

Utjecaji rudarenja na okoliš na samoborskom području

Žitković, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:076238>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-08**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

**UTJECAJI RUDARENJA NA OKOLIŠ NA
SAMOBORSKOM PODRUČJU**

ZAVRŠNI RAD

Petar Žitković

GI – 2109

Zagreb, 2020.

UTJECAJI RUDARENJA NA OKOLIŠ NA SAMOBORSKOM PODRUČJU

Petar Žitković

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

U ovom završnom radu opisan je rudnik Sv. Barbare u Rudama. Definirane su rudne pojave i minerali u rudniku, te je sažeto objašnjena povijest rudarske aktivnosti u Samoboru. U radu su prikazani postupci otkopavanja rude i zbrinjavanja jalovine. Opisana je geološka građa sliva potoka Gradna. Prikazane su geokemijske značajke (mineralni sastav, kemijski sastav) poplavnih sedimenata potoka Gradna te je definirana prisutnost teških metala (Fe, Cu, Pb, Hg) u sedimentu. Navedeni su utjecaji rudarenja na kakvoću vode potoka Gradna te podzemnih voda u slivu potoka Gradna.

Ključne riječi: rudarenje, geokemijske značajke, sediment potoka Gradna, kakvoća vode

Završni rad sadrži: 35 strana, 16 slika, 6 tablica i 25 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Voditelj: prof.dr.sc. Zoran Nakić

Ocjenjivači:

prof.dr.sc. Zoran Nakić,

izv.prof.dr.sc. Stanko Ružičić,

doc.dr.sc. Tomislav Korman.

Datum obrane: 16.10.2020.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Razvoj rudarstva na samoborskom području	3
2.1. Rudne pojave i minerali.....	4
2.2. Povijest rudarske aktivnosti	6
2.3. Postupci otkopavanja ruda i zbrinjavanja jalovine	9
3. Geološka građa slivnog područja potoka Gradna.....	11
4. Uzorkovanje profila poplavnih sedimenata drenažnog bazena potoka Gradna	14
4.1. Profil Rudarska Gradna	16
4.2. Profil Gradna-Sava	17
4.3. Geokemijske analize sedimenta i korita potoka Gradna.....	17
4.4. Prisutnost teških metala u sedimentu.....	18
5. Kakvoća vode potoka Gradna i podzemnih voda u slivu potoka Gradna	21
5.1. Analize kakvoće vode potoka Gradna i Rudarska Gradna.....	24
5.2. Analize podzemnih voda u slivu potoka Gradna i Rudarska Gradna	25
5.3. Mogući utjecaji rudarenja na kakvoću tla i voda.....	26
6. Zaključak	27
7. Literatura	28
7.1. Ocjenski radovi	28
7.2. Objavljeni radovi.....	29
7.3. Studije i elaborati	30
7.4. Zakonski propisi.....	30
7.5. Mrežne stranice	30

Popis slika:

Slika 1- Potok Lipovačka Gradna

Slika 2- Potok Rudarska Gradna

Slika 3- Zemljopisni položaj Samoborskog gorja i mjesta Rude (Čović, 2003.)

Slika 4- Rudnik Sv. Barbara u Rudama

Slika 5- Prikaz unutrašnjosti rudnika Sv. Barbara u Rudama

Slika 6- Kompleks rudokopa bakra i talionice u Rudama s kraja 18. stoljeća (Čović, 2003.)

Slika 7- Podzemne prostorije jame Sv. Barbara (Vrkljan, 2020.)

Slika 8- Jalovište Vlašić (Strmić-Palinkaš, 2015.)

Slika 9- Jalovište Sveta Barbara (Strmić-Palinkaš, 2015.)

Slika 10- Topografski položaj istraživanog područja (Google maps, 2020.)

Slika 11- Dio lista Zagreb Osnovne geološke karte koji prikazuje područje istraživanja (Šikić et al., 1978.)

Slika 12 – Pojednostavljeni presjek kroz rudno ležište Rude (Palinkaš et al., 2010.)

Slika 13- Topografski prikaz profila poplavnih sedimenata potoka Gradna (Google earth, 2020.)

Slika 14- Koncentracije teških metala na pojedinim profilima (Čović, 2003.)

Slika 15- Koncentracije topivog željeza i mangana u uzorcima poplavnih sedimenata Rudarske Gradne i Gradne (Čović, 2003.)

Slika 16- Mjerna postaja kakvoće vode 51155 (potok Gradna 1) kod toponima Vugrinščak na samoborskom području (Google earth, 2020.)

Popis tablica:

Tablica 1- Opis uzoraka s profila Rudarska Gradna 1 i Rudarska Gradna 2 (Čović, 2003.)

Tablica 2- Opis uzoraka s profila Gradna-Sava (Čović, 2003.)

Tablica 3- Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)

Tablica 4- Analiza kakvoće vode potoka Gradna (Hrvatske vode, 2008. – 2019.)

Tablica 5- Analiza kakvoće vode potoka Rudarska Gradna (Hrvatske vode, 2017. – 2019.)

Tablica 6- Analiza prisutnosti teških metala u podzemnoj vodi sliva Gradna (Hrvatske vode, 2008.-2019.)

1. Uvod

Područje istraživanja ovog rada je utjecaj rudarenja na području Samobora na okoliš. Rudarska aktivnost se odvijala u mjestu Rude, koje je smješteno u Samoborskom gorju, brdsko - planinskom sustavu uz desnu obalu rijeke Save, pet kilometara jugozapadno od Samobora.

Samoborsko gorje, Medvednica i Kalnik činili su dugačku planinu – horst, koja je kao takva postojala do kraja posljednjeg ledenog doba, prije otprilike desetak tisuća godina. Tada je rijeka Sava probila svoj današnji koridor kod Podsuseda, te razdvojila planinski masiv. Na reljef su osobito utjecali potoci Lipovačka i Rudarska Gradna (Slike 1 i 2), koji su svojim koritima podijelili gorje na tri izražene skupine: Plešivicu, Oštrc i Japetić.

U okviru istraživanja i kemijskih analiza koje su radile Hrvatske vode u razdoblju od 2008. godine do 2019. godine, definirana je kakvoća površinskih i podzemnih voda sliva potoka Gradna. Nadalje, na temelju geokemijskih analiza koje je radila Čović, M. (2003.) opisani su poplavni sedimenti potoka Gradna, te prisutnost teških metala (Fe, Cu, Pb, Hg) u sedimentu. Uspoređene su vrijednosti koncentracije teških metala s maksimalnim dopuštenim koncentracijama (M.D.K.) prema (NN br. 125/17).

Pomoću profila Rudarska Gradna i Gradna - Sava opisana je geološka građa slivnog područja potoka Gradna. Definirani su mogući utjecaji rudarenja na kakvoću tla i voda na području Samobora, te je dan pregled razvoja rudarstva na samoborskom području.

Navedeni su postupci otkopavanja rude, zbrinjavanja jalovine te je opisan štetan utjecaj jalovišta na kakvoću okolnog tla i vode. Prema istraživanjima Čović (2003.) analizirane su rudne pojave i minerali koji se javljaju na tom istraživanom području.

Cilj i svrha ovog završnog rada je utvrditi vezu i utjecaj rudarenja na okoliš slivnog područja potoka Gradna, te utjecaj na kakvoću tla i vode na širem samoborskom području.



Slika 1 – Potok Lipovačka Gradna

Potok Gradna nastaje spajanjem dva potoka: Lipovačke Gradne i Rudarske Gradne. Prvi teče Lipovečkom Dragom, a drugi Rudarskom Dragom, a spajaju se kod crkve sv. Mihailja te združeni teku kroz središnji dio grada prema Savi.



Slika 2- Potok Rudarska Gradna

2. Razvoj rudarstva na samoborskom području

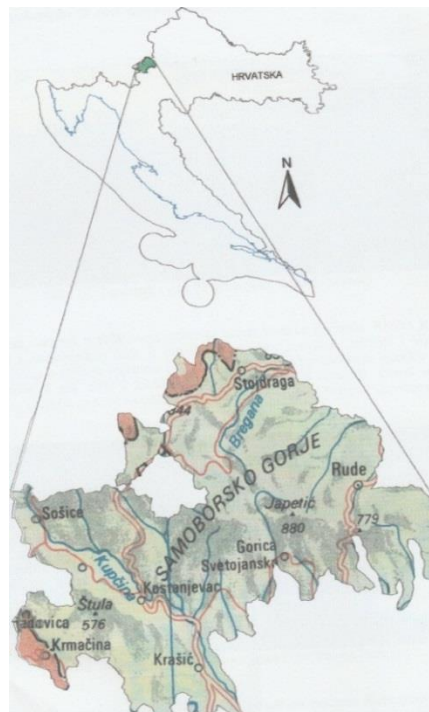
Prostor rudnika Sv. Barbara u Rudama (Slike 3, 4, 5) ima bogatu i značajnu povijest (Slika 6). Najstariji podaci otkrivaju kako se u Rudama bakrena ruda eksploatirala od 1210. godine, a postoje i pretpostavke kako je i za vrijeme antike ovaj prostor bio rudarski aktivan. Poznato je kako se kraj oko Samoborskih Ruda u 14. stoljeću nazivao Rovi (Laszowski, 1944). Smatra se i kako su u tim krajevima rudarenje oživjeli Česi nakon što su na kratko vrijeme prisvojili taj prostor (Swennen i dr., 1998). Zlatno doba rudarenja u Rudama bilo je u 16. stoljeću kada je samoborski kraj najvažniji proizvođač bakra u Hrvatskoj. Proizvodnja bakra bila je dvostruko veća nego u to vrijeme u Engleskoj, četverostruko veća nego u Norveškoj, a dosegala je i trećinu proizvodnje znamenitog švedskog rudnika u Fokunu (Macklin i dr., 1994).

