Geomorfološke značajke Ozaljske špilje

Horaček, Paula

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:136808

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OZALJSKE ŠPILJE

DIPLOMSKI RAD

Paula Horaček

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Krajobrazna arhitektura

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OZALJSKE ŠPILJE

DIPLOMSKI RAD

Paula Horaček

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Kristina Krklec

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Paula Horaček**, JMBAG 0178116418, rođena 17.02.1999. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OZALJSKE ŠPILJE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Paula Horaček**, JMBAG 0178116418, naslova

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OZALJSKE ŠPILJE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Kristina Krklec mentor _____
2. prof. art. Stanko Stergaršek član _____
3. doc. dr. sc. Iva Rechner Dika član _____

Sadržaj

Sažetak

Summary

1. Uvod ... 1

2. Problemi i ciljevi ... 2

3. Materijali i metode rada ... 3

4. Terminologija speleoloških objekata ... 4

4.1. Definicija, klasifikacija i procesi nastanka špilja ... 4

4.2. Špiljski ukrasi ... 7

4.3. Korištenje špilja ... 10

5. Antropogeni utjecaj na turističke speleološke objekte ... 11

5.1. Negativno turističko uređenje ... 15

5.1.1. Špilje unutar Hrvatske ... 15

5.1.2. Svjetske špilje ... 17

5.2. Pozitivno turističko uređenje ... 18

5.2.1. Špilje unutar Hrvatske ... 18

5.2.2. Svjetske špilje ... 19

6. Lokacija istraživanja ... 21

6.1. Prostorni kontekst i značaj špilje ... 21

6.2. Postojeće stanje unutar špilje uz fotodokumentaciju ... 22

6.2.1. Geomorfološke značajke kroz pozitivni aspekt - istaknuti akcenti prostora ... 25

6.2.2. Geomorfološke značajke kroz negativni aspekt ... 35

7. Zaključak ... 43

8. Literatura ... 44

9. Popis internetskih izvora ... 46

10. Izvori fotografija ... 47

Životopis

Sažetak

Diplomskog rada studentice Paula Horaček, naslova

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OZALJSKE ŠPILJE

U ovom radu prikazane su geomorfološke značajke Ozaljske špilje u gradu Ozlju, te su predložene smjernice za njeno očuvanje i regulaciju neovlaštenog posjećivanja. Identificirani su problemi zabilježeni tijekom obilaska speleološkog objekta; ustanovljena je izrazita šteta na špiljskim ukrasima uzrokovana utjecajem vatre, što osim ostavljenog crnila dodatno remeti prirodne speleološke procese, uočeno je otuđenje špiljskih ukrasa i prisutnost otpada. Na temelju proučene literature predložena su moguća rješenja za ublažavanje ili eliminiranje antropogenog utjecaja na speleološke objekte te floru i faunu, uzimajući za primjer postojeće turističke špilje. Primjeri adekvatno uređenih i očuvanih speleoloških objekata poslužili su kao početni korak za formiranje rješenja zaštite. Tako su ponuđene nove smjernice u skladu sa zaštitom špilje te sigurnosti potencijalnih posjetitelja, kako bi se zaustavilo daljnje uništavanje Ozaljske špilje.

Ključne riječi: turistički speleološki objekt, zaštićeno područje, geomorfološke značajke

Summary

Of the master's thesis - student **Paula Horaček,** entitled

GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF OZALJ CAVE

In this paper, the geomorphological features of the Ozalj Cave in the town of Ozalj are presented, and guidelines for its preservation and regulation of unauthorized visits are proposed. The problems recorded during the tour of the speleological facility were identified; significant damage to the cave decorations caused by the fire was found, which, in addition to the blackness left behind, additionally disturbs the natural speleological processes, alienation of the cave decorations and the presence of waste were observed. Based on the studied literature, possible solutions for mitigating or eliminating the anthropogenic impact on speleological objects and flora and fauna were proposed, taking as an example the existing tourist caves. Examples of adequately arranged and preserved speleological objects served as an initial step for the formation of protection solutions. Thus, new guidelines were offered in accordance with the protection of the cave and the safety of potential visitors, in order to stop further destruction of the Ozalj Cave.

Keywords: tourist speleological object, protected area, geomorphological characteristics

1. Uvod

Špilje koje se posjećuju isključivo uz nadzor stručnog vodstva imaju bolje prilike za očuvanje jer ne dolazi do situacija nekontroliranog uništavanja i zagađenja. To su posebna staništa za endemsku floru i faunu koja preživljava isključivo u uvjetima koje pružaju podzemne površine kao što su: visoki stupanj vlage u zraku, smanjena količina ili nedostatak sunčeve svjetlosti i ograničena cirkulacija zraka. Nadalje, špilje su riznica paleoklimatskih zapisa (speleotema), koji neadekvatnom zaštitom mogu biti bespovratno izgubljeni.

Međutim, iako su zakonom zaštićeni, pristup speleološkim objektima uglavnom je slobodan, te dolazi do njihova uništavanja (šaranja zidova, kidanja speleotema, otuđivanja fosilnih ostataka i uznemiravanja životinja). Stoga je u nekim slučajevima uređenje speleološkog objekta jedini način kontroliranja pristupa objektu i njegove adekvatne zaštite. Kontrola pristupa objektu i posjet uz prisustvo ovlaštene osobe sprečava uništavanje objekta, odlaganje otpada u prostoru same špilje i u vanjskom okolnom prostoru te uznemiravanje šišmiša i kukaca. Postavljanjem adekvatno opremljenih staza, odgovarajućih rasvjetnih tijela i materijala, oblikovani prostor ima potencijala postati novo turističko odredište s naglaskom na edukaciju posjetitelja o očuvanju specifičnih staništa. Povećava se i lokalna osviještenost o prisutnosti područja prirodnog i kulturnog značaja koje ima potencijala povećati turizam područja.

Ozaljska špilja smještena u neposrednoj blizini starog grada Ozlja, značajan je arheološki, paleontološki i biospeleološki lokalitet. S obzirom na postojanje endemske faune, objekt je dio Natura 2000 ekološke mreže, te trenutno ne postoji plan uređenja istog. Iako je objekt teoretski zatvoren za javnost, pristup objektu je razmjerno jednostavan, te ne postoje nikakvi vidljivi znakovi obavijesti ili zabrane.

2. Problemi i ciljevi

Uslijed neadekvatne zaštite Ozaljske špilje, odnosno nepostojanja ograde i/ili znakova obavijesti i zabrane dolazi do nekontroliranog posjećivanja, te često uništavanja unutrašnjosti špilje. Rezultat tome su uništeni speleotemi, nekontrolirano odlaganje otpada unutar objekta, moguće ilegalno iskopavanje fosilnih i arheoloških ostataka, premještanje stijenskog materijala, te paljenje vatre unutar špilje i onečišćenje unutrašnjosti voskom i čađom. Također, takvo neodržavanje može dovesti do ugroženosti kolonije šišmiša, koja je glavni razlog zaštite špilje i njenog uključivanja u Natura 2000 ekološku mrežu. Vanjski prostor također je neodržavan, zapušten i djelomično zagađen otpadom.

Cilj ovog rada je dati pregled prirodnih i antropogenih procesa koji utječu na prirodnu ravnotežu u speleološkim objektima. Prikazati nekoliko svjetskih primjera dobrog i lošeg uređenja speleoloških objekata, te uvažavajući specifičnosti objekta dati prijedlog koje dijelove objekta istaknuti u slučaju turističkog uređenja Ozaljske špilje.

