

Primjena metoda daljinskih istraživanja i GIS-a u kartiranju ležišta gipsa na Kosovom polju

Mandić, Dominik

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:137145>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Dominik Mandić

**PRIMJENA METODA DALJINSKIH
ISTRAŽIVANJA I GIS-A U KARTIRANJU
LEŽIŠTA GIPSA NA KOSOVOM POLJU**

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Dominik Mandić

**PRIMJENA METODA DALJINSKIH
ISTRAŽIVANJA I GIS-A U KARTIRANJU
LEŽIŠTA GIPSA NA KOSOVOM POLJU**

Diplomski rad
predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistar/magistra geologije

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Zagreb, 2023.

Zahvale

Zahvaljujem se svome mentoru izv. prof. dr. sc. Borni Lužar-Oberiteru na korisnim savjetima, usmjeravanju i strpljenju pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se također stručnom savjetniku sa Hrvatskog geološkog instituta Nikoli Gizdavecu na potpori, strpljenju, savjetima i komentarima pri izradi ovog rada.

Hvala svim profesorima, asistentima i djelatnicima fakulteta na susretljivosti, pomoći i savjetima tokom mog dugog studiranja.

Konačno, posebna zahvala mojim roditeljima Damiru i Snježani, bratu Ivanu, djevojci Ivi i ostaloj obitelji i prijateljima koji su me besprekidno i bezuvjetno podržavali, ohrabivali i pomagali. Bez svih Vas ovo ne bi bilo moguće. Od srca Vam Hvala!

Dominik Mandić

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

PRIMJENA METODA DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA I GIS-A U KARTIRANJU LEŽIŠTA GIPSA NA KOSOVOM POLJU

Dominik Mandić

Rad je izrađen u: Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a, Zagreb, u sklopu diplomskog studija Geologije

Sažetak: U ovom radu istražene su mogućnosti kartiranja ležišta gipsa na Kosovom polju primjenom metoda daljinskih istraživanja i GIS-a. Postojeće geološke karte istraživanog područja su digitalizirane i vektorizirane pomoću programa QGIS. Prikupljene satelitske snimke Sentinel-2A senzora obrađene su programom SNAP, te je izrađena K-means obrada podataka u nekoliko verzija sa različitim brojem klasa. Svaka klasa opisuje dominantnu karakteristiku površine terena (stijene, vegetacija itd.). Terenski podaci su prikupljeni na ukupno 50 točaka gdje su zabilježene koordinate i opisane karakteristike površine terena. Svi podaci su uvršteni u jedinstveni GIS projekt te analizirani.

K-means klasifikacija je bila u mnogo slučajeva uspješna pogotovo u verziji s većim brojem klasa, međutim radi ograničenja u prostornoj rezoluciji dobivene podatke nužno je dodatno evaluirati. Uz postojeće ulazne podatke nije bilo uvijek moguće jednoznačno razlikovati izdanke različitih vrsta stijena (npr. gipsa, vapnenca i breča) kao zasebne klase, nego su svi bili svrstani u klase karakterizirane stijenskim površinama. U ovome radu je korišten tek osnovni alat strojnog učenja, međutim rezultati nisu zanemarivi, već ih je moguće koristiti kao preliminarne u početnoj fazi geološkog kartiranja mineralnih sirovina.

Ključne riječi: evaporiti, Kosovo polje, metode daljinskih istraživanja, GIS, K-means

Rad sadrži: 59+V stranica, 60 slika, 2 tablice, 37 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor(i): izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Ocjenjivači: izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj

Datum završnog ispita: 20.09.2023

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

APPLICATION OF REMOTE SENSING AND GIS METHODS FOR MAPPING

GYP SUM OCCURANCES IN KOSOVO POLJE

Dominik Mandić

Thesis completed in: Faculty of Science, Department of Geology, Division of Geology and Palaeontology, Horvatovac 102a, Zagreb where the work on the thesis was carried out in the context of the graduate study of Geology

Abstract: In this thesis, the possibilities of mapping gypsum deposits in Kosovo polje were investigated using remote sensing methods and GIS. Existing geological maps of the research area were digitized and vectorized using the QGIS software. Collected satellite images of the Sentinel-2A sensor were processed with SNAP software, and K-means data processing was performed in several versions using different numbers of classes. Each class describes the dominant characteristic of the terrain surface (rocks, vegetation, etc.). Field data was collected at a total of 50 points where coordinates were recorded, and the characteristics of the terrain surface were described. All data were compiled in a single GIS project and analyzed.

K-means classification was successful in many cases, especially in the version with a larger number of classes, however, due to limitations in spatial resolution, the obtained data must be additionally evaluated. With the existing input data, it was not always possible to unambiguously distinguish the outcrops of different rock types (eg. gypsum, limestone and breccia) as separate classes, but they were all classified into classes characterized by rock surfaces. In the presented work only a basic machine learning tool was used, however the results are not negligible. Rather, they can be used as preliminary in the initial phase of geological mapping of mineral resources.

Keywords: evaporites, Kosovo polje, remote sensing methods, GIS, K-means

Thesis contains: 59+V pages, 60 figures, 2 tables, 37 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Reviewers: izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj

Date of the final exam: 20.09.2023

Sadržaj

| | | |
|--------|--|--------|
| 1. | Uvod..... | 1 |
| 2. | Daljinska istraživanja i GIS | 2 |
| 2.1. | Daljinska istraživanja | 2 |
| 2.2. | Dosadašnja istraživanja metodama daljinskih istraživanja | 3 |
| 2.3. | GIS..... | 3 |
| 3. | Evaporiti Dalmacije i Like..... | 6 |
| 4. | Područje istraživanja – Kosovo polje | 7 |
| 4.1. | Geografski smještaj Kosovog polja..... | 7 |
| 4.2. | Geološki smještaj Kosovog polja | 8 |
| 4.2.1. | Ležišta gipsa Kosovog polja..... | 10 |
| 4.2.2. | Dosadašnja istraživanja u Kosovom polju..... | 10 |
| 5. | Metode istraživanja i obrade podataka | 11 |
| 5.1. | Digitalizacija geoloških karata pomoću QGIS-a..... | 11 |
| 5.2. | SNAP | 21 |
| 5.2.1. | Copernicus | 23 |
| 5.2.2. | Slike dobivene Sentinel-2 satelitom | 23 |
| 5.2.3. | Preuzimanje željene snimke sa ESA-ine stranice | 25 |
| 5.2.4. | Obrada i analiza snimke u SNAP-u | 27 |
| 5.3. | Terenski rad | 33 |
| 5.4. | Preklapanje karata dobivene K-Means klasifikacijom i geoloških karata..... | 35 |
| 6. | Rezultati | 41 |
| 7. | Rasprava..... | 52 |
| 8. | Zaključak | 55 |
| 9. | Literatura..... | 56 |
| 10. | Prilozi..... | I V |

1. Uvod

Cilj ovog diplomskog rada bio je dobiti preliminarni uvid u karakteristike terena područja Kosovog polja međusobnom usporedbom postojećih geoloških karata, rezultata obrade multispektralnih satelitskih snimaka i terenskih opažanja. Specifični fokus bio je na pokušaju razlikovanja gipsa od drugih litoloških jedinica koristeći metode daljinskih istraživanja.

U sklopu rada napravljen je pregled dosadašnjih istraživanja pojava i ležišta gipsa u Kosovom polju. Od metoda daljinskih istraživanja korištene su satelitske snimke Europske svemirske agencije (ESA), misije „Copernicus“ u sklopu kojeg je multispektralni Sentinel-2A senzor. Za digitalizaciju geoloških karata i obradu satelitskih snimaka koristili su se programi SNAP i QGIS. Opisani su koraci preuzimanja satelitske snimke iz javnih izvora, te način njihove obrade. Za analizu podataka iz prethodno navedenih snimaka korištena je metoda *K-means*. Proveden je i terenski rad gdje su se prikupili podaci na točkama kojima su zapisane koordinate i opisana opažena karakteristika površine terena, bilo da se radi o izdancima stijena, vegetacijom ili građevinama prekrivenim dijelovima terena. Svi podaci su nakon digitalizacije i obrade uvršteni u jedinstveni GIS projekt i analizirani. Konačni rezultati dobiveni *K-means* obradom podataka su svrstani u zasebne klase i uspoređeni su sa terenskim karakteristikama točkama i postojećim geološkim kartografskim podacima.

Gips je po sastavu znatno drukčiji od karbonata i zbog toga je odabran za temu ovog istraživanja. Svrha rada je dobiti preliminarni uvid u točnost i preciznost ove relativno nove metode istraživanja kako bi se buduća istraživanja i kartiranja nadopunila, olakšala i potencijalno ubrzala. Na kraju se napravio pregled problematike metoda i predloženi su načini poboljšanja ovog načina istraživanja.

2. Daljinska istraživanja i GIS

2.1. Daljinska istraživanja

Daljinsko istraživanje je metoda prikupljanja podataka o nekom području ili objektu pomoću uređaja za snimanje koji nisu u bliskom kontaktu s objektom ili područjem. To je moguće raditi zrakoplovima, satelitima, brodovima i slično. Postoje dvije vrste daljinskih istraživanja: pasivni i aktivni. Pasivni senzori detektiraju prirodnu reflektiranu ili emitiranu radijaciju od promatranih objekta ili područja. Najčešći izvor radijacije je reflektirano sunčevo svjetlo. Primjeri pasivnih daljinskih senzora su infracrveni senzori, radiometri, uređaji uparenih naboja i sl. Aktivni senzori emitiraju energiju kako bi skenirali objekt ili područje, a zatim pasivni senzor detektira i mjeri reflektiranu ili raspršenu radijaciju. Primjer aktivnog senzora je radar, koji mjeri vremensku odgodu između emisije i povratka radijacije kako bi se utvrdila lokacija, visina, brzina i smjer objekta.

Različiti instrumenti za mjerenje podataka koriste se za određene svrhe. LIDAR (Light Detection and Ranging) koristi se za precizno mjerenje udaljenosti i izradu digitalnih modela reljefa visoke rezolucije. Laserski i radarski altimetri (visinomjeri) na satelitima mogu mjeriti ispuščenje vode uzrokovano gravitacijom čime kartiraju morsko dno. Od 1970-ih se koriste multispektralne platforme kao što je Landsat koji rade snimke u višestrukim valnim duljinama elektromagnetskog zračenja, te se generalno nalaze na satelitima čija je svrha promatranje Zemlje. Radiometri i fotometri najčešći su instrumenti u uporabi i služe za prikupljanje reflektirane i emitirane radijacije u širokom rasponu frekvencija.

Daljinska istraživanja su znatno olakšala istraživanja u pogledu cijene i količini vremena provedenog u prikupljanju podataka. To se pogotovo može primijeniti u geološkim istraživanjima. Jedna od najvažnijih primjena daljinskih istraživanja u geologiji je u identificiranju i kartiranju mineralnih ležišta. Sa tehnologijom hiperspektralnih senzora, geolozi mogu detektirati spektralne potpise raznih minerala. Također se može analizirati morfologija terena, pratiti transport sedimenata, pratiti erozijske procese, proučavati strukturne elemente kao što su rasjedi i bore, pratiti promjene u polarnim ledenjacima pomoću čega se prate klimatske promjene itd. koristeći široki broj različitih tehnika i metoda (GUPTA, 2018).

2.2. Dosadašnja istraživanja metodama daljinskih istraživanja

Metode daljinskih istraživanja pokazale su se kao odličan alat u razne svrhe geoloških istraživanja. U Hajjah regiji u Jemenu koristile su se snimke Sentinel-2 satelita kako bi se kartirale litološke jedinice istraživanog područja, te se usporedila s postojećim geološkim kartama. Rezultati tog istraživanja su bili precizniji od geoloških karata te bi se mogli koristiti za ažuriranje tog tipa karata (AL-NAHMI i sur., 2017). U naftnoj industriji koristile su se bespilotne letjelice (UAV) kako bi se detektirali izljevi nafte u vodu, pratile emisije plinova i kartirala naftna polja (ASADZADEH i sur., 2022). Globalne klimatske promjene uzrokovale su porast pojave klizišta, a nedavni napredak u metodama daljinskih istraživanja pomogao je u procjeni opasnosti i rizika, praćenja u promjenama na klizištima i razvijanja ranog sustava upozorenja (CHAE i sur., 2017). Predložene su i nove metode programskog učenja (*machine learning*) koje bi znatno olakšale interpretaciju više elemenata geoloških daljinskih istraživanja (HAN i sur., 2022).

U Hrvatskoj su također u iste svrhe korištene metode daljinskih istraživanja. Snimke Sentinel 2-A senzora korištene su za raspoznavanje litoloških jedinica na krškim terenima koji su pretežno karbonatnog sastava. Rezultati su pokazali kako bi se satelitski podaci mogli uspješno primijeniti na takvim terenima radi poboljšanja geoloških karata i kartiranja mineralnih ležišta (GIZDAVEC, 2022). PODOLSZKI i sur. (2022) koristili su digitalni visinski model (DEM) kako bi se napravila dokumentacija pojave klizišta u širem području Kravarsko i integrirali novi pristupi istraživanja geohazarda. U Hrvatskom Zagorju područje veličine 20 km² snimljeno je LIDAR tehnikom i napravljen je 3D model s visokom preciznošću i prostornom rezolucijom iz kojeg se mogu izvesti svi potrebni podaci za procjenu rizika klizišta (SINČIĆ i sur., 2022). Uporaba daljinskih istraživanja primijenila se i u području tektonike u svrhu razumijevanja regionalne tektonike šireg područja Kvarnera (KRAJNOVIĆ, 2019). Na obalnom klifu Duilovo prikupljene su snimke od 2012. do 2021. godine, te je 2018. godine nakon odrona obavljeno snimanje klifa. Nakon toga su metodom SfM fotogrametrije izrađeni digitalni modeli površine kako bi se utvrdili prisutni padinski procesi (ĐONLIĆ, 2021).

2.3. GIS

Geografski informacijski sustav (GIS) je naziv za računalni sustav koji analizira i prikazuje geografski referencirane informacije. Koristi podatke koji su vezani za jedinstvenu lokaciju. Podaci se kroz te sustave mogu zatim mijenjati, analizirati i vizualizirati u koje god

svrhe ih korisnik želi koristiti. Jezgra svakog takvog geografskog informacijskog sustava je baza podataka koja sadrži podatke geografskih pojava, primjerice njezinu lokaciju, oblik, svojstva i attribute. Bilo koja varijabla koja se može locirati u prostoru i vremenu, može se referencirati koristeći geografski informacijski sustav. Takve varijable su zapisane i određene datumom/vremenom kada su snimljene i x, y i z koordinatama koje predstavljaju geografsku duljinu, geografsku širinu i nadmorsku visinu. GIS podaci predstavljaju pojave koje postoje na Zemlji, kao na primjer ceste, rijeke, granice država, zemljišta, države i mnoge druge. Najčešće pojave se dijele u dvije vrste: izdvojeni objekti i kontinuirana polja. Izdvojeni objekti su specifični objekti koji postoje i mogu se naći na Zemlji i jasno su određeni, kao ceste, pruge, države itd. Kontinuirana polja je svojstvo koje popunjava prostor i varira kroz taj prostor, kao primjerice temperatura ili gustoća populacije.

Prvi poznati slučaj uspješnog korištenja geografskih metodologija je bio u godini 1854. Tamo je epidemiolog i fizičar John Snow uspio odrediti izvor izbijanja epidemije Soho kolere pomoću kartiranja boravišta žrtava epidemija i obližnjih izvora vode. Kada je stavio sve podatke na kartu, identificirao je izvor vode koji je zaslužan za izvor epidemije (slika 1)(https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system).



Slika 1. E.W. Gilbert-ova verzija karte John Snow-ove karte izvora epidemije iz 1855 (https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system#/media/File:Snow-cholera-map.jpg)

Nakon toga, geografske informacijske metode su se polako razvijale i danas se koriste u mnogim strukama i znanstvenim poljima, primjerice u biologiji, meteorologiji, prometu, logistici, inženjerstvu, socijalnim znanostima i naravno u geologiji.

3. Evaporiti Dalmacije i Like

Evaporiti su sedimentne stijene koje nastaju kemijskim izlučivanjem iz visokokonzentriranih vodenih otopina procesom isparavanja ili evaporacije. Nastaju u uvjetima aridne, odnosno suhe i tople klime, prilikom čega mora biti zadovoljen uvjet da voda isparava višestruko brže od dotoka vode u sustav. Najčešći evaporitni minerali su gips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4) i halit (NaCl), a također se često spominju silvit (KCl), carnallit ($\text{KMgCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$), kainit ($\text{MgSO}_4 \times \text{KCl} \times 3\text{H}_2\text{O}$) i kieserit ($\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$). Evaporitni slojevi mogu doseći debljine do 1000 metara procesom zapunjavanja intrakratskih bazena ili se mogu izmjenjivati sa neevaporitnim sedimentima, primjerice laporima ili vapnencima, na stabilnim šelfovima. U literaturi se često spominje osobina cikličnosti evaporitnih sedimenata.

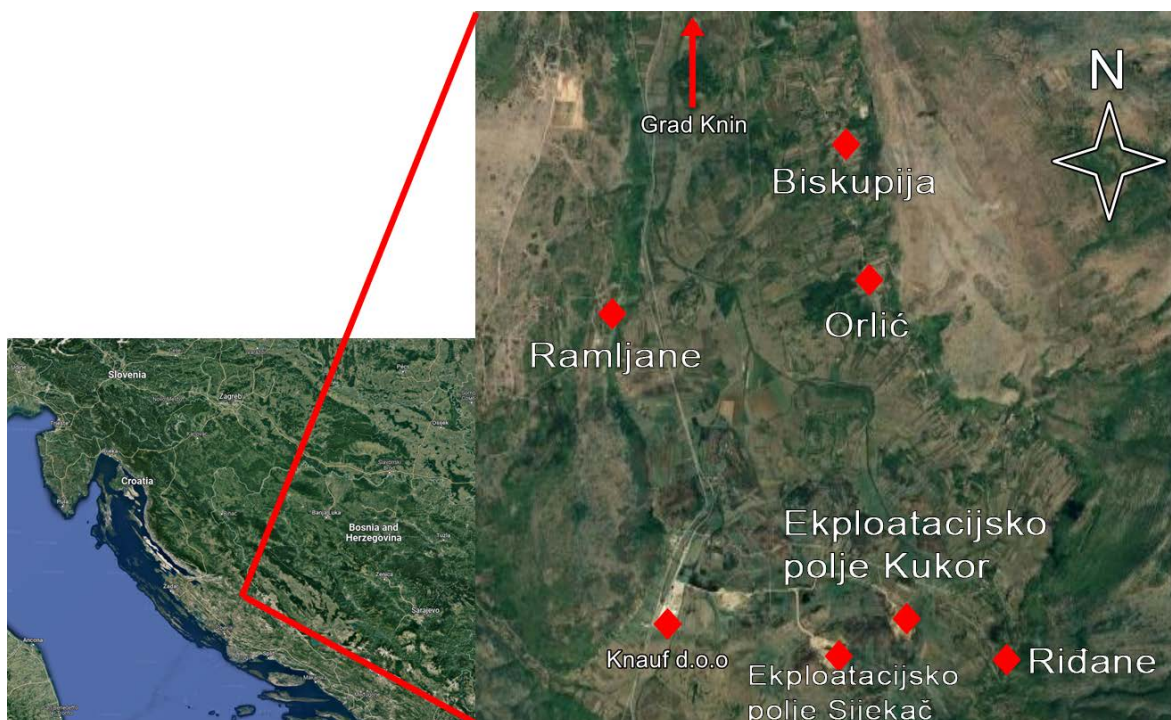
Istraživanje stratigrafskih i tektonskih pozicija i generalnih evaporitnih karakteristika srednjih Dinarida je provedeno od mnogo autora. Postoji velika razlika u određivanju apsolutne starosti tih naslaga zbog manjka paleontoloških dokaza. Prvi autori koji su predstavili podatke o evaporitima Dinarida su bili FOETERLE (1862), HAUER (1868) i MOJSISOVICS i sur. (1880). Klasificirali su ih zajedno s karbonatima i klastitima „Wurfenskih“ naslaga donjeg trijasa. Tada je takva teorija bila prihvaćena od strane mnogih drugih autora. Pokazana je detaljna rasprostranjenost gipsa u unutrašnjosti Dalmacije i Like, te na kraju je gips bio klasificiran u naslage perma, a klastiti u naslage donjeg trijasa. U to isto vrijeme su autori FRANIĆ (1900), KIŠPATIĆ (1901) i ŠUKLJE (1914) opisali pojavu gipsa u okolini Srba u Lici. Ova navedena istraživanja nisu dala nikakav izravni i točni dokaz o starosti evaporita, stoga je došlo do još nesigurnosti kada su ČANOVIĆ (1969), BOŠKOV-ŠTAJNER (1971), KRANJEC (1979), ĐURASEK i sur. (1981) i BLAŠKOVIĆ (1983) provodili istraživanje u Jadranskom području i bušenjem pronašli anhidrite u naslagama gornjeg trijasa. Kako bi se povezale stratigrafske pozicije evaporita iz Jadranskog područja sa onim iz srednjih Dinarida, ŠUŠNJAR i sur. (1965), ŠUŠNJAR & BUKOVAC (1978,1979) i ŠUŠNJAR (1981, 1983) predložili su drukčiju interpretaciju paleogeografskih odnosa u mezozoiku sa djelomičnim alternacijama stratigrafske sekvencije pojedinih naslaga i njihovih tektonskih pozicija uzduž doline Une i dijelova srednje Dalmacije. Tada je ustanovljeno da ti evaporiti pripadaju intervalu gornjeg perma i donjeg trijasa (GABRIĆ i sur., 2002). Ta teorija je bila dodatno ojačana razvojem detaljnih geoloških karti dijelova Dalmacije, Like i zapadne Bosne, izuzev šireg dijela područja Srba.

4. Područje istraživanja – Kosovo polje

4.1. Geografski smještaj Kosovog polja

Područje istraživanja nalazi se u srednjoj Dalmaciji, u široj okolici grada Knina (slika 2). Obližnje planine Svilaja i Kozjak čine jednu morfološku jedinicu. Svilaja je oblika izduženog sedla te ima strmiju sjevernu stranu. Hrbat Kozjaka je nepravilan i razdijeljen u više vrhova i postepeno se spušta prema zapadu do Kosovog polja. Južno od Svilaje, do područja Moseća se prostire Petrovo polje koje ima oblik izduženog trokuta. Na sjeverozapadni kraj Petrovog polja nastavlja se Kosovo polje, koje je jedinstveno po tome što ima os koja je duža u pravcu sjever-jug.

Teren je krški i zbog toga nema konstantnih površinskih tokova vode, nego se mijenjaju kroz vrijeme. Većinom su vezane uz veće depresije. Obližnja rijeka Cetina ima izvor na južnom podnožju Dinare. Vode Cetine teku dolinom između Dinare i Svilaje prema jugoistoku. Na južnom podnožju Svilaje izvire i Čikola. Ona ima vode koje teku Petrovim poljem do Drniša, gdje na kraju završava ulaskom u ušće Krke.



