

Geoturistički potencijal odabranih podzemnih objekata u okolici Zagreba

Štiberc, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:270451>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Karla Štiberc

**GEOTURISTIČKI POTENCIJAL ODABRANIH
PODZEMNIH OBJEKATA U OKOLICI
ZAGREBA**

Seminar III
Preddiplomski studij geologije

Mentor:
doc.dr.sc. Karmen Fio Firi

Zagreb, 2021.godina.

Zahvale:

doc. dr. sc. Karmen Fio Firi na mentorstvu, pomoći oko odabira teme, pratnji pri terenskim obilascima, poticanju na nove spoznaje te na uloženom vremenu, trudu i razumijevanju,

djelatnicima Javne Ustanove „Park prirode Medvednica“ na informacijama o špilji Veternici i rudniku Zrinski te na ustupljenim uzorcima,

obitelji Grgos na vodstvu u Grgosovoj špilji te ustupljenim uzorcima,

Josipu Lebegneru na vodstvu u rudniku sveta Barbara te ustupljenim uzorcima,

tehničarima Dejanu Vončini i Željku Ištuku na pomoći i savjetima pri izradi mikroskopskih preparata,

prof. dr. sc. Nenadu Tomašiću na pomoći pri odredbi minerala u reflektiranoj svjetlosti,

svim profesorima i kolegama,

roditeljima i prijateljima.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Seminar III

GEOTURISTIČKI POTENCIJAL ODABRANIH PODZEMNIH OBJEKATA U OKOLICI ZAGREBA

Karla Štiberc

Rad je izrađen: Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Sažetak: U okolini grada Zagreba postoji nekoliko turistički uređenih podzemnih objekata. U ovom su radu opisani trenutna geoturistička ponuda i geološke karakteristike špilje Veternice i rudnika Zrinski na području Parka Prirode Medvednica te Grgosove špilje i Rudnika sveta Barbara na području Samoborskog gorja. Napravljena je mikroskopska analiza reprezentativnih uzoraka stijena s odabраних lokaliteta te su opisani njihov sastav i karakteristike s ciljem da rezultati dobiveni ovim radom postanu dodatan sadržaj geoturističke ponude. Stijene unutar kojih su formirane obje špilje uglavnom su vapnenci miocenske starosti taloženi u plitkom moru te su bogati mikrofosilima iz skupina crvenih algi, foraminifera, mahovnjaka i ježinaca. Mineralizacija na području rudnika Zrinski koji se nalazi u dolomitima pripada *Mississippi Valley* tipu, a u okolini rudnika nalaze se zeleni škriljavci. Mineralizacija na području rudnika sveta Barbara ima karakteristike *stratabound* i SEDEX mineralizacije, a najčešći rudni minerali su siderit, hematit, halkopirit, barit, galenit, gips i drugi. Na kraju rada nalaze se skice potencijalnih edukativnih tabli za svaki od istraživanih objekata.

Ključne riječi: geoturizam, podzemni objekti, Zagreb, fotomikrografije, proširenje ponude

Rad sadrži: IV + 48 stranica, 34 slike, 22 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Mentor: doc. dr. sc. Karmen Fio Firi

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Karmen Fio Firi

prof. dr. sc. Jasenka Sremac

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Datum završnog ispita: 23. rujna 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

GEOTOURISTIC POTENTIAL OF SELECTED UNDERGROUND OBJECTS IN THE VICINITY OF ZAGREB

Karla Štiberc

Thesis completed in: Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia.

Abstract: In the vicinity of Zagreb, there are several tourist visitor-friendly underground objects. This thesis describes the current geotourist offer and geological characteristics of the Veternica cave and the Zrinski mine of the Nature Park Medvednica and the Grgos cave and the Saint Barbara mine of the Samobor Mountains. The microscopic analysis of representative rock samples from selected localities was performed and their composition and characteristics were described with the aim of making the results obtained by this work an additional content of the geotourism offer. The rocks within both of the caves were formed are mostly Miocene limestones deposited in a shallow sea and are rich in microfossils of the following groups: red algae, foraminifera, bryozoa and sea urchins. The mineralization in the area of the Zrinski mine is of the *Mississippi Valley*-type, and in the vicinity of the mine, there is a greenschist. Mineralization in the Saint Barbara mine area has the characteristics of *stratabound* and SEDEX mineralization and its most common ore minerals are siderite, hematite, chalcopyrite, barite, galena, gypsum and others. Potential educational boards for each of the researched objects can be found at the end of the thesis.

Keywords: geotourism, underground objects, Zagreb, photomicrographs, expansion of offer

Seminar contains: IV + 48 pages, 34 figures, 22 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central geological library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia.

Supervisor: Karmen Fio Firi, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Karmen Fio Firi, PhD, Assistant Professor

Jasenska Sremac, PhD, Full Professor

Nenad Tomašić, PhD, Full Professor

Date of the final exam: 23 September 2021

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Teorijska osnova.....	2
2.1.	Geoturizam i podzemni objekti.....	2
2.2.	Geoturistički potencijal s obzirom na geografski smještaj odabranih objekata	4
2.3.	Pregled geološke građe	5
3.	Materijali i metode istraživanja	8
4.	Špilja Veternica	10
4.1.	Geološke karakteristike	10
4.2.	Geoturistička ponuda	12
5.	Rudnik Zrinski.....	14
5.1.	Geološke karakteristike	14
5.2.	Geoturistička ponuda	15
6.	Grgosova špilja.....	18
6.1.	Geološke karakteristike	18
6.2.	Geoturistička ponuda	20
7.	Rudnik sveta Barbara.....	21
7.1.	Geološke karakteristike	21
7.2.	Geoturistička ponuda	23
8.	Rezultati i rasprava o provedenim analizama.....	25
8.1.	Špilja Veternica	25
8.2.	Rudnik Zrinski.....	28
8.3.	Grgosova špilja	31
8.4.	Rudnik sveta Barbara	33
9.	Rasprava.....	36
10.	Prijedlog dodatne geoturističke ponude	39
11.	Zaključak.....	44
12.	Literatura.....	45
13.	Popis slika	47

1. Uvod

Intenzivan razvoj turizma u posljednjih nekoliko desetljeća potaknuo je i njegovu podjelu na specifične oblike među kojima je i geoturizam. BUNTIĆ (2020) navodi da je geoturizam oblik turizma koji se temelji na geološkim i geomorfološkim sadržajima, te se njegovi temeljni koncepti usredotočuju na geologiju kao temelj održivosti. Hrvatska je zemlja s velikim prirodnim bogatstvima i geološkom raznolikosti što ju čini idealnom za razvoj ovog oblika turizma, posebno u današnje vrijeme kada turističko tržište postaje sve atraktivnije i raznolikije. Prema Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, u Hrvatskoj je zaštićeno osam nacionalnih parkova i 12 parkova prirode koji se obilaze turistički (mrežni izvor 5). Uređeno je i nekoliko geoparkova među kojima je najistaknutiji Geopark Papuk, član europske mreže geoparkova te član UNESCO-ve svjetske mreže geoparkova (mrežni izvor 6).

Zagreb kao glavni grad Republike Hrvatske nudi mnoštvo različitih turističkih sadržaja. Geoturistički potencijal slabije je zastupljen unatoč činjenici da na području grada i u njegovoj okolini možemo naći mnogobrojne zanimljive lokalitete, kao što su špilje, jame, napušteni rudnici i slično. U ovom će radu biti opisana postojeća geoturistička ponuda četiri podzemna lokaliteta u okolini Zagreba. To su špilja Veternica i rudnik Zrinski na području Parka prirode Medvednica te Grgosova špilja i Rudnik sveta Barbara na području Samoborskog gorja. Obje izabrane špilje geomorfološki su spomenici prirode, a rudnici su primjeri prikaza rudarske geobaštine koja ujedinjuje prirodne, kulturne i gospodarske aspekte određenog prostora i zajednice te su jedini turistički uređeni i otvoreni rudnici u Hrvatskoj.

Cilj geoturizma je popularizirati, ali i očuvati prirodnu i kulturnu baštinu. U ovom će radu stoga biti prikazane geološke karakteristike i starost navedenih lokaliteta, a geoturističku ponudu proširit ćemo informacijama o samim stijinama. Na svakom od lokaliteta uzeti su uzorci za analizu i određivanje tipa naslaga, te su dobiveni rezultati interpretirani na način da mogu poslužiti kao dodatni sadržaj geoturističke ponude odabranih lokaliteta usmjeren na geološke karakteristike područja u svrhu promidžbe geologije i georaznolikosti. Na kraju rada daje se prijedlog nove geoturističke ponude u obliku edukativnih ploča s informacijama o samom sastavu stijena.

2. Teorijska osnova

2.1. Geoturizam i podzemni objekti

Turizam je gospodarska grana koja, ukoliko je održivo i prikladno organizirana, za državu može biti vrlo unosna. Turizam obuhvaća putovanje ljudi u svrhu njihove rekreacije, odmora ili posla, ali na kraće vremensko razdoblje. Prema Svjetskoj turističkoj organizaciji (*World Tourism Organization – UNWTO*) turisti su ljudi koji putuju i odsjedaju u mjestima izvan uobičajenog mjesta na razdoblje ne dulje od jedne godine u svrhu zabave, posla ili drugih razloga (mrežni izvor 1). U posljednjih nekoliko desetljeća turizam se podijelio na brojne specijalizirane oblike koji privlače unaprijed ciljane skupine ljudi sa sličnim interesima, potrebama i željama. Geoturizam je oblik turizma čiji je temelj na geološkim i geomorfološkim sadržajima, a glavni motivi su mu geobaština, georaznolikost, zaštita ugroženih objekata, očuvanje prirode te edukacija.

Prema NEWSOME i DOWLING (2010):

„Geoturizam je oblik prirodnog turizma usmjeren na geologiju i prirodni krajolik. Promiče turistički posjet geolokalitetima i zaštitu georaznolikosti, kao i razumijevanje geoznosti kroz edukaciju. To se postiže posjetama pojedinaca geološkim zanimljivostima, upotrebom geostaza i panoramskih točaka, grupnim obilascima, raznim geoaktivnostima, te obilaskom centara za posjetitelje pojedinih geolokaliteta.“

Geoturizam objedinjuje odgovornost za okoliš, promociju i očuvanje kulturne baštine te sve geografske karakteristike područja. STOJANOVIĆ (2011) objašnjava da je geoturizam relativno novi oblik turizma te da je on blizak samom ekoturizmu. Ekoturizam podrazumijeva posjet većinom zaštićenim i osjetljivim područjima na kojima je cilj turiste educirati o ugroženosti područja i načinima zaštite. Također je blizak kulturnom turizmu, a vrlo često prelazi i u avanturizam. Kako bi se održala popularnost geolokaliteta ili povećala posjećenost potrebno je kontinuirano ulaganje te proširivanje ponude kao i održavanje prilaznih puteva do lokaliteta te popratni sadržaji (muzej, suvenirnica, restoran, parkiralište i sl.). Sve je to nužno i za održivost turizma te za pozitivan turistički doživljaj. Karakteristike održivog geoturizma su njegova utemeljenost na geologiji, prikladan obrazovni program te zadovoljstvo posjetitelja koje doprinosi lokalnoj zajednici kako u ekonomskom smislu, tako i u vidu edukacije ljudi i zaštite lokaliteta. Doživljaj geoloških

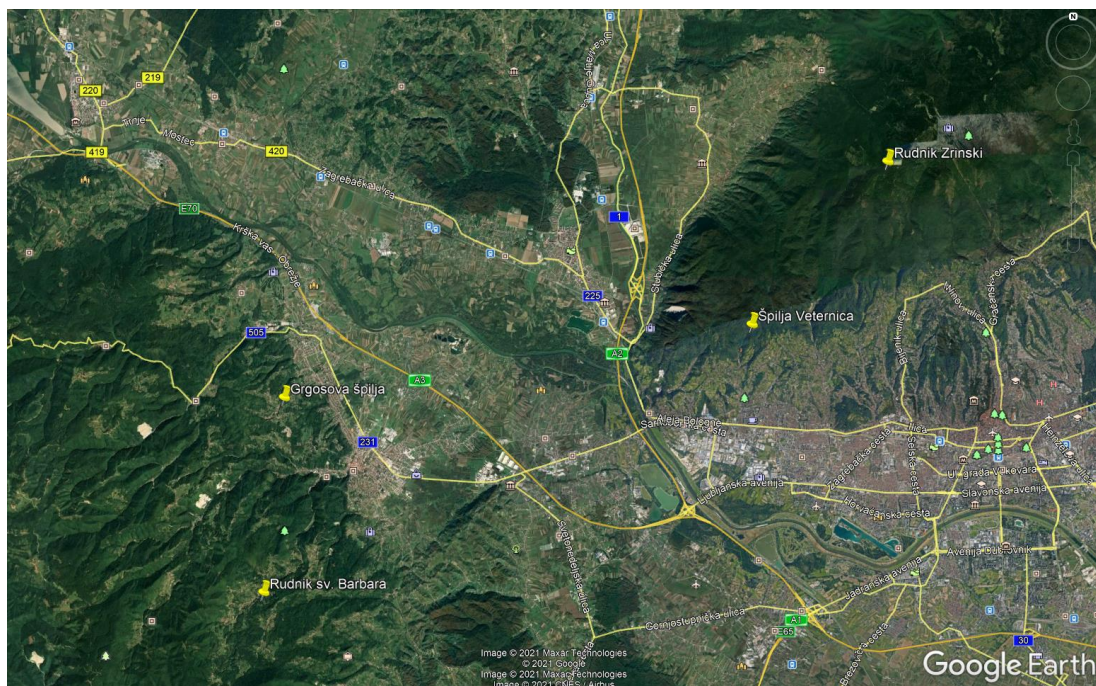
sadržaja trebao bi biti takav da u turistima, uz zabavni i edukativni aspekt, pobudi i ekološko poštovanje.

Prilikom geoturističkih obilazaka podzemnih objekata nužno je osigurati prikladno vodstvo koje će posjetiteljima prenijeti važne informacije te upozoriti na radnje koje bi mogle negativno djelovati na građu i uvjete podzemlja. Poznati su brojni primjeri podzemnih geolokaliteta, posebno špilja koje su relativno lako prohodne te su bile dostupne samostalnom ulasku ljudi, a većina ih je upravo zbog toga i devastirana. Uređenje podzemnih objekata za turističke posjete također je vrlo osjetljiva tema. Samo postavljanje ograde na ulaze u objekte može stvoriti probleme. Ograda na ulazu trebala bi biti takva da omogućava prirodan protok zraka i prolaz životinja, ali i da onemogućava ulaz čovjeka bez pratnje vodiča. TALAJA (2019) je naglasila da je na primjeru speleoloških objekata proces njegova pronalaska i istraživanja detaljno reguliran zakonom, ali ne postoje zakonom propisane smjernice koje reguliraju način njegova uređenja.

Prilikom turističkih posjećivanja podzemnih geolokaliteta najvažnije je održati sigurnosti posjetitelja i osigurati osnovne mjere zaštite kao što su staze, rukohvati i evakuacijski putevi. Nužno je adekvatno organizirati i radno vrijeme što podrazumijeva na primjer zabranu obilazaka u vrijeme hibernacije šišmiša, utvrditi prihvatni turistički kapacitet u vremenu kako bi se održali mikroklimatski uvjeti karakteristični za podzemlje te kontinuirano pratiti okolišne parametre od vlažnosti, koncentracije radona u podzemlju, koncentracije ugljikovog dioksida i sličnog. Uz kontinuirani monitoring okoliša, za održivost geoturizma potrebno je obnavljati turističke staze (u objektima i na prilaznim putevima) te voditi brigu o osvjetljenju. Osvjetljenje treba osigurati dobru vidljivost, ali postavljene žarulje ne smiju zagrijavati podzemlje kako se ne bi narušila prirodna mikroklima. Program samog turističkog obilaska trebao bi biti osmišljen tako da bude zanimljiv, sažet i edukativan, a da se može što bolje prilagoditi svim uzrastima.

2.2. Geoturistički potencijal s obzirom na geografski smještaj odabranih objekata

U posljednje vrijeme sve su učestaliji kraći turistički posjeti u obliku jednodnevnih izleta nedaleko od mjesta stanovanja, a lokaliteti obrađeni u ovom radu (slika 1) idealni su za takav tip posjete zbog blizine većih gradova i dobre prometne povezanosti.