3. Materijali i metode rada

U pripremnoj fazi istraživanja prikupljeni su postojeći dostupni podatci o turističkim speleološkim objektima u Hrvatskoj i svijetu (literatura, karte i speleološki nacrti). Tijekom terenskih istraživanja izvršena su mjerenja morfologije objekta, inventarizacija reljefnih oblika, te prikupljanje fotodokumentacije unutarnjeg i vanjskog prostora te izrada skica postojećeg stanja. Na temelju relevantne znanstvene literature izvršen je opis reljefnih oblika, te objašnjen njihov nastanak. Također, dan je prijedlog koje dijelove objekta istaknuti u slučaju turističkog uređenja Ozaljske špilje.

4. Terminologija speleoloških objekata

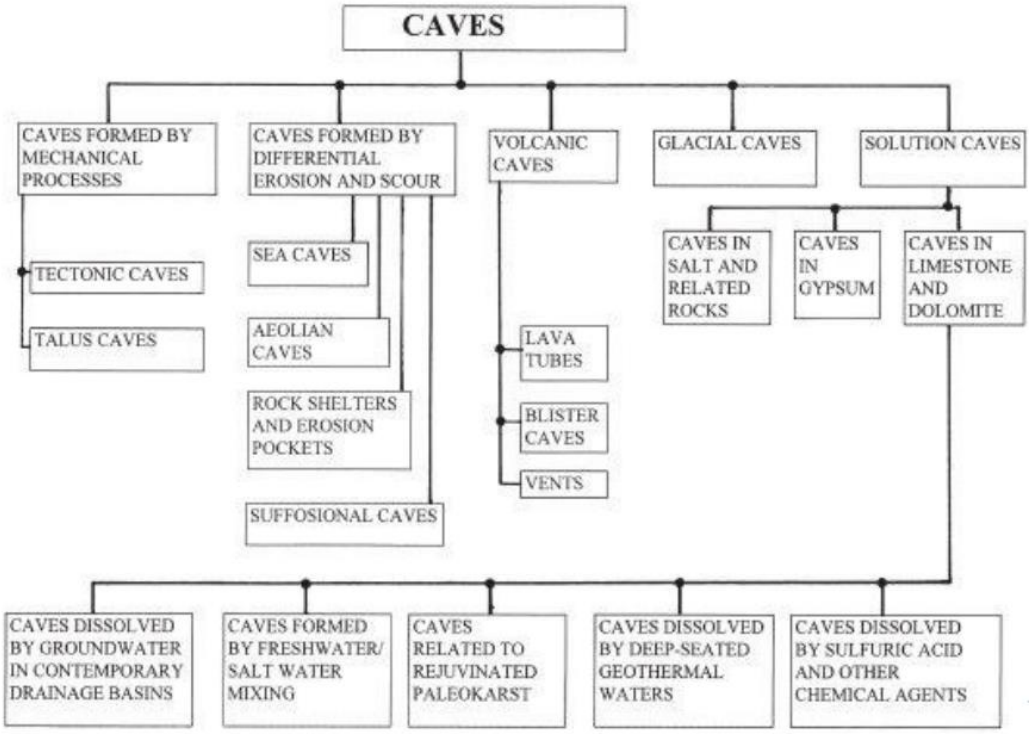
4.1. Definicija, klasifikacija i procesi nastanka špilja

Špilje, jame i ostali podzemni oblici predstavljaju speleološke objekte koji se sveobuhvatno istražuju pomoću speleologije. Izvor terminologije potječe od grčke riječi *spelaion* koja se definira kao prirodna podzemna šupljina; dovoljno velika da u nju može ući čovjek (Palmer, 2007.), te se dodatno definira kao prostor minimalne dubine ili duljine od 5 metara. Špilja, za razliku od vertikalnih jama, je objekt nastao horizontalnim širenjem podzemnih kanala čiji je nagib manji od 45 stupnjeva.

Nastaju uglavnom djelovanjem vode na vodotopive krške stijene, međutim mogu se formirati slični oblici ledenjačkom i vulkanskom aktivnošću – pseudokrš na vodonepropusnim stijenama. Krš je teren s karakterističnom hidrologijom i reljefnim oblicima koji proizlaze iz kombinacije visoke topljivosti nadzemnih i podzemnih stijena i dobro razvijene sekundarne poroznosti (Bloom, 1978.) na vodotopivim stijenama i karbonatima (vapnenci i dolomiti). Naziv potječe od korijena riječi KAR koji se tumači kao kameniti kraj. Karakterizira ga specifično oblikovanje reljefa; vanjske forme egzokrš i unutrašnje forme, odnosno endokrš, te svojstvo procjeđivanja velikih količina vode u unutrašnjost stijene, a na površini njen nedostatak. Hrvatski teritorij ima oko 50% svoje površine prekrivene upravo krškim stijenama, koje su dio dinarskog krša, a koji se smatra najvrjednijom prirodnom cjelinom krša u svijetu i proteže se od sjeverne Italije do Crne Gore. Ima vrlo bogate prirodne, kulturne, vjerske, povijesne i estetske vrijednosti.

Karbonatni krš, sastavljen od vapnenaca i dolomita, čini 10 do 15% sveukupne površine kontinenata koje nisu prekrivene ledom. Razlikuju se po svom mineralnom sastavu, mehaničkim i kemijskim svojstvima, te po nastanku i starosti, međutim glavna odrednica svih karbonatnih stijena je više od 50% udjela karbonatnih minerala. Najčešći su; kalcit ($CaCO_3$), aragonit ($CaCO_3$) i dolomit ($CaMg(CO_3)_2$). Temeljna strukturna jedinica je trokutastog oblika, s atomom ugljika u sredini. Kalcit i aragonit tvore najzastupljeniji vapnenac, dolomit istoimenu stijenu, a još su česti sedra i travertin. Prema načinu postanka razlikujemo: klastične, neklastične (organogene i kemogene) i kombinirane. Prema načinu taloženja vapnenca, postoje špiljski vapnenci ili speleoetomi zahvaljujući kojima nastaju špiljski ukrasi odnosno sige. Nastaju kristalizacijom minerala kalcijevog karbonata koji otopljen u vodi kroz pukotine ulazi u špilju.

Glavno oblikovanje špilja ovisi o strukturi stijena, litologiji i tektonici - odnosno o već spomenutim stijenama unutar kojih su nastale i koje svojim djelovanjem još uvijek mogu utjecati na podzemne objekte i oblike - i također o hidrologiji (hidrološke značajke, kemizam) i klimi (količina vode, promjena razine erozijske baze). Prema načinu postanka špilje se klasificiraju (Slika 4.1.1.) na one nastale mehaničkim procesima, diferencijalnom erozijom, vulkanskom aktivnošću, topljenjem glacijalnog leda i otapanjem stijena, te umjetno nastale radom čovjeka.



Slika 4.1.1. Klasifikacija špilja prema postanku (Culver i White, 2005.)

Špilje nastale mehaničkim procesima ovise o litologiji. Ukratko, njihov postanak je rezultat tektonskih pomaka ili protoka podzemnih voda. Nastaju pomicanjem tektonskih ploča i njihovim utjecajem na stijene prilikom razvlačenja, guranja ili pucanja stijenskih masa. Dakle ne mijenja se kemijski sastav ili stanje, već stijene zadržavaju svoju građu ali mijenjaju oblik; usitnjavanje, premještanje, pucanje, klizanje itd. Špilje nastale takvim procesima dijele se na tektonske i siparišne špilje. Tektonske špilje oblikovane su isključivo tektonskim aktivnostima djelovanjem na čvrste i masivne stijene. Siparišne špilje nastaju odlomljavanjem komada stijena sa strmih planina djelovanjem gravitacijske sile; komadi blokova se talože na dnu litica te ne moraju biti natkrivene ili se može prolaziti između i ispod odlomljenog kamenja (Culver i White, 2005.).

