Rudarska i geološka baština Sovinjaka

Ruškač, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:870440

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-19**

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

RUDARSKA I GEOLOŠKA BAŠTINA SOVINJAKA

Završni rad

Ivan Ruškač

GI 2078

Zagreb, 2020. godina

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Završni rad

RUDARSKA I GEOLOŠKA BAŠTINA SOVINJAKA

IVAN RUŠKAČ

Završni rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Ovim završnim radom, izrađenim u sklopu projekta ″MineHeritage″, opisuje se područje Sovinjaka, te rudnik Minjera s pogonom za preradu mineralne sirovine. Rudnik se nalazi u dolini rijeke Mirne kraj Buzeta u Istri. Ruda koja se eksploatirala je piritizirani boksit. Uz podzemnu i površinsku eksploataciju, na lokalitetu se u tvornici boksit i prerađivao. Glavni proizvodi bili su alaun, vitriol, sumporna kiselina i berlinsko modrilo. To je bila prva eksploatacija boksita na svijetu. Također prvi znanstveni rad o ovoj mineralnoj sirovini nastao je na temelju analiza uzoraka iz Minjere. U novije vrijeme, ulažu se veliki napori kako bi se područje nekadašnje tvornice i rudnika zakonski zaštitilo.

Ključne riječi: Sovinjak, Minjera, piritizirani boksit, alaun, vitriol, sumporna kiselina, berlinsko modrilo, Turini, Arduino, baština

Završni rad sadrži: 39 stranica, 16 slika, 2 tablice, 31 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Mentorica: Prof. dr. sc. Marta Mileusnić

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Marta Mileusnić
Doc. dr. sc. Uroš Barudžija
Doc. dr. sc. Ana Maričić

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

University of Zagreb Bachelor´s Thesis

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

MINING AND GEOLOGICAL HERITAGE OF SOVINJAK

IVAN RUŠKAČ

Thesis completed in: University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Institute of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

This bachelor thesis, made as part of the MineHeritage project, describes area of Sovinjak, Minjera mine and related factory. This mine is located under the Sovinjak hill in the valley of Mirna river, near Buzet in Istria. The main ore exploited was pirityzed bauxite, which was mined by open-pit and underground mining. The bauxite was processed in a factory nearby. The main products were alum, vitriol, sulphuric acid and Prussian blue. This was the first exploitation of bauxite in the world. The samples taken from Minjera were used for first scientific analyses of bauxite which resulted in the first scientific publication describing this bauxite. In modern times great efforts have been made so that the area of the former factory and mine be protected by law and declared cultural heritage.

Keywords: Sovinjak, Minjera, pirityzed bauxite, alum, vitriol, sulphuric acid, Prussian blue, Turini, Arduino, heritage

Thesis contains: 40 pages, 16 figures, 2 tables, 31 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Supervisor: Professor Marta Mileusnić, PhD

Reviewers: Professor Marta Mileusnić, PhD

Assistant professor Uroš Barudžija, PhD

Assistant professor Ana Maričić, PhD

Date of defence: September 22, 2020 Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 4
2. TEORETSKE OSNOVE 5
   2.1. Boksiti 5
   2.2. Proizvodi dobivani iz piritiziranog boksita 8
   2.3. Baština 10
3. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE OKOLICE SOVINJAKA 12
4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE OKOLICE SOVINJAKA 14
   4.1. Litostratigrafski članovi okolice Sovinjaka 14
   4.2. Mineralne sirovine okolice Sovinjaka 17
5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 19
   5.1.Istraživanja rude boksita 19
   5.2.Istraživanja povijesti rudarstva Minjere 22
6. RUDARSKA BAŠTINA 23
   6.1. Povijest rudarenja 23
   6.2. Tehnologija i pogon za preradu 27
   6.3. Važne ličnosti 30
7. GEOLOŠKA BAŠTINA 33
8. ZAKLJUČAK 35
9. LITERATURA 36

Popis slika

Slika 2-1 Karta ležišta boksita svijeta 6
Slika 2-2 Lokacije boksitnih ležišta Hrvatske..... 7
Slika 3-1 Lokalitet Minjera podno Sovinjaka na karti Istre 12
Slika 4-1 Isječak OGK lista Trst, M 1: 100 000 14
Slika 4-2 Geološki stup krednih i paleogenih naslaga, OGK list Trst..... 15
Slika 6-1 Grafika Minjere s tvornicom..... 23
Slika 6-2 Jamski otvor 23
Slika 6-3 Unutrašnjost tunelskog kopa..... 24
Slika 6-4 Isječak geodetske karte 1:5000 25
Slika 6-5 A-prostor oplemenjivačkog pogona; B-prostor tvornice; D-n(n=1-17)-područje ležišta 26
Slika 6-6 Shematski prikaz procesa proizvodnje na Minjeri 28
Slika 6-7 Nacrt peći Giovannia Arduina 29
Slika 6-8 Portet Giovannia Arduina 31
Slika 7-1 Uzorak piritiziranog boksita iz rudnika D-15 33
Slika 7-2 Mikrofotografija rudistnog vapnenca podine sa foraminiferom..... 34
Slika 7-3 Mikrofotografija vapnenca krovine sa zelenom algom..... 34

Popis tablica

Tablica 5-1 Zastupljenost elemenata u tragovima piritiziranog (stupac 1) i žuto-crvenog (stupac 2) boksita ležišta Minjera (u ppm) 20
Tablica 5-2 Zastupljenost glavnih elemenata piritiziranog (stupac 1) i žuto-crvenog (stupac 2) boksita ležišta Minjera (u ppm) 21

1. UVOD

Predmet istraživanja ovog rada je rudnik piritiziranog boksita ″Minjera″, smješten na području grada Buzeta, podno brda Sovinjak u dolini rijeke Mirne. Pod taj naziv podrazumijeva se svih 17 nađenih vidljivih jamskih otvora, a pretpostavlja se da ih je u prošlosti bilo i više. Gledajući kroz povijest, ovaj rudnik je od izrazitog značaja za geološku i rudarsku baštinu ne samo Istre i Hrvatske, već ima i svjetsku važnost.

U završnom radu želi se istaknuti vrijednost rudnika, prije svega to da je iz ovog rudnika, prvi puta u svijetu, još u 16. stoljeću eksploatiran boksit te je o njemu u 18. stoljeću napisan prvi znanstveni rad. Boksit je mineralna sirovina koja se sastoji od aluminijskih hidroksida. Na području Minjere boksit je bogat mineralom piritom, čijom se preradom dobivao alaun i vitriol te sumporna kiselina i berlinsko modrilo.

Ostaci jamskih iskopa i tvornice u kojoj se vršila prerada rude sada su prepušteni propadanju. Zato je cilj ovaj lokalitet predstaviti kao rudarsku i geološku baštinu jedinstvenu u svijetu.

Završni rad je napravljen u sklopu projekta *MineHeritage – „Historical Mining – tracing and learning from ancient materials and mining technology“*. Svrha projekta je upoznavanja šire javnosti o važnosti rudarstva i mineralnih sirovina kroz povijest za razvoj Europe.

2. TEORETSKE OSNOVE

U ovom poglavlju ističe se opis najvažnijih termina korištenih u izradi ovog rada. Svrha je upoznati čitatelja s osnovnim terminima za lakše i bolje razumijevanje daljnjih poglavlja ovog rada.

2.1. Boksiti

Boksit je dobio ime prema malom mjestu Les Baux u Provansi u Francuskoj gdje postoji njegovo nalazište. Prvi ju je upotrijebio francuski kemičar Pierre Berthier 1821.godine, opisavši i objavivši rad o glinenoj sedimentnoj stijeni koja je na tom području nađena (MARUŠIĆ et al., 1993). Boksit nije mineral, već on predstavlja skupinu minerala koji sačinjavaju kompaktnu stijenu ili vrlo mekani materijal nastao trošenjem i erozijom (SLOVENEC, 2002) .

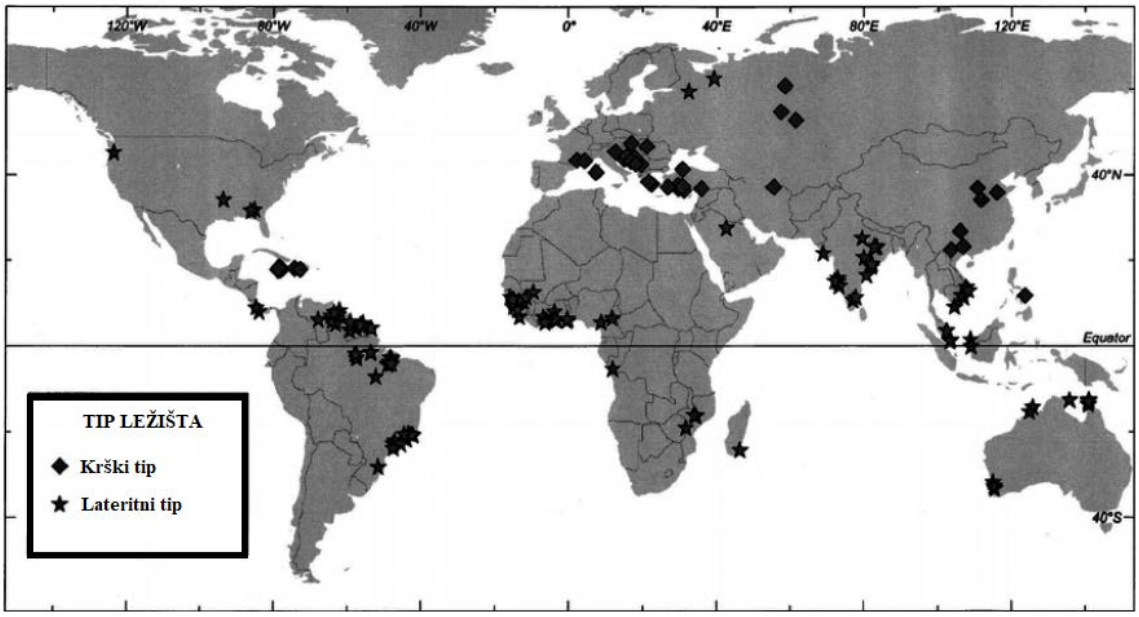
Boksit je sedimentna stijena koja se pretežno sastoji od aluminijevih hidroksida – gibbsita (γ-$Al(OH)_3$), bemita (γ-AlOOH) i dijaspora (α-AlOOH). Uz glavne, još se javljaju i sporedni minerali: hematit, getit, kaolinit, haloazit i vrlo malo rutila, anatasa i kvarca. Boksit je glavna ruda za pridobivanje aluminija, a u novije vrijeme i elemenata rijetkih zemalja, koji su vrlo traženi na tržištu vezano uz proizvodnju i izradu elektroničkih sklopova. Prema MARUŠIĆ et al. (1993) prvi pokus dobivanja aluminija iz boksita izveo je francuski kemičar Saint-Claire Devillea 1854. godine pomoću kemijske redukcije silicijskog dioksida. Danas se dobivanje aluminija iz boksita odvija pomoću dva procesa: (1) Bayerovim procesom – ispiranje boksita otopinama i (2) Hall-Heroult procesom-elektrolitičkom redukcijom aluminija iz boksita (DURN & MILEUSNIĆ, 2020). Boksit je i nemetalna mineralna sirovina, korištena kao abrazivno sredstvo, za pjeskarenja i poliranja materijala sitnim prahom za stvaranje otpornog filma na materijalu, za izradu kvalitetnih bojila i kiselina, u cementnoj industriji i sl. Boksit Minjere koristio se kao nemetalna mineralna sirovina, prvenstveno za proizvodnju alauna (stipse) i sumporne kiseline (vitriola).