Slika 1: Prikaz područja zapadnog dijela grada Zagreba i dijela Medvednice s označenom špiljom Veternicom i rudnikom Zrinski te područja Samoborskog gorja s označenim lokacijama Grgosove špilje i rudnika sveta Barbara

Špilja Veternica i rudnik Zrinski nalaze se na području grada Zagreba u Parku Prirode Medvednica, a do njih se prilazi asfaltiranom cestom uz šetnju kraćim dijelovima planinarskih staza od parkirališta do samih objekata. Grgosova špilja i Rudnik sveta Barbara udaljeni su oko pet kilometara od centra Samobora s kojim su povezani asfaltiranim dvosmjernim cestama. Samobor je grad u kojem živi nešto više od 37 000 stanovnika, a 30 kilometara je udaljen od Zagreba u kojem živi skoro milijun stanovnika te kroz njega godišnje prolazi sve više i više turista.

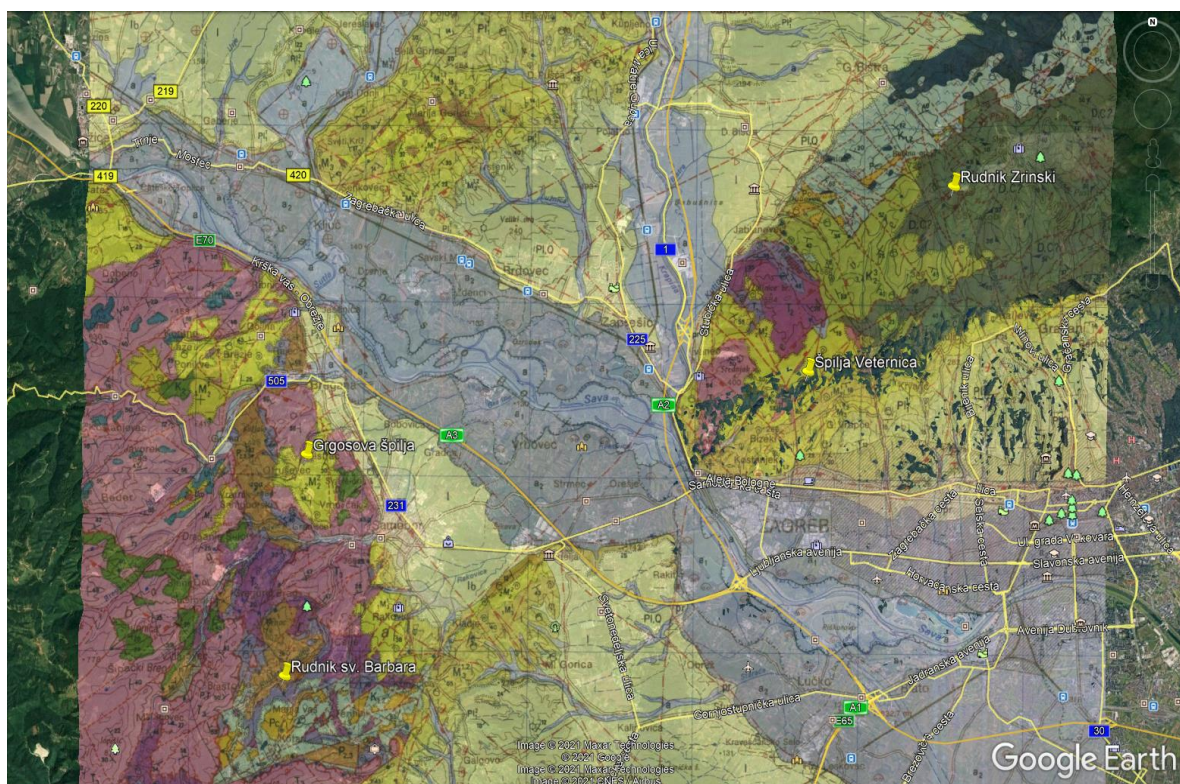
Špilja Veternica smještena je na zapadnom rubu grada Zagreba, unutar granica Parka Prirode Medvednica na nešto više od 300 metara nadmorske visine, a ulaz u špilju nalazi se na 45°50'26,48" sjeverne geografske širine i 15°52'25,93" istočne geografske

dužine. Do špilje Veternice ne može se doći automobilom te je potrebno hodati kraćim dijelom planinarske staze, a u blizini se nalazi planinarski dom Glavica. Rudnik Zrinski smješten je unutar Parka Prirode Medvednica, jugozapadno od vrha Sljeme na nešto više od 800 metara nadmorske visine u blizini planinarskog doma Grafičar gdje se može ostaviti automobil. Nalazi se na $45^{\circ}53'12,45''$ sjeverne geografske širine i $15^{\circ}55'41,39''$ istočne geografske dužine.

Grgosova špilja smještena je na ulazu u mjesto Otruševac, sjeverozapadno od Samobora na $45^{\circ}49'7,9''$ sjeverne geografske širine i $15^{\circ}40'42,26''$ istočne geografske dužine. Otruševac je malo naselje u Zagrebačkoj županiji u kojem živi oko 300 stanovnika, a okruženo je šumom i vinogradima. Grgosova špilja jedna je od točaka poučne staze Otruševac. Preko puta ulaza u špilju nalazi se restoran, a do samog ulaza dolazi se asfaltiranom cestom. Rudnik sveta Barbara nalazi se naselju Rude na $45^{\circ}45'47,43''$ sjeverne geografske širine i $15^{\circ}40'17,35''$ istočne geografske dužine, na obroncima Samoborskog i Žumberačkog gorja. U Rudama živi oko 1300 stanovnika, a nešto manje od pet kilometara sjeveroistočno od Ruda smješten je grad Samobor. Do ulaza u rudnik može se doći automobilom ili pješice uz obilazak poučnih i planinarskih staza.

2.3. Pregled geološke građe

Preklapanjem *Google Earth* karte s označenim lokacijama istraživanja i Osnovne geološke karte list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) dobivene su orijentacijske informacije o geologiji na kasnije istraživanim lokalitetima (slika 2). Na prvi se pogled može pretpostaviti da vapnenci gornjeg badena grade područja obje istraživane špilje, dok je rudnik svete Barbare smješten na kontaktu permskih i trijaskih klastita, a rudnik Zrinski u metamorfnim stijenama Medvednice (slika 2). Složenost geološke građe šireg prostora od istraživanih lokaliteta očituje se velikim razlikama u litološkom sastavu, intenzitetu tektonskih poremećaja i tektonskom sklopu, trajanju transgresija i heterogenosti geomorfoloških oblika. Na relativno malom području pronalaze se raznoliki krški oblici (dislocirani krš), ali i različita rudna ležišta. Prostor u geotektonskom smislu pripada jugozapadnom rubu Panonskog bazenskog sustava.



Slika 2: Google Earth karta s preklapljenom OGK list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) s označenim lokalitetima od interesa. Jedinice Osnovne geološke karte na kojima se nalaze istraživani lokaliteti: špilja Veternica i Grgosova špilja pripadaju jedinici organogenih i bioklastičnih vapnenaca, pješčenjaka, vapnovitih i glinovitih lapora badena, rudnik Zrinski pripada jedinici parametamorfita i ortometamorfita procjenjene starosti devon, karbon, rudnik sveta Barbara nalazi se u jedinici brečokonglomerata, konglomerata, pješčenjaka, šejlova, siltita, vapnenaca, dolomita i gipsa srednjeg i gornjeg perma.

Prema tumaču za list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1979) prostor obje istraživane špilje, Veternice i Grgosove špilje, u mlađem badenu bio je zahvaćen marinskom transgresijom koja se kao posljedica izraženije tektonske aktivnosti proširila na cijeli prostor Sjeverne Hrvatske pa tako i na područje Medvednice i Samoborskog gorja. Taj prostor pripadao je centralnom Paratetisu. Brežuljkasta područja na kojima se nalaze ove špilje tada su virila iz mora, a lokacije današnjih špilja odgovarale su priobalnom prostoru pogodnom za taloženje priobalnih i plitkovodnih marinskih sedimenata na starije naslage. Opisani prostor danas je prostor velike raznolikosti facijesa i fosilnog sadržaja u okršenim badenskim karbonatnim stijenama. Krš je primarno nastajao u gromadastom žutom, sivom

ili bijelom te poroznom 'litolitamskom vapnencu' građenom najvećim udjelom od crvenih algi, a jedan od karakterističnih rodova, po kojem stijena i nosi ime je rod *Lithothamnion*.

Prostor na kojima se danas nalaze za eksploataciju neaktivni, ali turistički uređeni rudnik Zrinski i rudnik sveta Barbara geološki pripada znatno ranijim razdobljima kada se na ovom području otvarao Tetis ocean. Do mineralizacije u dolomitne stijene pripisane rudniku Zrinski došlo je za vrijeme naprednog riftovanja u srednjem trijasu (PALINKAŠ et al., 2008). Zbog male koncentracije korisnih metala u rudi, eksploatacija je trajala vrlo kratko te danas nema potencijala za rudarenje. U fazi riftovanja nastalo je ležište u Rudama koje ima karakteristike *stratabound* i SEDEX mineralizacije, a formiranje ležišta započelo je još krajem perma (PALINKAŠ et al., 2010). Potencijal za eksploataciju je iskorišten, te se rudnik danas koristi isključivo za istraživačke i turističke svrhe. Detaljnija građa lokaliteta biti će opisana za svaki pojedini lokalitet u daljnjim poglavljima.

3. Materijali i metode istraživanja

Nakon turističkog obilaska svakog lokaliteta i uvida u cjelokupnu turističku ponudu geološkim čekićem uzeti su svježi uzorci kompaktnih stijena iz samih objekata i/ili njihove okolice od kojih su kasnije izrađeni mikroskopski preparati. S obzirom na to da se svi istraživani lokaliteti nalaze pod zaštitom ili vodstvom određenih institucija prije samog uzorkovanja bilo je nužno od njih osigurati dozvole za provođenje uzorkovanja i istraživanja. Zahtjev za odobrenje istraživanja i uzorkovanja na prostoru Parka Prirode Medvednica upućen je Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, za Rudnik svete Barbare Kulturno umjetničkom društvu Oštrc te Javnoj ustanovi Zeleni prsten Zagrebačke županije za Grgosovu špilju. Nakon što su svi zahtjevi bili odobreni prikupljeni su uzorci na izdancima koji su manje vidljivi prolaznicima to jest na onim mjestima gdje ne narušavaju estetiku već uređenih objekata. Kod lokaliteta špilje Veternice uzeta su četiri uzorka. Ispred ulaza u špilju uzeti su uzorci označeni kao V1 i V2 te uz cestu koja povezuje planinarski dom Glavica i Zelenu magistralu uzorci V3 i V4. U okolici lokaliteta rudnika Zrinski na Medvednici na području takozvanog Rudarskog vrta uzeta su dva uzorka. Uzorak oznake Z1 uzet je kod izlaza iz rudnika, a uzorak Z2 nešto dalje, kod kapelice Svetog Jakoba. U Grgosovoj špilji jedan je uzorak uzet u glavnoj dvorani špilje s većeg komada stijene koji je već bio odlomljen te je označen oznakom G1, a još dva uzorka oznaka G2 i G3 uzeta su na brežuljku iznad špilje. Unutar rudnika sveta Barbara uzeta su tri uzorka oznaka B1, B2 i B3.

U laboratorijima Mineraloško-petrografskog i Geološko-paleontološkog zavoda Geološkog odsjeka uz pomoć tehničara izrađeni su mikroskopski preparati za daljnju sedimentološku i paleontološku analizu. Veći uzorci rezani su i piljeni pilom za rezanje stijena na manje dimenzije, zatim polirani, a nakon sušenja lijepljeni su na predmetna stakalca termoplastičnim ljepilom. Željezoviti uzorci iz rudnika svete Barbare prvo su impregnirani radi bolje postojanosti. Nakon lijepljenja na stakalce, preparati su stanjivani prvo na rotirajućoj ploči za brušenje i poliranje (takozvani gramofon), a kasnije polirani krupnozrnatijim (240) i na kraju sitnozrnatijim (500) abrazivnim prahom. Završetak poliranja ustanovljen je nakon što je slika izbruska postala jasno vidljiva gledajući pod mikroskopom, te su interferencijske boje minerala postale ispravno poredane.

Preparati su promatrani polarizacijskim i rudnim mikroskopom na Mineraloško-petrografskom zavodu gdje su izrađene i fotomikrografije. Za karbonatne stijene te

određivanje mikrofacijesa korištena je DUNHAM-ova (1962) klasifikacija s nadopunom EMBRY i KLOVAN (1971). Za određivanje minerala korišten je udžbenik Optička mineralogija (VRKLJAN et al., 2018) te Vodič za identifikaciju rudnih i opakih minerala (NEUMANN, 2019). Tijekom pisanja ovog rada proučavana je postojeća strana i domaća literatura.

Za svaki od istraživanih lokaliteta pripravljena je skica pločice koja bi prikazivala fotomikrografije s kratkim opisom. Skice su izrađene korištenjem računalnog programa CorelDRAW.

4. Špilja Veternica

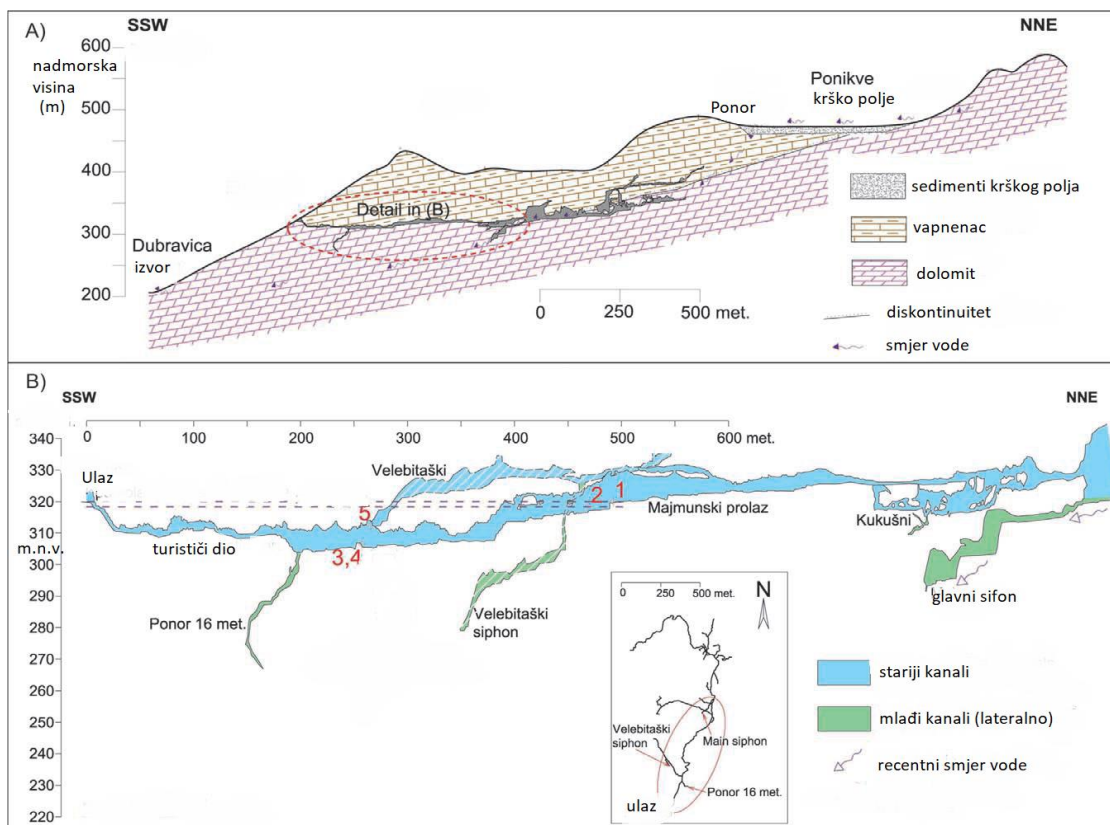
Iako je Medvednica uglavnom građena od metamorfnih stijena, postoji mali dio terena na kojem je izrazito dobro razvijen krški reljef (ŠIKIĆ et al., 1995). S obzirom na okolinu, ovaj se tip krša naziva izoliranim, a razvijen je unutar dolomita, vapnenaca, breča i konglomerata (OZIMEC i ŠINCEK, 2011). Među raznim krškim oblicima na Medvednici najistaknutija je špilja Veternica. Prema Komisiji za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza tlocrtna duljina Veternice je 5 996 metara što ju trenutno čini 10. špiljom po duljini u Hrvatskoj, iako je pronalaskom novih i većih objekata po svojoj dužini na sve nižem mjestu (mrežni izvor 4). Špilja Veternica proglašena je geomorfološkim spomenikom prirode 1979. godine, a prema LACKOVIĆ et al. (2011) turistički je uređeno prvih 380 metara kanala.