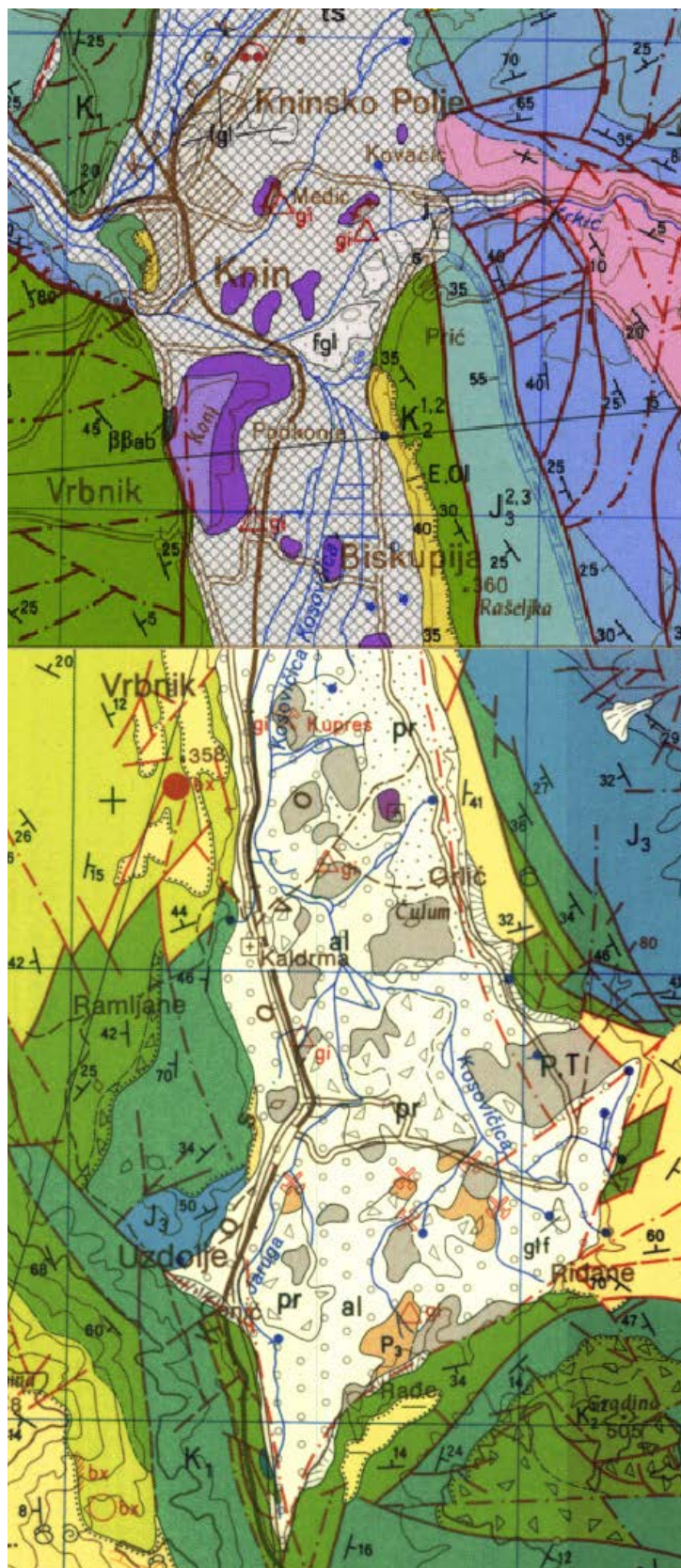
Slika 2. Geografski smještaj Kosovog polja. (izvor slike:

<https://www.google.com/maps/@44.0200908,16.2043934,15z?entry=ttu>)

4.2. Geološki smještaj Kosovog polja

Kosovo polje, kao i Petrovo polje i dolina rijeke Cetine, sadrže najstarije stijene na ovim listovima Osnovne geološke karte – Drnišu i Kninu (IVANOVIĆ, 1977 i GRIMANI, 1972). To su evaporiti, karbonati te klastiti gornjeg perma i donjeg trijasa. Također tu sedimentaciju prati i vulkanska aktivnost koja je rezultirala nastajanjem spilitiziranih dijabaza. Naslage evaporita Kosovog polja se nalaze ispod crvenih klastita, dok su na gornjim dijelovima tih klastita smještene tamnosive šupljikave breče. Spilitizirani dijabazi probijaju kroz evaporite a vjerojatno i niži dio klastita (slika 3).

Evaporitne naslage su otkrivene na brojnim lokalitetima, prvenstveno na području Petrovog i Kosovog polja, te doline Cetine oko Vrlike. Te naslage okružene su klastitima perma i trijasa, te karbonatima trijasa, jure i krede, zatim sedimentima paleogena, te njihovim produktima trošenja. Gips se pojavljuje u površinskom dijelu, a pretpostavka je da je dublje oštri prijelaz u anhidrit. Mikroskopska analiza je pokazala mineralnu paragenezu koja je karakteristična za evaporitski facijes (IVANOVIĆ i sur., 1978). To uključuje evaporitne minerale gips i anhidrit, a uz njih su pronađeni dolomit, organske tvari, autigeni pirit, kristali kvarca i barit. Gips se manifestira izduženim fibroznim zrnima ili kristalima bez terminalnih ploha. Mogu se naći pravilni kristali gipsa fibrozne unutarnje građe, međutim puno su rjeđi. Veličina kristala gipsa varira od 0.2 do 2 milimetra, a mogu narasti i do 4 milimetra. U mnogim uzorcima se vide i ostaci anhidrita u obliku razrijeđenih fragmenata koji posjeduju istu orijentaciju unutar gipsnih zrna. Starost ovih naslaga postavljenja je na temelju superpozicije.



Slika 3. Geološki smještaj Kosovog polja (IVANOVIĆ, 1977 i GRIMANI, 1972).

4.2.1. Ležišta gipsa Kosovog polja

Proteklih 50 godina eksploatacija gipsa se izvodila na mnogo lokaliteta na području Kosovog polja. Aktivni površinski kopovi bili su Deli brdo, Bulatovo, Bijeli Brijeg, Čatina glavica, Siječak, Medkukori te Mali i Veliki Kukor.

Jedan od posjećenih lokaliteta u ovom radu je Veliki Kukor koji je smješten na istočnom rubu uzvisine Veliki Kukor. Kao i naslage evaporita ono je permske starosti. Kukorske naslage gipsa su razvijene i njenu stratigrafsku podinu čine anhidriti, dok su u krovini smješteni crveni permski klastiti. Osim klastita mogu se pronaći i naslage kvartara (deluvij) koje predstavljaju jalovinu iz perioda prethodne eksploatacije gipsa. Danas to ležište ima depresiju koja je nastala iskopavanjem gipsa. Duljina te depresije iznosi oko 200 metara, a maksimalna širina iznosi oko 100 metara. Dno i bokovi su sastavljeni od gipsa, dok je na zapadnom i jugozapadnom dijelu izdužena zona sivog anhidrita. Zapadni i južni obod ležišta je izgrađen od permskih crvenih klastita (GABRIĆ i sur., 2002).

4.2.2. Dosadašnja istraživanja u Kosovom polju

Mnogo radova je napisano o istraživanju područja Kosovog polja. Primjerice MARGETIĆ (1948) je pisao o ručnim bušotinama u malom Kukru. Bušene su na dubinama od 26 metara do 14 metara. SILA je 1960. godine pisao o radovima na ležištu Deli brdo gdje se bušilo u 2 navrata. Na bivšem eksploatacijskom polju Bulatovo bušilo se sa 4 bušotine zbog utvrđivanja debljine gipsa i položaja anhidrita. Nakon toga se bušilo sa 8 bušotina u kamenolomu Čatina Glavica i sa 7 bušotina kamenolomu Mali Kukor kako bi utvrdio zalihe gipsa. Godine 1981. radila se i terenska prospekcija i procjena zaliha gipsa na dijelu Petrovog polja također kao i na Kninskom i Kosovom polju (GABRIĆ, 1981). Godine 1982. su se rezerve računale i metodom blokova, a uz rezerve se tako računao i proračun jalovine (BEBIĆ, 1982) Iste godine se na ležištu Veliki Kukor računale rezerve gipsa metodama trokuta i poligona. Oba načina su pokazala sličnu vrijednost.

5. Metode istraživanja i obrade podataka

Pri izradi ovog diplomskog rada korišteno je nekoliko računalnih programa i izvora podataka. Svi navedeni programi su „*open source*“ odnosno dostupni su javnosti za korištenje, uređivanje i dijeljenje bez ograničenja.

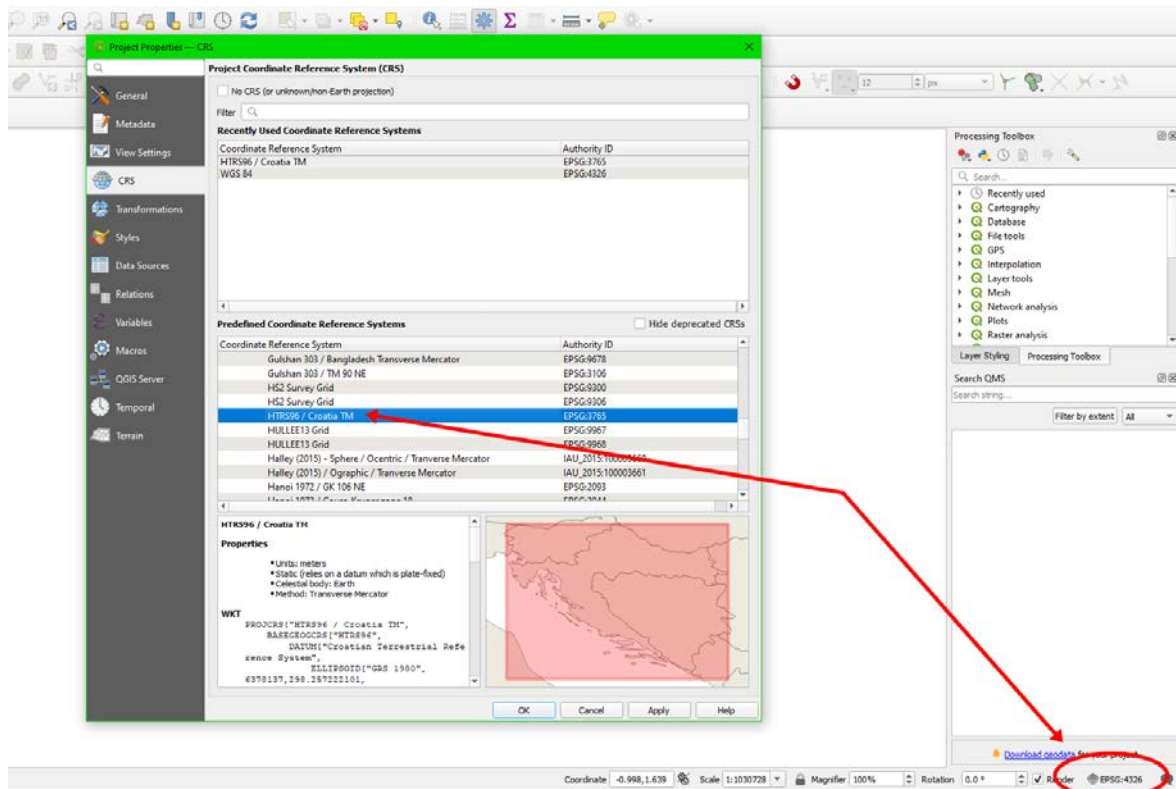
5.1. Digitalizacija geoloških karata pomoću QGIS-a

QGIS je besplatni software koji podržava uređivanje, pregled, ispis i analizu geografskih podataka. Također je otvorenog pristupa (engl. „*open source*“) kao što je i prethodno navedeno. Gary Sherman je započeo razvijanje Quantum GIS-a u ranoj 2002. godini, što je bio začetak razvoja projekta „Open Source Geospatial Foundation“ u 2007. godini. Cilj tog projekta je bilo podržavanje i promoviranje kolaboracijskog razvoja geografskih tehnologija i metoda koje će biti dostupne javnosti. Verzija 1.0 je bila izdana u siječnju 2009. U 2013., sa dolaskom verzije 2.0, ime aplikacije se službeno promijenilo iz Quantum GIS-a u QGIS, jer su se paralelno koristila oba naziva. Većinom je kodirana u C++ programskom jeziku. Od 2017. QGIS je postao dostupan za više operativnih sustava kao Mac OS X, Linux, Unix i Microsoft Windows. Mobilna verzija QGIS-a je u razvoju za Android sustave još od 2014. QGIS se koristi u svrhe vizualizacije podataka korištenja karata, grafova i dijagrama što se može dodatno uređivati dodavanjem simbolizacije. Ima mogućnosti geoprociranja, prostornog ispitivanja i mnoge druge. Za kompleksnije geografske analize, korisnici mogu iskoristiti dodatke i algoritme. QGIS omogućuje jednostavno dijeljenje geografskih podataka u obliku karti u raznim varijantama formata datoteka.

Kako bi bilo moguće referencirati se na geološke karte kasnije u istraživanju potrebno je bilo digitalizirati geološke karte Knina i okolice, odnosno teren veličine otprilike 100 km². Koristile su se 4 lista radne geološke karte mjerila 1:25000 kako bi se pokrio cijelokupni teren: listovi Oštrej, Rgotina, Uzdolje i Kijevo. Za ovaj rad koristila se verzija QGIS Desktop 3.26.2.

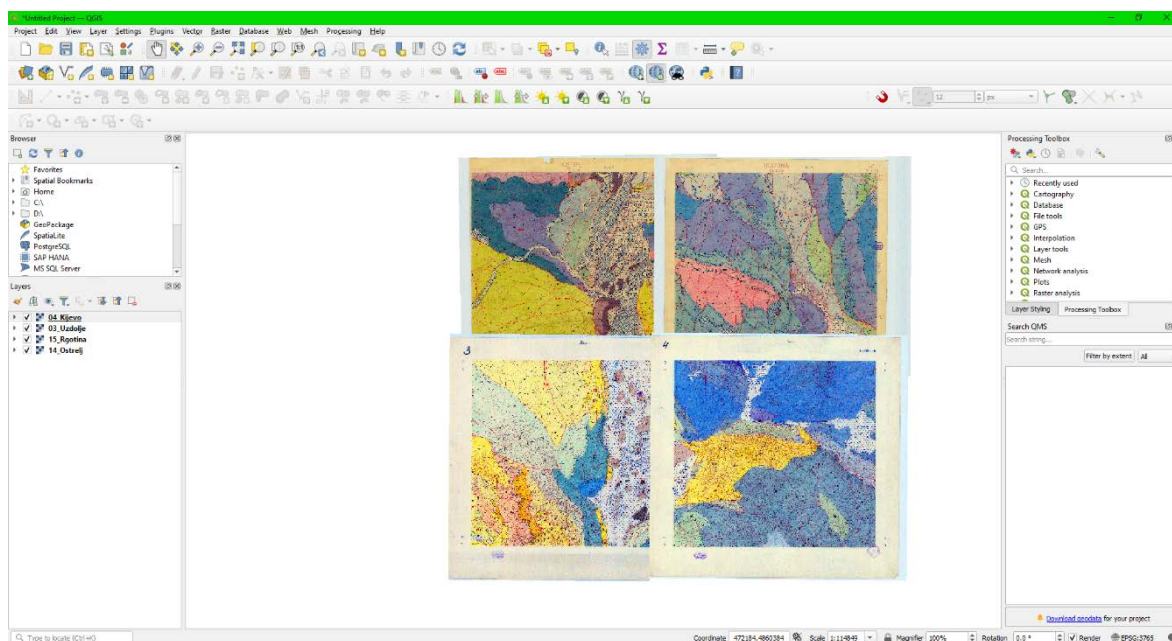
Nakon što se aplikacija pokrene i odabere opcija „New Empty Project“, prije svega najbitnije je prebaciti postavke projekta u odgovarajući koordinatni sustav. U ovom radu korišten je službeni koordinatni sustav Republike Hrvatske HTRS96 / Croatia TM. Koordinatni sustav se postavlja klikom miša na trenutni naziv koordinatnog sustava u donjem desnom kutu programa. Na sredini prozora „Project Properties“ je lista unaprijed

definiranih koordinatnih sustava koji su poredani abecedno. Izabire se koordinatni sustav koji će se primjenjivati na projektu te se potvrđuje opcijom „Apply“ (slika 4).



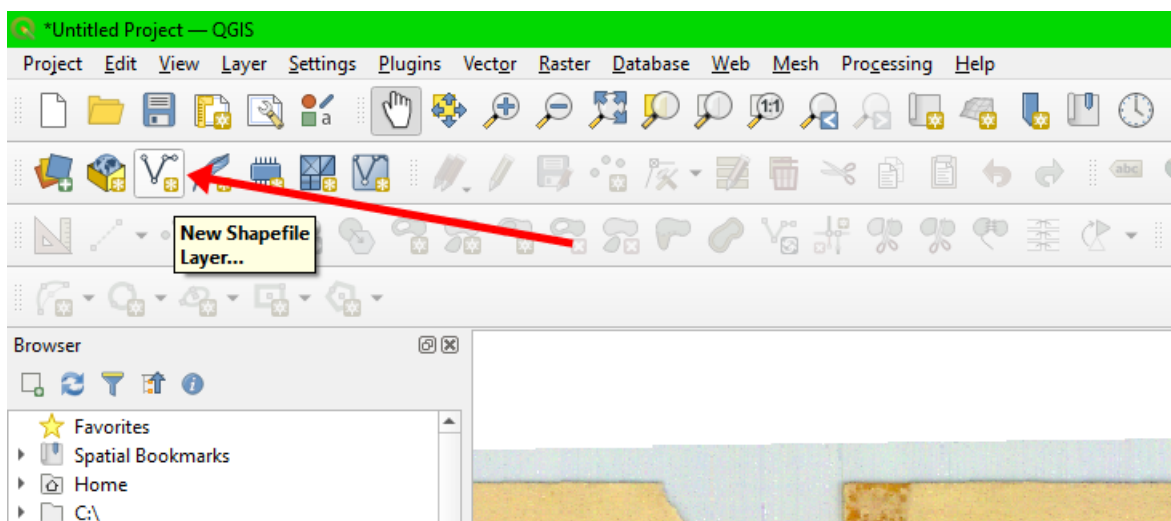
Slika 4. Prozor za izmjenu koordinatnog sustava projektne datoteke u programu QGIS Desktop 3.26.2.

Zatim u prvom koraku su ubačena navedena 4 lista geoloških karata u TIF formatu u QGIS. Te karte su sada vidljive kao zaseban sloj u projektu. U lijevom dijelu ekrana se nalaze svi slojevi projekta u prozoru „Layers“. Ovi slojevi se mogu modificirati i prilagođavati kako god korisnik poželi. Primjerice, klikom miša na kvačicu pored pojedinog sloja može se mijenjati vidljivost tog sloja. Također se slojevi mogu pomicati ispred ili iza jedan drugog, ovisno o potrebi korisnika. Kada je ovaj korak izvršen trebalo bi biti 4 sloja odnosno karte prikazane u programu (slika 5).

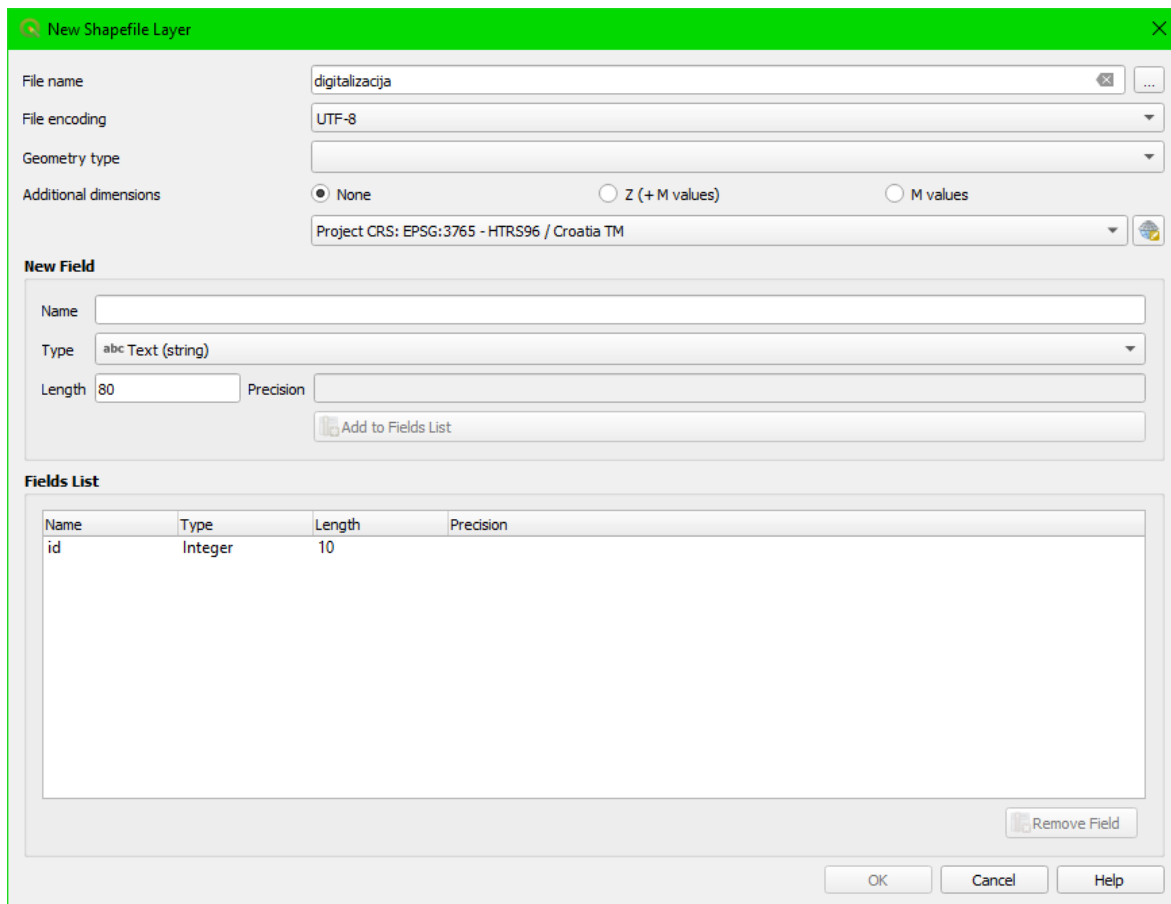


Slika 5. Prikaz radnih geoloških karata Oštrej, Rgotina, Uzdojle i Kijevo (prikaz iz programa QGIS)

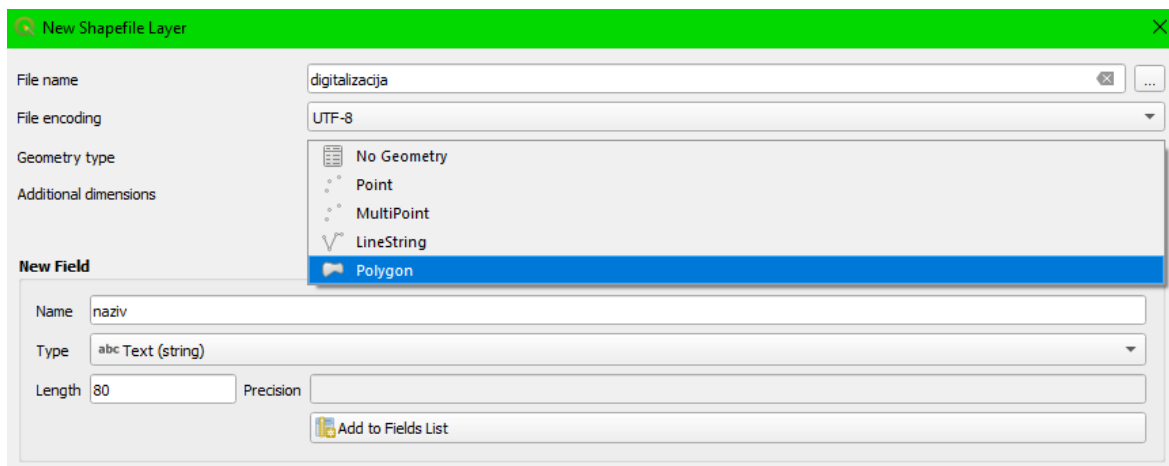
U sljedećem koraku je napravljen novi sloj kako bi se proces digitalizacije mogao izvršiti. Digitalizacija je provedena sa novom .shp (shapefile) datotekom dok su karte služile za referenciranje. To je napravljeno odabirom opcije „New Shapefile Layer“ na jednoj od gornjih alatnih traka (slika 6). Lijevi klik miša na tu opciju otvara prozor sa dodatnim opcijama (slika 7). Tu se odabere naziv sloja po želji korisnika kod opcije „File name“, zatim kod opcije „Geometry Type“ u propadajućem izborniku odabran je „polygon“ (slika 8). Ispod toga se nalazi lista polja koja su korištena u atributnoj tablici te datoteke. Tu se mogu poželjno odabrati broj polja i svojstvo u svakom polju. Svojstva uključuju ime, tip podatka i duljina izražena u maksimalnoj količini slova za taj stupac. Za ovaj rad koristila su se 3 polja. Korišteni podaci su bili preneseni iz OGK Knin i OGK Drniš. Prvi stupac je jedinstveni kod za svaku litološku jedinicu. Drugi stupac sadrži skraćenicu određene litološke jedinice prilagođene za upisivanje u tablicu. Primjerice u geološkim notacijama donji trijas bi bio zapisan sa indeksom i/ili eksponentom (T_1). Ovakve tablice ne podržavaju taj format stoga se primjerice donji trijas zapisuje u obliku T1. Treći stupac sadrži puni opis te litološke jedinice. Kada je ovaj korak gotov klikne se „OK“. U ovom trenutku bi se trebao pojaviti dodatni peti sloj.



Slika 6. Stvaranje novog „Shapefile“ sloja (prikaz iz programa QGIS).

