

# Podpovršinska geološka građa Čukaru Peki (Istočna Srbija)

Stefan Zujic



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Podpovršinska geološka građa Čukaru Peki (Istočna Srbija) | Stefan Zujic | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006637>

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET**



ZAVRŠNI RAD

Osnovne akademske studije

**PODPOVRŠINSKA GEOLOŠKA GRAĐA  
ČUKARU PEKI (ISTOČNA SRBIJA)**

Kandidat

Zujić Stefan, G122/20

Mentor

dr Marinko Toljić, red. prof.

Beograd, septembar, 2022.

Članovi komisije:

1. dr Marinko Toljić, redovni profesor, mentor

---

Rudarsko-geološki fakultet

2. dr Uroš Stojadinović, vanredni profesor, član

---

Rudarsko-geološki fakultet

3. dr Dejan Radivojević, vanredni profesor, član

---

Rudarsko-geološki fakultet

Datum odbrane rada: \_\_\_\_\_

## **REZIME**

U radu su predstavljeni rezultati proučavanja litoloških i tektonskih karakteristika gornjokrednih jedinica. Litostratigrafska analiza geoloških formacija područja rudnika „Čukaru Peki“ izvedena je na osnovu podataka prikupljenih tokom terenskih istraživanja i podataka koji se nalaze u publikovanim radovima. Na osnovu ovih podataka zaključuje se da je teren izgrađen od različitih litoloških i stratigrafskih jedinica. Analizirane su osobine „Laporaca, „Borskih klastita“, andezita kao litostratigrafskih celina i dodatno osobine masivne sulfidne mineralizacije.

Na osnovu savremenih shvatanja tektonskih odnosa koja se mogu naći u recentnim publikacijama, i na osnovu podataka prikupljenih tokom terenskih istraživanja, prezentirani su geotektonski položaj i lokalni tektonski odnosi u okviru istraživanog prostora.

**KLJUČNE REČI:** *Andeziti, „Čukaru Peki“, tektonski sklop, masivni sulfid*

## Sadržaj

1	UVOD .....	4
2	GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	5
3	PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA.....	8
4	LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA OKOLINE BORA.....	10
4.1	Tvorevine proterozojske i starije paleozojske starosti .....	10
4.2	Tvorevine rifejske i kambrijumske starosti.....	11
4.3	Tvorevine devonske starosti.....	11
4.4	Tvorevine jurske starosti.....	12
4.5	Tvorevine kredne starosti.....	12
4.6	Tvorevine neogene i kvartarne starosti.....	16
5	LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA PODRUČJA ČUKARU PEKI.....	17
5.1	Formacije gornje krede .....	19
5.2	Laporci gornje krede.....	19
5.3	Jedinica “Borski klastiti” .....	24
5.4	Andeziti.....	29
5.4.1	Gornji andeziti .....	31
5.4.2	Donji andeziti.....	35
5.5	Asocijacije facija i njihovi kontakti.....	43
5.6	Miocenski sedimenti.....	52
5.7	Jedinica „Bazalni gruboklastiti miocena“.....	52
5.8	Jedinica “Miocenski fino-zrni klastiti I laporci” .....	53
6	REGIONALNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE.....	55
6.1	Interna tektonska svojstva područja Čukaru Peki .....	57
6.2	Tektonski sklop u domenu rudnika Čukaru Peki .....	61

6.3	Strukturno tektonski sklop etaže -140 .....	61
6.4	Strukturno tektonski sklop etaže -110 .....	65
7	ZAKLJUČAK.....	69
8	LITERATURA .....	71

# 1 UVOD

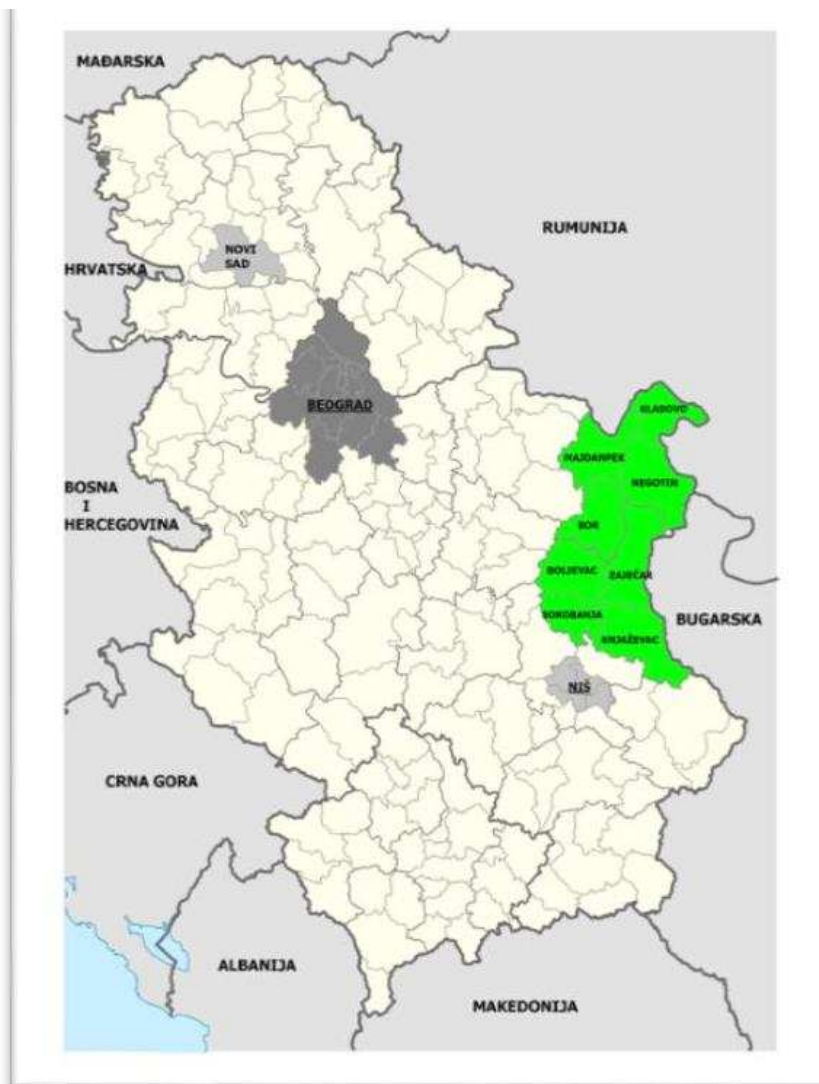
Cilj geoloških istraživanja izvedenih za potrebe ovog rada je razumevanje potpovršinskih litoloških odnosa masivnog sulfida, semi-masivnog sulfida, vulkatnita i sedimenata kao i strukturno tektonske karakteristike istraživanog područja.

Podaci koju su korišćeni za pisanje rada, dobijeni su iz više izvora. Osnovu za istraživanje čine izveštaji i radovi vezani za otvaranje rudnika „Čukaru Peki“ geološka karta i tumač za list OGK Bor (Antonijević i saradnici, 1966) kao i Elaborat o resursima i rezervama bakra i zlata u ležištu Čukaru Peki, (Marinković i saradnici, 2021), a dodatni izvori informacija su publikovani radovi u kojima se diskutuje geološka građa Timočke eruptivne oblasti, kao i radovi o samom ležištu.

Tokom terenskih istraživanja posebna pažnja data je detaljnom geološkom kartiranju podzemnih prostorija i čela, iz kojih je prikupljen i najveći broj strukturnih podataka, kao i litoloških odnosa između jedinica. Takođe vršeno je i kartiranje podzemnih bušotina, sa posebnim osvrtom na alteracije, litologiju i strukture. U kabinetskim uslovima urađena je interpretacija podataka u vidu dijagrama i rozeta, kao i strukturne karte za dva nivoa. Najzastupljenije geološke formacije pored masivnog sulfida su „gornji“ i „donji“ andenziti, u okviru kojih je i izvršen najveći broj opservacija, sedimenti su veoma retki, uglavnom po obodima ležišta i njima je posvećena manja pažnja. Cilj terenskih proučavanja je bila analiza litoloških svojstava, odnosna među jedinicama kao i tektonskim svojstvima istraživanog područja.

## 2 GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istraživano područje se nalazi u centralnom delu Istočne Srbije (Slika 1.), na teritoriji opštine Bor. Od istoimenog grada je udaljeno oko 6 km. U neposrednoj blizini proučavanog područja nalazi se regionalni put kojim je povezano sa Borom, Zaječarom, Negotinom i dalje graničnim prelazima prema Bugarskoj i Rumuniji.

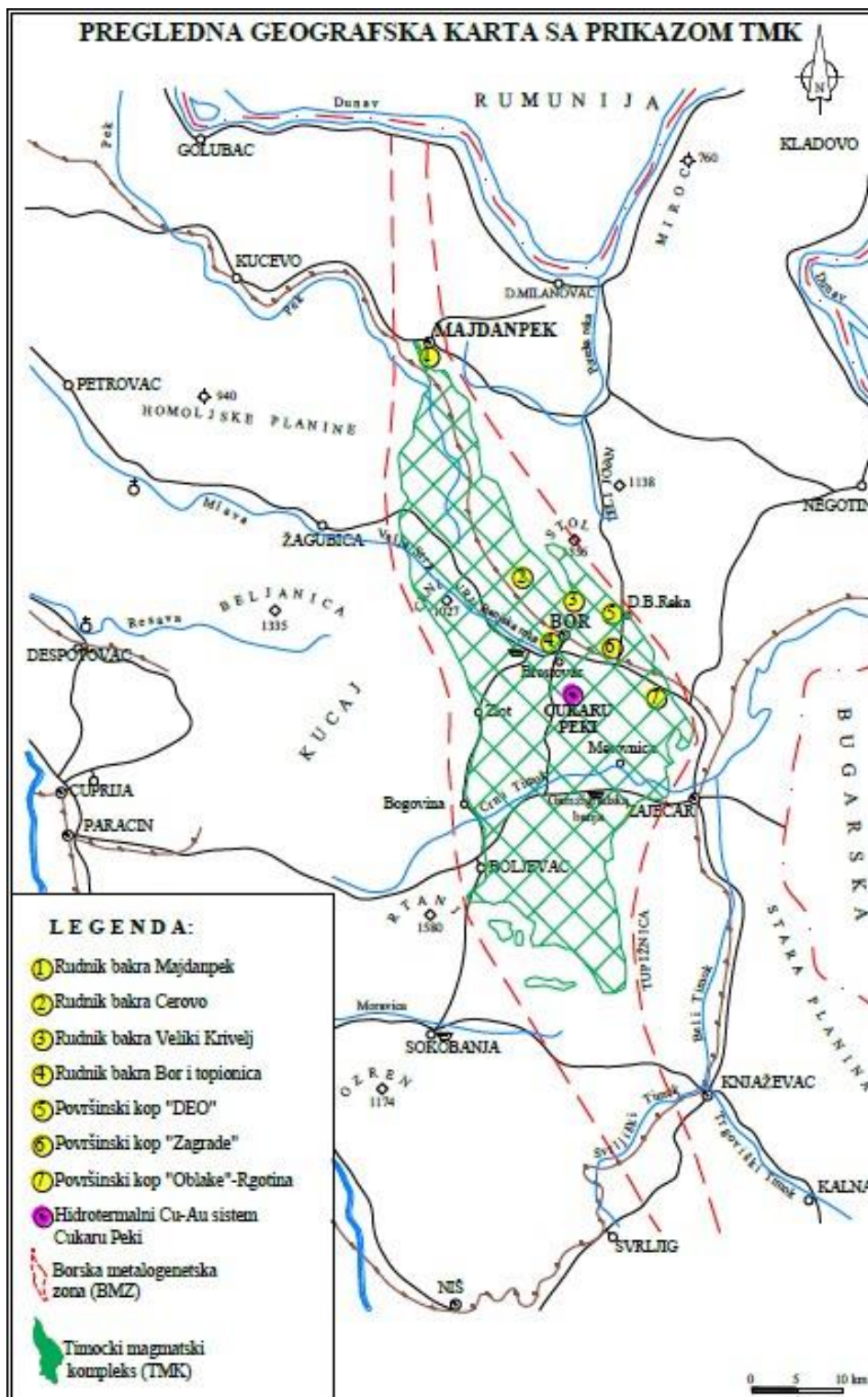


*Slika 1. Geografski položaj Istočne Srbije (RARIS- Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije).*

Područje Bora kao i njegova okolina su brdsko-planinskog tipa. Teren je razuđen, sa jedne strane se ističu planinski grebeni a sa druge doline brojnih vodotokova i klisure. Srednja nadmorska visina područja je oko 500 m. Najveći deo šire okoline istraživanog područja, na severu izgrađuju krečnjački planinski



venci masiva Velikog Krša (1148 m), Malog Krša (644 m), Stola (1156 m) i Golog Krša (887 m) . Ka jugu se pružaju sve do Rgotskog kamena (Slika 2).



Slika 2. Pregledna geografska karta sa prikazom TMK (Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor).

Teren u neposrednoj blizini istraživanog područja je razuđen, ispresecan dolinama i kanjonima rečica i potoka, sa čestim jarugama. Dominantni vrhovi su:

na severu Čoka Vinjilor (420 m) ; na severozapadu Čoka Nica (410 m) ; na severoistoku Rukjavica (372 m) ; na jugoistoku i jugozapadu su Kulme (430 m) i Dumbava (369 m) ; na jugu Dubrava (310 m), Rđava Kosa (311 m).

Glavni vodotokovi na širem području istraživanog područja teku približno pravcem SSZ-JJI. Pripadaju slivovima Crnog Timoka i Bele reke.

Klima na području Bora je umereno kontinentalna, sa kratkim, toplim letima i ostrim zimama. Padavine su jedne od najvažnijih klimatskih elemenata, koji imaju najveći uticaj na odvodnjenost terena.

### 3 PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Prva dokazi o istraživanju i eksploataciji bakra i zlata u okviru ovih delova terena datiraju još iz staroantičkog i rimskog doba.

Prvi pisani podaci o geološkoj građi i mineralnim sirovinama Bora i okoline, nalaze se u radovima sledećih autora: Breithaupt (1860., 1861), Pančić (1876), Tietze (1870), Žujović (1888-1889, 1893, 1900), Cvijić (1893, 1904), Petković (1935), Antonijević (1957, 1959), Drovenik (1953, 1959-1961, 1966, 1968, 1983), Drovenik., Antonijević I dr. (1962, 1967)

Savremena geološka istraživanja na teritoriji Istočne Srbije počinju krajem 19. veka. U Boru je 1903. godine potkopom presečeno rudno telo Čoka Dulkan i iste godine su započeta istraživanja u području Brestovan-Metovnica koja i dalje traju. Detaljnija geološka istraživanja Istočne Srbije započela su 1933. godine izradom geološke karte 1:100000, list Zaječar, a potom kartiranjem Timočkog magmatskog kompleksa 1:50000 i 1:25000 u okviru izrade OGK SFRJ 1:100000. Kasnijih godina su urađene strukturno tektonske karte sa visokim stepenom detaljnosti tektonskih odnosa i geološke građe „TMK“ (Timočkog magmatskog kompleksa), tipova rudne mineralizacije (Antonijević i dr., 1970; Kalenić i dr., 1976).

Koželj (2002) je proučavao fluidne inkluzije na uzorcima kvarca, anhidrita i barita, iz ležišta bakra i zlata ležišta bor.

Bailly et al. (2002) su sprovedi infracrvenu mikrometriju na sulfidnim mineralima iz visokosulfidacionog dela epitermalne zone Borskog ležišta.

Lerouge et. al. (2005) su na osnovu proučavanja odnosa izotopa sumpora u alunitu i piritu izračunali da je temperatura formiranja mineralizacije u rudnom telu Tilva Roš bila 307 stepeni.

Jelenković et. al. (2006) su proučavali metalične mineralne resurse Borske metalogenetske zone.

Banješević et. al. (2010) uradio je analizu gornjokrednog Timočko magmatskog kompleksa. Izdvojili su veći broj formacija čije odnose su prikazali na geološkoj karti razmere 1 : 50 000.

Pačevski (2011) radio je analize rudnih minerala u okviru Borske metalogenetske zone

Mladenović i dr. (2014) uradili su strukturno tektonsku analizu na osnovu satelitskih snimaka.

Toljić (2016) je interpretirao tektonski sklop i potpovršinsku geološku građu područja Čukaru Peki.

Vasić (2016) je proučavao sedimentne jedinice u domenu ležišta Čukaru Peki kao i šire okoline ležišta.

Sillitoe et. al. (2017) uradio je geološki model ležišta Čukaru Peki.

Bosić (2019) uradila je „biblioteku“ uzoraka stena iz istraživanih područja.

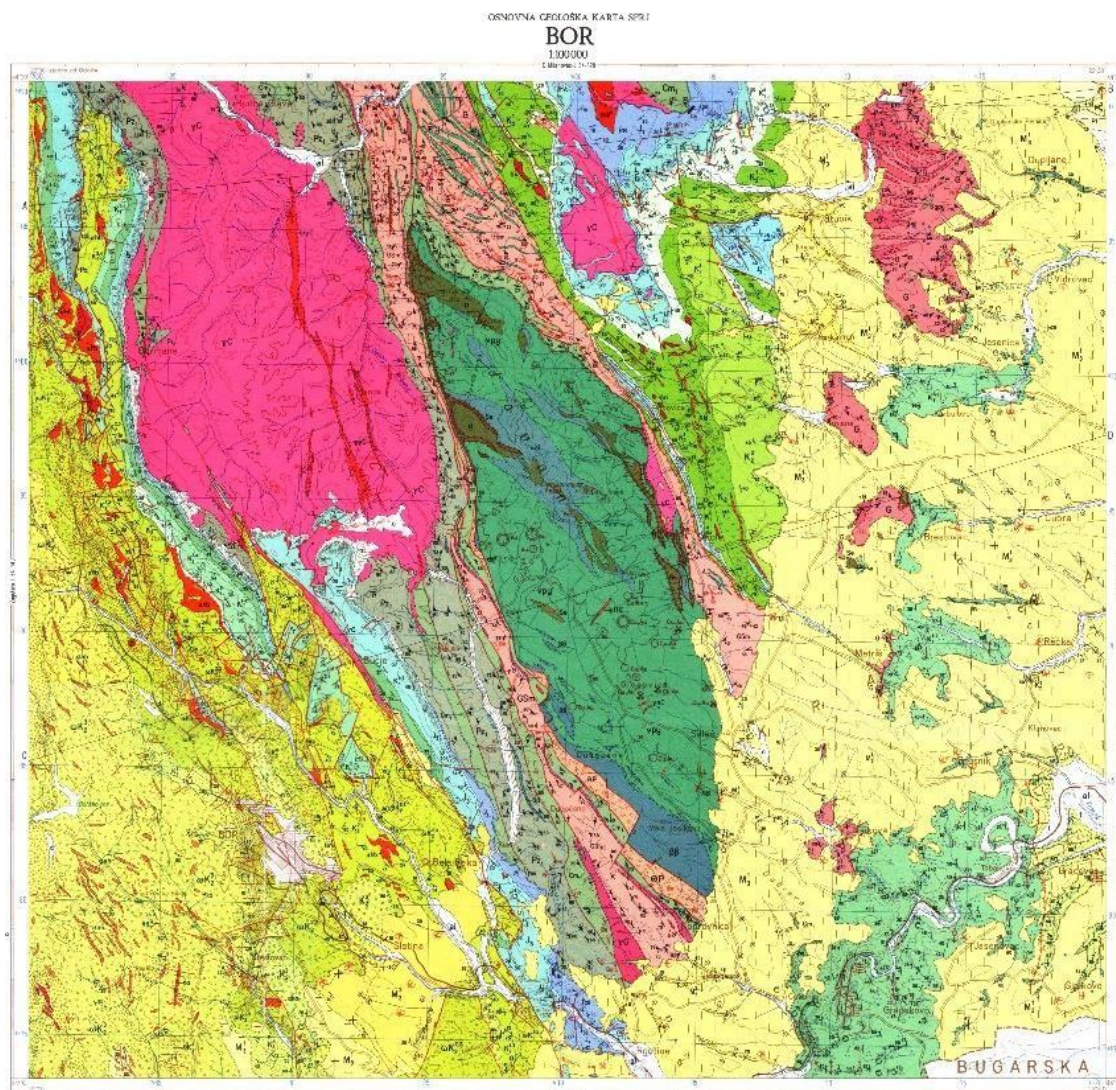
Banješević i dr. (2019) pisali su o novim shvatanjima i zaključcima u okviru mineralizacije Borske metalogenetske zone.

Klimentyeva et al., (2020) su prezentirali rezultate proučavanja masivnog sulfidnogrudnog tela visoke sulfidacije u porfirnom sistemu Bor-Srbija.



## 4 LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA OKOLINE BORA

Šira okolina Cu-Au ležišta Čukaru Peki Gornja zona, izgrađena je od stena različite starosti i sastava OGK Bor (Antonijević i saradnici, 1966) (Slika 3). Najzastupljene su stene rifej-kambrijumskog kompleksa i kambrijuma, paleozoika, mezozoika, neogena i tvorevine kvartara.



Slika 3. Geološka karta, list Bor (Antonijević i saradnici, 1966).

### 4.1 Tvorevine proterozojske i starijepaleozojske starosti

Protoreozojske ili staro paleozojske stene su najstarije stene u Karpatobalkanidima. To su gnajsevi, mikašisti, kvarciti, migmatiti, retko mermeri,

amfiboliti i eklogiti metamorfisani u uslovima amfibolitske facije. Smatra se da su primarne stene od kojih su nastali bile klastični marinski sedimenti: peščari, alevroliti, glinci i malo karbonati u koje su bili sinhronizirani bazični dajkovi od kojih su nastali amfiboliti i retko eklogiti.

Gnajsevi i mikašisti su najzastupljenije stene u kristalinu. Izgrađene su od alkalnog feldpata, ortoklasa, retko mikrolitina, biotita, muskovita i kvarca. Od karakterističnih metamorfnih minerala uočeni se granati, disten, silimanit, korund. U amfibolitima i retkim eklogitima ima prelaznog i bazičnog plagioklasa, hornblende, piroklsena i granata (Marinković i saradnici, 2021).

## **4.2 Tvorevine rifejske i kambrijumske starosti**

Rifeo-Kambrijum je vulkanogeno-sedimentna asocijacija stena nastala linearnim raskidanjem i razlamanjem kristalastog fudamenta kada je stvoren eugeosinklinalni prostor u kome se taloženi fino-zrni klastiti (peščari, alevroliti, glinci), malo karbonati uz istovremeno izlivanje bazičnih i kiselih stena (spiliti, keratofiri, kvarkeratofiri) i njihovih piroklastita koje su metamorfisane u uslovima facije zelenih škriljaca. Smatra se da su navedeni procesi završeni pre gornjeg dela srednjeg Kambrijuma.

Rifeo-Kambrijum je predstavljen serijom zelenih stena. To su hloritski, hloritsko albitski, hloritsko epidotski i sericitski škriljci (filiti) itd. koji zbog prisustva hlorita i epidota imaju karakterističnu zelenu boju.. Transgresivno ili tektonski leže iznad stena kristalina. Metamorfisani su u faciji zelenih škriljaca (temperature oko 400°C, pritisci 3-5 kBar, retko više), znatno nižeg stepena metamorfizma u odnosu na kristalin. Smatra se da je metamorfizam uzrokovan kaledonskom orogenezom (Marinković i saradnici, 2021).

## **4.3 Tvorevine devonske starosti**

U istočnim delovima Karpat-Balkanida (Stara Planina-Poreč) u donjem Devonu su intrudovane ili tektonski utisnute velike mase piroksen-olivinskog gabra, piroksenskog gabra i dijabaza Deli Jovana (406 mil.god) i Zaglavka (388 mil.god.) koje ukazuju na postojanje, otvaranje okeanskog prostora. Gabro Deli

Jovana je u istočnom delu u tektonskom kontaktu sa kristalinom, najvećim delom gnajsevima i mikašistima (Marinković i saradnici, 2021).

#### **4.4 Tvorevine jurske starosti**

Od mezozojskih sedimenata na širem prostoru analiziranog područja registrovani su sedimenti jure i krede. Mezozoik leži transgresivo preko paleozoika i počinje donjolijaskim konglomeratima i pešćarima. Lijas je kontinentalan, po tipu greštenske facije. Po sastavu to su kvarcni konglomerati, srednje i krupnozrni arkozni pešćari, laporaci i glinaci sa gipsom i proslojcima uglja. Od fosila sadrže najčešće brahiopode, školjke sa debelom ljušturou (Posidonije), belemnite i amonite. Javlja se na prostoru između Rgotine i Golog Krša.

Doger leži konkordantno preko lijasa. U srednjoj juri bila je jedna od najvećih transgresija u Karpato-Balkanidima. Prvo se talože plitkovodni sedimenti, a sa tonjenjem prostora i dubokovodni. Doger počinje kvarcnim pešćarima i konglomeratima i peskovitim, mestimično sa gvožđevitim i oolitičnim krečnjacima sa amonitskom faunom.