Špilje nastale pod utjecajem diferencijalne erozije nastaju mehaničkim procesom, ali ne pomoću gravitacijske sile već utjecajem vode ili vjetra. Formiraju se u mekšim stijenama, nisu povezane isključivo s tektonskom aktivnošću i ne mijenjaju kemijski sastav. Voda djeluje tako da direktno udara u stijene i troši ih, ili indirektno tako što sa sobom nosi mehaničke čestice. Vjetar također djeluje prenošenjem mehaničkih čestica, ali bez prisustva vode, već samo jačinom i brzinom puhanja vjetra. Špilje nastale erozijom dijele se na; morske, eolske, skloništa i erozijska udubljenja i sufozijske. Morske i eolske špilje nalaze se uz sadašnje ili bivše prisustvo vodenih masa; mora, jezera ili rijeka, pomoću udaranja valova ili djelovanja morske struje i brzinom toka rijeke. Voda ulazi u pukotine stijena i u unutrašnjosti proširuje kanale. Eolske špilje nastale su nošenjem pijeska pomoću vjetra te se ispiru pješčane litice i stvaraju udubljenja.

Špilje nastale vulkanskom aktivnošću nalaze se u eruptivnim i metamorfnim stijenama (Čepelak i Garašić, 1982.), te su oblikovane prolaskom lave kroz stijene prilikom vulkanske erupcije. Kanali špilja su šuplji i prohodni jer lava protječe odmah nakon erupcije, ali kasnije se povuče, a nazivaju se cijevi lave. Drugi način nastajanja vulkanogenih speleoloških objekata je prolazak vrućih vulkanskih plinova i vodene pare koji izdižu gotovo očvrsnutu koru na vrhu toka lave, takozvane mjehuraste špilje.

Glacijalne ili ledenjačke špilje nastaju otapanjem ledenjaka, a formiraju se uzduž pukotina u ledu i na njegovom kontaktu sa stijenama (Klimchouk, 2004.). Otopljena voda zatim ulazi u pukotine i širi kanale koji mogu biti dovoljno veliki da čovjek prođe kroz njih. Sastoje se od ledenog stropa špilje, a dno je kamena stijena na kojoj se ledenjak nalazi.

S obzirom na sastav stijene (npr. karbonati - vapnenac ili dolomit), geologiju područja (npr. kompleks dinarskog krša) i klimatsku regiju u kojoj se određeni lokalitet nalazi, važno je sagledati mikroklimu i hidrologiju svake špilje kao zasebnu tematiku. Svaka špilja je zatvorena šupljina te su kanali udaljeni od ulaza zaštićeniji; potpuno tamni bez ikakvog sunčevog osvjetljenja, vlažni ovisno o aktivnosti podzemne hidrologije, s gotovo nikakvom cirkulacijom zraka i niskom temperaturom. Temperatura u špiljama je uvijek gotovo jednaka, a najčešće promjene događaju se kod ulaza radi strujanja zraka i donošenje potencijalnih čestica vjetrom ili povremenih posjeta životinja, a u unutrašnjosti špilje najveća promjena je količina vode uvjetovana promjenom godišnjih doba izvan špilje. Radi kontakta vanjskog krajobraza i podzemlja, prostor ulaza je najviše izložen promjenama; ovdje temperatura najviše varira s obzirom na topli ili hladni vjetar, dok je u dubokoj unutrašnjosti u svako doba godine gotovo identična i ovisi o stijenama i vodi (Cigna, 2004.). Temperatura osim što se mijenja vrlo minimalno, ovisi o samoj špilji te je prosječan raspon temperatura u speleološkim objektima od 5 do 12°C, a što se tiče vlažnosti ona je najčešće maksimalna ili vrlo malo niža od 100%, te se smanjuje prema ulazu kao što se temperatura povećava (Cigna, 2004.). Tako funkcionira i protok zraka; na samome ulazu mogu se taložiti čestice prenošene vjetrom dok u unutrašnjosti nema gotovo nikakve aktivnosti. Količina strujanja zraka unutar kanala koji nisu direktno kod špiljskog otvora, ovisi o broju ulaza, glavnom obliku špilje, veličini kanala i promjenama tlaka tako da je protok zraka veći kada se i tlak povisi (Cigna, 2004.).

Na kontaktu podzemlja i vanjskog krajobraza gdje dolazi do miješanja vanjskog, više protočnog zraka sa špiljskim zrakom nastaje kondenzacija (uslijed hlađenja vlage donesene toplim zrakom), a manifestira se povećanim kapanjem vode u odnosu na dublje kanale. Voda može imati korozivno djelovanje na matičnu stijenu te igra vrlo važnu ulogu u oblikovanju špilje; o hidrologiji podzemlja ovise veličina i oblik kanala, odnosno može stvarati goleme prostore ili utjecati na prisutnost mikroreljefnih oblika i siga (Buzjak, 2007.). Na veličinu hodnika može utjecati i kondenzacijska korozija, djeluje u slučaju kada voda iz zraka sadrži veliku količinu ugljičnog dioksida koji korodira površinu na kojoj se zadržava.

Voda osim što može ući u špilju kao tok nadzemne rijeke koja se preljeva u podzemlje, ovisi i o drenaži stijena; procjeđuje se kroz tlo u pukotine stijena i sitne kanale. Ovisi o količini padalina, te špilje koje za vrijeme suhe sezone gotovo pa i nemaju vode, u vrijeme kišnih razdoblja kanali mogu biti potpuno preplavljeni. Najveće količine vode u špiljama mogu se pronaći u krškim područjima s izrazito vodopropusnim stijenama; takva područja nadzemno mogu izgledati potpuno suho, međutim speleološki objekti mogu podzemno prenositi velike količine vode koja stvara široke i visoke kanale. Usporedno aktivnim hidrološkim tokovima, postoje i špilje nastale visokom vodenom aktivnosti u kojima s vremenom djelomično ili potpuno ponestane vode. Dakle, špilje prema hidrološkim karakteristikama mogu biti; suhe, s nakapnicom, s povremeno stajaćom vodom, sa stajaćom vodom, s povremenim tokom, sa stalnim tokom, povremeno potopljene ili potopljene (Čepelak i Garašić, 1982.).

Život u špiljama je vrlo oskudan jer ovisi o ograničenim životnim uvjetima, organizmi su posebno prilagođeni na život u podzemlju; nedostatak svjetla u špiljskim tunelima, mala količina hrane koja ponekada ili vrlo rijetko dolazi s površine, visoka i stabilna vlažnost zraka, stabilna temperatura koja odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi područja i relativno niska i stabilna količina vode. Vrlo malo životinjskih i biljnih vrsta može preživjeti u takvim ekstremnim uvjetima, međutim svaka špilja može imati svoje jedinstvene vrste koje nemaju kontakt s drugim lokacijama te se godinama razvijaju samo na jednome mjestu; stvaraju se endemi specifični za svaku špilju ili jamu. Smatra se da svaka prilagođena vrsta postepeno razvija svoja obilježja u podzemlju nakon što su njeni nadzemni predci promijenili stanište. To se moglo dogoditi prisilno zbog promjene ekoloških uvjeta na površini ili radi prekobrojnosti populacije neke vrste na površini i njenih genetičkih predispozicija da se prilagodi i osvoji novo životno stanište (Vujčić-Karlo, Rađa, Durbešić, 2000.). Prema mediju u kojem žive špiljski organizmi razlikujemo; kopneno područje, prijelazno i vodeno područje. Najčešće promjene organizama tijekom podzemnog života javljaju se u obliku; depigmentacije (nedostatak obojenosti tijela); anoftalmizma (zakržljale oči); elongracije (produženi udovi); razvijenog osjeta opipa; usporenog metabolizma (mala potreba za hranom) i usporenog biološkog sata (životni vijek je i do deset puta duži naspram površinskih srodnika).