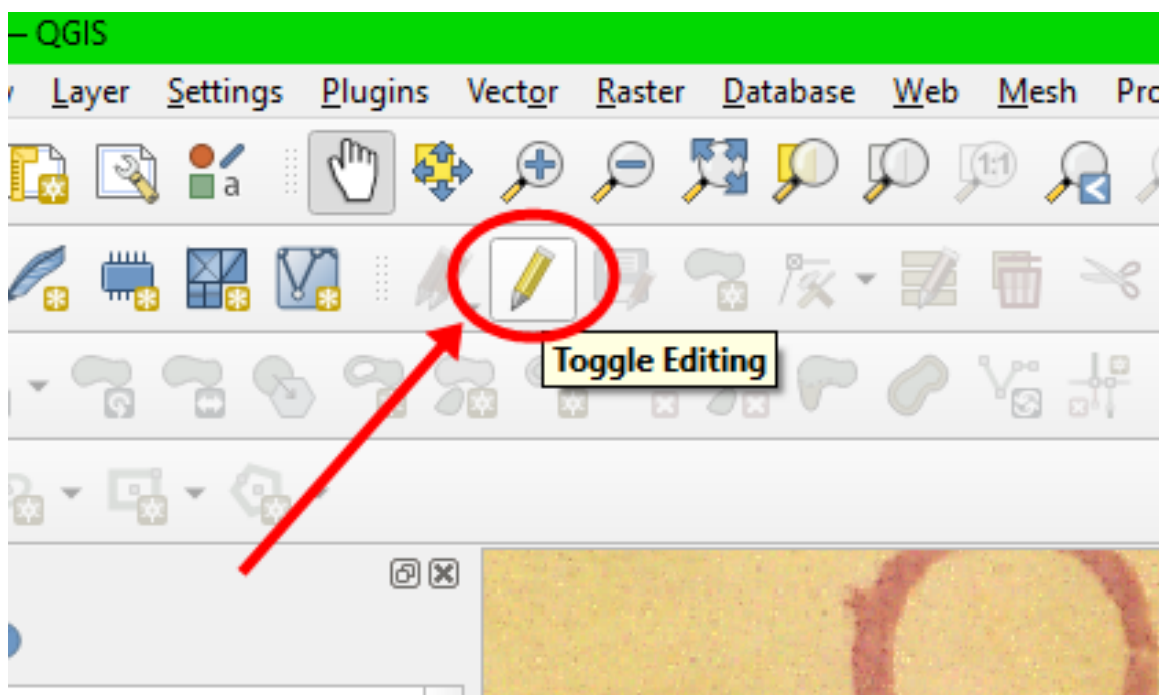


Slika 7. Izbornik opcija kod kreiranja novog „shapefile“ sloja (prikaz iz programa QGIS).



Slika 8. Odabiranje tipa geometrije pri kreiranju novog „shapefile“-a (prikaz iz programa QGIS).

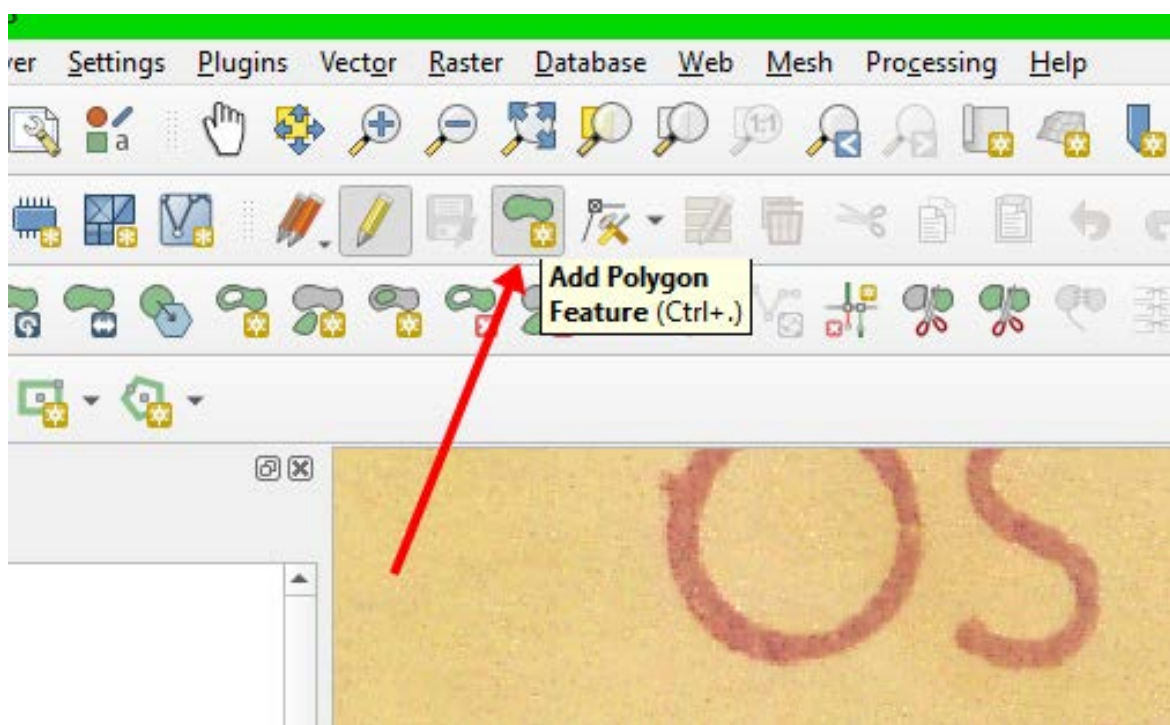
Kada je ovaj korak gotov, sloj je spreman za uređivanje. Kako bi se ikakve promjene mogle raditi, uključena je opcija „toggle editing“. Ta opcija je označena žutom olovkom na gornjoj alatnoj traci (slika 9).



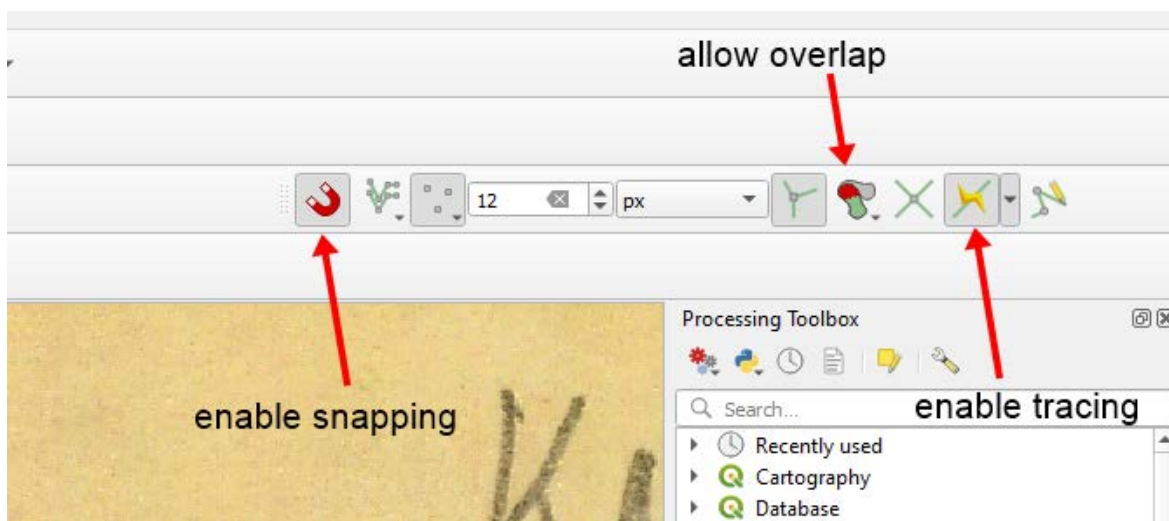
Slika 9. Opcija mogućnosti uređivanja rastera (prikaz iz programa QGIS).

Nakon što se uključi opcija uređivanja, mnogo drugih opcija će se prikazati i biti će ih moguće kliknuti. Jedna od tih opcija je dva polja desno od opcije mogućnosti uređivanja, a to je „add polygon“ (slika 10). To je glavni alat pri bilo kakvoj digitalizaciji. Kako bi se pokrila površina cijele karte bez grešaka, potrebno se pobrinuti kako ne bi ostalo praznina

između poligona kao i preklapanja između dva ili više poligona. To je napravljeno pomoću opcija koje se nalaze na alatnoj traci u desnom gornjem kutu glavnog prozora. Opcije koje se trebaju uključiti su „enable snapping“ i „enable tracing“. To sada omogućuje puno bržu i efikasniju digitalizaciju. Sada je moguće označiti dva vrha poligona i program će automatski spojiti sve vrhove između bez potrebne ručnog postupka. Ako koordinatni sustavi nisu dobro odabrani, ovdje će to biti vidljivo jer će „tracing“ raditi grešku. Također zadana postavka preklapanja je da dopušta preklapanje poligona. To je promijenjeno klikom na miša u propadajućem izborniku te je odabrana opcija „avoid overlap on active layer“ (slika 11).



Slika 10. Opcija dodavanja novog poligona (prikaz iz programa QGIS).

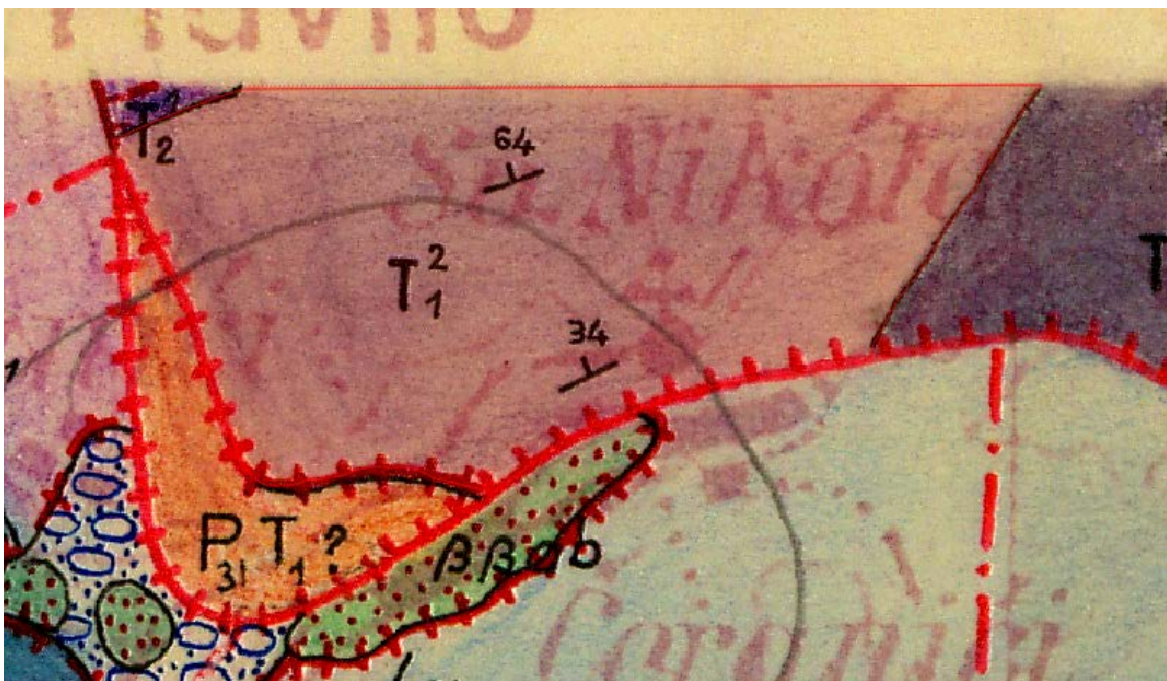


Slika 11. Opcije „snapping“, „tracing“ i onemogućavanje preklapanje poligona (prikaz iz programa QGIS).

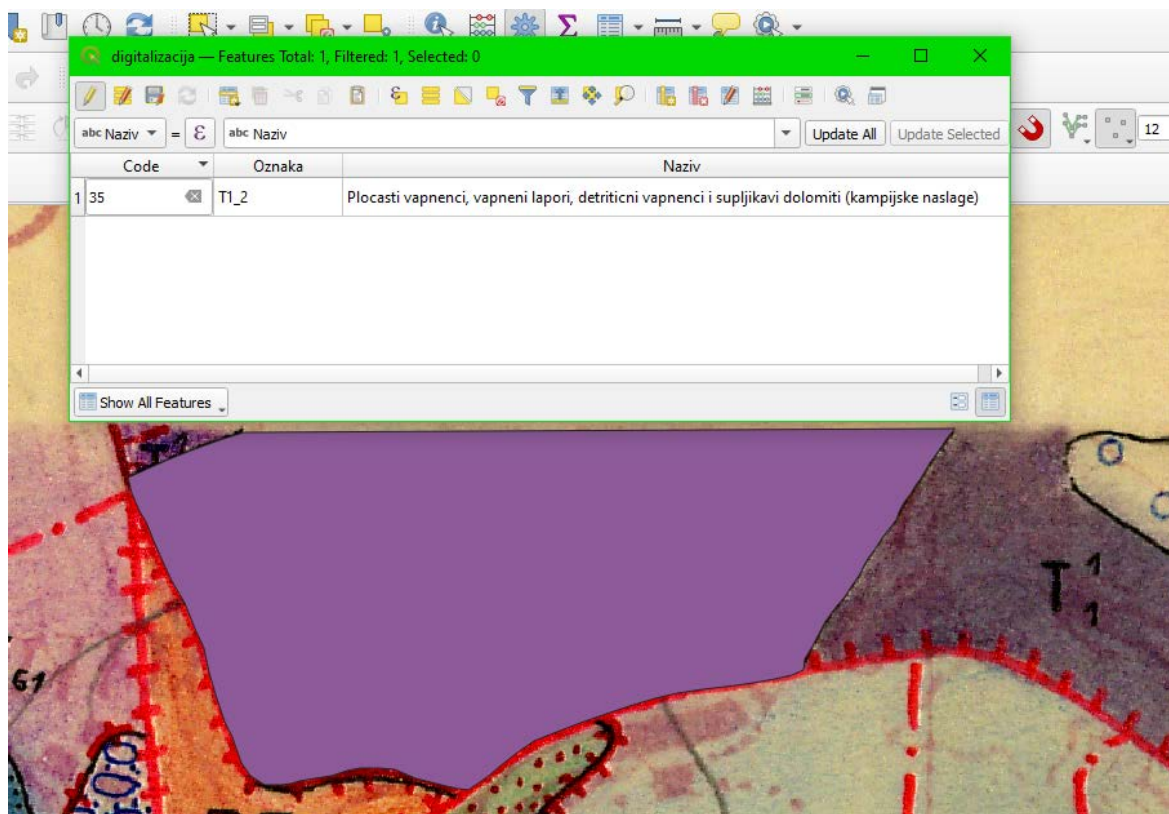
Sada se može započeti proces digitalizacije. Odabrana je početna proizvoljna točka na jednoj od litoloških jedinica na karti. Zatim je lijevim klikom miša polako i pažljivo omeđen opseg tog poligona (slika 12). To se nastavlja sve dok se ne dođe neposredno prije početne točke tog poligona. Zatim je desnim klikom miša spojena posljednja odabrana točka sa prvom i završen je proces izrade tog poligona (slika 13). U tom trenutku poligon je gotov i trebaju se još samo ubaciti podaci koji će biti vidljivi u atributnoj tablici (slika 14). Podaci koji se upisuju u atributnu tablicu su bili prepisani iz popisa jedinica za pripadajuću Osnovnu geološku kartu, list Drniš ili Knin (tablica 2).



Slika 12. Proces omeđivanja poligona (prikaz iz programa QGIS).

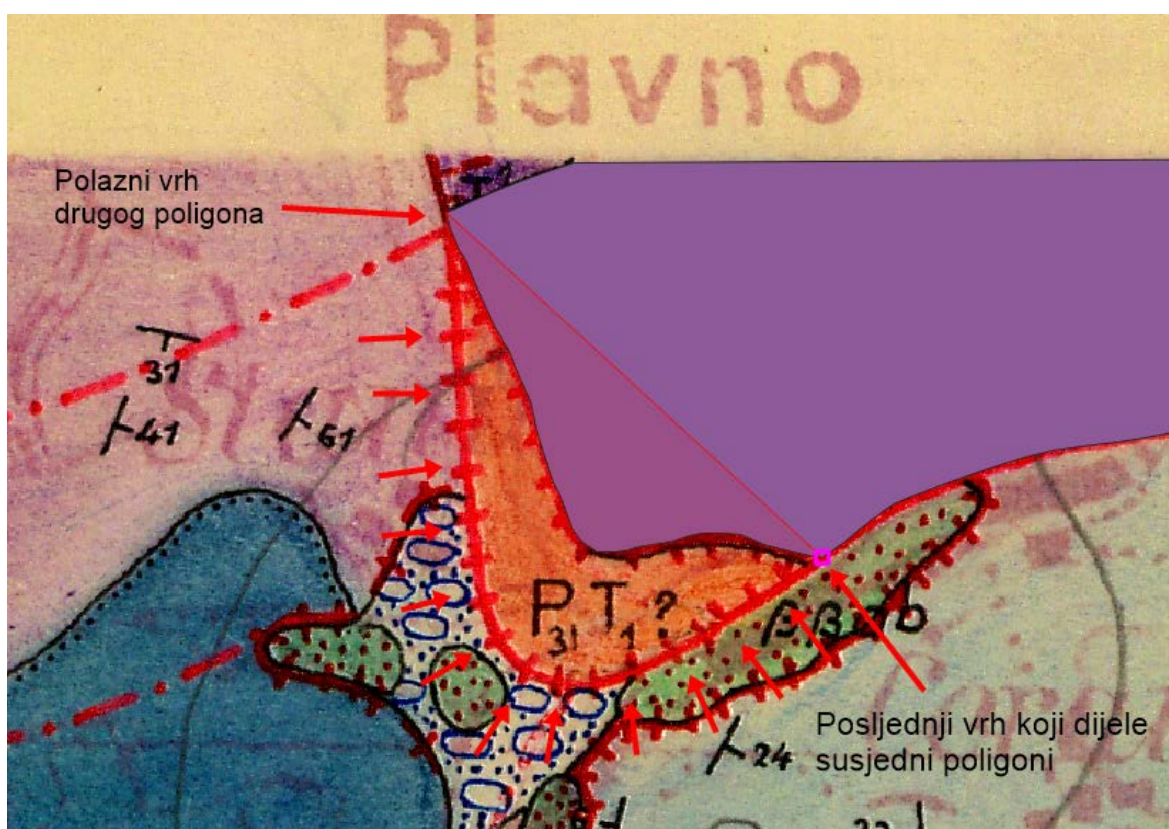


Slika 13. Završavanje izrade prvog poligona (prikaz iz programa QGIS).

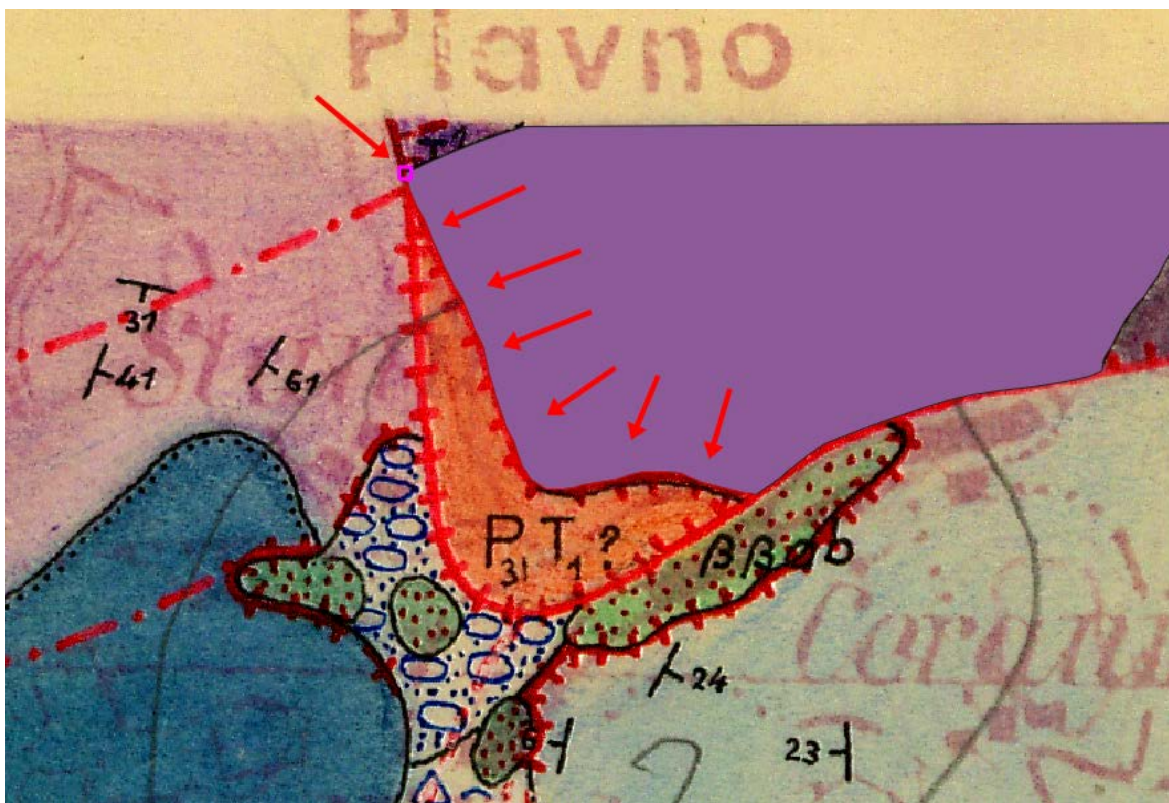


Slika 14. Prikaz atributne tablice nakon završenog prvog poligona (prikaz iz programa QGIS).

Kada je poligon gotov i podaci su ubačeni u tablicu, vrijeme je za izradu sljedećeg poligona. Za lakšu izradu drugog poligona, koriste se točke susjednog poligona i prethodno spomenutih alata „snapping“ i „tracing“. Uzeta je proizvoljna točka koju dijele dva susjedna poligona. Idealno to će biti jedan od krajnjih vrhova koji dijele ti poligoni (slika 15). Zatim je ponovo pažljivo ocrtan oblik novog poligona. Pri završetku, nije potrebno proći kroz sve zajedničke točke susjednog poligona nego je dovoljno samo odabrati posljednju točku koju dijele. Zatim su lijevim klikom miša na polaznu točku spojena dva poligona savršeno na način da nema preklapanja niti praznina između njih (slika 16). Nakon toga kao i pri izradi prvog poligona desnim klikom miša je završen poligon te su ponovo upisani podaci u atributnu tablicu.



Slika 15. Izrada susjednog poligona. Nakon polazne točke poligon se ocrtava ručno sve do posljednje zajedničke točke (prikaz iz programa QGIS).



Slika 16. Završavanje izrade drugog poligona (prikaz iz programa QGIS).

Sada je popunjen i prostor drugog poligona. Ako je „tracing“ bio uspješan, trebala bi biti jasno vidljiva linija koja dijeli ta dva susjedna poligona. Obavezno je provjeriti kako ne bi bilo praznina niti preklapanja, no sa prethodno uključenim opcijama to ne bi trebao biti slučaj.

Navedeni koraci su ponavljani za svako zasebno područje pojedine geološke jedinice dok cijela karta nije digitalizirana i svi podaci nisu bili upisani (slika 18). Pri daljnjoj digitalizaciji bilo je potrebno pripaziti kako se izrađuje svaki poligon kako bi digitalizacija bila što preciznija. Sloj je moguće prilagoditi desnim klikom miša, zatim na propadajućem izborniku izabrati opciju „Properties“. Tu se može mijenjati boja, prozirnost sloja, debljina granica i mnogo drugih svojstava. Na istom izborniku se može vidjeti i opcija „view attribute table“ što otvara atributnu tablicu koja se može i naknadno uređivati.

| | Code | Oznaka | Naziv |
|----|------|--------|---|
| 1 | 25 | J3_1,2 | Dolomiti i vapnenci u izmjeni |
| 2 | 21 | J3_2,3 | Grebenski i oolitčni vapnenci u izmjeni s dolomitima |
| 3 | 27 | J2 | Vapnenci s prosljocima dolomita i uloscima sedimentnih vapnenih breca |
| 4 | 17 | K1_1-3 | Dobro uslojeni vapnenci s prosljocima dolomita |
| 5 | 23 | J3_2,3 | Izmjena dolomita i vapnenaca s rijetkim uloscima glina, ugljevitih glina, oolitčni... |
| 6 | 27 | J2 | Vapnenci s prosljocima dolomita i uloscima sedimentnih vapnenih breca |
| 7 | 27 | J2 | Vapnenci s prosljocima dolomita i uloscima sedimentnih vapnenih breca |
| 8 | 3 | se | Sedra |
| 9 | 5 | fgl | Glaciofluvijalni konglomerat i pjescenjak |
| 10 | 30 | T3 | Bijelosivi i sivi cesto laminirani dolomiti |
| 11 | 1 | ts | Crvenica, ilovina, sljunak, pijesak i humus |
| 12 | 28 | J1 | Dolomiti ili izmjena vapnenaca i dolomita, fosiliferni litiotis vapnenci i mrljasti va... |
| 13 | 27 | J2 | Vapnenci s prosljocima dolomita i uloscima sedimentnih vapnenih breca |
| 14 | 23 | J3_2,3 | Izmjena dolomita i vapnenaca s rijetkim uloscima glina, ugljevitih glina, oolitčni... |
| 15 | 25 | J3_1,2 | Dolomiti i vapnenci u izmjeni |
| 16 | 2 | s | Siparisne brece i sipar |
| 17 | 27 | J2 | Vapnenci s prosljocima dolomita i uloscima sedimentnih vapnenih breca |
| 18 | 22 | J3_2,3 | Plocasti vapnenci s roznjacima, izmjena grebenskih vapnenaca, dolomita i oolitic... |
| 19 | 5 | fgl | Glaciofluvijalni konglomerat i pjescenjak |
| 20 | 24 | J3_2,3 | Vapnenci u izmjeni s brecama, dolomiti s dolomitnim brecama, dolomiti i ploc... |

Slika 18. Prikaz konačne atributne tablice (prikaz iz programa QGIS).