U gornjoj juri usled otvaranja getskog i mezijskog domena je značajna diferencijacija basena. Talože se sedimenti malma koji imaju najveće rasprostranjenje. Od stena javljaju se slojeviti i bankoviti krečnjaci, ređe dolomiti. Na osnovu faune i superpozicije izdvojeni su: oksfordski i kimeridžski i titonski kat.

Oksford i kimeridž su slojeviti i bankoviti krečnjaci u kojima se, u nižim delovima, javljaju tanki proslojci i sočiva rožnaca. Stene su taložene u dubokovodnoj sredini. Titon je predstavljen bankovitim krečnjacima sa koralima, nerineama od kojih je izgrađen i prostrani plato Rgotkog kamena i Golog Krša. Stene su taložene u plitkovodnoj sredini (Marinković i saradnici, 2021).

#### **4.5 Tvorevine kredne starosti**

Tvorevine kredne starosti su predstavljene sedimentima donje i gornje krede. U gornjoj kredi izlivena su vulkanske i piroklastične stene andezitskog sastava stvarajući Timočki magmatski kompleks.

Donja kreda je predstavljena sedimentima valendinskog kata koji leži preko

titonskih krečnjaka. To su slojeviti i bankoviti krečnjaci valendina i otrivadebljine 100-150 m sa oskudnom mikrofaunom: miliole, pseudociklamine, tekstularije. Veliki deo ovih sedimenata je erodovan. Preko njih leže, barem i apt u urgonskoj faciji i javljaju se isključivo u Timočkoj eruptivnoj oblasti na području Golog Krša, zatim, Velikog Krša i Malog Krša. To su slojeviti do masivni krečnjaci sive do tamno sive boje debljine od 50 do 150 m. Na prostoru Golog Krša ove stene su erodovane.

Konglomerati, peščari i glinci alba javljaju se u Timočkoj oblasti i miročkom antiklinorijumu. U Timočkoj oblasti leže transgresivno preko urgonskih krečnjaka sa orbitolinama a preko njih su sedimenti cenomana. Mestimično su probijeni gornjokrednim andezitima. Predstavljeni su konglomeratima, tamnozelenim glaukonitskim peščarima, ređe gvoždjevitim peščarima.

Gornja kreda istočno i južno od sela Donja Bela Reka predstavljena je turonskim i senonskim sedimentima; cenoman nije potpuno dokazan.

Turon i senon se u donjem delu javljaju u klastičnoj faciji: konglomerati, peščari koji prelaze u peskovite krečnjake, laporce, laporovite krečnjake i glinace koji se naizmenično smenjuju sa andezitima i piroklastitima koji se javljaju u izlivima i žicama debljine do 20 m, a dužine su i do 2 km. U najnižim delovima preovlađuju trahiti, a u višim bazaltne stene. Pored ovih stena javljaju se i andezitii andezitbazalti, dok su daciti retki. Senon i gornji turon su u timočkoj oblasti faunistički dokazani. Sedimenti počinju bazalnim konglomeratima koji leže na donjokrednim sedimentima. Preko njih su laporci i peščari sa klastima vulkanita.

Istovremeno sa gornjekrednim sedimentima javlja se intenzivna tektonska, a nakon nje vulkanska aktivnost, odnosno, stvara se Timički magmatski kompleks (TMK), složenog litološkog sastava i građe. Izdvojene su tvorevine tri faze vulkanske aktivnosti, kao i produkti intruzivne magmatske aktivnosti, produkti intenzivne hidrotermalne alteracije i različite kontaktno-metasomatski izmenjene stene. Magmaška aktivnost je dokumentovana u periodu od ~89 do ~77 miliona godina. Intruzivne stene se postepeno razvijaju u nizu od starijih stena, lokalizovanih u istočnom obodu kompleksa, ka mlađim stenama u zapadnom delu (Kolb et al., 2013; Gallhofer et al., 2015).

Stene I vulkanske faze se nalaze u severozapadnim, severnim i pretežno u



severoistočnim obodnim delovima Timočkog magmatskog kompleksa. To su andeziti (hornblenda-biotitski, timociti i mandolasti piroksen-andeziti) i podređeno daciti (hornblenda-biotitski).

Tvorevine II vulkanske faze su nastale u periodu posle relativnog smirivanja magmatske aktivnosti, nakon I faze, kad je došlo do deponovanja sedimentne serije predstavljene pelitima i konglomeratima. Prostorno su pretežno razvijene zapadno od tvorevina I vulkanske faze i prateće vulkanogeno-sedimentne serije (pelita i konglomerata). Imaju veliki udeo piroklastičnog materijala (preko 90%). Odsustvo vulkanogeno-sedimentne serije (pelita i tufova) ukazuje da vulkanizam II faze nije bio isključivo submarinski. Izgrađuju centralne i zapadne delove TMK. Pretežno su to piroklastične vulkanske stene andezitskog sastava (piroksen-, piroksen-hornblenda- i hornblenda-andeziti), ređe trahitskog (albitski trahiti), pri čemu preovlađuju piroksen-andeziti. Tvorevine II vulkanske faze formirane su iz kalk-alkalnih magmi siromašnih vodom i zasićenih silicijom. Prema Niglijevoj klasifikaciji, odgovaraju leukogabroidnim i leukomonconitskim magmama. Zbog povišenog prisustva bazičnog plagioklasa nazvani su i andezit-bazaltska asocijacija.

Vulkaniti III vulkanske faze najmanje su rasprostranjeni, a zastupljeni su na jugu i jugozapadu Timočkog magmatskog kompleksa i znatno manje na drugim lokalitetima. Predstavljani su latitima i u znatno manjoj meri trahit-bazaltima. Zbog preovlađujućeg učešća latita vulkanske stene ove faze nazvane su latitska asocijacija stena. Prema Niglijevoj klasifikaciji odgovaraju monconitskim, leukomonconitskim i monconit dioritskim magmama.

Uporedo sa vulkanskom aktivnošću, u tvorevine TMK su u subvulkanskom i hipoabisalnom nivou utisnuti brojni dajkovi, kao i manje intruzije, čiji je petrohemijski sastav ekvivalentan piroklastičnim i efuzivnim vulkanskim tvorevinama. Ukupna površina koju zauzimaju intruzivne stene u Timočkom magmatskom kompleksu je oko 16 km<sup>2</sup>, pri čemu oko 14 km<sup>2</sup> zauzima granitoidni kompleks Valja Strž. Hemijski karakter magmi koje su dale ove intruzivne stene varira od silicijom zasićenih do prezasićenih magmi, kalk-alkalnog do kalijskog karaktera, sa promenljivim sadržajem kalcije. Dublje facije intruzija se odlikuju povećanim sadržajem alkalija u odnosu na kalciju, pri čemu je  $K_2O > Na_2O$ , a

sadržaj silicije povećan. Prema Niglijevim parametrima, intruzivi odgovaraju kavrcdioritskom, monconit-lamprodioritskom i moncodioritskom tipu magme.

Karakteristično obeležje Timočkog magmatskog kompleksa su ekstenzivno i intenzivno razvijene facije hidrotermalnih alteracija (biotitizacija, feldspatizacija, sericitizacija, pirofilitizacija, silifikacija, alunitizacija, kaolinizacija, epidotizacija, hloritizacija, kalcifikacija, sulfatizacija i zeolitizacija). Nastale su u fizičko-hemijskim reakcijama hidrotermalnih fluida sa okolnim stenama. Zahvataju površinu od oko 164 km<sup>2</sup> i imaju najveće rasprostranjenje na prostoru Crnog Vrh. Od toga, površina izmenjenih stena prve vulkanske faze iznosi oko 27 km<sup>2</sup>, druge vulkanske faze oko 125 km<sup>2</sup>, a stena treće vulkanske faze oko 12 km<sup>2</sup> (Janković, 1990).

Glavni pravci delovanja hidrotermalnih rastvora su vezani za longitudinalne rasede, koji su predstavljali i osnovne puteve utiskivanja subvulkanskih intruzija.

Intruzivne breče su interesantne kao prostori povećanog permeabiliteta za koje je često vezana rudna mineralizacija, posebno bakra i zlata. Izdvojene su dve osnovne grupe breča: 1) intruzivno-vulkanske breče i 2) hidrotermalno-intruzivne breče.

Intruzivno-vulkanske breče obuhvataju: intruzivne breče koje se vezuju za početak intruzivne aktivnosti i obično prethode stvaranju porfirne mineralizacije bakra, dok su vulkanske breče formirane dezintegracijom stena, praćenom stalnim ubacivanjem novih količina efuzivnih materijala u subaerskim i subakvalnim uslovima.

Hidrotermalno-intruzivne breče obuhvataju: magmatsko-hidrotermalne uočene u neposrednoj okolini dajkova kvarcdiorit-porfirita na prostorima porfirne mineralizacije bakra Borske Reke i Velikog Krivelja; freatomagmatske breče konstatovane u istražnom području Čoka Kuruga, gde je, najverovatnije, došlo i do formiranja "blatnog" vulkana koji je egzistirao u dužem vremenskom periodu i freatske breče nastale usled eksplozija gasa.

Mermeri, skarnovi i korniti se javljaju na kontaktu intruziva sa okolnim, sedimentnim, delom o metamorfnim stenama. Mermeri i skarnovi vezani su za kontakte sa karbonatnim stenama, a korniti sa laporcima i filitima (Marinković i saradnici, 2021).

## 4.6 Tvorevine neogene i kvartarne starosti

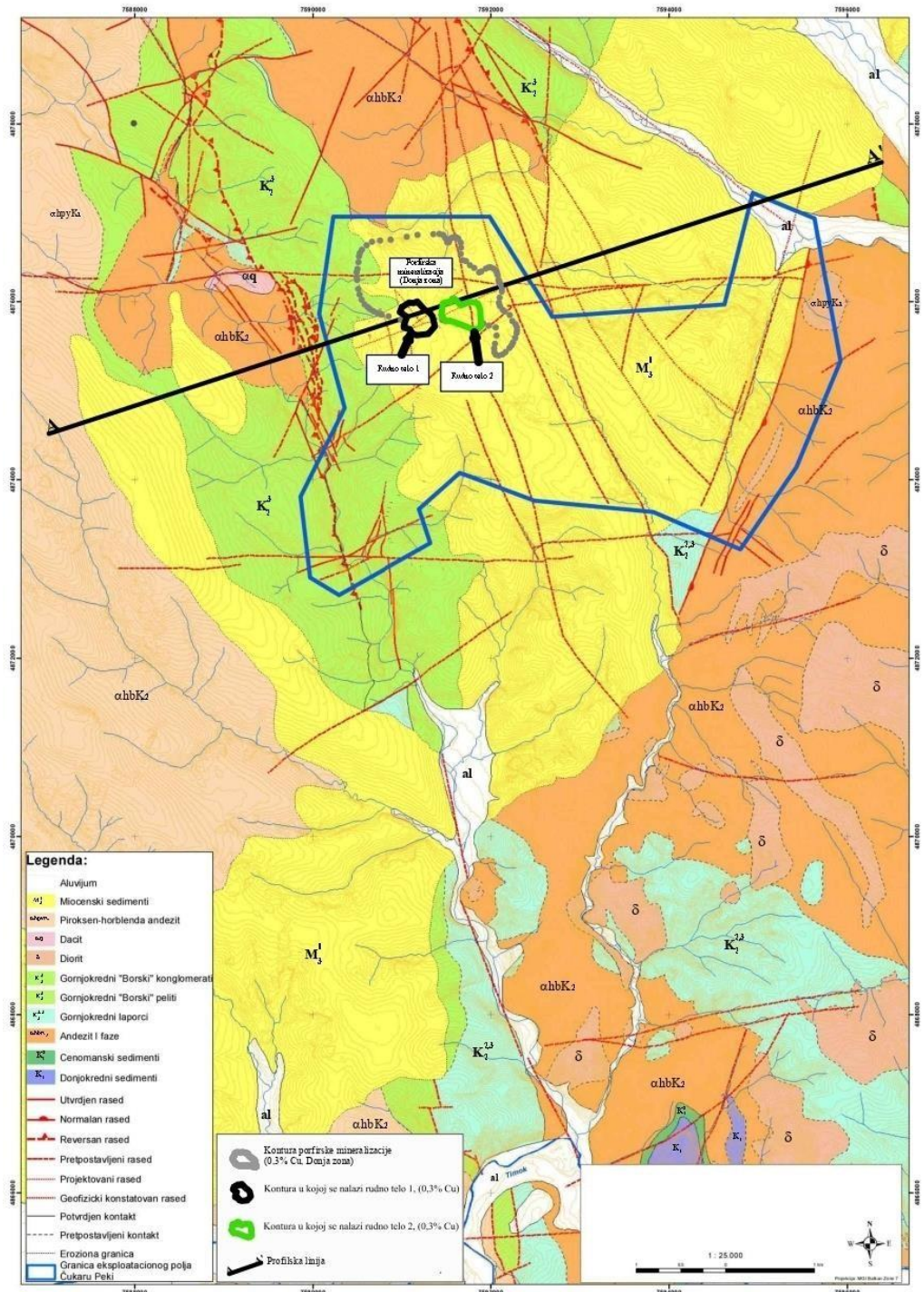
Neogen je predstavljen sedimentima miocena. Badenski sedimenti leže preko borskih konglomerata, peščara, laporaca i vulkanoklastita. Razvijeni su u marinskoj faciji, delom i brakičnoj. To su slabo vezani konglomerati i peščari, šljunkovi, peskovi igline, sa bogatom faunom.

Gornji miocen je izgrađen od peskova, slabo vezanih konglomerata i peščara; javlja se oko sela Rgotine, dok sedimenti sarmata (peščari, gline, peskovi i šljunkovi) leže konkordantno preko tortona ili transgresivno preko krede.

Kvartar čine eluvijalno–deluvijalni sedimenti, izvorski sedimenti (bigar) i aluvijalni nanosi kao i tehnogena nagomilanja nusprodukata od intenzivnog rudarenja i prerade rude (Marinković i saradnici, 2021).

## 5 LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA PODRUČJA ČUKARU PEKI

Opšti prikaz i međusobni odnosi geoloških jedinica ležišta Čukaru Peki i šire okoline borskih ležišta dat je na geološkoj karti izučavanog područja (Slika 4).



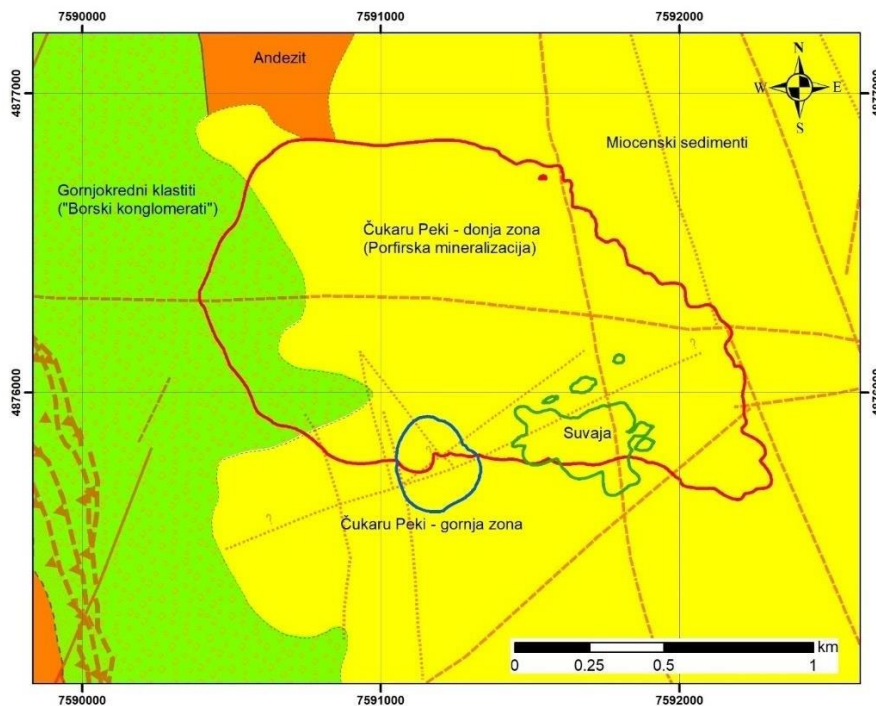
Slika 4. Geološka karta šireg područja ležišta Čukaru Peki (Toljić, 2016; modifikovano Seria Zijin Mining, 2021).

Starija formacija gornjokrednih sedimenata, vulkanita i vulkanoklastita je

otkrivena istočno od ležišta Čukaru Peki. Preko paleozojskih klastita transgresivni su litološki heterogeni klastično-karbonatni sedimenti donje jure, ukupne debljine oko 320 m (Vasić, 2015). Njihovu konkordantnu povlatu grade dogerski peščari i krečnjaci debljine oko 30 m, a iznad njih malmski krečnjaci debljine oko 320 m. Konkordantno u geološkom stubu, slede neokomski slojeviti i bankoviti krečnjaci debljine do 150 m, a preko njih je urgonski karbonatni kompleks slične debljine. Transgresivnu povlatu grade formacije alba i donje krede. Tanak paket bazalnih konglomerata prekrivaju tamnozeleni glaukonitski peščari i gvožđeviti peščari. U povlati pomenutih geoloških jedinica se nalaze konkordantni sedimenti cenomana. Tokom terenskih istraživanja litološki slični klastiti su pronađeni u domenu raseda Brestovačke reke (u daljem tekstu, BRF). U istočno vergentnoj reversnoj strukturi, „izvučeni” su iz podine i tektonski inkorporirani u sedimente gornje krede, faunistički dokazani sedimenti i glaukonitski peščari koji litološki izgledaju kao albski. Prisustvo pomenutih sedimenata ukazuje na složena horizontalna tektonska kretanja po BRF. Ukupna debljina albskih sedimenata je 30-60 m.

Cenomanski sedimenti su izdvojeni u konkordantnoj povlati albskih sedimenata. Iznad njih se nalaze sedimenti, vulkaniti i vulkanoklastiti gornje krede. Litološki to su laporoviti glinci, peščari i laporoviti peščari debljine do 50 m. Ova jedinica je kao zasebna izdvojena na profilima u istočnom i jugoistočnom delu istraživanog prostora, dok je u centralnim, zapadnim i severnim domenima grafički dodata povlatnim sedimentima i vulkanoklastitima (Slika 5).

Iznad pomenutih jedinica, posmatrano u vertikalnom profilu, na istočnoj i jugoistočnoj periferiji, konkordantno je razvijena vulkanogeno-sedimentna asocijacija stena izgrađena od sedimenata, vulkanita i vulkanoklastita; ona na periferiji rova ima relativno malu debljinu od oko 300 m. Idući ka zapadu debljina ove formacije se značajno povećava i litološki se menja učešće litoloških jedinica u njenom sastavu. U strukturi formacije prevladavaju vulkaniti andezitskog sastava i njihovi vulkanoklastiti, a u manjoj meri u njima se nalaze sočiva sedimenata pretežno laporovitog sastava. Ova jedinica je dobro istražena i u njenim vulkanitama je formirana Cu-Au rudna mineralizacija, odnosno ležište Čukaru Peki.



Slika 5. Položaj i međusobni odnosi projektovanih kontura Rudnog tela 1 (masivno-sulfidno), Rudnog tela 2 (štokverkno impregnaciono do semi masivno-sulfidno) i Donje, porfirske zone (Rakita, 2016).

## 5.1 Formacije gornje krede

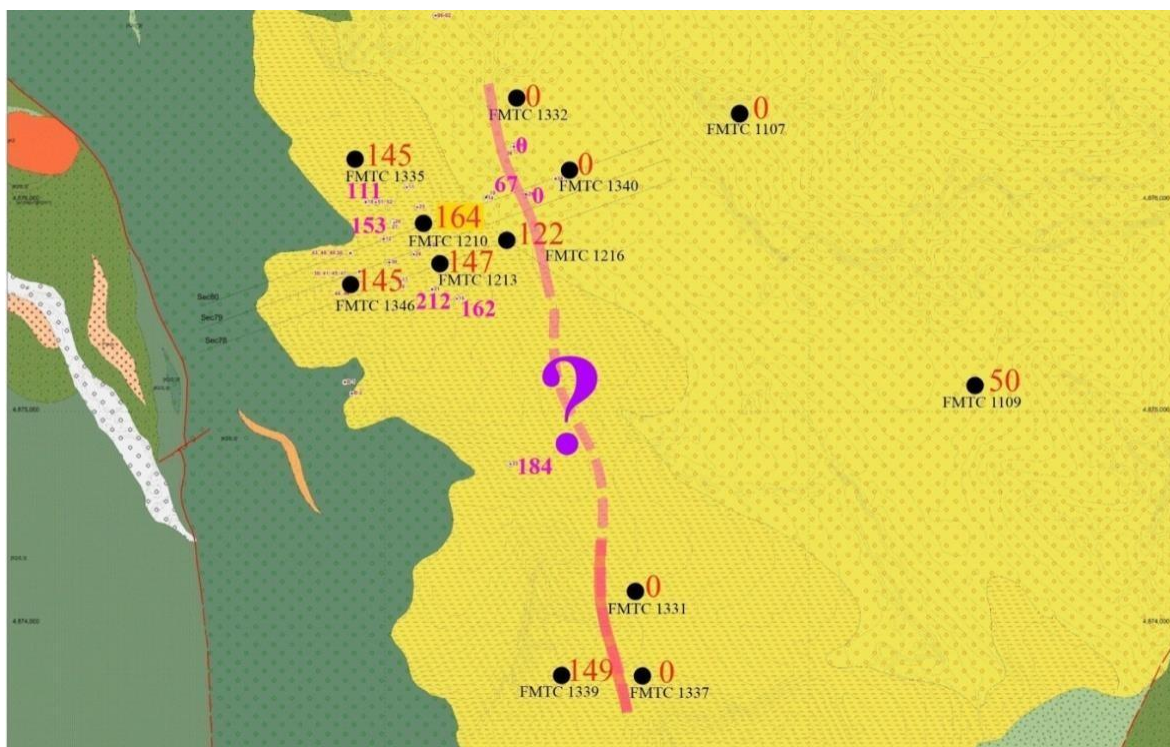
U okviru jedinica gornjokredne starosti mogu se izdvojiti sledeće jedinice. Jedinica „Laporaca gornje krede“, jedinica „Borski klastiti“ kao i jedinica „Andezita“.

## 5.2 Laporci gornje krede

Jedinica „Laporci gornje krede“ nabušena je sa bušotinama koje su postavljene uz zapadnu marginu tercijarnog basena kao i sa bušotinom FMTC 1109 koja je najistočnija. Nabušene debljine uz zapadnu marginu tercijarnog basena su u okvirima 67-212 metara, a u FMTC 1109 50 metara (Slika 6). Jedinica leži preko andezita i njegovih vulkanoklastita. Povlata subjedinice „Borski klastiti“ ili, „Miocenski fino-zrni klastiti i laporci“ (Vasić, 2015).

Laporci su stratifikovani u veoma tanke (1-8 cm) i tanke (8-15 cm) slojeve (Slika 7). Retko se mogu naći i slojevi debljine od 15-30 cm. Viši oblik organizacije su paketi sa debljinama od par desetina cm pa do par metara. Redovno imaju, manje ili više, naglašenu horizontalnu laminaciju.





*Slika 6. Bušotine sa kojima je nabušena jedinica laporaca gornje krede i nabušene debljine jedinice. Povučena linija je pretpostavljeno prostiranje jedinice na istok (Vasić, 2015).*

Boja im je u tonovima sive, sivo-zelene ili smeđe sive. Redovno su prisutni manji paketi (par metara) laporaca u tonovima crvene boje. Paketi crvenih laporaca se nalaze u različitim delovima stuba ove jedinice ali su najučestaliji u bazalnom delu (Slika 8).



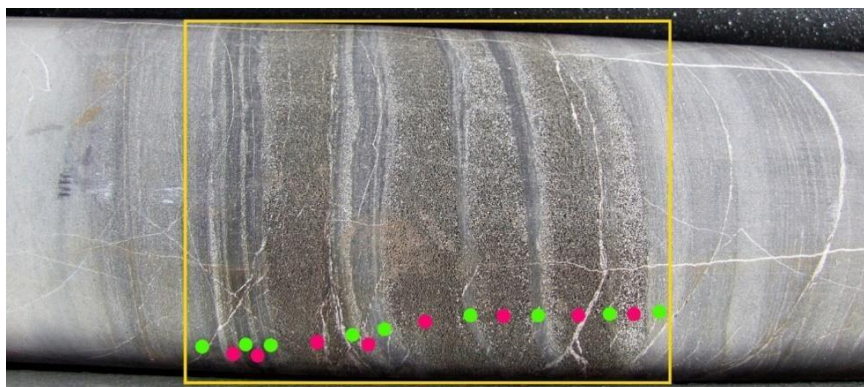
*Slika 7. Tipski izgled sivih laporaca. Strelice pokazuju površi slojevitosti. Bušotina FMTC 1109 (Vasić, 2015).*

Laporci redovno imaju lamine i tanke slojeve peščara. Lamine i slojevi mogu biti usamljeni ili grupisani. Grupisane lamine daju setove, a slojevi male

pakete (Slika 9). U pojedinim slojevima može biti manje ili više naglašena gradacija. Prisutna gradacija ukazuje na transport pridnenim tokovima, u ovom slučaju, niske energije i finu granulometrijsku diferencijaciju (Vasić, 2015).