4.2. Špiljski ukrasi

Velika zainteresiranost za speleološke turističke objekte ovisi o razvijenosti geomorfoloških oblika, odnosno bogatstvu špiljskih ukrasa. Turistima su najatraktivnije one špilje koje imaju veliku količinu ukrasa, međutim oni su uvijek zanimljivi jer se pronalaze u različitim oblicima, veličinama, velike do male kompleksnosti i mogu biti smješteni na podu, zidovima i stropu špilje. Svi zajedno nazivaju se sige, što potječe od latinske riječi *sigillum* – u prijevodu figura ili kipić, ili speleotemi od grčkog *spelaion* – špilja i *thema* – talog. Nastaju kao dio procesa okršavanja; pod utjecajem procjeđivanja oborinske vode kroz pukotine karbonatnih stijena. Voda je obogaćena

ugljikovim dioksidom koji otapa kalcijev karbonat i formira kalcijev bikarbonat koji se gravitacijom prenosi dublje u podzemlje, zatim isparuje ili kaplje te se taloži kao kalcit ili aragonit u obliku siga. Sige mogu sadržavati jedan ili više minerala, a do sada je poznato 255 (Hill i Forti, 1997.), npr. kalcit, aragonit, led, hijalit, gips… Minerali u špiljama u svijetu sastoje se od: 97% karbonata, 2.5% sulfata i 0.5% ostalih. Špiljske ukrase, odnosno sige možemo podijeliti u tri kategorije; sige i sigasta kora (stalaktiti, stalagmiti, stalagnati/stupovi, zavjese i sigasta kora/saljevi), nepravilni oblici (palete, heliktiti, nepravilni oblici na stjenkama špilje (botryoidal), špiljsko cvijeće (anthodites), špiljsko mlijeko (moonmilk) i oblici formirani ispod vode (kamenice (kaskade), barijere, konkrecije, talozi u lokvama, kristalne obloge).

Neki od najčešćih i najvažnijih za spomenuti su stalaktiti, stalagmiti, stalagnati/stupovi, špiljske palete, saljevi, zavjese, špiljski biseri, kaskade/špiljske kamenice**.** Stalaktiti (Slika 4.2.1.) se talože odozgo prema dolje, a u prvoj fazi nastanka imaju oblik cjevčica kroz čije se središte cijedi voda, dakle u njihovom presjeku je vidljiva šupljina u sredini.

Slika 4.2.1.: Stalaktiti

Izvor: http://speleologija.eu/znanost/sige/index.html

Stalagmiti (Slika 4.2.2.) nastaju kapanjem vodene otopine sa stropa špilje te se talože odozdo prema gore, a spajanjem sa stalaktitima nastaju stalagnati ili stupovi (Slika 4.2.3.).

Slika 4.2.2.: Stalagmiti

Izvor: http://speleologija.eu/znanost/sige/index.html

Slika 4.2.3. Stalagnati

Izvor: https://www.postojnska-jama.eu/hr/postojnska-jama/

Špiljske palete nastaju pucanjem stalagnata te pomicanjem gornjeg i donjeg dijela stupa; na tom mjestu nastaje duguljasti ali tanki talog. Zavjese nastaju na mjestima gdje vodena otopina ne dolazi samo iz jedne točke već se ona slijeva dijagonalno ispod kosih stropova (npr. kod pukotine u stropu), a sige koje prekrivaju bočne stijene stvaraju saljeve. Špiljski biseri nastaju ispod vode kombinacijom taloženja kalcita na početnu kristalizacijsku jezgru (koja može biti npr. kamenčić) i strujanja vode (koja izaziva pomicanja i rotacije). Kamenice su kalcitne brane nastale polaganim prelijevanjem vode iz jednog bazena u drugi.

4.3. Korištenje špilja

Speleološki turizam je već dugo vremena atraktivan, međutim u posljednje vrijeme postaje još popularniji iz nekoliko razloga; koristi se za edukacijske i rekreativne svrhe, kao adrenalinska odredišta, za izložbe, koncerte, terapije, gastro turizam itd. Špilje su nekada služile u potpuno druge svrhe, bez komforne funkcije već isključivo za preživljavanje ili razne obrede.

Prvenstveno su se speleološki objekti koristili kao mjesta stalnog ili sezonskog boravka; kao trajno prebivalište praljudi ili samo povremeno sklonište radi pogodne temperature ili obrane od divljih životinja. Ljudi su imali pristup pitkoj vodi, zaštiti od oborina, ledenicama za čuvanje hrane. Rasprostranjene su mnoge špilje u kojima se i danas istražuje špiljska umjetnost kao ostavština prošlih stanovnika i dokaz kako su oni točno živjeli. Osim svakodnevnih predmeta kao što su posude, pronađeno je i mnogo oružja, oruđa i vjerskih predmeta koji ukazuju da se podzemlje koristilo i u vjerske svrhe (koplja i sjekira kao darovi božanskim silama) ili kao žrtvenik bogovima, pa i katakombe. Također, groblja, naselja i utvrde što ukazuje da su praljudi koristili špilje za sve stadije života; od zadovoljavanja životnih potreba, do štovanja životinja i bogova, izražavanja te konačno i mjesto počinka. Pronađeni predmeti datiraju iz kamenog, brončanog i željeznog doba, pa sve do novijih vremena. Nakon praljudi slijedi istraživanje špilja u novijem dobu, pronalaze se rimski ostaci, razne karte iz 16. stoljeća i oprema te potpisi po zidovima koji ukazuju na godine u kojima se ljudi ponovno počinju zanimati za podzemlje. Počinje se koristiti za ratovanje, kao skloništa osobama, skladištenje vojne opreme ili masovne grobnice.

Međutim i danas postoje prirodne ili umjetne špilje koje su nastanjene ljudima, oni se nazivaju trogloditima i mogu se pronaći diljem svijeta od Španjolske i Afganistana do Kine. Ipak, veći naglasak na korištenje je isključivo u svrhu proučavanja i zaštite, ali i turističke namjene; posjećivanje, sport, izvor vode, hoteli, restorani (Slika 4.3.1.), kafići, speleoterapija, religijski obredi, vinski podrumi i sirane….

Slika 4.3.1.: Primjer restorana unutar špilje

Izvor: https://www.tripadvisor.co.uk/Restaurant_Review-g635875-d1022607-Reviews-Ristorante_Grotta_Palazzese-Polignano_a_Mare_Province_of_Bari_Puglia.html

5. Antropogeni utjecaj na turističke speleološke objekte

Turističke špilje su posebno uređene špilje opremljene specifičnim elementima i materijalima koji omogućuju sigurno razgledavanje od strane bilo kojeg posjetioca bez obzira na njegovu razinu speleološkog znanja. Božić (1999.) postavlja određene smjernice na temelju kojih se neki speleološki objekt može smatrati turističkim; mora imati određenu estetsku, povijesnu i znanstveno-obrazovnu vrijednost uz određenu ekonomsku opravdanost te mora imati organiziranu infrastrukturu za turističke posjete (uređen pristup, osvjetljenje, puteve, vodičku službu, promidžbu). Nakon utvrđivanja može li određena špilja biti otvorena za javnost ili ne - primjerice žive li ondje određene zaštićene vrste flore i faune koje bi bile nepovratno uništene uz prisustvo ljudi – ona se još dodatno dijeli u određene kategorije. Ovisno o načinu uređenja, turističkom interesu i turističkim mogućnostima postoji pet kategorija speleoloških objekata otvorenih za javnost; turistički uređeni, poluuređeni, uređene male špilje i polušpilje, objekti koji nisu uređeni s turističkim namjerama te neuređeni ali posjećivani objekti. Uz različite vrste turističkih špilja, tako postoje i razni tipovi speleološkog turizma prema kojima se dodatno opremaju prostori sa specifičnom opremom koja zadovoljava potrebe svih turista. Određivanje turističke namjene provodi se uzimajući u obzir želje, interese i očekivanja posjetitelja, prema četiri osnovne skupine posjetitelja/turista: turisti bez speleoloških ambicija (posjećuju samo turističke speleološke objekte), turisti zainteresirani za posjet neuređenim speleološkim objektima (posjećuju lako prohodne objekte s osobnom rasvjetom i stručnim vodičima), zahtjevni speleo-turisti (koji su zainteresirani za posjet teže prohodnim speleološkim objektima u kojima je potrebno koristiti osnovne speleološke tehnike) te speleolozi (koji se ubrajaju među turiste kada posjećuju speleološke objekte radi rekreacije tj. bez namjere istraživanja) (Buzjak, 2008.).