Boksit nastaje trošenjem stijena na površini zemlje pri visokim temperaturama i velikim količinama oborine (tropska vlažna klima) pri čemu nastaju Al- i Fe-hidroksidi. Bitna karakteristika je i procjeđivanje oborine kroz stijenu koja ju otapa, ponikvama i šupljinama, te tektonika područja i biološka aktivnost.

S obzirom na različite uvjete nastanka i sastava stijena koje se troše, razlikuju se dva genetska tipa boksita: (1) lateritni i (2) krški.

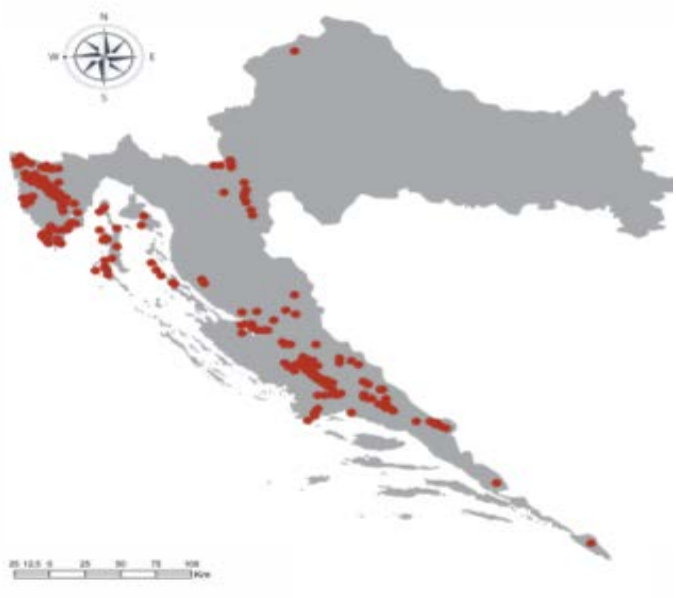
Lateritni boksiti nastali su trošenjem magmatskih stijena u uvjetima tropske vlažne klime. Vezani su uz procese evaporacije i precipitacije iz otopine ″in situ″. Oni čine oko 88 % svjetskih ležišta boksita.

Krški boksiti imaju karbonatnu podlogu. Osim trošenja stijena ″in situ″, kod krških boksita dominantnu ulogu mogu imati i pretaložene stijene koje mogu biti silikatnog sastava te stijene koje se javljaju u obliku tankih proslojaka. Oni čine 12% svjetskih ležišta boksita.



Slika 2-1 *Karta ležišta boksita svijeta* (MEYER, 2004).

Boksitna ležišta se nalaze u svim dijelovima svijeta, kao što je vidljivo na slici 2-1. Najistaknutija ležišta s velikim količinama boksita su u Indiji, Brazilu, zapadnoj Africi, Jamajci i dr. U Europi se ističu ležišta Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Mađarske i Francuske.



Slika 2-2 *Lokacije boksitnih ležišta Hrvatske* (DURN & MILEUSNIĆ, 2020)

Boksit Hrvatske je krški, te je nastajao u različitim geološkim razdobljima. Na slici 2-2 prikazana su područja Hrvatske bogata boksitom. Prema MARKOVIĆ (2002) i SLOVENEC (2002) ležišta se kreću od trijaske do paleogenske starosti. Ležišta trijaske starosti obuhvaćaju područje Svilaje, Knina i Trilja. Donjo- do srednje trijaske su starosti, a minerali koji u njima prevladavaju su bemit i dijaspor. Jurski boksiti karakteristični su za područje zapadne Istre, oko Rovinja i Funtane. Pretežito su uslojeni i crveno-smeđe boje. Glavni mineral u jurskim i krednim boksitima je bemit. Donjokredni boksiti se nalaze na području Kijeva, na padinama Kozjaka te na području Dinare (Veliki i Mali Lupoglav). Ovaj boksit čini izdanke i proslojke u stijenama, a najviše ga ima oko Kijeva. Sadrži i veliku koncentraciju kaolinitne komponente te se smatra da je nastao od kaolinitne gline. Boksiti nastali na granici donje i gornje krede nalaze se na Dinari i Svilaji. To su mali izdanci crvenog boksita koji je sitnozrnati i slabo istražen. Kredno-paleogenski boksiti zauzimaju veći teritorij Istre. Nalazišta su im vezana uz jugoistočnu i zapadnu obalu Istre, od Učke pa sve do Pule. Glavno ležište je kod Rovinja koje se pruža prema jugoistoku te se dijeli u dva smjera: (1) prema Pazinu i (2) prema Raši (slika 2-2).

U donjopaleogenskim boksitima dominantan mineral je bemit, dok u gornjopaleogenskim boksitima dominiraju bemit i gibbsit (prema SLOVENEC (2002) iz ŠINKOVEC (1970)).

Boksiti Istre paleogenske su starosti, tj. većina boksitnih ležišta Istre se nalazi na granici kreda-paleogen. Njihov postanak veže se uz nastanak zapadnoistarske antiklinale za vrijeme dinamičnih razvoja kopnenih faza Jadranske karbonatne platforme, a same faze nisu jednako djelovale na području Istarskog poluotoka. Stijene podine se na različitim područjima razlikuju prema starosti. To nam govori da je bitnu ulogu u nastajanju boksita imala tektonika. Boksiti Istre zemljastog su ili kamenog izgleda, a mogu biti i oolitične i pizolitične strukture. Boja im varira ovisno o mineralnom sastavu, uglavnom o hematitu i limonitu (smjesa željezovih oksihidroksida, pretežito getita) koji daju crvenu, odnosno žutu boju. Još se javlja i boksit sive boje (boju mu daje pirit), uglavnom u sjevernom djelu Istre, pa tako i u rudniku Minjera koji je predmet istraživanja ovoga rada (VLAHOVIĆ et al., 2006).

2.2. Proizvodi dobivani iz piritiziranog boksita

U rudniku Minjera posebna pažnja se pridodavala kvaliteti proizvoda. Posebnim postupcima obrade pridobivan je alaun (u literaturi se još koristi i naziv stipsa), vitriol (ili sumporna kiselina) te berlinsko modrilo.

Alaun (lat. *alumen*) je aluminijeva sol. Poznata je još od grčkih vremena kada se koristila u medicini. Skupina alauna definirana je općom formulom $M^{I}M^{III}(SO_4)_2 * 12H_2O$, gdje faktor M^{I} označava jednovalentni metal (kalij, natrij, rubidij, cezij), a faktor M^{III} trovalentni metal (željezo, aluminij, krom). Tzv. obični alaun, koji se obradom dobivao i u postrojenjima rudnika Minjera, čini jednovalenti kalij i trovalentni aluminij prema formuli $KAl(SO_4)_2 * 12H_2O$ (HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, 2020). Dodatnim procesom čišćenja pomoću metode ponovnog ispiranja dobio bi se korisniji produkt. Koristio se za bojanje tkanine i kože, lijepljenje papira te u medicini kao antiseptik i protuotrov kod trovanja olovom, što dokazuje Arduinov rad gdje govori kako je alaun vrlo korisna i otporna tvar. Najviše ga je zaintrigirala pojava da drvo obojeno alaunom ne gori. Alaunom su bile obložene vreće za barut te se koristio u tiskarskoj industriji za bolji rad tiskarskih strojeva (NEŽIĆ, 2015).

U današnje vrijeme alaun je u vrlo širokoj primjeni. Osim što je i danas korišten u medicini, proizvodnji boja, tkanine i industriji papira kao nekad, još se koristi za izradu dezodoransa, u postrojenjima za pročišćavanje voda, pekarskoj industriji kao prašak za pecivo te kao prah za gašenje vatre.

Vitriol (lat. *vitriolum*) se iz piritiziranog boksita dobivao slično kao alaun. Općenito, vitriol spada u skupinu soli kojeg čine sulfati dvovalentnih metala. Oni u prisutnosti molekula vode kristaliziraju. Postoji razlika između vitriola i sumporne kiseline, iako SAKAČ & VUJEC (2000) navode kako je vitriol zapravo sumporna kiselina. Vitriol se u tvornici Minjere dobivao precipitacijom iz otopine nastale obradom piritiziranog boksita te se prema opisima Turinija i Soqueta radi o kristalima. NEŽIĆ (2015) ističe činjenicu da *"Turini piše kako vitriol kristalizira nakon dosegnute koncentracije otopine, a Soquet navodi isto, samo što ne koristi termin vitriol nego željezov sulfat"* te zaključuje kako se najvjerojatnije radi od galici, što i jest. S obzirom da se ističe željezov sulfat, ta vrsta vitriola koji se dobivao iz piritiziranog boksita Minjere predstavlja zelenu galicu ($FeSO_4$* $7H_2O$), dok druga vrsta obogaćena sulfidima bakra predstavlja modru galicu ($CuSO_4$ * $5H_2O$) (HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, 2020).

Sumporna kiselina. Otopina koja ostaje nakon kristalizacije vitriola, grijala se u posebnim pećima kako bi se dobila sol koja se kasnije otapala u vodi. Spajanjem s vodom dobivala se sumporasta kiselina (H_2SO_3) koja je nakon toga stajala na zraku kako bi se obogatila kisikom. Tako se dobila sumporna kiselina (H_2SO_4), još zvana vitriolovo ulje, koja je sve većim taloženjem davala kvalitetnu crvenu boju (NEŽIĆ, 2015).

Berlinsko modrilo (pariško plava ili prusko plava) je anorganski pigment formule $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, odnosno naziva željezni(III) heksacijanoferat(II). Zbog čistoće tona, stalnosti i neotrovnosti koristi se u značajnim količinama. Koristi se u slikarstvu, a u smjesi sa škrobom kao plavilo za rublje. U Minjeri se dobivalo iz otpadaka životinjskog podrijetla, pretežito dlaka i krvi goveda i potaše (kalijevog karbonata). Za tu proizvodnju koristile su se velike glinene posude koje je osmislio Turini. Sirovina se u njima grijala pod određenim uvjetima kako se ne bi izgubila kvaliteta i boja. Nakon grijanja, dobivena sirovina bi se hladila na suhom mjestu te bi se nakon hlađenja ubacila u vitriol-aluminoznu otopinu. Kemijskim reakcijama vrlo brzo bi se pojavljivali plavi kristalići berlinskog modrila. Ova proizvodnja je bila kratkog vijeka, najviše zbog odsutnosti Turinija te složenosti procesa i skupoće materijala za izradu (NEŽIĆ, 2015).

2.3. Baština

Riječ baština u hrvatskom jeziku definirana je nasljeđem koje se prenosi sa starijih na mlađe generacije. Prema Hrvatskom jezičnom portalu (HJP, 2020) predstavlja *"imanje koje je naslijeđeno; djedovinu, očevinu"* i *"ukupnost iz prošlosti sačuvanih i njegovanih kulturnih dobara"*. Dijeli se na: (1) prirodnu i (2) kulturnu baštinu. Pojam prirodne i kulturne baštine na svjetskoj razini definiran je *Konvencijom o zaštiti svjetske prirodne i kulturne baštine*, koja je donesena od strane UNESCO-a u Parizu 1972. godine. Prema konvenciji prirodna i kulturna baština su *"dobra međunarodno priznate, izvanredne i univerzalne vrijednosti koja su kao takva podvrgnuta i posebnomu režimu zaštite i očuvanja"* (HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, 2020).