U srednjem vijeku trgovački putevi bili su jako važni, a njihovi nazivi su se povezivali sa sirovinama, koje su njima prevožene (srebrni, zlatni, bakreni). Rude su bilo mjesto u kojem je stoljećima počinjao glavni hrvatski bakreni put (Rude – Plešivica - Dubovec - Vrbovsko - Bakar- Rijeka). Rude su bile i dio međunarodnog rudarskog puta iz 15. i 16. stoljeća koji je kretao u Slovačkoj, a završavao u Senju odakle se bakar odvozio brodovima (Hindel i dr., 1996). Najintenzivnije se rudarilo u Rudama u razdoblju od 1628. do 1800. godine, kada se proizvodilo od 11 do 22 tone bakra godišnje, a vrhunac proizvodnje postignut je 1634. godine kad je dobiveno oko 32 tone metala. Istraživanjem od 1952. do 1955. godine potvrđeno je da je sva kvalitetnija ruda eksploatirana. Ukupno je u Rudama proizvedeno između 2200-2800 tona bakra (Laszowski, 1942).

2.1. Rudne pojave i minerali

U paleozojskim sedimentima Samoborskog gorja javljaju se dva morfološka tipa rudnih pojava, koja pripadaju istom genetskom ciklusu. Prvi tip su skladovi i leće siderita, hematita, anhidrita i gipsa praćene dolomitom, a drugi tip su kvarcno-sideritne žice sa sulfidima i sulfosolima. Glavnina rudnih pojava u Samoborskom gorju nalazi se u paleozoiku u dolini potoka Gradna između sela Rude i Braslovje (Jurković, 1962). Pojave željezne rude vezane su za željezovite pješčenjake i sitnozrnate konglomerate, a nalaze se u

paleozojskim pješčenjacima. Ruda se pojavljuje s obje strane potoka Gradna i pruža se pravcem sjeveroistok-jugozapad i dužine je oko 1,5 km. U centralnom dijelu rudne pojave nalazi se najveće rudno tijelo sa sideritom kao glavnim rudnim mineralom, dok je u ostalim rudnim tijelima glavni rudni mineral hematit (Šuklje, 1942). Hematit je najobilniji mineral koji je sitnozrnast te gradi mineralne agregate različitog oblika i veličine. Hematitni agregati su kompaktni, porozni ili je u njima hematit vezan s kvarcom (Šinkovec, 1971). Ruda je često mikrobrečaste teksture. Fragmenti su od kvarca, hematita, a matriks je kvarcno-hematitni. Pojave hematitne rude imaju oblik leća i malih su dimenzija. Pojave sulfidnih ruda nalaze se na više mjesta u Samoborskom gorju. U Ludvičkoj dolini nađen je cinabarit, kod Otruševca i Konščice nađene su žice barita i siderita s piritom i galenitom, a kod Poljanice valutice kalcita s galenitom i sfaleritom (Tućan, 1919). Neposredno ispod sideritnog rudnog tijela na desnoj strani potoka Rudarske Gradne nalazi se najveća pojava sulfidne rude u obliku žica koje presijecaju permske pješčenjake. Glavni rudni mineral je siderit, a za njim slijede kvarc, te rjeđe barit i sulfidi. Od sulfida najobilniji je pirit, pa halkopirit, dok su galenit i sfalerit znatno rjeđi. Od ostalih minerala nalaze se rutil, markazit, meljnikovit, tetraedrit, lineit, bravoit, klorit, bornit, halkozin, kovelin, kuprit i goethit (Čović, 2003).



Slika 3- Zemljopisni položaj Samoborskog gorja i mjesta Rude (Čović, 2003)



Slika 4 – Rudnik Sv. Barbara u Rudama



Slika 5 – Prikaz unutrašnjosti rudnika Sv. Barbara u Rudama

2.2 Povijest rudarske aktivnosti

Eksploatacija ležišta željezne i bakrove rude u Rudama seže u daleku prošlost. Cjelokupna rudarska aktivnost samoborskog kraja odvijala se u Rudama, a središte trgovine za to rudarsko područje bio je Samobor. Kao posljedica rasta rudarske proizvodnje grad Samobor postaje prerađivački centar s ljevaonicom bakra, a iz Samobora se upravlja i rudnicima (Šinkovec, 1971).

Na temelju starih radova s uskim i niskim hodnicima (Slika 4) koji su izrađivani bez upotrebe baruta zaključilo se da je ruda vađena već u srednjem vijeku, a možda već i u doba Rimljana. Najstariji podaci govore da je već 1210. godine u selu Rovi (današnjim Rudama) rudaren bakar. Prvi pouzdaniji podaci potječu s početka šesnaestog stoljeća kada se spominje vlasnik rudnika bakra Leonard Gruber (Laszowski, 1944).

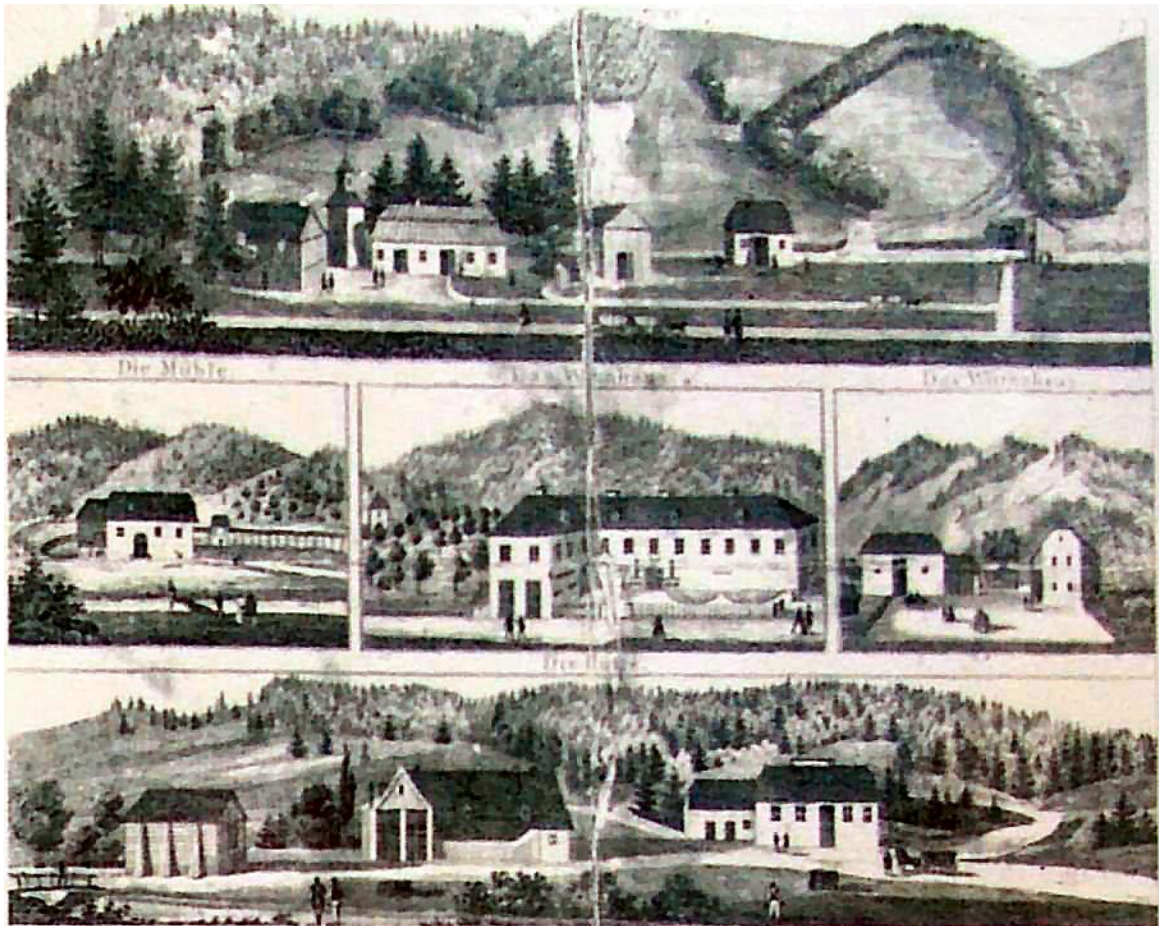
Rudnik je često mijenjao vlasnike, naročito zbog financijskih kriza. Iako postoje podaci o proizvodnji i za ranija razdoblja, sustavniji podaci dostupni su za vrijeme iza 1773. godine. Iz tog vremena 1777. godine potječe i sačuvana jamska karta na kojoj se vidi velika razgranatost podzemnih radova.

Glavni rov Sv. Antona i još 10-ak rovova na području Ruda sačinjavali su u 18. stoljeću jedinstven rudarski kompleks. Rudarski kompleks u Rudama sastojao se od rudarskih zgrada: rudarske kovačnice, peći za odsumporavanje, talionice, dvije zgrade za prebiranje rude i zgrade za prženje rude (Poljak, 2001).

Nakon 1800. godine proizvodnja slabi zbog osiromašenja rude, a prestaje 1851. godine, kada je proizvedeno oko tri tone bakra (Laszowski, 1942).

