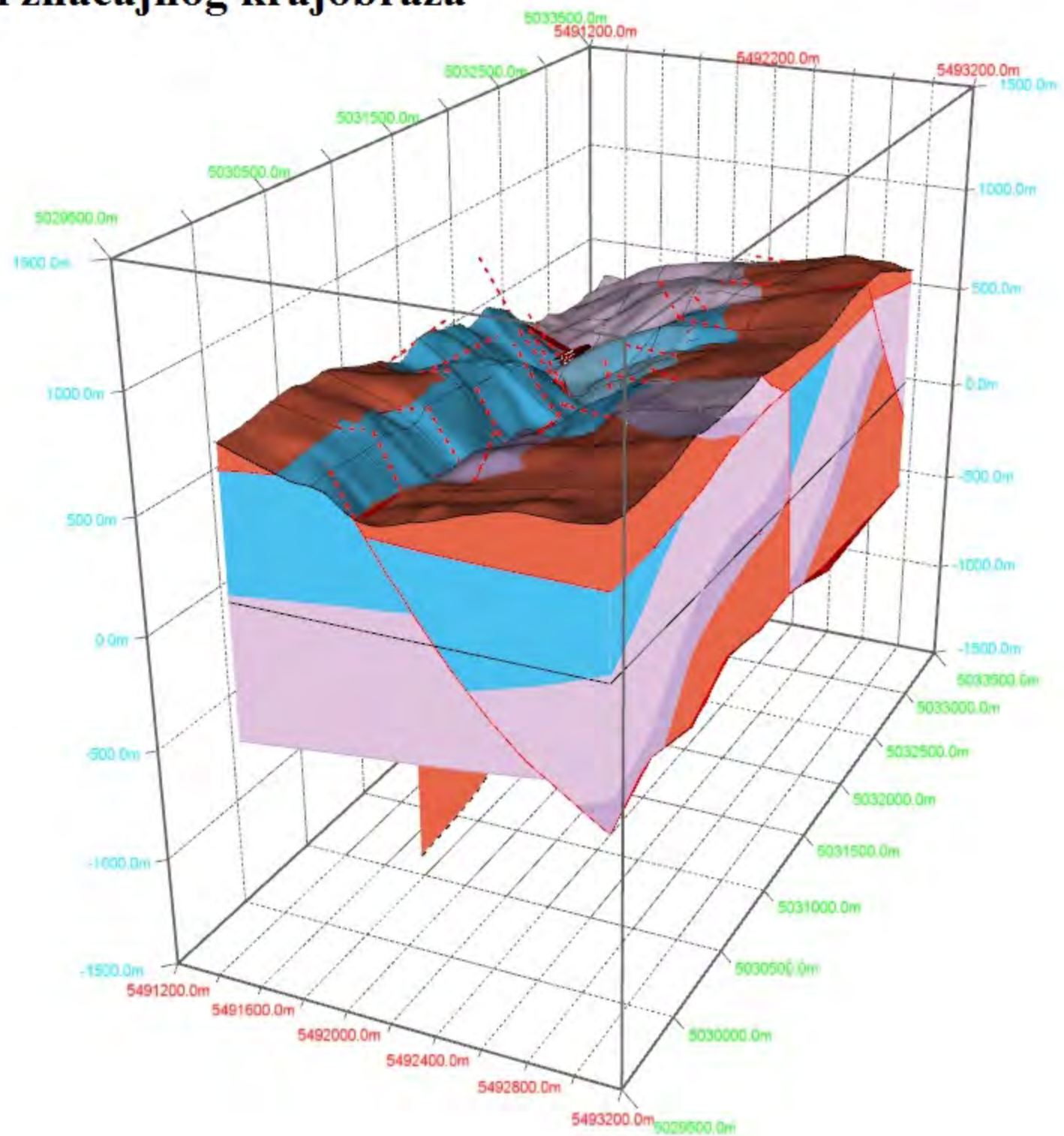
- $J_1^4$  TOARCIJ  
mrljasti vapnenac
- $J_1^3$  PLINSBAH  
vapnenac s brahipodima, gastropodima i litiotisir
- $J_1^{2+3}$  SINEMURIJ-PLINSBAH  
vapnenci i dolomiti
- $T_3^{2+3}$  NORIK-RET  
glavni dolomit
- $T_3^1$  KARNIK  
izmjena dolomita sa crvenim i zelenim klastitima
- P PERM  
šejlovi, pješčenjaci i konglomerati