*Slika 8. Crveni laporci na početku jedinice u bušotini FMTC 1109 (Vasić, 2015).*



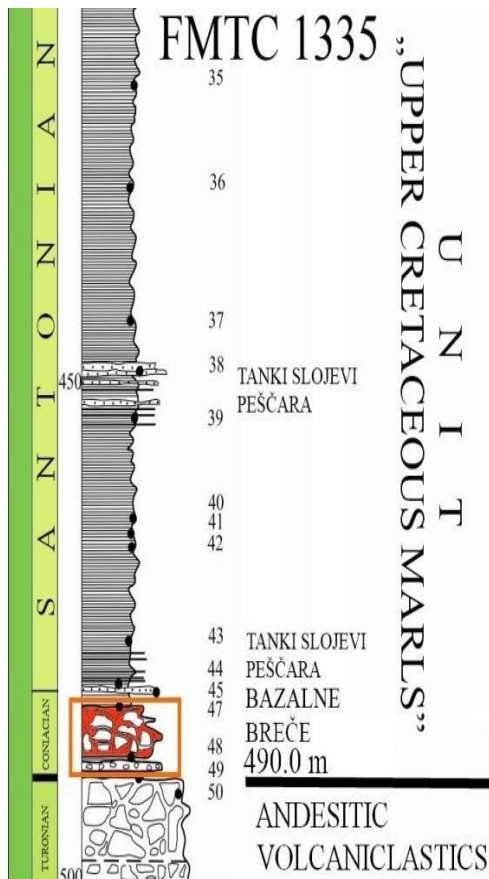
*Slika 9. Grupisani slojevi peščara u laporcu. Ljubičaste tačke obeležavaju veoma tanke slojeve peščara, a zelene veoma tanke slojeve ili debele lamine sivih laporaca. Bušotina FMTC 1335 (Vasić, 2015).*

Jedinica laporaca može početi bazalnim gruboklastitima (FMTC 1213, 1335, 1339, 1346 –Slika 10), paketima u kojima se smenjuju laporci i slojevi klastita (FMTC 1216 -Slika 11) ili samo laporcima (FMTC 1109). Priroda bazalnog dela jedinice tj. njena petrologija zavisila je od blizine margine basena i energije sistema koji je unosi terigeni materijal na početku razvića basena.

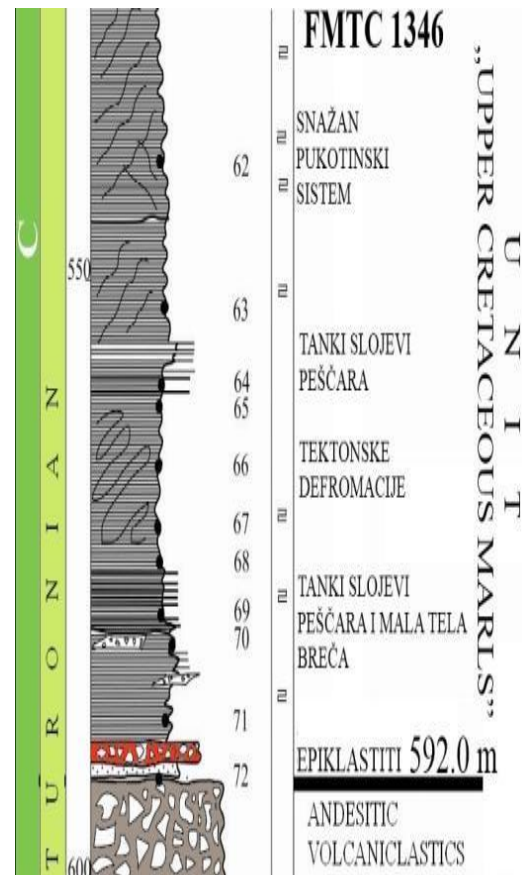
Bazalni gruboklastiti su izgrađeni od andezitskih fragmenta „zalivenih“ crvenim laporcima (Slika 11). Oni mogu biti debeli više metara, pa i preko 20. Navise, su paketi u kojima se smenjuju laporci i slojevi peščara različite granulometrije. Bazalni gruboklastiti su monomiktini tj.izgrađeni su samo od andezitskih fragmenta ili fragmenata andezitskih vulkanoklastita. Fragmenti su u cm i dm opsegu veličina. U pojedinim bušotinama fragmenti su od hornblenda andezita poznatih kao timociti. Laporoviti matriks petrološki odgovara



fosilifernim mikritima ili biomikritima (Vasić, 2015).



*Slika 10. Bazalni deo jedinice laporaca u bušotini FMTC 1335 (Vasić, 2015).*



*Slika 11. Bazalni deo jedinice laporaca u bušotini FMTC 1346 (Vasić, 2015).*

Petrologija pešćara iz jedinice „Laporci gornje krede“ određena je izvoromodakle je pristizao klastični materijal. Prema glavnim petrogenim sastojcima izvor klastičnog materijala je bio andezitski kompleks. Ti sastojci su odlomci feldspata i odlomci vulkanskih stena tj. andezita ili njegovih vulkanoklastita. Kvarc, kao uobičajeni petrogeni sastojak kod većine pešćara, u ovima je sveden na minimum. To je takođe, pokazatelj da je glavni resurs bio andezitski kompleks. Bez obzira dali su pešćari prisutni kao lamine ili kao tanki slojevi izdvojene su dve vrste prema Dott-ovoj klasifikaciji (1962). Jedno su arkoze, a drugo su litareniti. Arkoze su pešćari kod kojih matriksa ima manje od 15%, sadržaj feldspata je preko 25% i uvek je veći od sadržaja odlomaka stena. Litareniti su pešćari kod kojih je sadržaj matriksa manji od 15%, sadržaj odlomaka stena je preko 25% i uvek je veći od sadržaja feldspata.

Petrološkim ispitivanjima laporci gornje krede su definisani kao fosiliferni mikriti i biomikriti. Ovake odrednice ukazuju na manje ili veće prisustvo organogenog alohema. On je prevashodno od ljušturica pelaških mikroorganizama. U pojedinim uzorcima sadržaj organogenog alohema je i do 30%.



Slika 12. Stratigrafski opseg u jedinici „Laporci gornje krede“ na istraživanom prostoru i njeno vertikalno razviće. 1 – predpostavljeni prostor na kome je počela depozicija jedinice u vreme turona i 2 – predpostavljeni prostor na kome je depozicija jedinice završena u kampanu (Vasić, 2015).

Biostratigrafska proučavanja su pokazala da razviće jedinice “Laporci gornje krede” na ovom prostoru počinje sa turonom. Najmlađi delovi jedinice odgovaraju kampanu. Između su dokazani konjak i santon. Kod pojedinih bušotina izdvojeni su nerasčlanjeni turon-konjak i konjak-santon (Vasić, 2015).

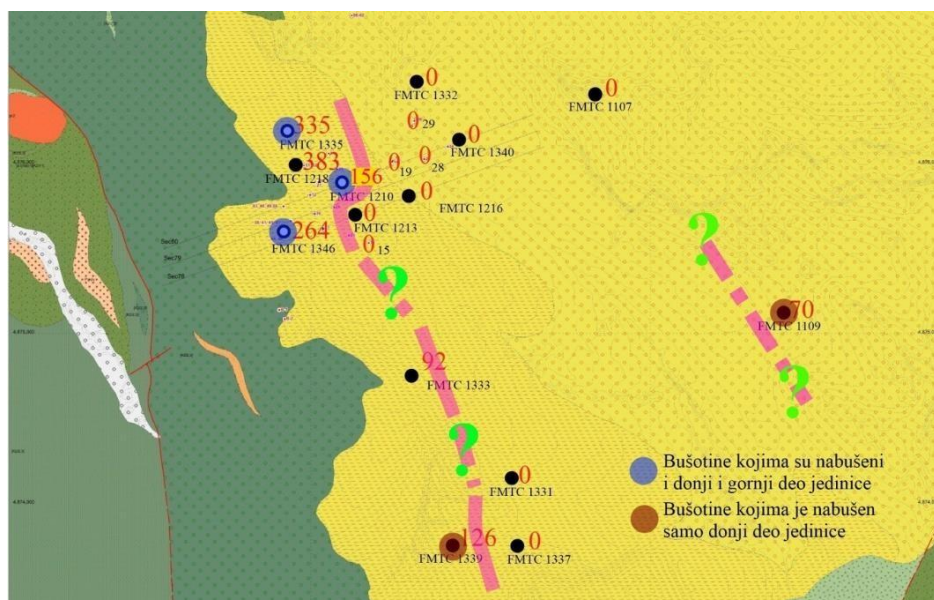
Stratigrafski raspon jedinice “Laporci gornje krede” je od turona pa zaključno sa kampanom. Turon je konstatovan u bušotinama FMTC 1339 i FMTC 1213. U bušotini FMTC 1213 turonu pripadaju laporci iz bazalnog dela jedinice. U bušotini FMTC 1339 ceo stub jedinice je stavljen u turon-konjak. Dakle, najstariji deo jedinice se proteže od bušotine FMTC 1339 ka bušotini FMTC 1213. Najmlađi delovi jedinice, stratigrafski su vezani za kampan (Slika 12, Vasić, 2015).

### 5.3 Jedinica “Borski klastiti”

Jedinica „Borski klastiti“ je nabušena sa bušotinama koje su postavljene uz zapadnu marginu Slatinskog basena, isto kao i jedinica laporaca. To su bušotine FMTC 1335, 1218, 1210, 1346, 1333 i 1339 (Slika 13). Takođe, jedinica je nabušena i sa bušotinom FMTC 1109. Nabušene debljine su od 50 do 383 m.

Sedimentološkom analizom nabušenih stubova jedinice „Borski klastiti“, generalno se izdvajaju DONJI i GORNJI deo. Donji deo jedinice je izdvojen u svih 5 istraživanih bušotina. Gornji deo jedinice je izdvojen u bušotinama FMTC 1210, 1335 i 1346 (Slika 13). Rasčanjivanje je izvršeno na osnovu ukupne litologije tj. vrste i dominacije stena kao i teksturnih osobenosti. Generalna sedimentološka odlika jedince je pogrubljavanje zrna naviše (Vasić,2015). Jedinica „Borski klastiti“ uvek leži preko jedinice „Laporci gornje krede“. Povlata su joj miocenske jedinice. U bušotinama FMTC 1339, 1109 i 1346 povlataje jedinica „Miocenski finozrni klastiti i laporci“, a u bušotinama FMTC 1210 i 1335 jedinica „Miocenski šljunkovi i peskovi“.

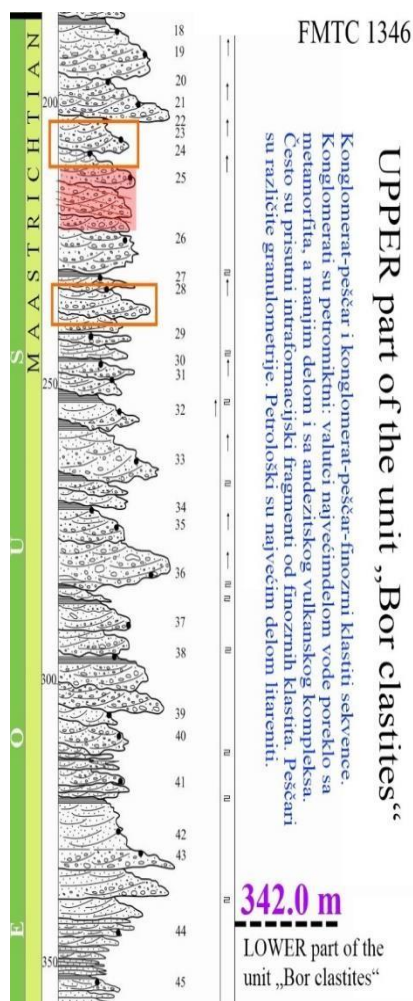
**Gornji deo jedinice “Borski klastiti”**- Sedimentološki, ovaj deo jedinice obeležava zatvaranje ili gašenje gornjokrednog mora. Karakterisike deponata ukazuju na snažan aluvijalni sistem koji je unosio veliku količinu klastičnog materijala. Depozicija je bila vezana za aluvijalne kanale i prateće prudove, po svemu sudeći razvijene na deltnoj površi, bliže ili dalje od delta fronta. Deltni model bi odgovarao konstruktivnoj delti tj. delti koja ima dominaciju aluvijalnog sistema.



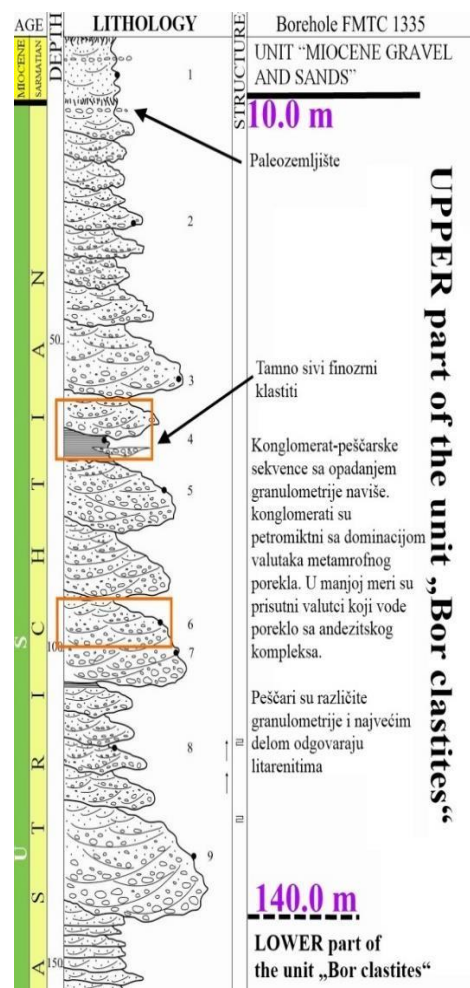


Slika 13. Bušotine sa kojima je nabušena jedinica “Borski klastiti” i debljine jedinice. Povučene linije su pretpostavljeno prostiranje jedinice (Vasić,2015).

Opšta odlika ovog dela jedinice su klastične sekvence tipa konglomerat-peščar (primarno šljunak-pesak), konglomerat-peščar-finozrni klastiti, peščar-peščar i peščar-finozrni klastiti (Slika 14 i Slika 15). Dakle, sekvence mogu biti dvočlane i tročlane.



Slika 14. Konglomerat-peščarske sekvence u gornjem delu jedinice „Borski klastiti“ nabušene bušotinom FMTC 1335 (Vasić, 2015).

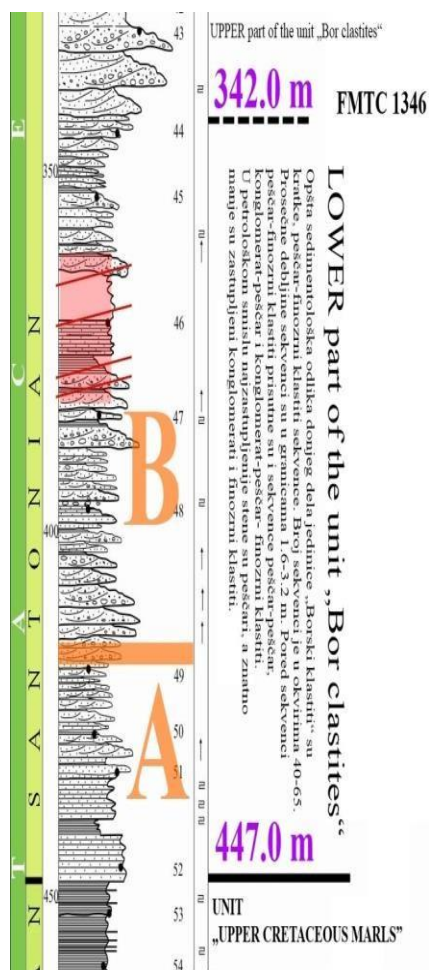


Slika 15. Konglomerat-peščarske sekvence u gornjem delu jedinice „Borski klastiti“ nabušene bušotinom FMTC 1346 (Vasić, 2015).

Kratke ili tanke sekvence su po pravilu peščar-peščar ili peščar-finozrni klastiti. Debele, višemetarske sekvence su konglomerat-peščar ili konglomerat-peščar-finozrni klastiti. Potpune sekvence se uvek završavaju finozrnim klastitima (peliti) tamno-sive do crne boje. Ove stene obično imaju horizontalnu laminaciju ili male setove kose slojevitosti ili laminacije (Vasić, 2015). U stubu ovog dela

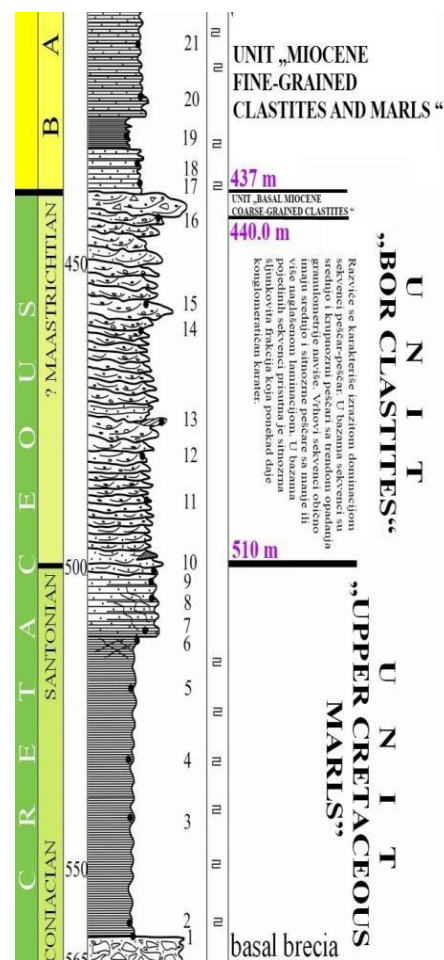
jedinice prisutnije su skraćene sekvence kod kojih izostaju gornji delovi. Gornji ili završni delovi sekvenci su erodovani snagom toka koji daje povlatnu sekvencu. Na erozione procese u toku sedimentacije jedinice ukazuju intra formacijski fragmenti od finozrnih klastita koji su izmešani sa klasičnom šljunkovitom frakcijom (Vasić, 2015).

**Donji deo jedinice „Borski klastiti“**- Donji deo jedinice uvek leži direktno na jedinici „Laporci gornje krede“. U bušotinama FMTC 1210, 1335 i 1346 preko dolaze klastiti gornjeg dela jedinice „Borski klastiti“. U bušotinama FMTC 1109 i 1339 preko leži miocenska jedinica „Finozrni klastiti i laporci“. Nabušene debljine donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ su u okvirima 73-147 m. Opšta sedimentološka odlika donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ su kratke, pešćar-finozrni klastiti sekvence (Slika 16 i 17, Vasić, 2015).



Slika 16- Litološki stub donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ u bušotini FMTC 1346. A – paket sa dominacijom sekvenci tipa pešćar-finozrni klastiti. B – paket sa dominacijom sekvenci tipa pešćar-pešćar.

(Vasić, 2015)



Slika 17- . Litološki stub donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ u bušotini FMTC 1109 (Vasić, 2015).

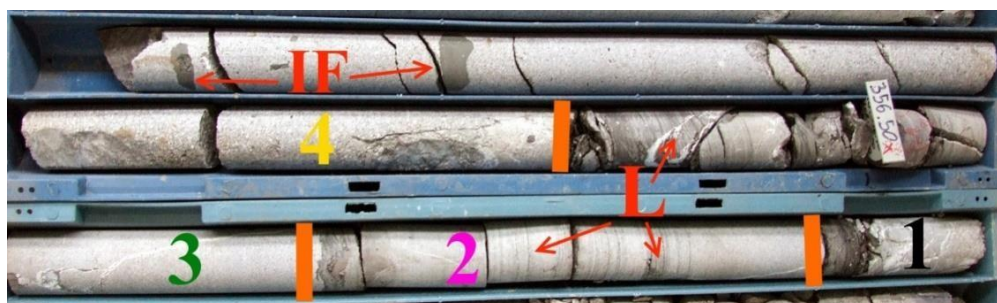
U bazama sekvenci su srednjo i krupnozrni peščari sa trendom opadanja granulometrije naviše. Vrhovi sekvenci obično imaju srednjo i sitnozrne peščare sa manje ili više naglašenom laminacijom. U bazama pojedinih sekvenci prisutna je sitnozrna šljunkovita frakcija koja ponekad daje konglomeratičan karakter (Slika 18) (Vasić, 2015).



*Slika 18. Izgled sekvenci (1, 2, 3 i 4) u razviću donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ nabušenog sa FMTC 1339. Sekvenca 1 je peščar-finozrni klastiti, a sekvenca 2 peščar-peščar. Sekvence 3 i 4 u bazi imaju konglomeratične peščare.*

*Sve sekvence imaju opadanje granulometrije naviše (Vasić, 2015).*

Razviće donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ odlikuje se redovnim prisutvom intraformacijskih fragmenata (plastiklasti) nastalih unutarbasenskim erodovanjem sivih i tamnosivih finozrnih klastita (Slika 19). Njihovo prisustvo je izraženije ili veće u paketima sa dominacijom sekvenci peščar-peščar. To je razumljivo jer je energija transporta za ove sekvence bila snažnija.

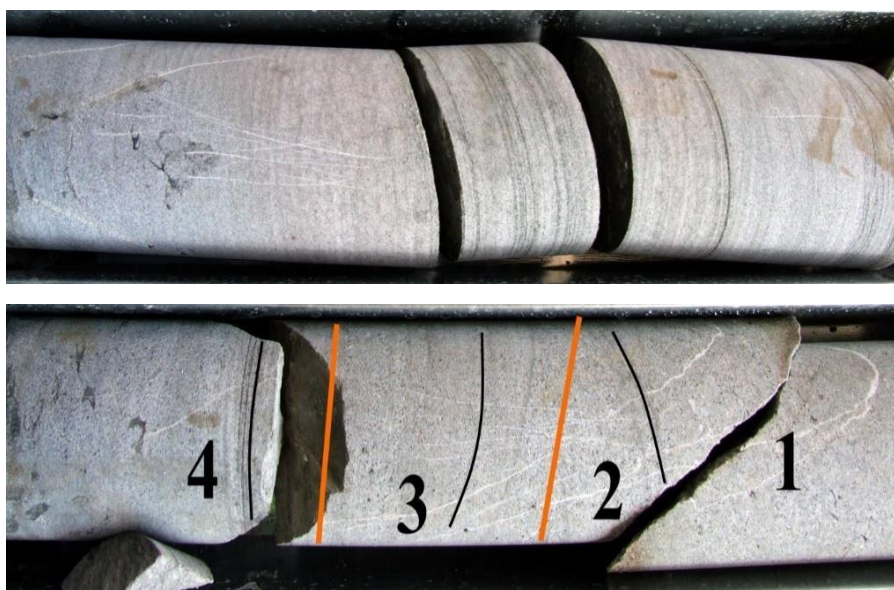


*Slika 19. Sekvence 1, 2, 3 i 4 iz gornjeg paketa donjeg dela jedinice „Borski klastiti“. Sekvenca 2 je od sitozrnog peščara sa horizontalnom laminacijom. Vrh sekvence 3 je takođe sa horizontalnom laminacijom. U sekvenci 4 su cm intraformacijski fragmenti od tamnosivih, finozrnih klastita. Bušotina FMTC 1346 (Vasić, 2015).*



Teksturane osobenosti u sekvencama su odraz granulometrije i energije sistema. Redovna je pojava horizontalne laminacije kako u peščarima tako i u finozrnim klastitima. Kosa laminacija je prisutna u malim setovima kod sitnozrnijih peščara (Slika 20). Gradiranost peščara je takođe, česta. Kod krupnozrnijih peščara, a pogotovo ako imaju i šljunkovitu frakciju, prisutni su setovi kose kašikaste, a verovanto i kose tabularne slojevitosti ili laminacije (Vasić, 2015).