Prema postojećim podacima može se zaključiti da je od 1210. godine do 1851. godine u Rudama proizvedeno oko 2500 tona bakra (Vrkljan, 2020). Na temelju starih analiza i količine otkopane rude u odnosu na količinu proizvedenog bakra u pojedinim godinama, može se zaključiti da je u Rudama eksploatirana ruda s 12 do 16 % bakra.

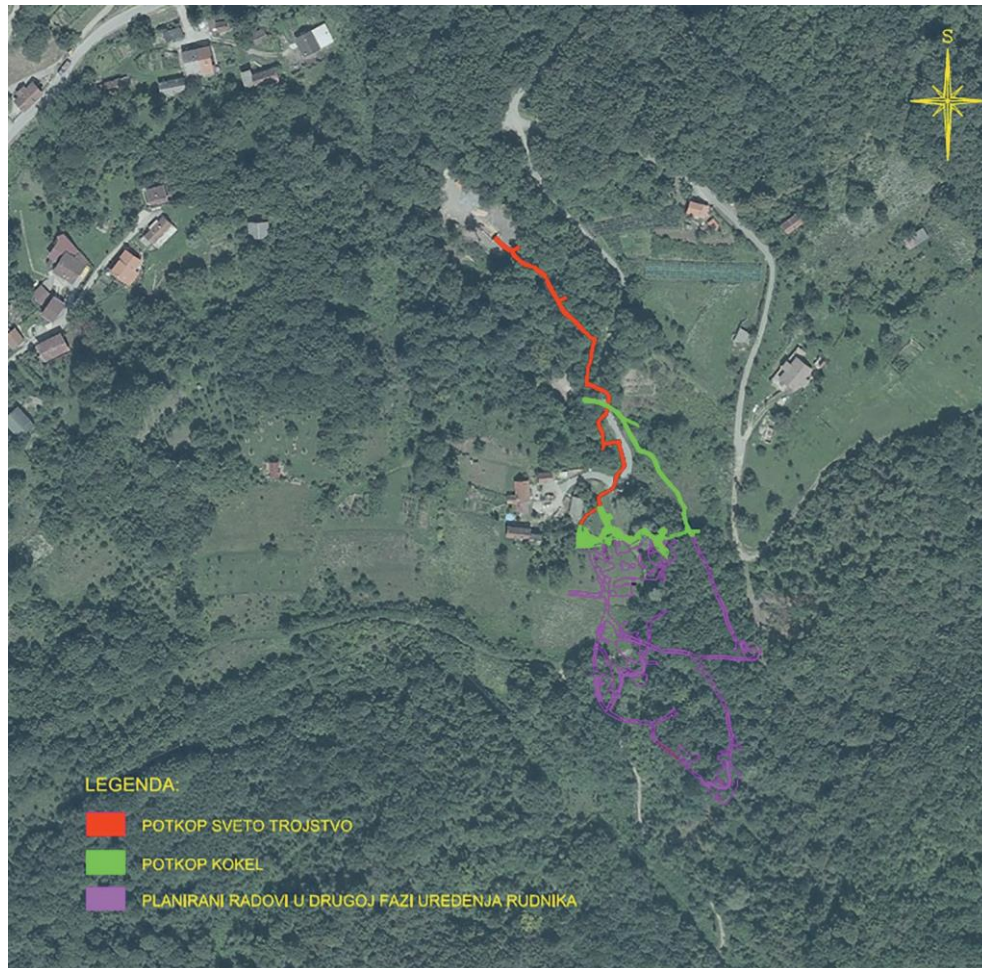
Eksploatacija željezne rude (siderita) započela je 1850. godine u reviru rova Vlačić-Kokel. Ruda je taljena većinom u Rudama u visokim pećima kapaciteta 1400 tona godišnje, u talionici smještenoj nedaleko od ulaza u potkop Sv. Trojstvo, a dio je odvožen na taljenje u Sloveniju. Rudnik je zbog nerentabilnosti zatvoren već 1859. godine.



Slika 6- Komplex rudokopa bakra i talionice u Rudama s kraja 18. stoljeća (Čović, 2003)

Nakon prestanka eksploatacije u više navrata su obavljani istražni radovi, no zadnjim istražnim radovima između 1952. i 1956. godine utvrđeno je da je bakar iscrpljen, a da željezne rude ima tek oko 50 000 tona što je premalo za ekonomičnu eksploataciju. U području Rudarske Gradne nizvodno od Ruda, u prvoj polovici dvadesetog stoljeća je na više lokacija povremeno vađen gips (Laszowski, 1942). Krajem pedesetih godina prošlog stoljeća gips je eksploatiran i podzemnim radovima za potrebe cementare Podsused, no eksploatacija je obustavljena zbog visokog postotka anhidrita.

Na inicijativu mještana Ruda, stari rudnik Sveta Barbara u Rudama je uređen i otvoren za obilazak posjetitelja 2010. godine. Postoje planovi za daljnje uređenje ovoga rudnika, prije svega u turističke svrhe (Slika 7).



Slika 7 – podzemne prostorije jame Sv. Barbara (Vrkljan, 2020)

2.3. Postupci otkopavanja ruda i zbrinjavanja jalovine

U početku rudarenja u Rudama koristili su se primitivni alati za kopanje, slični zemljoradničkim. Osnovni alat rudara u Rudama bio je čekić i dlijeto, te se koristila rudarska lampa (Šikić i dr., 1972). Materijal se iskopavao ručno, a čitav proces bio je veoma dug. Rudari su prevozili rudu u manjim vagonima.

Na području Ruda glavni rov Sv. Antona i još desetak rovova sačinjavali su jedinstven rudarski kompleks.

Rudno ležište u Rudama i njegovo jalovište predstavljaju izvor mnogih potencijalno toksičnih metala u tlu, jer su ostaci rudnih minerala na jalovištu nestabilni u površinskim uvjetima niskog tlaka i temperature, pa promjene u pH uvjetima u tlu mogu izazvati mobilizaciju metala i zagađenje okolnog tla (Buntak, 2016). Ruda u rudarstvu predstavlja mali dio rudne mase, jer velika većina materijala postaje jalovina. Zagađenje oko jalovišta prepoznaje se po povišenoj koncentraciji teških metala u površinskim slojevima tla. Međutim, povišene koncentracije teških metala ne moraju nužno označavati antropogeni utjecaj (utjecaj rudarenja) već može potjecati i iz prirodnih izvora (Buntak, 2016). Stoga je nužno poznavanje mineraloških i geokemijskih karakteristika elemenata uključujući njihovu mobilnost i načine kretanja.

Jalovinom se nazivaju kruti ili tekući nusprodukti rudarstva. Nekontroliranim odlaganjem otpada iz rudnika, može doći do ispuštanja značajnih količina potencijalno štetnih elemenata te dolazi do promjene kiselosti tla (Buntak, 2016). Jalovište u Rudama zahtijeva sanaciju i monitoring, jer se u Rudama manji dio jalovine izlijevao direktno u riječni tok (u potok Gradnu) te se zagađenje (onečišćivalo) prenosilo dalje nizvodno od potoka. Veći dio jalovine odlagao se na ravnici podalje od rudnika gdje su bili stvarani mali brežuljci puni jalovine. Ta jalovina se prekrivala zemljom. Jalovina je često bujičnim tokovima potoka nošena nizvodno od rudnika te se akumulirala u vodotocima. Erozijsko-sedimentacijski procesi se još više mijenjaju nakon što je na Rudarskoj Gradni početkom 19. stoljeća izgrađen niz riječnih stuba koja su usporila eroziju i odnos materijala pri čemu je došlo do intenziviranja procesa akumulacije nasipanog materijala na tom prostoru.

Jalovišta mogu imati različit mineraloški i geokemijski sastav. Ako je sulfidna jalovina izložena atmosferskom kisiku u vadoznoj zoni, dolazi do stvaranja kiselih rudničkih voda. No, nisu sva jalovišta štetna za okoliš te ne zahtijeva svako jalovište monitoring i sanaciju.

Sulfidna jalovina s visokim postotkom željeznih sulfida (pirit, markazit) ili sulfidi koji imaju željezo kao glavnu komponentu proizvode znatno više kiselosti. Zbog toga je u rudniku u Rudama željezna ruda utjecala na kiselost tla i voda, kao i na prisutnost teških metala u tlu i u vodi. Kako se rudarenje i stvaranje jalovišta u Rudama odvijalo davno u prošlosti, štetni učinci na okoliš se osjećaju i danas. Na slikama 8 i 9 prikazani su jalovište Vlašić i jalovište Sv. Barbara.