Prirodna baština obuhvaća određeno prirodno područje posebne flore i faune, geoloških i geomorfoloških pojava, područja vodenih sredina i sva ostala područja koja su posebnim zakonima stavljena pod zaštitu kako bi se sačuvala njihova jedinstvenost i posebnost. Kao podvrsta prirodne baštine ističe se geološka baština. U Republici Hrvatskoj geološka baština definirana je Zakonom o zaštiti prirode iz 2005. godine (NN, 70/2005). Tekst zakona glasi kako je geološka baština: *"sve ono što je sačuvano u strukturi i teksturi stijena i tla kao što su geološke, geomorfološke, hidrogeološke pojave i objekti te paleontološki i mineraloški nalazi koji čine sastavni dio krajobraza"*. Nažalost, iz trenutnog važećeg zakona ova je definicija izostavljena. U Republici Hrvatskoj do danas je zaštićeno 53 geolokaliteta, a prvi su geobaštinom Hrvatske proglašeni lokalitet Rupnica kod Voćina i Hušnjakovo brdo kod Krapine, 1948. godine (MILEUSNIĆ et al., 2019).

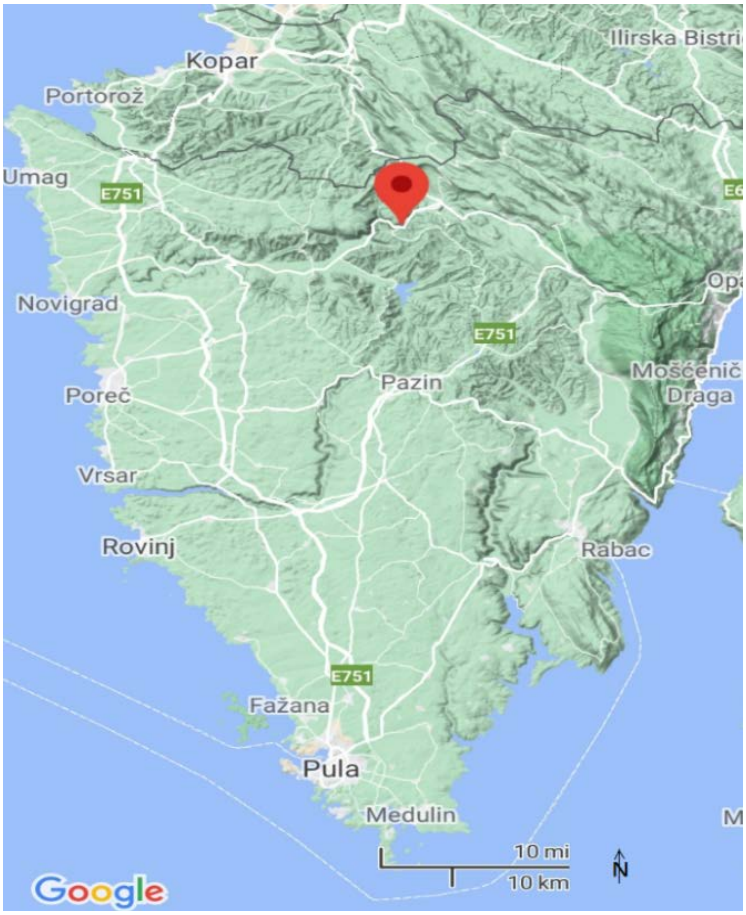
Kulturnu baštinu, prema Ministarstvu kulture i medija Republike Hrvatske *"čine pokretna i nepokretna kulturna dobra od umjetničkoga, povijesnoga, paleontološkoga, arheološkoga, antropološkog i znanstvenog značaja"*. Ovoj kategoriji pripadaju dvorci, sakralne građevine, važni povijesni natpisi, princip gradnje i proizvodnje, slikarska i kiparska postignuća i dr. Kao podvrsta kulturne baštine ističu se povijesna i nematerijalna kulturna baština, tradicijska baština te industrijska i rudarska baština. Rudarska baština posebice je važna za područje Hrvatske. Toj baštini pripada i rudnik Minjera podno Sovinjaka zbog istaknutih činjenica i dokaza koji potvrđuju njezinu posebnost, a koji su detaljnije opisani u sljedećim poglavljima.

Prirodnu i kulturnu baštinu Hrvatske pod zakonsku zaštitu stavlja Vlada Republike Hrvatske, nizom zakona i odredbi o zaštiti baštine u skladu s odredbama Komisije i Vijeća

Europske unije. Izglasane zakone od strane Vlade provode i kontroliraju resorna ministarstva, u ovom slučaju Ministarstvo zaštite okoliša i energetike za prirodnu baštinu (a time i geološku baštinu) te Ministarstvo kulture i medija za kulturnu baštinu (a time i rudarsku baštinu). Zakoni su objavljeni u Narodnim novinama te su stoga javni te se svako kršenje može prijaviti sukladno pravilniku objavljenim u Narodnim novinama. Također, UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) kao ogranak Ujedinjenih Naroda na svjetskoj razini brine o zaštiti povijesnih i kulturnih dobara. Ono se provodi kroz niz kriterija koji neki lokalitet ili područje moraju zadovoljiti. U Hrvatskoj je 10 spomenika pod zaštitom UNESCO-a, a važno je naglasiti da je UNESCO proglasio i dva Geoparka u Hrvatskoj: Papuk i Viški arhipelag.

3. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE OKOLICE SOVINJAKA

Sovinjak je malo naselje u Istri, u sastavu grada Buzeta. Smješten je na unutrašnjem sjevernom dijelu Istre, blizu granice sa Slovenijom.



Slika 3-1 *Lokalitet Minjera podno Sovinjaka na karti Istre* (Google: Google Maps, 2020)

Nalazi se 8 km jugozapadno od Buzeta (slika 3-1), na nadmorskoj visini od 280 m. U dolini, podno istoimenog brda, protječe rijeka Mirna. Mirna je rijeka koja ima najduži vodotok u Istri, 53 km. Sjeverno od Sovinjaka nalazi se visoravan Ćićarija, dok se jugoistočno nalazi planina Učka.

Klima Istarskog poluotoka je umjereno topla. Unutrašnji kopneni dio, koji uključuje područje Sovinjaka, ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom. Zato se ubraja u submediteransko područje s većom količinom oborina (godišnje više od 1500 mm) i nižim temperaturama (zimi i ispod 0°) (iz ISTRAMET prema VELIKA ISTARSKA ENCIKLOPEDIJA) .

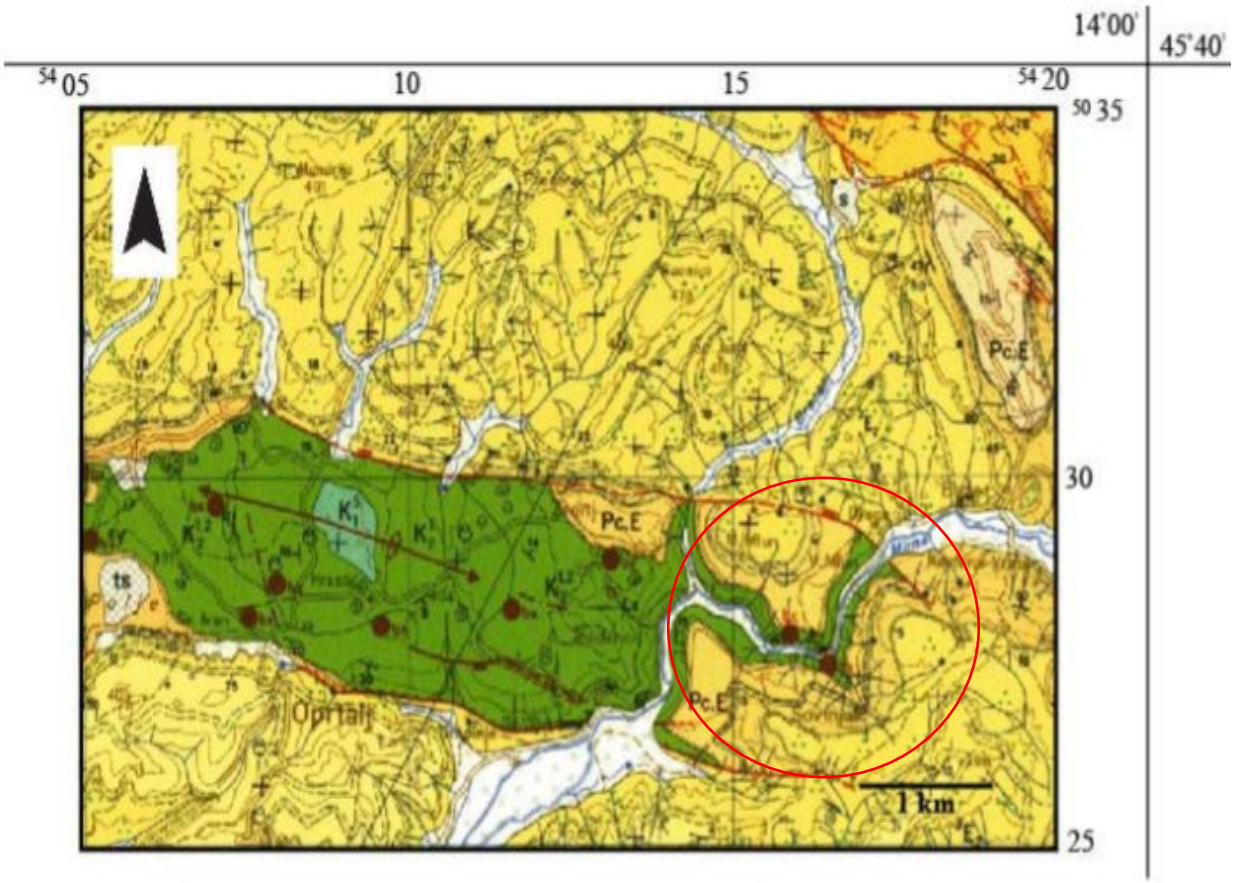
Područje Sovinjaka pripada u tzv. ″Sivu Istru″. To je područje brdskih predjela koja podrazumijevaju skupinu tala na flišu (rendzina i sirozem), dok se u području rijeke Mirne nalaze koluvijalne naslage. Obraslo je niskom bjelogoričnom šumom, pretežito drvom bora i niskog hrasta. Životinjski svijet kopnene Istre čine 93 vrste sisavaca i 229 vrsta ptica. Na području Sovinjaka to su: rovke (ježevi, krtice, zečevi, puhovi), lisice, divlje svinje, jeleni i srne. Od ptica se ističu prepelice, fazani, patke, poljske guske i dr. (ISTRAPEDIA).

4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE OKOLICE SOVINJAKA

U prvom dijelu ovog poglavlja opisuju se stijene koje izgrađuju samo ležište i okolicu Sovinjaka, te njihov nastanak i fosilni sadržaj. U drugom dijelu opisan je sadržaj mineralnih sirovina okolice Sovinjaka. Opis obuhvaća ležišta koja su i danas aktivna i ležišta koja su bila aktivna u prošlosti.