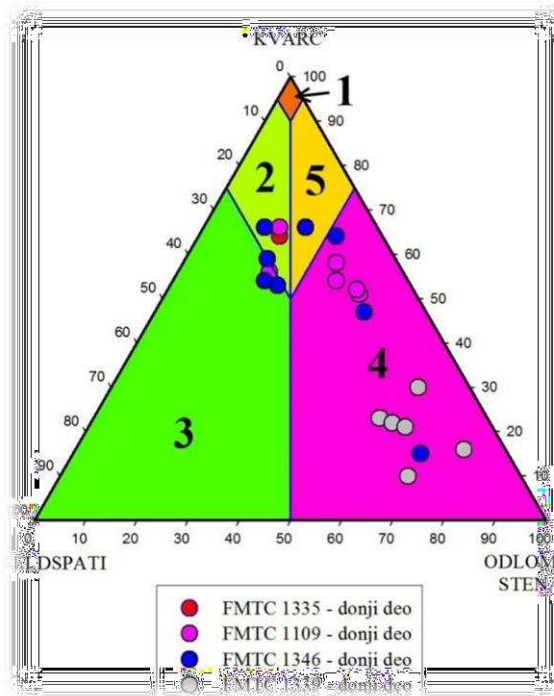
Deformacione tekture su prisutne ali je dosta teško razlučiti dali su one sedimentacione, kasnodijagenske ili su posledica tektonike. Jezgra kao relevantno usko i malo područje osmatranja nepouzdana su, pogotovu kad se zna da su borski klastiti jako tektonizovani. Tektonizacija je dobrim delom prepoznatljiva preko pukotinskih sistema sa različitim zapunama.



*Slika 20. Sitno i srednjozrni peščari sa horizontalnom laminacijom (gornje jezgro) i malim setovima (1, 2, 3 i 4) sa kosom laminacijom donje jezgro). U setu 4 su sitni plastiklasti. Donji deo jedinice „Borski klastiti“ u bušotini FMTC 1335 (Vasić, 2015).*

Peščari su definisani kao ARKOZE, SUBARKOZE, LITARENITI i SUBLITARENITI (Slika 21). Najzastupljeniji su peščari kod kojih dominiraju odlomci stena nad feldspatima – litareniti i sublitareniti. U okviru njih izdvojeni su vulkanski areniti i filareniti. Prema njihovom međusobnom odnosu dominiraju vulkanski areniti. Sadržaji odlomaka stena variraju od 15-76% ukupnih petrogenih

sastojaka (Vasić, 2015).



Slika 21. Pozicije peščara iz donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ na Dott-ovom trokomponentnom dijagramu ODLOMCI STENA-KVARC-FELDSPATI. 1 – kvarc areniti, 2 – subarkoze, 3 – arkoze, 4 – litareniti i 5 – sublitareniti (Vasić, 2015).

Arkoze i subarkoze imaju prosečno najviše sadržaje kvarca i feldspata. Kod ovih stena dominiraju plagioklasi i K-feldspati metamorfnog porekla. Kod vulkanskih arenita dominiraju odlomci andezitskog porekla, a kvarc je najmanje zastupljen. U ovim peščarima dominiraju intermedijarni plagioklasi (andezin) u okviru ukupnih feldspata. Kod vulkanskih arenita dominiraju odlomci andezitskog porekla, a kvarc je najmanje zastupljen. U ovim peščarima dominiraju intermedijarni plagioklasi (andezin) u okviru ukupnih feldspata.

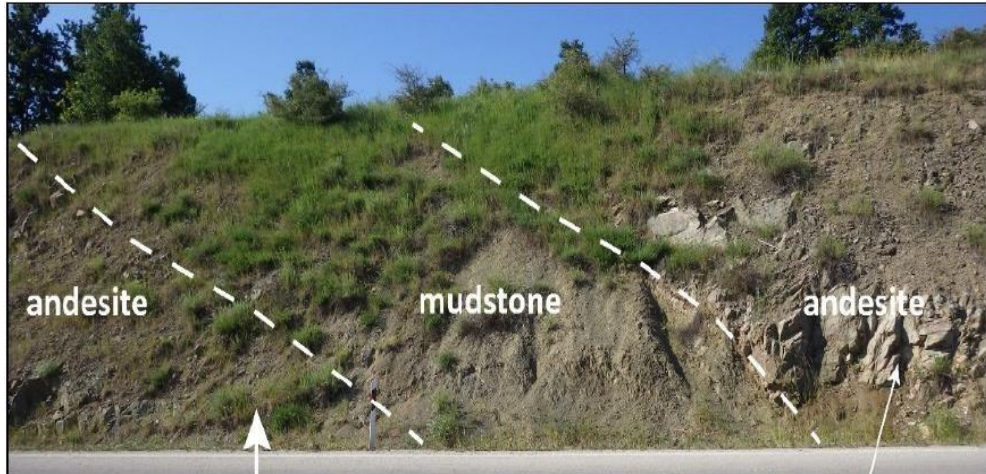
## 5.4 Andeziti

U okviru istraživanog područja razlikujemo dve glavne faze vulkanizma, koje uključuju prvu fazu koja je starosti otprilike 89.0-84.3 miliona godina (Jelenković et al. 2016), koja obuhvata horblenda-andezitske stene zajedno sa interkaliranim vulkanoklastitima, epiklastitima, laporovitim i fino-zrinim klastitima, ograničenim prema istočnom Bor-Lenovac tektonskom bloku. Druga faza koja je bila otprilike oko 82.3-81.8 miliona godina (Jelenković et al. 2016)



sadrži bazalte, andenzite i vulkanoklastite, koji su ograničeni prema zapadnom Crna Reka tektonskom bloku.

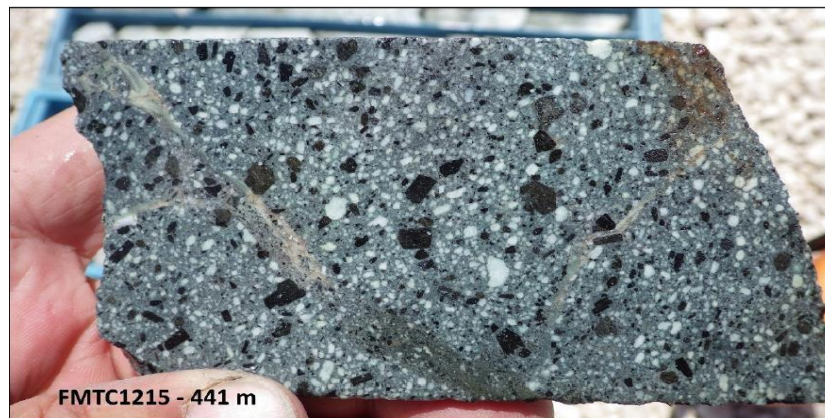
Na određenim izdancima blizu ležišta, ekstruzivni andenziti su sastavljeni od „masivnih“ izlivnih jedinica sa interkaliranim krečnjačkim laporcem (Slika 22)



*Slika 22. Andeziti asocirani sa laporovitim sedimentima.*

Andenziti sa istraživanog područja (Čukaru Peki), prva faza vulkanizma, su podeljeni na gornje i donje andenzite.

Gornji andenziti predstavljaju tanke sekvence toka od nekoliko metara debljine sa interkaliranim laporovitim jedinicama. Ove andenzite karakteriše 15% horblende i 20-25% plagioklasa kao krupnozrni fenokristali (Slika 23).



*Slika 23. Svež gornji andezit, koji karakteriše 5-15% horblende i plagioklasa (Tripp, 2017).*

Donji andenziti predstavljaju jedinice masivnih andenzita koji se karakterišu sa manje od 5% fenokristala horblende i masivnim slabo stratifikovanim vulkanskim brečama (Slika 24).



Slika 24. Slabo do srednje alterisan donji andezit (Tripp, 2017).

#### 5.4.1 Gornji andeziti

U okviru gornjih andezita možemo izdvojiti nekoliko podtipova.

##### 5.4.1.1 Andezitska breča sa laporovitim matriksom- tip 1

Prvi tip se sastoji od monomiktnih andezitskih odlomaka, razdvojenih domenima i žicama laminiranog laporca i fino-zrnim peščarom. Lamine u okviru ovih žica i domena su paralelne sa slojevima (Slika 25). U ovom tipu, klasti andezita su ili hroblenda-feldspat andezit ili feldspat-hroblenda andezit (McPhie, 2018).



Slika 25. Tip 1 Andezitska breča sa laporovitim matriksom, FMTC1221, 520 m (Bosić, 2019).

##### 5.4.1.2 Andezitska breča sa laporovitim matriksom-tip 2

Tip dva andezitske breče sadrži klaste andezita, deformisanih laporovitih odlomaka, laporca, ili mešovitim matriksom peščara bogatog laporovitom komponentom i kristalima. Lamine u laporovitim klastima su naborane u svim pravcima (Slika 26). Klasti andezita su uglavnom hroblenda-feldspat andeziti, ali



breča je slabo polimiktna i sadrži manji deo drugih odlomaka (McPhie, 2018). Takođe u breči postoje najmanje dve varijante horblenda-feldspat andezita, od kojih je jedna tamno siva, a druga je svetlo siva i ima izraženu populaciju od 1-4 mm belog prizmatičnog fenokristala feldspata, kao i grubnozrne horblende (McPhie, 2018).



*Slika 26. Tip 2 Andezitska breča sa laporovitim matriksom, FMTC1221, 510 m (Bosić, 2019).*



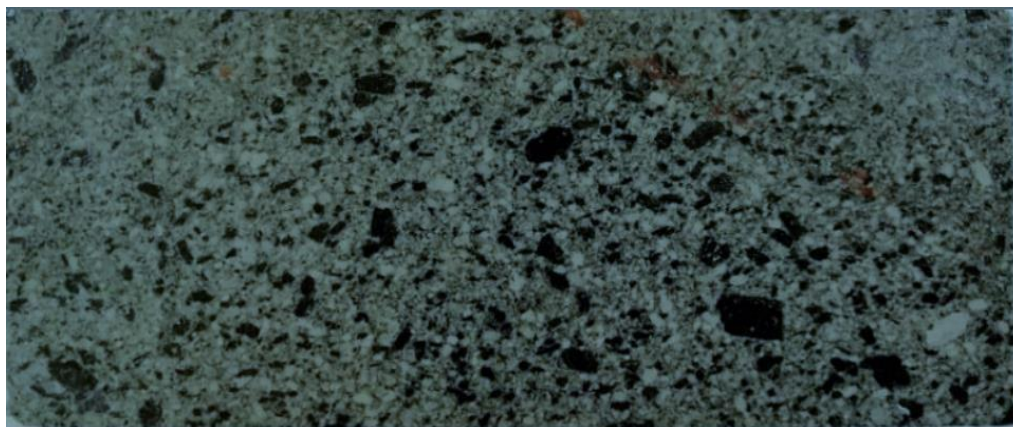
*Slika 27.-Svež horblenda-feldspat-porfirski andezit, TC170197, 296.50 m (Bosić,2019).*

#### **5.4.1.3 Horblenda-feldspat-porfirski andezit (HF andezit)**

Sive do zelenkaste boje, svež ili slabo alterisan horblenda-feldspat-phyric andezit. Dominiraju ravnomerno raspoređeni krupni, do 15 mm, fenokristali horblende, fenokristali belih feldspata, tipično masivni (Slika 27). Može sadržati sive mikrokristalaste inkluzije. Lokalno može biti alterisan i sadržati sulfide u osnovi, ali generalno nije hidrotermalno izmenjen i ne sadrži sulfide (McPhie, 2018).

#### **5.4.1.4 Horblenda-feldspat-porfirska andezitska breča (monomitična HF breča)**

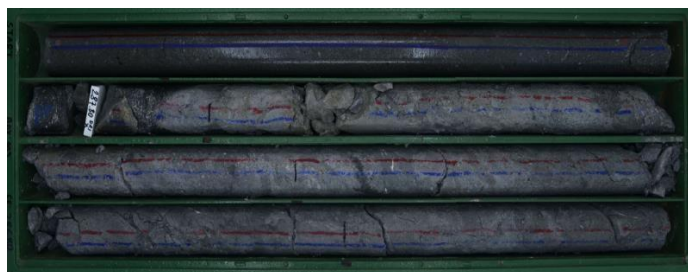
Sive do zelenkaste boje, sveža ili slabo alterisana monomitična horblenda-feldspat-porfirska andezitska breča (Slika 28). Krupni do 15 mm crni fenokristali horblende i fenokristali belih feldspata. Slabo sortirani klasti, neslojeviti, sastavljeni od horblenda-feldspat-phyric andezitskih klasta, odvojeni matriksom bogatim kristalima (McPhie, 2018).



*Slika 28.-Sveža monomitična horblenda-feldspat-porfirska andezitska breča, FMTC1221, 547 m (Bosić, 2019).*

#### **5.4.1.5 Petrološko mineraloške analize gornjih andezita**

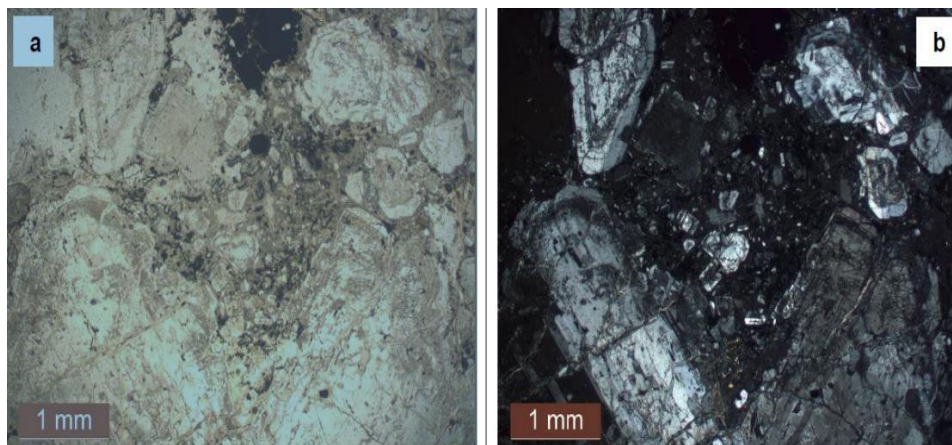
U okviru uzoraka uzetih iz bušotina, urađene su mineraloško-petrološke, rudnomikroskopske i SEM-EDS analize. U procesu istraživanja analize su rađene na većem broju bušotina, u nastavku teksta prikazane su samo one koje su reprezentativne i koje bliže određuju litologiju istraživanog područja. Uzorak za ispitivanje je uzet iz bušotine TC210649 na dubini od 287.50 do 287.56 metara (Slika 29).



*Slika 29. Bušotina TC210649 dubina od 286.80 do 290.50 m.*

Makroskopski stena je sive boje i pokazuje polifirsku porfirsku strukturu i masivnu homogenu teksturu. Izgrađena je od svetlo obojenih i gusto pakovanih fenokristala plagioklasa, koji najčešće pokazuju tabličastu formu. Plagioklasi su mestimično pretvoreni u trošne minerale glina, pri čemu se alterisane partije ne

razlikuju po boji od svežih delova kristala. Od fenokristala bojenih minerala makroskopski se lako prepoznaju jedino reliktni kristali biotita, dok se ostali mafični sastojci ne mogu golim okom odvojiti od tamnosive i afanatične osnovne mase u kojoj količinski dominiraju finoizrni kristali piritu (Cvetković i saradnici, 2021).

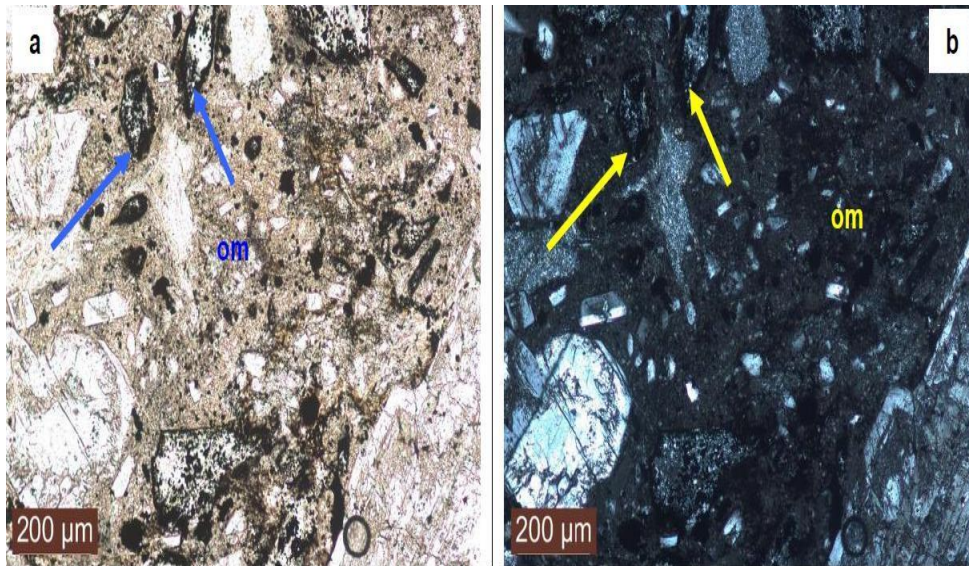


*Slika 30. Krupni fenokristali plagioklasa tabličastog habitusa i izrazite zonalnosti; argilitizacija je razvijena po zonama ili po prslinama unutar kristala; osnovna masa koja je okružena fenokristalima izgrađena je od sitnijih kristala plagioklasa, totalno promjenjenih kristala mafičnih minerala i devitifikovanog vulkanskog stakla, a-parallelni nikoli (ppl), b-ukršteni nikoli (xpl) (Cvetković i saradnici, 2021).*

Mikroskopski je stena takođe polifirske porfirske strukture i masivne i homogene teksture. Fenokristali plagioklasa dominiraju i po količini i po dimenzijama i od preko 4 mm, pokazuju izrazitu optičku zonalnost (Slika 30). Uglavnom su sveži, samo se po pojedinim zonama kristala ili po prslinama javljaju nagomilanja minerala glina (Cvetković i saradnici, 2021).

Mikrofenokristali plagioklasa retko prelaze 0.5 mm u prečniku i pokazuju iste optičke karakteristike kao i fenokristali. Fenokristali bojenih sastojaka se javljaju u reliktima, retko prelaze 1 mm dužine i po dimenzijama su bliži mikrofenokristalima plagioklasa. Potpuno su pretvoreni u finoizrne agregate neprovidnih minerala i asovijacija smektit+hlorit. Prema formi nekih kristala može se zaključiti da je primarno bila reč o horblendu (Slika 31), a samo se po obodu preparata zapaža prisustvo jedne sveže liske biotita koja još uvek ima sačuvan pleohroizam. Metalni minerali su prisutni u vidu individualnih subhedralnih kristala koji su ravnomerno rasuti u masi stene kao i u vodi veoma finoizrnih agregata nepravilnih formi (Cvetković i saradnici, 2021).





Slika 31. Osnovna masa (om) koja je primarno verovatno imala hipokristalasti karakter, a koja je izgrađena od mikrofenokristala okruženih mineralima glina, hlorita, zeolita; na slici se vidi nekoliko potpuno alterisanih (mikro)fenokristalabojenih sastojaka koji prema ormi odgovaraju horblendu (strelice); a-ppl, b-xpl (Cvetković i saradnici, 2021).

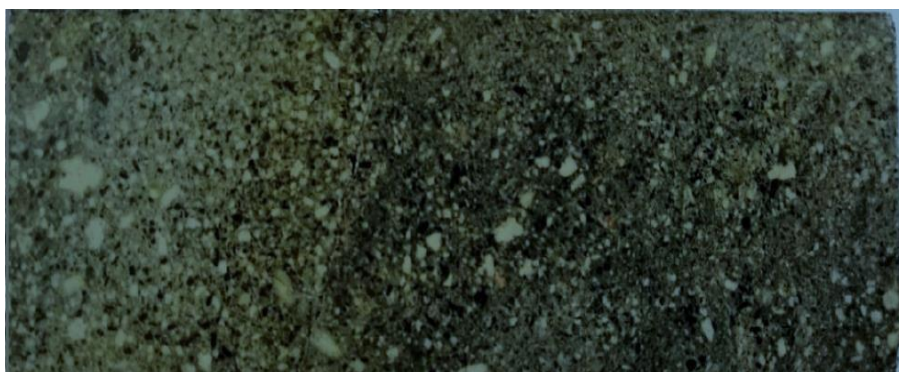
Prema relativnoj količini fenokristala u odnosu na matriks može se zaključiti da je reč ili o plitkoj subvulkanskoj intruziji ili o dubljim delovima lavične ekstruzije andezitskog sastava, koja je posle konsolidacije argilitisana i mineralizovana.

#### 5.4.2 Donji andeziti

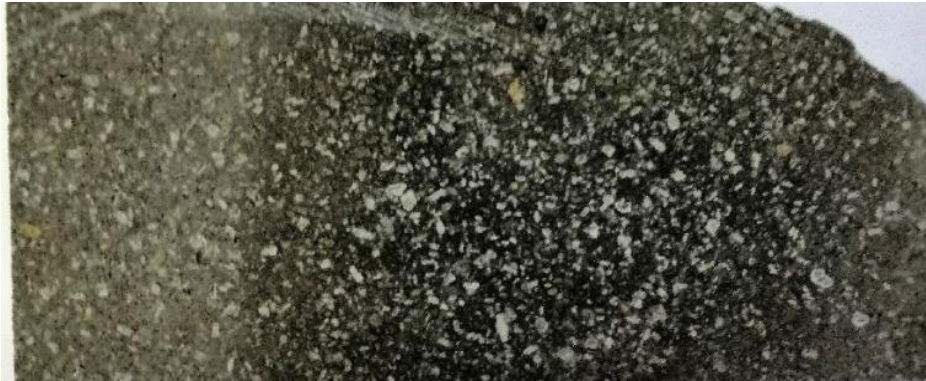
U okviru donjih andezita možemo izdvojiti nekoliko podtipova.

##### 5.4.2.1 Feldspat horblenda porfirski andezit (FH andezit)

Ravnomerno porfirni, krupnozrni (do 8 mm) beli prizmatični fenokristali feldspata i nešto sitnozrniji (do 3 mm) crni fenokristali horblende (Slika 32). Tipični masivni ali mogu biti trakasti. Slabo do intezivno alterisani i mogu da sadrže velike količine sulfida. Ovaj tip andezita se može razlikovati od horblenda-feldspat-porfirski andezita po većem broju krupnih prizmatičnih fenokristala feldspata i relativno fino zrnatom veličinom fenokristala horblende (McPhie, 2018).



*Slika 32. Slabo alterisani feldspat-horblenda-phyric andezit, TC170219R, 778.75-778.0 m (Bosić, 2019).*



*Slika 33. Jako alterisan, finoizrni „F“ andezit, FMTC1221, 799.35-799.50m (Bosić, 2019).*

#### **5.4.2.2 Sitnozrni feldspat-porfirski andezit ( sitnozrni F andezit)**

Sivi, srednje do jako alterisani finoizrni feldspat-porfirski andezit (Slika 33). Andezit je ravnomerno porfiroidan. Sadrži dosta finozrnih izduženih fenokristala feldspata. Može da sadrži velike količine sulfida (McPhie, 2018).

#### **5.4.2.3 Ekvigranularni feldspat-horblenda-porfirski andezit (FH andezit)**

Sivi, svež do slabo alterisan feldspat-horblenda porfir andezit (Slika 34). Veličina i kolilčina fenokristala feldspata i horblende više manje je ista oko 3-4 mm, u određenim delovima i do 8mm. Brojnost fenokristala je oko 40 -50 %. U okviru njega se ne uočavaju alteracije i minerali nosioci bakra. Veoma retke su pojave disiminacije pirita. U nekim delovima uočavaju se kalcitsko zeolitske žice. (McPhie, 2018).





*Slika 34. Sivi, sveži do slabo alterisani „FH“ andezit, TC170183, 561,5 m (Bosić, 2019).*

#### **5.4.2.4 Feldspat-horblenda porfirski andezit**

Sivi, svež do slabo alterisan feldspat-horblenda porfir andezit (Slika 35). Fenokristali feldspata su u rasponu od 1 do 10 mm, ali je prosečna veličina oko 3 do 4 mm. Veličine fenokristala horblende su oko 1 do 5 mm. Zastupljenost fenokrystala feldspata i horblende je u rasponu od 30 do 40 posto. Uočavaju se pojave kvarcnih (q) žica i fragmenti kvarcno-magnetitskih (q-mt) žica. Takođe u nekim delovima uočavaju se male pojave fino-zrnih zelenkasto sivih alterisanihksenolita. (McPhie, 2018).