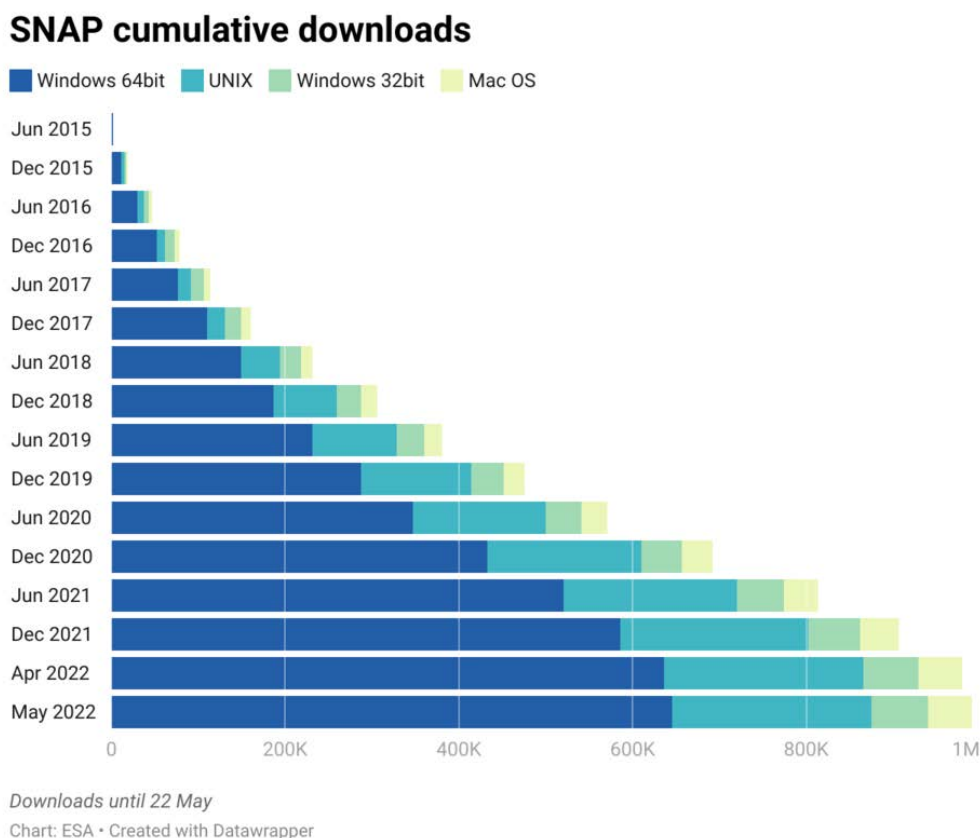
5.2. SNAP

Druga metoda obrade i analize podataka u ovom diplomskom radu je koristila program SNAP ESA-e (engl. „Sentinel Application Platform“). Kao i QGIS, program je besplatan i dostupan javnosti. SNAP je alat koji pruža mogućnost obrade i analize digitalnih podataka prikupljenih tijekom misija daljinskih istraživanja. Provedene misije pripadaju „Copernicus“ projektu vođene Europskom Unijom, a uključuju misije Sentinel-1, Sentinel-2 i Sentinel-3. Također uključuje podatke misija provedenih od strane ESA-e, kao što je „SMOS“ satelit, kao i brojne druge misije vođene od strane internacionalnih partnera.

SNAP omogućava korisnicima da analiziraju i obrađuju podatke dobivene daljinskim istraživanjima, što znatno olakšava nova znanstvena istraživanja, edukaciju i razvijanje raznih operacijskih aplikacija. SNAP se odlično uklopio u mnoge zajednice i institucije

uključujući akademske, industrijske, uslužne i druge. Program je veoma pristupačan početnicima jer ne zahtjeva duboko znanje programiranja.

Podrijetlo SNAP-a potiče iz 2003. godine, kada je ESA razvila alat zvani „BEAM“ za pregled i obradu optičkih podataka tadašnjih „ERS“ i „Envisat“ misija. Zatim u 2007. godini „ESA“ je započela rad na novom alatu zvanom „NEST“ za obradu i analizu radarskih podataka. Te dvije aplikacije su se paralelno razvijale i koristile zasebne izvorne kodove sve do 2014. godine kada je „ESA“ započela spajanje obje aplikacije u jednu, sa imenom koju nosi i danas, zvanom SNAP. Od početka aplikacije do svibnja 2022. godine, SNAP je bio blizu da dosegne milijun preuzimanja (slika 19). Za perspektivu, u lipnju 2019. godine je bio već na skoro pola milijuna preuzimanja. U vrijeme pisanja ovog rada, ta brojka je zasigurno prešla milijun i ne pokazuje znakove usporavanja.



Slika 19. Kumulativni broj preuzimanja aplikacije SNAP od lipnja 2015. do svibnja 2022.

(izvor slike:

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/SNAP_spurs_Earth_observation_innovation_with_one_million_downloads??haha)

5.2.1. Copernicus

Svemirski program Europske Unije osnovao je „Copernicus“ projekt koji služi za promatranje planeta Zemlje i okoliša kako bi olakšao istraživanja i projekte svih stanovnika Europe. Copernicus obuhvaća niz vlastitih satelita zvanih Sentinel (Sentinel-1, Sentinel-2, itd.) kao i postojeće javne i komercijalne satelite. Od lansiranja satelita Sentinel-1A u 2014. godini, Europska Unija planira postaviti u orbitu još 20 ili više satelita do 2030. godine. Također u sklopu projekta se prikupljaju razne informacije sa stanica na površini koje dostavljaju informacije skupljene brojnim sensorima na tlu, u moru i u zraku.

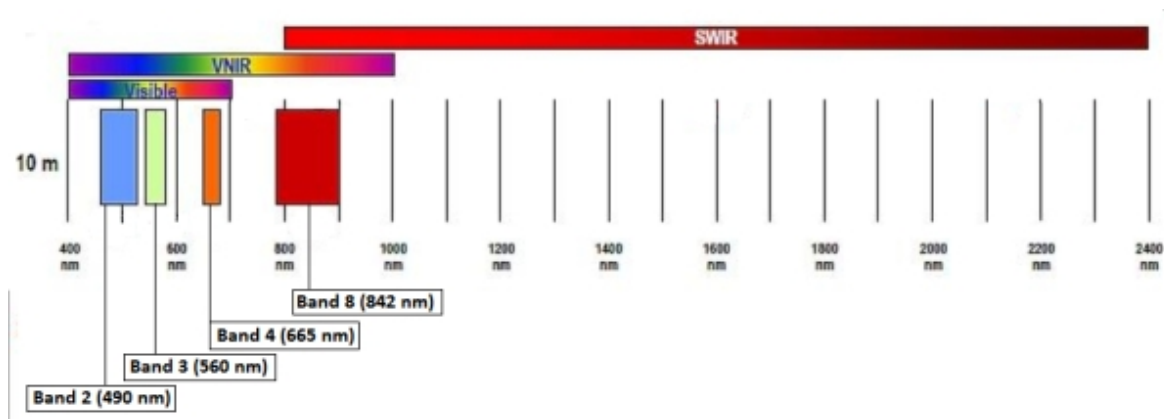
5.2.2. Slike dobivene Sentinel-2 satelitom

U ovom radu korišteni su podaci dobiveni Sentinel-2A satelitom „Copernicus“ projekta. Kako bi se razumjela terminologija koja će se koristiti u nadolazećim poglavljima, bitno je navesti osnove multispektralnih daljinskih istraživanja.

U daljinskim istraživanjima koriste se podaci elektromagnetskog zračenja koji su povezani s kemijskim / mineralnim sastavom nekog objekta. Elektromagnetski spektar sadrži intervale raznih valnih duljina svjetla uglavnom izražene u nanometrima. Instrument za spektralna daljinska istraživanja (spektrometar) prikuplja svjetlosnu energiju pojedinih regija elektromagnetskog spektra. Svaka takva regija u spektru je jedan kanal („band“). Spektrometar prikuplja reflektiranu svjetlosnu energiju u svakom pikselu na tlu. S obzirom da se prikuplja više različitih dijelova elektromagnetskog zračenja, za svaki piksel je izmjereno i zabilježeno nekoliko kanala. Primjerice instrument će izmjeriti količinu crvenog, zelenog i plavog svjetla za svaki piksel. Informacija određenog kanala je uvijek izražena u srednjoj vrijednosti valne duljine. Primjerice ako se kanal proteže između 600 i 650 nanometra, ta vrijednost će biti 625 nm.

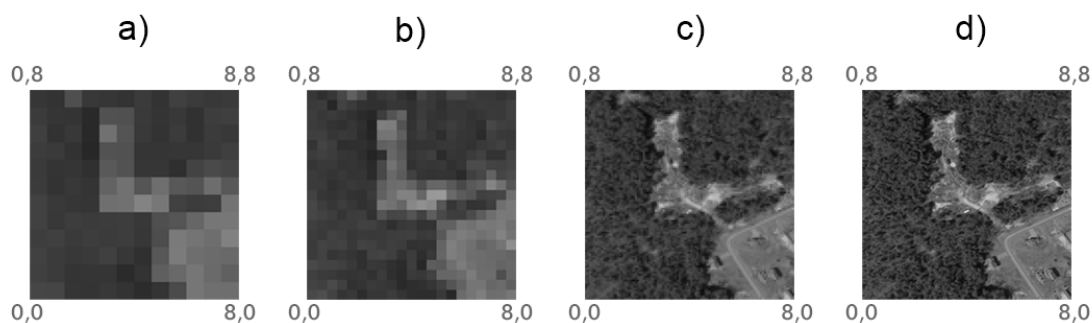
Spektralna rezolucija nekog seta podataka koji ima više kanala odnosi se na spektralnu širinu svakog kanala. Primjerice ako se kanal proteže od 600 do 620 nanometra, spektralna rezolucija tog kanala je 20 nanometra. Što je ta brojka manja, spektralna rezolucija je veća, odnosno bolja (slika 20).

Prostorna rezolucija nekog rastera predstavlja područje na tlu koji pokriva svaki piksel. Ako su ti pikseli manji, razlučivost će biti bolja i slika će biti detaljnija (slika 21).



Slika 20. Kanali Sentinela-2 sa prostornom rezolucijom od 10 metara: B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) i B8 (842 nm). (izvor slike:

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>)



Slika 21. Isti raster sa različitim rezolucijama: a) 8 metara, b) 4 metra, c) 2 metra, d) 1 metar (izvor slike: <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/multispectral-remote-sensing-data/introduction-multispectral-imagery-r/>)

Sentinel-2 nosi optički instrument sa 13 spektralnih kanala, 4 kanala na 10 metara prostorne rezolucije, 6 kanala na 20 metara i 3 kanala na 60 metara prostorne rezolucije. Širina prostora koju satelit može u nekom trenutku snimati iz orbite iznosi 290 kilometara (slika 22).

| Band Number | Band Description | Wavelength Range (nm) | Resolution (m) |
|-------------|------------------------------|-----------------------|----------------|
| B1 | Coastal aerosol | 433–453 | 60 |
| B2 | Blue | 458–523 | 10 |
| B3 | Green | 543–578 | 10 |
| B4 | Red | 650–680 | 10 |
| B5 | Red-edge 1 | 698–713 | 20 |
| B6 | Red-edge 2 | 733–748 | 20 |
| B7 | Red-edge | 773–793 | 20 |
| B8 | Near infrared (NIR) | 785–900 | 10 |
| B8A | Near infrared narrow (NIRn) | 855–875 | 20 |
| B9 | Water vapour | 935–955 | 60 |
| B10 | Shortwave infrared/Cirrus | 1360–1390 | 60 |
| B11 | Shortwave infrared 1 (SWIR1) | 1565–1655 | 20 |
| B12 | Shortwave infrared 2 (SWIR2) | 2100–2280 | 20 |

Slika 22. Spektralni kanali Sentinel-2 satelita. (izvor slike:

https://www.researchgate.net/figure/Spectral-bands-and-resolutions-of-Sentinel-2-MSI-sensor_tbl3_325209585)

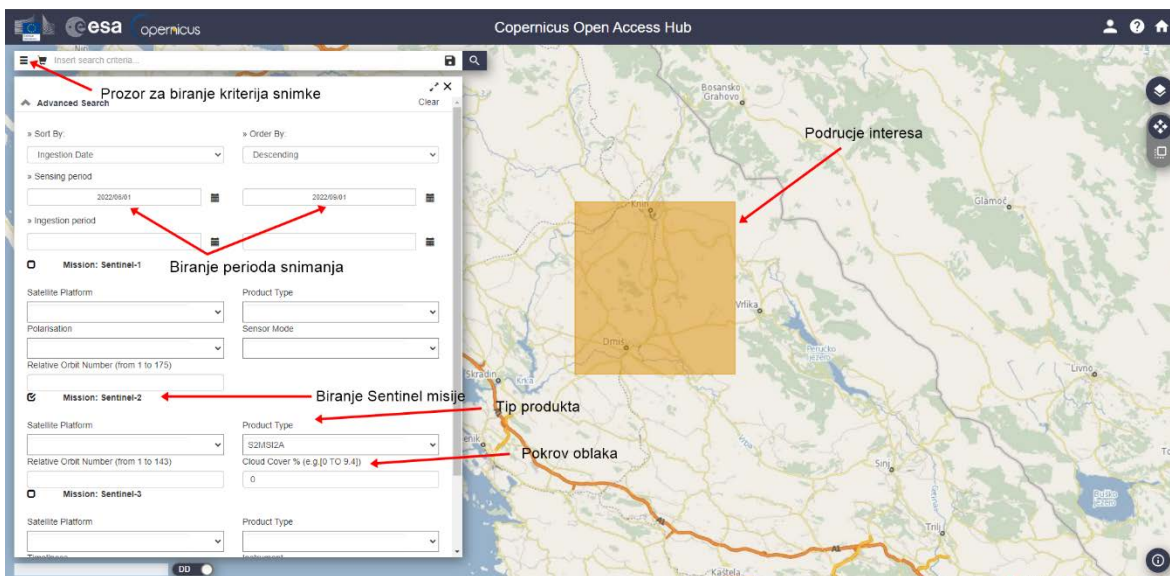
5.2.3. Preuzimanje željene snimke sa ESA-ine stranice

Kako bi se mogla započeti obrada i analiza u SNAP-u, potražena je odgovarajuća snimka sa ESA-ine internetske stranice „Copernicus Open Access Hub“ (<https://scihub.copernicus.eu/>). Klikom miša na „Open Hub“ otvara se interaktivna karta svijeta. U gornjem desnom kutu klikom miša na sličicu čovjeka otvara se prozorčić registracije korisnika. Kako bi se mogla zatražiti neka snimka, potrebna je registracija, koja je jednostavna i brza.

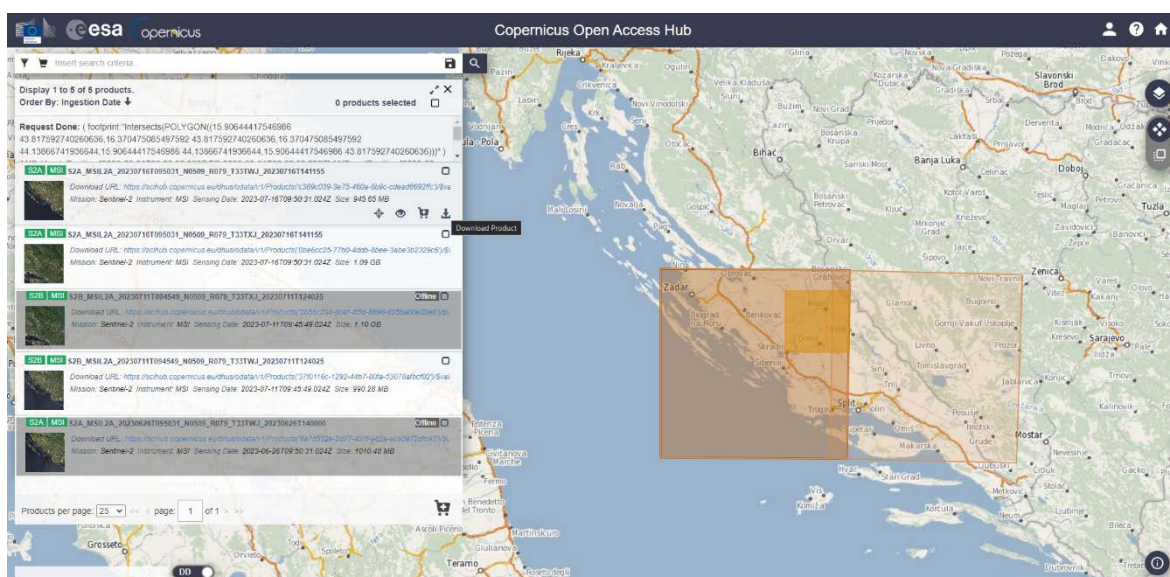
Zatim je potrebno kliknuti mišem na ikonu koja izgleda kao 3 vodoravna paralelna pravokutnika. To otvara novi prozor gdje se mogu birati kriteriji snimke, kao primjerice datum snimanja, pokrov oblaka, itd. (slika 23). Zatim na karti držanjem desnog klika miša i povlačenjem stvara se pravokutnik koji predstavlja željeno mjesto istraživanja. Kod prozora za kriterije snimke izabrana je opcija Sentinel-2 snimke, s intervalom snimanja od 01.06.2022 do 01.09.2022. Ovo je najpogodnije vrijeme za uzimanje snimaka jer tokom ljeta sunčeve zrake padaju većinom okomito na Zemljinu površinu što smanjuje količinu sjena na snimci. Kod opcije tipa produkta izabran je „S2MSI2A“ što ukazuje da su na tim podacima već provedene atmosferske ispravke. Također postavljen je interval „[0 to 1]“ kod opcije „cloud cover“, odnosno pokrov oblaka. Nula označuje kako bi korisnik htio snimke bez ikakvog pokrova oblaka što bi bilo idealno, međutim to je u praksi skoro nemoguće. Kada se to sve odabere lijevim klikom miša na ikonu povećala pretraženi su svi produkti koji odgovaraju odabranim kriterijima. Zatim je dobivena lista ponuđenih snimki. Prelaženjem mišem preko određenog proizvoda prikazuje se koja je to točno snimka na karti. Moguće je

da trenutno neće biti dostupnih snimki što će biti označeno sa kućicom „offline“. U tom slučaju treba produkt staviti u košaricu i pričekati određeno vrijeme. Za potrebe ovog rada snimka je bila dostupna nakon nekoliko dana.

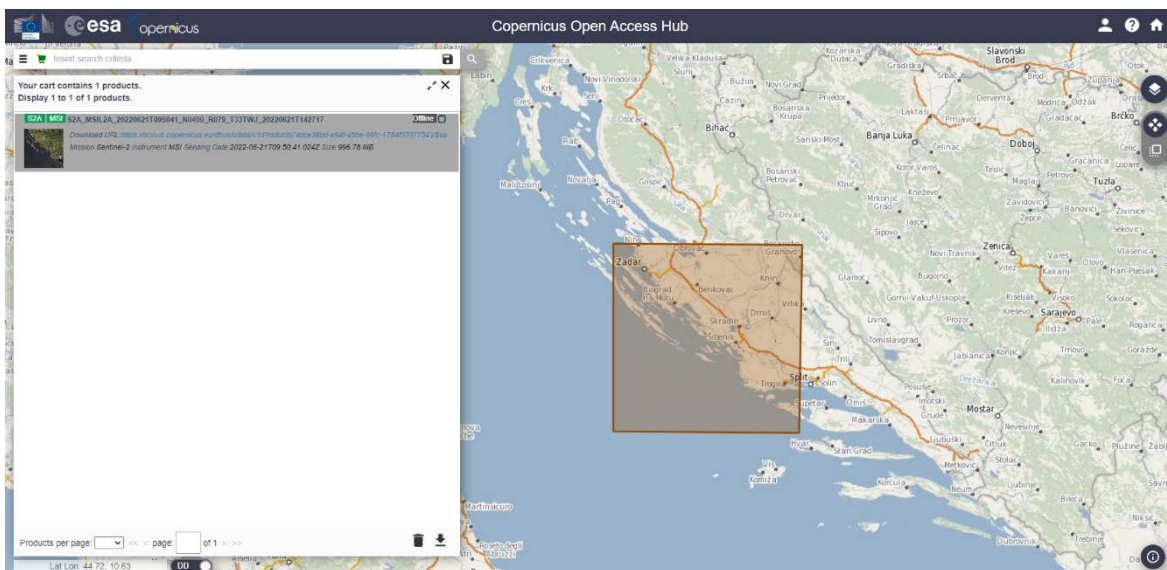
Kada je korisnik zadovoljan sa ponuđenom snimkom klikne se ikona „download product“ te preuzme se ista na računalo (slika 24). Korištena snimka za svrhe ovog rada je snimana 21.06.2022 (slika 25). Ova snimka ima postotak pokrova oblaka 0.001835%. Postotak površine koju pokriva voda je 52.64%, a postotak površine koju pokriva vegetacija je 34.63%.



Slika 23. Biranje područja interesa i kriterija snimke u Copernicus Open Access Hub-u (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>).



Slika 24. Biranje i preuzimanje željene snimke (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>).

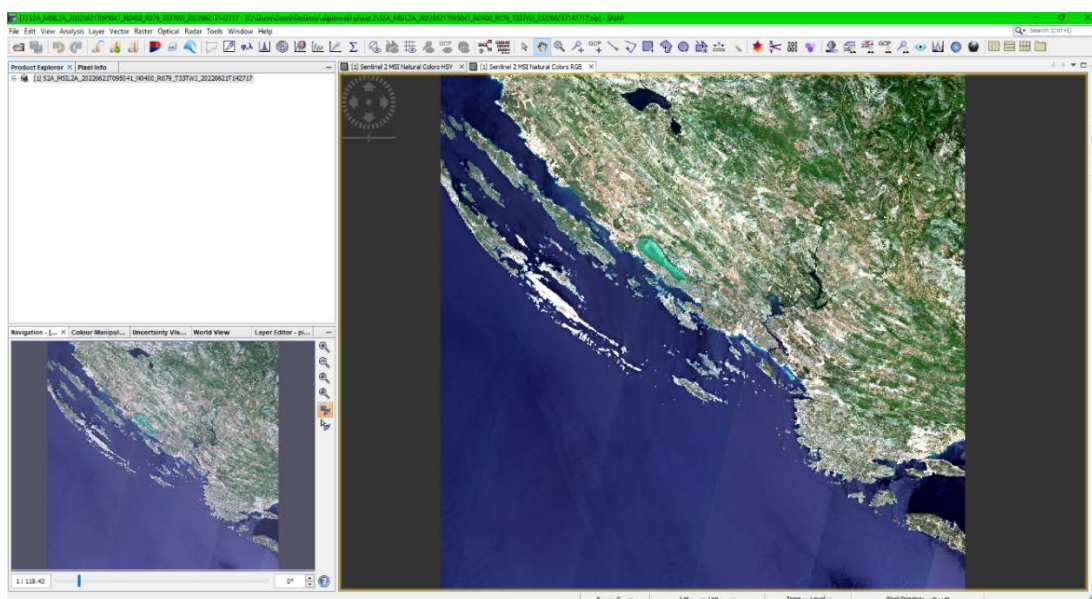


Slika 25. Korištena snimka za ovaj rad (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>).