Slika 8 – Jalovište Vlašić (Strmić-Palinkaš, 2015)



Slika 9- Jalovište Sveta Barbara (Strmić-Palinkaš, 2015)

3. Geološka građa slivnog područja potoka Gradna

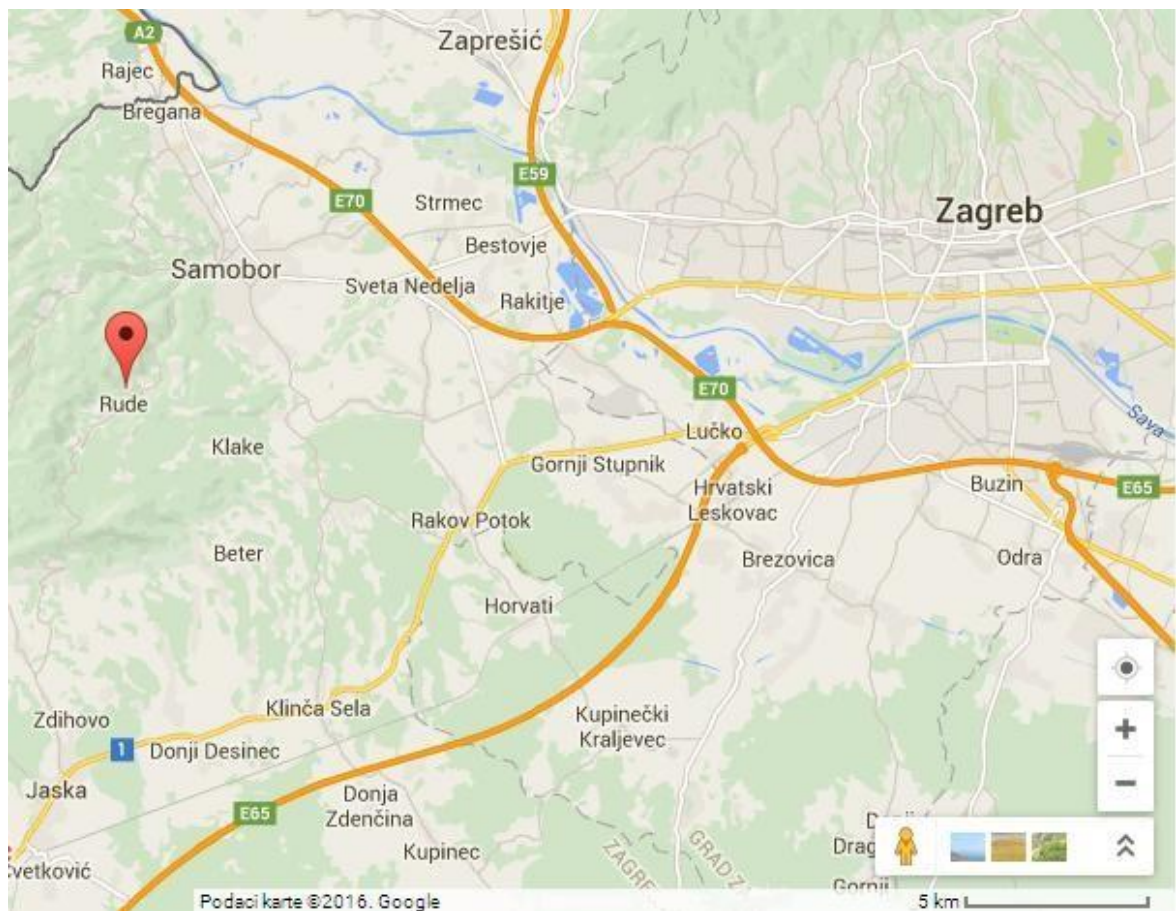
Potok Gradna ima dva izvorišna dijela, a to su Lipovačka Gradna i Rudarska Gradna, koje izviru u Samoborskom gorju te se uzvodno od grada Samobora spajaju u jedan tok. Geološka građa analizirana je pomoću lista geološke karte mjerila 1:100 000 te pripadnog tumača za list Zagreb (Šikić i dr., 1978.) (Slika 11). Prostor Samoborskog gorja obuhvaća velik raspon litostratigrafskih jedinica, od mlađeg paleozoika pa sve do kvartara, što znači relativno složenu geološku građu toga prostora (Slika 12). Najstarije stijene pripadaju srednjem i gornjem permu, a nalaze se između potoka Lipovačke Gradne i Bregane, u okolici Velikog Lipovca, s obje strane toka Rudarske Gradne i na području Ludvič potoka (Bukovac i dr., 1983). U litološkom smislu to su pješčenjaci, konglomerati i brečokonglomerati koji su slabije propusni za vodu.

Česte su pojave željezne rude hematita i limonita, od čega naslage imaju žutocrvenkastu boju. Tako su za klastite iz perma u dolini Rudarske Gradne vezana ležišta željezne i bakrene rude koja su omogućila razvoj rudarstva u Rudama. Na prostoru Lipovačke i Rudarske Gradne javljaju se i naslage gipsa. Nakon perma dolaze stijene mezozojske starosti od kojih su najviše zastupljene trijaskе naslage, kada se odvijala kontinuirana sedimentacija na prostoru Samoborskog gorja (Pleničar i Premru, 1970).

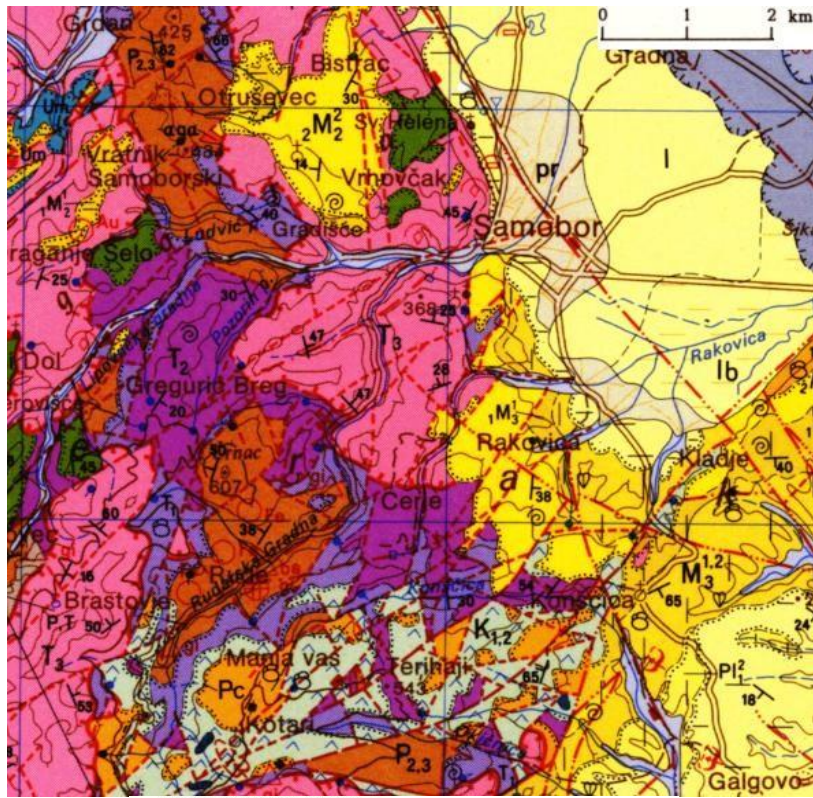
Od ostalih stijena, prisutni su vapnenci, dolomiti, lapori i laporovite stijene. Dolomitna područja koja imaju dobru propusnost za vodu karakteriziraju duboko usječene potočne doline te blago zaobljeni grebeni. Gornji trijas posebno je zastupljen u donjem dijelu dolina Lipovačke i Rudarske Gradne i granica mu je na izlasku Gradne u Samobor, dok se srednje trijaskе naslage nalaze uz dolinu Lipovačke Gradne i dalje prema Rudama, a to su pretežno raspucali i okršeni dolomiti čije je obilježje velika poroznost i propusnost (Herak, 1956). Manji izdvojeni dijelovi sjeverno od Lipovačke Gradne i u njenom izvorišnom području pripadaju razdoblju krede, a to su breče i konglomerati koji su slabo propusni za vodu te flišni sedimenti poput lapora, šejla i rožnjaka koji su nepropusni za vodu.

Naslage iz tercijara, tj. neogena zahvaćaju rubne dijelove Samoborskog gorja, a obuhvaćaju organogene i bioklastične vapnence, pješčenjake te vapnenačke i glinovite lapore umjerene do slabe propusnosti (Bukovac i dr., 1983). U kvartaru dominira fluvijalna

sedimentacija Save i njenih pritoka te su istaložene debele naslage riječnih i potočnih šljunkovitih i pješćanih naslaga u Samoborskoj zavali. Tako da su u pleistocenu najzastupljeniji sedimenti lesa, fluvijalni šljunci i pijesci koji imaju veliku poroznost i propusnost za vodu. U holocenu dolazi do nastanka proluvijalnih naslaga taloženih bujicama potoka na području Samobora te protočnog aluvija u dolini Gradne na izlazu iz Samoborskog gorja (Herak, 1956). Te su naslage sastavljene od šljunka i pijeska različite veličine i pomiješane s glinom.