4.1. Geološke karakteristike

Špilja Veternica formirana je na plohi diskontinuiteta gdje vapnenci miocena diskordantno naliježu na starije manje propusne dolomite srednjeg i gornjeg trijasa. Prema ŠIKIĆ et al. (1979) bazni dio transgresivnih naslaga su dolomitne breče debljine do jednog metra, a miocenske naslage uglavnom su biolititni vapnenci ('litotamnijski vapnenac'), biokalkareniti ('litotamnijski pješčenjaci') i lapori.

Sama špilja nastala je erozijom i korozijom vapnenaca površinskim i oborinskim vodama koje poniru u okolici današnje špilje. Glavni kanal špilje formiran je na kontaktu 'litotamnijskog vapnenca' u krovini i nepropusnih, to jest slabopropusnih dolomita u podini kojima je ograničena dubina objekta. Badenski bioklastični vapnenci podložni su koroziji više od srednjotrijaskih i gornjotrijaskih dolomita pa se tok vode u vadoznim uvjetima na kontaktu ova dva tipa naslaga zapravo širio lateralno, što je spriječilo formiranje ovog objekta u vertikalnom smjeru. Glavni kanal smješten je na samom kontaktu dolomita i vapnenca, ali zbog prodiranja procesa okršavanja postoje i kanali nastali duž pukotina unutar samih vapnenaca ili dolomita zbog čega ova špilja ima više etaža (slika 3). Veternica je špilja s vodenim tokom, međutim on ne prolazi turističkim dijelom objekta. Trasiranjem (BOŽIČEVIĆ, 1976) je ustanovljeno da voda koja i danas ponire u podzemlje na krškom polju Ponikve teče prema jugozapadu kroz dublje dijelove špilje Veternice te ponovno ponire u sifon u špilji. Ta voda izvire na krškom izvoru uz potok Dubravica na nešto manjoj nadmorskoj visini od današnjeg ulaza u špilju (slika 3). Prolaz na koji danas

gledamo kao na ulaz u špilju bio je otvor kroz koji je voda izlazila na površinu nakon poniranja i toka kroz podzemlje.



Slika 3: Prikaz glavnih kanala špilje Veternice: A) Geološki profil s prikazom prolaza vode od ponora na krškom polju Ponikve do izvora Dubravica. B) Nacrt manjeg dijela glavnog kanala i sporednih kanala. Brojevi 1, 2, 3, 4 i 5 prikazuju lokacije atraktivnih speleoloških oblika. (preuzeto i modificirano prema LACKOVIĆ et al., 2011).

Pod u špilji djelomično je zasigan ali je uglavnom prekriven recentnim nanosima gline i pijeska. Špilja Veternica je svjetski značajno paleontološko i arheološko nalazište. 'Litotamnjski vapnenci' izuzetno su bogati marinskim plitkovodnim fosilima, dok su u kvartarnim sedimentima pronađene kosti pleistocenskih kraljevnjaka te artefakti i ostatci ognjišta (BOŽIČEVIĆ, 1960).

4.2. Geoturistička ponuda

Špilja Veternica jedini je obrađivani lokalitet do kojeg se ne može doći automobilom. Nalazi se na zapadnom dijelu Medvednice na oko 320 metara nadmorske visine. Prilaz je s donje strane iz Gornjeg Stenjevcu ili s gornje strane od planinarskog doma Glavica. Špilja zbog svoje veličine, paleontoloških ostataka, arheoloških ostataka, krških pojava, geomorfoloških fenomena i položaja u blizini grada ima iznimno velik turistički potencijal. Posjetiti se može vikendom i blagdanima između 10 i 16 sati u vrijeme kada šišmiši ne hiberniraju, isto kao što vrijedi i za rudnik Zrinski. Cijena ulaznica kreće se od 20 do 40 kuna, a obilazak traje 60 minuta uz pratnju vodiča. Jednom godišnje, kada se održava Međunarodna noć šišmiša, organiziraju se i dodatne radionice za javnost.

Prije ulaska u špilju posjetitelji dobivaju kaciže te saznaju osnovne informacije o špilji, informacije o temperaturi u špilji (oko 9 °C) te informacije za sigurno kretanje objektom. U predvorju špilje u toplijem dijelu godine obitava porodiljna kolonija šišmiša na koju se turistima skreće posebna pozornost kako bi se spriječilo ometanje istih. Posjetitelje se informira o važnosti špilja za šišmiše i općenito o važnosti tih životinja za ekosustav. U nešto niži dio špilje posjetitelji se spuštaju drvenim stepenicama nakon kojih slijedi nekoliko desetaka metara dug kanal koji je proširen radi lakše prohodnosti. Već ovdje turisti dobivaju uvid u oblike koji nastaju u špiljama jer nakon tako niskog kanala dolaze u veliku prostranu dvoranu, takozvanu Koncertu dvoranu. Od 1995. godine u njoj su se održavali koncerti koji su ubrzo zabranjeni zbog uznemiravanja šišmiša u vrijeme njihove hibernacije. Nakon zaustavljanja u Koncertnoj dvorani posjetitelji se zaustavljaju kod udubljenja u kojem je izložena replika lubanje špiljskog medvjeda. Originalne kosti čuvaju se u adekvatnijim uvjetima od špiljske klime, ali i replika daje dobar uvid u veličinu špiljskog medvjeda, a od vodiča se saznaju i detaljnije informacije o njegovom životu. Nastavkom šetnje kroz špilju dolazi se u Malu dvoranu gdje se na stropu jasno mogu uočiti okamine školjkaša (neidentificirane) i morskih ježinaca (slika 4). Ovo je dio gdje se pozornost stavlja isključivo na stijenu. Posjetitelje se upoznaje s pojmom 'litotamnijskog vapnenca' i njegovom upotrebom u građevini.



Slika 4: Nepravilni ježinac u 'litotamnijskom vapnencu' unutar Veternice

Slijedi ponovno spuštanje zemljanim stepenicama u niži i prostraniji dio špilje. Prolazi se pored ponora „16 metara“ koji je ujedno i najniža točka špilje. Ponor je zapravo dubok više od 50 metara ali preuzak za čovjekov prolaz do samog dna. Šetnjom dalje kroz špilju prolazi se ispod nekoliko stropnih kupola nastalih kao posljedica korozije u periodima turbulentnog toka, a posjetitelji se zaustavljaju kod saljeva „Kameni slap“ koji se formirao ukupno oko 30 000 godina slijevanjem vode iz Velebitaškog kanala u glavni kanal Veternice. Ovdje turisti dobivaju sažeto objašnjenje o prolasku vode kroz krš kao i datiranju stijena. Iduće zaustavljanje je u sporednoj prostoriji uz glavni kanal nazvanoj „Separe“ gdje su izložene i skulpture neandertalaca koji su špilju koristili povremeno kao sklonište. Kretanjem prema kraju turističkog dijela špilje Veternice prolazi se pored erozijskog ostatka stijene u kojem je jasno vidljiva donja čeljust špiljskog medvjeda (*in situ*). Na samom kraju turističke šetnje ima puno više špiljskih ukrasa nego na prednjim dijelovima gdje su oni uništeni zbog neodgovornih posjetitelja. Ovdje posjetitelji dobivaju kratki pregled o nastavku kanala te o hidrogeološkoj aktivnosti špilje Veternice. Najatraktivnija hidrogeološka informacija za turiste je protok vode od ponora na Ponikvama kroz špilju Veternicu do izvora potoka Dubravica.

5. Rudnik Zrinski

Rudnik Zrinski nalazi se na Medvednici u takozvanom Rudarskom vrtu na čijem se prostoru od davnina tragalo za plemenitim kovinama. Rudnik je smješten na oko 830 metara nadmorske visine ispod planinarskog doma Grafičar. U starijoj geološkoj literaturi ovaj je prostor nazivan Sveti Jakob zbog istoimene kapelice u neposrednoj blizini. Međutim, nakon turističkog uređenja samih podzemnih kopova lokalitet dobiva naziv rudnik Zrinski po obitelji u čijem je vlasništvu bio rudnik za vrijeme eksploatacije.

5.1. Geološke karakteristike

Širi prostor na kojem se nalazi rudnik Zrinski geološki pripada stijenama niskog stupnja metamorfizma čiji su protoliti naslage vulkanogeno-sedimentnog kompleksa. Na terenu se uglavnom pronalaze zeleni škriljavci (ortometamorfiti) te slijed parametamorfita sačinjen od metamorfoziranih dolomita i dolomitiziranih vapnenaca u kojima je ponegdje golim okom vidljiva mineralizacija u žilama i manjim lećama, uglavnom galenita. Prema istraživanjima (ŠINKOVEC et al., 1988) mikroskopskim pregledom utvrđena je jednostavna parageneza galenita, sfalerita, pirita, dolomita i kremenca te pojava anglezita i ceruzita kao sekundarnih minerala. Starost protolita procijenjena je na kasni paleozoik i trijas, mineralizacija se odvijala tijekom srednjeg trijasa za vrijeme naprednog riftovanja, a metamorfoza u kredi. S obzirom na tip mineralnog ležišta ova epigenetska mineralizacija pripada *Mississippi Valley* tipu. U Dinaridima takva ležišta nastaju u ekstenzijskom režimu naprednog riftovanja kada se otvara pukotinski prostor kroz koji fluidi mogu cirkulirati. Međutim, za rudnik Zrinski pretpostavljen je nastanak na kontinentalnoj kori u kompresijskom režimu uslijed mobilizacije fluida od orogena prema van na pasivnom kontinentalnom rubu. Stijena domaćin ove mineralizacije je dolomit s usmjerenim pukotinama u kojima je bilo omogućeno miješanje meteorskog i morskog rudonosnog fluida te odlaganje metala. Metal koji je privukao najviše pažnje je srebro koje se pojavilo kao pozitivan nusprodukt Pb-Zn orudnjenja. Geokemijsko istraživanje (JUG et al., 2008) pokazalo je povišene koncentracije žive u tlu u vrlo uskoj okolini ulaza u rudnik na reljefnim neravninama antropogenog porijekla (jalovištima). Koncentracija srebra kao najkorisnijeg metala ovog ležišta u mineralima ne zadovoljava vrijednosti koje bi bile isplative za eksploataciju niti je vrijednost srebra danas velika kao što je bila u srednjem vijeku kada se rudarilo.

5.2. Geoturistička ponuda

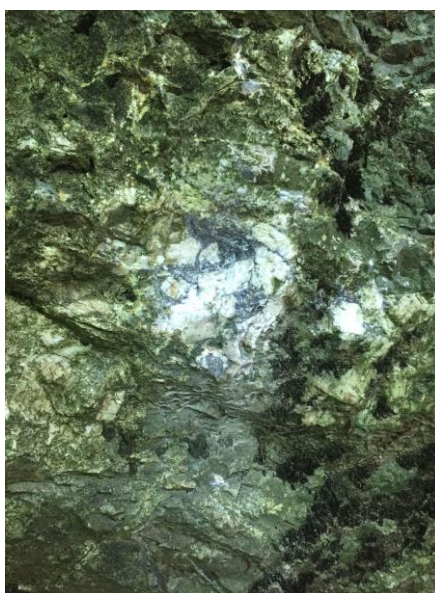
Rudnik Zrinski (slika 5) proglašen je kulturnim dobrom 2006.godine nakon što ga je za turističke posjete uredila Javna ustanova „Park Prirode Medvednica“. Rudnik je redovno otvoren za posjetitelje vikendom i blagdanima od 10 do 16 sati, osim u vrijeme hibernacije šišmiša. Do rudnika se dolazi automobilom ili autobusom uz pet minuta šetnje ili potpuno pješice planinarskim stazama 8, 12 ili 46 na Medvednici. Rudnik redovno posjećuju osnovnoškolci u sklopu terenskih nastava na Medvednici. Cijena ulaznica kreće se od 20 do 25 kuna što je prihvatljivo s obzirom na veličinu rudnika i trajanje obilaska. U jesen se u okolini rudnika Zrinski ili nešto dalje, kod utvrde Medvedgrad, održava manifestacija Srednjovjekovni dani na Medvednici.



Slika 5: Ulaz u rudnik Zrinski

Prije ulaska u rudnik Zrinski posjetitelji dobivaju kacige koje se nakon svake upotrebe očiste, a rudnik obilaze u pratnji vodiča. Temperatura u rudniku je oko 11 °C, a prirodna cirkulacija zraka omogućena je zbog geometrije prostora koji ima ulazna i izlazna vrata koja su otvorena tijekom cijelog toplijeg dijela godine, a tijekom zime kada ni nema posjeta su zatvorena kako bi se spriječilo smrzavanje u rudniku. Rudnik je turistički predstavljen kao srednjovjekovni rudnik srebra. Rudarenje se odvijalo tijekom 16. i 17. stoljeća pod vodstvom obitelji Zrinski.

Turistički obilazak započinje ispred ulaza u rudnik gdje posjetitelji od vodiča dobivaju informacije o samom položaju rudnika te kratki povijesni pregled. U prvoj prostoriji rudnika nalazi se skulptura svete Barbare, originalan alat iz rudnika te table s ilustracijama preuzetim iz knjige *De Re Metallica* autora Georgiusa Agricole na kojima je prikazan tijek rudarenja od samog pronalaska rude pa sve do transporta rude do mjesta gdje slijedi daljnja obrada. Ovdje vodiči na autentičan način pričaju o otkrivanju rudnih žila rašljama, o iskapanju okomitih okna, povezivanju podzemnih hodnika, načinima spuštanja rudara u rudnik u srednjem vijeku, načinima provjetravanja u to vrijeme te o otpremi iskopine. Iz ulazne prostorije posjetitelji se drvenim stepenicama spuštaju u podzemne hodnike gdje mogu vidjeti skiciran nacrt rudnika, prirodno urušene hodnike koji se ne obilaze i već, makar na dubini od samo 10 metara, osjetiti naglu promjenu temperature u podzemlju. Uređeni dio podzemnih hodnika dugačak je oko 250 metara, a prolaskom kroz njih dolazi se još do skulpture Bergmeistera-čovjeka koji je nadgledao rad rudnika i još nekoliko skulptura rudara. Posjetiteljima se također napominje kako je izgledao radni dan rudara u srednjem vijeku, kakve su ih bolesti snalazile, koji im je bio je životni vijek te kakav je razvoj doživjelo rudarstvo u posljednjih 400 godina. Kroz usporedbu s mineralnim ležištima u Meksiku i SAD-u objašnjava se zašto ovaj rudnik danas nije isplativ za eksploataciju. Po izlasku iz rudnika prolazi se uz stijenu s vidljivom mineralizacijom i pored vertikalnog okna tako da ga posjetitelji mogu vidjeti i s vanjske strane. Geološki najatraktivniji je upravo izlazni dio s vidljivim žilama i lećama galenita (slika 6).



Slika 6: Galenit

Tijekom posjeta obilaze se hodnici Tena, Daniela, Nives, Tajana i Hexin prolaz. Hodnici Ingrid i Snježana su urušeni i ne obilaze se. Nestabilniji dijelovi, uglavnom oni koji se nalaze na rasjednom kontaktu glinovitog materijala i dolomita, podgrađeni su drvenim podlogama (slika 7).



Slika 7: Drvena podgrada

6. Grgosova špilja

Godine 1973. pronađena je Grgosova špilja dužine 52 metra i dubine 19 metara, a tijekom radova 2007. godine otkriven je ulaz u još jednu špilju nazvanu Nova Grgosova špilja duljine 97 metara i dubine 14 metara (mrežni izvor 2). Nacrt špilje koji se nalazi i ispred ulaza u špilju prikazan je na slici 8. Obje su špilje izrazito bogate špiljskim ukrasima, a trenutno se turistički može posjetiti Nova Grgosova špilja. S obzirom na bogatstvo ukrasa obje su špilje vrlo atraktivne. Prva pronađena Grgosova špilja još se nazivala i „samoborskom Postojnom“, a 1974. proglašena je geomorfološkim spomenikom prirode.



Slika 8: Tabla s nacrtom Grgosove špilje i Nove Grgosove špilje koja se nalazi ispred ulaza u objekte

6.1. Geološke karakteristike

Grgosova špilja smještena je na oko 240 metara nadmorske visine na području Otruševca koje je dominantno građeno od karbonatnih naslaga miocena koje naliježu transgresivno na naslage perma i trijasa (ŠIKIĆ et al., 1977). Prema tumaču Osnovne geološke karte 1:100 000 za list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1979), to su bili većinom plitkovodni marinski sedimenti, koji sačinjavaju vapnence, vapnenačke pješčenjake i lapore. Grgosova špilja formirana je u razlomljenom i okršenom 'litotamijskom vapnencu'. Ulaz u špilju otkriven je tijekom radova i miniranja u kamenolomu vapnenca u kojem se nalazi i sama špilja. Prema

Komisiji za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza (mrežni izvor 3) Nova Grgosova špilja pripada speleološkim objektima izravno ugroženim destruktivnim aktivnostima rada kamenoloma.