5.2.4. Obrada i analiza snimke u SNAP-u

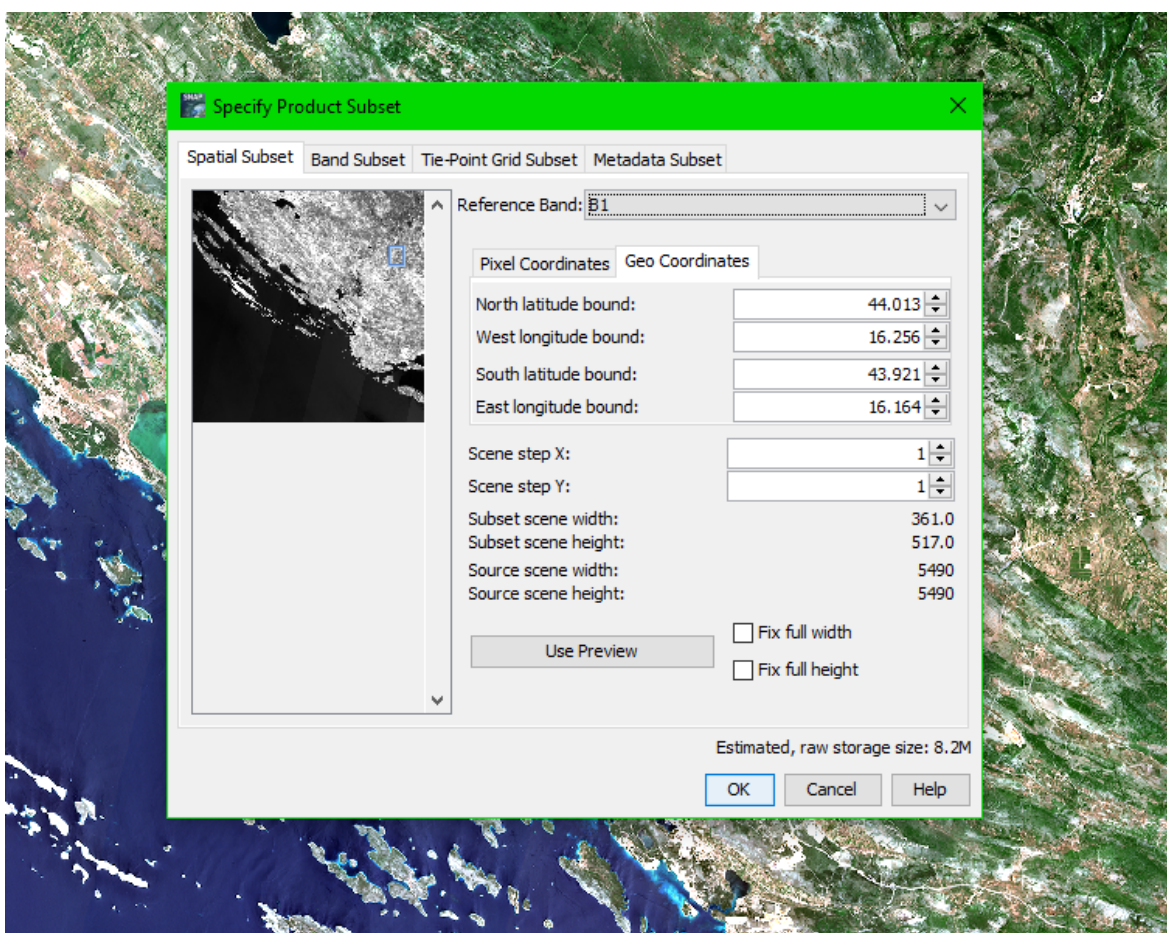
Nakon što se preuzme snimka na računalo započinje se prvi korak obrade karte u SNAP-u. Za ovaj rad korištena je najnovija verzija SNAP 9.0.0.

Kada je aplikacija otvorena potrebno je ubaciti snimku koja je pohranjena u kompresiranom obliku (.rar format). Lijevim klikom miša i povlačenjem datoteke iz lokacije gdje je pohranjena prema prozoru „product explorer“ proizvod je ubačen u aplikaciju. Desnim klikom miša na produktu otvara se propadajući izbornik. Opcijom „Open RGB Image Window“ prikazuje se satelitska stvarna slika područja (slika 26).

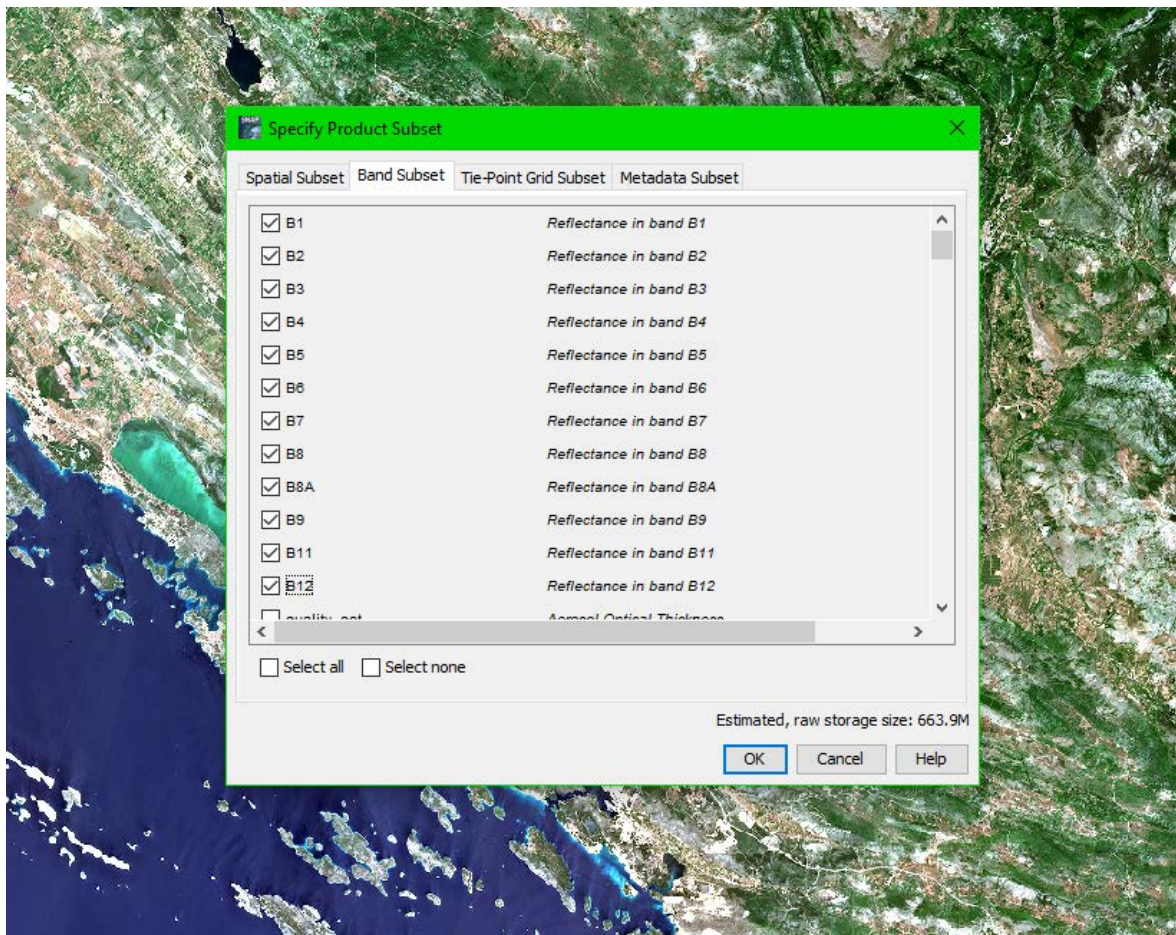


Slika 26. Prikazana karta područja u SNAP-u.

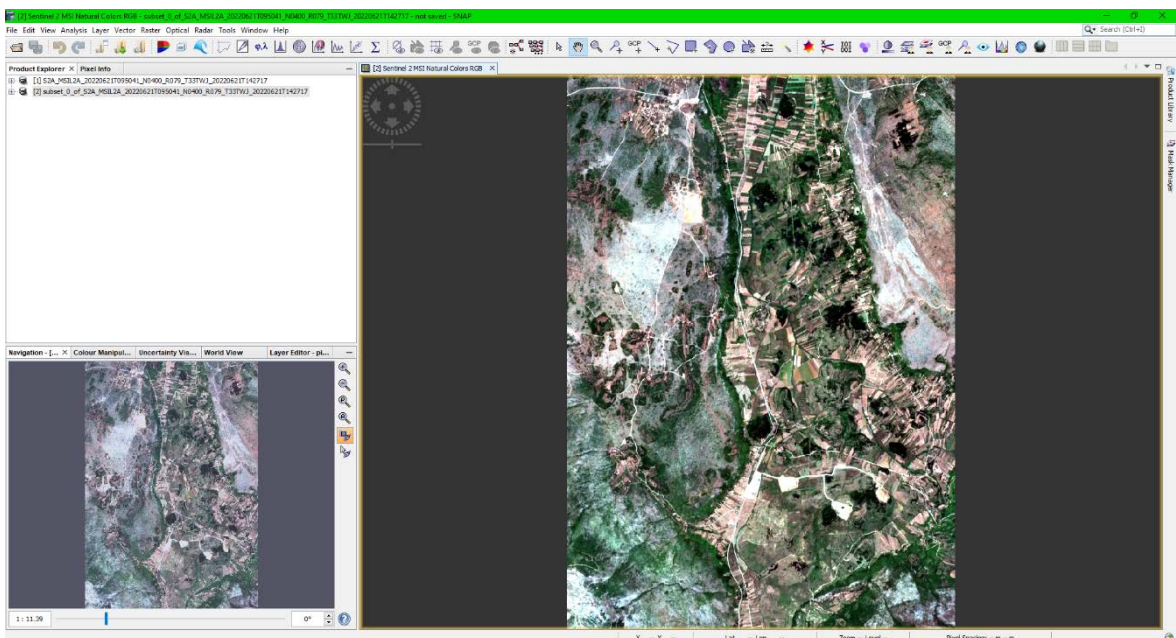
Izvorna snimka je prevelika za potrebe ovog rada stoga je bilo potrebno u novu datoteku izdvojiti geografsko područje koje je u fokusu ovog rada. Iznad alatne trake na vrhu aplikacije su glavni propadajući izbornici koji nude mnoštvo opcija. Klikom miša na „Raster“ i biranjem opcije „Subset“ otvara se mali prozor gdje se detaljno može definirati željeno područje. Na prvoj kartici „Spatial Subset“ se unose koordinate koje omeđuju željeno područje. Opcija referentni kanal nije mijenjana i izvorno bi trebala ostati izabrana opcija B1. U kartici pod tabom „geo coordinates“ upisane su rubne koordinate područja istraživanja prethodno očitane sa georeferenciranih radnih geoloških karata (slika 27). Pod karticom „band subset“ su izabrane kućice kanala od B1 do B12 (slika 28). Zatim klikom na OK je izrađen odgovarajući subset (slika 29).



Slika 27. Upisivanje koordinata novog subseta u SNAP-u.

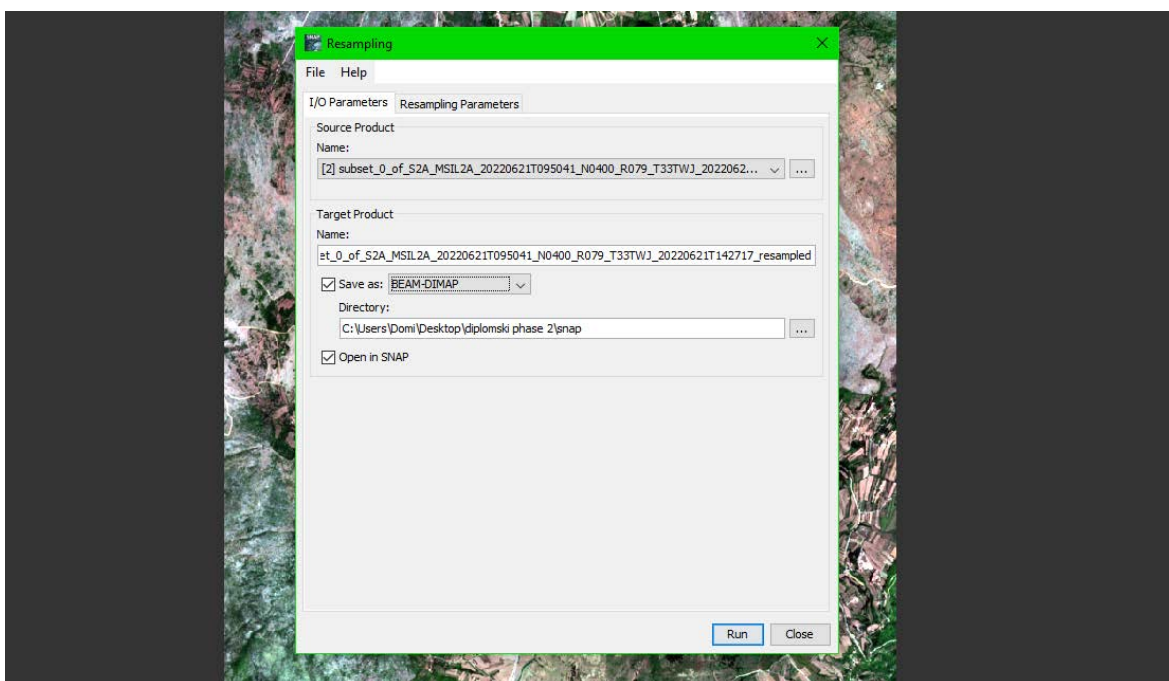


Slika 28. Označavanje željenih kanala novog subseta.

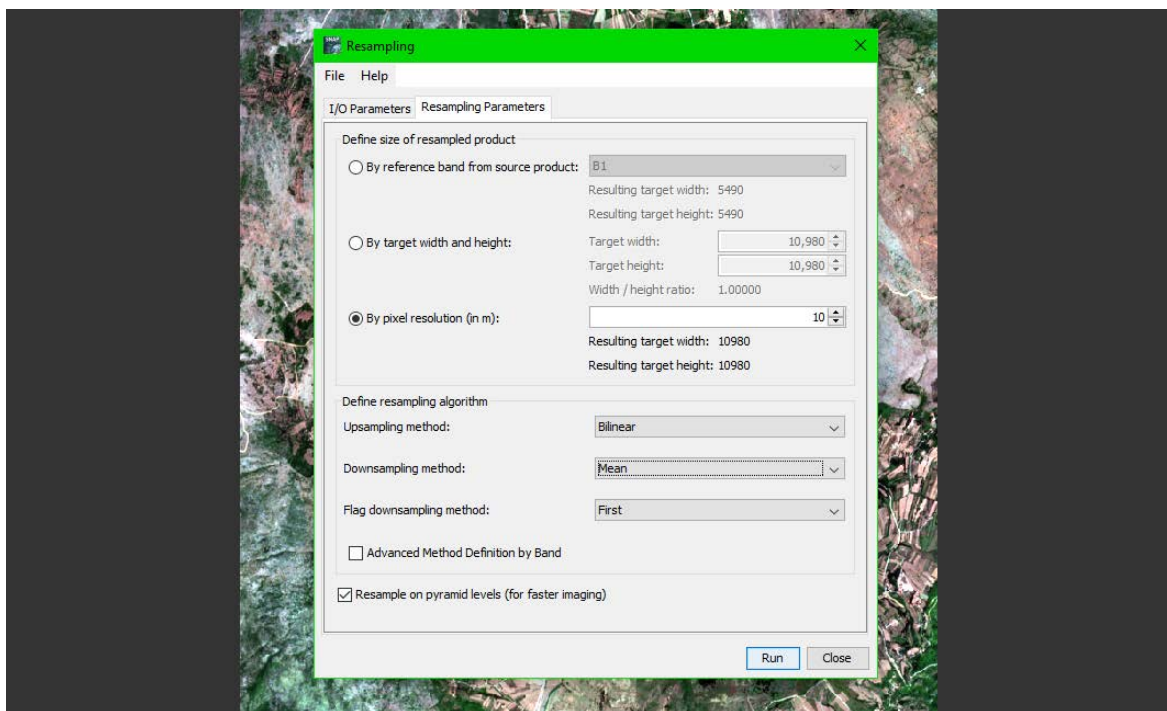


Slika 29. Prikaz novog subseta koji obuhvaća podatke područja istraživanja (prikaz iz programa SNAP).

Kao što je prethodno spomenuto, Sentinel-2 ima 13 kanala sa različitim prostornim rezolucijama. Stoga je potrebno staviti sve kanale na istu prostornu rezoluciju. To se radi na kartici Raster -> Geometric -> Resampling. To otvara novi prozorčić gdje su izabrani parametri te procedure (slika 32.). Na prvoj kartici treba provjeriti da je izvorni produkt prethodno napravljeni subset. Zatim treba označiti kućicu „Save as“ i ostaviti u propadajućem izborniku format BEAM-DIMAP. Ispod toga se izabere poželjno mjesto za pohranu nove datoteke koja će se napraviti. Na drugoj kartici „Resampling Parameters“ treba odabrati opciju „By pixel resolution (in m)“ i staviti 10 metara. Ispod toga kod „Upsampling method“ treba staviti „bilinear“, a kod „Downsampling method“ odabrati „mean“. Zatim treba kliknuti „Run“ što će pokrenuti proces „resampling“-a (slika 33). Nakon kratkog vremena nova datoteka će se stvoriti i spremna je za korištenje.

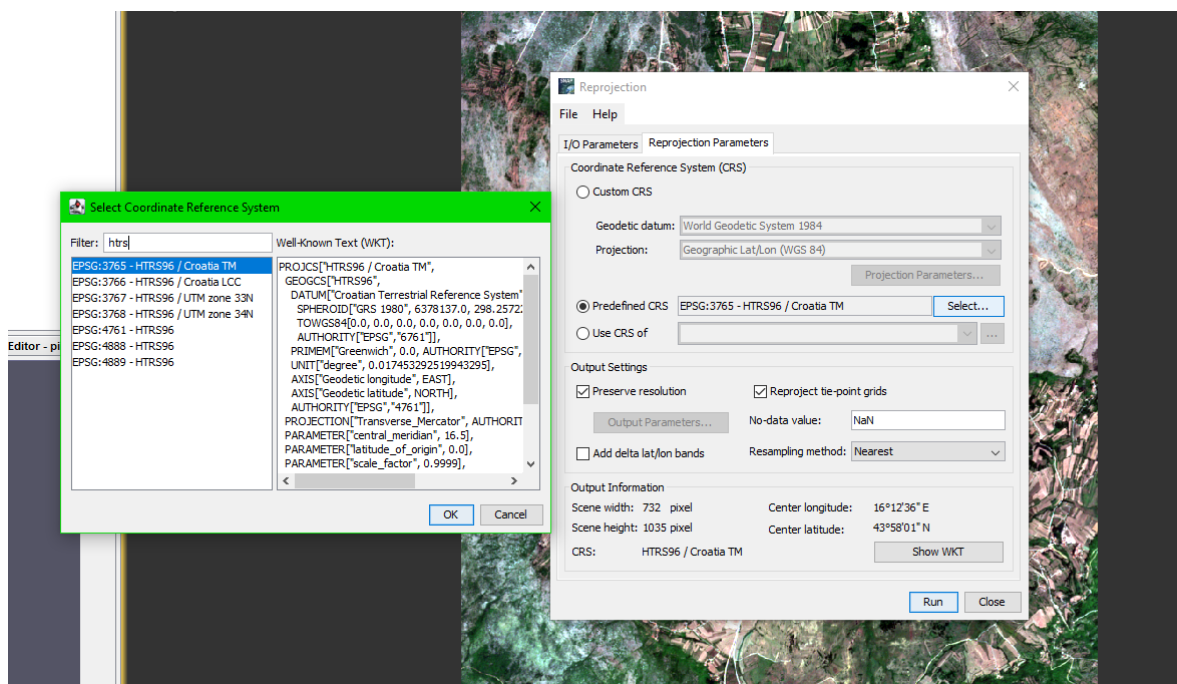


Slika 32. Prozorčić za biranje parametara „resampling“-a.



Slika 33. Opcije kartice „Resampling Parameters“.

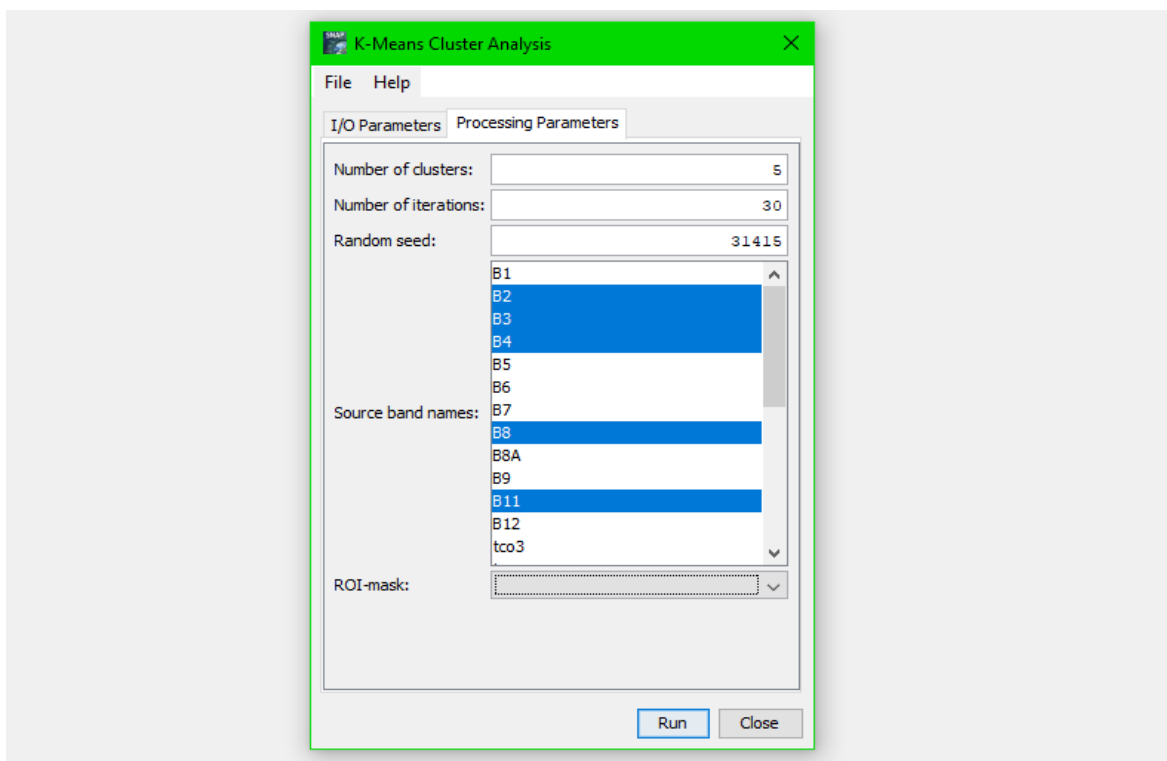
Sljedeći korak je prebaciti kartu u odgovarajući koordinatni sustav. To se radi opcijom Raster -> Geometric -> Reprojection. Kao i u prošlom koraku, na prvoj kartici se bira koji proizvod će se koristiti u ovom procesu. Na drugoj kartici se biraju parametri procesa. Ovdje se treba stisnuti kućica „Predefined CRS“ i desno od toga „Select“. U ovom trenutku se treba otvoriti novi prozor „Select Coordinate Reference System“ (slika 34). Tu ima mnoštvo različitih koordinatnih sustava za birati. Tokom rada u QGIS-u, koristio se sustav HRTS96 / Croatia TM stoga to se mora koristiti i ovdje. Preko opcije „Filter“ može se upisati željeni koordinatni sustav radi lakšeg pretraživanja. Zatim treba kliknuti na „Run“ kako bi se „reprojection“ proces započeo.



Slika 34. Proces „reprojection“.

Kako bi se pokušala razlikovati litologija korištena je metoda K-means. K-means je heuristični algoritam koji svrstava observacije u skupine, tj. klasterne, pri čemu svaka opservacija pripada klasteru sa najbližom srednjom vrijednosti. Ovaj algoritam generira skupine s minimalnom totalnom varijacijom (MIROŠEVIĆ, 2016). Ta metoda će razvrstati piksele karte u različite klase. Kako bi se to napravilo, ponovno treba otići na karticu Raster -> Classification -> Unsupervised classification -> K-means cluster analysis. To otvara novi prozor gdje se ponovno na prvoj kartici treba označiti ispravni izvorni proizvod, a to je onaj koji se prethodno prebacio u odgovarajući koordinatni sustav pomoću „reprojecting“-a. Zatim na drugoj kartici biraju se parametri te analize (slika 35). Prva kućica, „Number of clusters“, označuje u koliko će se klasa karta podijeliti. U ovom radu su napravljene 3 zasebne analize, sa 5, 10 i 15 klasa. Zatim ispod toga je popis svih 13 spektralnih kanala. Tu se trebaju označiti kanale B2, B3, B4, B8 i B11. Ti kanali sadrže većinu informacija koje su potrebne za razlikovanje litoloških jedinica. Zatim kad se klikne „Run“ proces se pokrene i kad je gotov će se pojaviti novi produkt koji treba imati sufikse „_resampled_reprojected_kmeans“. Kod prozora Product explorer lijevo od tog produkta treba kliknuti na plus, zatim kliknuti na plus lijevo od foldera Bands, te konačno na datoteci „Class_indices“ kliknuti desni klik i označiti „Open Image Window“. To će otvoriti prikaz karte koji je sada podijeljen u broj klasa koji je prethodno određen. Zatim svaku kartu treba pohraniti u GeoTIFF formatu. To se radi na kartici File -> Export -> Other -> View as Image.