4.1. Litostratigrafski članovi okolice Sovinjaka

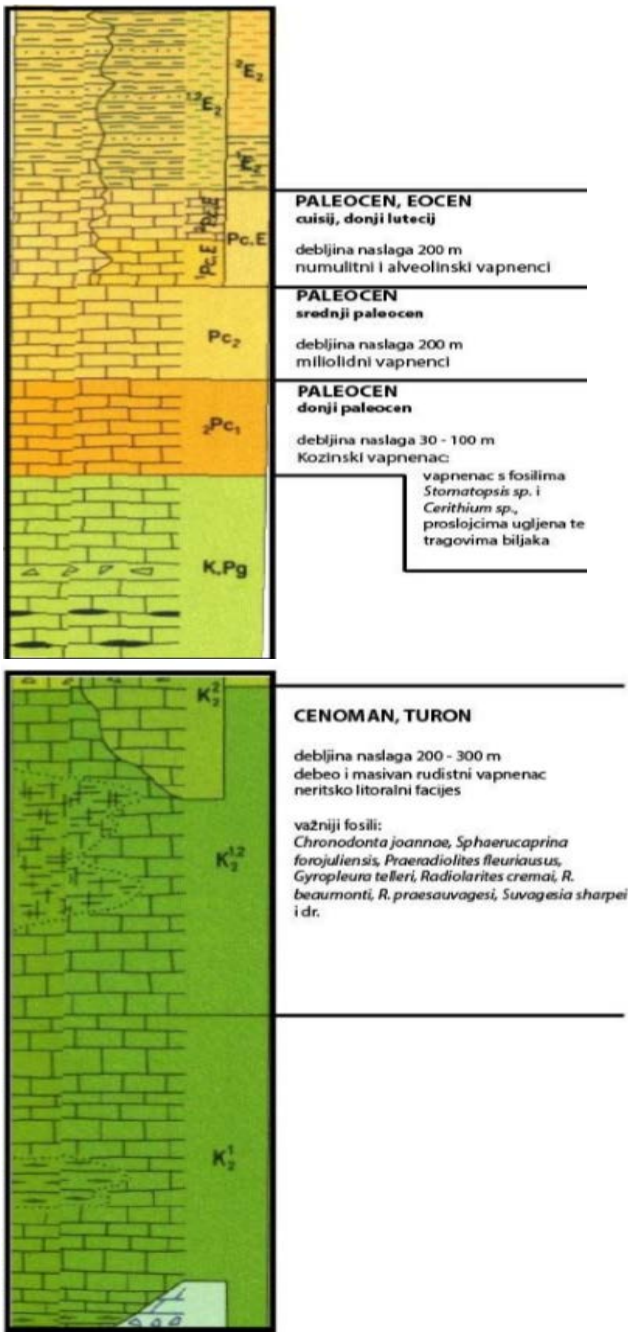
Na isječku OGK (slika 4-1) vidljivo je područje Sovinjaka i rudnika Minjera (označeno crvenom kružnicom).



Slika 4-1 *Isječak OGK lista Trst, M 1: 100 000 (PLENIČAR et al.,1969, preuzeto iz PETOHLEB, 2019)*

Prema PLENIČAR et al. (1969) kredne naslage sastoje se od cenomanskih i turonskih rudistnih vapnenaca. Ove naslage su vrlo debele i masivne, debljine 200-300 m (slika 4-1 i 4-2). Kredne naslage promatranog područja vrlo su ujednačene i jednoličnog izgleda, pretežito sivo-bijele boje. U cenomansko-turonskim naslagama ističu se, uz rudiste kao makrofosile, rodovi mikrofosila: *Chronodonta joanae, Praeradiolites, Radiolarites cremai*

i dr. U sjeveroistočnom djelu karte nalazi se prostrano područje Ćićarije, na karti istaknuto brojnim reversnim rasjedima. Naslage tog područja su paleogenske starosti. Od stijena se ističu vapnenci. Na nižim nadmorskim visinama to je numulitni i alveolinski vapnenac, dok na većim nadmorskim visinama imamo pojavu kozinskog i miliolidnog vapnenca.



Slika 4-2 *Geološki stup krednih i paleogenih naslaga, OGK list Trst (PLENIČAR et al., 1969)*

Tijekom razdoblja kraja krede do ranog eocena trajala je emerzija. Tijekom emerzije, eocenske naslage transgresivno su istaložene na starije naslage krede iz smjera sjeveroistoka (DROBNE, 1977). To taloženje nije bilo ujednačeno već ritmično, što ukazuje na različite uvjete i izmjenu slatkovodnih i marinskih sedimenata. Stariji paleogen čine liburnijske (kozina) naslage. Nakon liburnijskih naslaga, marinskim djelovanjem se istaložio foraminiferski vapnenac. Razdoblje emerzije tijekom krede i paleogena odgovara pojavi boksitnih ležišta Istre (ŠINKOVEC et al., 1994).

Boksiti Minjere leže na paleopovršini gornjokrednih vapnenaca (slika 4-2), dok krovinu ležišta čine slatkovodno-brakične i dijelom marinske, kozina naslage. One su zaglinjene, tanko uslojene, mikritizirane, bogate organskom tvari, foraminiferama, a ponegdje i koraljima. Kozina naslage postupno prelaze u eocenske foraminiferske vapnence, dok najmlađe naslage čine flišni sedimenti (ŠINKOVEC et al., 1994).

4.2. Mineralne sirovine okolice Sovinjaka

Osim piritiziranog boksita, u naslagama gornje krede nalaze se ležišta arhitektonsko-građevnog ili prirodnoga kamena. Također, u manjim količinama nedovoljnima za eksploataciju javljaju se slojevi ugljena te radioaktivne sirovine unutar boksita, vapnenaca i vode.

Pregled sirovina arhitektonsko- i tehničko-građevnog kamena napravljen je na temelju Rudarsko-geološke studije potencijala Istarske županije (HGI, 2013).

Mnogi varijeteti kamena koji su se eksploatirali u okolici su bili korišteni u arhitektonsko-građevne svrhe. Iz kamenoloma Istranka, koji se nalazi između Buzeta i Lupoglava, u prošlosti se eksploatirao vapnenac paleogenske starosti. Danas je taj kamenolom napušten i zakrčen vegetacijom. Kamen se vadio iz slojeva, bijelo-sive je boje, a pojedini blokovi mogu se vidjeti i danas. U kamenolomu Ponte Bracano, u neposrednoj okolici Buzeta, se eksploatirao prirodni kamen koji se sastoji od rudistnih vapnenaca s očuvanim fosilima i ljušturama fosila zbog kojih se nisu mogli vaditi zdravi blokovi. Iz kamenoloma Sveti Stjepan vađen je cenomanski vapnenac rudarenjem podzemnim kopom. Sivkaste je boje, a nastao je razaranjem rudistnih grebena.

Iz nabrojanih kamenoloma u okolici Sovinjaka kvalitetan kamen uglavnom je eksploatiran do kraja. Danas postoje još mali broj vidljivih zdravih blokova, ali zbog ekonomske neisplativosti i velikog troška same eksploatacije oni su zapušteni.

Eksploatacijsko polje Kuk-Čiritež, 7 km udaljeno od Buzeta, čine sivo-bijeli i svjetlo-žućkasti gornjokredni vapnenci. Ležište je jednostavne građe, čine ga stijenski diskontinuiteti i blaga tektonika. Poremećaj u ovim naslagama čine tri rasjeda koja su djelomično ispunjena crvenicom i boksitima. Za ovo polje izdana je koncesija tvrtki Geoprojekt d.d. Opatija. Polje je veličine 0,18 km^2 s raspoloživim eksploatacijskim rezervama od 2 262,10 m^3. Ovo polje je i danas aktivno, a sirovina se koristi kao tehničko-građevni kamen (kod izrade cesta, za betonske konstrukcije i dr.) te u obliku kamenih blokova i materijala za žbuke.

Istom koncesionaru dan je i kamenolom Praščari–Sveti Ivan, također smješten u okolici Buzeta. Kamen je sivo smeđe boje, gornjokredne starosti. Površina kamenoloma proteže se na 0,11 km^2, a eksploatacijske rezerve čine 1.367,19 m^3. Kamen se koristi u iste svrhe kao i

iz eksploatacijskog polja Kuk-Čiritež, no zbog visokog udjela $CaCO_3$ komponente još se koristi u farmaceutske i kemijske svrhe te za obogaćenje tla u obliku gnojiva.

Za aktivna eksploatacijska polja korišteni su, uz već spomenutu Rudarsko-geološku studiju, i podaci tvrtke Geoprojekt d.d. iz Opatije.

5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

U prvom dijelu ovog poglavlja dane su važnije analize i sastav rude vađene na Minjeri, od prvih analiza sve do današnjih. U drugom dijelu poglavlja istaknuti su važniji radovi o povijesti rudarenja na području Minjere.

5.1. Istraživanja rude boksita

Ruda vađena na Minjeri bila je piritizirani boksit. Prema ŠINKOVEC et al. (1994), piritizirani boksit nalazi se u većini boksitnih ležišta Istre, više izraženim u njezinom sjevernom dijelu. Na temelju eksploatirane rude, Pietro Turini 1808. izdaje prvi opsežan rad *"Della preparazione dell´alume nella Miniera di San Pietro nel dipartimeno dell´Istria"* u kojem rudu naziva <*pirite*> te iznosi svojstva piritiziranog boksita. Ističe kako je ruda toliko čvrsta da su udaranjem metalnim dlijetom nastajale iskre, te da postoje tri različite podvrste rude na promatranom području. Turinijev prijatelj, Giovanni Arduino posvećuje mnogo vremena analizama rude Minjere. Prvu analizu čini na molbu Turinija, kada mu on osobno donosi uzorke. Drugu analizu provodi za Mletačku Republiku koja je brzo shvatila potencijal rudnika. Na alaunu iz Sovinjaka provodi čak sedam pokusa. U tim pokusima uspoređuje ga sa Švedskim alaunom te u svim pokusima dolazi do istih rezultata. Zadnjom analizom dobio je sastav pojedinih komponenti dobivenih iz rude koje mu je desetak godina ranije poslao Turini. Dobio je 29 grana alauna, 69 grana vitriola, te 146 grana kiselih komponenti alauna i vitriola (grana je mjera za masu Mletačke Republike, 1 grana = 0,052 g). Uz to, zaključuje da ruda posjeduje i male količine željeza i selenita. Ovi pokusi i analize smatraju se prvim znanstvenim analizama piritnog boksita, a i boksita općenito. Nastali su 1780. godine (iz Biblioteca Civica di Verona prema NEŽIĆ, 2015).

Analizom rude, prema ŠINKOVEC et al. (1994), osim pirita utvrđeni su i drugi minerali: bemit, pirit, markazit, hematit, getit, kaolinit, dijaspor, anatas, turmalin, cirkon i hidrargilit. Glavni minerali su bemit i sulfidi željeza. Dijaspor se javlja samo u određenim uzorcima. Ruda je pretežito sivo-žute boje, a od primjesa pojedinih minerala mijenja boju u crveno-žuto-narančastu. Također, analizirano je 18 elemenata u tragovima (tablica 5-1), te elementi koji su osnovni sastojci rude (slika 5-2).