U okolici špilje postoji nekoliko fosilnih i aktivnih ponora što dovodi do pretpostavke da je i sama špilja nekada bila aktivni ponor, a nastanak se konkretnije pripisuje radu podzemnih voda koje su se u prošlosti drenirale iz ponikve Otruševačko polje (POSARIĆ, 1977). Spuštanjem erozijske baze voda je otjecala sve niže, tako da špilja ima više etaža. Kroz Grgosovu špilju danas ne protječu podzemne niti površinske vode pa se smatra suhim objektom. Ipak, aktivna je voda prokapnica zaslužna za formiranje špiljskih ukrasa velike raznolikosti (slika 9). Najčešći ukrasi u Grgosovoj špilju su tanki stalaktiti (cjevčice), ekscentrični stalaktiti, zavjese i stalagmiti u različitim bojama, ovisno o mineralnim primjesama. Datiranjem metodom uran-torij (SURIĆ, 2018) ustanovljeno je da su sige holocenske starosti.



Slika 9: Unutrašnjost Nove Grgosove špilje

6.2. Geoturistička ponuda

Za turistički posjet špilju je uredio sam pronalazitelj Josip Grgos čija je obitelj danas ujedno i nositelj koncesijskog odobrenja za obavljanje djelatnosti vođenja posjetitelja. Turistički se trenutno obilazi horizontalni kanal gornje etaže Nove Grgosove špilje, a posjetiti se može svakim radnim danom osim ponedjeljka. Obilazak traje 20-ak minuta, a cijena ulaznice kreće se od 15 do 25 kuna. Posjetitelji u špilji dobivaju informacije o njenom nastanku, povijesti, temperaturi unutar špilje (oko 11 °C), fauni koja u špilji obitava te o nastanku špiljskih ukrasa (slika 10) uz geomorfološki opis. Kako saznajemo od lokalnog vodiča u špilji, špiljsku faunu uglavnom čine kornjaši, pauzi i rakovi te nije zabilježeno njeno ugrožavanje zbog turističkih obilazaka.



Slika 10: Unutrašnjost Nove Grgosove špilje bogate ukrasima

7. Rudnik sveta Barbara

Rudnik sveta Barbara predstavlja jedan od najstarijih i značajnih rudnika, uglavnom bakra i željeza, na ovom prostoru. Pisani podaci o rudarenju postoje u razdoblju od 13. pa sve do 19. stoljeća, a pokušaji za daljnju eksploataciju zabilježeni su i tijekom 20. stoljeća. Danas se zna da eksploatacija ne bi bila isplativa, međutim prostor rudnika je iskorišten uređenjem za turističke svrhe. Od 2015. godine rudnik svete Barbare pripada Registru kulturnih dobara Republike Hrvatske. Ovo je lokalitet koji se može pohvaliti količinom programa i radionica koje se održavaju tijekom cijele godine kao i tematskih događanja ovisno o prigodi.

7.1. Geološke karakteristike

Prema PALINKAŠ et al. (2010) ovo rudno ležište hidrotermalnog je postanka, a mineralizacija pripada uglavnom SEDEX tipu. Stijene domaćini mineralizacije su navlake permskih pješčenjaka, a nastanak mineralizacije uvjetovan je početnim riftovanjem od kasnog perma te prijelazom u napredno riftovanje u srednjem trijasu. U uvjetima ekstenzijskog režima otvaranja Tetis oceana kontinentalna kora se polako razdvajala i kasnije pucala. Istovremeno se magma približavala površini zbog čega je temperatura rasla, morska voda cirkulirala kroz kontinentalnu koru i obogaćivala se metalima, a na samom riftu dolazilo je do ekshalacije morskog fluida obogaćenog metalima iz kontinentalne kore te do taloženja minerala na prostoru rifta i u njegovoj okolini. Ovaj rift pripadao je pasivnom kontinentalnom rubu Gondvane. Zbog zapunjavanja depresija nastalih tijekom rifovanja pojedini dijelovi ostali su izolirani, a u njima se odvijala karbonatno-evaporitna sedimentacija. Zbog izražene tektonske aktivnosti omogućeno je prodiranje hidrotermalnih otopina. Postoje naznake epigenetske *stratabound* mineralizacije na ovom prostoru, ali nema konkretnih dokaza metasomatizma karakterističnog za taj tip ležišta. U centralnom dijelu ležišta nalazi se siderit, oko njega masivni hematit, a u okolini pješčenjaci i konglomerati paleozojske starosti bogati željezom. Središnji sideritni dio naknadno je ispresijecan sulfidnim žilama u kojima se pronalaze pirit, galenit i sfalerit te halkopirit kao najvažniji mineral bakra u ovom ležištu. Česte su pojave malahita kao sekundarnog minerala bakra (slika 11). Uz rubove SEDEX mineralizacije nalaze se žile s baritom i galenitom nastale u kasnijim fazama, a ponegdje one i presijecaju samu SEDEX mineralizaciju. Stratiformni dio ležišta predstavljen je hematitno-baritnim slojevima iz

kojih je eksploatirano željezo, a iznad se nalaze debeli slojevi gipsa s anhidritom nastali evaporizacijom iz morskog stupca. Glavni rudni minerali su halkopirit, siderit, hematit, gips, barit, galenit i sfalerit. Česte su pojave kremenca, a zbog oksidacije željezovitih minerala nastale su i značajne količine limonita (slike 11 i 12). Eksploatacija gipsa pokušana je tijekom 20. stoljeća, ali se, zbog velike količine anhidrita u gipsu, eksploatacija pokazala neisplativom te je brzo obustavljena. Zbog procjeđivanja vode iznad prostorija rudnika, ponegdje su nastale sige i bijele prevlake (slike 11 i 12).



Slika 11: Masivni siderit (smeđe), malahit (zeleno), limonit (narančasto) i bijele prevlake od procjeđivanja vode



Slika 12: Siderit (smeđe), limonit (žuto, narančasto) i bijele naslage nastale od procjeđivanja vode

7.2. Geoturistička ponuda

Nakon nekoliko godina mukotrpnog uređivanja napuštenog rudnika sveta Barbara on je 2012. godine otvoren za turističke posjete. Uređeno je i osvijetljeno oko 350 metara podzemnih tunela, a procjenjuje se da ukupna duljina svih tunela doseže 40-ak kilometara neprohodnog prostora zahtjevnog za istraživanje. Turistički dio rudnika može se redovno posjetiti vikendom i praznicima od 10 do 18 sati tijekom proljeća, ljeta i jeseni ili u drugim terminima uz prethodnu najavu. Cijena ulaznica kreće se od 20 do 30 kuna, a obilazak traje 40 minuta. Ispred ulaza u rudnik izgrađena je simulacija rudarskog rova u kojoj se nalazi suvenirnica i sanitarni čvor te izložbeni primjerci autentične kovačke opreme. Svi posjetitelji dobivaju zaštitnu opremu koja se sastoji od kacige i kute, a vodiči su odjeveni u rudarski sako kakav rudari nose na svečanostima. Obilazak započinje ispred ulaza u rov „Sveto Trojstvo“ gdje su postavljeni geološki stup i geološki profil (slika 13).



Slika 13: Ulaz u turistički dio rudnika sveta Barbara gdje su postavljeni geološki stup i profil

Posjetitelji na ulazu dobivaju informacije o povijesnom aspektu rudarenja i rudama koje su eksploatirane. Šetnja podzemnim tunelima započinje u hodniku građenom od masivnog siderita, a ponegdje se može vidjeti i malahit kao sekundarni mineral bakra te

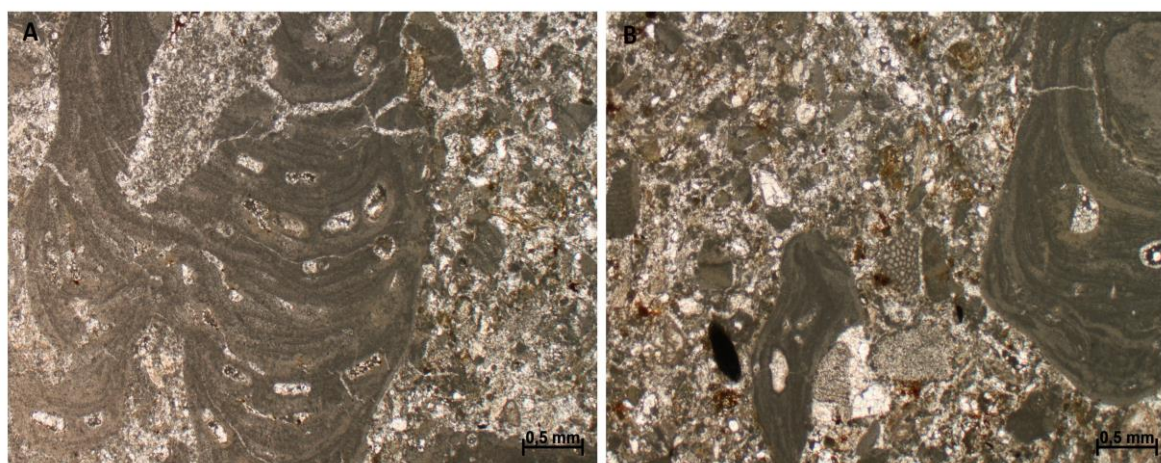
limonit nastao oksidacijom željezovitih minerala. Na podu je beton, a rovovi su učvršćeni drvenom ili metalnom trapeznom podgradom. Nakon 180 metara podzemnih tunela prolazi se dijelom s vidljivim polisulfidnim žilama te halkopiritom u stijeni. U prostranijem dijelu rudnika izložene su jaslice s likovima Bergmana, za koje se u povijesti mislilo da su patuljci koji žive ispod rovova rudnika, a nešto dalje i kip svete Barbare. Iznad izloženog kipa u stijeni je vidljiv gips. Slijedećim podzemnim tunelom dolazi se do stepenica koje prolaze uz kontakt siderita i hematita te posjetitelje odvođe u 30 metara viši rov. Posjetitelji danas imaju priliku vidjeti interaktivni hologram koji predstavlja 3D model Bergama sa zvučnim efektom. Rudnik svete Barbare jedan je od rijetkih u svijetu koji može pružiti takvo iskustvo ispod površine zemlje. Kućište holograma izrađeno je od vodonepropusnih materijala te je spojeno s kontrolnom pločom na kojoj vodič odabire jezik. Govor Bergama dostupan je na hrvatskom i engleskom jeziku, a Bergam spominje i rudarsku greblicu, tradicionalni slani kolač svrstan na listu nematerijalnog kulturnog dobra Repulike Hrvatske. U dvorani s hologramom vidljivi su hematit, siderit, limonit te u manjem dijelu kristalići melanterita. Nastavkom kroz rov „Kokel“ dolazi se do izlaza iz rudnika. Prosječna temperatura u rudniku iznosi oko 11°C, a s obzirom na to da u rudniku postoji nekoliko mjernih postaja koje mjere parametre poput količine potencijalno štetnih plinova, količine vlage i temperature, pročitali smo da je temperatura za našeg posjeta iznosila 8°C. S obzirom na veličinu rudnika, bilo je nužno osigurati ventilacijski sustav te adekvatan način odvodnje procijeđene podzemne vode. Za vjetrenje se koristi ventilator promjenjivog smjera vrtnje koji se regulira ovisno o vanjskim uvjetima, a za odvodnju vode pumpa.

8. Rezultati i rasprava o provedenim analizama

U ovom će poglavlju biti prikazani rezultati provedenih analiza. Uz fotomikrografije stijena biti će opisan njihov sastav. Za uzorke vapnenaca biti će naveden fosilni sadržaj te naziv s obzirom na DUNHAM-ovu (1962) klasifikaciju. Za vapnence kod kojih su zrna veća od 2 mm korištena je klasifikacija s nadopunom (EMRBY i KLOVAN, 1971). Za ostale uzorke biti će naveden mineralni sastav određen uz pomoć literature (VRKLJAN et al., 2018; NEUMANN, 2019). Svi su uzorci promatrani u prolaznoj svjetlosti na polarizacijskom mikroskopu, a uzorci Z1 i B1 promatrani su i u reflektiranoj svjetlosti na rudnom mikroskopu.

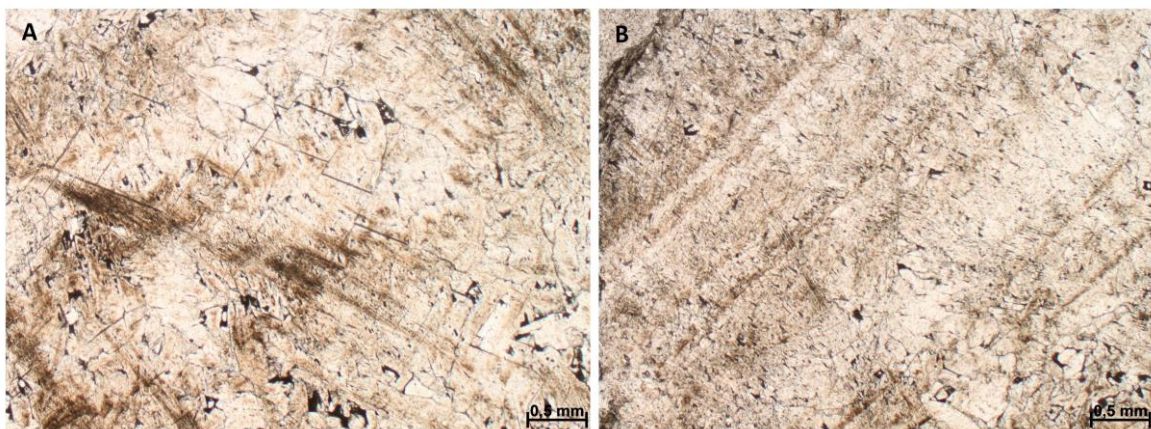
8.1. Špilja Veternica

U mikroskopskim preparatima uzorka V1 koji je uzet ispred ulaza u špilju Veternicu vidljivi su uglavnom skeletni fragmenti koraljnih algi i mahovnjaka (slika 14). Ovaj uzorak predstavlja tipični 'litotamijski vapnenac' taložen u plitkomorskom okolišu u moru normalnog saliniteta. U presjeku koraljnih algi, najčešće roda *Lithothamnion* vidljiva su udubljenja-konceptakuli, u kojima su za života alge bili smještene stanice za razmnožavanje. Konceptakulti su sada ispunjeni sparitom. Uzorak predstavlja koralinacejski packstone do rudstone. U uzorku ima i presjeka bentičkih foraminifera.



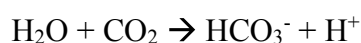
Slika 14: Fotomikrografije uzorka V1 iz špilje Veternice s vidljivim presjecima: A) koraljnih algi s konceptakulima, B) koraljnih algi i mahovnjaka.

Uzorak V2 također je uzet ispred ulaza u špilju Veternicu, ali već na prvi pogled razlikovao se od uzorka V1. Uzorak V2 je teže lomljiv i manje trošan od uzorka V1. U mikroskopskim preparatima uzorka V2 nema fosilnog sadržaja te se uzorak sastoji od minerala bez boje s izraženom romboedarskom kalavosti (slika 15A). Ovaj uzorak predstavlja sigovinu nastalu precipitacijom kalcita iz prezasićene otopine. Na slici 15B vidljive su lamine nastajale sporim formiranjem sigovine.



Slika 15: Fotomikrografije uzorka V2 iz špilje Veternice; A) Minerali s izraženom romboedarskom kalavosti, B) Lamine kalcita nastajale formiranjem sigovine.

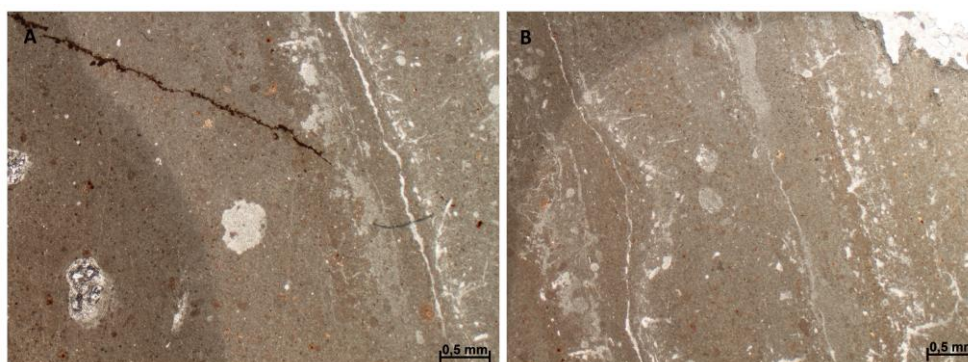
Procjeđivanjem oborinske vode obogaćene ugljikovim dioksidom kroz vapnenačke stijene iznad prostora špilje, ta voda topi vapnenačku stijenu te se obogaćuje ionima kalcija.