Nakon što se otvorio novi prozor potrebno je odabrati lokaciju pohrane nove datoteke. Također bitno je u desnom dijelu prozora označiti „Full scene“ umjesto „View region“, a skroz dolje umjesto PNG formata staviti GeoTIFF format.



Slika 35. Biranje parametara K-Means Cluster Analysis.

5.3. Terenski rad

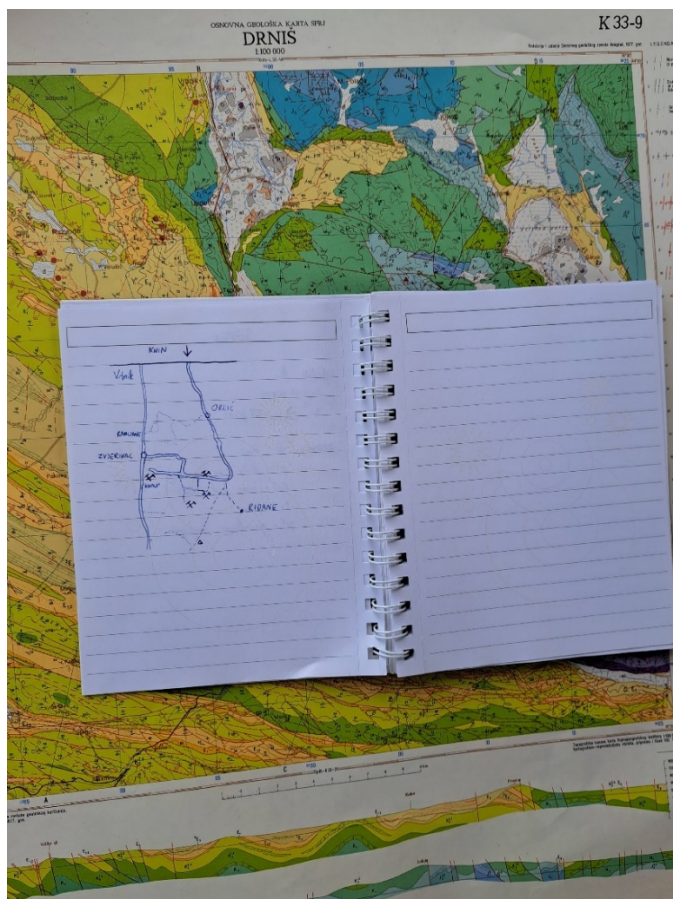
Terenski rad provodio se u periodu od 3 dana, od 4.7.2023 do 6.7.2023, u suradnji sa stručnim savjetnikom sa Hrvatskog geološkog instituta, Nikolom Gizdavcem. Skupilo se 50 točaka sa područja interesa. Pratila se trenutna lokacija na geološkim kartama na *Google Earth* aplikaciji. Obišli su se lokaliteti koji na geološkim kartama odgovaraju gornjem permu i donjem trijasu. Tu su se tražili izdanci koji su zabilježeni. Također su uzete proizvoljne točke terena za referencu i kako bi se skupio veći broj podataka da bi se pokrila što veća površina terena. Svakoj točki su očitane i zapisane koordinate. Teren sadrži dvije paralelne glavne ceste koje se pružaju južno od grada Knina. Te ceste zatim imaju okomite ceste i zemljane puteve koje sijeku teren. Cilj terenskog rada je bilo prikupiti podatke o litologiji sa područja interesa kako bi se provjerila točnost podataka na geološkim kartama i s time i preciznost K-means metode. Svrha toga je da će se ti podaci moći koristiti za kasnija detaljnija istraživanja.

Način terenskog rada obuhvaćen ovim diplomskim radom dio je prvih, preliminarnih istraživanja mineralnih sirovina na nekom području. Odabrano je područje površine 100 km², te su ciljano odabrane određene perspektivne točke na kojima bi se mineralna sirovina mogla pojavljivati.

Prvi dan se napravio plan rada te skiciralo područje istraživanja u terenskom dnevniku (slika 36). Zatim se terenskim automobilom obišlo cijelo područje kako bi se stekao uvid u pristupačnost cestama dublje u teren. Krenulo se istočnom glavnom cestom južno prema mjestima Orlić i Riđane. Duž te ceste zabilježilo se nekoliko točaka ali nažalost nije bilo izdanaka jer je područje obraslo vegetacijom i šumom. Konačno, cesta dovodi do kraja područja istraživanja i pruža se okomito prema zapadnoj glavnoj cesti. Tu se uzela jedna točka s koje je moguće vidjeti jedno eksploatacijsko polje gipsa. Pristup eksploatacijskim zonama je bilo zabranjeno stoga su se uzele točke sa rubnog dijela.

Drugi dan su se prošli poprečni putevi detaljnije i rubovi drugih eksploatacijskih zona. Vidjele su se vapnenačke tamno-šupljikave breče zapadno od mjesta Orlić. Prošao se put prema mjestu Riđane i južnije, gdje su primijećeni fragmenti i izdanci gipsa. Također su primijećeni fragmenti gipsa sjeverno od jednog eksploatacijskog polja Knaufa d.o.o.

Treći dan se išlo uzduž zapadne glavne ceste i posjetili su se lokaliteti kod mjesta Zvjerinac i Ramljane. Zapadno od tih mjesta se putuje uzbrdo gdje je mnogo izloženih izdanaka. Također su uzete točke istočno od Zvjerinca kod Manastira Svete Lazarice.

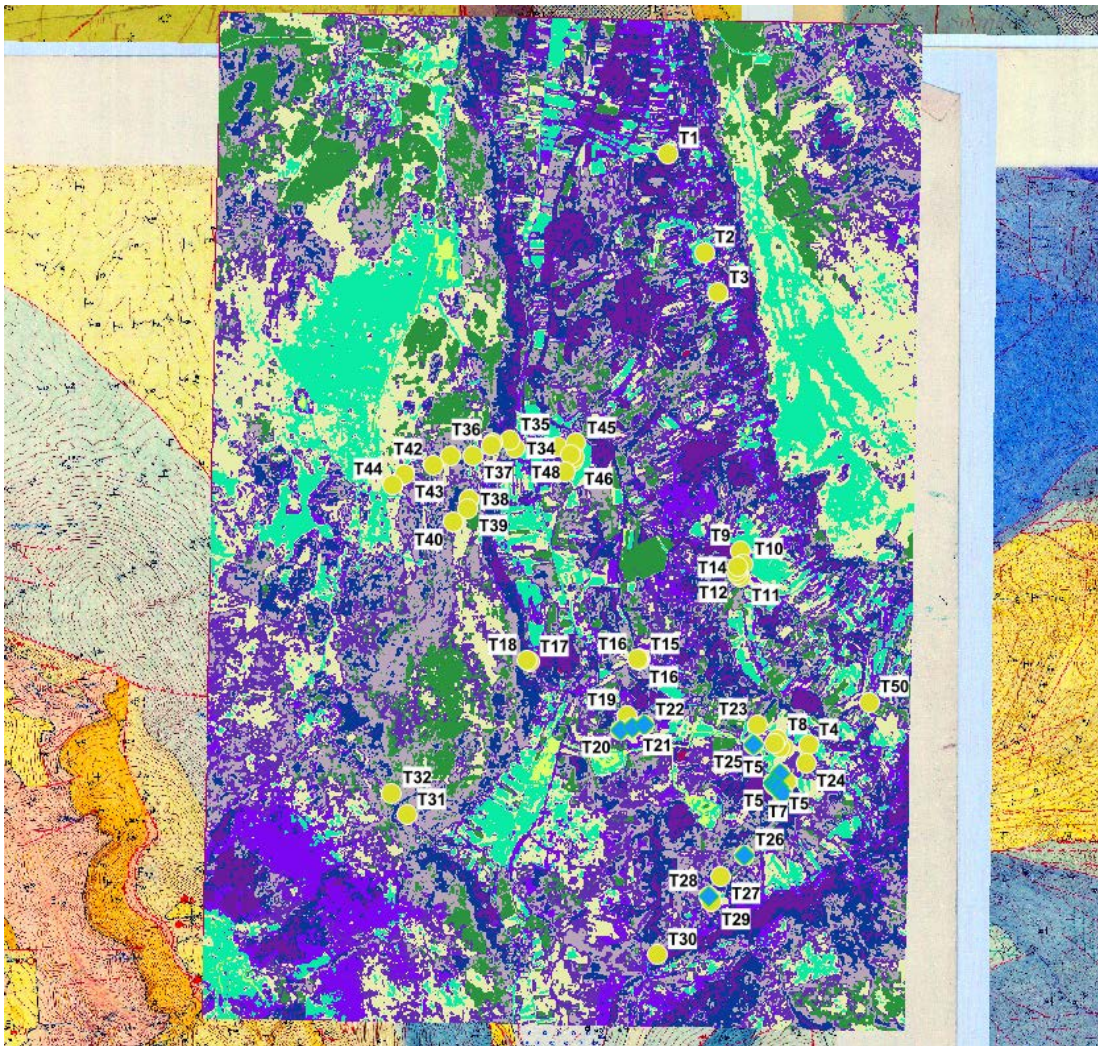


Slika 36. Skiciranje područja istraživanja

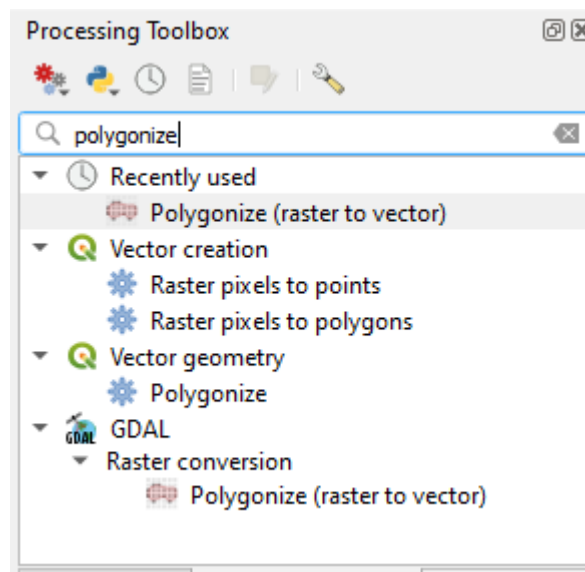
5.4. Preklapanje karata dobivene K-Means klasifikacijom i geoloških karata

Karte dobivene K-means klasifikacijom unešene su u QGIS gdje je napravljena usporedba s digitaliziranim geološkim kartama i podacima s terena (slika 37). Karte dobivene K-Means klasifikacijom sadrže mnoštvo „suvišnih“ informacija koje se izravno ne odnose na ciljane pojave i ležišta gipsa koje su u fokusu ovog rada, stoga je taj dio podataka uklonjen. Taj višak uključuje sve poligone koji ne odgovaraju nekoj litologiji, nego se primjerice poklapaju sa obližnjim šumama i vegetacijom. Izvorne K-means karte su iz rasterskog formata transformirane u vektorski kako bi imali podatke za svaki piksel (poligon) u atributnoj tablici, te su odgovarajuće skupine vektorskih poligona izdvojene u poseban sloj podataka. Klikom miša na karticu „Processing“ klikne se „Toolbox“ kako bi se sa desne strane aplikacije dobio novi prozor. Opcijom pretraživanja treba se upisati proces „Polygonize (raster to vector)“ (slika 38). Duplim klikom se otvara novi prozor gdje se stavljaju potrebne informacije. Kod prve kućice „Input layer“ potrebno je odabrati kartu obrađenu iz SNAP-a, a ostalo može ostati isto. Klikom miša na „Run“ se proces pokreće i traje ovisno o veličini

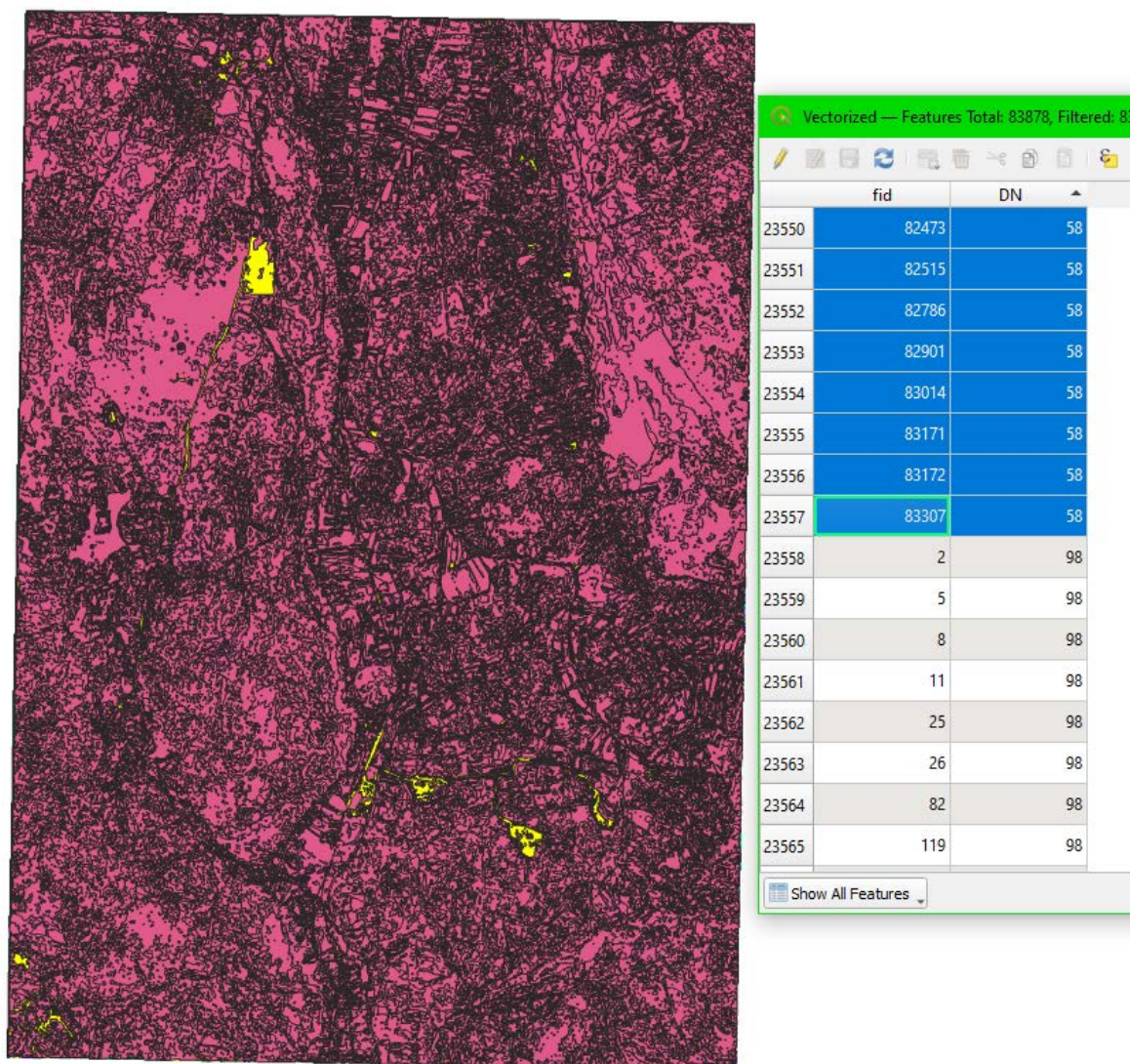
karte. Kada je proces gotov, dobije se novi sloj sa nazivom „Vectorized“ (slika 39). Taj novi sloj izgleda homogeno, međutim ovi poligoni se razlikuju po atributima „DN“ u tablici. *Digital Number* (DN) se generira za svaku ćeliju rastera kada se vrši proces „polygonize“. Potrebno je desnim klikom na sloj izabrati opciju „Open attribute table“ i zatim kliknuti na vrh drugog stupca kako bi se poligoni razvrstali po atributima. Ovaj proces je potrebno ponoviti za sve 3 karte. Označeni su svi poligoni koji dijele isti atribut „DN“, te su uspoređeni sa područjima jedinicama perma i trijasa kao i sa poznatim kopovima gipsa na području istraživanja (slika 39). Kada su željeni poligoni označeni, desnim klikom na sloj „Vectorized“ odabere se opcija Export -> Save selected features as... Zatim se novi sloj nazove po želji i stisne OK. Zatim se isključi vidljivost sloja „Vectorized“ te samo ostaju poligoni koji su spremljeni kao novi sloj. Desnim klikom je novi sloj preimenovan subjektivno tako što su promatrane karakteristike na satelitskoj snimci. Primjerice, jedna klasa K-means obrade s 15 klasa je imala poligone pretežno na poznatim eksploatacijskim zonama i obližnjim cestama, stoga je taj sloj nazvan 15k_Ekploatacijska polja, dio umjetnih cesti (slika 40). Svakoj klasi pridodan je naziv na temelju najdominantnije opažane karakteristike na satelitskoj snimci (tablica 1). Nakon toga je svakoj terenskoj točki zapisano u koju klasu poligona pripada s 5,10 i 15 klasa. (slika 41).



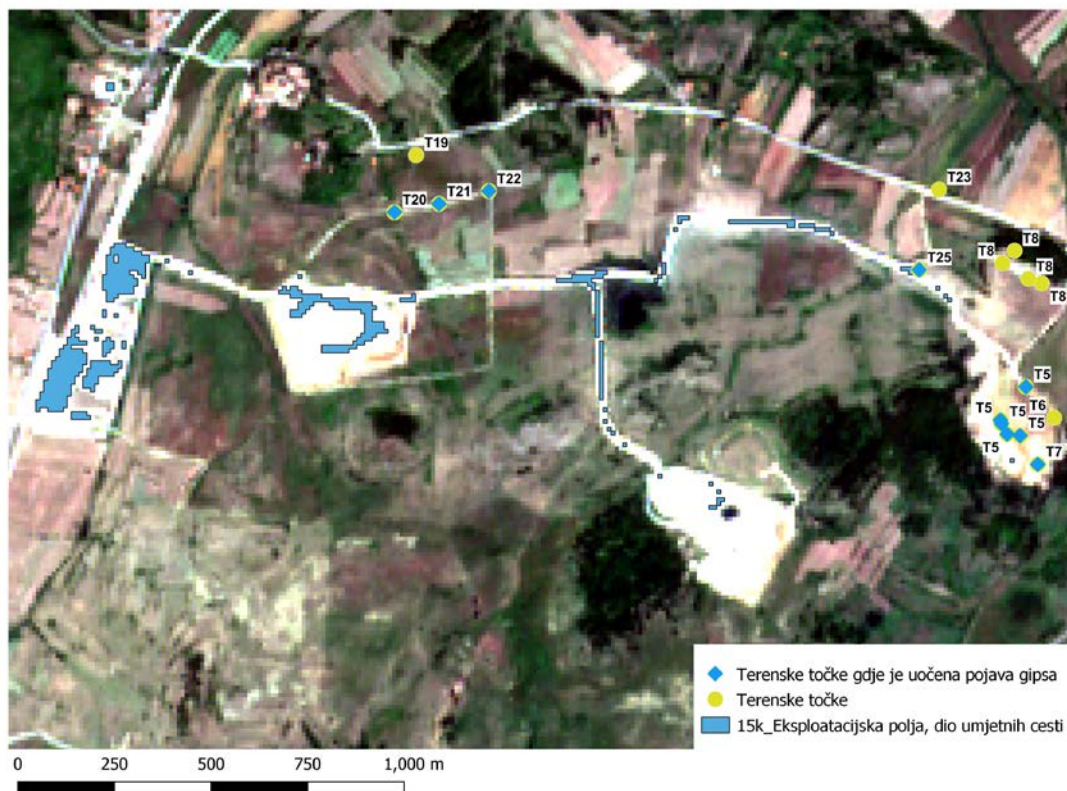
Slika 37. Preklapanje geoloških karata i K-means karte obrađene u programu SNAP



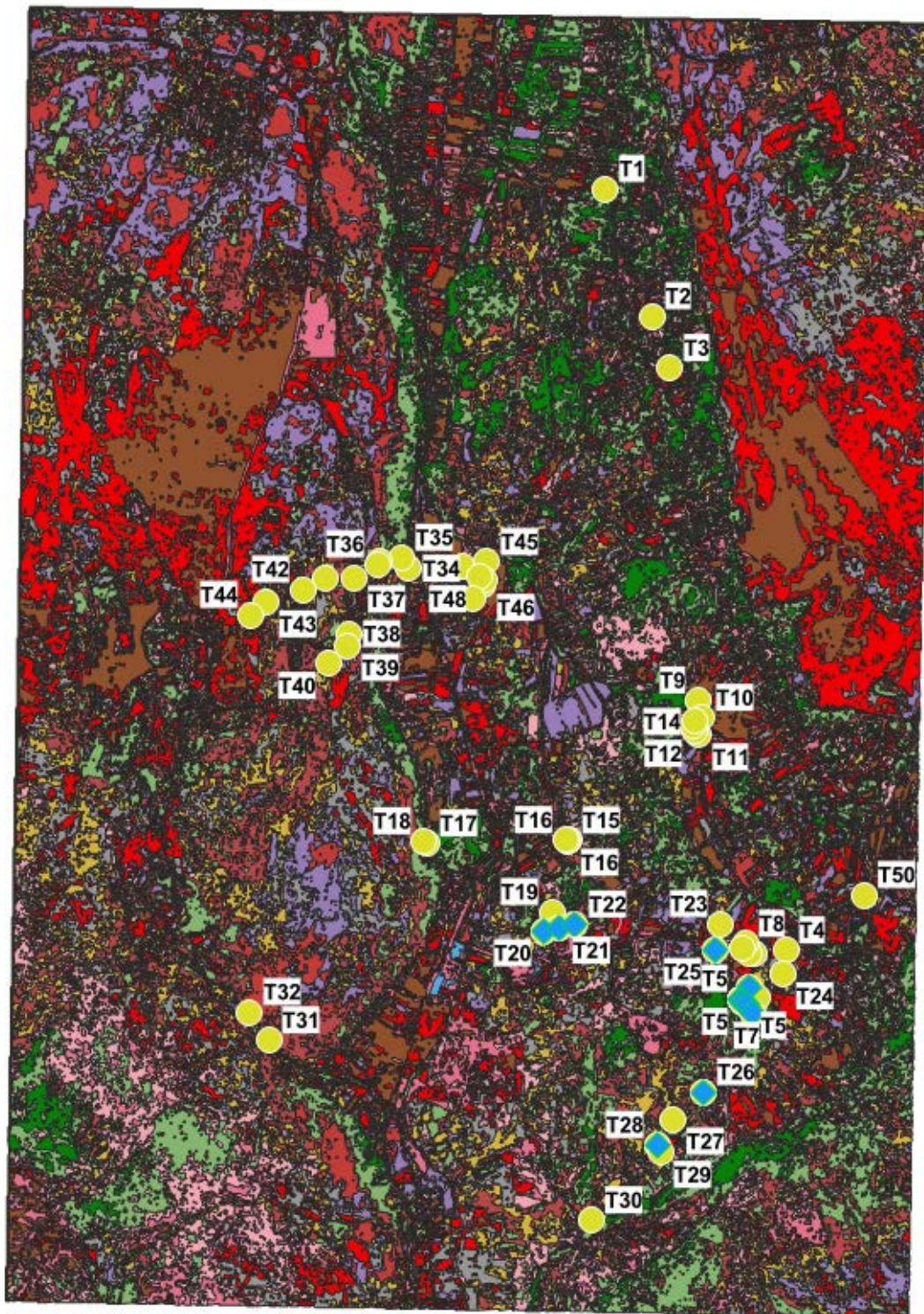
Slika 38. Proces „Polygonize“ u programu QGIS



Slika 39. Vektorski sloj K-means klasifikacije dobiven poligonizacijom izvornog rasterskog formata i označavanje poligona istih atributa koji najbliže odgovaraju područjima poznatih pojava i ležišta gipsa (prikaz iz programa QGIS).