Tablica 5-1 *Zastupljenost elemenata u tragovima piritiziranog (stupac 1) i žuto-crvenog (stupac 2) boksita ležišta Minjera (u ppm) (ŠINKOVEC et al., 1994)*

	1	2
Ba	22	35
Co	6	39
Cr	232	443
Cu	18	45
Ga	33	48
Mo	28	<5
Nb	71	77
Ni	282	151
Pb	14	22
Rb	10	12
Sr	134	123
Th	22	51
U	17	5
V	168	287
W	7	18
Y	<5	21
Zn	44	56
Zr	241	274

Tablica 5-2 *Zastupljenost glavnih elemenata piritiziranog (stupac 1) i žuto-crvenog (stupac 2) boksita ležišta Minjera (u ppm) (ŠINKOVEC et al., 1994)*

	1	2
SiO_2 TiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 MnO MgO CaO Na_2O K_2O P_2O_5 Gubici žarenjem	9,75 2,26 55,80 1,66 <0,05 0,33 <0,05 <0,05 <0,05 0,08 19,64	1,93 3,17 63,60 16,65 <0,05 0,30 <0,05 <0,05 <0,05 0,05 15,32
Ukupno	89,52	101,02
SULFIDI Fe_2O_3 S	- 6,73 5,40	- - -
Ukupno	101,65	101,02
Manje O-ekvivalentno sa S	2,02	-
Ukupno	99,63	101,02

5.2. Istraživanja povijesti rudarstva Minjere

Propašću tvornice i cijelog postrojenja, stalo je i rudarstvo na području Sovinjaka. U novije vrijeme, o rudarskoj povijesti Minjere, ističe se rad profesora Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu Rikarda Marušića i Slavka Vujeca, te geologa Krešimira Sakača iz Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja. Rad potječe iz 1993. godine. U svom radu *"Četiri stoljeća rudarstva boksita"* populariziraju i istražuju povijest rudnika Minjera s ciljem opovrgavanja tvrdnje da je ruda boksita prvi puta opisana u Francuskoj 1821. godine te da je prvi rudnik boksita otvoren 1873. Također, ističu i historiografiju rudnika kroz povijest.

Profesori geolozi Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu Boris Šinkovec i Goran Durn te geolog Krešimir Sakač iz Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja iste godine objavljuju rad *"Piritizirani boksiti Minjere"*. U njemu iskazuju postanak piritiziranog boksita, prije svega faze piritizacije, sastav, mineralizaciju te naslage koje, uz boksit, čine ležište.

Matija Nežić 2015. godine izdaje knjigu *"Minjera- pregled rudarske i prerađivačke baštine podno Sovinjaka"*. Kroz više poglavlja, kako kaže sam autor, *"želi se iznijeti povijesni pregled i prezentirati rezultate istraživanja o djelovanju tvornice"*. Osim rudarskih radova, u knjizi se ističu i podaci o stanovništvu i životu na području Sovinjaka u doba aktivnosti Minjere.

U jesen 2019. godine, studentica pete godine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu Lea Petohleb iznosi diplomski rad na temu *"Mineraloške, petrološke i geokemijske značajke boksita iz ležišta "Minjera" kod Buzeta"*. Na osam uzoraka boksita provedena su detaljna istraživanja pomoću rendgenske difrakcije na prahu, na 11 uzoraka vapnenaca krovine i podine provedene su spektrometrijske metode te određen njihov kemijski sastav.

Svi ovi radovi korišteni su u izradi ovog rada te spojeni u jedno kao skup svih istraživanja i informacija vezanih uz rudnik Minjera.

6. RUDARSKA BAŠTINA

Na slici 6-1 prikazana je Tvornica i postrojenje kod Minjere. To je ujedno i najstariji prikaz područja Sovinjaka i Minjere za vrijeme eksploatacije i obrade rude (NEŽIĆ, 2015).

Slika 6-1 *Grafika Minjere s tvornicom (iz NEŽIĆ, 2015)*

6.1. Povijest rudarenja

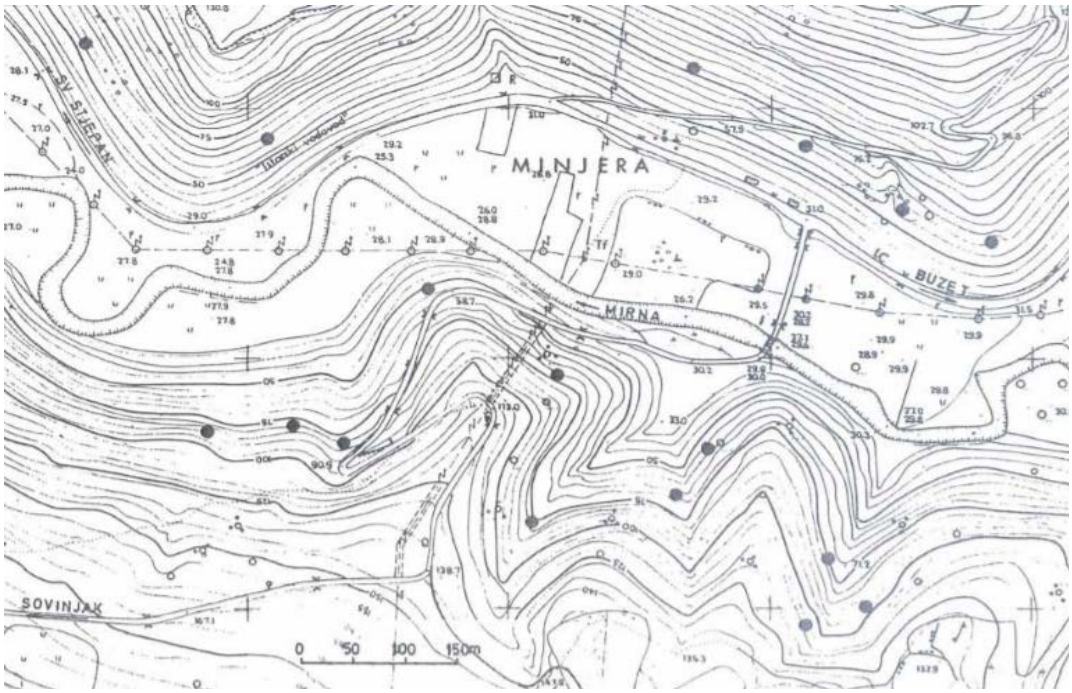
Na Minjeri, podno Sovinjaka, rudarska djelatnost seže u 16. stoljeće. Na slici 6-2 vidi se dobro očuvani jamski otvor jednog od 17 poznatih kopova na lokalitetu.

Slika 6-2 *Jamski otvor (izvor: Geocaching)*

Prvi pisani spomen o rudarenju na području Sovinjaka donosi rad novigradskog biskupa Giacoma Filipa Tommasinija *"Dei commentari storici geografici della provincia d´Istria"* 1646. godine (MARUŠIĆ et al., 1993). On ističe kako su rudari s područja Njemačke (Sasi) prije osamdeset godina napustili rudnik alauna kod Sovinjaka. Sasi su bili rudari koji su pridonijeli razvoju rudarske industrije (u 13. i 14. st.) na području cijelog Balkanskog poluotoka. Prodorom Turaka na Balkan Sasi se povlače u Njemačku, rudnici koje su vodili bivaju zapušteni, a one na Minjeri zatrpali su kamenjem i u njih skrenuli vodotok lokalnog potoka. Pretpostavlja se da ih je na taj čin navela vrijednost rude koja se iskapala jer su za nju samo oni znali (MARUŠIĆ et al., 1993; NEŽIĆ,2015; PISAK, 2008).

Za života Tomassinija, mletački dužnosnik Cavanis ponovno pokreće rudnike boksita koji su ostali za Sasima. O njegovom djelovanju nema mnogo spisa te nakon njegove iznenadne smrti rudnici ponovno bivaju zapušteni (NEŽIĆ, 2015).

Slika 6-3 *Unutrašnjost tunelskog kopa (izvor: Geocaching)*

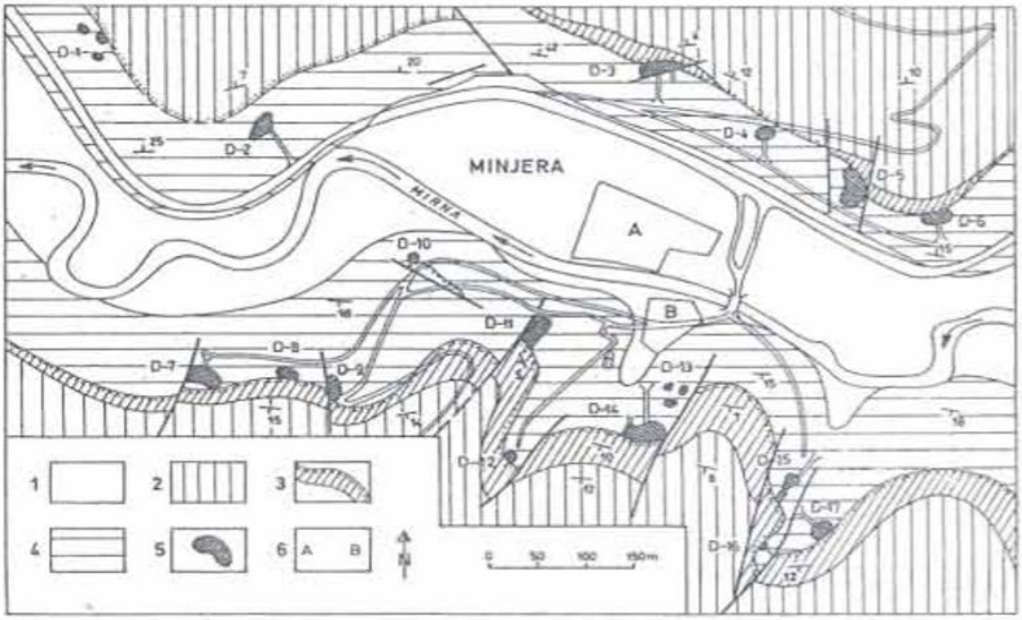


Slika 6-4 *Isječak geodetske karte 1:5000 (1975) (MARUŠIĆ et al.,1993). Točke označavaju položaj otkopanih ležišta*

Prema MARUŠIĆ et al. (1993), preciznim proračunima je utvrđeno da je na području Minjere moglo biti eksploatirano oko 150 000 t rude, što bi značilo da je pojedino ležište u prosjeku činilo 10 000 t rude. Pretpostavlja se da su najveće količine u ležištima D-5 i D-14 (Slika 6-3 i 6-4).

Najveći rudarski zamah Minjera dobiva dolaskom Mletačkog poručnika Pietra Turinija. Prema NEŽIĆ (2015) po nalogu mletačke vojske, 1780. godine, stiže u Istru kako bi izradio topografske karte šuma Istre pod mletačkom vlašću. U tome mu pomoć pruža i fra Adeodata Galicija, profesor fizike u Koparskoj gimnaziji. Istraživanjem područja Sovinjaka, Turini nailazi na jamske otvore koji su ga brzo zainteresirali. Od lokalnog stanovništva pokušava saznati što više podataka o rudarenju na tom području, a o svemu piše i prijatelju, profesoru Giovanniju Arduinu. Ponovnim dolaskom u listopadu 1780. godine, Turini počinje svoju radoznalost pretvarati u prave istraživačke radove. Sva zapažanja i opise rude šalje i Arduinu. U radovima ističe kako je ruda masivna, u slojevima i blokovima različite debljine i dužine te da je vjerojatno nastala djelovanjem mora. Uzevši uzorke s lokaliteta odlazi u Veneciju te dolazi do jednog profesora kemičara koji mu kaže da je ruda bezvrijedna. Na to se nije dao smesti, već isti uzorak pokazuje i prijatelju Arduinu. Arduino se odmah prisjetio da je sličan uzorak već vidio i da je taj uzorak također bio s područja Istre. Uzorak analizira te Turiniju daje zamah za pokretanje rudarskih radova i postrojenja na Minjeri. Već nakon

kraćeg vremena, Turini počinje s prvom eksploatacijom. Ona se sastojala od veće količine rude koja je u pet zaprežnih kola dopremljena na analizu u Kopar. Analiza materijala pokazala je da se radi o vrijednoj i bogatoj rudi alauna. Nakon pozitivnih i dobrih rezultata, Turini kreće u osnivanje tvornice za preradu rude.