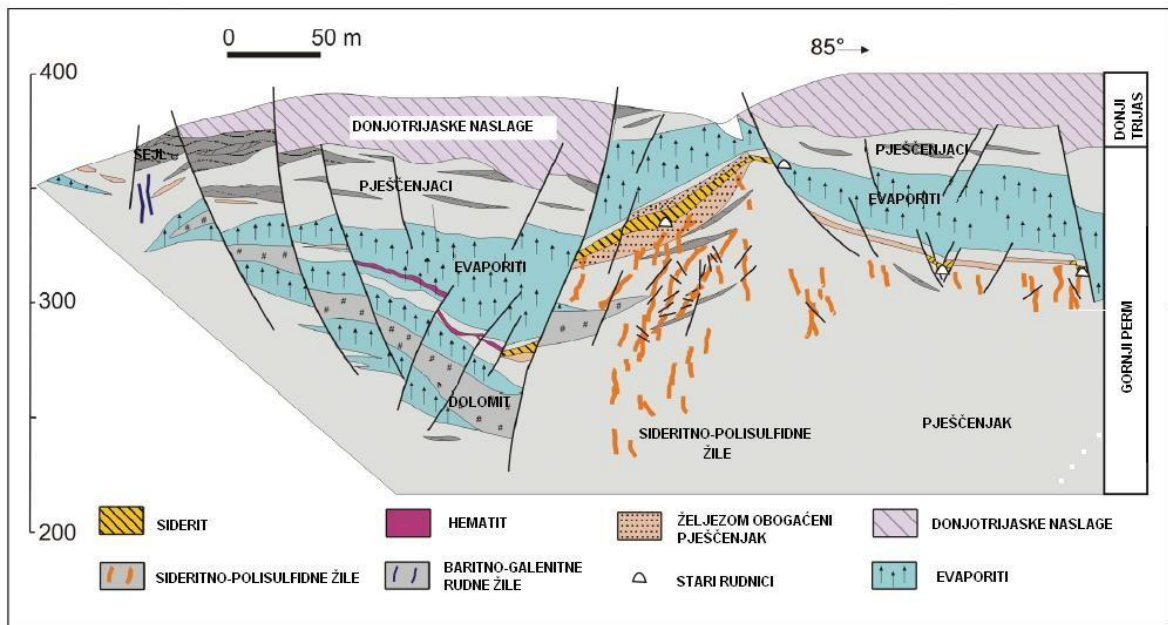
Slika 10 – Topografski položaj istraživanog područja (Google maps, 2020)



LEGENDA KARTIRANIH JEDINICA

1	a	Aluvij: šljunci, pijesci, gline	Pc	Breče, konglomerati, pješčnjaci, lapori, gredenski i bioklastični vapnenici (paleocen)	
2	Pf	Pruluvij: šljunci, pijesci, gline	2aK1	Breče, konglomerati, vapnenici, lapori, pješčnjaci (kampa-mastriht)	
3	M ₁	Najniža terasa: šljunci, pijesci, podredeno gline	K ₂	Breče, konglomerati, šejli, lapori, karbonatni, klastiti, vapnenici, rezbjaci	
4	M ₂	Srednja terasa: šljunci, pijesci	K ₃	Pješčnjaci, šejli, vapnenici, rezbjaci (apt-turon)	
5	M ₃	Najviša terasa: vapnenački konglomerati	24	Dijabazi i spiliti	
6	I	Kopneni beskarbonatni les: glinoviti silt	25	Gabri	
7	Ib	Barški les: siltovne gline	26	J ₂	Vapnenici, silificirani vapnenici, rezbjaci
8	Q	Kvartar općenito (samo na profilu)	27	J ₃	Vapnenici, vapnenačke breče, silificirani vapnenici, rezbjaci, podredeno dolomiti
9	PLQ	Šljunci, pijesci, gline (plioleptocen)	28	T ₁	Vapnenici, dolomitični vapnenici (retolijas)
10	Pi ₁	Pijesci, pjeskaviti i glinoviti lapori, gline (gornji post)	29	T ₂	Dolomiti, podredeno vapnenici, dolomitični vapnenici i šejli
11	Pi ₂	Lapori, laporovite gline, podredeno pijesci, pješčnjaci, šljunci i konglomerati (donji post)	30	T ₃	Dolomiti, podredeno vapnenici, lapori, rezbjaci, tufovi i tufti
12	M ₁ ²	Vapnoviti lapori, podredeno pijesci, pješčnjaci, šljunci i konglomerati (gornji panon)	31	T ₄	Pješčnjaci, siltiti, vapnenici, podredeno dolomiti i vapnoviti lapori
13	M ₂ ²	Laporoviti vapnenici, vapnoviti lapori, podredeno pijesci i pješčnjaci (donji panon)	32	P.T	Pješčnjaci, šejli, siltiti, gips
14	M ₃ ²	Vapnoviti lapori, pijesci, pješčnjaci, konglomerati i breče (panon)	33	Pc ₂	Brečakonglomerati, konglomerati, pješčnjaci, šejli, siltiti, vapnenici, dolomiti, gips
15	M ₁ ¹	Vapnoviti, glinoviti i kremeniti lapori, laporoviti vapnenici i pješčnjaci (donji sarmat)	34	P ₂	Mramori, mramorni škriljci, kvarc-sericitiski i kvarc-koristaki škriljci
16	M ₂ ¹	Organogeni i bioklastični vapnenici, pješčnjaci, vapnoviti i glinoviti lapori (gornji torton)	35	D.C7	Ortometamorfiti: zeleni škriljci, metamorfizirani gabri, dijabazi i doleriti
17	M ₃ ¹	Vapnoviti lapori i pješčnjaci, bioklastični vapnenici (donji torton)	36	D.C7	Parametamorfiti: škriljave grauvake, siltiti, vapnenici, dolomiti, silti, muskovit-kloritiski i kvarc-muskovitiski škriljci i dr.
18	P ₂ ¹	Dacito-andeziti			
19	M ₁ ⁰	Konglomerati, šljunci, pijesci, gline, ugljen (donji helvet)			

Slika 11- Dio lista Zagreb Osnovne geološke karte koji prikazuje područje istraživanja (Šikić et al., 1978)



Slika 12 – pojednostavljeni presjek kroz rudno ležište Rude (Palinkaš et al., 2010)

4. Uzorkovanje profila poplavnih sedimenata drenažnog bazena potoka Gradna

U okviru istraživanja koje je provela Čović (2003.), detaljno su uzorkovani profili poplavnih sedimenata drenažnog bazena potoka Gradna na temelju rađene sekvencijske ekstrakcijske analize. Sekvencijska ekstrakcijska analiza upotrebljava se za određivanje udjela metala u različitim mineraloškim frakcijama.

Dva profila uzorkovana su u pritoku Rudarska Gradna, jedan profil u pritoku Ludvić, te jedan na utoku Gradne u Savu (Slika 13). Sa svakog profila uzeto je oko 8 uzoraka u intervalima od 10 do 40 cm, ovisno o teksturnim obilježjima sedimenta.

Profili Rudarska Gradna 1 i Rudarska Gradna 2 smješteni su neposredno u blizini mjesta Rude, profil Ludvić kod mjesta Braslovje, dok je profil Gradna-Sava smješten na ušću Gradne u Savu (Slika 13). Rude se nalaze na oko 280 metara nadmorske visine, dok je ušće Gradne u Savu na oko 120 metara nadmorske visine. Visinska razlika tih dvaju profila (Rudarske Gradne 1 i 2, te profila Gradna-Sava) je 160 metara, a zračna udaljenost tih dvaju profila je oko 15 kilometara.



Slika 13 – Topografski prikaz profila poplavnih sedimenata potoka Gradna (Google Earth, 2020)

Svrha uzorkovanja profila poplavnih sedimenata potoka Gradna je da se na osnovu boje, mineralnog sastava uzorka i geokemijske analize uzorka može zaključiti o prisutnosti i rasporedu teških metala u poplavnom sedimentu potoka Gradna. Profil Ludvić nije interesantan zato jer koncentracije teških metala s tog poplavnog sedimenta ne prelaze maksimalne dopuštene vrijednosti. Dakle, istražuju se profili Rudarska Gradna 1 (RG1), Rudarska Gradna 2 (RG2) i Gradna – Sava (GS).

Cilj uzorkovanja poplavnih sedimenata je povezati rudarenje u Rudama s mogućom prisutnošću teških metala u poplavnom sedimentu. Dakle, Rudarska Gradna protječe uz sam rudnik Sv. Barbare te je za očekivati da je na tom području koncentracija teških metala najveća.

4.1. Profili Rudarska Gradna

U analizi koju je izradila Čović (2003.), na prvom profilu uzeti su uzorci poplavnog sedimenta Rudarske Gradne, koji se nalazi na lijevoj obali Rudarske Gradne, nizvodno od mjesta Rude i nekadašnjeg rudnika željeza i bakra.

Tablica 1- Opis uzoraka s profila Rudarska Gradna 1(RG1) i Rudarska Gradna 2 (RG2) (Čović, 2003)

Oznaka uzorka	Dubina-cm	Zapažanja
RG1-6	0-20	tamno žućkastosmeđe boje, pjeskovit
RG1-4	60-75	blijedo smeđe boje, pjeskovit, korjenje
RG1-1	90-105	smeđe boje, šljunkovit, komadići šljake
RG2-5	0-25	smeđi, šljunkoviti sloj
RG2-3	50-80	svjetlo žućkastosmeđi, prašasti sloj
RG2-1	110-130	žućkasto smeđi, šljunkoviti sloj s komadićima šljake

Na drugom profilu (Rudarska Gradna 2) uzeti su uzorci poplavnog sedimenta potoka Rudarska Gradna, koji se nalazi na desnoj obali Rudarske Gradne, u blizini tvornice stakla (Samobor - kristal tvornica stakla d.o.o.) (Čović, 2003).

4.2. Profil Gradna-Sava

Profil na kojem su uzeti uzorci poplavnog sedimenta potoka Gradna (Čović, 2003.) nalazi se na lijevoj obali Gradne, u neposrednoj blizini ušća Gradne u Savu. Ovaj profil možda je i najreprezentativniji profil poplavnog sedimenta. S obzirom na blizinu Save za očekivati je da je nastao poplavama ne samo Gradne, nego i Save. U istraživanju su analizirana 4 uzorka. Budući da se u najdonjem uzorku nalaze komadići minerala bakra, te da je sediment krupnozrnat, porijeklom je iz drenažnog bazena potoka Gradna. Četvrti od

analiziranih uzoraka GS-4, sadrži i komadiće ugljena što ukazuje na savsko porijeklo budući da u drenažnom bazenu potoka Gradna ne postoje pojave ugljena (Čović, 2003.)