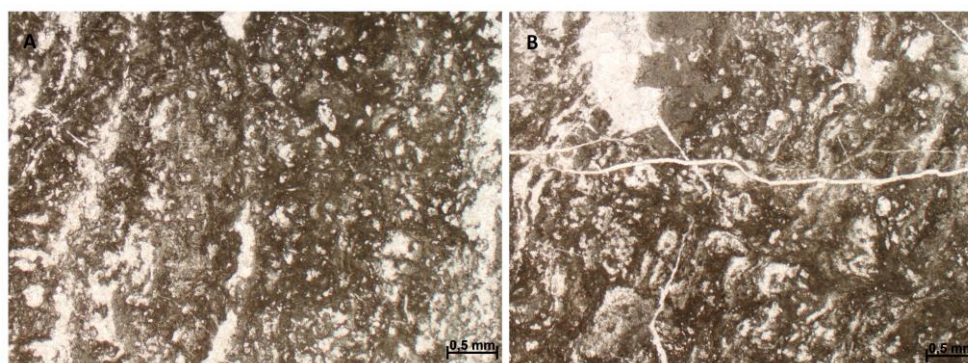
Otopina s kalcijevim i hidrogenkarbonatnim ionima procjeđuje se u prostor špilje gdje zbog drastične promjene klime (otvoreni prostor, drugačiji temperatura i tlak) dolazi do isparavanja ugljikovog dioksida. Nakon isparavanja ugljikovog dioksida, otopina ostaje prezasićena kalcijevim karbonatom te se on taloži. Taloženje se odvija sporo, prema reakciji:



Za uzorke V3 i V4 koji su uzeti dalje od ulaza u špilju Veternicu, uz cestu koja povezuje planinarski dom Glavica i Zelenu magistralu, makroskopski bi se moglo reći da predstavljaju sive, raspucane dolomite. Oni predstavljaju trijaske naslage koje se nalaze u podini špilje. Ovi su dolomiti stromatolitnog tipa (ŠIKIĆ et al., 1979) te se u njima izmjenjuju ravne i valovite lamine. Hvatanjem čestica sedimenta na cijanobakterije u plitkom okolišu nastaje laminirani sediment. Tamne lamine u mikroskopskom preparatu predstavljaju gusti mikrit, a svijetle lamine cement (sparit) izlučen u porama zaostalim u vapnenačkom talogu nakon truljenja cijanobakterija. Ova svojstva stijene ukazuju na plitkomorski taložni okoliš, to jest plimno-natplimnu zonu. To su područja stalno do povremeno prekrivena vodom te su pod utjecajem slabih struja i valova. S obzirom na očuvanost reliktnih struktura vapnenaca u dolomitima, oni su ranodijagenetski, a primarna struktura nije razorena. Uzorci su testirani korištenjem 10% HCl-a i na dijelovima je uočeno šumljenje, a na dijelovima nije. Uzorak V3 (slika 16) predstavlja dolomitizirani vapnenac s jasno vidljivim očuvanim reliktima vapnenca, dok je uzorak V4 (slika 17) vrlo malim dijelom zahvaćen procesom dolomitizacije.



Slika 16: Fotomikrografije uzorka V3 iz okolice špilje Veternice. Obje fotografije predstavljaju dolomitizirani vapnenac stromatolitnog tipa.

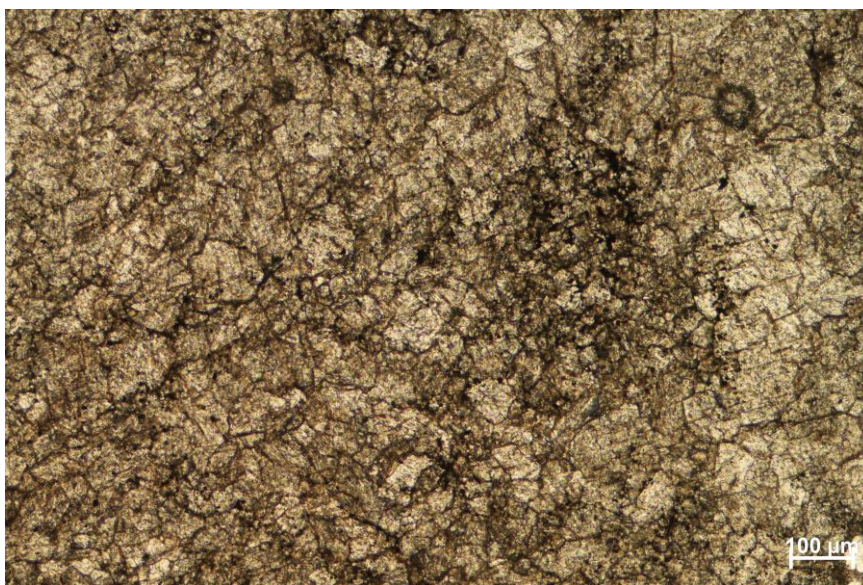


Slika 17: Fotomikrografije uzorka V4 iz okolice špilje Veternice: stromatoliti.

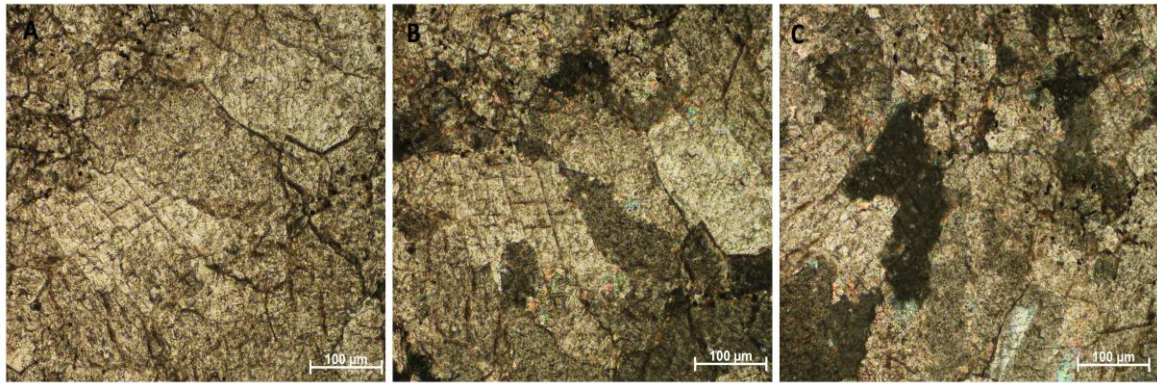
8.2. Rudnik Zrinski

U okolini lokaliteta rudnika Zrinski na Medvednici na području takozvanog Rudarskog vrta uzeta su dva uzorka. Jedan je uzorak (Z1) uzet na izlazu iz rudnika te se za njega već makroskopski moglo pretpostaviti da se radi o dolomitu, a ponegdje se nazirao i srebrnkasti sjaj. Drugi je uzorak (Z2) uzet kod kapelice Sveti Jakob, nešto dalje od lokacije same mineralizacije kako bi se obuhvatilo i okolne stijene-zelene škriljavce.

Uzorak Z1 iz samog rudnika predstavlja dolomit s makroskopski vidljivom mineralizacijom kokardne teksture. Slika 18 prikazuje fotomikrografiju dolomita na manjem povećanju od slike 18. Kristali dolomita su krupnozrnati i alotriomorfni, a granice između njih su nepravilne (slika 18). Struktura dolomita je ksenotipna mozaična. Na većem povećanju (slika 19) u kristalima bez boje vidljiva je romboedarska kalavost. Zakretanjem mikroskopskog stolića uočena je pseudoapsorpcija. Kristali interferiraju u bijeloj boji viših redova. Odvijena dolomitizacija bila je destruktivna te relikti prijašnje stijene nisu vidljivi.

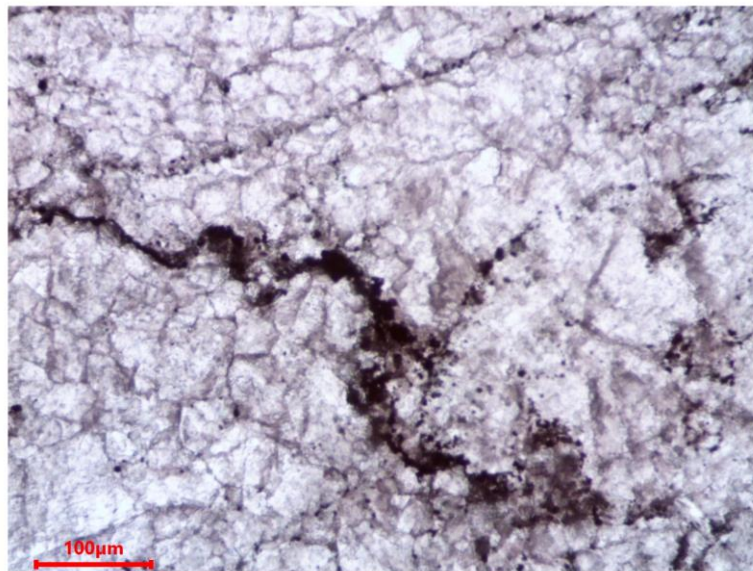


Slika 18: Fotomikrografija uzorka Z1 u prolaznoj svjetlosti s anhedralnim kristalima dolomita.



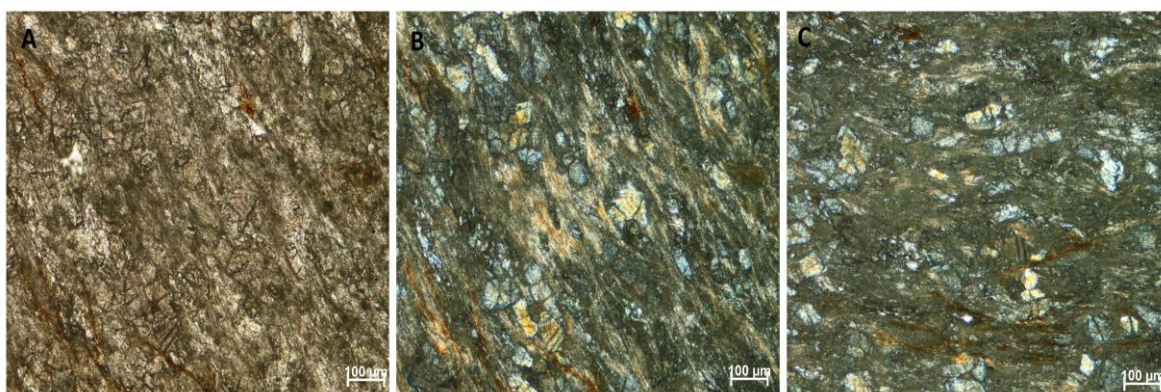
Slika 19: Fotomikrografija uzorka Z1 u prolaznoj svjetlosti, kristali dolomita: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.

Fotomikrografija uzorka Z1 s rudnog mikroskopa prikazuje karbonatni mineral, dolomit, u kojem su raspršena sitna tamna zrnca galenita ili sfalerita (slika 20). Tamna žila predstavlja neidentificirani sulfidni mineral. U uzorku ima i hematita.



Slika 20: Fotomikrografija uzorka Z1 u reflektiranoj svjetlosti: tamna žila sulfidnog minerala u dolomitu.

Uzorak Z2 uzet je kod kapelice Svetog Jakoba i već se makroskopski moglo zaključiti da uzorak predstavlja zeleni škriljavac. U mikroskopskom preparatu (slika 21) nalaze se alotriomorfni kristali. Struktura je lepidonematoblastična. Vlakanasti minerali visokog reljefa smeđe vlastite boje predstavljaju epidot. Kristali anomalne plave interferencijske boje s vidljivom kalavosti predstavljaju klinozoisit. U uzorku ima kremenca, klorita, amfibola te plagioklasa što predstavlja tipičnu mineralnu asocijaciju zelenog škriljavca.

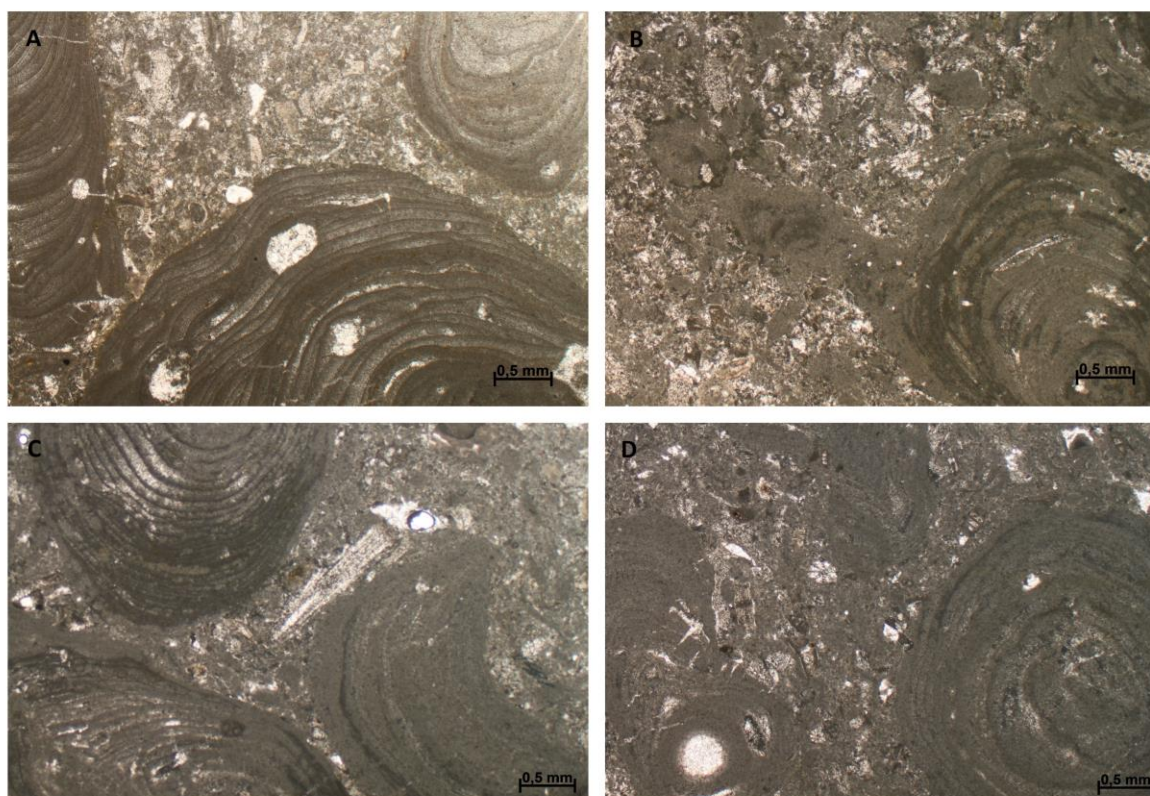


Slika 21: Fotomikrografija uzorka Z2-zeleni škriljavac u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.

8.3. Grgosova špilja

Na području Grgosove špilje jedan je uzorak uzet unutar špilje (G1), a preostali (G2 i G3) na vanjskom dijelu iznad špilje. Makroskopski, svi su uzorci izgledali slično te je utvrđeno da se radi u vapnencima žute boje u kojima su i golim okom vidljivi rodoliti. Ovi su uzorci zapravo tipični 'litotamnijski vapnenci', prema DUNHAMU (1962) packstone do floatstone/rudstone tipa.