S obzirom na ovakvu podjelu turista speleološki turizam možemo razlikovati kao klasični i avanturistički speleološki turizam te rekreativnu speleologiju. Klasični speleološki turizam obuhvaća prvu skupinu turista (turiste bez speleoloških ambicija), te je prilagođen najširem krugu posjetitelja i svim starosnim skupinama. Najveći problem kod ove vrste turizma je izvesti uređenje kako bi se speleološki objekt osposobio za što sigurnije i jednostavnije korištenje uz istodobno poštivanje zaštite i zadovoljavanje očekivanja turista. Avanturistički speleološki turizam odnosi se na skupine turista koji uz stručne vodiče i odgovarajuću opremu posjećuju neuređene speleološke objekte. Pritom je potrebno educirati turiste o pravilima ponašanja s obzirom na zahtjeve zaštite prirode, upoznati ih s korištenjem speleološke opreme i tehnikama kretanja kroz kanale. Važno je da vodiči budu educirani speleolozi prema licenciranim programima speleološkog školovanja. Rekreativna speleologija obuhvaća speleologe koji speleološke objekte posjećuju radi rekreacije (Buzjak, 2008.). Nadalje, Božić (1999.) također navodi dodatne smjernice uz čije bi pridržavanje tijekom uređenja, određena špilja mogla postati uređeni turistički objekt; postojan dobar pristup do ulaza (cesta, parkiralište, pješačka staza), uređeno prihvatno mjesto ispred ulaza (gdje se može čekati na red za ulaz), adekvatno uređeni putevi tako da se posjetitelji mogu lako i sigurno kretati (da se ne zaprljaju, ne moraju provlačiti ili jako saginjati, da ne mogu pasti u provaliju, da je

sigurno od klizanja), osigurana rasvjeta, mogućnost vodičke službe (koja se brine o posjetiteljima i daje informacije o speleološkom objektu), promidžbeni materijal kako bi se privukli posjetitelji te mora imati stalnu službu koja se brine o špilji (održavanje puteva i rasvjete, čišćenje,...).

Svaka špilja nije turistički speleološki objekt, međutim mnogobrojne su i pojam posjećivanja špilje bez svrhe istraživanja, već čiste znatiželje i avanturizma nastao je još prije 400 godina, a trenutno sve države svijeta imaju barem jednu takvu destinaciju. Posjet špilji u sklopu planiranog posjeta ili slučajnog dolaska tijekom nekog postojećeg izleta je sve više pristupačan, te takav oblik turizma igra veliku ulogu u ekonomskom stanju sveobuhvatnog turističkog prihoda. Iako se svake godine svi speleološki objekti posjećuju u velikom broju, to ne smije značiti da je špilja isključivo izvor resursa, odnosno i dalje se mora voditi računa o njenoj zaštiti. Cigna (2016.) navodi osnovne kriterije za turističko korištenje; zaštita špilje, sigurnost posjetitelja te planirano upravljanje profitom. U slučaju neodgovornog upravljanja, te nepridržavanja jednog ili više kriterija stvaraju se negativne posljedice; primjerice ignoriranjem zaštite dolazi do eksploatacije i dugoročnog ili trajnog uništenja prirodnosti špilje radi čega isti objekt više ne bi bio toliko atraktivan ili bi se morao zatvoriti za javnost. Drugi mogući scenarij je, prema Summers (2012.) očekivanje jednokratnog planiranja od strane nadležnih osoba, a bilo koji turistički objekt mora voditi računa o dugoročnim mjerama i planu upravljanja za budući uspjeh, međutim ulaganje u zaštitu i marketing često se ne shvaća ozbiljno. Prije bilo kojeg otvaranja špilje javnosti, potrebno je provesti istraživanja prema kojima se može utvrditi jeli za određenu špilju prihvatljivo uvođenje posjetioca ili pak u nekim situacijama to nije moguće. Problem je što ponekad vlasnici projekata smatraju da tijekom uporabe više nije potrebno pratiti stanje prirodnosti špilje, te niti ne dopuštaju znanstvena istraživanja. Sukladno tome, Gurnee i Gurnee (1981.) smatraju da uspješna turistička špilja mora zadovoljiti sljedeće faktore; znanstvena istraživanja (hidrologija i geologija), umjetnost (određivanje oblika i pozicija staza, te stvaranje zanimljivih scena u kombinaciji špiljskih ukrasa i rasvjete), tehnologija (materijali, izgradnja staza i instalacija osvjetljenja) te menadžment.

Negativni turistički utjecaj najčešće se očituje kroz narušene prirodne ravnoteže špilje: promjene fizičko-kemijskih svojstava zraka i vode, biološko onečišćenje, svjetlosno onečišćenje, oštećenja tla i ukrasa, buka te uvođenje stranih materijala i otpada (Buzjak, 2008.).

S obzirom na to da je špilja potpuno zatvoreni objekt bez kontakta s vanjskim krajobrazom, bilo kakva promjena može opteretiti postojeću ravnotežu prirodnosti, a najveći negativni utjecaj posjećivanja je zagrijavanje podzemnog prostora; u turističkoj špilji i posjetitelji i sustav električne rasvjete ispuštaju energiju u okoliš. Osoba koja hoda će emitirati skoro istu količinu energije kao i žarulja od 200 W na temperaturi oko 37°C (Cigna, 2016.). Dakle, potrebno je limitirati kapacitet posjetitelja tijekom dana ili odrediti točan vremenski period unutar kojega se isključivo može posjećivati, no moguće je i postaviti određeno vrijeme koliko dugo svaki posjetitelj može provesti u špilji – sve uz obavezno gašenje svjetla tijekom neprisutnosti turista ili zaposlenih osoba. Dodatno smanjenje topline može se postići jednosmjernim putevima kako se kanali i dvorane ne bi duplo zagrijavali, odnosno ako je moguće koristiti različite otvore za ulaz i izlaz.

Izmjena strujanja zraka može biti poremećena u slučaju probijanja umjetnog otvora do špilje, jer se mijenja sveukupni proces kruženja zraka te još dodatno ulazi novi zrak koji direktno mijenja prostor oko otvora jer to dakle više nije potpuno podzemni prostor već se izmjenjuju zrak, svjetlost i organizmi kao i na svakom prirodnom ulazu odnosno izlazu. Bilo kakvi umjetni otvori moraju imati vrata potpuno zatvorenog tipa, za razliku od onih na prirodnim ulazima koji moraju biti otvorenog tipa kako bi zaustavili nepoželjne posjetitelje ali bi se i dalje zrak i određeni organizmi mogli izmjenjivati na prirodan način.