Slika 6-5 *A-prostor oplemenjivačkog pogona; B-prostor tvornice; D-n(n=1-17)-područje ležišta (MARUŠIĆ et al.,1993)*

Traži pomoć Mletačke Republike koja mu odobrava obavljanje rudarskih radova. Mletačka Republika investira u njegov naum te mu daje svojevrsnu koncesiju (pravo na rudnik), no uz određene dekrete. Dobiva i subvenciju od Vijeća desetorice te Turini tako nailazi na prve poslovne partnere. Minjera je hranila oko 500 obitelji. Podatke o količini iskopane rude, financijskim rezultatima i proizvodnji Turini zanemaruje te nije poznato kolika količina rude se eksploatirala, dok je na znanstvenom i opisnom području bio vrlo precizan. Propašću Mletačke Republike počinju i problemi vezani uz rudarenje na području Minjere. Područje pada pod vlast Austrije te su Turini i ostali investitori primorani postupak koncesije pokrenuti iznova. Financijska moć je sve slabija, tvornica odlazi u stečaj, dodatni problem je i iznenadno ubojstvo zadnjeg voditelja tvornice, a rudarstvo se polako gasi sve do propasti 1863. godine.

Boksit je otkapavan jamskim putem. Površinski iskop koristio se za ležišta blizu površine. Ležišta su često bila izolirana, u nakupinama što je otežavalo rudarske radove zbog viška jalovine. Dubina im je bila mala, od 4 do 7,5 m te se uglavnom tragalo za površinskim ležištima. Ponekad bi samo ležište otkrile oborine ili bujični tokovi u kanjonu rijeke Mirne, tijekom kojih je dolazilo do urušavanja terena. Za izradu podzemnih kopova korišten je crni barut. Neki jamski prostori su zbog nestabilnosti krovine danas zarušeni, dok ima i onih koji su dobro očuvani (npr. D-14) (NEŽIĆ, 2015).

Ležišta jamskih otvora tek u narednim godinama pridobivaju veću poroznost. Najviše zbog stabilnosti pirita na zraku i većeg znanja o eksploatiranoj rudi. Dublje jame značile su i kvalitetniju rudu budući da boksit u takvim uvjetima nije bio direktno izložen hidrataciji i oksidaciji. Još jedna prednost jamske eksploatacije je bolja prozračnost i odvodnja rudnika (SAKAČ, 1995).

Rudarstvo na području Minjere najveći procvat doživjelo je krajem 18. i početkom 19. stoljeća. Kasnije godine donosile su sve više tereta i problema u proizvodnji sve do potpunog gašenja postrojenja 1863. godine.

6.2. Tehnologija i pogon za preradu

Od postrojenja i ostalih zgrada ostale su tek ruševine, pa se izgled postrojenja na Minjeri može jedino vidjeti u katastarskom planu općine Sovinjak (NEŽIĆ, 2015).

Prema katastarskom planu, Turiniju je pripadalo sedam zgrada (šest zgrada postrojenja i crkva). Svaka od tih šest zgrada imala je svoju funkciju.

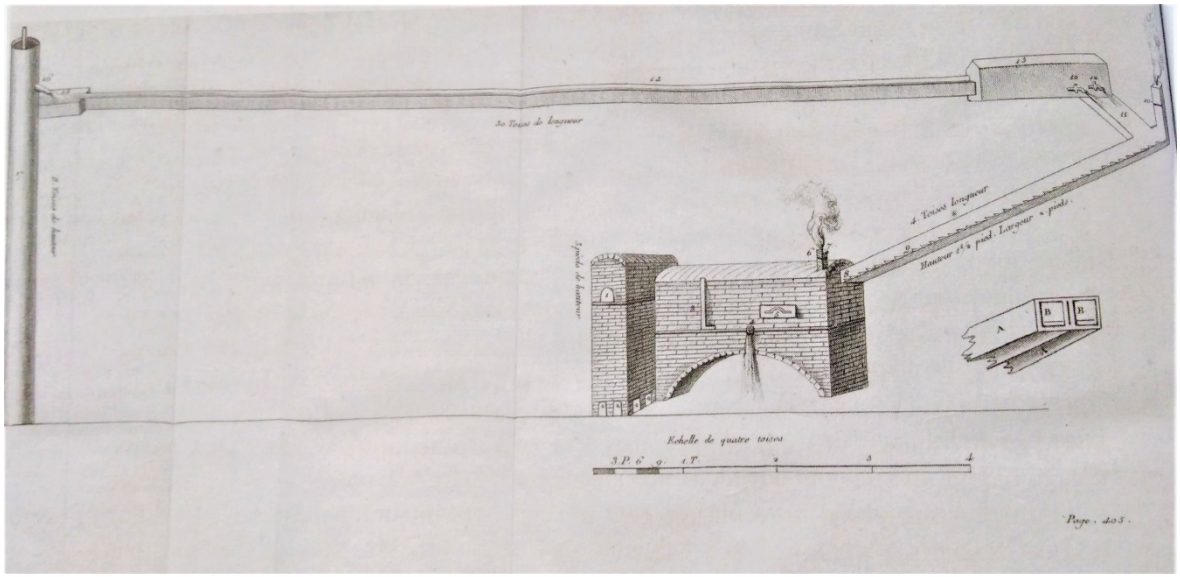
Vodenicom se koristila tvornica, a služila je za dovod vode iz rijeke s kojom se ruda konstantno polijevala. Ruda bi se razvukla u tanki sloj, dva puta dnevno bi se zalijevala vodom kako bi se iz rude otopile soli. Ta voda se skupljala i postupak se nakon određenog vremena ponovno ponavljao. Važno je naglasiti da je ovaj tip obrade rude primijenjen kod njenih samih početaka. Zamijenio je dotadašnje početno žarenje rude ispiranjem rude jer se žarenjem gubila vrijednost alauna.

Prostoriju u kojoj se ruda odlagala i izluživala vodom, Turini naziva ***nadstrešnica***. Bila je površine od 3.419 m^2. Pod te prostorije činila je smjesa nepropusne gline i dobro izluženog materijala, blagog nagiba kako bi se omogućilo istjecanje otopine, a bila je dobre prozračnosti. Ruda se dopremala u hrpama piramidalnog oblika, te se s određene visine

tankim cijevima konstantno polijevala. Tako je iz već spomenute vodenice voda stizala do postrojenja, prodirala u cijelu hrpu rude te sa sobom odnosila soli. Voda je otjecala u bazene i kade gdje bi se čekalo da postigne dostatnu koncentraciju za daljnju obradu. Ovaj pogon jedinstven je u tadašnjem svijetu jer Turini uvodi izolaciju rude od utjecaja vanjskih čimbenika. Koristi i sustav svojevrsnog vodovoda u postrojenju jer, kako piše u svojim radovima, ostali rudnici u Europi koje je obišao tijekom istraživanja za obradu rude koriste kišnicu što postupak čini težim i otopinu siromašnijom.

Nakon ispiranja rude, otopina se odvodila u ***zgradu s pećima*** za koncentraciju otopine. Turini ističe kako su te peći horizontalne, pravokutnog oblika i plamene što čini inovaciju u postupku obrade, jedinstvenim u tadašnjem svijetu (kasniji opis zidanih peći).

Veliku pažnju proizvodnji i izgledu postrojenja dao je i Giussepe Maria Socquet. Njegov osvrt na rad tvornice je najveći prikaz rada postrojenja rudnika Minjera. Prilikom izluživanja rude jedini spominje pumpe koje su služile za pražnjenje dubokih cisterni. Pumpe su bile načinjene od drvenih bačvi, vertikalno spuštene u cisternu s drvenim cilindrom, a na rubovima se nalazio ventil i klip. Prilikom vrtnje cilindra, povećavala se razina vode te se voda ponovno koristila kako bi na sljedećoj hrpi dobila što više na koncentraciji otopljenih soli. Ta voda se preko kanala dovodila na drugu stranu obale Mirne, tamo se prelijevala u drveni rezervoar pomoću hidrauličkog stroja. Zatim je otopina bila dopremljena do peći za isparavanje. U ovom stadiju opis peći je jednak Turinijevom opisu. Kroz tri sustava peći, otopina biva dovedena do sustava za hlađenje, a nakon hlađenja se u posebnim posudama počeo kristalizirati željezov sulfat.

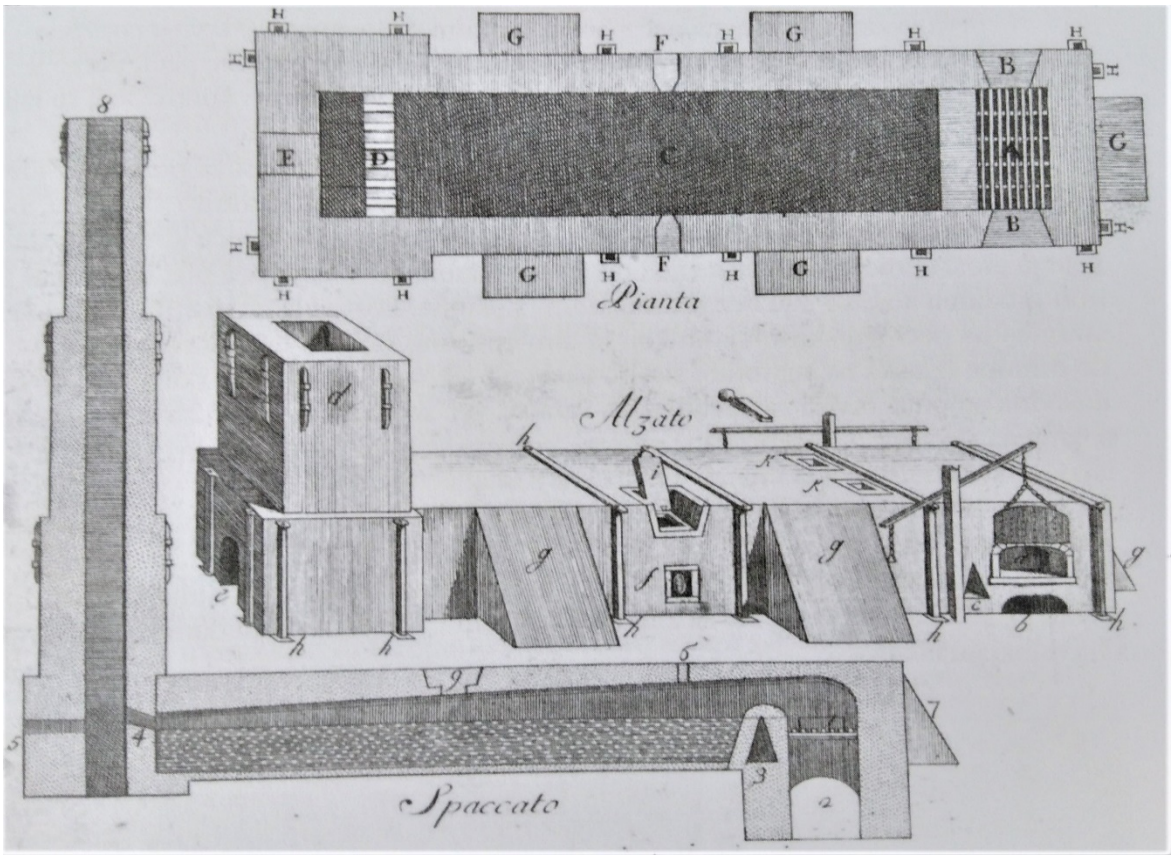


Slika 6-6 *Shematski prikaz procesa proizvodnje na Minjeri (NEŽIĆ, 2015)*

Na slici 6-6 je vidljiv shematski prikaz proizvodnje. S lijeve strane vidljiv je rezervoar s otopinom. Otopina se pomoću pumpi dopremala u mali spremnik koji se nalazio na početku velikog kanala koji vodi do glavnog rezervoara. U njemu otopina čeka na ulaz u peć. Pomoću jednog kraćeg i jednog većeg kanala sa stražnje strane peći, otopina je stigla u peć. Pomoću cijevi u obliku slova L kontrolirala se razina otopine, dok je ventil ispod cijevi izbacivao dovoljno isparenu otopinu. Na dnu peći nalazili su se otvori za dovod zraka pri gorenju te za čišćenje pepela, a iznad vrata peći za eventualne popravke.