- normalni sloj
- horizontalni sloj
- normalni rasjed
- reversni rasjed
- normalna granica
- pokrivena granica
- erozijska granica
- granica značajnog krajobraza
- profil

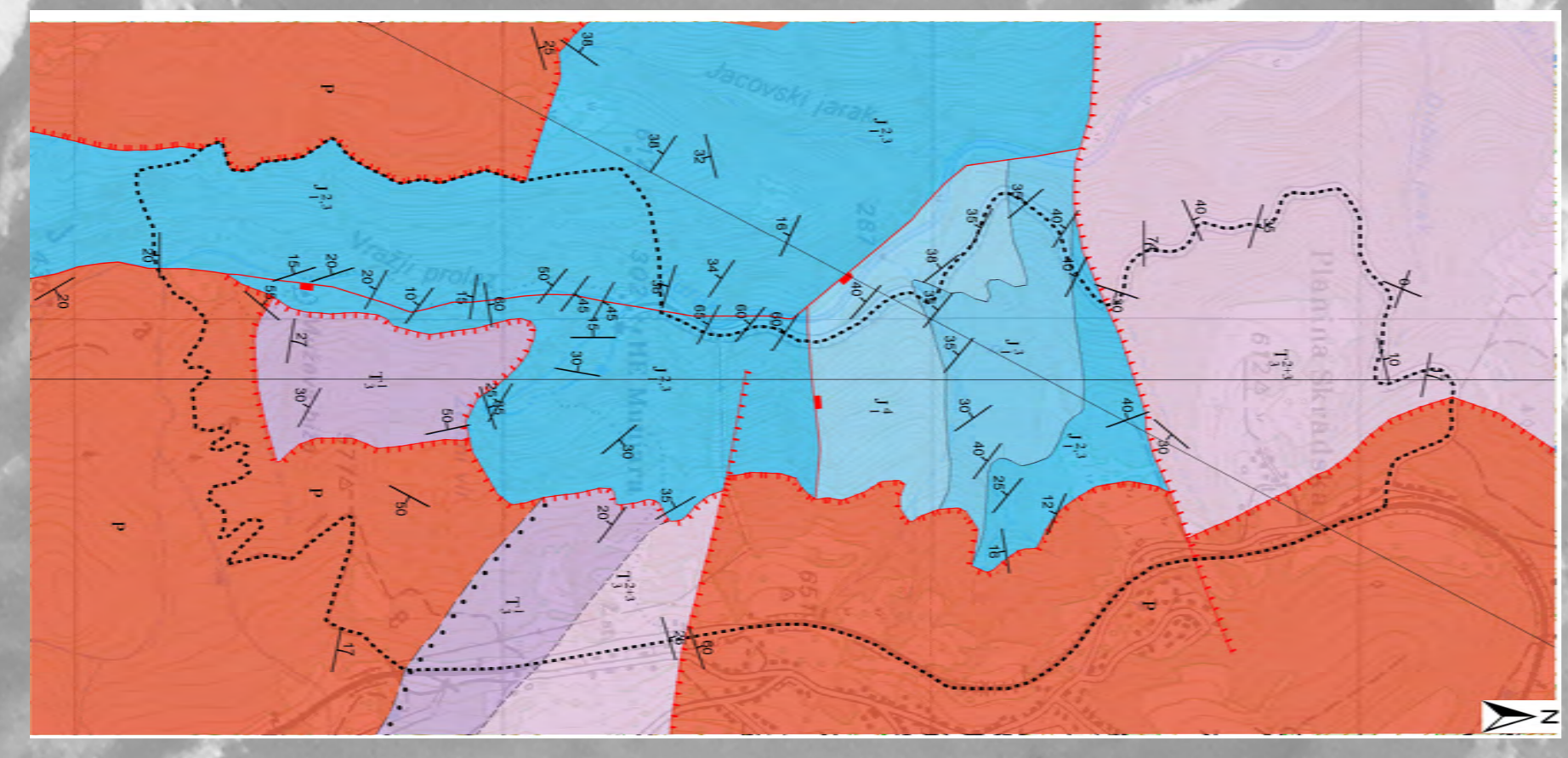


0 250 500 1,000 metara **C** M 1:15,000

# PRILOG 2. Geološki model značajnog krajobraza

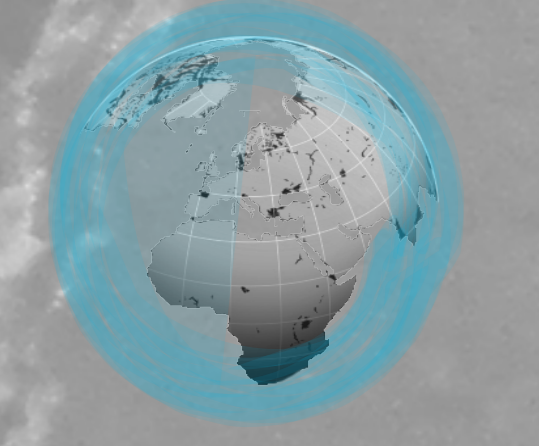


# KRŠKI IZVOR



KRŠ je specifičan reljef koji se razvija samo u topivim stijenama.  
 Za razvitak krša potrebni su:  
 Stijene podložne kemijskoj razgradnji pod utjecajem vode.  
 Postojanje pukotina kroz koje može prodrjeti voda.  
 Velika količina oborina.

Položaj kontinentata  
(Location of continents)



Život u moru  
(Sea life)



Život na kopnu  
(Life on land)