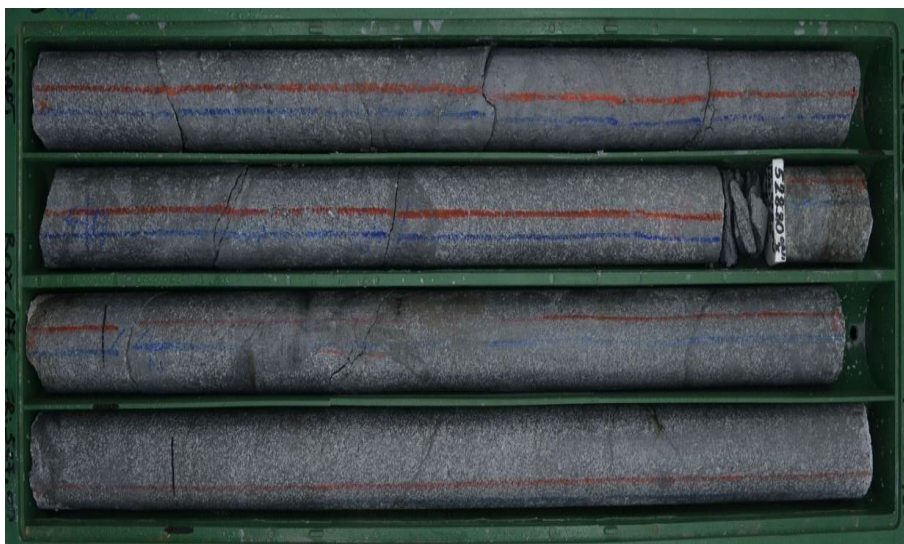
*Slika 35. Sivi, sveži do slabo alterisani feldspat-horblenda phyric andezit, TC170177, 647,7 m (Bosić, 2019).*

#### **5.4.2.5 Petrološke i mineraloške analize gornjih andenzita**

U okviru uzoraka uzetih iz unapred određenih bušotina, urađene su

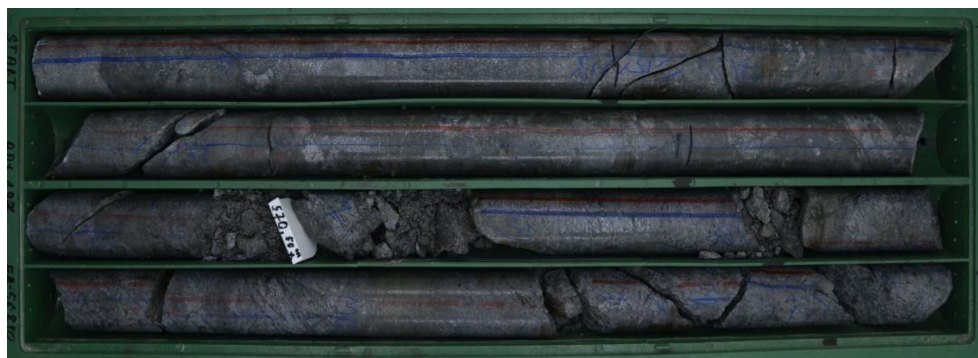


mineraloško-petrološke, rudnomikroskopske i SEM-EDS analize. U procesu istraživanja analize su rađene na većem broju bušotina, u nastavku teksta prikazane su samo one koje su reprezentativne i koje bliže određuju litologiju istraživanog područja. Uzorak za ispitivanje je uzet iz bušotine TC210652 na dubini od 528.36 do 528.42 metara, za petrološko mineraloška ispitivanja (Slika 36).



*Slika 36. Bušotina TC210652 na dubini od 528.36 do 528.42 m.*

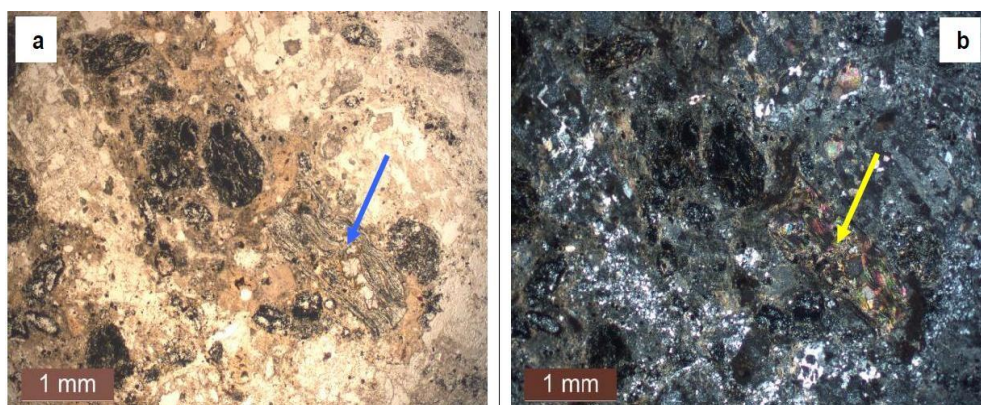
Uzorak uzet iz iste bušotine na dubini od 571,47 do 571,53 m je za potrebe rudnomikroskopske analize (Slika 37).



*Slika 37. Bušotina TC210652 na dubini od 568,40 do 572,10 m.*

Stena je makroskopski svetlosive boje. Prevučena je beličastim prahom koji nastaje raspadanjem sekundarnih minerala, najverovatnije gipsa i gline. Makroskopski pokazuje veoma dobro očuvanu porfirsku strukturu dok je prema sklopu uglavnom masivna i homogena; samo se u pojedinim delovima stene može primetiti fenokristali plagioklasa bele do oker boje, kao i fenokristali mafičnih sastojaka koji su markirani prisustvom metaličnih minerala (Cvetković i saradnici, 2021).

Stena pod mikroskopom pokazuje holo- do hipokristalasto-porfirsku strukturu i masivnu, homogenu i fluiodalnu teksturu. Izgrađena je od relikata fenokristala primarnih minerala među kojima se mogu prepoznati nekadašnji plagioklasi, horblenda i biotit, dok su sporedni sastojci apatit, magnetit i cirkon. Svi ovi minerali su primarno bili okruženi afanatičnim matriksom koji je sada pretežno predstavljen sekundarnim sastojcima: kvarcom, mineralima glina, sericita, hlorita, kalcita, i praškastim neprovidnim mineralima. Plagioklasi su najkrupniji i najzastupljeniji fenokristali, tabličastih formi i delimično su do totalno promenjeni u asocijaciju: minerali glina, sericit, kalcit, hlorit i gips/anhidrit, pri čemu su navedeni alteracioni produkti razvijeni bez pravila-naime, postoje čitava zrna potpuno pretvorena u gips/anhidrit, dok se kod drugih zrna zapaža da su nagomilanja sekundarnih minerala raspoređena mozaično ili u vidu kolaža po kristalima plagioklasa. Povremeno se sreću i očuvana zrna sa jasno izraženim lamelarnim bližnjem. Horblenda je potpuno transformisana u neprovidne minerale i asocijaciju smektit-hlorit sa podređenom količinom kalcita, dok je biotit pretvorenu slične sekundarne agregate, ali ima manju zastupljenost neprovidnih sastojaka, zbog čega su veoma često u biotiti prisutni tragovi karakteristične cepljivosti (Slika38) (Cvetković i saradnici, 2021).

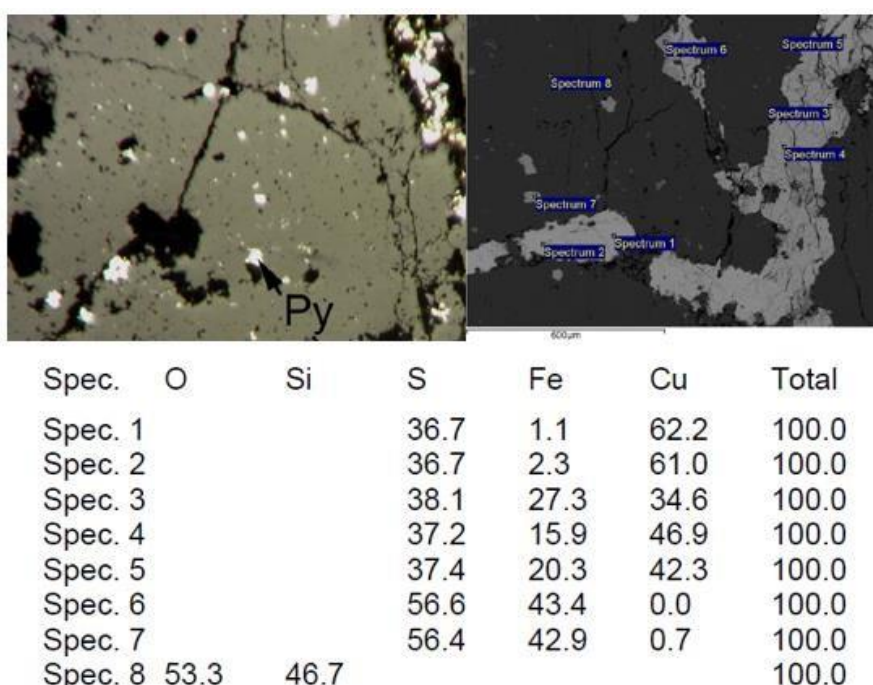


*Slika 38. Reliktna porfirna struktura u alterisanom horblenda-biotitskom andezitu; u desnom delu slike zapaža se jedan relativno krupan reliktni fenokristal biotita (strelica) koji ne pokazuje polihroizam, ali se prepoznaje po tragovima karakteristične biotitske cepljivosti; a-ppl, b-xpl (Cvetković i saradnici, 2021).*

Uzorak iz bušotine TC210652 sa dubine između 571.47-571.53 bio je predmet ispitivanja rudne mikroskopije. Uzorak predstavlja hidrotermalno izmenjenu i u velikoj meri silifikovanu stenu koja sadrži piritsku impregnaciju i

žiličastu kovelinsko-halkopiritsku „Cu“ mineralizaciju (Cvetković i saradnici, 2021). Od glavnih minerala prisutni su pirit oko 5 %, kovelin 2-5 %, halkopirit 1-4%, minerali jalovine (kvarc, ostali).

Pirit se manifestuje u finim anhedralnim do euhedralnim zrnima veličine do 0.1 mm koja su ravnomerno distribuirana u steni čineći impregnacioni tip sulfidne mineralizacije (Slika 39), a samo sporedinačno pokazuju međusobna srastanja obrazujući zrnaste agregate veličine do 0,5 mm. Tri od 4 SEM-EDS analize ovog minerala pokazuju odsustvo svih hemijskih primesa, a neznatno potiče od prisustva finozrnog sulfida bakra u piritu (Slika 39-42.) (Cvetković i saradnici 2021).



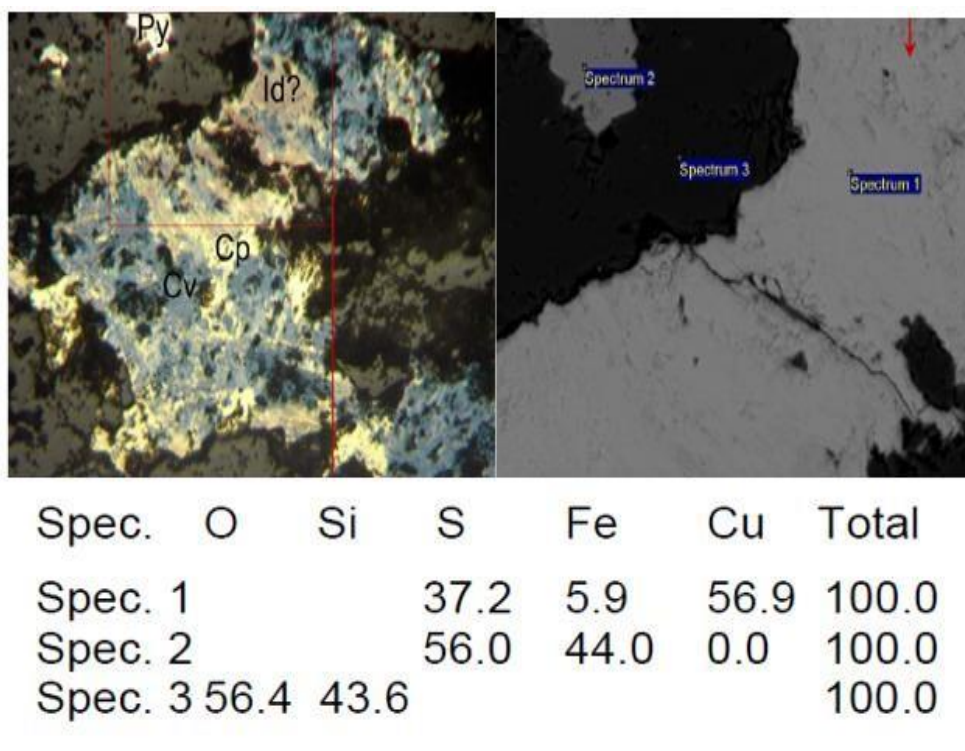
Slika 39. Mineralna asocijacija u uzorku koju čine kovelin (Cv, Spec. 1, 2), halkopirit (Cp, Spec. 3-5, povišeni Cu sadržaj ukazuje na prisustvo finih zrnakovelina), pirit (Py, Spec. 6, 7) i kvarc (Spec 8) (Cvetković i saradnici, 2021).

Kovelin, CuS i halkopirit,  $\text{CuFeS}_2$  manifestuju se u zrnastim, često finozrnim agregatima koji obrazuju žilice u uzorku debljine od 0.1 do 0.5 mm (Slika 39). Halkopirit i kovelin pokazuju specifične teksturne odnose gde u pojedinim delovima uzorka dominira kovelin (Slika 40) dok je u drugim halkopirit znatno zastupljeniji, a kovelin obrazuje veoma sitna zrna finodispergovana po halkopiritu (Slika 41). Iz tog razloga SEM-EDS analize halkopirita pokazuju suficit bakra. Kovelin često pokazuje neuobičajene optičke karakteristike u

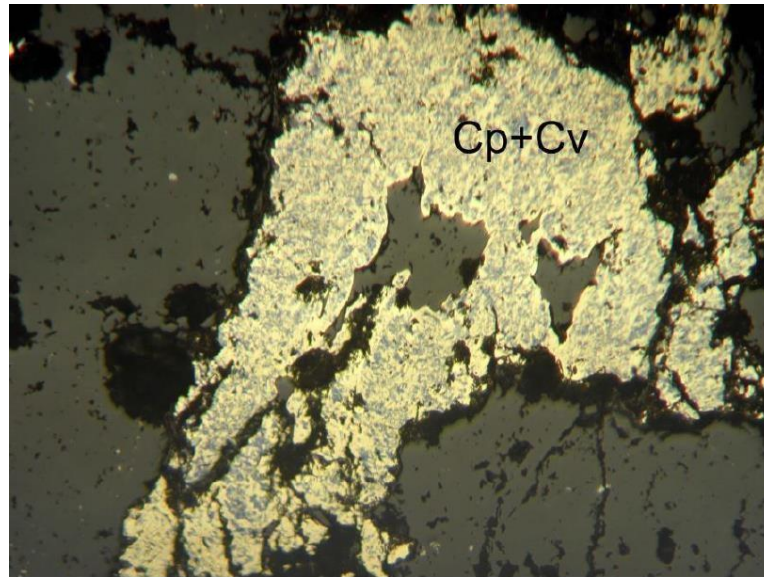


pogledu boje, pleohroizma i anizotropnih boja, pri čemu su ovkavi delovi kovelina neravnomerno distribuirani u nepravilnim fino-zrnim agregatima, ali zato pokazuju pravilnost u rasporedu u pojedinim čisto kovelinskim žilicama u kojima se manifestuju u centralnim delovima žilica (Slika 42). Ovako obrazovani kovelin može da ukazuje na proces supergenog obogaćenja u bakru.

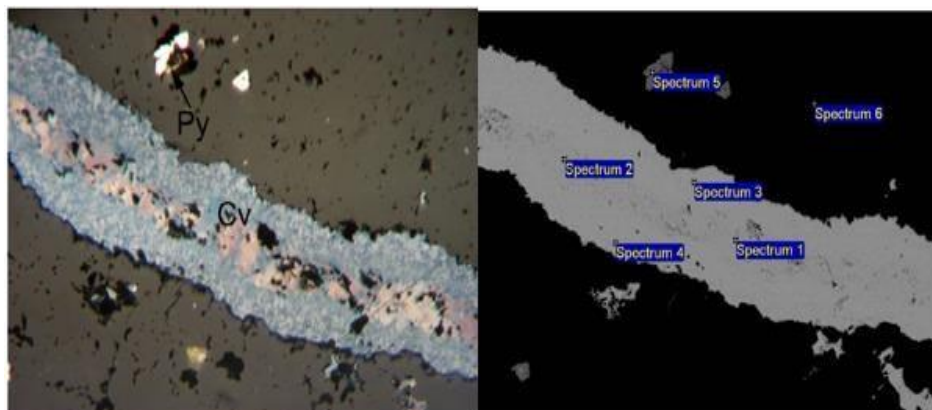
Ovi delovi kovelina su toliko različiti po pomenutim optičkim osobinama da lako mogu biti pogrešno identifikovani kao neki drugi mineral. Međutim, imajući u vidu njihov hemijski sastav, ovi agregati ipak najviše odgovaraju kovelinu, a njihova neuobičajena boja je najverovatnije uzrokovana povišenim sadržajem primesa gvožđa u ovom mineralu (2-3 mas% Fe, sl 42). Kako sadržaj Fe primesa u kovelinu varira tako variraju i optičke osobine ovog minerala.



Slika 40. Moguća determinacija idaita u bakrenom agregatu koji se sastoji od kovelina (Cu) i halkopirita (Cp). Pored-pirit (Py, Spec. 2) i kvarc (Spec. 3) (Cvetkovi i saradnici, 2021).



Slika 41. Prisustvo veoma finozrnog kovelina (plavo) u halkopiritu (Cp+Cv) )  
(Cvetković, Šarić i Pačevski, 2021).



Spec.	O	Si	S	Fe	Cu	Total
Spec. 1			36.2	2.3	61.5	100.0
Spec. 2			37.2	2.9	59.9	100.0
Spec. 3			36.5	0.8	62.6	100.0
Spec. 4			36.5	1.2	62.4	100.0
Spec. 5			55.5	44.5	0.0	100.0
Spec. 6	55.2	44.8				100.0

Slika 42. Pojava kovelina (Cv, Spec. 1-4) u vidu žica i impregnacije pirita (Py, Spec. 5) u kvarcu (Spec. 6). Zapaziti neuobičajenu boju kovelina u centralnom delu žilice i povišen sadržaj gvožđa u ovom delu (Spec 1. i 2) (Cvetković i saradnici, 2021).

Sulfidna mineralizacija u uzorku karakteriše se specifičnim teksturnim odnosima glavnih minerala bakra kovelina i halkopirita, kao i specifičnim optičkim svojstvima kovelina. Pirit i halkopirit su tipični primarni minerali obrazovani u jednom hidrotermalnom stadijumu orudnjenja. Međutim, poreklo kovelina nije

svima jasno i ovaj mineral može biti ili, takođe primarno hidrotermalan, ili sekundaran odnosno cementacioni mineral nastao alteracijom halkopirita. Inače, tesno asocira sa halkopiritom sa kojim obrazuje teksture zamenjivanja (Slika 40 i 41). Nije sasvim očigledno u kojem se pravcu odigralo ovo zamenjivanje glavnih minerala bakra u uzorku, ali je verovatnije da je halkpirit zamenjen kovelinom, što je daleko češći slučaj u rudnim ležištima. Ovoj pretpostavci ide u prilog i činjenica da kovelin sadrži primese gvožđa koje utiču na njegova optička svojstva, a koje najverovatnije potiče iz prvobitnog halkopirita. Na taj način bi mogla biti objašnjena i povišena koncentracija gvožđa u centralnim delovima pojedinih žilica kovelina (npr. Sl. 42). Ovako obrazovani kovelin može da ukazuje na procese supergenog onogaćenja u bakru, tj. Na cementacioni tip mineralizacije, ali i da je primarno nastao kontinuiranim deponovanjem i zamenjivanjem halkopirita. Ne treba u potpunosti isključiti ni mogućnost kontinuiranog zamenjivanja i u suprotnom pravcu, tj. Zamenjivanje halkopirita kovelinom, s obzirom da se u prethodnim uzorcima javljaju halkozin, a verovatno i kovelin kao primarni minerali ) (Cvetković i saradnici, 2021).

## 5.5 Asocijacije facija i njihovi kontakti

Osam od devet glavnih facija mogu se grupisati u tri glavne asocijacije na osnovu sastava i alteracija. Laporovita asocijacija sadrži laporac, peščar, tip 2 andezitsku breču sa laporovitim matriksom (Slika 43) (McPhie, 2018).



Slika 43. Uzorci koj predstavljaју laporovitu asocijaciju, TC17019R, gornja slika, peščar bogat kristalima, srednja slika, tip 2 andezitske breče sa laporovitim matriksom, donja slika, laminirani laporac (McPhie, 2018).

Laporovita komponenta je vodeni mulj i veoma finozrn pečar nataložen ispod talasne osnove, a moguće i od mutnih turbiditnih tokova. Sadrži fosilni sklop koji ukazuje na morsko okruženje, gornjokredne je starosti (Vasić, 2018). Peščar ima izrazito andezitsko poreklo i nastao je degradacijom postojećeg andezita. Tip 2 andezitsku breču sa laporovitim matriksom je tvorevina nastala gravitacionim taloženjem odlomaka uglavnom od krupnozrnijih “HF” odlomaka andezita koji su skupljali fragmente laporovitih komponenata sa podloge preko kojih su prelazili. Prisustvo odlomaka “HF” andezita ukazuje na to da je upravo on bio glavni izvor odlomaka.

HF andezitska asocijacija sadrži HF Andezite, monomitičnu HF breču i tip 1 HF andezitsku breču sa laporovitim matriksom. HF andezit i monomiktne HF breča zajedno predstavljaju koherentne i autoklastične delove HF andezitske lave. HF andezitska breča tipa 1 sa laporovitim matriksom nastala je popunjavanjem prostora između HF andezitskih odlomaka u autoklastičnoj breči ili u okviru ruptura u HF andezitu (McPhie, 2018). Ova asocijacija se verovatno odnosi na lavu a ne na dome, jer ima bočni opseg od najmanje 1,5 km, ali nije deblja od 65-75 m (npr. TC1702196R, FMTC1330, Slika 44,45).

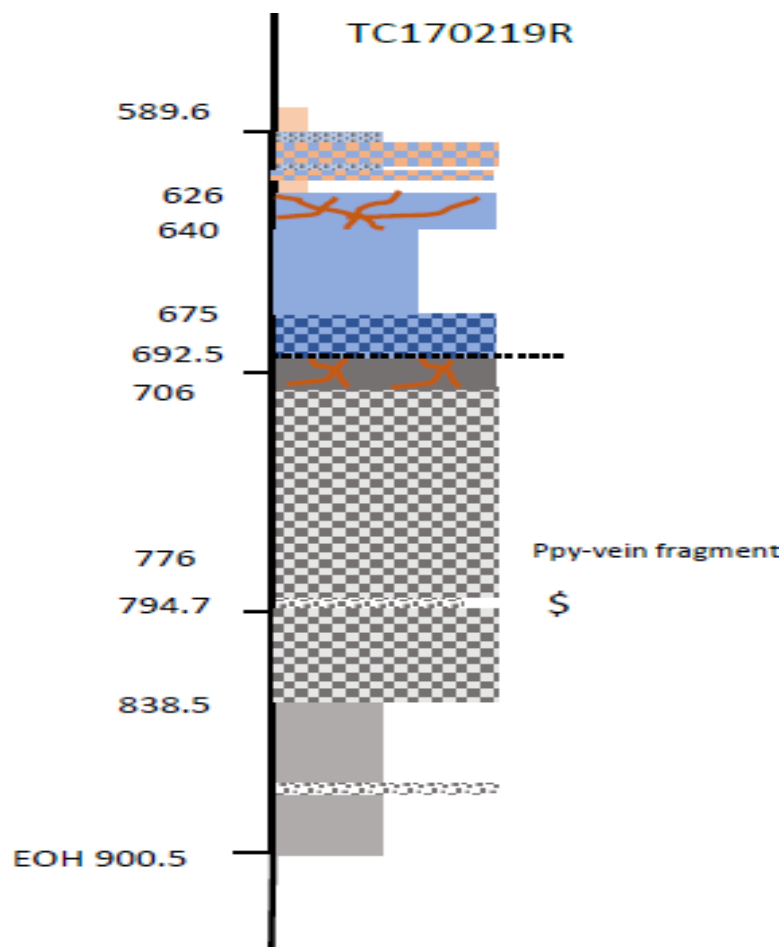
FH andezitska asocijacija sadrži FH andezit koji je i najdominantniji ali ujedno uključuje i monomitičnu FH breču, tip 1 FH andezitsku breču sa laporovitim matriksom (npr. TC170219R, 693-706 m, Slika 44) i finozrni F andezit. Interval masivnog sulfida u bušotini TC160130 je delimično zarobljen ovom asocijacijom (Slika 45). Lokalno prisustvo FH andezitke breče tipa 1 sa laporovitim matriksom (nastalih popunjavanjem prostora između fragmenata FH andezita) i intelkalirane polimiktne breče koja sadrži FH andezitke klase, sugerišu da su intervali FH andezita (nekoliko desetina do 250 m ) koherentni delovi debelih FH andezitskih lava ili doma.