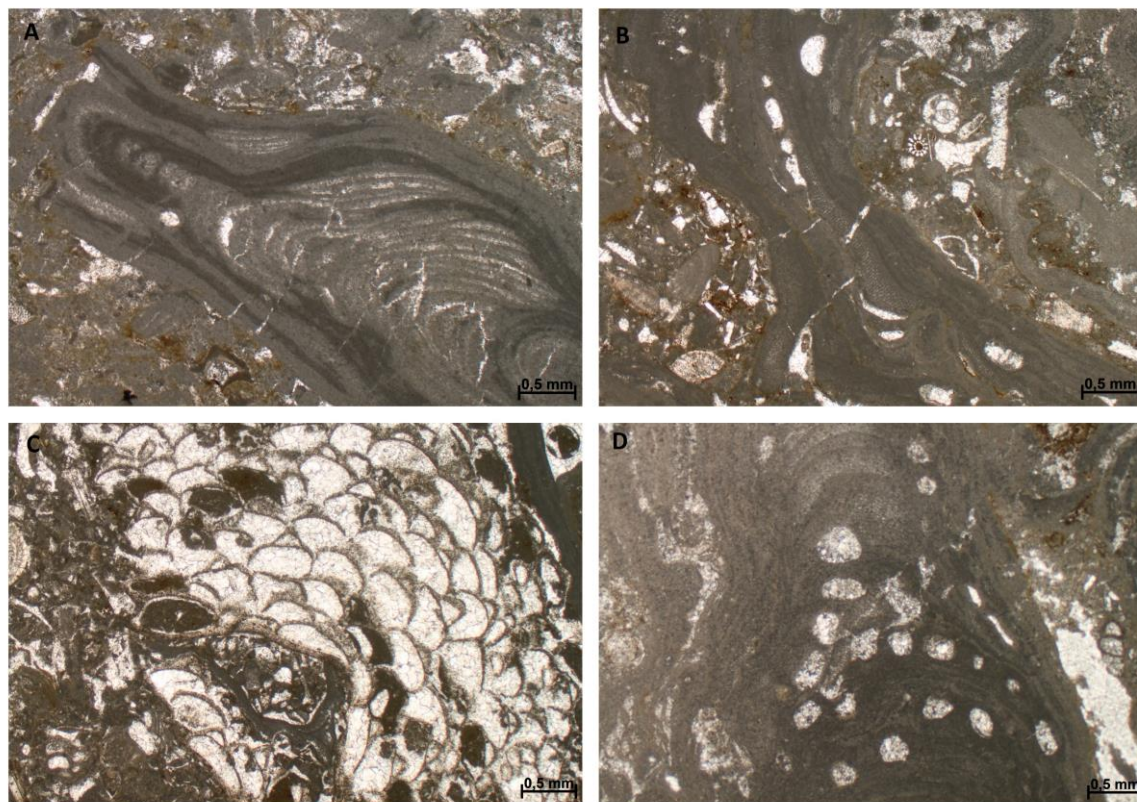
U uzorku G1 vidljivi su učestali presjeci koralinacejskih algi, povremeni presjeci foraminifera staklastih stijenki te bodlji ježinaca (slika 22).



Slika 22: Fotomikrografije uzorka G1 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi, B) koraljnih algi i foraminifera, C) bodlje ježinca, D) koraljnih algi, bodlji ježinaca i foraminifera.

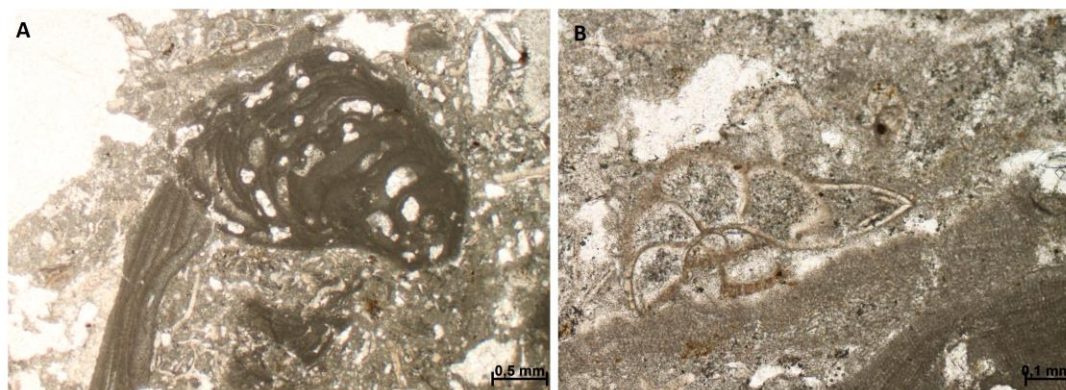
U uzorku G2 nalaze se koraljne alge s vidljivim konceptakulima (slika 23D), bodlje ježinaca u poprečnom presjeku (slika 23B), mahovnjaci (slika 23C) te bentičke foraminifere (slika 23B). Prema BARIĆ (2020) u uzorcima vapnenaca ovog tipa

dominiraju velike bentičke foraminifere. U uzorcima se nalazimo bentičke foraminifere sa staklastim i porculanastim kućicama (slika 23B).



Slika 23: Fotomikrografije uzorka G2 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi, B) koraljnih algi, bodlje ježinca i foraminifera, C) mahovnjaka, D) crvenih algi s vidljivim konceptakulima.

Uzorak G3 ne razlikuje se značajno od uzoraka G1 i G2, a mogu se uočiti presjeci koraljnih algi s vidljivim konceptakulima i bentičke foraminifere (slika 24).

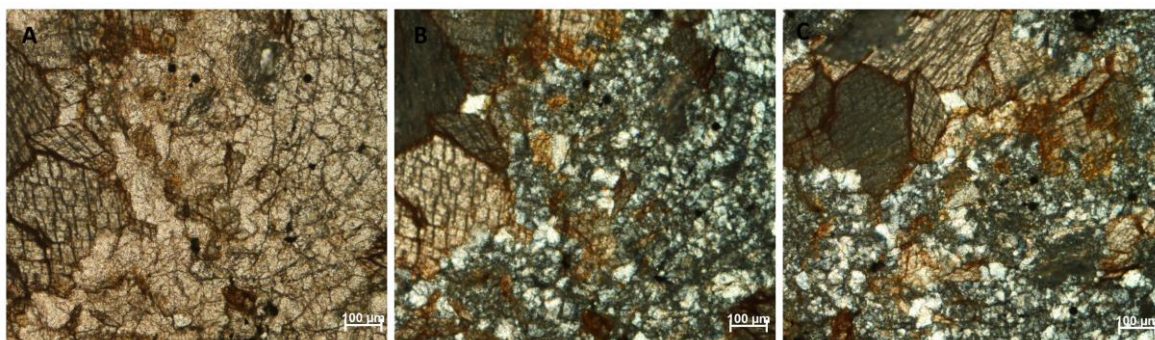


Slika 24: Fotomikrografije uzorka G3 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi s vidljivim konceptakulima, B) foraminifere.

8.4. Rudnik sveta Barbara

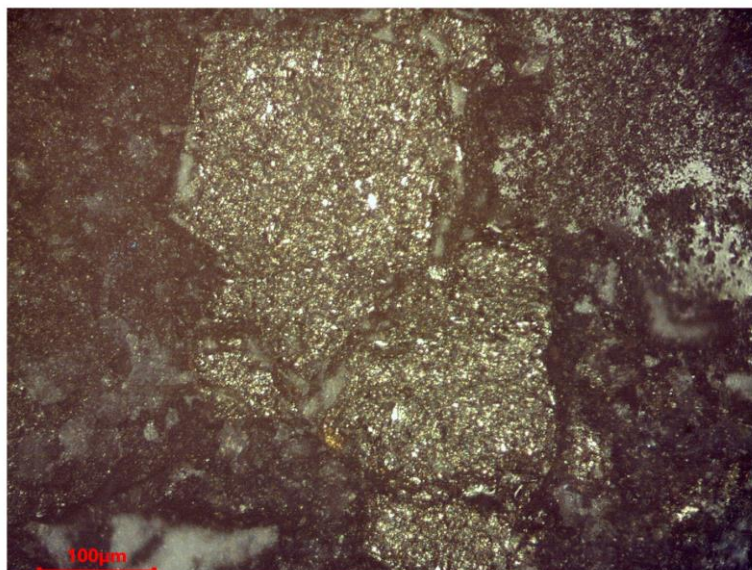
Unutar rudnika sveta Barbara uzeta su tri uzorka (B1, B2 i B3) čije makroskopske teksture ukazuju na hidrotermalni postanak rudonosnih agregata. Najčešće teksture su udubljenja, krustifikacije, pseudomorfoza te postupne granice.

Mikroskopski preparat uzorka B1 prikazuje različite minerale (slika 25). Alotriomorfni kristali bez boje koji interferiraju sivim bojama prvog reda predstavljaju kremen. Hipidiomorfni kristal visokog reljefa s romboedarskom kalavosti predstavlja mineral iz skupine romboedarskih karbonata. S obzirom na to da su rubovi karbonatnog minerala izmijenjeni u hematit, riječ je o sideritu. Hematit je opaki mineral, ali na tankim rubovima propušta svjetlost te je crvenosmeđe boje. Hematit je ovdje vrlo vjerojatno nastao sekundarno nakon metasomatoze karbonatnih minerala otopinama bogatim željezom.



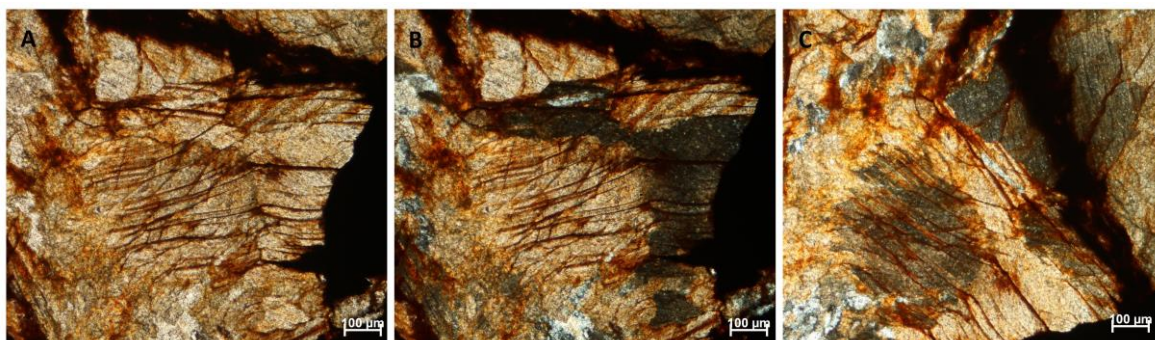
Slika 25: Fotomikrografija uzorka B1 s mineralima kremen, siderita i hematita u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.

Uz siderit, kremen i hematit koji su lako prepoznati i polarizacijskim mikroskopom, u uzorku B1 značajan je udio opakih minerala. Slika 26 prikazuje fotomikrografiju s rudnog mikroskopa. Opaki mineral koji prevladava u uzorku hipidiomorfnog je habitusa, u reflektiranoj svjetlosti žute boje te predstavlja pirit. U mineralnoj je asocijaciji s hematitom u koji se može izmijeniti.



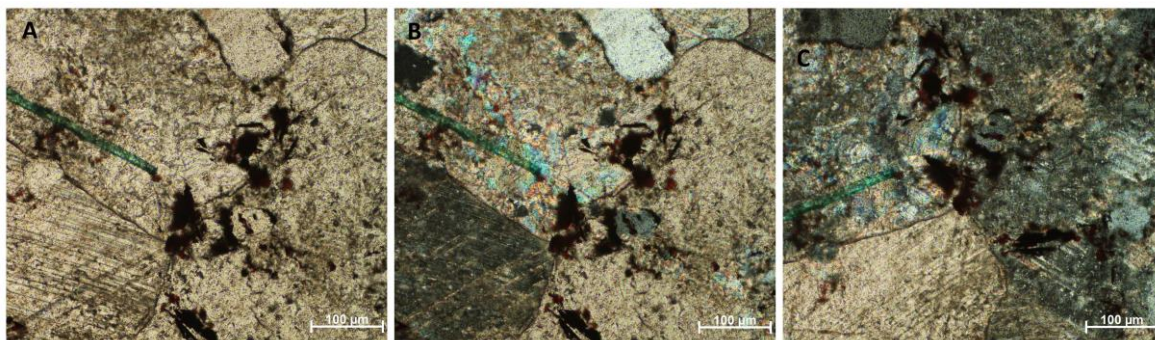
Slika 26: Fotomikrografija uzorka B1. Pirit u reflektiranoj svjetlosti.

U uzorku B2 vidljive su žilice hematita (crvenosmeđe), opaki minerali, siderit i kremen (slika 27).

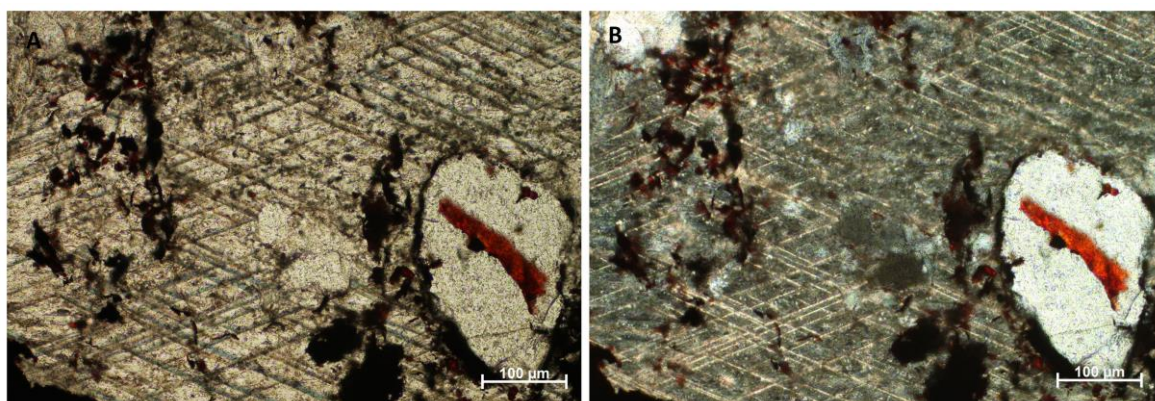


Slika 27: Fotomikrografija uzorka B2 s kremenom, sideritom i opakim mineralima u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.

Uzorak B3 makroskopski je tamnoljubičaste boje, a u mikroskopskom preparatu zamijećeni su hematit, malahit, kremen i siderit (slika 28). U cjelini, uzorak B3 predstavlja pješčenjak bogat karbonatnim mineralima. Mineral sa zelenom kao vlastitom bojom predstavlja malahit. Visok reljef, polisintetske lamele te interferencijska bijela boja višeg reda karakteristike su siderita. Siderit se izmijenuje u goethit i hematit, koji vjerojatno predstavljaju opake minerale u ovom uzorku (slika 29).



Slika 28: Fotomikrografija uzorka B3 s malahitom, sideritom i opakim mineralima u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.



Slika 29: Fotomikrografija uzorka B3 u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom.

9. Rasprava

Uzorci stijena u kojima su formirane obje istraživane špilje predstavljaju 'litotamnijske vapnence' koji su temeljno građeni od alge roda *Lithothamnion*. U njima se pronalaze različiti makrofosili i mikrofosili, a moguća je i planktonska mikrofauna. Rod *Lithothamnion*, kao jedan od češće prisutnih rodova u ovim naslagama, pripada skupini crvenih algi (Rhodophyta) koje su za života, zbog pigmenta fikoeritrina, crvene boje. Žive u morima normalnog saliniteta u različitim klimatskim pojasevima najčešće na dubinama do 25 metara, ali mogu živjeti i na dubinama do 200–250 metara to jest do granice prodiranja plavog dijela spektra u more. Crvene alge imaju unutrašnji skelet građen od visokomagnezijskog kalcita, važne su za rast grebena jer učvršćuju njegovu strukturu, a potencijal fosilnog očuvanja je visok. 'Litotamnijski vapnenci' se, s obzirom na fosilni sadržaj, smatraju autohtonima te nisu pretrpjeli značajne preradbe niti transport. U njima se često nalaze bodlje ježinaca, kralješci riba, zubi, foraminifere i mekušci (Šikić, 1995). 'Litotamnijski vapnenac' taložen je u plitkomorskom okolišu, a starost mu je uglavnom povezana za miocen. Prilikom turističkog obilaska špilje Veternice opisuje se fosilni sadržaj 'litotamnijskog vapnenca', kao i njegova namjena i često korištenje u građevini kao arhitektonsko-građevni kamen, dok je kod obilaska Grgosove špilje naglasak uglavnom stavljen na geomorfološke oblike.

Turistički obilazak rudnika Zrinski obuhvaća kratki opis galenita kao izvora olova i potencijalno srebra. Na prostoru Parka Prirode Medvednica postoji nekoliko edukativnih tabli gdje se spominje zeleni škriljavac kao kamen od kojeg su izgrađeni dijelovi Tomislavovog doma, bolnice Brestovac i kapelica Majke Božje Sljemenske što je dobar primjer prikaza namjene i rasprostranjenosti tih stijena.