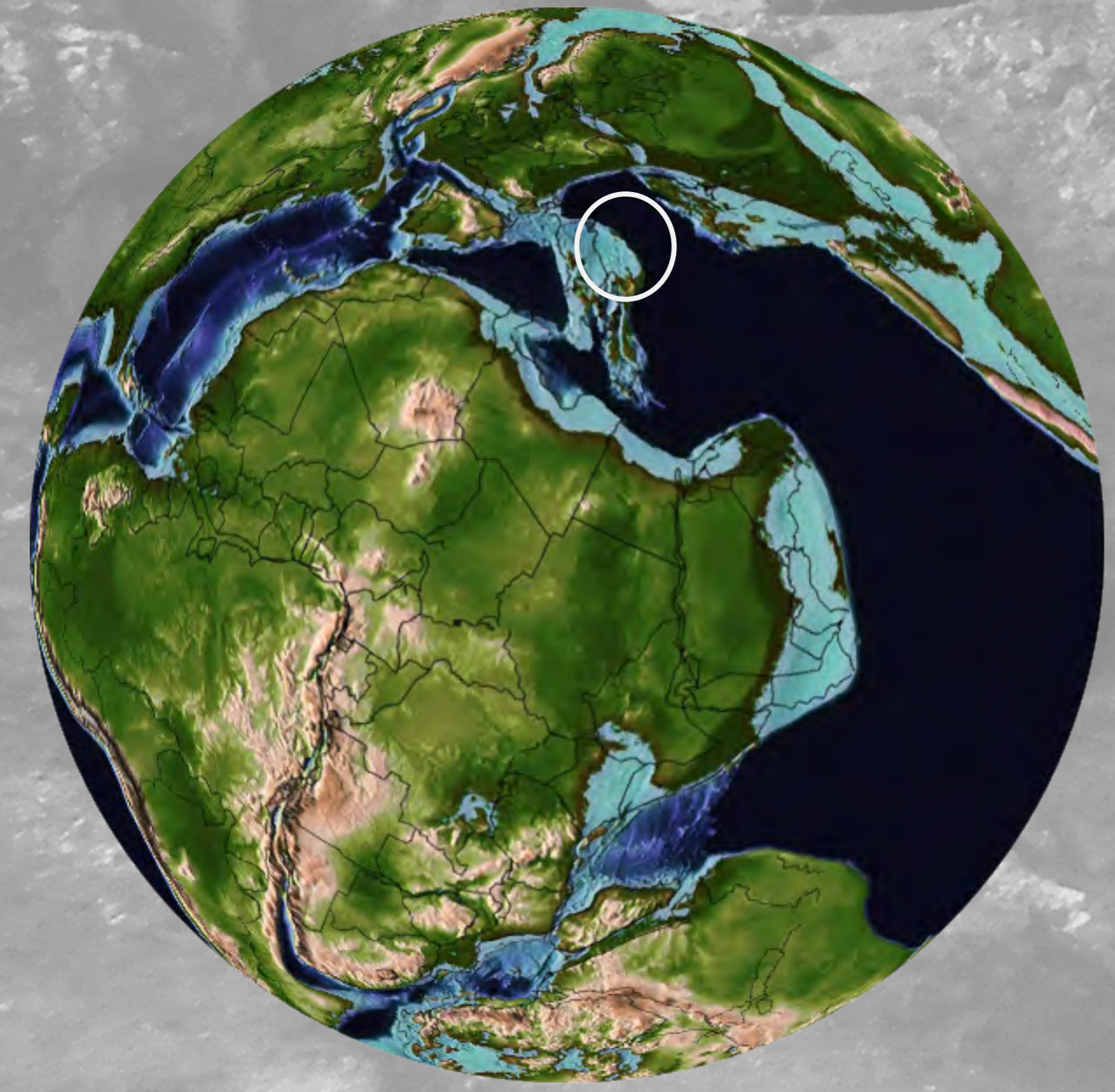
EON ERA	PERIOD	STAROST, mil.god. (AGE, Ma)
FANEROZIK	Kvartar (Quaternary)	~ 2,6
	Neogen (Neogene)	~ 23
	Paleogen (Paleogene)	~ 66
MEZOROIK	Kreda (Cretaceous)	~ 145
	Jura (Jurassic)	~ 201
	Trijas (Triassic)	~ 252
ZOOIK	Perm (Permian)	~ 299
	Karbon (Carboniferous)	~ 459
	Devon (Devonian)	~ 419
PALEOZOOIK	Silur (Silurian)	~ 443
	Ordovicij (Ordovician)	~ 485
	Kambrij (Cambrian)	~ 541
PROTEROZOIK	Arhaisk (Archean)	~ 2500
	Had (Hadean)	~ 4000
		~ 4600

Početkom donje jure dolazi do pucanja super kontinenta Pangea-e.

Tijekom srednje jure se postupno počinje stvarati novi ocean- centralni dio Atlantskog oceana.