Sledeća tabela (Slika 46) pokazuje kako se facije i asocijacije facija koje su gore opisane verovatno odnose na gornje i donje andezite (McPhie, 2018).

GORNJI LAPORAC	<b>GORNJI ANDEZIT</b>
ASOCIJACIJA LAPORACA	
ASOCIJACIJA HF ANDEZITA	
DONJI LAPORAC	
ASOCIJACIJA FH ANDEZITA I STRATIFIKOVANIH FACIJA	<b>DONJI ANDEZIT</b>

Slika 46. Asocijacije facija u gornjim i donjim andezitima (McPhie, 2018).

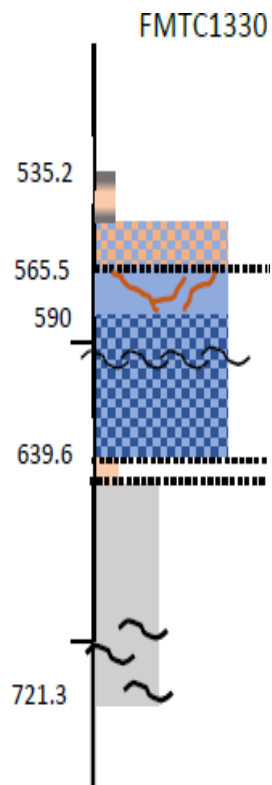
Laporovita asocijacija postepeno prelazi u laporac, koji se ovde naziva gornjim laporcem (npr. TC170179R, Slika 48). HF asocijacija andezita je prekrivena laporovitom asocijacijom. Postoji mnogo odličnih primera monomiktne HF breče sa laminiranim laporcem između klasta, prekrivenih sa isprepletenim laporcem i peščara bogatog kristalima ili andezitskom brečom tipa 2 sa laporovitim matriksom (npr. TC170219R, Slika 44).



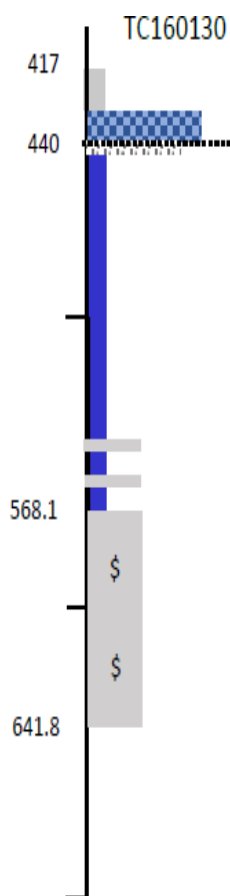
Slika 44.- TC170219R. FH andezit, monomiktne HF breča i FH andezitska



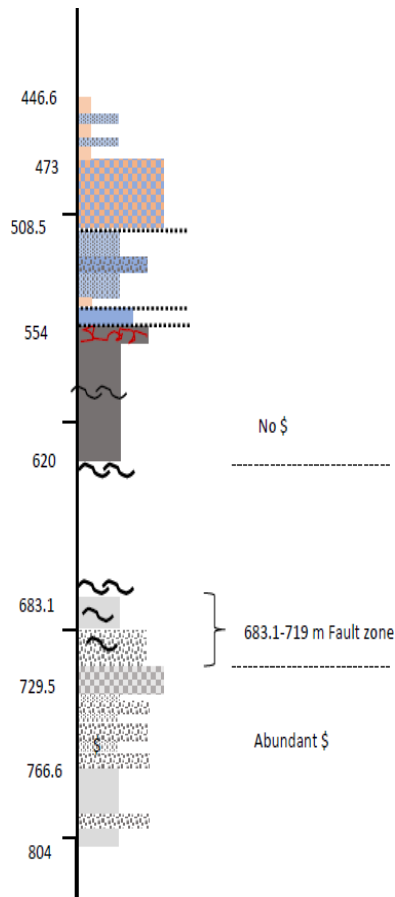
*breča tipa 1 sa laporovitim matriksom, je slabo do srednje alterisan i ukupne su debljine oko 207 m. Iznda je relativno tanak interval (oko 65 m) monomiktne HF breče, HF andezita i HF andezitkse brečetipa 1 sa laporovitim matriksom. Na vrhu je sekcija peščara bogatog kristalima, slabo polimiktnom andezitskom brečom i kaporcem. Tanki, očigledno klastiti sulfida nalaze se na 794,7 m razdvajajući dve jedinice momomiktne FH breče. Monomiktna FH breča na 776 m sadrži fragmente kvarcno piritne žice. (McPhie, 2018).*



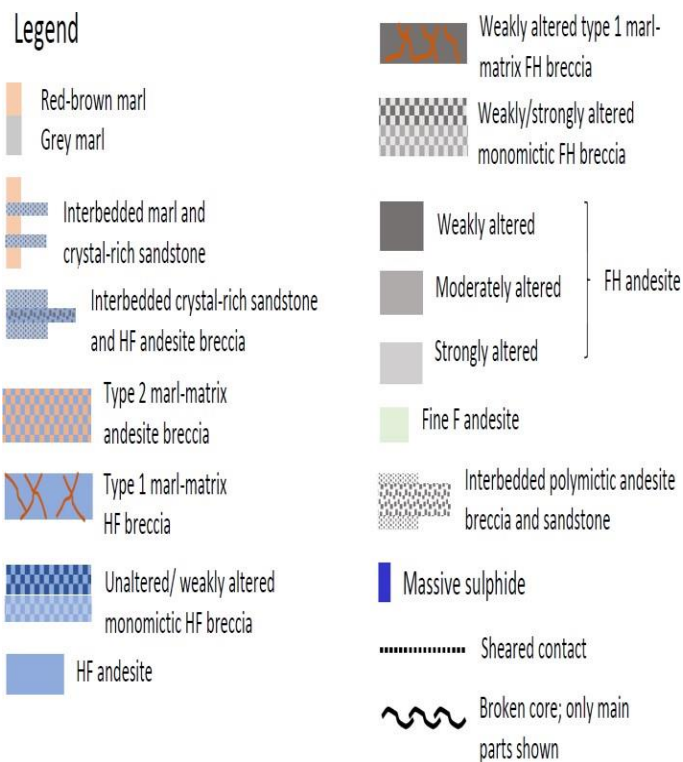
Slika 45. FMTC1330. Jako alterisan FH andezit je u kontaktu sa nepromenjenim laminiranim crveno-smeđim laporcem debljine skoro 6 m (donji laporac) koji je iznad. Interval nepromenjene monomiktne HF breče i HF andezitne breče tipa 1 sa laporovitim matriksom iznad laporca je debeo oko 75 m. Na vrhu imamo pojavu andezitne breče tipa 2 sa laporovitim matiksom, a prekrivena je sivo-braon laporcem (McPhie, 2018).



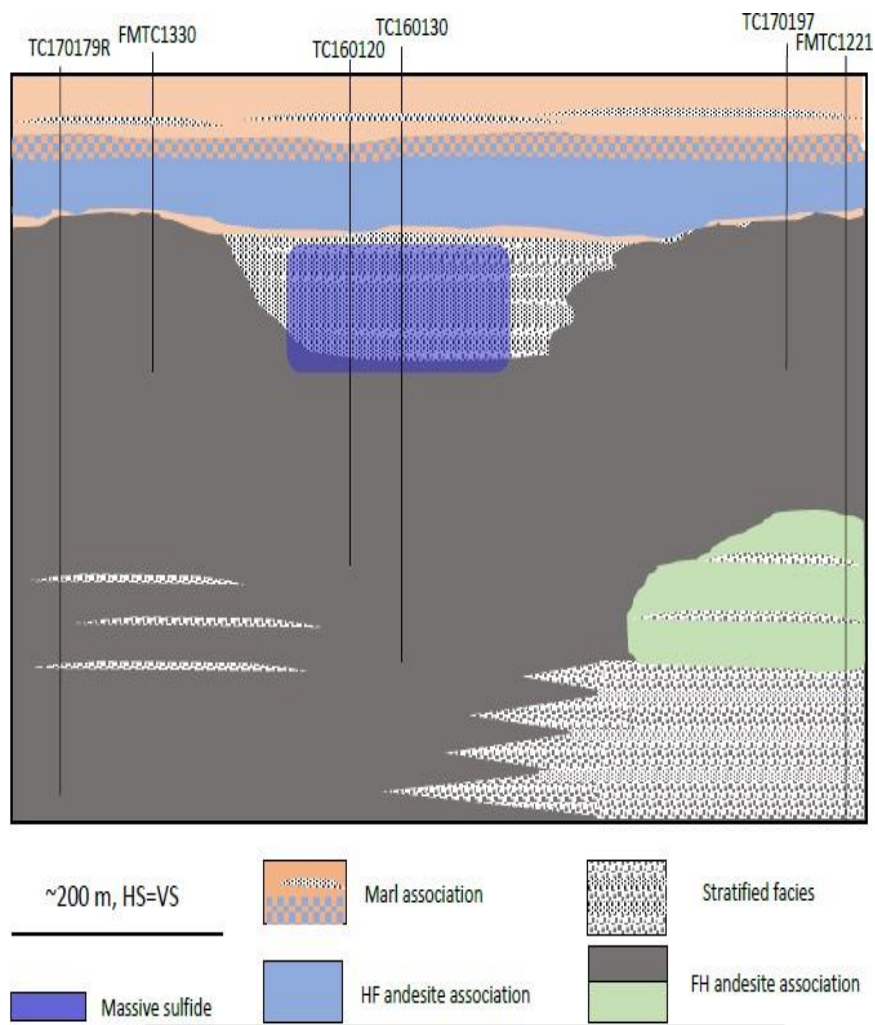
Slika 47. TC160130. Jako alterisan FH andezit je prekriven tankim delom masivnog sulfida (128 m ). Reliktna porfiriska tekstura je lokalno prisutna u masivnom sulfidu (534 m, 542-538 m, 553). Na vrhu masivnog sulfida manifestuje se veoma tanak interval izmenjene polimiktne breče. Monomiktne HF breča (debljine samo 7 m ) prekriva polimiktne breču, a prekrivena je sivim laporcem (McPhie, 2018.)



Slika 48. TC170179R. Ispod 719m, jako alterisan FH andezit je interkaliran sa debelo slojevitom polimiktnom andezitsko peskovitom brečom i obe facije sadrže velike količine sulfidnih žica. Zona raseda (683-719 m) odvaja ovu donju sekvencu od slabo izmenjenog FH andezita koji nema neke značajne količine sulfida. Na vrhu FH andezita nalazi se oko 7 m andezitske breče tipa 1 sa laporovitim matiksom. Tanka sekvenca HF andezita je prekrivena laporcem, peščarom bogatim kristalima i HF andezitskom brečom i andezitskom brečom tipa 2 sa laporovitim matiksom. Postoji značajna promena u odnosu na količinu sulfida ispod rasedne zone na 683-719 m do minimalnih sulfida iznad (McPhie, 2018).



Slika 49. Legenda kartiranih jedinica (McPhie, 2018).



Slika 50. Uprošćena rekonstrukcija facijalne arhitekture „Cukaru Peki“ (McPhie, 2018).

Dublji deo sukcesije obuhvata FH andezit i polimiktne breče na zapadu, a finozrni F andezit i mnogo deblje stratifikovane polimiktne andezitsko-peskovite breče na jugu (Slika 50).

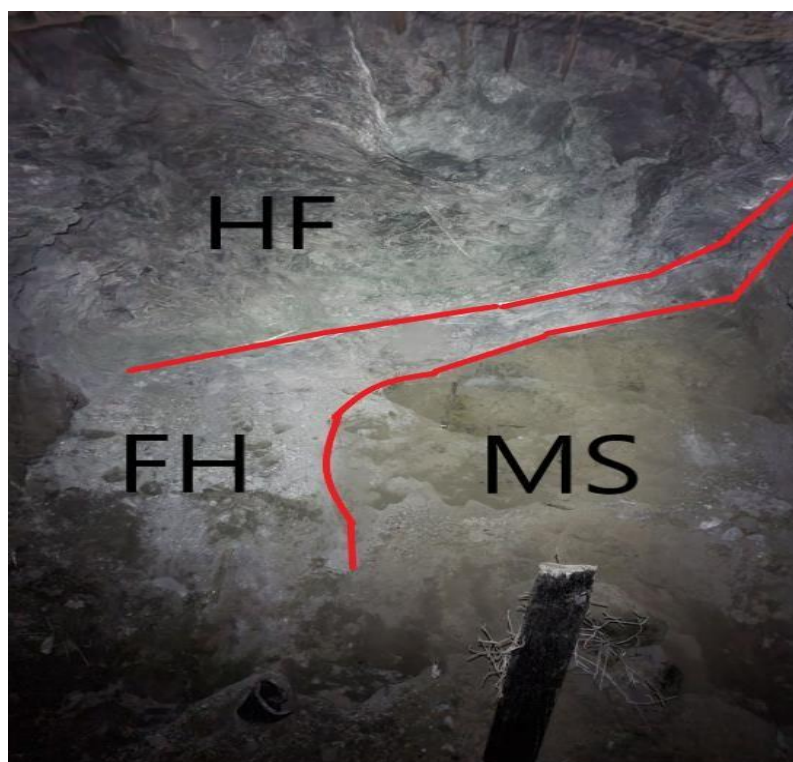
Na plitkim nivoima, čini se da se masivni sulfid poklapa sa debelim slojevitim facijama koje su bočno ekvivalentne FH andezitu u svim pravcima, i verovatno predstavlja paleotopografski morski nivo na morskom dnu gde se prvenstveno akumuliraju klastične facije. Moguće je da se strme i zapadne i istočne granice masivnog sulfida odnose na prvobitne strme granice depocentra koji je sadržao slojevite facije. Jasno je da je nakon formiranja facije FH andezita usledila pauza dovoljno duga da omogući taloženje nekoliko m laporca.

Ovaj donji laporac očuvan je u FMTC1330 (Slika 47.), a njegov trag postoji u andezitskoj breči tipa 1 sa laporovitim matriksom u TC170219R (Slika 44.), ali je na drugim mestima uklonjen rasedom. Asocijacija HF andenzita je prvobitno

formirala bočno kontinuirani sloj manje-više ujednačene debljine (65-75 m), koji se tumači kao jedna andezitska lava. Saglasno je prekrivena laporovitom asocijacijom.. Kretanje po rasedu imalo je veliki uticaj na debljinu HF asocijacije andezita, što uzrokuje značajno bočno stanjivanje od zapada ka istoku (*McPhie, 2018*). Izgled kontakta ovih formacija može se videti na slici 51.

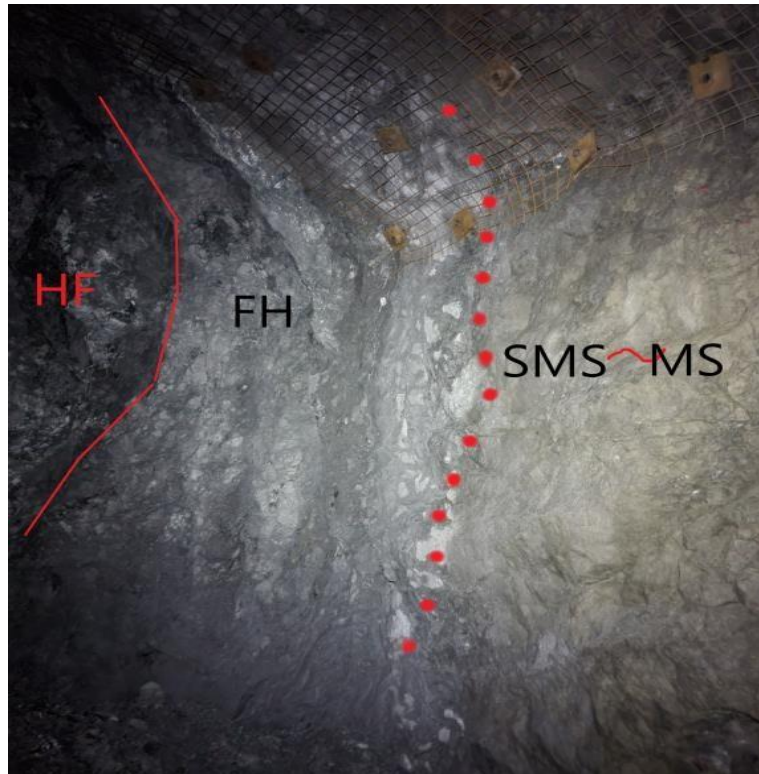


*Slika 51. Kontakt između FH andezita i Masivnog Sulfida. Takođe, pogledati sliku 30, bušotinu TC160130.*



*Slika 52. Oštar kontakt između horblenda-feldspat andezita (HF), feldspat-horblenda andezita (FH) i masivnog sulfida.*





Slika 53. Postepeni prelazi između masivnog slufida, semi masivnog sulfida, FHandezita i HF andezita.



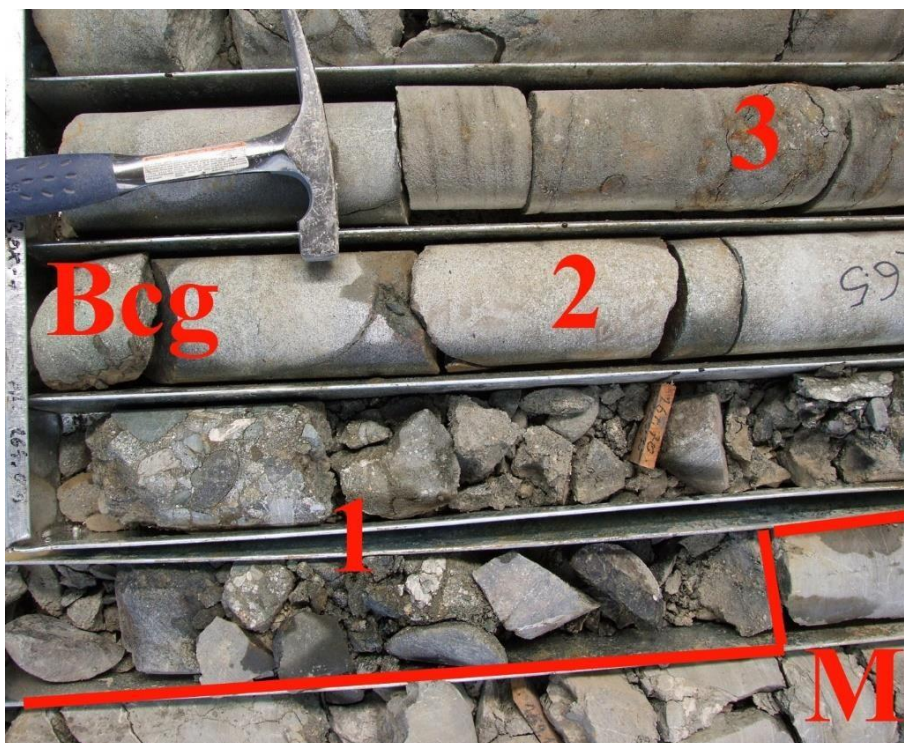
Slika 54. Laporovito, peskovite facije: gornji deo slike su facije koje su u okviru obodnih delova rudnog tela. takođe, pogledati sliku 30., bušotina TC160130; donja slika je u okviru masivnog sulfida, najverovatnije tektonski kontakt, jer okonjega je masivni sulfid.

## 5.6 Miocenski sedimenti

U okviru miocena na ovom prostoru možemo izdvojiti jedinicu „Bazalni gruboklastiti miocena“ i jedinicu „Miocenski finoizrni klastiti i laporci“.

## 5.7 Jedinica „Bazalni gruboklastiti miocena“

Bazalni gruboklastiti su izdvojeni kao posebna jedinica obzirom da oni naglašavaju transgresivni karakter miocena uopšte, tj. novog sedimentacionog basena koji počinje da se formira i razvija od donjeg miocena. Male je debljine koja ide od par pa do 26 metara. Grubozni bazalni klastiti miocena leže preko jedinice „Borski klastiti“ (FMTC 1109, 1210, 1339 i 1346), preko jedinice „Laporci gornje krede“ (FMTC 1213) i preko andezitskih vulkanita i vulkanoklastita (FMTC 1337 i FMTC 1340). Povlata je jedinica „Finoizrni klastiti miocena“ osim u bušotini FMTC 1210 gde je to jedinica „Šljunkovi i peskovi miocena (Vasić N. 2015). Bazalni gruboklastiti nabušeni sa FMTC 1213 imaju izgled tipske bazalne serije. Izgrađeni su od blokova borskih klastita i to uglavnom peščara i odpetromiktinih šljunkova. Preko njih je paket peskova (Slika 55).

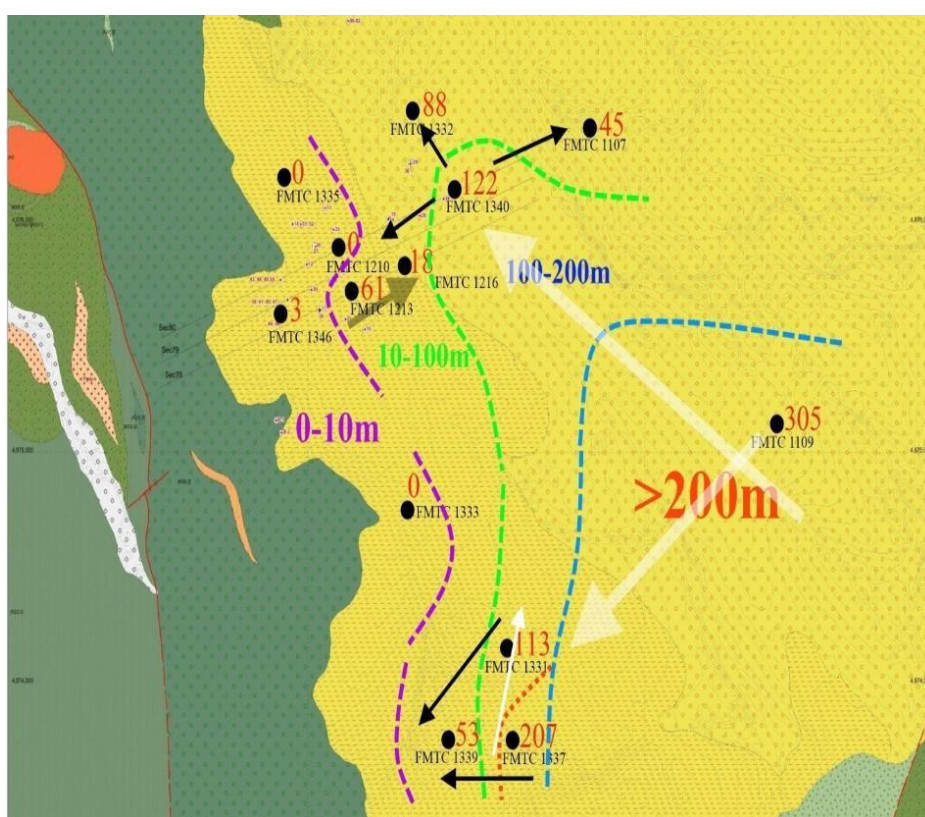


Slika 55. Bazalni gruboklastiti miocena nabušeni sa FMTC 1213. M – gornjokredni laporci. Bcg – bazalni gruboklastiti. 1 – petromiktne šljunkove, 2 – blokovi peščara iz jedinice „Borski klastiti“ i 3 – peskovi sa laminacijom pri vrhu (Vasić, 2015).



## 5.8 Jedinica „Miocenski finozrni klastiti I laporci“

Zajedno sa bazalnim gruboklastitima ili samostalno, ova jedinica leži prekokrednih sedimentnih jedinica ili direktno preko andezitskih vulkanita i vulkanoklastita (FMTC 1331 i 1332). Nabušene debljine jedinice su različite (Slika 56). Najveća nabušena debljina je u FMTC 1109 – 305 metara. Od te bušotine, kao referentne, konstantan je pad debljina ka ostalim bušotinama. Glavna osa opadanja debljina je generalno, pravca jugoistok-severozapad. Ta osa pokazuje u isto vreme i pravac transgresije tj. pravac napredovanja Dakijskog mora. Vremedepozicije jedinice „Miocenski finozrni klastiti i laporci“ je baden-donji sarmat (Vasić, 2015).



Slika 56. Nabušene debljine jedinice „Miocenski finozrni klastiti i laporci“ sa pretpostavljenim izolinijama debljina (ljubičasta, zelena i plava). Strelicama su pokazani generalni i lokalni trendovi opadanja debljina (Vasić, 2015).

Dakle, cela jedinica je izgrađena od sedimenta. Stepennost vezanosti zavisi, pre svega, od količine kalcita. Ukoliko finozrni klastiti imaju relativno visok sadržaj kalcita, viši od 35%, stepennost vezanosti im je veći.