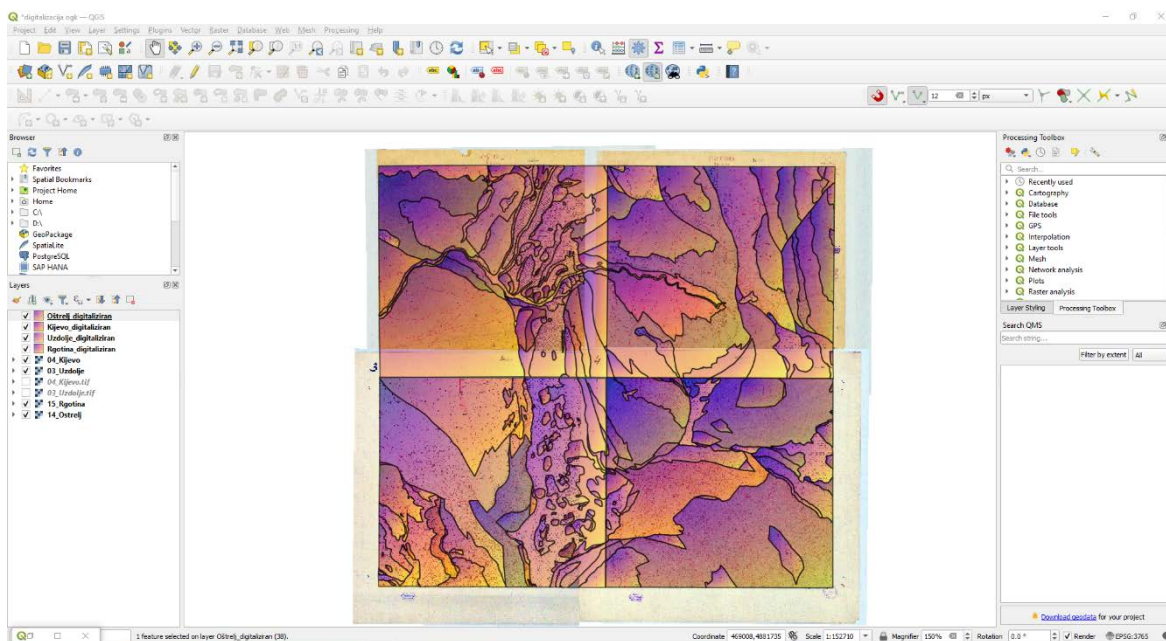
Slika 40. Imenovanje poligona istog atributa „DN“ promatranjem satelitske karte.



Slika 41. Sve imenovane klase K-means obrade s 15 klasa prikazane s terenskim točkama.

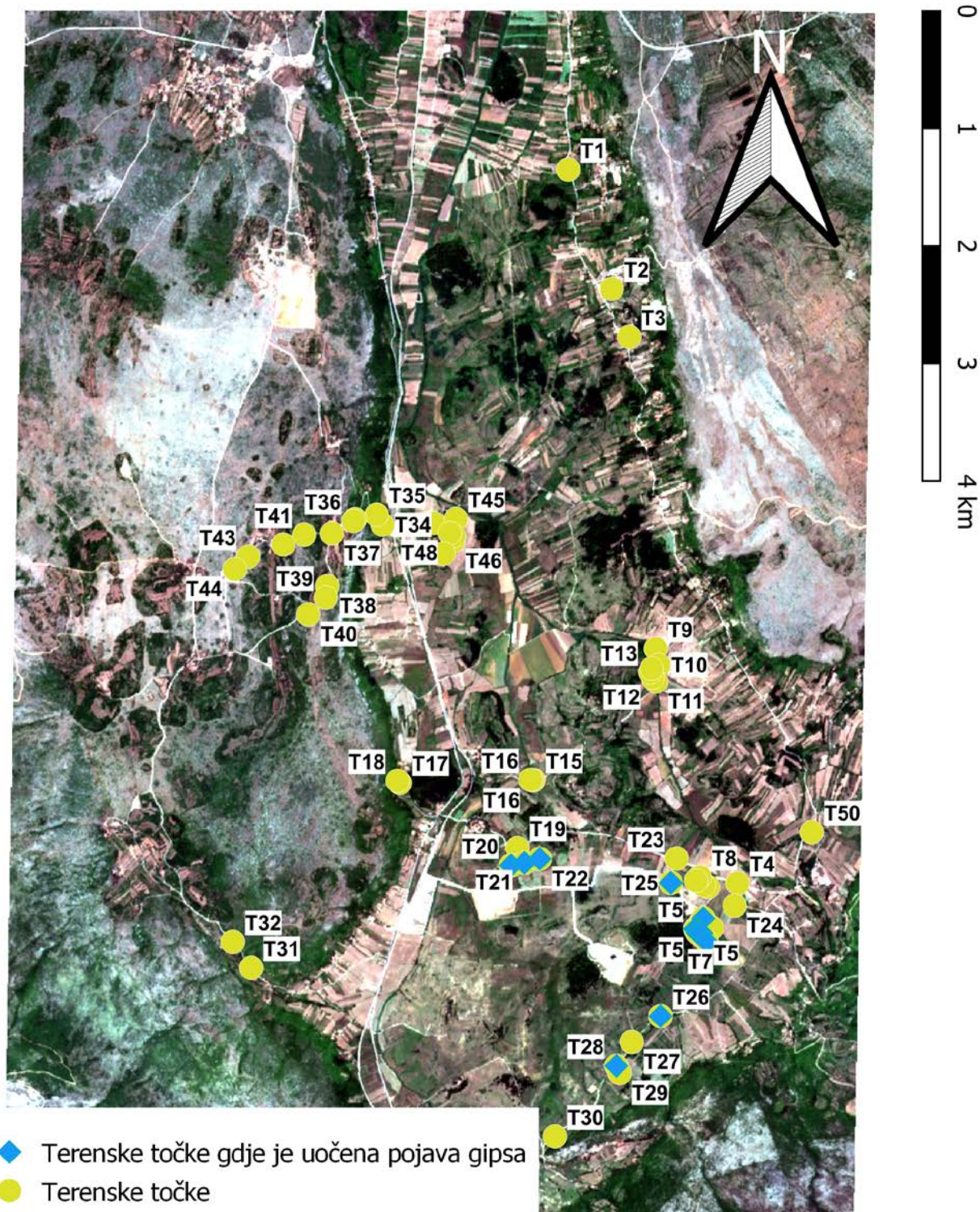
6. Rezultati

Digitalizacijom geoloških karata listova Oštrelj, Rgotina, Uzdolje i Kijevo dobivena je digitalna vektorska karta litoloških jedinica (slika 42). U atributnoj tablici se mogu odabrati i pregledati određeni poligoni i njihova starost i litologija. Mogu se izdvojiti i istaknuti poligoni po želji i usporediti s drugim kartama, primjerice s rezultatima K-means metode.



Slika 42. Konačni rezultat digitalizacije listova radnih geoloških karata Oštrelj, Rgotina, Uzdolje i Kijevo (prikaz iz programa QGIS).

K-means metoda ponovila se 3 puta, svaki put sa različitim brojem klasa. Dobivene su 3 karte, s 5, 10 i 15 klasa, gdje svaka boja predstavlja jednu klasu (slika 43). Klase su imenovane na subjektivan način, na način da se opiše što veći broj poligona pojedine klase promatrajući odgovarajuća područja na satelitskoj snimci.



Slika 44. Položaj terenskih točaka na satelitskoj snimci područja istraživanja.

Terenske točke rednih brojeva 1. do 4. nije bilo moguće litološki identificirati radi guste vegetacije, dok na karti pripadaju litološkim jedinicama kvartara. Metodom K-means ove točke većinom spadaju u poligone livada, polja i vegetacije (slika 45 i 46). Terenska točka 5 identifikacijskog broja 5 je jedina iz svoje grupe koja pripada jedinici gornji perm (P3), što

je potvrđeno terenskim radom, jer su uočeni fragmenti gipsa. Ostale točke 5 pripadaju jedinici perm-trijas i tu su uočeni fragmenti gipsa (slika 47 i 48). Sve točke 5 sa K-means obradom pripadaju poligonima klasa koje su definirane kao „Stijene i izdanci“. Na terenskoj točki 6 su primijećeni crveni pješčenjaci koji tvore krovinu gipsa. Na geološkoj karti ta točka je na kontaktu između jedinica perm-trijas (P,T) i gornji perm (P3). Točka 7. pripada također litološkoj jedinici gornji perm, gdje je također primijećen gips. Sve terenske točke broj 8 pripadaju litološkoj jedinici perm-trijas i na njima su uočeni crveni pješčenjaci.



Slika 45. Terenska točka T2.



Slika 46. Terenska točka T3.



Slika 47. Ulaz na eksploatacijsko polje gipsa Kosovo.



Slika 48. Terenska točka T5.

Terenska točka 9 na karti pripada aluviju gdje je primijećen produkt trošenja zemlje crvene boje. Točke 10. do 14. na karti pripadaju litološkim jedinicama proluvijalnih breča ili su na kontaktu između proluvija i aluvija. Na terenu su tu primijećene tamne šupljikave

vapnenačke breče (slika 49). K-means obradom su te točke svrstane u poligone blage vegetacije što se i moglo vidjeti na terenu. Na točkama 15. i 16. primijećeni su izdanci vapnenačkih breča što i geološka karta potvrđuje. K-means je te točke svrstao u grupu stijena i izdanaka. Točke 17. i 18. su zabilježene kod strmog klifa gdje su uočeni foraminiferski vapnenci. Površina blizu klifa je vjerojatno umjetno napravljena od sitnih fragmenta vapnenca. K-means obradom je to moguće umjetno polje svrstano u stijene i izdanke, a točka kod klifa je svrstana u umjerenu ili duboku vegetaciju.



Slika 49. Terenska točka T11.

Točka 19. je svrstana u aluvij, a na terenu su uočeni fragmenti gipsa u polju. K-means obradom sa 5 klasa je ta točka svrstana u „polja i područja bez vegetacije“, sa 10 klasa u „Blaga vegetacija“, dok je sa 15 klasa svrstana u „polustijenovito tlo.“ Točke 20., 21. i 22. su uzete sa obližnjeg jalovinskog nasipa gdje je tlo pomiješano s fragmentima gipsa različite veličine (slika 50 i 51). K-means obradom s 5 i 10 klasa su te točke uvrštene u područja slabe vegetacije dok sa 15 klasa su iste točke uvrštene u tlo i stjenovita područja.



Slika 50. Terenska točka T20.



Slika 51. Terenska točka T21.

Na točkama 25., 26. i 28. su uočeni izdanci gipsa (slika 52 i 53). Od te tri točke samo je točka 25. svrstana u „stijene i izdanke“, ostale dvije su svrstane u „blagu vegetaciju i livade“. Točka 29. je svrstana u stijene i izdanke K-means obradom podataka sa 5 i 10 klasa, dok je s 15 klasa uvrštena u umjetne puteve i eksploatacijska polja. Ta točka je uzeta sa umjetnog puta gdje je smještena građevina.



Slika 52. Terenska točka T25b.



Slika 53. Terenska točka T28.

Točke 31. i 32. su na geološki karti smještene u litološkim jedinicama jure. K-means obradom podataka su te točke razlikuju ovisno s koliko klasa se obrada radila. S 5 klasa su smještene u umjetnu gradnju i područja slabe vegetacije, s 10 klasa je točka 31. svrstana u „stijene, izdanke i tlo bez vegetacije“, a točka 32. u grupu „blaga vegetacija“. S 15 klasa su te točke svrstane u grupu „umjetni putevi, umjetna polja i stjenovito tlo.

Na točkama 33. do 40. su uočene vapnenačke breče, čiste breče ili miješane breče s vapnencima (slika 54, 55, 56 i 57). Obje točke 36. označuju kontakt vapnenca koji čine

krovinu i breča koji čine podinu. Na geološkoj karti te točke spadaju u donju ili srednju kredu. K-means obradom su većinom u grupi stijena, izdanaka i tla.



Slika 54. Terenska točka T33.



Slika 55. Terenska točka T37.



Slika 56. Terenska točka T38.



Slika 57. Panorama kod točke T36.

Na točkama 41. i 44. su uočeni čisti vapnenci. Točka 41. je K-means obradom s 5 i 10 klasa svrstana u blagu vegetaciju, dok je s 15 klasa svrstana u tlo i stjenovita područja. Točka 44. je svrstana u stijene i stjenovito tlo sa svim brojem klasa. Na točki 42. su uočeni vapnenci s crvenim proslojcima, dok su na točki 43. uočene breče. K-means obradom podataka s 5 i 10 klasa su ove točke uvršene u istu klasu, „stijene i izdanci“. K-means s 15 klasa uvrštava točku 42. u „stjenovito tlo i rubove eksploatacijskih polja“, dok breče s točke 43. uvrštava u „crveno tlo“. Sve 4 točke na geološkoj karti pripadaju srednjoj kredi.

Na točki 45. su uočene tamne šupljikave vapnenačke breče (slika 58). K-means obradom s 5 klasa je ova točka uvrštena u „polja i područja bez vegetacije“, s 10 klasa je uvrštena u „blagu vegetaciju“, dok je sa 15 klasa uvrštena u „polustijenovito tlo“. Na geološkoj karti ova točka pripada proluviju. Na točkama 46. i 47. su uočeni klastiti. K-means obradom sa svim 3 brojem klasa su uvrštene u blagu ili umjerenu vegetaciju. Jedino je točka 47., gdje su

uočeni crveni karbonatni klastiti, svrstana u „polja i područja bez vegetacije“ s 5 klasa, a u grupu „polustijenovito tlo“ s 15 klasa. Na točkama 48. i 49. su uočene tamne šupljikave vapnenačke breče. K-means obradom s 5 klasa te dvije točke su svrstane u područja slabe vegetacije i umjetnu gradnju, s 10 klasa su uvrštene u „stijene i izdanke“, a s 15 klasa u „tlo i stijenovita područja“. Sve ove točke pripadaju proluvijalnim brečama na geološkoj karti, osim točke 46. koja pripada gornjem permu/donjem trijasu.



Slika 58. Terenska točka T45

Točka 50. je uzeta blizu glavne ceste gdje je primijećeno rastresito tlo crvene boje. Geološki pripada kontaktu aluvija i proluvija. K-means obradom je svrstana u blagu ili umjerenu vegetaciju.

7. Rasprava

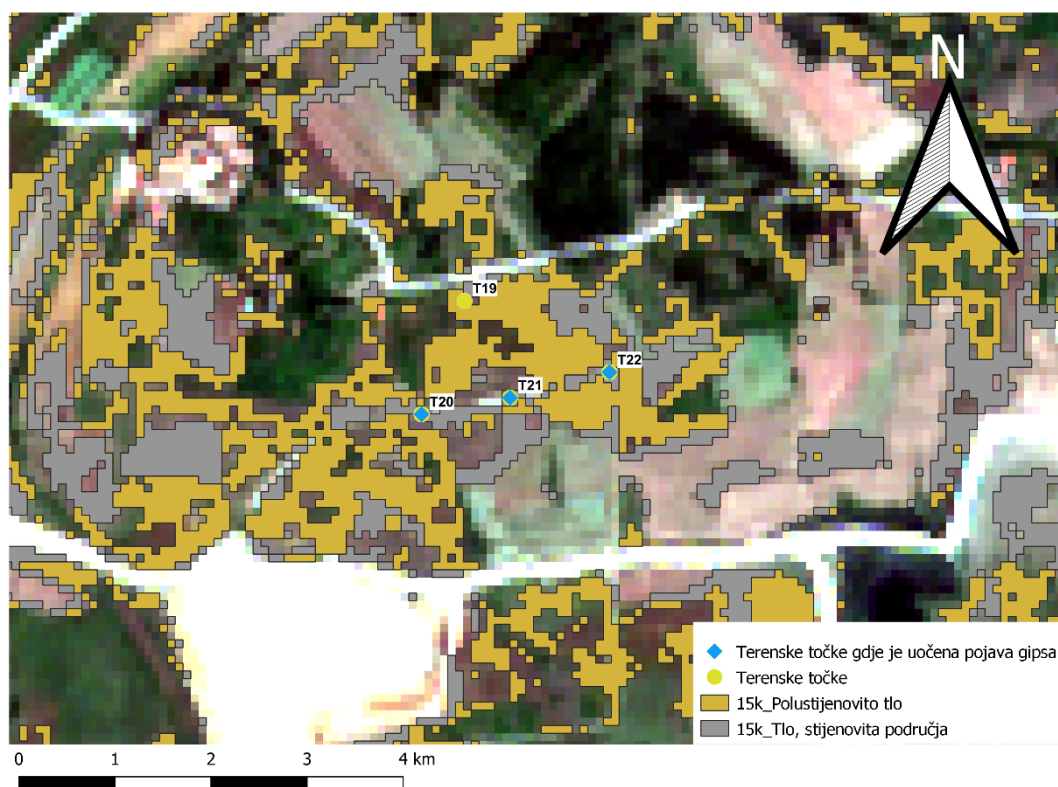
Mnogo faktora se treba uzeti u obzir prilikom analize dobivenih rezultata i donošenje zaključaka. Nazivi jedinica su subjektivni i možda nisu najpreciznije određeni. Topografija, sjene, tehnološka ograničenja i ljudska greška također mogu igrati ulogu. Uspoređene su terenske točke s grupom poligona K-means obrade u kojoj pripadaju.

Položaj svih terenskih točaka uzet je sa relativno visokom preciznošću. Dozvoljava se greška do 2,3 metra, no s obzirom da se radi o obrađenoj satelitskoj snimci koja je ograničena na piksele veličine 10x10 metara, takva greška je prihvatljiva. Moguće je da su neke točke na samoj granici između dva piksela što bi moglo promijeniti rezultat.

Primjerice na točki T2 nisu opaženi nikakvi izdanci nego samo teren blage ili guste vegetacije, no K-means metodom svih broja klasa je ta točka uvrštena u poligone stijena, izdanaka i stijenovitog tla. Razlog tome može biti jer su takve točke bile zabilježene sa obližnje staze ili ceste, što je K-means radi slične reflektirane boje svrstao u grupe stijena.

Kod nekih točki, primjerice T6, je K-means obrada s 15 klasa najbliže opisala ono što je viđeno na terenu. K-means s 5 klasa je tu točku svrstala u područja slabe vegetacije i umjetnu gradnju, a K-means s 10 klasa je svrstao tu točku u grupu stijena i izdanaka. K-means s 15 klasa je tu točku svrstao u tlo i stjenovita područja. Na terenu su opaženi crveni pješčenjaci koji su neposredno blizu tla s fragmentima stijena. Drugi primjer ovog fenomena je i kod točki 20., 21. i 22. Ove terenske točke su bile uzete sa nasipa jalovine obližnje eksploatacijske zone. Tu su uočeni veći i manji fragmenti gipsa pomiješani s tlom. K-means s 5 i 10 klasa je ove točke većinom uvrstio u poligone blage vegetacije ili umjetne gradnje, dok je K-means s 15 klasa ove točke uvrstio u tlo i stjenovita područja što je najbliži opis opažene litologije (slika 59). Jedino točka 20. odstupa izvan granice tih poligona za otprilike jedan ili dva metra. Objašnjenje toga može biti jer točka nije uzeta sa samog nasipa nego neposredno pored nasipa. Također to jednostavno može biti greška GPS-a. Obližnje polje sjeverno od tih točaka je polje koje je većinom uvršteno u polustjenovito tlo, unatoč tome što je to polje prekriveno vegetacijom. To je moguće jer su ovdje također uočeni mali fragmenti gipsa, koji možda tadašnjim terenskim kartiranjem nisu uzeti u obzir. To područje je lako moglo biti pogrešno određeno kao proluvij ili aluvij, dok su ispod toga velike zalihe gipsa koje nisu

zamijećene niti kartirane. Boljom rezolucijom su mogli ti fragmenti biti izdvojeni kao zasebna klasa.



Slika 59. Terenske točke T20, T21 i T22 u usporedbi s poligonima „Tlo, stjenovita područja“ (QGIS)

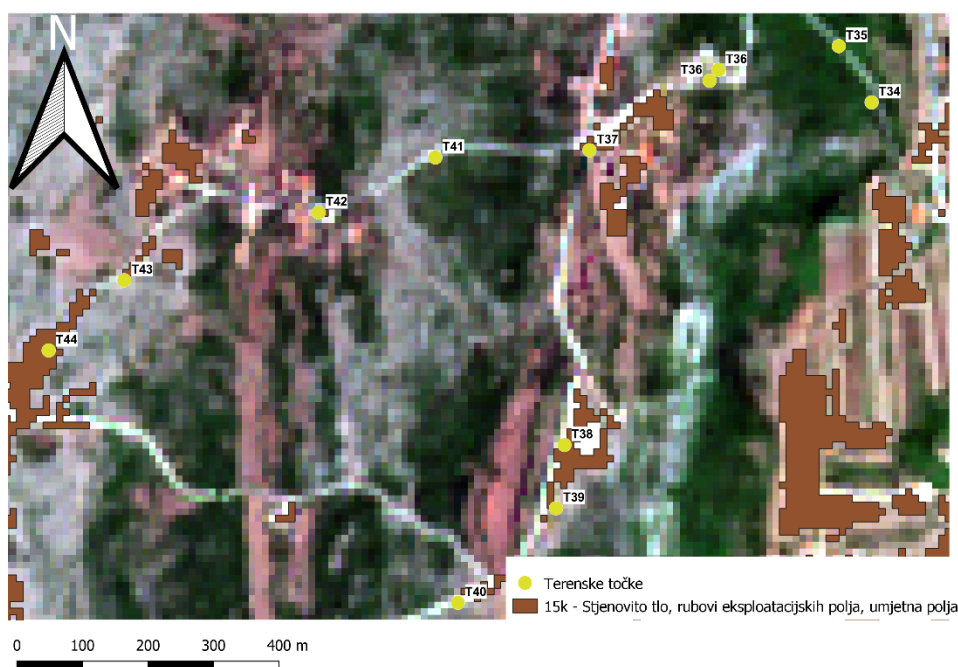
Točke 25., 26. i 28. su izdanci gipsa uzeti sa zemljanog puta. Točka 25. je klasificirana u grupu stijena K-means obradom s 5 i 10 klasa, dok je s 15 klasa svrstana u crveno tlo. Mogućnost tome su obližnji crveni pješčenjaci. Također s obzirom da je okružena poligonima koji su svrstani u grupu stijena i izdanaka moguća je greška GPS-a. Točka 26 je sa svim brojem klasa uvrštena u grupu blage vegetacije. Tu je vjerojatno obližnja vegetacija utjecala na reflektirane boje. Točka 28. je također uvrštena u blagu vegetaciju i livade, međutim jako je blago odstupanje od poligona umjetnih puteva i stjenovitog tla. Da je prostorna rezolucija bolja vjerojatno bi ta točka bila ispravno uvrštena. Odstupanje iznosi oko 2 metra.

Točke 31. i 32. su najbolje opisane K-means obradom s 15 klasa, gdje pripadaju grupi umjetnih puteva i stjenovitog tla. Tamo su primijećeni izdanci vapnenaca kod lokalne ceste. Točka 33. je također primjer gdje je K-means s 15 klasa preciznije opisao ono što je viđeno na terenu. K-means s 5 i 10 klasa je opisao ovu točku da pripada livadama i blagoj vegetaciji,

dok je K-means s 15 klasa stavio ovu točku u stijenovito tlo i umjetne puteve. Ovdje su opažene tamne šupljikave breče kod strmih klifova.

Točke 34. i 35. gdje su uočene krupnozrnate breče, su pogrešno uvrštene sa svim brojem klasa. Uglavnom su smještene u umjerenu vegetaciju, što može biti rezultat toga što su izdanci na strmim klifovima koji su pokriveni vegetacijom ili drvećem.

Točke 36. do 44. su odlično svrstane u odgovarajuće skupine ili stijena ili umjetnih puteva, što je i opaženo na terenu. Posebno bi se trebala naglasiti točka 42. koja je u izoliranom poligonu opisanom kao stijene i izdanci. Tu su opaženi prostrani čisti izdanci vapnenca s crvenim proslojcima (slika 60). Da je prostorna rezolucija veća moglo bi se opažati s kolikom preciznošću bi K-means obrada izdvojila te izdanke.



Slika 60. Terenske točke u usporedbi s poligonima „stjenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja“. (QGIS).

Na točki 47. su opaženi crveni klastiti koji bi prema geološkoj karti trebali odgovarati proluviju. Međutim, terenskim ispitivanjem sa kiselinom uočilo se kako to tlo reagira u kontaktu s kiselinom što ukazuje na prisutnost karbonata što znači da ovi sedimenti vjerojatnije odgovaraju jedinicama donjeg trijasa jer su one karakteristične po klastitima i karbonatima.

8. Zaključak

Daljinska istraživanja i njihova dostupnost javnosti znatno je olakšala sva istraživanja, pa tako i geološka. Metode strojnog učenja kao što je K-means još su u začetku u geologiji, međutim pokazuju obećavajuće rezultate. U ovom radu istaknuta je problematika takve metode, prvenstveno kod ovakvog subjektivnog pristupa. Sami rezultati K-means obrade će biti isti koliko god puta se ponovila, međutim interpretacija rezultata razlikovat će se od osobe do osobe. Objektivno je K-means obrada s 15 klasa bila najpreciznija, razlog tome je što je teren kompleksan i sadrži sigurno više od samo 5 ili 10 elemenata koji se dovoljno razlikuju da bi se uvrstili u vlastite klase. Također, limitirajući faktor u ovom radu je i bio manjak prostorne rezolucije na Sentinel-2A senzoru, koja je iznosila 10 metara. Izdanci gipsa koji su kartirani i kasnije uspoređeni s K-means metodom nisu bili precizno izdvojeni od izdanaka drugih stijena (npr. vapnenaca, breča). Međutim, veća površina kao što je eksploatacijsko polje je bilo precizno izdvojeno s bilo kojim brojem klasa, pogotovo s 15 klasa. Za buduća istraživanja potrebno je koristiti senzore veće prostorne rezolucije (npr. 1 metar) pri čemu bi K-means metoda mogla biti uspješnija. Za preliminarnu fazu ovakvih tipova istraživanja K-means je pokazao veliki potencijal za buduća istraživanja mineralnih ležišta. Terenski podaci potvrdili su većinom točnost geoloških karata, bez obzira na vrijeme u kojem su napravljene. Metodama daljinskih istraživanja bi ih se moglo brže i ekonomičnije ažurirati nego isključivo novim terenskim radom. Buduća istraživanja koja će koristiti metode spomenute u ovom radu bit će preciznije i kvalitetnije s obzirom na trenutnu brzinu napretka tehnologije.