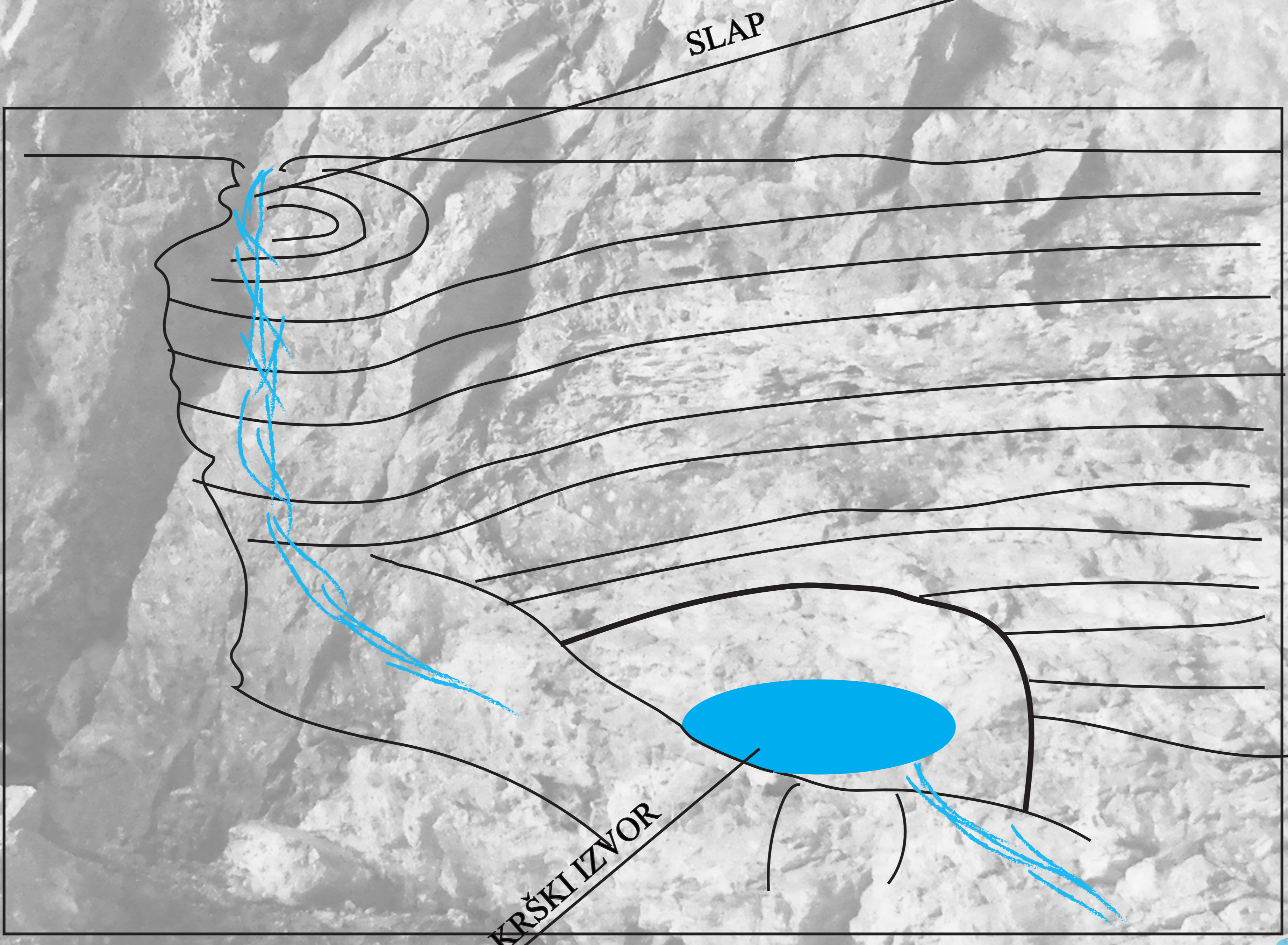
U gornjoj juri Pangea je razdvojena na dva dijela i započinje zatvaranje tadašnjeg oceanskog prostora, Tethys oceana.

PRONAĐITE HRVATSKU!



## ZAŠTO JE OVDJE SLAP?

Voda koja čini slap teče po nepropusnim naslagama i ne može ponirati. Ona teče po površini sve dok ne dođe do hrpta preko kojeg se preljeva.



KRŠKI IZVOR je mjesto na kojem podzemna voda prirodnim putem izlazi na površinu.

## ZAŠTO JE OVDJE KRŠKI IZVOR?

Zato što podzemna voda dolazi dorasjeda koji se ponaša kao barijera i sprječava njezin daljni podzemni tok. Podzemna voda teče uz rasjed sve do površine- do mjesta izviranja.