Osim intervencija unutar špilje, promjene se mogu događati indirektno iz krajobraza ili slučajnim procesima; turisti uzrokuju varijacije u mikroklimi špilje zbog metabolizma. Te varijacije su prouzročene emisijom topline kroz kožu, i proizvodnjom ugljikovog dioksida i vodene pare, u kombinaciji s konzumacijom kisika kroz disanje. Kao i manji utjecaj kroz zasićenje vode, varijacije u temperaturi prouzročene posjetima mogu direktno utjecati na intenzitet procesa korozije na zidovima (u manjim špiljama s velikim brojem posjeta i bez prirodnog utjecaja CO_2). Voda nakupljena na površini zidova će vezati CO_2 iz zraka u špilji dok ga ne izjednači s pritiskom tog plina u zraku za vrijeme kondenzacije. To vezanje CO_2 u vodi snižava pH vode i povećava kapacitet otapanja karbonatnih minerala koji grade špiljske ukrase i zidove špilje (Hoyos i sur., 1997.). Vode unutar speleoloških objekata su vrlo osjetljive na onečišćenja, ali ne samo od strane posjetitelja već vanjskog korištenja vode u krajobrazu; najveći problem javlja se prilikom nepromišljenog ispuštanja toksičnih tvari u rijeke koje zatim dolaze u podzemlje i indirektno uništavaju špilje.

Svaki posjetitelj sa sobom može slučajno ili namjerno ostaviti neke vanjske predmete unutar špilje, npr. slučajno ispadanje kose ili ljuštenje kože, padanje prašine i prljavštine s odjeće, obuće ili opreme, vlakna i grudice odjevnih materijala, te slučajno ili namjerno ostavljanje bilo kakve hrane nakupljaju se u podzemnim prostorima kao strani elementi koji negativno djeluju na prirodnost speleološkog objekta. Njihovim prisustvom špiljski ukrasi mogu pohrđati te promijeniti boju i izgubiti prvotni prirodni izgled i tako trajno biti uništeni. Cigna (2016.) spominje takozvane zračne zastore koji bi na ulazu mogli 'očistiti' posjetitelje od ovakvih čestica. Dodatno unošenje otpada smatra se namjernim unošenjem smeća u špilje koje nemaju osiguranu zaštitu od neovlaštenog ulaza, to mogu biti neuređeni ali posjećivani objekti.

Dodatni utjecaj osvjetljenja i posjetitelja osim već spomenutog zagrijavanja, uočava se u kombinaciji sa stranim dijelovima biljaka (spore ili sjeme površinskih vrsta) koji se slučajno unose prilikom posjeta, a koji mogu stvoriti razvoj istih u prisustvu jakog umjetnog svjetla. Tako se razvija lampenflora – odnosno alge i mahovine formirane na zidovima i ukrasima, primjećuju se kao zeleni sloj koji nakon stvaranja kalcita trajno ostaje, a u ranom stadiju može se ukloniti s izbjeljivačem ili hidrogen peroksidom koji mogu uništiti ostatak prirodne špiljske faune radi čega je potrebno uložiti veliku preciznost prilikom čišćenja ili potpuno odustati od intervencije (Cigna, 2016.). Naslage se najčešće sastoje od cijanobakterija (plave ili zelene alge), algi, lišajeva, mahovina i paprati, a najveći negativni aspekt je njihovo djelovanje biokemijskih procesa i nagrizanje špiljske površine (Buzjak, 2007.). Kada nema intervencije lampenflora se brzo širi i

kolonizira široka područja. Njezinom rastu i širenju pogoduje intenzitet svjetlosti, temperatura, vlaga i supstrat. Više joj pogoduje kontinuirano svjetlo nego povremeno, jer adaptacija na faze svjetla i tame zahtijeva vrijeme i energiju (Aley, 2004.). Cigna (2012.) predlaže načine pomoću kojih se može izbjeći rast neželjenih biljaka unutar špilja; potrebno je koristiti rasvjetu koja ne koristi spektar svjetlosti koji upija klorofil, zatim smanjiti energiju na područjima gdje bi se lampenflora mogla razviti, a sigurna udaljenost između lampe i pogodnih špiljskih površina je oko 1 metar. Također je potrebno paziti da se površine gdje postoje crteži ne zagrijavaju. Sustav rasvjete bi trebao biti postavljen tako da osvjetljava samo dio gdje se nalaze posjetitelji. Preferirana rasvjeta je ona s visokom učinkovitošću, budući da mnoga rasvjetna tijela emitiraju i toplinu i svjetlost. Smatra da samo hladna rasvjeta može biti često uključena bez većih smetnji, kao i LED (light-emitting diodes) rasvjeta (Cigna, 2012.). Svjetiljke treba postaviti tako da posjetitelju ne svijetle u oči, najbolje je ako se mogu zakamuflirati odnosno sakriti iza stijene ili sige tako da ne budu primijećene (Božić, 2016.), a pomoću njih se osvjetljavaju samo ukrasi koji su vrijedni pažnje posjetitelja. Posebnu pažnju treba posvetiti mogućnosti nestanka struje u čijem slučaju je potrebno osigurati rezervni izvor svjetla. Osvjetljenje u nuždi uvijek treba biti dostupno, bilo da je to potpuni neprekidni izvor napajanja ili sustav s neovisnim napajanjem, a preporučuje se postavljanje na dvije lokacije u slučaju da jedna strana ostane bez energije. Kao novo rješenje ovog problema predstavlja se fleksibilno, polimersko, plastično uže koje već u sebi ima ugrađenu rasvjetu.

Uz navedena moguća rješenja za svaki problem, javlja se pitanje što s opremom i materijalima koji turistima omogućuju kretanje, jer bezobzira koliko su adekvatno postavljeni u većoj ili manjoj mjeri uništava se prirodnost špilje. Jedina mjera ublažavanja ovog problema je postavljanje materijala koji zahtijevaju minimalne promjene okoliša prilikom instalacije ili popravka, a da je dugotrajno i istovremeno ne štete okolišu. Naime, tijekom radova objekt je izložen buci, bušenju ili rezanju stijena, a tijekom korištenja može biti pod dugotrajnim utjecajem gaženja te trganja ili šaranja po ukrasima. Primjerice, cink unutar špilje ispušta štetne toksine, za razliku od dugotrajnog betona koji se ponaša slično kao i prirodne stijene, međutim puca u kombinaciji s čelikom ili željezom tijekom hrđanja te su bilo kakvi popravci teško izvedivi. Drvo je potpuno prirodni materijal, no vrlo brzo propada i trune nakon čega mijenja prirodnu ravnotežu špiljskog okoliša jer speleološkoj fauni pruža hranu koja inače nikada nije prisutna u njihovom okruženju. Ono također stazama ne omogućuje potrebnu otpornost na visoku vlagu i povremene poplave, sklisko je i dugoročno skupo jer vrlo često zahtijeva mijenjane (Cigna, 2012.). U novije vrijeme, kao najprikladnijim materijalima pokazali su se nehrđajući čelik i plastika. Nehrđajući čelik je skup ali je kasnije tijekom korištenja dugotrajan i vrlo otporan, koristi se za izradu rukohvata i cijevi za opskrbu vodom unutar špilje; jedini nedostatak je njegova težina što otežava intervencije. Plastični materijali izrađeni od izoftalnog poliestera, smole i vinil estera koriste se za izradu staza, te imaju mnoge prednosti; neprisutnost metalnih tvari štiti špilju od grmljavine i korozije, cijela konstrukcija je lagana i lako se održava, ima visoku nosivost te nije skliska i nema sjaja što nudi poboljšani vizualni dojam. Osim unutarnjih radova, valja još spomenuti i vanjsku infrastrukturu gdje treba voditi računa da bilo kakve direktne promjene krajobraza ne smetaju podzemnom speleološkom objektu. Ovo se pogotovo odnosi na izgradnju parkirališta ili

arhitekture odmah iznad kanala same špilje, te indirektno ometanje špiljskog sustava prilikom promjene vanjske hidrologije u blizini; izmjena toka rijeke ili zagađenja.