9. Literatura

- AL-NAHMI, F., SADDIQI, O., HILALI, A., RHINANE, H., BAIDDER, L., EL ARABI, H. i KHANBARIB, K. (2017): Application of remote sensing in geological mapping, case study Al Maghrabah area – Hajjah region, Yemen, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-4/W4, str. 63-71
- ASADZADEH, S., OLIVEIRA i W.J., FILHO, C.R.S. (2022): UAV-based remote sensing for the petroleum industry and environmental monitoring: State-of-the-art and perspectives. Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol 208, part D, str. 1-14
- BEBIĆ, Ž. (1982): Aneks, 1 elaboratu o rezervama ležišta gipsa „Pusto Groblje“ u Kosovu polju kod Knina
- BLAŠKOVIĆ, I. (1983): Underthrusting model of genesis and position of the carbonate-evaporitic complex in the north-eastern part of the Adriatic sea. U: Abstracts, 4th IAS Meeting of Sedimentology, Split.
- BOŠKOV-ŠTAJNER, Z. (1971): Prilog stratigrafiji jadranskog oboda. Nafta, 22/4-5, 270 - 274.
- CHAE, B.G., PARK, H.J., CATANI, F., SIMONI, A. i BERTI, M. (2017): Landslide prediction, monitoring and early warning: a concise review of state-of-the-art. Geosciences Journal, 21, 1033-1070.
- ČANOVIĆ, M. (1969): Stratigrafski položaj evaporitske formacije u istražnim bušotinama na naftu u Crnoj Gori. Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istraž., 27(A), 147-157.
- ĐONLIĆ, I. (2021): Padinski procesi na obalnom klifu - uzroci i posljedice. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 51 str.
- ĐURASEK, N., FRANK, G., JENKO, K., KUŽINA, A. i TONČIĆ-GREGL, R. (1981): Contribution of the understanding of oil-geological relations in NW Adriatic area. Proceed. I Symp. scient. Conseil for oil. Jugosl. akad. znan. umjetn. (A), 8, 201-213.
- FOETERLE, F. (1862): Geologische Karte der Licca. Verh. k.k. Geol. Reichsanst., 298 (u Jahrb. k.k. Geol. Reichsanst., IU4), Wien.

- FRANIĆ, D. (1900): Zemljopisne sitnice. (Sadra i sumpor na Kukinoj glavici u Srbu i dr.). Glasnik hrv. nar. Društva, 12/1-3, 169-171.
- GABRIĆ, A. (1981): Procjena potencijalnih rezervi gipsa na području Petrova, Kosova i Kninskog polja, OOUR za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, 17 str.
- GABRIĆ, A., ŠINKOVEC, B., SAKAČ, K. i KULJAK, G. (2002): Ležišta gipsa u Republici Hrvatskoj. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 14, 21-36.
- GIZDAVEC, N., GAŠPAROVIĆ, M., MIKO, S., LUŽAR-OBERITER, B., ILIJANIĆ, N. i PEH, Z. (2022): Discrimination of Rock Units in Karst Terrains Using Sentinel-2A Imagery, Remote Sensing, 14, 5169. <https://doi.org/10.3390/rs14205169>
- GRIMANI, I., ŠIKIĆ, K. i ŠIMUNIĆ, A. (1972): Osnovna geološka karta SFRJ, list Knin L 33-141, 1 : 100 000, Institut za geološka istraživanja Zagreb.
- GUPTA, R.P. (2018): Remote Sensing Geology, Third edition. Springer, Berlin, 428 str.
- HAN, W., LI, J., WANG, S., ZHANG, X., DONG, Y., FAN, R., ZHANG, X i WANG, L. (2022): Geological Remote Sensing Interpretation Using Deep Learning Feature and an Adaptive Multisource Data Fusion Network. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 60, 1-14.
- HAUER, F. (1868): Erläuterungen zur Geologische Übersichtskarte der Österreichischen Monarchie. Blatt X, Dalmatien. Jahrb. k.k. Geol. Reichsanst., Band XVIII, Wien.
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. i SAKAČ, K. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, list Drniš K 33-9, 1 : 100 000, Institut za geološka istraživanja Zagreb.
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V. i SAKAČ K. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ, Tumač za list Drniš K 33-9, Institut za geološka istraživanja Zagreb.
- KIŠPATIĆ, M. (1901): Rude u Hrvatskoj. Rad Jugosl. akad. znan. umjetno., 147, 1-104.
- KRAJNOVIĆ, M. (2019): Uporaba daljinskih istraživanja radi utvrđivanja tektonske aktivnosti na širem području Kvarnera. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 88 str.
- KRANJEC, V. (1979): O naftoplinosti karbonatno-evaporitnih naslaga u circum-mediteranskim i nekim drugim zemljama i jadranskom primorju. Nafta, 30/3, 103-124.

- MARGETIĆ, M. (1948): O pregledu istražnih radova na naslagama gipsa u Kosovu kod Knina i geološko ispitivanje na naslagama gipsa u Tepjuhu kod Drniša i Glavicama kod Sinja, izvještaj broj 104/48
- MIROŠEVIĆ, I. (2016): Algoritam k-sredina, stručni rad, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu, KoG, 20, 91-98.
- MOJSISOVICS, E., TIETZE, E. i BITTNER, A. (1880): Grundlinien der Geologie von Bosnien und Herzegowina. Jahrb. k.k. Geol. Reichsanst., 30/2, 322 str.
- PODOLSZKI, L., KUREČIĆ, T., BATESON, L. i SVENNEVIG, K. (2022): Remote landslide mapping, field validation and model development – An example from Kravarsko, Croatia. *Geologia Croatica*, 75, 67-82.
- SILA, A. i ŠINKOVEC, B. (1960): Proračun zaliha sadre u Kosovu kod Knina. Fond struč. dok. IGI, br. 3290, Zagreb.
- SINČIĆ, M., GAZIBARA, S.B., KRKAČ, M., LUKAČIĆ H. i ARBANAS, S.M. (2022): The Use of High-Resolution Remote Sensing Data in Preparation of Input Data for Large-Scale Landslide Hazard Assessments, *Land*, 11, 1360.
<https://doi.org/10.3390/land11081360>
- ŠUKLJE, F. (1914): Naslage sadre kod Srba u Lici. *Priroda*, 3-4, 87-88.
- ŠUŠNJAR, M. (1981): Genetski faktori i geološke okolnosti mobiliteta i dijapirizma s osvrtom na imobilna i mobilna stanja kalcijско-sulfatnih naslaga u prostoru Dinarida. *Častopis Nafta*, 1-221.
- ŠUŠNJAR, M. (1983): Tektogenetski procesi u Dinaridima i pojave pozitivnih geotermalnih anomalija. *Geol. vjesnik*, 36, 223-239.
- ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., MARINČIĆ, S. i SAVIĆ, D. (1965): Stratigrafija gipsnih naslaga Unske doline i korelacija s poznatim evaporitnim naslagama i popratnim facijesima u Primorju, Dalmaciji, Lici i zapadnoj Bosni. *Acta geol.*, 5, 407-422.
- ŠUŠNJAR, M. i BUKOVAC, J. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ, 1 : 100 000, list Drvar (L 33-129). Institut za geol. istraž. Zagreb, Savez. geol. zavod. Beograd.
- ŠUŠNJAR, M. i BUKOVAC, J. (1979): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ, 1 : 100 000, list Drvar (L33-129), 44 str. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savez. geol. zavod, Beograd.

ŠUŠNJARA, A., ŠAKAČ, K., JELEN, M., i GABRIĆ, A. (1992): Upper Permian Evaporites and Associated Rocks of Dalmatia and Borderline Area of Lika and Bosnia, *Geologia Croatica* 45, 95-114.

Internetski izvori:

- [1] [https://www.usgs.gov/faqs/what-geographic-information-system-gis#:~:text=A%20Geographic%20Information%20System%20\(GIS\)%20is%20a%20computer%20system%20that,Where%20are%20USGS%20streamgages%20located%3F](https://www.usgs.gov/faqs/what-geographic-information-system-gis#:~:text=A%20Geographic%20Information%20System%20(GIS)%20is%20a%20computer%20system%20that,Where%20are%20USGS%20streamgages%20located%3F) (pristupljeno 07.08.2023.)
- [2] <https://www.usgs.gov/> (pristupljeno 07.08.2023.)
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system (pristupljeno 07.08.2023.)
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/QGIS> (pristupljeno 08.08.2023.)
- [5] <https://www.eoportal.org/other-space-activities/snap-sentinel-application-platform#snap-sentinel-application-platform-toolbox> (pristupljeno 13.08.2023.)
- [6] https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/SNAP_spurs_Earth_observation_innovation_with_one_million_downloads??haha (pristupljeno 13.08.2023.)
- [7] <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus> (pristupljeno 13.08.2023.)
- [8] <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus/copernicus-detail> (pristupljeno 13.08.2023.)
- [9] <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial> (pristupljeno 13.08.2023.)
- [10] https://www.researchgate.net/figure/Spectral-bands-and-resolutions-of-Sentinel-2-MSI-sensor_tbl3_325209585 (pristupljeno 16.08.2023.)
- [11] <https://scihub.copernicus.eu/> (pristupljeno 16.08.2023.)
- [12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Daljinska_istra%C5%BEivanja (pristupljeno 03.08.2023.)
- [13] <https://www.spatialpost.com/application-of-remote-sensing-in-geology/> (pristupljeno 07.08.2023.)
- [14] <https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used> (pristupljeno 07.08.2023.)
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering (pristupljeno 07.08.2023.)

10. Prilozi

Tablica 1. Terenske točke i pripadajući redni brojevi, njihove koordinate u WGS i HTRS sustavu, terenski opis, pripadajuća litološka jedinica i kojoj subjektivnoj klasi pripada svaka točka K-means obradom s 5,10 i 15 klasa.

| ID | Redni broj | Oznaka točke | N (WGS) | E (WGS) | N (HTRS) | E (HTRS) | Terenski opis | OGK 1:100000 | OGK 1:25000 | K-means 5 | K-means 10 | K-means 15 |
|----|------------|--------------|----------|----------|----------|----------|--|--------------|-------------|--|---|---|
| 1 | 1 | T1 | 44.00111 | 16.22329 | 477808.6 | 4873496 | Nema vidljivih izdanaka, obraslo vegetacijom | T1_1 | T1_1 | Livade, blaga vegetacija | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Livade, polja |
| 2 | 1 | T2 | 43.99197 | 16.22794 | 478178.1 | 4872479 | Nema vidljivih izdanaka, obraslo vegetacijom | pr | Q1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 3 | 1 | T3 | 43.98831 | 16.2298 | 478325.8 | 4872071 | Visoka livada bez izdanaka, neprohodna šuma | pr | Q1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Livade, polja |
| 4 | 1 | T4 | 43.94647 | 16.24148 | 479248.8 | 4867421 | Livade i šumarci bez vidljivih izdanaka, u daljnji vidljiv kamenolom | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, eksploatacijska polja |
| 5 | 1 | T5 | 43.94377 | 16.23785 | 478956 | 4867121 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju | P3 | gi P3 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, umjetna polja, stijenovito tlo |
| 6 | 2 | T5 | 43.94299 | 16.23703 | 478890 | 4867035 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Crveno tlo |
| 7 | 3 | T5 | 43.94291 | 16.23706 | 478892.7 | 4867026 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 8 | 4 | T5 | 43.94267 | 16.23725 | 478907.4 | 4866999 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 9 | 5 | T5 | 43.94263 | 16.23766 | 478940.8 | 4866995 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Crveno tlo |
| 10 | 1 | T6 | 43.94305 | 16.23876 | 479029 | 4867041 | Crveni pješčenjaci, krovina gipsa | al | P3, T1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Tlo, stijenovita područja |
| 11 | 1 | T7 | 43.94197 | 16.23824 | 478986.6 | 4866921 | Rubni dio eksploatacijskog polja, vidljivi fragmenti gipsa | P3 | gi P3 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, eksploatacijska polja |
| 12 | 1 | T8 | 43.94618 | 16.23835 | 478996.9 | 4867389 | Crveni pješčenjaci | P, T | P3, T1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Crveno tlo |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|----------|----------|----------|---------|--|------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| 13 | 2 | T8 | 43.94629 | 16.23791 | 478961.9 | 4867401 | Crveni pješčenjaci | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 14 | 3 | T8 | 43.94694 | 16.23747 | 478926.4 | 4867474 | Crveni pješčenjaci | P, T | P3, T1 | Šume, duboka vegetacija | Gusta vegetacija, šume | Šume, gusta vegetacija |
| 15 | 4 | T8 | 43.94665 | 16.23708 | 478895.7 | 4867441 | Crveni pješčenjaci | P, T | P3, T1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 16 | 1 | T9 | 43.96442 | 16.23274 | 478553.3 | 4869417 | Produkt trošenja zemlje, crvene boje | al | al Q2 | Šume, duboka vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjereno-jaka vegetacija |
| 17 | 1 | T10 | 43.96317 | 16.23304 | 478577.2 | 4869278 | Produkt trošenja zemlje, crvene boje | pr | pr Q1_1 | Šume, duboka vegetacija | Gusta vegetacija, šume | Šume, gusta vegetacija |
| 18 | 1 | T11 | 43.96191 | 16.23277 | 478554.8 | 4869138 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |
| 19 | 1 | T12 | 43.96222 | 16.23241 | 478525.8 | 4869172 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Livade, blago-umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |
| 20 | 1 | T13 | 43.96261 | 16.23214 | 478504.2 | 4869215 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Livade, blago-umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |
| 21 | 1 | T14 | 43.9629 | 16.2323 | 478517.2 | 4869248 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Blaga vegetacija | Polustijenovito tlo |
| 22 | 1 | T15 | 43.95433 | 16.21985 | 477514.9 | 4868299 | Vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Crveno tlo |
| 23 | 1 | T16 | 43.9543 | 16.2197 | 477502.8 | 4868296 | Vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 24 | 2 | T16 | 43.95435 | 16.21952 | 477489 | 4868301 | Vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 25 | 1 | T17 | 43.95407 | 16.20565 | 476375.4 | 4868275 | Fragmenti vapnenaca, moguće umjetno naneseno | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 26 | 1 | T18 | 43.95424 | 16.20543 | 476358.2 | 4868293 | Strmi izdanci foraminiferskih vapnenaca | al | al Q2 | Šume, duboka vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjereno-jaka vegetacija |
| 27 | 1 | T19 | 43.94912 | 16.21816 | 477377.5 | 4867721 | Vidljivi fragmenti gipsa u polju, mali izdanci blizu puta koji vodi eksploatacijskom polju | al | al Q2 | Polja, područja bez vegetacije | Blaga vegetacija | Polustijenovito tlo |
| 28 | 1 | T20 | 43.94779 | 16.21747 | 477321.6 | 4867573 | Nasuti gips s tлом i jalovinom, veliki fragmenti gipsa | al | al Q2 | Polja, područja bez vegetacije | Polja, umjetna gradnja | Umjetna gradnja, polja |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|----------|----------|----------|---------|--|--------|---------|--|---|---|
| 29 | 1 | T21 | 43.94799 | 16.2189 | 477436.8 | 4867595 | Nasuti gips s tlom i jalovinom | al | al Q2 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Tlo, stjenovita područja |
| 30 | 1 | T22 | 43.94829 | 16.22051 | 477566 | 4867628 | Nasuti gips s tlom i jalovinom | al | al Q2 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Tlo, stjenovita područja |
| 31 | 1 | T23 | 43.94836 | 16.23502 | 478730.9 | 4867632 | Crveno tlo unutar polja | al | al Q2 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Tlo, stjenovita područja |
| 32 | 1 | T24 | 43.94476 | 16.24118 | 479223.5 | 4867230 | Tlo s fragmentima kristalinskog vapnenca i vapnenačkih breča | al | al Q2 | Livade, blaga vegetacija | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Umjetni putevi, eksploatacijska polja |
| 33 | 1 | T25 | 43.94649 | 16.23439 | 478679.7 | 4867424 | Izdanci gipsa na zemljanom putu | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Crveno tlo |
| 34 | 1 | T26 | 43.93627 | 16.23336 | 478593.2 | 4866289 | Izdanci gipsa na zemljanom putu | al | al Q2 | Livade, blaga vegetacija | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Slaba vegetacija |
| 35 | 1 | T27 | 43.93429 | 16.23031 | 478347.7 | 4866070 | Lapor i laporovito tlo sa trošenim vapnecima | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, eksploatacijska polja |
| 36 | 1 | T28 | 43.93246 | 16.22871 | 478218 | 4865867 | Vidljivi izdanci gipsa | al | al Q2 | Livade, blaga vegetacija | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Livade, polja |
| 37 | 1 | T29 | 43.93189 | 16.22905 | 478245.4 | 4865804 | Građevina s prilazom | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, eksploatacijska polja |
| 38 | 1 | T30 | 43.92703 | 16.22224 | 477696.6 | 4865265 | Vapnenački plato | al | al Q2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, umjetna polja, stjenovito tlo |
| 39 | 1 | T31 | 43.93988 | 16.19 | 475113.2 | 4866702 | Izdanci vapnenaca | J3 | J3 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Umjetni putevi, umjetna polja, stjenovito tlo |
| 40 | 1 | T32 | 43.94185 | 16.18804 | 474957 | 4866922 | Izdanci vapnenaca | J3 | J3 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Umjetni putevi, umjetna polja, stjenovito tlo |
| 41 | 1 | T33 | 43.97398 | 16.20918 | 476666.3 | 4870485 | Tamne šupljikave vapnenačke breče s vapnenačkim fragmentima | pr | pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Umjetna polja i područja blage vegetacije | Umjetni putevi, umjetna polja, stjenovito tlo |
| 42 | 1 | T34 | 43.97384 | 16.20375 | 476230.5 | 4870471 | Krupnozrnate breče | K2_2,3 | K2_2,3 | Šume, duboka vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjereno-jaka vegetacija |
| 43 | 1 | T35 | 43.97461 | 16.20312 | 476180.4 | 4870557 | Krupnozrnate breče | K2_2,3 | K2_2,3 | Livade, blaga vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |
| 44 | 1 | T36 | 43.97428 | 16.20083 | 475996.7 | 4870521 | Kontakt vapnenaca (krovina) i breča (podina) | K1 | K1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, umjetna polja, stjenovito tlo |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|----------|----------|----------|---------|--|--------|---------------|--|--------------------------------------|---|
| 45 | 2 | T36 | 43.97413 | 16.20066 | 475983.2 | 4870504 | Kontakt vapnenaca (krovina) i breča (podina) | K1 | K1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Livade, polja |
| 46 | 1 | T37 | 43.97317 | 16.19838 | 475799.8 | 4870398 | Izdanak breča s malo vapnenaca | K1 | K1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Umjetni putevi, umjetna polja, stijenovito tlo |
| 47 | 1 | T38 | 43.96913 | 16.19793 | 475761.6 | 4869949 | Vapnenci i breče | K1 | K1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 48 | 1 | T39 | 43.96826 | 16.19777 | 475748.8 | 4869853 | Vapnenačke breče | K1 | K1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Crveno tlo |
| 49 | 1 | T40 | 43.96696 | 16.19591 | 475599 | 4869709 | Dobro razvijene vapnenačke breče | K1 | K1 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 50 | 1 | T41 | 43.97306 | 16.19545 | 475564.5 | 4870387 | Vapnenci | K2_2,3 | K2_2,3 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Blaga vegetacija | Tlo, stjenovita područja |
| 51 | 1 | T42 | 43.9723 | 16.19323 | 475386.4 | 4870304 | Vapnenci s crvenim proslojcima | K2_2,3 | K2_2,3 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 52 | 1 | T43 | 43.97136 | 16.18954 | 475089.5 | 4870200 | Breče | K2_1,2 | K2_1,2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Crveno tlo |
| 53 | 1 | T44 | 43.9704 | 16.18811 | 474974.2 | 4870093 | Vapnenci | K2_1,2 | K2_1,2 | Stijene, tlo, izdanci | Stijene, prirodna i umjetna polja | Stijenovito tlo, rubovi eksploatacijskih polja, umjetna polja |
| 54 | 1 | T45 | 43.97432 | 16.21153 | 476854.9 | 4870523 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Polja, područja bez vegetacije | Blaga vegetacija | Polustijenovito tlo |
| 55 | 1 | T46 | 43.97261 | 16.21125 | 476832 | 4870333 | Klastiti bogati karbonatima | P, T | P3, T1 | Livade, blaga vegetacija | Livade, blago-umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |
| 56 | 1 | T47 | 43.97302 | 16.21134 | 476839.6 | 4870378 | Crveni karbonatni klastiti | pr | pr Q1_1 | Polja, područja bez vegetacije | Livade, blago-umjerena vegetacija | Polustijenovito tlo |
| 57 | 1 | T48 | 43.97322 | 16.2109 | 476804.3 | 4870400 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Tlo, stjenovita područja |
| 58 | 1 | T49 | 43.97164 | 16.21022 | 476749.2 | 4870225 | Tamne šupljikave vapnenačke breče | pr | pr Q1_1 | Područja slabe vegetacije, umjetna gradnja | Stijene, izdanci, tlo bez vegetacije | Tlo, stjenovita područja |
| 59 | 1 | T50 | 43.95042 | 16.2493 | 479877.4 | 4867857 | Rastresito tlo crvene boje | pr | al Q2/pr Q1_1 | Livade, blaga vegetacija | Umjerena vegetacija | Umjerena vegetacija |

Tablica 2. Popis jedinica za OGK Drniš sa pripadajućim oznakama.

| | |
|-------------------------------|---|
| al | Aluvij |
| b | Organogeno-barski sedimenti |
| s | Sipar |
| d | Deluvijalno vapneno kršje izmješano sa zemljom |
| pr | Proluvijalni pijesci |
| glfš | Glaciofluvijalni šljunci würma |
| p | Pijesci i slabovezani pješčenjaci |
| glf | Glaciofluvijalni konglomerati rissa |
| pr | Proluvijalne breče |
| Pl ₃ | Lapori i laporoviti lapori |
| E ₃ | Prominski konglomerati i breče; leće lapora i glina (a); vapnenci (b) |
| ³ E ₂ | Prominski konglomerati; vapnenci (a); laporoviti vapnenci (b) |
| ² E ₂ | Vapnenačke breče |
| ¹ E ₂ | Vapnenci i lapori s glaukonitom; lapori srednje-eocenskog fliša |
| E _{1,2} | Foraminiferski vapnenci |
| E ₁ | Kozinski slatkovodno-brakični vapnenci |
| K ₂ ^{2,3} | Vapnenci; dolomiti (a) (turon-senon) |
| K ₂ ^{1,2} | Vapnenci s proslojcima dolomita; breče (a) (cenoman-turon) |
| K ₁ | Vapnenci s proslojcima i lećama dolomita |
| J ₃ ³ | Bijeli i smeđasti dolomitizirani vapnenci (titon) |
| J ₃ ^{2,3} | Pseudogrebenski vapnenci i dolomiti; vapn. i dolom. (a), lemeške naslage (b) (malm) |
| J ₃ ^{1,2} | Dolomiti i vapnenci (malm) |
| J ₃ | Dolomiti s lećama vapnenaca (malm općenito) |
| J ₂ | Vapnenci (doger) |
| J ₁ ⁴ | Mrljasti vapnenci i dolomiti (gornji lijas) |
| J ₁ ³ | Vapnenci s litiotisima (srednji lijas) |
| J ₁ ^{1,2} | Vapnenci i dolomiti (donji lijas) |
| T ₂ ² | Vapnenci i dolomiti (ladinski kat) |
| T ₂ ¹ | Dolomiti, vapnenci, tufovi, tufiti, vapnenačke breče i konglomerati (anizički kat) |
| T ₁ ² | Vapnenci i lapori (kampilski potkat) |
| T ₁ ¹ | Klastiti i karbonati (sajski potkat) |
| P,T | Crveni pješčenjaci, siltiti, peliti i tamnosive šupljikave breče |
| P ₃ | Anhidriti i gipsevi |
| ββab | Spilitizirani dijabazi |