Postupak je imao dva problema. Prvi, na koji su upozorili radnici, je stvaranje tankog filma na površini otopine. To je bio rezultat veće koncentracije otopine na vrhu gdje je dolazilo do kristalizacije. Drugi problem je bila gustoća otopine. Sa sve većom koncentracijom postajala je želatinasta te se ponovnim zagrijavanjem trebala rastopiti.

Za zagrijavanje peći koristila su se drva. Posebnim dekretom Mletačke Republike odobrena je sječa Motovunske šume za potrebe rudnika na Minjeri. Oko potrebne količine drva vodilo se mnogo prijepora, zamolba grofoviji i vlastima nadležnim za šumu.



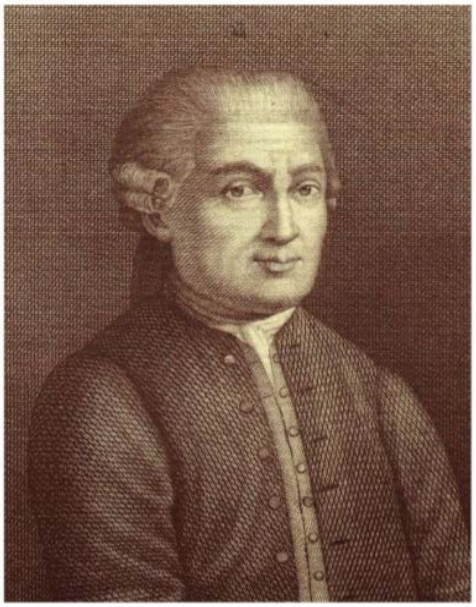
Slika 6-7 *Nacrt peći Giovannia Arduina (časopis Opuscoli scelti sulle scienze lettere ed arti (1791), preuzeto iz NEŽIĆ (2015))*

Uvođenjem zidanih peći (slika 6-7) u proizvodnju znatno je ubrzan proces prerade rude jer je vatra grijala stijenke peći. Sve do Arduinova izuma zidanih peći koristili su se olovni kotlovi koji su se lako deformirali i trošili pri velikim temperaturama. Peći su bile pravokutnog oblika, zidova građenih od velikih klesanih blokova. Ložište su činile željezne rešetke za što bolje zagrijavanje (slika 6-7, oznaka A), a s obje strane ložišta nalazili su se otvori za dovod drva (slika 6-7, oznaka B). U središtu peći nalazio se spremnik za otopinu (slika 6-7, oznaka C), a dim i pare izlazili su kroz dimnjak (slika 6-7, oznaka D). Na kraju peći nalazila su se vrata za čišćenje dimnjaka koja su tijekom procesa zagrijavanja obavezno bila zatvorena (slika 6-7, oznaka E). Otopine velike koncentracije su odvođene posebnim slavinama u postrojenja za hlađenje (slika 6-7, oznaka F). Na slici se još može vidjeti stabilizatore peći (slika 6-7, oznaka G) te željezne šipke koji su peć činili otpornijom i čvršćom. Otopina je uporabom ovih peći bivala s manje nečistoća te se alaun dobivao u lijepim kristalima. U pogonu je sveukupno izrađeno četiri ovakve peći, dvije veće i dvije manje.

Nakon svih uvedenih noviteta, Turini preradu rude na Minjeri dijeli u pet faza: (1) odlaganje rude; (2) izluživanje rude; (3) koncentracija otopine; (4) kristalizacija alauna; i (5) čišćenje alauna od primjesa i nečistoća.

6.3. Važne ličnosti

Najznačajniji doprinos razvoju, procesu i mehanizmu prerade daje talijanski profesor matematike, kemije i metalurgije Giovanni Arduino (slika 6-8). Rodio se u talijanskom gradu Caprino Veronese 16. listopada 1714. godine. Zbog zasluga u polju geologije naziva se i ocem talijanske geologije. Na Minjeri fizički nikada nije bio, već je po vrlo dobroj prijateljskoj vezi s Pietrom Turinijem unaprijedio rad njegove tvornice. (NEŽIĆ, 2015.)



Slika 6-8 *Portet Giovannia Arduina (knjižnica muzeja Correo u Veneciji, preuzeto iz GIBBARD (2019))*

Tijekom mladosti je pokazivao veliku zainteresiranost za rudarstvo, a najznačajnije njegovo djelovanje ističe se definiranjem četiri glavna geološka sloja: primarni (načinjen od pješčenjaka i konglomerata), sekundarni (načinjen od vapnenaca bogatih fosilnim sadržajem i mramora), tercijarni (načinjen od vrlo subduciranih primarnih i sekundarnih slojeva konglomerata, pješčenjaka i vapnenaca bogatih ostacima školjaka i marinskim organizmima) i kvartarni (nastali od sva tri sloja djelovanjem procesa erozije i riječnih tokova stvaranjem aluvija). Dalje navodi kako se četiri glavna dijele u mnoge manje slojeve, na što su ga upućivali brojni fosili i mineralni sadržaj stijena (GIBBARD, 2019).

Utvrdio je i kako mramori nastaju metamorfozom vapnenaca. Svoja zapažanja temelji na promatranju prostora sjeverne Italije. Osim za stratigrafsko i mineraloško područje, zaslužan je i za mnoga unapređenja i inovacije na polju rudarstva. Umro je u Veneciji 21. ožujka 1795. godine (GIBBARD, 2019).

O Pietru Turiniju malo se zna. Ističe se tek kako je bio poručnik Mletačke vojske te je u Istru došao zbog kartiranja motovunske šume. Nije poznat datum rođenja ni smrti, osim da dolazi iz Venecije (NEŽIĆ, 2015). Važna je osoba za Minjeru jer da nije bilo njega, vjerojatno ne bi bilo ni takve proizvodnje i prerađivačke djelatnosti pod Sovinjakom.

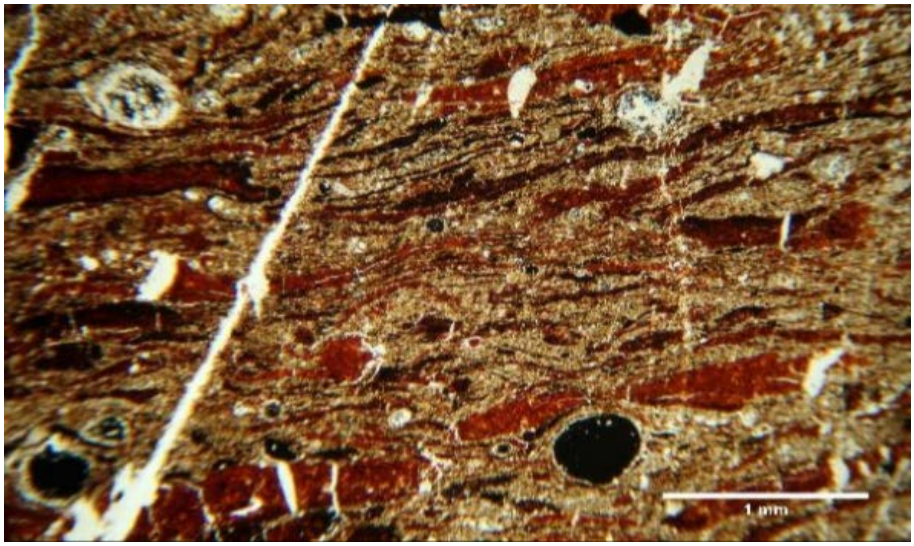
Prema NEŽIĆ (2015) Giussepe Maria Socquet rodio se u Francuskoj, u mjestu Megeve 1771. godine. Bavio se kemijom i mineralogijom te predaje u Lyonu, Parizu, a u Torinu je

završio studij farmacije. Kratko vrijeme predaje i u Veneciji te je tijekom tog razdoblja posjetio i Minjeru, kako se navodi u knjizi, 10. rujna 1798. godine. Umro je u Torinu 1839. godine.

7. GEOLOŠKA BAŠTINA

Kao što je već rečeno, glavna ruda za eksploataciju bio je piritizirani boksit. Pretpostavlja se da je piritizirani boksit nastao iz dvije moguće faze. U prvoj, kraćoj fazi ovaj boksit nastaje zbog močvarne sredine, koja je prekrila slojeve crvenog boksita, posredstvom reduktivnog okoliša tijekom razgradnje močvarnog bilja i organizama. Tako je u najvišem djelu ležišta došlo do redukcije željeza iz hematita. Trovalentno željezo prešlo je u dvovalentno i vezalo se sa sumporom organskog podrijetla koje je nastalo tijekom raspada organske tvari. Takve pojave dovele su do stvaranja sitnozrnastog i mikrokristalastog pirita koji je dominantno crvenu boju boksita izmijenio u crnu. Ova faza zahvatila je samo tanki gornji sloj ležišta (ŠINKOVEC et al., 1994).

U drugoj fazi, u izmijenjenim uvjetima kada je krovina već poprimila nove oblike, piritizacija tone sve dublje. Cirkulacija porne vode biva usporena, što utječe i na tijek piritizacije boksita. Sulfidni ioni difuzivno djeluju na boksit te dolazi do redukcije željeza iz hematita. Sulfidni ioni vezanjem s hematitom dovode do stvaranja sulfida. Ova faza može zahvatiti cijelo ležište te pirit biva krupniji i vidljiv golim okom. Upravo je lokalitet Minjera primjer piritizacije cijelog ležišta (ŠINKOVEC et al., 1994).



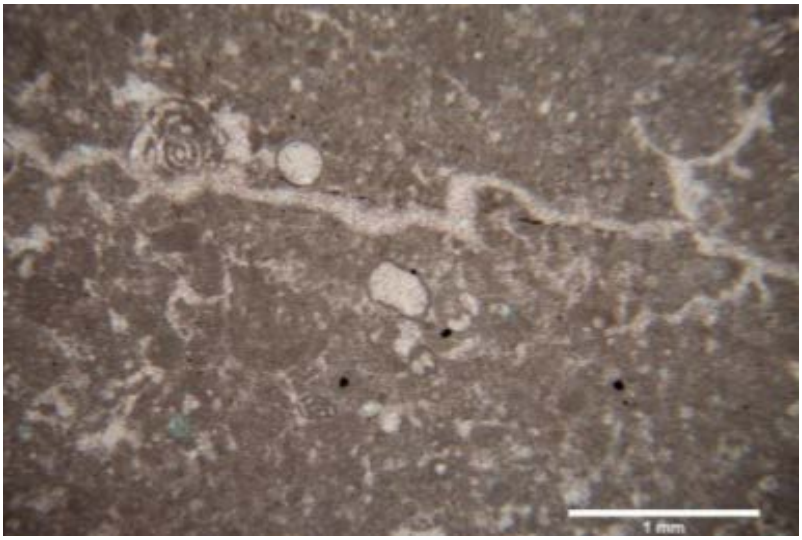
Slika 7-1 *Uzorak piritiziranog boksita iz rudnika D-15*

(PETOHLEB, 2019)

Uzorke boksita te njegove podine i krovine iz ležišta D-15 u okviru diplomskog rada obradila je Lea Petohleb.