Tipski finozrni klastiti i laporci, kao dominantne stene u ovoj jedinici, izgledaju strukturno i teksturno vrlo monotono. Interni teksturni oblici, pre svega, laminacije su slabo izražene i sporadično se pojavljuju. Izostajanje laminacije se manifestuje specifičnim prelomom koji je oštar ili školjkast (osušena jezgra). Boja ovih

sedimenata je u svetlim tonovima smeđe, sive, zelenkaste ili ružičaste. Prelazimeđu bojama su redovna pojava. U pojedinim nabušanim stubovima postoji smenjivanje paketa koji se razlikuju samo po boji. Na primer smena sivih ili tamnosivih paketa i ružičastih ili svetlo smeđih paketa. Svetli tonovi žute i crvene boje su često uz pukotinske sisteme ili slabo naglašenu laminaciju (Slika 57). To ukazuje da je ta boja sekundarna. Takođe, slabo vidljivu laminaciju naglašava fragmentiranje jezgra ali kao posledica tehnike bušenja. Laminacija je bolje izražena ako je prisutnija sitnozrna peskovita komponenta, odnosno kada ove steneimaju prelaz ka peskovima. Vlažni sedimenti imaju plastičnost ali nije primećenobubrenje. Na svežim prelomima vide se ljuspice sericita i muskovita. Ovi filosilikati naglašavaju prisustvo alevritske frakcije. Kroz celu jedinicu, u svim bušotinama, prisutan je debris karbonificirane flore. Veličina fragmentirane flore je u mm i cm opsegu. Ponekad se flora nagomilava paralelno laminaciji (Vasić, 2015).



*Slika 57. Sekundarna pigmentacija finozrnih klastita duž mehaničkih diskontinuiteta (laminacija i pukotine). Bušotina FMTC 1216 (Vasić, 2015).*

## 6 REGIONALNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE

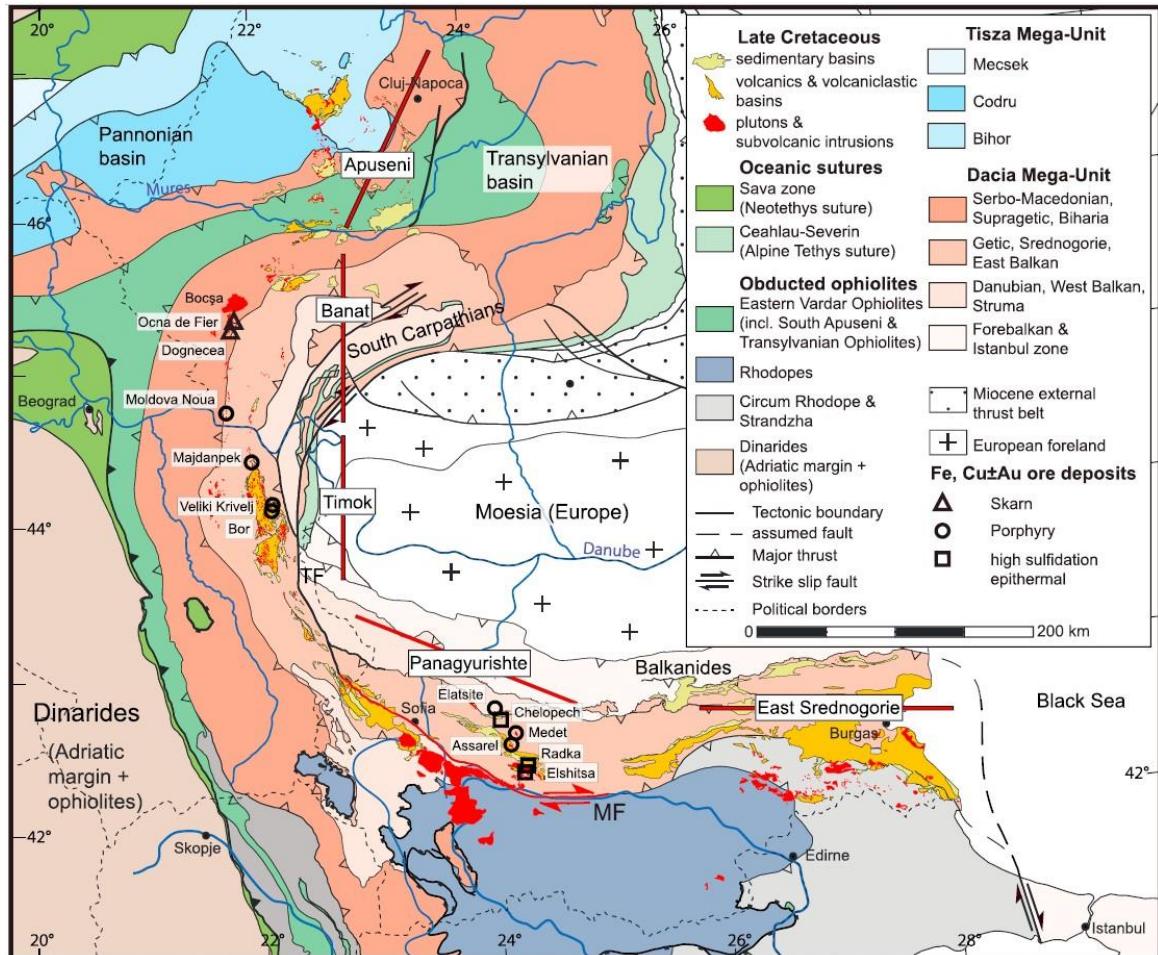
Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie gornjokredni magmatski luk u Karpato-Balkanskom orogenu formiran je na Evropskoj margini tokom zatvaranja okeana Neotetisa. Naknadno je deformisan tokom kontinentalnih kolizija (Gallhofer et al., 2015). Elementi u tragovima i izotopska signatura magme ukazuju na izvor obogaćen subdukcijom u svim segmentima i promenljivu kontaminaciju kontinentalnom korom. Bliska prostorna veza između lučnog magmatizma, zona smicanja velikih razmera i srodnih kliznih sedimentnih basena u segmentima Timoka i „Panqyurishte“ ukazuju na blagu transtenziju u ovim centralnim segmentima obnovljenog luka. Nasuprot toga, segment istočnog Srednogorja je pretrpeo snažno ortogonalno proširenje unutar luka. Segmentalna distribucija tektonskog stresa može objasniti koncentraciju bogatih porfirnih Cu depozita u transtenzionalnim segmentima, gde je niže skladištenje i frakcionisanje magme u koru pogodovalo evoluciji bogate magme (Gallhofer et al., 2015).

Gornjokredni magmatski luk i pripadajući metalogenetski manifestuju se na području Severni Rodopi, Južni Karpati i Apusenskim planinama. Magmatske stene povezane sa subdukcijom su prodrle u prethodno asocirane tektonske jedinice, i one diskordantno seku starije navlake (Slika 58). Luk je bio intenzivno deformisan nakon formiranja i savijen oko Mezijske platforme kako bi se stvorio sadašnji „L“ oblik luka (Gallhofer et al., ). Kompleksa interakcija kompresione i ekstenzione tektonike koja je delom prethodila, a delom afektirala magmatski luk, dovela je do segmentacije ABTS pojasa na: Apuseni, Banat, Timok, Panqyurishte i Istolno Sredogorije, koje ovde definišemo na osnovu geografskog regiona i glavnih rasednih zona kontinentalne kore (Slika 58, Gallhofer et al., 2015).

Karpato-balkanski orogen je nastao usled subdukcije okeana i kolizije kontinentalnih blokova sa evropskom kontinentalnom marginom, što je bilo vođeno ukupnom konvergencijom između afričke i evropske ploče. Mezijska platforma predstavlja nedeformisani prednji deo Evrope i spojena je sa drugim jedinicama sa evropske margine (mega jedinice Tise i Dakije) (Schmid et al., 2008). Sve kontinentalne jedinice u kojim se nalazi ABTS pojas nalaze se severno



i istočno od suture Evropa-Adrija i prvobitno su izvedene iz evropske ploče. Ovaj odnos važi za mega-jedinicu Dakia koja obuhvata glavne jedinice Južnih Karata koje se nastavljaju u balkanski orogen u Bugarskoj i za kontinentalnu mega-jedinicu Tise, slabo izloženu unutar Panonskog basena i na planinama Apuseni u Rumuniji (Gallhofer et al., 2015).



Slika 58. Geološka karta Karpato-Balkanskog orogena, pokazuje glavne tektonske jedinice i pojave gornjokrednih magmatskih stena i sedimentnih basenagrupisanih u pet segmenata ABTS pojasa. To su od SZ do JI segmenti Apuseni, Banat, Timok, Panagyurishte, i Istočno Srednjejgorje. Crvene trake su referentnelinije koje aproksimiraju današnju orijentaciju fronta luka u sakom od pet segmenata na osnovu geohronoloških podataka izvedenih u ovoj i prethodnim studijama. MF-Marički rasedni sistem i TF-timočki rased su glavne poprečne strukture koje se koriste za razdvajanje segmenata (Gallhofer et al., 2015).

Jedinica Rodopa je odvojena od Dakia Mega-jedinice duž desnog horizontalnog Maričkog rasednog sistema koji obuhvata nekoliko zona smicanja u pravcu SZ-JI, između ostalih i Iskar-Javoričku zonu smicanja, koja je postala aktivna u gornjoj kredi.

Pošto gornjo kredni ABTS pojas preseca granice između različitih tektonskih jedinica (Slika 58) očigledno je da je ovom magmatskom luku Karpato-

balkanskog orogena prethodilo nekoliko ranijih i izrazitih faza kompresije. Ove faze kompresije delimično su uključivale zatvaranje malih okeana što je dovelo do kolizije i nagomilavanja dna unutar eropskog kontinentalnog ruba, ali ne i do magmatizma u domenu luka. Jedinice „Strandzha“ i „Circum-Rhodope“ koje su okrenute severu bile su intezivno deformisane i regionalno metamorfisane tokom najnovijije orogeneze od jure do donje krede. Druga faza kompresije u donjoj kredi dovela je do subdukcije okeana „Ceahlau-Severin“ i do kolizije u okviru Dacia mega jedinice (Gallhofer et al., 2015).

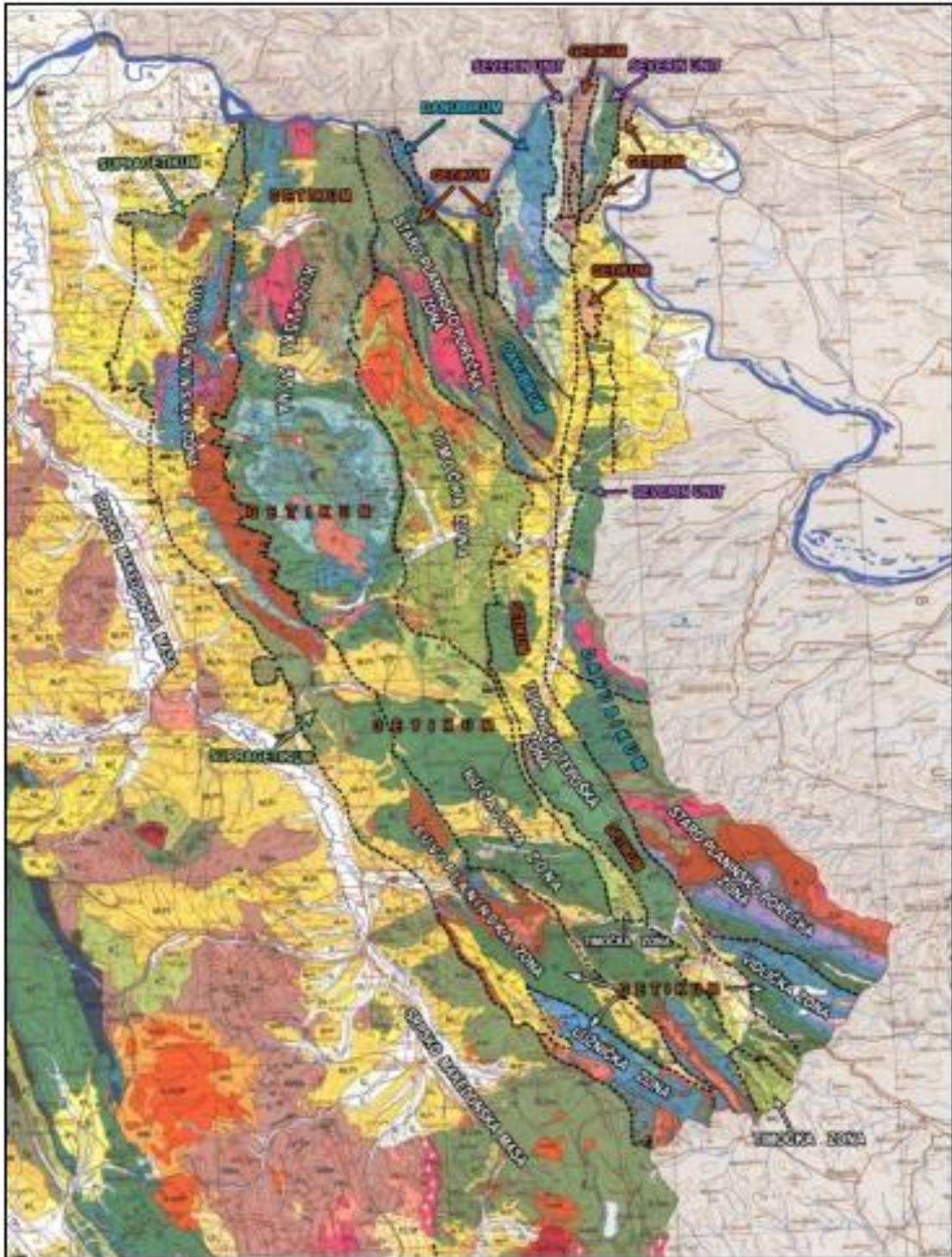
Kalk alkalni magmatizam je aktiviran posle Austrijske faze u tektonskim jedinicama gornje ploče subdukcionog sistema.

Ortogonalna ekstenzija je karakteristična za segment Istočnog Srednogorja, dok je u segmentima Panagyurishta i Timoka bila aktivna transtenzija povezana sa relativno umerenom ekstenzijom. (Georgiev et al., 2009). Umerena ekstenzija u perifernim segmentima Apuseni i Banata je kraće vremenski trajala. Regionalni stres režim smatra se kritičnim faktorom u stvaranju različitih stilova rudnih ležišta. Geodinamički izazvana horizontalna kompresija inhibira širenje subvertikalnih dajkova i zadržava „plutajuće“ magme zarobljene u subhorizontalnim komorama nalik pločama.

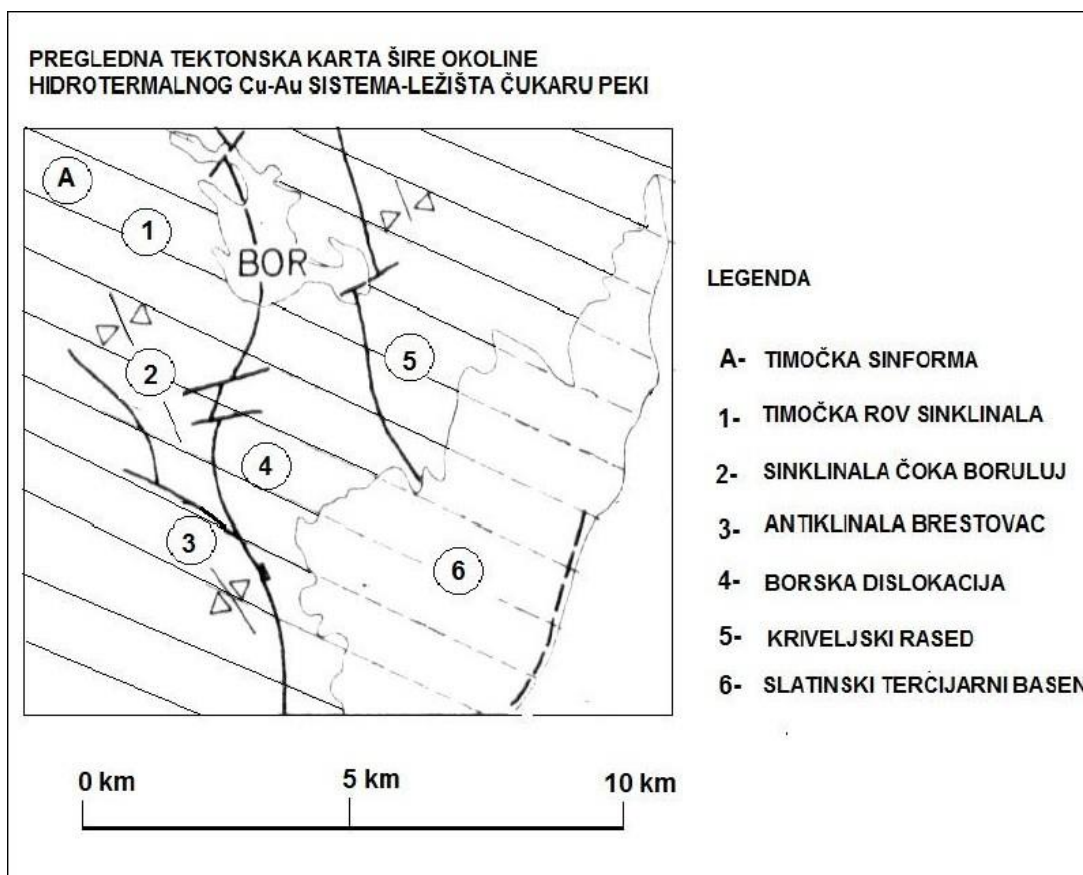
## **6.1 Interna tektonska svojstva područja Čukaru Peki**

Istraživano područje pripada Karpato-Balkanidima. U okviru njih su izdvojene četiri krupne jedinice (supragetikum, getikum, donji danubikum i gornji danubikum) (Slika 59), sa više manjih tektonskih jedinica (Marinković i saradnici, 2021). Od značaja je da se istraživani poligon nalazu u području kontakta dve tektonske subjedinice slične tektonske i stratigrafske arhitekture: Timočke na zapadu i Tupižničke na istoku, koje su razdvojene Borskim rasedom. Timočka zona predstavlja relativno usku regionalnu strukturu, meridijanskog pružanja. Tupižnička zona prati po pružanju istočni obod timočke zone. Toj strukturi pripada i deo timočkog eruptivnog kompleksa koji leži istočno od borskog raseda (Toljić, 2016).





Slika 59. Karpato-balkanidi istočne Srbije (Marović, 2005, dopunjeno).



*Slika 60. Tektonska karta šire okoline hidrotermalnog ležišta Cu-Au sistema Čukaru Peki (Antonijević i saradnici, 1966).*

Na delu lista OGK Bor 1:100.000, izdvojena je krupna geotektonska jedinica, timočka sinforma i, u okviru nje, manji strukturni oblici (Slika 60) : 1) Timočka rov-sinklinala, 2) sinklinala Čoka Boruluj, 3) antiklinala Brestovac, 4) Borska dislokacija, 5) Kriveljski rased i 6) Slatinski tercijarni basen.

Timočka sinforma (a) leži između homoljsko-kučajskog autohtona na zapadu i porečke antiforme na istoku. Glavni naborni oblici su timočka rov-sinklinala i monoklinala Krša, a glavni razlomni oblivi su: rased Krš, bučajsko-belorečki, borko-garvanski i kriveljski rase.

U oblasti timočke rov sinklinale u zapadnom delu lista je sinklinalan raspored vulkanita i vulkanoklastita. Sedimentne stene u ovoj sinklinali u višim, povlatnim delovima senonske i turnonske staroti. Reversna borsko-garvanska dislokacija, je submeridijanska, istočnovegentna, reversna. Preko Tilva Crove garvanski rased se nastavlja u borski rase. Duž istočno vergentnog, reversnog borskog raseda, navučena je donja kreda preko aglomerata horblenda-piroksen andezita, senonskih peščara i „borskih“ konglomerata. Trasa borskog raseda se može pratiti



viđše od 15 km. Reversni kriveljski rased je istočnovergentan, reversan, subvertikalalan (Marinković i saradnici, 2021).

Prema Toljić, 2016., u okviru ovog prostora mogu se izdvojiti četiri deformaciona događaja. Deformacioni događaj D1 je rezultirao razvojem raseda generalnog pravcapružanja S-J, po kojim se odvijalo reversno kretanje. Ova grupa raseda je aktivirana u uslovima kopresije koja se odvajala po pravcu I-Z, posmatrano u odnosu na sadašnji koordinatni system (Toljić, 2016).

Deformacioni događaj D2 za koji su vezana dva sistema konjugovanih raseda pravca pružanja SI-JZ I SZ-JI. Po ovim rasedima su se odvajala gravitaciona kretanja. Duž raseda pravca pružanja SI-JZ je izvedeno primarno otvaranje terciarnog basena, a najznačajniji reprezent je veliki gravitacioni rase na jugoistočnom obodu terciarnog basena i sa njim asocirani rasedi. Generisani su u naponskom polju koje je imalo osu ekstenzije upravnu na pružanje raseda stesa (Toljić, 2016).

Deformacioni događaj D3 se takođe odvijao u uslovima složene ekstenzije, tokom koje su takođe bili aktivni rasedi dve kogenetske grupe. Prva subgrupa je formirana u uslovima I-Z ekstenzije, a čine je gravitacioni rasedi generalnog pravca pružanja S-J (D<sub>3a</sub>). Delom predstavljaju reaktivirane rasede formirane tokom ranijih kompresionih oblikovanja (D<sub>1</sub>). Drugi sistem raseda aktivan u istom naponskom polju predstavlja gravitacione rasede pružanja I-Z. Obe skupine konjugovanih gravitacionih raseda su bile aktivne u dvosmerno orijentisanoj ekstenziji po pravcima I-Z i S-J (Toljić, 2016).

Deformacioni događaj D4 obuhvata dve grupe raseda složenih kinematskih karakteristika. Prva skupina dislokacija je pravca pružanja SZ-JI, po kojima su se u uslovima kompresije po pravcu SI-JZ, odvijala dominantno reversna kretanja. Ovi rasedi su delovi markantnih reversnih ruptura sveprisutnih na istraživanom području. Podaci prikupljeni na terenu su opservirani u području Raseda Brestovačke Reke i Borskog Raseda, struktura strmog pada ka jugozapadu, po kojima je reversno kretano naviše povlatno krilo. Ovim kinematskim aktom su aktivirani i rasedi prepoznati tokom istraživanja ležišta. Tokom interpretacije geoloških profila kao takav je prepoznat Centralni Rased (CF). Sa ovim rasedima su asocirani i reverni rasedi koji padaju ka severoistoku, a koji predstavljaju deo

ranijih gravitacionih struktura formiranih tokom miocena, a reaktiviranih tokom ove kompresione epizode. Druga gupa raseda aktivna u istom kompresionom polju je pružanja SI-JZ, po kojima si izvedena transkurentno desna kretanja, odnosno rasedi pružanja skoro I-Z, po kojima su izvedena transkurentno leva kretanja. Na osnovu terenskih podataka i utvrđenih efekata rasedanja po dislokacijama ove kogenetske grupe, može se zaključiti da je ovakvo naponsko polje uspostavljeno krajem neogena, u vreme potpune kompresione inverzije svih basenskih sadržaja u ovom delu Evrope (Toljić, 2016).