Opis uzoraka s profila Gradna- Sava: na uzorku GS-4 na dubini od 73 do 83 cm mogu se vidjeti izmjene pijeska i mulja, uzorak je svijetlije boje zbog manjeg udjela teških metala (Čović, 2003). Na dubini od 83 do 93 cm nalazi se pjeskoviti homogeni sloj svjetlo žućkastosmeđe boje. U intervalu od 110 do 150 cm prisutan je šljunak te komadići minerala bakra maslinastožute boje.

Tablica 2 – Opis uzoraka s profila Gradna – Sava (GS), (Čović, 2003.)

Oznaka uzorka	Dubina (cm)	Zapažanja
GS-4	73-83	izmjene pijeska i mulja, komadići ugljena,svjetlo žućkastosmeđe boje
GS-3	83-93	pjeskoviti homogeni sloj, svjetlo žućkastosmeđe boje
GS-2	93-110	pijesak s proslojcima gline i šljunka blijedo žute boje
GS-1	110-150	šljunak, komadići bakrovih minerala, maslinastožute boje

4.3. Geokemijske analize sedimenta i korita potoka Gradna

Geokemijske analize sedimenta potoka Gradna razlikuju se s obzirom na mjesto uzorkovanja. Na temelju istraživanja koje je provela Čović (2003), u uzorcima koji su uzeti na profilu Rudarska Gradna prevladava žućkasta do smeđa boja. Uzorci su prašinski, pjeskoviti i šljunkoviti. Zbog blizine rudnika Sv. Barbara na profilu Rudarska Gradna uzeta su 2 uzorka. Prvi uzorak uzet je na profilu Rudarska Gradna 1, a drugi uzorak na profilu Rudarska Gradna 2. Uzorci na profilu Rudarska Gradna 1 (RG1) su najzanimljiviji budući da koncentracije bakra (662 mg/kg), barija (3928 mg/kg) i žive (11650 ug/kg) daleko prelaze prosječne vrijednosti, dok su koncentracije olova (110 mg/kg), cinka (89 mg/kg), arsena, mangana i željeza malo povišene u odnosu na prosječnu koncentraciju. Arsena ima 35 mg/kg, mangana 500 mg/kg, a željeza ima 3 masena postotka. Geokemijske analize

uzoraka poplavnih sedimenata Lipovačke Gradne nisu pokazale povišene koncentracije teških metala (Čović, 2003).

Analize uzoraka iz profila poplavnog sedimenta drenažnog bazena potoka Gradna pokazuju velike varijacije u kemijskom sastavu, dok je mineralni sastav ujednačen. Glavne mineralne faze u uzorcima su: kvarc, kalcit, dolomit, filosilikati, feldspati i goethit (Durn i dr., 2001). Glinovita frakcija pretežno se sastoji od kaolinita, illitičnog materijala, klorita i goethita. Budući da u poplavnim sedimentima potoka Rudarska Gradna koncentracije toksičnih elemenata daleko nadmašuju prosječne vrijednosti, potencijalno su opasni za okoliš.

U okviru istraživanja koje je provela Čović (2003), uzorci s profila Gradna-Sava su svijetlo smeđe boje. Uzorci sadrže pijesak s proslojcima gline i šljunka koji sadrže i komadiće minerala bakra. Profil Gradna-Sava topografski se nalazi u blizini ušća Gradne u Savu kod mjesta Medsave koje ima najnižu kotu nadmorske visine na samoborskom području oko 120 metara. Zbog veće udaljenosti od samog rudnika Sv. Barbara geokemijski i mineralni sastav sedimenta je malo drugačiji. Uzorci imaju više šljunka zbog blizine Save i svijetlije su boje zbog manjka teških metala željeza i bakra. Što se ide dalje od rudnika Sv. Barbara mineralni i geokemijski sastav te raspored kemijskih elemenata u uzorcima poplavnih sedimenata potoka Gradna se mijenja.

Rezultati istraživanja na profilu Gradna-Sava ne pokazuju samo stanje u drenažnom bazenu Gradne, već se sastoje i od materijala koji je donijela Sava iz svog gornjeg toka.

4.4 Prisutnost teških metala u sedimentu

Sadržaj metala u profilima poplavnih sedimenata drenažnog bazena Gradna varira lateralno i vertikalno. To je posljedica ne samo rudarske aktivnosti, već i moguće kasnije erozije kontaminiranog sedimenta, kao i promjena u zasićenosti vodom (Čović, 2003). Treba naglasiti da količina teških metala u uzorku poplavnog sedimenta sama za sebe nije vodič za razlikovanje prirodnih anomalija (mineralizacija) i onih prouzročenih ljudskom aktivnošću (rudarenje) (Webb, 1962). Varijacije u sadržaju metala kontrolirane su nizom

kemijskih i fizikalnih procesa. Ekstremno visoke i povišene koncentracije pojedinih metala u poplavnom sedimentu Gradne i Rudarske Gradne rezultat su trošenja rudnih pojava. Bakrova mineralizacija u području sela Rude uvjetovala je i do osam puta veće koncentracije arsena, do 43 puta veće koncentracije bakra, do dva puta veće koncentracije cinka, do pet puta veće koncentracije olova i do 194 puta veće koncentracije žive u poplavnom sedimentu Rudarske Gradne (Čović, 2003).

Teški metali u sedimentu su (Čović, 2003):

Olovo

Srednja vrijednost za olovo u poplavnim sedimentima Samoborskog gorja je 25,7 mg/kg. U sedimentima Rudarske Gradne koncentracija olova je 65,81 mg/kg. Većina olova u uzorcima poplavnih sedimenata Rudarske Gradne vezana je za frakciju željezovih oksida i manganovih oksida i hidroksida. Većina olova u uzorku poplavnog sedimenta Lipovačke Gradne vezana je na karbonatnu frakciju.

Cink

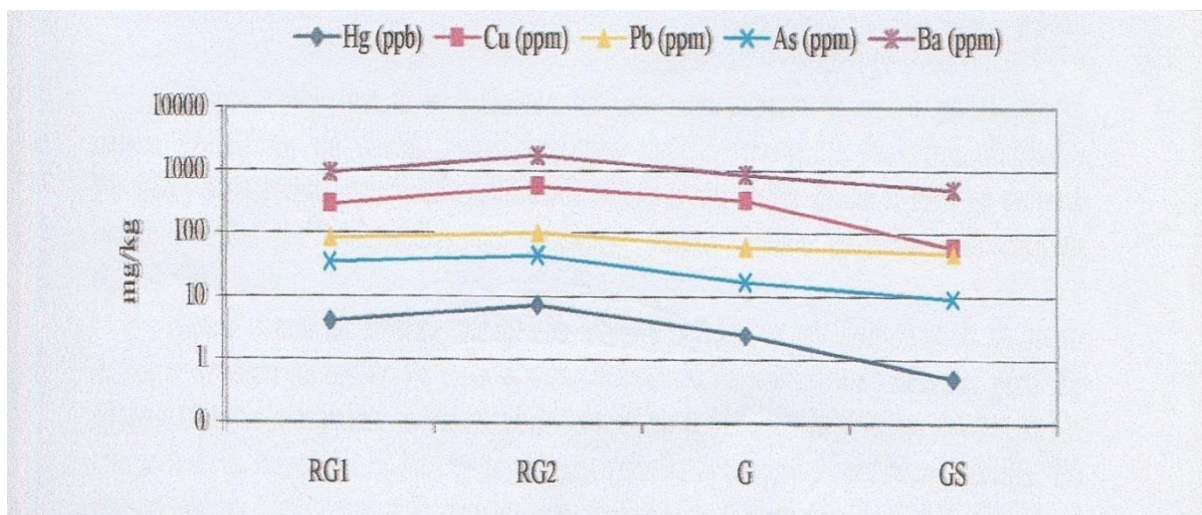
Srednja vrijednost za cink u poplavnim sedimentima Samoborskog gorja iznosi 56,28 mg/kg. Vrijednost od 106,12 mg/kg imaju koncentracije uzoraka s Rudarske Gradne.

Bakar

Srednja vrijednost za bakar u poplavnim sedimentima Samoborskog gorja je 41,55 mg/kg. Navedenu vrijednost daleko nadmašuju uzorci iz vodotoka Rudarske Gradne koje iznose oko 100 mg/kg.

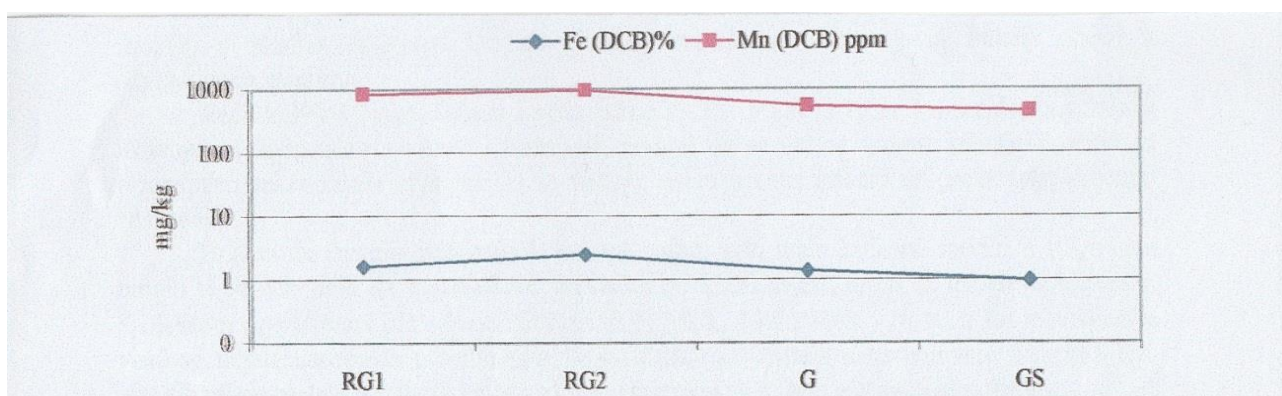
Željezo

Srednja vrijednost za željezo u poplavnim sedimentima Samoborskog gorja iznosi oko 50 mg/kg. Koncentracije željeza u sedimentu Rudarske Gradne iznose oko 80 mg/kg.