Kretanjem turista kroz turistički speleološki objekt ne uništavaju se samo hidrološki i geološki aspekti, već su ugroženi i organizmi koji ondje žive trajno ili povremeno. Bilo kakva promjena vezena za temperaturu, vlažnost ili utjecaj buke i svjetlosti može dovesti do izumiranja već ugroženih životinjskih i biljnih vrsta, koje su specifično prilagođene na život u podzemlju i turističke prilagodbe su im potpuno neprirodne. Također postoji fizička opasnost tijekom radova (postavljanje staza, instalacija rasvjete, betoniranje), ali i prilikom kretanja turista (gaženje ili nepropisno iznošenje organizama) (Ozimec i sur., 2009.). Radi takvih prijetećih promjena potrebno je redovito praćenje, odnosno monitoring antropogenih utjecaja na posjećivani objekt, a Cigna (2012.) predlaže obavezno praćenje relativne vlage i temperature zraka i vode, te koncentracije CO_2 i sprečavanje nastanka i uklanjanje lampenflore. Na temelju rezultata može se odrediti turistički kapacitet špilje određen maksimalnim brojem turista ili vremenom posjete. To je lako postići ako turisti ulaze na jedan ulaz, a izlaze na drugi (Cigna, 2012.), ili zatvaranjem osjetljivih dijelova špilje, gradnja staza tako da su vrijedni sadržaji izvan dohvata posjetitelja, te pažljivo otvaranje novih ulaza i vrata (Buzjak, 2008.).

5.1. Negativno turističko uređenje

Uz sve nove materijale i mogućnosti uređenja pomoću novih tehnologija neke turističke špilje i dalje imaju zastarjelu opremu no ne uređuju se, najčešće zbog ekonomskih razloga. S druge strane postoje i one koje su trajno uništene lošim upravljanjem, te nakon postavljanja novih staza prijašnje štete su i dalje prisutne, primjerice velike betonirane površine, asfalt ili tucanik koji ocrnjuju ukrase ili staze postavljene odmah uz vrijedne sige koje postaju lako dostupne turistima. Nekim turističkim objektima je pak oduzeta sva prirodnost, te su uređeni isključivo za korištenje, a zaštite nema jer je sve već nepovratno promijenjeno.

5.1.1. Špilje unutar Hrvatske

U Gorskom Kotaru, na zapadnome dijelu Hrvatske nalazi se špilja Lokvarka. To je dobro poznata zakonom zaštićena turistička špilja, vrlo često posjećivana te do sada nekoliko puta renovirana. Najdublja je uređena turistička špilja u državi, sastoji se od šest etaža a posjetitelji mogu doći do četvrte na dubini od 75 metara ispod površine. Prirodno je speleološki objekt bez otvorenog prolaza - odnosno kaverna čiji je umjetni prolaz probijen na početku 20. stoljeća prilikom turističkog uređenja. Materijali korišteni za mogućnost prolaska posjetitelja nisu najbolje rješenje; staze su izrađene od tucanika a rukohvati od željeza neotpornog na visoku vlagu. Sitni komadići asfalta kao prašina šire se od staze do špiljskih ukrasa i zidova, te tako nastaje trajan sloj

crnila kojeg je gotovo nemoguće ukloniti, mogu se uočiti crni saljevi i tamne pjege. Što se tiče rukohvata, potpuno su zahrđali i potrebno ih je promijeniti, međutim trenutno su samo prekriveni ljepljivim trakama kao zaštita od ispuštanja toksičnih tvari, te kako bi se posjetitelji mogli sigurnije držati za ogradu. Velike stepenice za spuštanje do nižih razina su novo postavljene od nehrđajućeg čelika, prema tome bilo bi potrebno zamijeniti i ostale elemente s adekvatnim i kvalitetnim materijalima.

Turistička namjena špilje ne mora uvijek sadržavati šetnju posjetitelja kroz speleološki kompleks kanala i dvorana uz neisključive prirodno nastale ukrase. Neki objekti su potpuno promijenjeni u svrhu antropogenog korištenja, što predstavlja odsutnost bilo kakve flore i faune. Takav primjer je Cave bar More u Dubrovniku (Slika 5.1.1.1.) – u sklopu hotela ispod temelja nalazi se prirodno nastala špilja preoblikovana u restoran. Iako turistima takav ugostiteljski objekt izgleda vrlo atraktivno, neki dijelovi više uopće ne podsjećaju na prirodni prostor. Mjestimično su ostavljene netaknute sige, no cijela površina poda je betonirana, a visina stropa je podijeljena u nekoliko razina sagrađenih od betona, te povezanih velikim stepenicama i liftom. U sredini špilje nalazi se glavni šank, okružen stolovima i foteljama za sjedenje, što je najosvjetljeniji prostor. Na višim razinama samo se na malim površinama mogu vidjeti ostaci prirodnih oblika. Ukratko, špilji je sasvim oduzeta bilo kakva mogućnost daljnjeg razvijanja pomoću prirodnih procesa, te je u cijelosti eksploatirana za potrebe ekonomske razvijenosti hotela.

Slika 5.1.1.1.: Cave bar More, Dubrovnik

Izvor: Autor

5.1.2. Svjetske špilje

Na jugozapadu Slovenije nalazi se najveća turistička špilja u Europi - Postojnska jama sa sveukupno 22 kilometra dužine svih kanala. Vrlo je popularna i svake godine primi velik broj posjetitelja na temelju čega se može raspravljati njeguje li se njena prirodnost u skladu sa turističkim razvojem ili ono prevladava. Naime, objekt je zaštićen, i nisu svi dijelovi dostupni javnosti, već pristup imaju samo stručnjaci koji ondje provode istraživanja - u svrhu prikazivanja intenziteta promjena koje mijenjaju špilju. Nadalje, upravo u njoj nalazi se prva u svijetu (19. stoljeće) izgrađena željeznica u špilji sa sigama, a problem je podrhtavanje tla svaki put kada vagoni prolaze što može poremetiti prirodnu ravnotežu i uznemiriti speleološke životinje, te se unosom šljunka i konstantnim ulaskom velikog broja turista u unutrašnjost špilje unosi previše prašine. Lokomotive su dugi niz godina vozile isključivo na benzin što zagađuje špiljski okoliš bukom i ispušnim plinovima, a promjena na električni pogon je realizirana tek nakon što su se turisti žalili da spomenuti problem narušava doživljaj posjeta. Sama mogućnost prolaska vagona do unutrašnjosti špilje ostvarena je kopanjem novih kanala i umjetnog ulaza, a široke pješačke staze izrađene od betona djeluju masivno jer omogućuju prolazak puno turista – čime se povećava temperatura špilje. Vanjski prostor objekta je previše urbanistički uređen; uklonjena je sva prirodnost izgradnjom velikog parkinga, hotela, restorana i trgovine sa suvenirima.

Takav brzi turistički razvoj stvara posljedice i na slične destinacije u blizini; Forti (1994.) u svome radu Problemi turistici della Grotta Gigante nel carso Triestino analizira utjecaj velike potražnje Postojnske jame na Divovsku špilju nakon što je jama postala dio teritorija tadašnje Jugoslavije, a špilja je i dalje pod Italijom. Ukratko, nakon opremanja špilje za turističke posjete, ona je bila tek u sekundarnom turističkom interesu; posjećivala bi se samo nekoliko puta godišnje uz osvjetljenje svijećama. Zajedno sa Postojnom i Škocjanskim jamama, ta tri speleološka objekta doživjela su iznimni porast zainteresiranosti za speleološki turizam toga vremena, međutim nakon pomicanja državnih granica Divovska špilja ostala je jedina takva lokacija na tome području pod Trstom. Nova situacija zahtijevala je brzu urbanističku obnovu špilje; uveden je električni sustav rasvjete, izgrađene su dvije upravne zgrade i muzej, a zatim uređenje velikog parkinga te asfaltiranje pristupnih prometnica i betoniranje staza unutar špilje, a sve kako bi se razina turizma izjednačila sa Postojnom. Zaključno, turističko uređenje moglo bi se kvalitetnije izvesti da se profit objekta ne stavlja ispred zaštite.