Obilazak rudnika sveta Barbara započinje pričom o rudama i geologiji uz geološki stup i profil koji se nalaze na ulazu. Također, ispred ulaza u rudnik sveta Barbara postoji i tabla na kojoj je prikazana fotomikrografija sideritne rude uz pripadajući opis (slika 30). Takav prikaz omogućava posjetiteljima, ali i prolaznicima bolji uvid u sastav same stijene te zanimljiv izgled u mikroskopskom preparatu. Rudnik sveta Barbara jedini je od istraživanih lokaliteta koji posjetiteljima pruža takav uvid u sastav stijene.



Slika 30: Edukativna tabla ispred ulaza u rudnik sveta Barbara na kojoj se nalazi fotomikrografija sideritne rude.

Što se tiče popratnih sadržaja, svi su od istraživanih lokaliteta smješteni u šumi ili na obroncima gorja, ali i u blizini ugostiteljskih objekata. Blizina ovih lokaliteta gradovima pozitivno utječe na razvoj geoturizma i povećanje atraktivnosti turističke ponude općenito. Uz geoturističku ponudu i njeno proširenje važno je naglasiti kako su podzemni objekti izazovni za uređenje i održavanje, ali to je nužno ukoliko se želi razvijati geoturizam. Istraživani lokaliteti već su uređeni, no problemi s održavanjem vidljivi su pri posjećivanju. Drveni rukohvati i stepenice u podzemlju podložni su propadanju te ih je potrebno redovito održavati i obnavljati. Nužno je osigurati i dovoljno primjerene rasvjete što nije najbolje ostvareno u nekima od istraživanih lokaliteta. Također, u rudniku Zrinski na nekoliko lokacija postoje senzori sa zvučnim efektima koji već duže vrijeme nisu u funkciji jer nakon kvara nisu obnavljani. Turistička ponuda i dalje postoji, ali upitna je održivost turizma na lokalitetima koji se ne unapređuju aktivno.

Svi lokaliteti istraživani u ovom radu posjećuju se uz pratnju stručnog vodstva što osigurava prijenos točnih informacija posjetiteljima te sprječava uništavanje lokaliteta od

neodgovornih posjetitelja. Od lokaliteta obrađivanih u ovom radu najviše je devastacije pretrpjela špilja Veternica u koju su, prije postavljanja ograde na ulaz, posjetitelji slobodno ulazili te pisali po stijenama i trgali špiljske ukrase od kojih su danas u skoro pa cijelom turističkom dijelu vidljivi samo ostatci nekadašnjih ukrasa. Osim zakona koji pravno štiti podzemne geolokalitete, nužna je i fizička zaštita u obliku zaključanih ograda na svim ulazima. Neodgovorno i neorganizirano posjećivanje podzemnih objekata, osim što može narušiti njihov izgled, negativno utječe i na živi svijet te ekološku stabilnost osjetljivih prirodnih podzemnih sustava (špilja) te umjetnih podzemnih prostorija (rudnika) koje su s vremenom također postale stanište životinja. Podzemlje ima svoje karakteristične mikroklimatske uvjete i takvo je uravnoteženo. Prokopavanje ulaza radi lakšeg prolaza posjetitelja na primjeru špilja može dovesti do ulaska prevelike količine vlage u objekt ili do njegova isušivanja što ugrožava prirodnu klimu. TALAJA (2019) naglašava da do negativnih posljedica kod uređenja podzemnih objekata može dovesti upravo to što ne postoji univerzalan princip uređivanja.

Kako bi se geoturistička ponuda atraktivnih lokaliteta dodatno proširila s informacijama o stijenama te kako bi se naglasak stavio i na georaznolikost predložene su edukativne table s fotomikrografijama stijena te sažetim informacijama o njihovom sastavu. Prilikom odabira sadržaja za edukativne table nužno je staviti pozornost na primjerenost i jasnoću teksta svim dobnim skupinama. Stručni izrazi na edukativnim tablama za javnost mogli bi izazvati samo zbunjenost ili nezainteresiranost. Također, sadržaj table trebao bi biti što kraći kako bi ga posjetitelji zaista pročitali u cjelini.

10. Prijedlog dodatne geoturističke ponude

S obzirom na to da je cilj ovog rada dati prijedlog proširenja geoturističke ponude s većim naglaskom na geologiju i same stijene, u ovom će poglavlju biti prikazane skice potencijalnih tabli s fotomikrografijom stijene sa svakog od istraživanih lokaliteta te informacijama o tipu naslaga, starosti i sastavu stijena (slike 31, 32, 33 i 34). Tekst na tablama obuhvaća sažete informacije o stijenama i njihovoj važnosti te atraktivne fotomikrografije dobivene tijekom ovog istraživanja. Fotomikrografije stijena s lokaliteta špilje Veternice i Grgosove špilje predstavljaju 'litotamnijske vapnence', a u odabranim presjecima vidljivi su neki od njegovih glavnih sastojaka. Fotomikrografije stijena iz rudnika Zrinski i rudnika sveta Barbara prikazuju minerale koji su sastavni dijelovi stijena koje izgrađuju prostor rudnika i neke od rudnih minerala.

ŠPILJA VETERNICA

POGLED U MIKROSVIJET STIJENA U KOJIMA JE ŠPILJA NASTALA

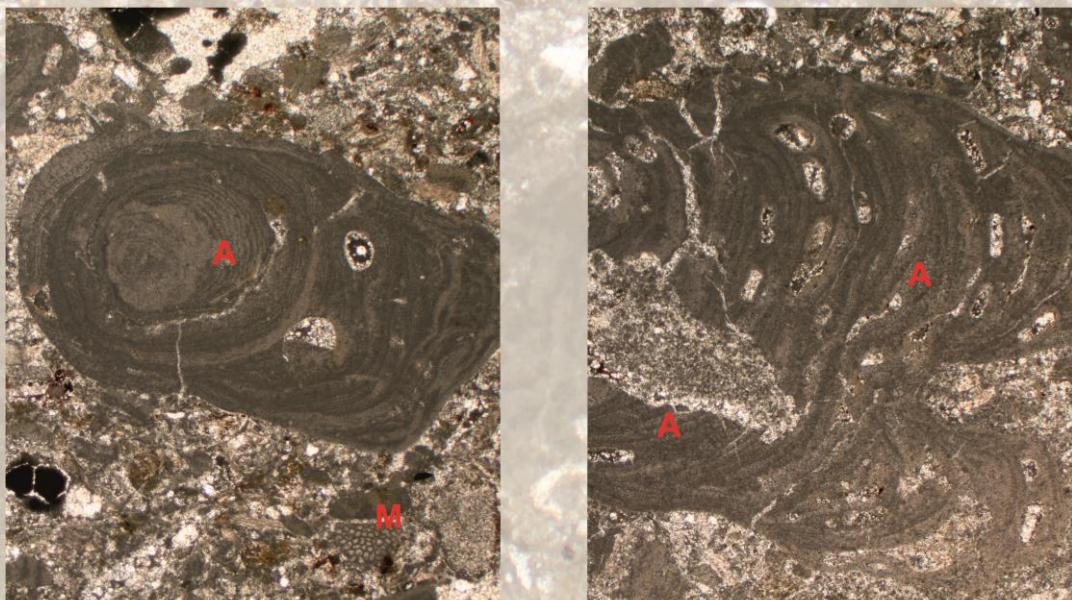
Koru Zemlje sačinjavaju stijene koje su vrlo raznolike, kako po postanku tako i po izgledu i sastavu. Jeste li se ikada zapitali od čega su sačinjene stijene na području špilje Veternica?

Špilja Veternica nastala je na plohi diskontinuiteta gdje litotamnijski vapnenci badenske starosti (prije 16 do 13 milijuna godina) naliježu na starije, manje propusne dolomite srednjeg i gornjeg trijasa (oko 247 do 201 milijuna godina).

Sama špilja nastala je erozijom i korozijom vapnenaca površinskim i oborinskim vodama koje poniru u okolici današnje špilje.

Na ovoj tabli možete vidjeti kako 'litotamnijski vapnenac' izgleda pod mikroskopom, odnosno fotomikrografije s vidljivim česticama koje tvore stijenu. Ime je stijena dobila po sastavnim dijelovima, od kojih su najbrojnije crvene koraljne alge (poput roda *Lithothamnion*) te mnogobrojni fragmenti kućica jednostaničnih organizama (foraminifera), ali i skeleta višestaničnih organizama poput mahovnjaka i ježinaca, koji su živjeli u moru koje se na ovom prostoru nalazilo u razdoblju miocena, točnije badena.

'Litotamnijski vapnenac' se na našim prostorima često koristi kao arhitektonsko-građevni kamen i može ga se uočiti na mnogobrojnim građevinama, od čega je najpoznatiji primjer zagrebačka katedrala.



Fotomikrografije s vidljivim presjecima: crvenih koraljnih algi (A) i mahovnjaka (M).

Slika 31: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta špilja Veternica.

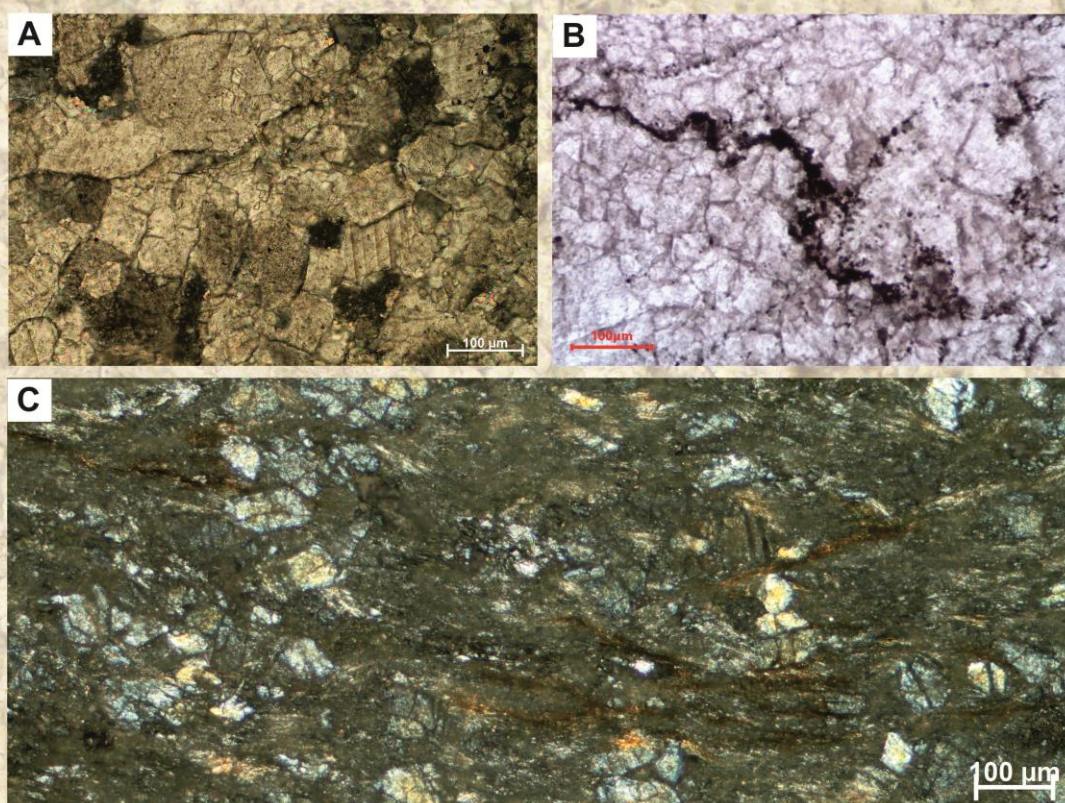
RUDNIK ZRINSKI

POGLED U MIKROSVIJET STIJENA U KOJIMA JE RUDNIK NASTAO

Rudnici nam, osim korisnih ruda, daju i značajan uvid u stijene koje nalazimo ispod površine Zemlje. Jeste li se ikada zapitali od čega su sačinjene stijene na području rudnika Zrinski?

Na širem prostoru rudnika nalaze se najpoznatije metamorfne stijene područja Medvednice – zeleni škriljavci, dok je sam rudnik u dolomitnim stijenama i dolomitiziranim vapnencima starim oko 250 milijuna godina u kojima je ponegdje golim okom vidljiva pojava rudnih minerala u žilama i manjim lećama. Najčešći rudni mineral srebrnog sjaja je galenit (PbS), u kojem se nalazi i mali udio srebra (Ag), a prisutni su i minerali poput sfalerita, pirita, kremena, anglezita i ceruzita.

Zeleni škriljavci se na našim prostorima često koriste kao arhitektonsko-građevni kamen i može ga se uočiti na dijelovima mnogobrojnih ograda i građevina na prostoru Medvednice i grada Zagreba.



Fotomikrografije s vidljivim: (A) mineralima dolomita, (B) žilom rudnih minerala unutar dolomitne stijene, (C) mineralima epidota i klinozoisita u zelenom škriljavcu.

Slika 32: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta rudnik Zrinski.

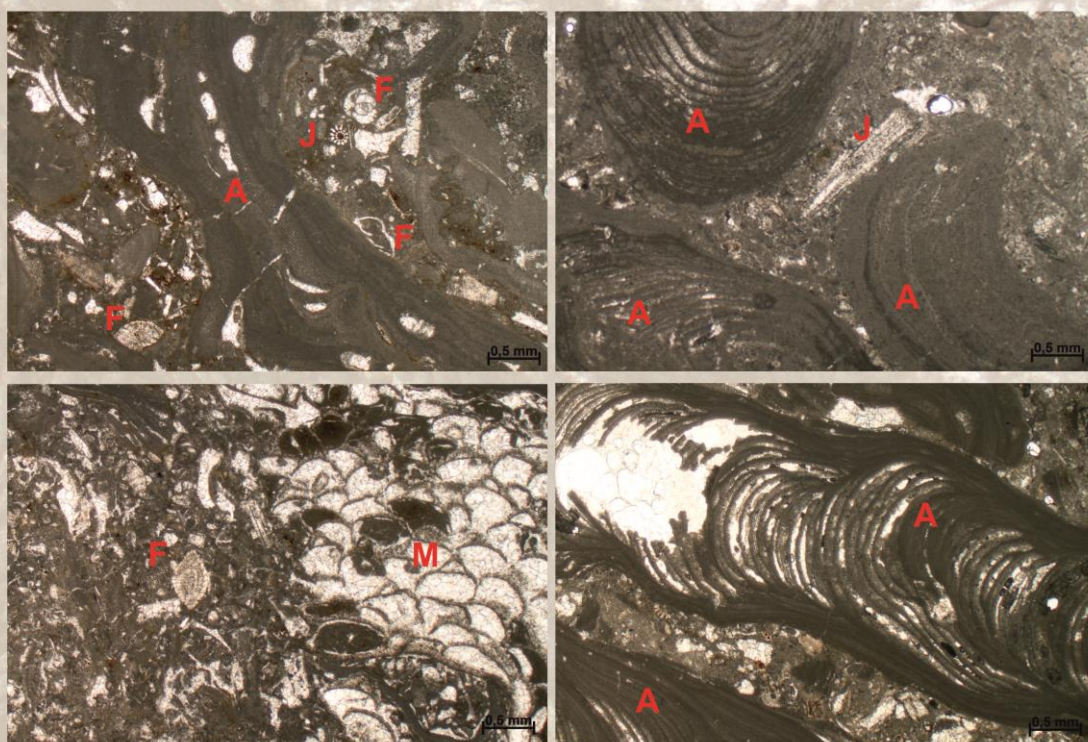
GRGOSOVA ŠPILJA

POGLED U MIKROSVIJET STIJENA U KOJIMA JE ŠPILJA NASTALA

Stijene sačinjavaju koru Zemlje i vrlo su raznolike, kako po postanku tako i po izgledu i sastavu. Jeste li se ikada zapitali od čega su sačinjene stijene unutar kojih se nalazi Grgosova špilja?

Na ovoj tabli možete vidjeti kako stijena izgleda pod mikroskopom, odnosno fotomikrografije s vidljivim česticama koje tvore stijenu koju najčešće nazivamo 'litotamnijski vapnenac'. Ime je stijena dobila po sastavnim dijelovima, od kojih su najbrojnije crvene koraljne alge (jedan od rodova je *Lithothamnion*) te mnogobrojni fragmenti kućica jednostaničnih organizama (foraminifera), ali i skeleta višestaničnih organizama poput mahovnjaka i ježinaca, koji su živjeli u moru koje se na ovom prostoru nalazilo u razdoblju miocena, točnije badena (prije otprilike 16 do 13 milijuna godina).

'Litotamnijski vapnenac' često se na našim prostorima koristi kao arhitektonsko-građevni kamen i može ga se uočiti na mnogobrojnim građevinama, od čega je najpoznatiji primjer zagrebačka katedrala.