Slika 14- Koncentracije teških metala na pojedinim profilima, Rudarska Gradna 1 (RG1), Rudarska Gradna 2 (RG2), Gradna (G) i Gradna – Sava (GS) (Čović, 2003)

Na temelju izgleda krivulja (Slika 14) može se zaključiti kako koncentracije teških metala padaju nizvodno od Gradne prema ušću Gradne u Savu tj. nizvodno postoji razrjeđenje teških metala u uzorcima poplavnih sedimenata Rudarske Gradne i Gradne. U dijagramu na (Slici 14) iznad naznačene su srednje vrijednosti za svaki pojedini profil.



Slika 15 - Koncentracija topivog željeza i mangana u uzorcima poplavnih sedimenata Rudarske Gradne i Gradne, DCB - ditionit-citrat-bikarbonat, (Čović, 2003)

5. Kakvoća vode potoka Gradna i podzemnih voda u slivu potoka Gradna

Potok Gradna ima dva glavna izvorišna kraka, a to su Lipovačka i Rudarska Gradna koje izvire na prostoru Samoborskog gorja. Gradna je prema ekotipu klasificirana kao tip gorske i prigorske male tekućice (Šinkovec, 1971). Duljina Lipovačke Gradne iznosi 10,83 km, a Rudarske Gradne 8,88 km, dok sama Gradna teče u duljini od 7,74 km. Glavni izvor Gradne nalazi se na 610 metara u blizini Japetića, dok joj se ušće u Savu nalazi na 110 metara nadmorske visine.

Hrvatske vode su kontinuirano analizirale površinske vode potoka Gradna, u razdoblju od 2008. do 2019. godine, u skladu s Uredbom o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19).

Pokazatelji koji se ispituju analizama površinske vode potoka Gradna su: pH vrijednost, temperatura vode, otopljeni kisik, alkalitet, električna vodljivost, ukupne suspendirane tvari, amonij, anorganski dušik, organski dušik, nitrati, nitriti, ukupni dušik, ukupni fosfor, kalcij, kalij, kloridi, magnezij, natrij, teški metali; aluminij, arsen, bakar, bor, cink, kadmij, kobalt, krom, mangan, nikal, olovo, selen, željezo, živa, zatim bakterije; broj aerobnih bakterija, broj fekalnih koliforma, *Escherichia coli* te mineralna ulja i zasićenje kisikom. U vodi potoka Gradna nisu nađeni teški metali (Tablica 4). Analize potoka Rudarska Gradna su rađene na temelju istih prethodnih pokazatelja, te ni u potoku Rudarska Gradna nisu nađeni teški metali prema analizama koje su radile Hrvatske vode od 2017. do 2019. godine. Analize potoka Rudarska Gradna također su rađene prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19).

Hrvatske vode su kontinuirano ispitivale i kakvoću podzemne vode na samoborskom području, u razdoblju od 2008. godine do 2019. godine, prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19). Rezultati istraživanja i analiza pokazuju da su u podzemnoj vodi sliva Gradne prisutni teški metali (Tablica 6). U Republici Hrvatskoj provodi se monitoring sirove vode prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju (NN br. 125/17, 141/13,128/15, a koji je donesen na temelju Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN br. 56/13 i 64/15).

Kako bi odredili kakvoću vode na potoku Gradna, koriste se podaci iz mjerne postaje kakvoće vode. Mjerna postaja kakvoće vode na samoborskom području je mjerna postaja kakvoće br. 51155 (potok Gradna I), koja se nalazi jugoistočno od istraživanog područja Rude kod toponima Vugrinščak. Na slici 16 dan je topografski prikaz mjerne postaje kakvoće vode 51155.



Slika 16 - Mjerna postaja kakvoće vode 51155 (potok Gradna I) kod toponima Vugrinščak na samoborskom području (Google Earth, 2020)

Kako bi se odredila kakvoća vode potoka Gradna i kakvoća podzemne vode u slivu potoka Gradna koristi se (Tablica 3) s danim pokazateljima i maksimalnom dopuštenom koncentracijom (M.D.K.) za pojedine elemente i teške metale.

Tablica 3- Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)

Pokazatelj	Jedinice	M.D.K.
Akrlamid	ug/l	0,1
Antimon	ug/l	5
Arsen	ug/l	10
Benzen	ug/l	1
Bor	mg/l	1
Bromati	ug/l	10
Kadmij	ug/l	5
Krom	ug/l	50
Bakar	mg/l	2
Cijanidi	ug/l	50
Fluoridi	mg/l	1,5
Olovo	ug/l	10
Živa	ug/l	1
Nikal	ug/l	20
Nitrati	mg/l	50
Nitriti	mg/l	0,5
Pesticidi	ug/l	0,1
Selen	ug/l	10
Kloriti	ug/l	400
Klorati	ug/l	400
Otopljeni ozon	ug/l	50
Amonij	mg/l	0,5
Kloridi	mg/l	250
Ukupni fosfor	mg/l	0,35
Sulfati	mg/l	250
Ortofosfati	mg/l	0,2

5.1 Analize kakvoće vode potoka Gradna i Rudarska Gradna

Analize vode potoka Gradna rađene su u okviru ispitivanja Hrvatskih voda, prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19) kojom se propisuje standard za kakvoću površinskih voda. Na temelju podataka iz mjerne postaje 51155 (potok Gradna I) nizvodno od mjesta Rude, (topografski prikaz mjerne postaje - slika 12), rađene su analize vode potoka Gradna u razdoblju od 2008. godine do 2019. godine. Analize pokazuju kako u vodi potoka Gradna nisu nađeni teški metali (Tablica 4). Elementi koji prelaze maksimalnu dopuštenu koncentraciju (M.D.K.) su označeni u tablici. Amonij, fosfor i ortofosfati prelaze vrijednosti M.D.K.

Tablica 4 - Analiza kakvoće vode potoka Gradna (Hrvatske vode, 2008 – 2019.). Svi podaci su prikazani u mg/l.

Datum	pH	Amonij	Fosfor	Ortofosfati	Nitrati	Nitriti	Otopljeni kisik
10.3.2008.	8,5	0,02	0,08	0,05	1,65	0,011	13,7
23.3.2009.	8,5	0,02	0,04	0,03	0,6	0,009	12,7
16.3.2010.	8,3	0,04	0,07	0,03	1,23	<0,008	13,4
8.2.2011.	8,2	<0,01	0,044	0,027	0,64	0,005	12,8
19.3.2012.	8,3	<0,01	0,09	0,029	0,68	0,007	12,9
29.4.2013.	8,4	0,034	<0,025	<0,005	0,68	0,004	12
28.4.2014.	8,5	0,031	0,149	0,009	0,74	0,018	12,1
21.9.2016.	7,65	0,67	0,028	<0,03	0,95	0,03	10,33
17.11.2016.	8,16	0,062	0,489	0,201	1,485	0,053	9,83
20.6.2018.	7,93	0,395	0,777	0,303	1,908	0,054	12,34

Analize vode potoka Rudarska Gradna rađene su neposredno prije utoka u Gradnu u razdoblju od 2017. godine do 2019. godine. Potok Rudarska Gradna teče u blizini rudnika u Rudama. Prema dobivenim analizama u vodi potoka Rudarska Gradna nisu nađeni teški metali (Tablica 5). Elementi ili pokazatelji koji prelaze maksimalnu dopuštenu koncentraciju su označeni u tablici. Amonij prelazi vrijednost M.D.K.

Tablica 5 – Analiza kakvoće vode potoka Rudarska Gradna (Hrvatske vode, 2017 – 2019.). Svi podaci su prikazani u mg/l.

Datum	pH	Amonij	Fosfor	Ortofosfati	Nitrati	Nitriti	Otopljeni kisik
19.4.2017.	8,25	<0,02	0,098	0,047	1,1	<0,05	11,79
20.9.2017.	8,14	0,12	0,18	0,095	2,4	<0,05	11,26
2.12.2017.	7,66	0,12	0,069	0,03	1,5	<0,05	11,19
3.1.2018.	8,07	0,04	0,05	0,021	1,4	<0,05	12,78
20.6.2018.	7,44	0,51	0,059	<0,03	1,1	0,04	9,85
16.7.2018.	7,9	0,07	0,04	<0,03	1,2	0,04	9,94
28.3.2019.	8,09	0,022	0,054	0,033	1,08	0,015	12
18.12.2019.	8,3	0,029	0,054	0,017	1,16	0,017	12,2

5.2 Analize podzemnih voda u slivu potoka Gradna i Rudarska Gradna

Analize podzemnih voda u slivu potoka Gradna rađene su u okviru ispitivanja Hrvatskih voda, prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19) kojom se propisuje standard za kakvoću podzemne vode. U podzemnoj vodi nađeni su teški metali: bakar (Cu), mangan (Mn), cink (Zn), arsen (As), olovo (Pb), željezo (Fe) i živa (Hg) (Tablica 6). U tablici 6 se od pokazatelja još prikazuju vrijednosti klorida i otopljenog kisika. Vrijednosti koncentracije teških metala u podzemnoj vodi uspoređuju se s M.D.K. vrijednostima. Koncentracija bakra i mangana u podzemnoj vodi prelaze vrijednost M.D.K. te su označene u tablici 6.