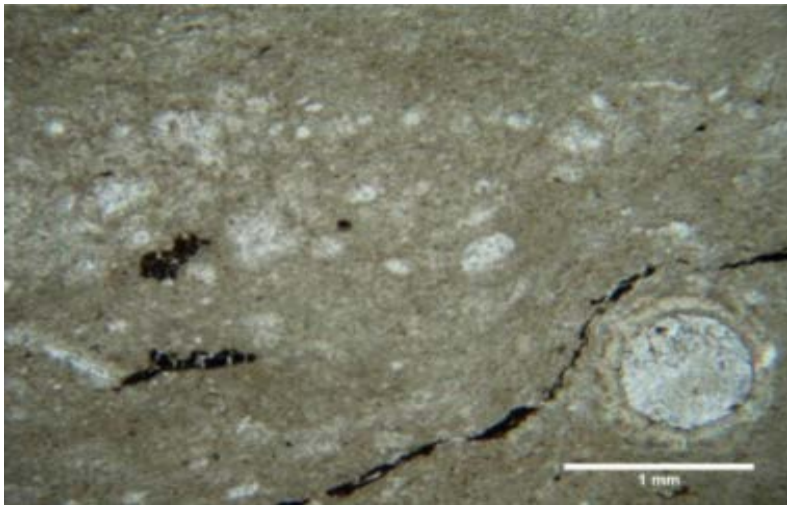
Na slici 7-1 vidljiv je mikroskopski uzorak boksita iz rudnika D-15. Pirit je pretežito oolitičan (okruglasta tvorevina crnog ispuna) te je uočena laminacija (izražena valovitost u uzorku).

U podini ležišta nalazi se rudistni vapnenac. Osim rudista još se javljaju foraminifere i zelene alge te djelomična rekristalizacija (slika 7-2) (PETOHLEB, 2019).



Slika 7-2 *Mikrofotografija rudistnog vapnenca podine s foraminiferom (PETOHLEB, 2019.)*

U krovini se nalaze vapnenci koji su fino laminirani uz brojne pojave fosila. Na uzorcima krovine nađeni su gastropodi i ostrakodi koji govore da su te naslage nastale u vodenim uvjetima. Još su nađeni i fragmenti školjaka i bivalve (slika 7-3).



Slika 7-3 *Mikrofotografija vapnenca krovine sa zelenom algom (dolje desno) (PETOHLEB, 2019.)*

8. ZAKLJUČAK

Sovinjak, malo mjesto u sjevernom djelu Istre, nalazi se na brdu koji gleda na dolinu Mirne. Poznat je po bogatoj rudarskoj i istraživačkoj povijesti. U podnožju brda, u dolini rijeke Mirne, nalazi se povijesni rudnik piritiziranog boksita Minjera.

Kroz istaknute činjenice i dostupnu literaturu, o Minjeri kao bivšem rudniku koji je život značio za stanovništvo Sovinjaka i Buzeštine zna se mnogo. Međutim, potencijal i vrijednost njegove bogate povijesti široj javnosti nije poznat. Stoga se u okviru ovog rada istaknula njegova rudarska i geološka baština kroz prošlost.

Boksit predstavlja sedimentnu stijenu načinjenu od aluminijevih hidroksida te mineralnu, metalnu i nemetalnu sirovinu. Glavna je ruda aluminija, dok se na području Minjere od njega dobivao alaun, vitriol, sumporna kiselina i u manjoj mjeri berlinsko modrilo.

Rudarsku baštinu ovog lokaliteta čini bogata povijest rudarenja. Ona seže u 16. stoljeće, a najveći zamah dobiva u 18. i početkom 19. stoljeća. Najznačajnija činjenica jest da je boksit Minjere prvi eksploatirani boksit u svijetu, te da je Turinijev opis boksita koji je načinjen na uzorcima iz Minjere prvi znanstveni opis boksita u svijetu. Ove činjenice predstavljaju rudnik Minjera kao pravi primjer rudarske baštine ne samo Hrvatske nego i svijeta.

Geološku baštinu Minjere čini sam boksit koji je dominantno piritizirani. Njegovo obogaćenje piritom nastalo je djelovanjem otapanja minerala hematita koji je u asocijaciji s sulfidnim ionima doveo do stvaranja mineralizacije sulfida. Podinu ležišta Minjera čine gornjokredni vapnenci bogati fosilima, dok se u krovini nalaze kozina naslage.

U novije vrijeme, sa znanstvenog stajališta prepoznata je bogata povijest i vrijednost ovog rudnika pa je pokrenuta inicijativa proglašenja ovog rudnika posebnim dobrom te ga se želi staviti pod zakonsku zaštitu. Nova, detaljna istraživanja modernim tehnologijama zasigurno bi pridonijela još većim saznanjima o ovom lokalitetu. Zakonska zaštita, upoznavanje pučanstva Istre i Hrvatske o Minjeri, uređenje starih zapuštenih postrojenja i približna rekonstrukcija procesa obrade rude zasigurno bi upotpunila turističku ponudu Istre.

9. LITERATURA

DROBNE, K., 1977. *Alveolines Paleogenes de la Slovenie et de l'Istrie.* – Mem. Suiss. Paleont., 99, 175 str.

GIBBARD, P.L., 2019. *Giovanni Arduino-the men who invented the Quaternary*, Quaternary International, 500, 11-19.

HGI, 2013. *Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama Istarske županije*, 49-236.

MARKOVIĆ, S., (2002) *Hrvatske mineralne sirovine*- Institut za geološka istraživanja Zagreb, 14-17 str.

MARUŠIĆ, R.,SAKAČ, K., VUJEC, S., 1993. *Četiri stoljeća rudarstva boksita*, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 5, 15-20.

MILEUSNIĆ, M., MARIČIĆ, A., HRUŠKOVA-HASAN, M., 2019. *Croatian geological heritage related to historical mining and quarrying.* European Geologist Journal, Special issue 48 - *Geological heritage in Europe*, 5-9.

NEŽIĆ, M., 2015. *Minjera-pregled rudarske i prerađivačke djelatnosti podno Sovinjaka,* Buzet, Izdavačko poduzeće reprezent d.o.o. Račice i Katedra čakavskog sabora Buzet, 160 str.

PETOHLEB, L., 2019. *Mineraloške,petrološke i geokemijske značajke boksita iz ležišta ″Minjera″ kod Buzeta*, diplomski rad, Zagreb. Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, 93 str.

PISAK, A., 2008. *Minjera-prvi rudnik boksita u svijetu*, Buzetski list, 3, 14-15.

PLENIČAR, M., POLŠAK, A. & ŠIKIĆ, D. 1969. Osnovna geološka karta SFRJ, M 1:100.000, list TRST, Savezni geološki zavod, Beograd

PLENIČAR, M., POLŠAK, A. & ŠIKIĆ, D., 1973. Tumač za list Trst OGK SFRJ, M 1:100.000 Savezni geološki zavod, Beograd, 65 str.

SLOVENEC, D., 2002. Sistematska mineralogija- skripta, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, str. 50-62.

ŠINKOVEC, B., SAKAČ, K., DURN, G., 1994. *Pirityzed Bauxites from Minjera, Istria, Croatia*, Natura Croatica, 3/1, 41-65.

VLAHOVIĆ,I., TIBLJAŠ,D., DURN,G., 2006. 3rd Mid-European Clay Conference- MECC 06, Field trip guidebook, str. 3-33

Narodne novine (70/2005). Zakon o zaštiti prirode (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_06_70_1370.html)

UNESCO, Konvencija o zaštiti svjetske kulturne i prirodne baštine 1972. (zakon od strane Vlade RH https://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/full/2005_06_5_47.html)

Web poveznice:

Brittanica: Alum-chemical compound, *URL:* https://www.britannica.com/science/alum

DURN, G.; MILEUSNIĆ, M., 2020. Bauxite - Croatian national ″mineral″ (poster) *URL:* https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A1205/datastream/FILE0/view (7.9.2020.)

Geocaching:Minjera photos (2012) URL: https://www.geocaching.com/geocache/GC3RDZQ_mine-of-minjera?guid=ea7a170a-29de-40b2-96ad-c27c51ac1668 (13.8.2020.)

Geoprojekt d.d., Proizvodnja kamenih granulata i dekorativnog kamena, *URL: http://www.geoprojekt.com/proizvodnja-kamenih-granulata-i-dekorativnog-kamena/* (7.9.2020.)

Google: Google Maps (2020) : Minjera-rudnik boksita, *URL*: https://www.google.hr/maps/place/Minjera-Bauxite+Mines/@45.3877138,13.9312437,15.18z/data=!4m5!3m4!1s0x477b598ceae4d1ab:0x27d0261dd38881e9!8m2!3d45.3855337!4d13.926734?hl=hr (7.9.2020.)

Grad Labin, Aktivna zaštita i valorizacija prirodne i kulturne baštine rudnika i rudarstva za razvoj održivog turizma, *URL: http://www.labin.hr/aktivna-zastita-i-valorizacija-prirodne-i-kulturne-bastine-rudnika-i-rudarstva-za-razvoj-odrzivog-turizma*

HRUŠKOVA-HASAN, M., MILEUSNIĆ, M.; MARIČIĆ, A. 2020. Geological and mining heritage : Croatian historical mining sites (poster) *URL:* https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A1206/datastream/FILE0/view (7.9.2020.)

Hrvatska enciklopedija, Svjetska prirodna i kulturna baština, *URL:* https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=59130 (7.9.2020.)

Hrvatski jezični portal, baština, *URL:* http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search (5.9.2020.)

Istramet, Klima u Istri, *URL:* https://www.istramet.hr/klima-u-istri/ (13.8.2020.)

Istrapedia, Fauna, *URL*: https://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/3016/fauna (13.8.2020.)

Istrapedia, Tlo Istre, *URL*: (13.8.2020.)

MineHeritage projekt, Historical mining (2020) URL: https://mineheritage.appspot.com/

MineHeritage, Historical mining (2019); MineHeritage hrvatski *URL:* http://31.147.204.92/images/Projekti/Mine_Heritage_Projekt_hrv1.pdf (5.9.2020.)

Ministarstvo zaštite okološa i energetike, Zaštićena geobaština RH, *URL:* http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/georaznolikost/geobastina/zasticena (5.9.2020.)

Ministrastvo kulture i medija, Kulturna baština, *URL:* https://min-kulture.gov.hr/?id=349&pregled=1&datum=Wed%20Jan%2023%202019%2017:02:19%20GMT+0100%20(srednjoeuropsko%20standardno%20vrijeme) (7.9. 2020.)

KLASA: 602-04/20-01/105
URBROJ: 251-70-13-20-2
U Zagrebu, 28.04.2020.

Ivan Ruškač, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/105, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 28.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

RUDARSKA I GEOLOŠKA BAŠTINA SOVINJAKA

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

Voditelj

(potpis)

Prof. dr. sc. Marta Mileusnić

(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)