## **6.2 Tektonski sklop u domenu rudnika Čukaru Peki**

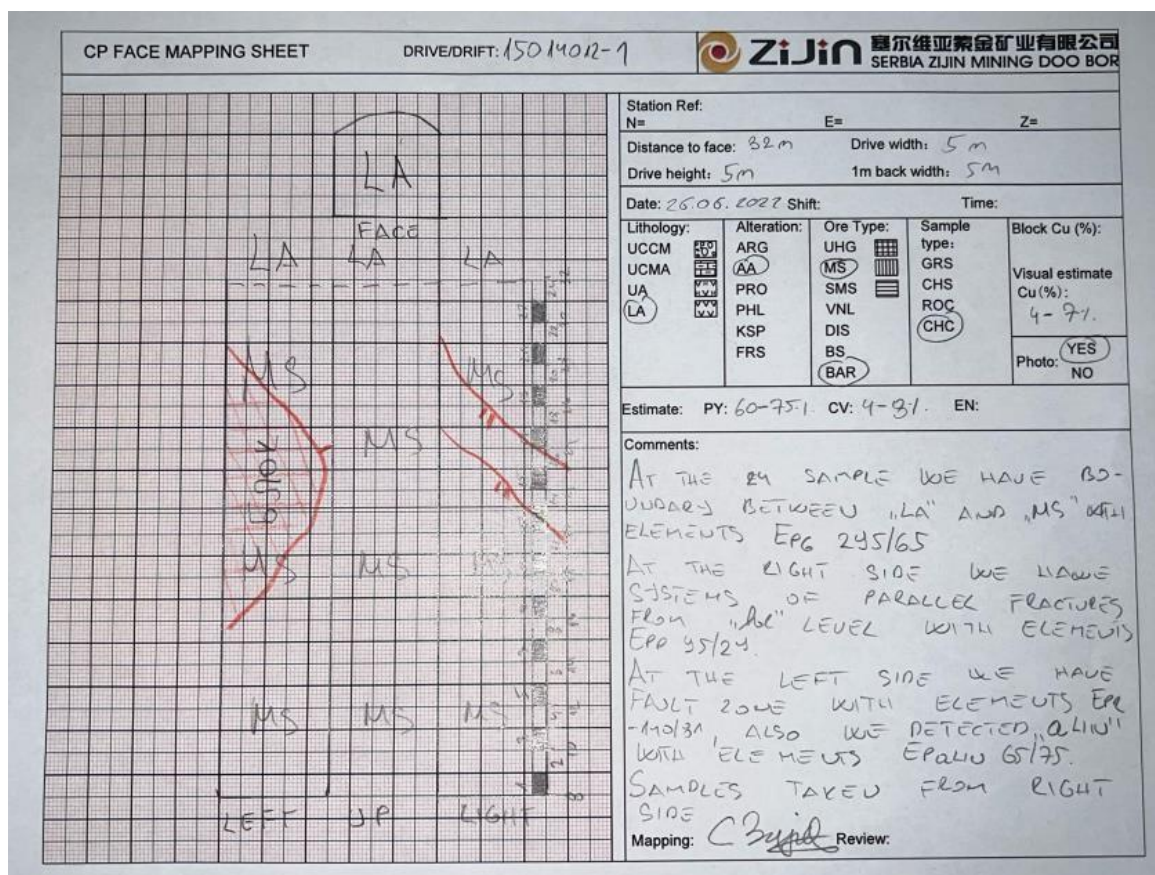
Tokom terenskih istraživanja najveći broj strukturno tektonskih podataka prikupljen je sa dva eksploataciona nivo. Zbog veće pristupačnosti i bolje otkrivenosti (većina hodnika i čela se zasipa betonom u što krećem vremenskom periodu) veći broj opservacija je urađen u okviru etažnog nivoa -140, tako da će u daljem tekstu biti prikazani prvo ti rezultati ispitivanja.

## **6.3 Sturukturno tektonski sklop etaže -140**

Najveći broj podataka dobijen je kartiranjem čela i bokova hodnika (Slika 61) u okviru ove etaže. U okviru većeg broja opserviranih raseda mereni su samo njegovi elementi, kada je bilo mogućnosti zbog bezbednosti i betonskog zasipa, mereni su elementi „a“ lineacije. Dobijeni podaci predstavljeni su rozetama, dijagramima kao i preglednom tektonskom kartom (Slika 62) u okviru ove etaže.

Na preglednoj tektonskoj karti etaže žutom bojom u okviru ove karte izdvojene su konture rudnog tela. Plavom bojom izdvojene su konture rude visoke koncentracije Cu-Au preko 8%.

Crvenom bojom, i različitim intenzitetom boje predstavljene su rasedne strukture. Tamno plavom bojom predstavljene su oblasti gde postoji velika koncentracija paralelnih pukotina smicanja. Zelenom bojom i šrafurom su izdvojene jako tektonizirane oblasti, gde je stenka masa vrlo nebezbedna i česta suobrušavanja u okviru njih, predstavljaju nebezbedna radilišta gde se uglavnom prekida eksploatacija zbog bezbednosti.



Slika 61. Primer geološkog kartiranja čela i bokova hodnika.

Izdvojena su tri tipa raseda, obeležena brojevima od 1 do 3. Rasedi sa izdvojeni pod brojem 1. predstavljaju strukture koje okonturuju ležište. Potvrđeni su bušotinama sa površine, kao i kariranjem podzemnih prostorija. Uglavnom se manifestuju na kontaktima gde imamo oštru graniju iz masivnog sulfida u „FH“ andenzite, gde imamo postepene prelasku prema semi- masivnom sulfidu i „FH“ andenzitu nisu uočeni. Posebno je interesantan rased u južnom delu karte, generalnog pružanja zapad, jugo-zapad-istok, jugo-istok. To je rased koji se prostire prema „Upper“ zoni 2, glavni karakter kretanja je transkurentni. Može predstavljati zanimljiv deo za proučavanje, jer ceo vezni hodnik koji se prostire od rudnog tela 1 (upper zone) ka rudnom telu 2 (upper zone) je u tom rasedu. Ima veliki uticaj na premeštanje sitnih fragmenata rudnog tela, i znatno otežava eksploataciju. Prema prvobitnom modelu rudnog tela, ulazak u rudu je trebao biti znatno ranije, i to sa leve strane. Određenim delovima istočne periferije ovog raseda, pojavljivale su se serije manjih delova rude, koja po modelu nije prisutna na toj strani.





Slika 62. Pregledna tektonska karta etaže -140.

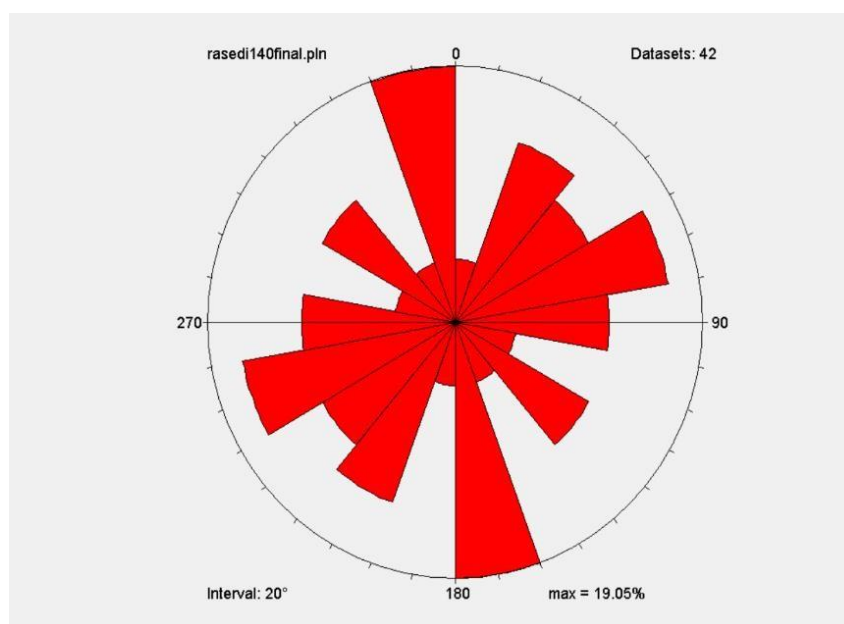
Rasedi pod rednim brojem dva, su generalnog pružanja istok severoistok-zapad jugozapad, sa manjim odstupanjima. Dva raseda, koja su označena malo intenzivnijom bojom, potvrđena su i površinskim bušenjem. Rasedi pod rednim brojem tri, su uglavnom rasedi koji su upravni na rasede pod rednim brojem 2. Generalnog pružanja su sever severozapad-jug jugoistok.

Pukotine smicanja su najzastupljenije u okviru ovog prostora. Veće koncentracije ovih pukotina na manjem prostoru znatno otežavaju eksploataciju, mogu dovesti nekada i do zatvaranja određenog hodnika, usled nestabilnosti i



čestog odronjavanja. U nekim slučajevima mogu biti iskorišćene u pozitivnom smislu, kada je zbog njihove brojnosti potrebna manja količina eksploziva za napredovanje rudarskih radova. Uglavnom se manifestuju u vidu veće paralelne skupine, sa generalno sličnim elementima pada. Sem njih, opservirane su umanjem broju i tenziona pukotine, zapunjene rasutim materijalom ili u nekim slučajevima gipsom i anhidritom. Pojave gipsa i anhidrita se vezuju za obodne delove ližišta i uglavnom sugerišu da se bliži granica rudnog tela.

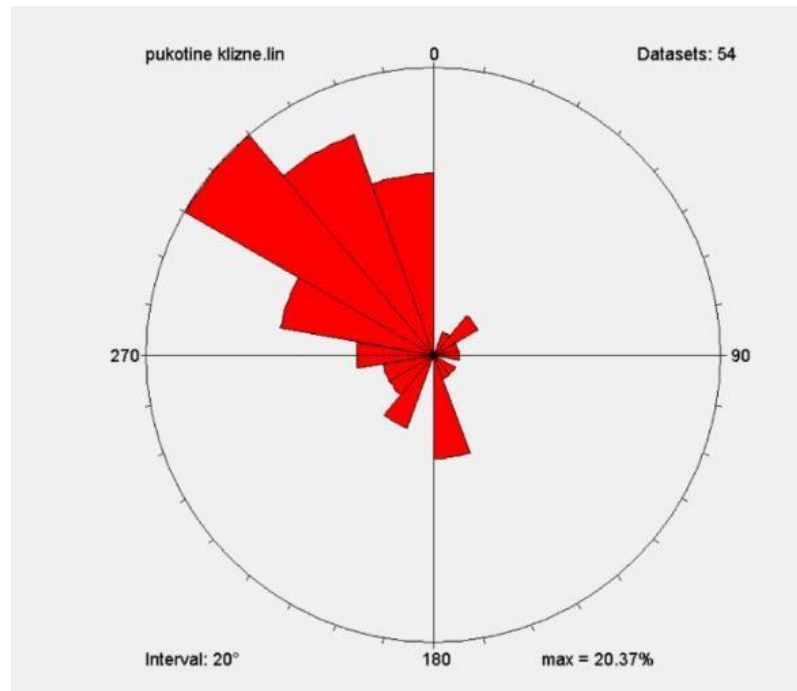
Elementi raseda (Slika 63) i pukotina smicanja (Slika 64) su i statistički obrađeni i prikazani u vidu rozeta.



Slika 63. Rozeta rasednih struktura u okviru etaže -140.

Podaci prikazani na ovoj rozeti ističu jedan maksimum i nekoliko submaksimuma. Maksimum markira rasede koji su pružanja SSZ-JJI. Na osnovu deformacionih događaja koje je izdvojio Toljić (2016) ovi rasedi pripadaju deformacionom događaju D4 u okviru kog se kompresija odvijala u pravcu SI-JZ. Posmatrano u planu ovim rupturama pripadaju i Borski Rased. Analizirajući pružanje Rasea Brestovačke Reke može se zaključiti da se njegov centralni i južni deo pruža pravcem SSZ-JJI, a severna deonica ima pružanje skoro S-J. Isto

pružanje imaju i prateće rupture razvijene uz ovaj rased. Slično se u planu ponaša i Borski rased (Toljić, 2016).



*Slika 64. Rozeta pružanja pukotina smicanja u okviru etaže -140.*

Merene pukotine se grupišu i markiraju jedan sistem pukotina pružanja pravcem SZ-JI (slika 64).

#### **6.4 Strukturno tektonski sklop etaže -110**

U okviru ovog nivo mereno je manje podataka, koji su predstavljeni preglednom tektonskom kartom ovog nivo (Slika 65) kao i rozetama pružanja ruptura (Slika 66 i 67).

U okviru etaže -110 izdvojene su takođe tri grupe raseda. Poređenjem ove karte sa kartom sa nivo -140 i s obzirom na visinsku razliku od 30 m može se zaključiti da ima dosta poklapanja rasednih struktura. Velika poklapanja su u domenima raseda pod rednim brojem 1, što je bilo i za očekivati, jer su to kontrolni rasedi rudnog tela. Takođe u domenu raseda pod rednim brojem 2, značajna su poklapanja sa donjim nivoima rudnog tela. Mala odstupanja su u okviru raseda pod rednim brojem 3. mada i u okviru njih može se uočiti značajno poklapanje sa donjim nivoima.

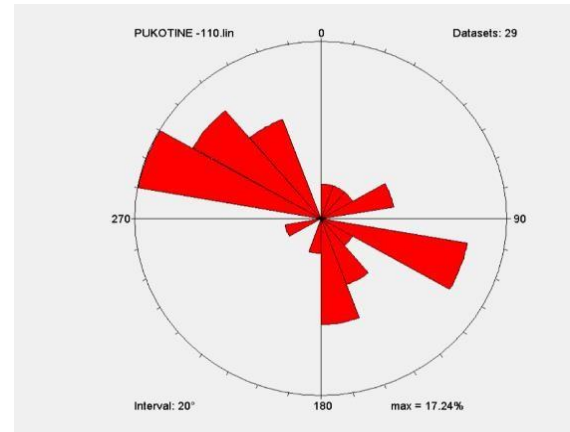
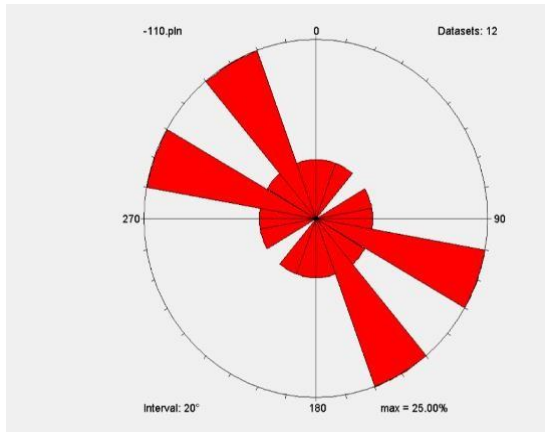
Na rozeti rasednih struktura uočavaju se dva maksimuma. Jedan pravca pružanja SSZ-JJI i drugi koji ima pružanje pravcem ZSZ-IJI. Prvi maksimum se

generalno poklapa sa maksimumom dobijenim za pružanje raseda sa etaže -140.



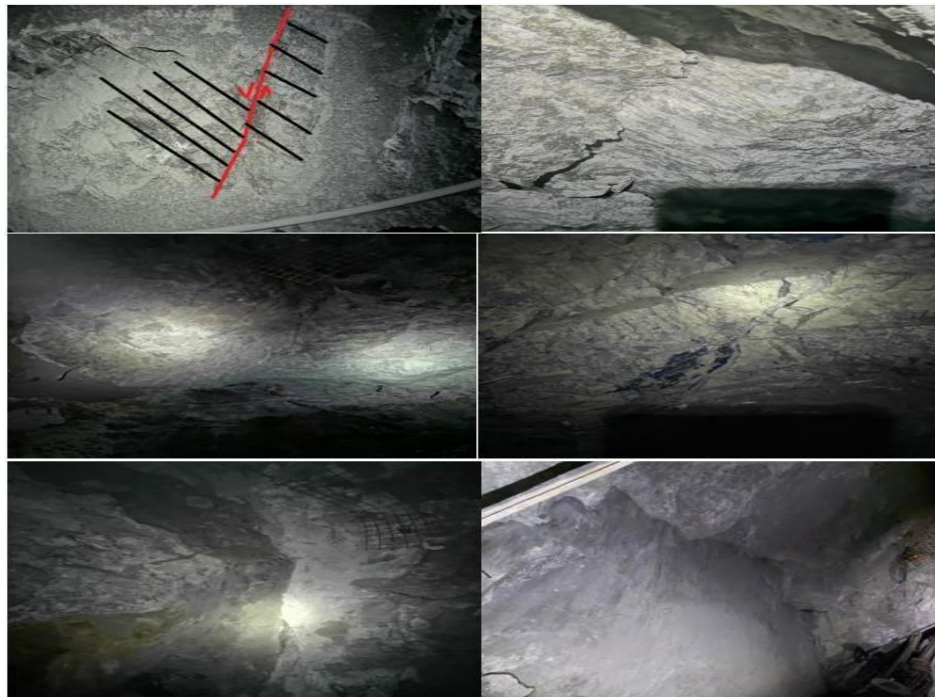
*Slika 65. Pregledna tektonska karta etaže -110.*

Na rozeti pružanja pukotina smicanja uočava se sličan trend pružanja kao u okviru etaže -140. Pukotine se generalno pružaju pravcem SZ-JI.



*Slika 66. Rozeta rasednih struktura u okviru etaže -110. Slika 67. Rozeta pružanja pukotinasmicanja u okviru etaže -140.*

U daljem delu teksta priložene su fotografije, rasednih struktura sa nivoa - 140 kao i -110 kartiranih u okviru hodnika i čela ( 68), kao i u okviru istražnih podzemnih bušotina (Slika 69).



*Slika 68. Primeri rasednih struktura u okviru etaža -140 i -110.*





*Slika 69. Primer rasednih struktura u jezgrima istražnih bušotina koje su izvedene iz jamskih prostorija.*

## 7 ZAKLJUČAK

Na području rudnika Čukaru Peki vršena su terenska istraživanja geološke građe, koja su potom analizirana i interpretirana u okviru ovog rada. Zarad bolje interpretacije, osim terenskih istraživanja korišćeni su i publikovani radovi, izveštaji kao i odgovarajuća literatura.

Sa litološkog aspekta u građi ovog područja učestvuju stene gornjo kredne starosti kao i miocenske starosti. Može se zaključiti da je teren heterogene građe, prisutne su stene različite starosti i kao takav ima generalno složenu geološku građu. Može se zaključiti da se na paleoreljefu koji je izgrađen od andezita i andzitskih vulkanoklastita koji pripadaju prvoj fazi vulkanizma, tokom gornje krede sedimentacija započinje depozicijom laporaca. Potom prilikom zatvaranja basena u gornjem kampanu, kreće razviće jedinice „Borski klastiti“.

U kontekstu magmatizma, razlikujemo dve faze vulkanizma u okviru ovog prostora. Prva faza koja obuhvata horblenda-andezitske stene zajedno sa interkaliranim vulkanoklastitima, epiklastitima, laporovitim i fino-zrnim klastitima,. Druga faza je bila oko 82.3-81.8 miliona godina.

Preko mezozojskih sedimenata i vulkanita razvijeni su miocenski sedimenata. Istraživanja upućuju da je vrlo teško razlikovati promene u režimu sedimentacije, zbog toga što su sedimenti generalno nastali u okviru sličnih depozicionih sredina. Međutim na osnovu prekida sedimentacije u paleogenu moguće je razdvojiti neogene jedinice od starije podloge. Razlikujemo nekoliko jedinica u okviru miocenskih sedimenata.

Sa aspekta tektonike ovo područje pripada krupnoj tektonskoj jedinici Karpatobalkanidima. Timočka eruptivna oblast je nastala u zaleđu subdukcione zone Neotetisa, kao domen zahvaćen ekstenzijom u gornjoj kredi. Kasnije je područje prošlo kroz složenu kompresiono-ekstenzionu evoluciju.

U domenu rudnika Čukaru Peki razvijene su brojne lokalne rasedne strukture koje su imale uticaja na distribuciju mineralizacije. Analizom rupturnih struktura u potpovršinskom delu rudnika, konstatovane su rasedne i pukotinske strukture od kojih se na dva proučavana nivoa kao najvažnije prepoznaju rasedne strukture generalnog pružanja pravcem SSZ-JJI. Ovi rasedi su deo starijih rasednih

struktura koje su finalno bile reaktivirane tokom kasnog neogena u kosoj kompresiji orijentisanoj pravcem SI-JZ.

## 8 LITERATURA

- Antonijević I., Kalenić M., Đorđević M., Lončarević Č., Čičulić M., Škuletić T., 1976. *Osnovna geološka karta 1:100000*, list Bor, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Bosić D. 2019. Samples from core library, Stručni fond „ZijinMining“, Bor.
- Banješević M. 2010. Upper cretaceous magmatic suties of the Timok Magmatic complex. *Geološki anali balkanskog poluostrva, Beograd, p 13-22*
- Bailly, L., Stein G. & Genna, A., 2002. Preliminary microthermometric measurements in quartz, sphalerite and enargite from the Bor and Majdanpek deposits, Serbia: Geology and Metallogeny of Copper and Gold Deposits in the Bor Metallogenic Zone — Bor 100 Years International Symposium, *Bor Lake, Yugoslavia, 2002. In Proceedings (71-75)*.
- Cvetković V., Šarić K., Pačevski A., 2021. Mineraloško-petrološka, rudnomikroskopska i SEM-EDS analiza uzoraka iz bušotina TC210649, TC210652, TC210653 I TC210650, Stručni fond „ZijinMining“, Bor.
- Gallhofer D., Quadt A., Peytcheva I., Schmid S., A. Heinrich C., 2015, *American Geophysical Union, Tectonic 34, 1813-1836*
- Jelenković R., Milovanović Dr., Koželj D., Banješević M., 2016. The mineral resources of the Bor metallogenic zone: A review, *Geologia Croatica, p 143-155*.
- Kalenić M., Đorđević M., Krstić M., Bogdanović P., Milosaković R., Divljan M., Čičulić M., Rudolf Lj., Jovanović Lj., 1976. *Tumač za list OGK Bor*, Savezni geološki zavod, Beograd
- Klimentyeva D., Drisener T., Albrecht von Q., Tončić T., Heinrich C., 2021. Silicate- replacive high sulfidation massive sulfide orebodies in a porphyry Cu-Au system: Bor, Serbia, *Mineralium Deposita 56, 1423-1448*.



- Koželj D., 2002: Epitermalna mineralizacija zlata Borske metalogenetske zone, Morfogenetski tipovi, strukturno-teksturni varijeteti i potencijalnost. - RTB Bor, *Institut za bakar Bor, Bor*, 219 s.
- Koželj D. 2002: Morphogenetical types of epithermal gold mineralization in the Bor metallogenic zone. In: D. Koželj and R. Jelenkovic (Editors), *Geology and metallogeny of copper and gold deposits in the Bor metallogenic zone. Serbia & Montenegro*, pp. 57-70.
- Kolb M., von Quadt A., Peytcheva I., Heinrich C.A., Fowler S.J. & Cvetkovic V., 2013: Adakite- like and Normal Arc Magmas: Distinct Fractionation Paths in the East Serbian Segment of the Balkan-Carpathian Arc. *Journal of Petrology* v. 54 (3), pp 421-451.
- Lerouge, C., Bailly, L., Béchu, E., Fléhoc, C., Genna, A., Lescuyer, J.L., Stein, G., Gillot, P.Y., Koželj, D., 2005. Age and origin of advanced argillic alteration at the Bor Cu-Au deposit, Serbia. *In Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge (541-544)*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Marinković V., Maksimović M., Pačkovski G., Krstić S., Tašić D., Jovanović M., Svrčkora I., Stojanović M i dr., 2021. Elaborat o resursima i rezervama bakra i zlata u ležištu Čukaru Peki, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Centar za projektovanje metaličnih mineralnih sirovina. Stručni fond „ZijinMining“, Bor.
- Mladenović A., Pavlović R., Petrović D., 2014: Izveštaj o obavljenoj strukturno–geološkoj analizi istražnog područja Bor–Metovnica, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet .- *Fond stručne dokumentacije Rakita Exploration d.o.o. Bor*.
- Mcphie J. 2018. Volcanology of the Cukaru Peki host succession, Serbia, Stručni fond „Rakita Exploration d.o.o“, Bor.
- Marović, M., 2005. Geologija Jugoslavije. Posebna izdanja Geoinstituta. Beograd.
- Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences* 101, 139-183.
- Sillitoe H. R., 2017. Review of the geological model for thr Čukaru Peki copper-gold deposit, Timok belt, Serbia, Stručni fond „Rakita Exploration

d.o.o“, Bor

Tripp G., 2017. Čukaru Peki High Sulphidation/ porphyry Cu-Au deposit, Stručni fond „Rakita Exploration d.o.o“, Bor

Toljić M., 2016. Izveštaj o proučavanjima tektonskog sklopa područja Čukaru Peki (južno od Bora), Stručni fond „Rakita Exploration d.o.o“, Bor.

Vasić N., 2015. Study sedimentology of cretaceous and miocene units in the Slatina basain, Stručni fond „Rakita Exploration d.o.o“, Bor.

\*Korišćeni su razni fondovski materijali i izveštaji iz baze podataka kompanije „ZijinMining“

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента СТЕФАН ЗУЏИЋ

Број индекса Г122/20

### Изјављујем

да је завршни рад под насловом

ПОДПОВРШНИСКА ГЕОЛОШКА ГРАЂА ЧУКАРЈ ПЕСИ  
(ИСТОЧНА СРБИЈА)

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 23.04.2022

Потпис студента

**ИЗЈАВА**  
**О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ**  
**ЗАВРШНОГ РАДА**

Име (име родитеља) и презиме студента СТЕФАН РАЈКО З-ЈУЧИ  
Број индекса Г122/20  
Студијски програм РЕГИОНАЛНА ГЕОЛОГИЈА  
Наслов рада ПОДПОВРШИНСКА ГЕОЛОШКА ГРАЂА  
ЧУКАРУ ПЕКИ (ИСТОЧНА СРБИЈА)  
Ментор ДР. МАРЦИКО ТОВИЋ, РЕДОВНИ ПРОФЕСОР

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 23.04.2022

**Потпис студента**

\_\_\_\_\_



## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

ПОДПОВРШИНСКА ГЕОЛОШКА ГРАЂА ЧУКАРУ ПЕКИ (ИСТОЧНА СРБИЈА)

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

*(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)*

У Београду, 23.09.2022.

Потпис ментора

Потпис студента

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
  2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
  3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
  4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
  5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
  6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-