Tablica 6- Analiza prisutnosti teških metala u podzemnoj vodi sliva Gradna (Hrvatske vode, 2008 – 2019.). Svi podaci su prikazani u mg/l.

Datum	Kloridi	As	Cu	Zn	Mn	Pb	Fe	Hg	Otopljeni kisik
28.5.2008.	8,8	<1	4,3	0,1	0,5	4,6	1,1	0,1	6
7.7.2008.	9,1	<1	0,1	0,1	0,5	<2	0,8	0,1	4
13.5.2009.	12,1	<1	0,2	1	0,5	<2	0,2	0,1	4,8
11.11.2009.	7,6	<1	0,2	1,6	1	<2	1,9	0,1	2
31.8.2010.	9,9	<1	<2	<5	0,1	2,3	2,5	0,1	6,2
21.4.2011.	11,2	<1	1,5	2,2	0,7	2,2	2,6	0,1	6,9

5.3 Mogući utjecaji rudarenja na kakvoću tla i voda

Rudarenje može onečistiti okoliš. Okoliš, u kontekstu ovoga rada, čini tlo i voda čija se kakvoća rudarenjem može značajno narušiti. Rudarenje u Rudama u Samoboru je prestalo krajem 50-ih godina dvadesetog stoljeća, a posljedice u vidu onečišćenja tla i vode se mogu vidjeti i danas.

Kao izravna posljedica rudarenja stvara se jalovina koja predstavlja ekonomski bezvrijedan materijal koji se odvaja od korisnog materijala tj. od same rude. Jalovina sadrži toksične elemente (teške metale) koji onečišćuju tlo, a samim i time i vodu koja se nalazi u tlu. Toksični elementi koji potječu iz jalovine mijenjaju pH tla, a time se mijenja i pH vode. Zbog toga ima manjka kisika koji se reducira te dolazi do otapanja štetnih minerala u tlu i vodi. Zagađenje zbog utjecaja jalovine se vrlo brzo može proširiti podzemnim vodama te onečistiti i ugroziti zalihe podzemne pitke vode. Na području mjesta Rude u Samoboru jalovina je bila odlagana na dva jalovišta Vlašić i Sveta Barbara. To su bili umjetno stvoreni brežuljci puni jalovine. Ta jalovišta su utjecala na kakvoću podzemne vode sliva Gradna i na cijelo područje Ruda.

Istraživanja na mjernoj postaji kakvoće vode 51155 (potok Gradna I), koja se nalazi nizvodno od mjesta Rude (Slika 16), pokazuju da u površinskoj vodi potoka Gradna nisu pronađeni teški metali.

U okviru istraživanja koje je provela Čović (2003), s profila Rudarska Gradna i Gradna-Sava uzimani su uzorci s poplavnih sedimenata sliva potoka Gradna. U poplavnim sedimentima nađeni su teški metali; bakar, željezo, živa, olovo i mangan koji se mogu povezati s mogućim utjecajem rudarenja. Koncentracija teških metala nizvodno od Gradne prema Savi pada. Može se pretpostaviti da je razlog tome sve veća udaljenost od rudnika u Rudama.

U okviru ispitivanja i analiza koje su provele Hrvatske vode, u razdoblju od 2008. do 2019. godine, prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19), analize dokazuju prisutnost teških metala u podzemnoj vodi sliva Gradna (Tablica 6), međutim isti se ne mogu izravno povezati s utjecajem rudarenja na samoborskom području.

6. Zaključak

Svrha i cilj ovog završnog rada jest utvrditi postoji li štetni utjecaj rudarenja na samoborskom području na okoliš. Utjecaj rudarenja na okoliš promatra se kroz nekoliko čimbenika, a to su: kakvoća podzemnih voda u slivu potoka Gradna, kakvoća površinske vode Gradna i Rudarska Gradna, te mogući utjecaj rudarenja na poplavne sedimente potoka Gradna. Korito potoka Gradna i poplavni sedimenti analizirani su geokemijskim metodama, te su profili s uzorcima uzimani s različitih područja na slivu potoka Gradna.

Na temelju geokemijske analize uzetih uzoraka (Čović, 2003.) u sedimentu potoka Gradna potvrđena je prisutnost teških metala. Koncentracija teških metala (Fe, Cu, Hg, Mn) pada nizvodno od Gradne prema Savi. Zbog ispiranja rude u potoku Rudarska Gradna, zabilježena je veća koncentracija teških metala u sedimentu na profilu Rudarska Gradna.

Na profilu Gradna-Sava (na ušću Gradne u Savu) zabilježena je manja koncentracija teških metala u sedimentu zbog veće udaljenosti od samog rudnika.

Teški metali su pronađeni u podzemnim vodama sliva potoka Gradna, što je vidljivo iz analiza Hrvatskih voda, u razdoblju od 2008. do 2019. godine. U površinskoj vodi potoka Gradna nisu nađeni teški metali.

Iako nije dokazana uzročno – posljedična veza između nekadašnjega rudarenja i trenutne kakvoće vode u slivu Gradne, analize sedimenta i podzemne vode ukazuju na mogući utjecaj rudarenja na okoliš.

Zaključno, od velike je važnosti da ljudi svojim odgovornim djelovanjem prepoznaju štetnost utjecaja zagađenja na okoliš, te smanje taj utjecaj na najmanju moguću mjeru. To će se postići kritičkim razmišljanjem, pravovremenim djelovanjem i odgovornim ponašanjem prema prirodi i okolišu.

7. Literatura

7.1 Ocjenski radovi

Čumbelić, I. (2013.): Hidrogeokemijske značajke samoborskoga vodonosnoga sustava, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Selić, H. (2019.): Hidromorfološka analiza potoka Gradna, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Jelić, M. (2009.): Analiza trendova razina podzemne vode samoborskoga aluvijalnog vodonosnika, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Čović, M. (2003.): Geokemijske i mineraloške karakteristike poplavnih sedimenata Žumberka i Samoborskog gorja, magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Kovač, Z. (2010.): Kakvoća podzemne vode samoborskoga aluvijalnog vodonosnika, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Bazijanec, M. (2009.): Definiranje geometrije samoborskoga aluvijalnog vodonosnika, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Buntak, K. (2016.): Geokemijske i mineraloške karakteristike jalovišta na lokalitetu Rude kraj Samobora i njegov utjecaj na okoliš, diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

7.2 Objavljeni radovi

Velić, J., Saftić, B., (1991.): Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor, Geološki vjesnik, str. 50-53, Zagreb

Baćani, A. (2006.): Hidrogeologija 1, udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Šinkovec, B. (1971.): Geologija ležišta željezne i bakrene rude u Rudama kraj Samobora, Geološki vjesnik, Zagreb.

Herak, M. (1956.): Geologija Samoborske gore, Acta geol. 1, JAZU, Zagreb.

Jurković, I. (1962.): Rezultati naučnih istraživanja rudnih ležišta u Hrvatskoj, Geološki vjesnik., 15/1, Zagreb.

Laszowski, E. (1942.): Rudarstvo u Hrvatskoj, 179 str., Izd. Hrv. drž. tisk. Zagreb.

Šuklje, F. (1942.): Izvještaj o radu u Samoborskoj gori i Hrvatskom Zagorju, Vjesnik hrv. drž. geol. zav., Zagreb.

Tučan, F. (1908.): Sideriti iz Samoborske, Petrove i Trgovske gore, Nastavni vjesn., 17, Zagreb.

Tučan, F. (1919.): Naše rudno blago, Matica hrv., Zagreb.

Palinkaš, A. L. (1988.): Geokemijske karakteristike paleozojskih metalogenetskih područja: Samoborske gore, Gorskog kotara, Like, Korduna i Banije, disertacija, 108 str., Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.

7.3 Studije i elaborati

Baćani A., Posavec K. (2008.): Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Strmec, Šibice, Bregana i Slapnica, Elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

7.4 Zakonski propisi

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN br. 141/13, 128/15).

Pravilnik o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).

Uredba o standardu kakvoće voda za ljudsku potrošnju (NN br. 96/19).

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN br. 56/13, 64/15).

7.5 Mrežne stranice

Martinuš, A. (2011.): Kvalitativno stanje podzemne vode na samoborskom području, pregledni rad, Hrvatske vode, Zagreb,

URL: https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_78_2011_271-280_martinus.pdf (20.8.2020.)

KUD Oštrc, Rudnik Sv. Barbara u Rudama, podaci o rudniku,

URL: <http://www.rudnik.hr> (20.8.2020.)



KLASA: 602-04/20-01/213
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 09.10.2020.

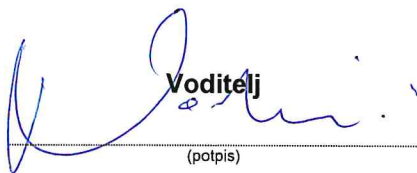
Petar Žitković, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/213, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 06.10.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

UTJECAJI RUDARENJA NA OKOLIŠ NA SAMOBORSKOM PODRUČJU

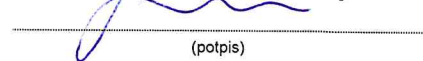
Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Zoran Nakić, profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.


Voditelj
(potpis)

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

(titula, ime i prezime)


**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)