Fotomikrografije s vidljivim presjecima: crvenih koraljnih algi (A), foraminifera (F), mahovnjaka (M) i bodlji ježinaca (J).

Slika 33: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta Grgosova špilja.

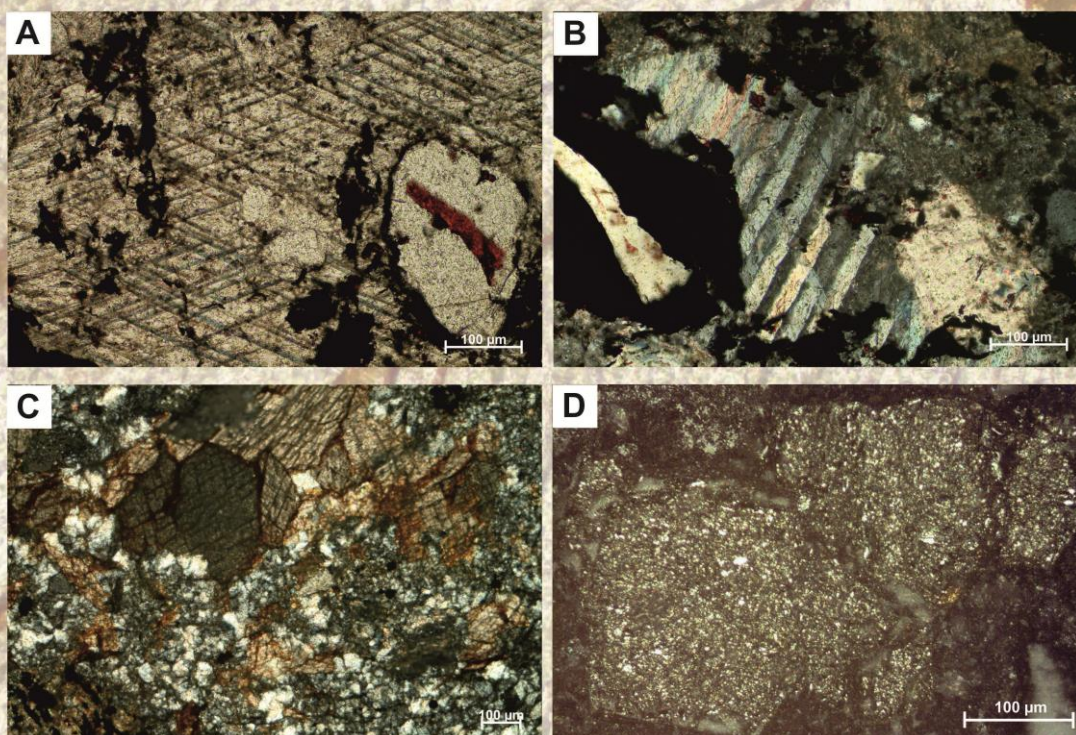
RUDNIK SVETA BARBARA

POGLED U MIKROSVIJET STIJENA U KOJIMA JE RUDNIK NASTAO

Unutar rudnika nalazimo stijene koje nam, osim korisnih ruda, daju i značajan uvid u geološku prošlost određenog područja. Jeste li se ikada zapitali od čega su sačinjene stijene na području rudnika svete Barbare?

U stijenama koje nalazimo na prostoru rudnika došlo je prije oko 240 milijuna godina do prodora morske vode bogate različitim mineralima i nastanka naslaga koje sadrže minerale bogate bakrom i željezom, poput halkopirita, siderita i hematita. Česte su i pojave minerala pirita, galenita, sfalerita, barita, gipsa, anhidrita te kremenca.

Navedeni minerali vađeni su na ovom prostoru sve do 19. stoljeća te se po količini dobivenog bakra ovaj rudnik smatra jednim od najisplativijih u povijesti rudarenja u Europi.



Fotomikrografije s vidljivim: (A) i (B) mineralima siderita s vidljivim lamelama, (C) mineralima kremenca i siderita obrubljeni hematitom, (D) mineralima pirita u stijenama iz unutrašnjih dijelova rudnika svete Barbare.

Slika 34: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta rudnik sveta Barbara.

11. Zaključak

Stijene unutar kojih je formirana špilja Veternica predstavljaju tipične 'litotamnijske vapnence' miocenske starosti te dolomite stromatolitnog tipa trijasko starosti. Špilja je nastala na kontaktu tih naslaga i danas hidrogeološki aktivna, a u manjem dijelu obilazi se turistički. Rudnik Zrinski nalazi se u dolomitnim stijenama u koje je u srednjem trijasku odložena mineralizacija *Mississippi Valley* tipa. Glavni rudni minerali su galenit i sfalerit, no eksploatacija nije isplativa. Okolicu rudnika grade zeleni škriljavci. Grgosova špilja formirana je u 'litotamnijskom vapnencu' te je izuzetno bogata špiljskim ukrasima za koje je zaslužna voda prokapnica. Rudnik sveta Barbara u srednjem je vijeku bio jedan od najznačajnijih rudnika bakra u Europi. Uz halkopirit, kao glavni izvor bakra, pronalaze se siderit, hematit, galenit, sfalerit, barit, gips, anhidrit, malahit, kremen i drugi. Sama mineralizacija je *stratabound* do SEDEX tipa.

Geološki oblici i procesi koje obrađuje tema geoturizma prisutni su bez prostornog ograničenja te je za razvoj i održavanje takvog turizma potrebna isključivo inovativnost, zanimljiva interpretacija te kontinuirano unapređivanje i ulaganje. S obzirom na to da na primjeru podzemnih objekata već samo uređenje u vidu postavljanja infrastrukture ima utjecaj na okoliš, dodatna onečišćenja zbog česte cirkulacije ljudi te u krajnosti vandalizma na okoliš utječu izrazito negativno. Međutim, upravo je jedan od važnih ciljeva geoturizma edukacija posjetitelja o prošlim te aktivnim prirodnim procesima kako na površini tako i u podzemlju. To je način na koji geoturizam treba pozitivno utjecati na okoliš i stanovništvo, prenositi važna znanja te očaravati posjetitelje ljepotama, ali i koristima prirodnog i umjetnog podzemlja.

Četiri lokaliteta s dobrim geoturističkim potencijalom (špilja Veternica, rudnik Zrinski, Grgosova špilja i rudnik sveta Barbara) prikazana u ovom radu već imaju prilično dobru ponudu za sve koje zanima nešto drugačiji pogled na svijet i okoliš u kojem živimo. Ono što je dobar dodatak ovakvoj ponudi prikazano je u ovom radu prijedlozima poučnih tabli s pogledom u mikrosvijet jer ovo je nešto što posjetitelji rijetko mogu vidjeti ili o tome razmišljaju posjećujući ovakve lokalitete. Predložene table s informacijama o stijenama za cilj imaju promovirati geologiju i georaznolikost te educirati posjetitelje o stijenama koje izgrađuju okolinu svakog čovjeka.

12. Literatura

- BARIĆ, T. (2020): Bioklastične naslage miocenske starosti na području Dubravica-Veternica. Diplomski rad, 32 str. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- BOŽIČEVIĆ, S. (1960): Pećina Veternica nekada, sada i u budućnosti. *Speleolog*, 7-8, 7–24.
- BOŽIČEVIĆ, S. (1976): Hidrogeologija pećine Veternice kraj Zagreba na planini Medvednici. Osmi jugoslavenski geološki kongres, 4, 5–12.
- BUNTIĆ, A. (2020): Rudarska geobaština Europe i Hrvatske. Diplomski rad, 47 str. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks. *AAPG Mem*, 1, 108–121.
- EMBRY, A.F., KLOVAN, J.E. (1971): A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. *Bulletin of Canadian Petroleum geology*, 19, 730–781.
- JUG, N., BARUDŽIJA, U., DURN, G. (2008): Distribucije Hg u zraku tla i Hg u tlu oko napuštenog rudnika „Zrinski“ na Medvednici. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 20, 1–11.
- LACKOVIĆ, D., GLUMAC, B., ASMEROM, Y., STROJ, A. (2011): Evolution of the Veternica Cave (Medvednica Mountain, Croatia) drainage system: insights from the distribution and dating of cave deposits. *Geologia Croatica*, 64/3, 213–221.
- NEUMANN, U. (2019): Guide for the microscopical identification of ore and gangue minerals. Tübingen: University Press, 321 str.
- NEWSOME, D., DOWLING, R.K. (2010): *Geotourism: The tourism of Geology and Landscape*. Oxford: Goodfellow Publishers, 320 str.
- OZIMEC, R., ŠINCEK, D. (2011): Speleološki objekti planinskih masiva SZ Hrvatske. Stručni članak. Varaždin: HAZU, 201–230.
- PALINKAŠ, L., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., STRMIĆ PALINKAŠ, S. (2008): Metallogeny of the Northwestern and Central Dinarides and Southern Tisia. *Ore Geology Reviews*, 34, 501–520.
- PALINKAŠ, L., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., STRMIĆ PALINKAŠ, S., PROCHASKA, W., SPANGENBERG, J., CUNA, S., ŠINKOVEC, B. (2010): Permian-polysulphide-siderite-barite-haematite deposit Rude in Samoborska Gora Mts., Zagorje-Mid-Transdanubian zone of the Internal Dinarides. *Geologia Croatica*, 63/1, 93–115.
- POSARIĆ, J. (1977): Grgosova špilja kod Samobora. *Speleolog*, 24/25, 9–11.

- SURIĆ, M. (2018): Preliminarni rezultati istraživanja siga u okviru projekta REQUENCRIM. U: Krajcar Bronić, I., Zbornik sažetaka Završne radionice: Rekonstrukcija okoliša u Hrvatskoj tijekom kvartara primjenom izotopnih metoda. Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 22–25.
- STOJANOVIĆ, V. (2011): Turizam i održivi razvoj. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Prirodoslovno-matematički fakultet, departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, 260 str.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O., ŠIMUNIĆ, A. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Zagreb L38-80. Institut za geološka istraživanja Zagreb (1972), Savezni geološki zavod, Beograd.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O., ŠIMUNIĆ, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Zagreb L38-80. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 76 str.
- ŠIKIĆ, K. (1995): Geološki vodič Medvednice. Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 199 str.
- ŠINKOVEC, B., PALINKAŠ, L., DURN, G. (1988): Rudne pojave Medvednice. Geološki vjesnik, 41, 395–405.
- TALAJA, M. (2019): Uređivanje špilja i jama za turističke posjete – preporuke i regulativa. U: RNJAK, G., Speleologija. Zagreb: Speleološko društvo Velebit, Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja, 763–772.
- VRKLJAN, M., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., TOMAŠIĆ, N. (2018): Optička mineralogija: Određivanje minerala polarizacijskim mikroskopom. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 331 str.

MREŽNI IZVORI:

- 1.) <https://www.unwto.org/> (pristupljeno: 14.05.2021.)
- 2.) <https://zeleni-prsten.hr/web/grgosova-spilja/> (pristupljeno: 15.05.2021.)
- 3.) <https://www.hps.hr/speleologija/zastita-speleoloskih-objekata/> (pristupljeno: 08.09.2021.)
- 4.) <https://www.hps.hr/speleologija/speleoloski-objekti/> (pristupljeno: 09.09.2021.)
- 5.) <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/zasticena-podrucja/nacionalni-parkovi/1194> (pristupljeno: 15.09.2021.)
- 6.) <https://www.pp-papuk.hr/unesco-geopark-papuk/> (pristupljeno: 15.09.2021.)

13. Popis slika

Slika 1: Prikaz područja zapadnog dijela grada Zagreba i dijela Medvednice s označenom špiljom Veternicom i rudnikom Zrinski te područja Samoborskog gorja s označenim lokacijama Grgosove špilje i rudnika sveta Barbara	4
Slika 2: Google Earth karta s preklapljenom OGK list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) s označenim lokalitetima od interesa. Jedinice Osnovne geološke karte na kojima se nalaze istraživani lokaliteti: špilja Veternica i Grgosova špilja pripadaju jedinici organogenih i bioklastičnih vapnenaca, pješčenjaka, vapnovitih i glinovitih lapora badena, rudnik Zrinski pripada jedinici parametamorfita i ortometamorfita procjenjene starosti devon, karbon, rudnik sveta Barbara nalazi se u jedinici brečokonglomerata, konglomerata, pješčenjaka, šejlova, silita, vapnenaca, dolomita i gipsa srednjeg i gornjeg perma.	6
Slika 3: Prikaz glavnih kanala špilje Veternice: A) Geološki profil s prikazom prolaza vode od ponora na krškom polju Ponikve do izvora Dubravica. B) Nacrt manjeg dijela glavnog kanala i sporednih kanala. Brojevi 1, 2, 3, 4 i 5 prikazuju lokacije atraktivnih speleoloških oblika. (preuzeto i modificirano prema LACKOVIĆ et al., 2011).....	11
Slika 4: Nepravilni ježinac u 'litotamnijskom vapnencu' unutar Veternice	13
Slika 5: Ulaz u rudnik Zrinski	15
Slika 6: Galenit	16
Slika 7: Drvena podgrada.....	17
Slika 8: Tabla s nacrtom Grgosove špilje i Nove Grgosove špilje koja se nalazi ispred ulaza u objekte	18
Slika 9: Unutrašnjost Nove Grgosove špilje	19
Slika 10: Unutrašnjost Nove Grgosove špilje bogate ukrasima	20
Slika 11: Masivni siderit (smeđe), malahit (zeleno), limonit (narančasto) i bijele prevlake od procjeđivanja vode	22
Slika 12: Siderit (smeđe), limonit (žuto, narančasto) i bijele naslage nastale od procjeđivanja vode.....	22
Slika 13: Ulaz u turistički dio rudnika sveta Barbara gdje su postavljeni geološki stup i profil.....	23
Slika 14: Fotomikrografije uzorka V1 iz špilje Veternice s vidljivim presjecima: A) koraljnih algi s konceptakulima, B) koraljnih algi i mahovnjaka.....	25
Slika 15: Fotomikrografije uzorka V2 iz špilje Veternice; A) Minerali s izraženom romboedarskom kalavosti, B) Lamine kalcita nastajale formiranjem sigovine.	26
Slika 16: Fotomikrografije uzorka V3 iz okolice špilje Veternice. Obje fotografije predstavljaju dolomitizirani vapnenac stromatolitnog tipa.	27
Slika 17: Fotomikrografije uzorka V4 iz okolice špilje Veternice: stromatoliti.	27
Slika 18: Fotomikrografija uzorka Z1 u prolaznoj svjetlosti s anhidralnim kristalima dolomita.	28

Slika 19: Fotomikrografija uzorka Z1 u prolaznoj svjetlosti, kristali dolomita: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.....	29
Slika 20: Fotomikrografija uzorka Z1 u reflektiranoj svjetlosti: tamna žila sulfidnog minerala u dolomitu.	29
Slika 21: Fotomikrografija uzorka Z2-zeleni škriljavac u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.....	30
Slika 22: Fotomikrografije uzorka G1 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi, B) koraljnih algi i foraminifera, C) bodlje ježinca, D) koraljnih algi, bodlji ježinaca i foraminifera.	31
Slika 23: Fotomikrografije uzorka G2 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi, B) koraljnih algi, bodlje ježinca i foraminifera, C) mahovnjaka, D) crvenih algi s vidljivim konceptakulima.	32
Slika 24: Fotomikrografije uzorka G3 iz Grgosove špilje s presjecima: A) koraljnih algi s vidljivim konceptakulima, B) foraminifere.	32
Slika 25: Fotomikrografija uzorka B1 s mineralima kremenca, siderita i hematita u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.	33
Slika 26: Fotomikrografija uzorka B1. Pirit u reflektiranoj svjetlosti.	34
Slika 27: Fotomikrografija uzorka B2 s kremenom, sideritom i opakim mineralima u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.	34
Slika 28: Fotomikrografija uzorka B3 s malahitom, sideritom i opakim mineralima u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom, C) s uključenim analizatorom u položaju maksimalnog potamnjenja.	35
Slika 29: Fotomikrografija uzorka B3 u prolaznoj svjetlosti: A) bez uključenog analizatora, B) s uključenim analizatorom.	35
Slika 30: Edukativna tabla ispred ulaza u rudnik sveta Barbara na kojoj se nalazi fotomikrografija sideritne rude.	37
Slika 31: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta špilja Veternica.	40
Slika 32: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta rudnik Zrinski.....	41
Slika 33: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta Grgosova špilja.	42
Slika 34: Skica potencijalne edukativne table s tekstom koji daje kratke informacije o stijeni te fotomikrografijama stijene s lokaliteta rudnik sveta Barbara.....	43