Problem korištenja špilja nije uvijek isključivo turističke namjene, primjerice u Kini se ne pridodaje veliki značaj speleologiji, s toga se one ne zaštićuju. Samo nekolicina objekata je ispravno otvorena za javnost, a ostale su vrlo lako dostupne bez ikakva nadzora i smatranja vrijednosti. Također su ondje još uvijek prisutni troglodi, stanovnici špilja sa potpuno izgrađenim naseljima gdje čak postoji mogućnost turističkog posjeta. Takvo neprekidno korištenje špilje dovodi do njene potpune otuđenosti od prirodne ravnoteže i speleoloških organizama.

5.2. Pozitivno turističko uređenje

Suprotno negativno uređenim turističkim speleološkim objektima, ipak postoje i oni primjeri koji se mogu istaknuti kao adekvatno uređene špilje, istovremeno uvažavajući želje posjetitelja uz zaštitu prirodnosti. Korištenjem modernih materijala, regulacijom broja posjetitelja te monitoringom hidrologije, geologije, flore i faune turistička špilja može sasvim korektno biti u funkciji bez opasnosti od eksploatacije i uništavanja.

5.2.1. Špilje unutar Hrvatske

Za primjer adekvatnog korištenja lokaliteta, prema opremljenosti odgovara Vela spilja (Slika 5.2.1.1.) na otoku Korčuli. Nalazi se sjeverno od grada Vela Luke na južnom obronku brda Pinski rat, na 130 metara iznad uvale Kale. Osim turističke funkcije za posjete turista najčešće u ljetnim mjesecima, lokacija je ujedno i jedna je od najznačajnijih arheoloških pretpovijesnih lokaliteta na području Europe. Prema dosadašnjem stupnju istraženosti zaključuje se da je špilja kontinuirano naseljena od mlađeg kamenog doba, a nalazi upućuju i na povremenu čovjekovu nazočnost i kroz naredne epohe; koristila se za svakodnevni život ali i za pokapanje mrtvih. Budući da je špilja zaštićena i predstavlja izrazitu kulturološku važnost, promjena za turističko uređenje gotovo nema. Pristup omogućavaju šljunčani put za automobile i kraći betonski za pješake, a ispred samog ulaza u špilju nalazi se vrlo mali također šljunčani parking koji omogućuje tek nekolicinu posjetitelja odjednom i ne stvaraju se pretjerane gužve. Špilja je naime, vrlo mala i lako prohodna što omogućuje kratko i lagano korištenje bez prevelike potrebe za stazama i opremom, te su jedini uneseni materijali informacijska tabla i prozračna vrata na ulazu. Utabana staza bez ikakvih dodavanih materijala tvori nedovršenu kružnicu koja se pod blagim nagibom spušta do udubine gdje se provode arheološka istraživanja - a na središnjem dijelu je srednje strmine, no svejedno nisu dodavane stepenice. Bez obzira, posjetitelji mogu sasvim sigurno prolaziti rutu, a špilja je istovremeno u gotovo prirodnome stanju kakva bi bila i da se trenutno ne koristi za turizam. Na središnjem dijelu strop je urušen tako da ne postoji potreba za osvjetljenjem, a pristup je moguć samo uz educirano osoblje.

Slika 5.2.1.1.: Vela spilja
Izvor: https://tzvelaluka.hr/hr/vela-spila-staza

5.2.2. Svjetske špilje

Utabane staze na prirodnom zemljanom tlu špilje bez dodavanja materijala i opreme moguće je i u velikim, zatvorenim špiljama – primjer je Križna jama (Slika 5.2.2.1.) na jugu Slovenije u blizini Postojne, u Loškoj dolini. To je jedina prirodno očuvana špilja u državi, odnosno ne postoje postavljene ili betonirane staze, rukohvati ili stepenice, te nema trajne rasvjete. Kretanje dvoranama i tunelima odvija se preko zemljanog tla i stijena iz špilje, a rasvjeta je postavljena samo na ulaznome dijelu, na početku rute, te se kasnije put osvjetljava ručnim svjetiljkama koju svaki posjetitelj dobije na korištenje prije ulaza. Uz svjetiljke na baterije, turisti su dužni obuti gumene čizme dodijeljene od strane vodiča radi sigurnosti od sklizanja i mokrih prolaza, a ujedno takav način neunošenja vlastite obuče sprečava slučajno odlaganje vanjske prljavštine. Također, broj posjetitelja tijekom dana je ograničen tako da špilja nije u opasnosti od masovnog turizma, te radi očuvanja sedrenih barijera i speleoloških organizama. Ograničenje se povećava dubljim ulaskom u špilju s obzirom na položaje jezera; u samoj špilji nalaze se 22 jezera, te postoje četiri turističke rute. Prvi i najkraći obilazak za grupe do 60 ljudi je putovanje gumenim čamcem na prvom jezeru kroz Veliku dvoranu gdje su izložene kosti špiljskog medvjeda, te nakon jezera vraćanje istim putem. Mogućnost posjeta još dvanaest jezera nakon prvog nudi druga ruta do dvorane Kalvarij, te je moguće provesti samo četvero turista dnevno. Postoji još i alternativni obilazak kroz Kristalnu goru – kameni ukrasi nakon dvadesetog jezera, to je ruta u trajanju od sedam sati namijenjena samo za ograničeni broj od 100 turista godišnje. Zadnja moguća ruta nakon prvog jezera kreće drugim prolazom do tunela Medvjeda gdje dnevno može doći samo dvanaest turista. Podjela turističkih tura na stroža ograničenja udaljavanjem od ulaznog dijela, nošenje stručno dodijeljene opreme i kretanje po prirodnom terenu je adekvatno uređena i konkretno zaštićena špilja, te su posjeti još dodatno zanimljivi kao oblik potpuno prirodne avanture.

Slika 5.2.2.1.: Križna jama

Izvor: https://www.notranjski-park.si/en/nature/natural-sights/krizna-jama-cave

Ipak, postoje i turističke špilje koje sadrže staze i stepenice izrađene od betona, međutim zaštita se odvija kroz ostale aspekte. Tako Waitomo Glowworm špilja (Slika 5.2.2.2.) na Sjevernom Otoku Novog Zelanda, poznata po populaciji krijesnica (glowworms) *Arachnocampa luminosa* - koja se nalazi isključivo unutar iste države, temelji mogućnost posjeta prema koncentraciji CO_2 u zraku. Specifična vrsta krijesnica vrlo je osjetljiva, a pošto su glavna atrakcija ove špilje, vrlo strogo i pažljivo prate se promjene prirodnih uvjeta koje remete turistički posjeti. Naime, znanstvena savjetodavna skupina kontinuirano prati kvalitetu zraka, te posebno razinu ugljičnog dioksida, temperaturu zraka i vlažnost o kojima ovisi postojanje kukaca. Na prvi znak povećane razine tvari u zraku, posjetitelje se zamoli da napuste prostor te su ponovni posjeti mogući tek kada se atmosferska obilježja vrate u prirodno stanje. Osim regulacije vremenskog perioda kada nije moguće posjećivati objekt, još se dodatno određuje dnevni broj posjetitelja. Također se često provode zaštitne mjere za sprječavanje i uklanjanje lampenflore koja može naštetiti krijesnicama i ostalim zaštićenim organizmima.

Slika 5.2.2.2.: Waitomo Glowworm špilja

Izvor: https://www.atlasobscura.com/places/waitomo-glowworm-caves

6. Lokacija istraživanja

6.1. Prostorni kontekst i značaj špilje

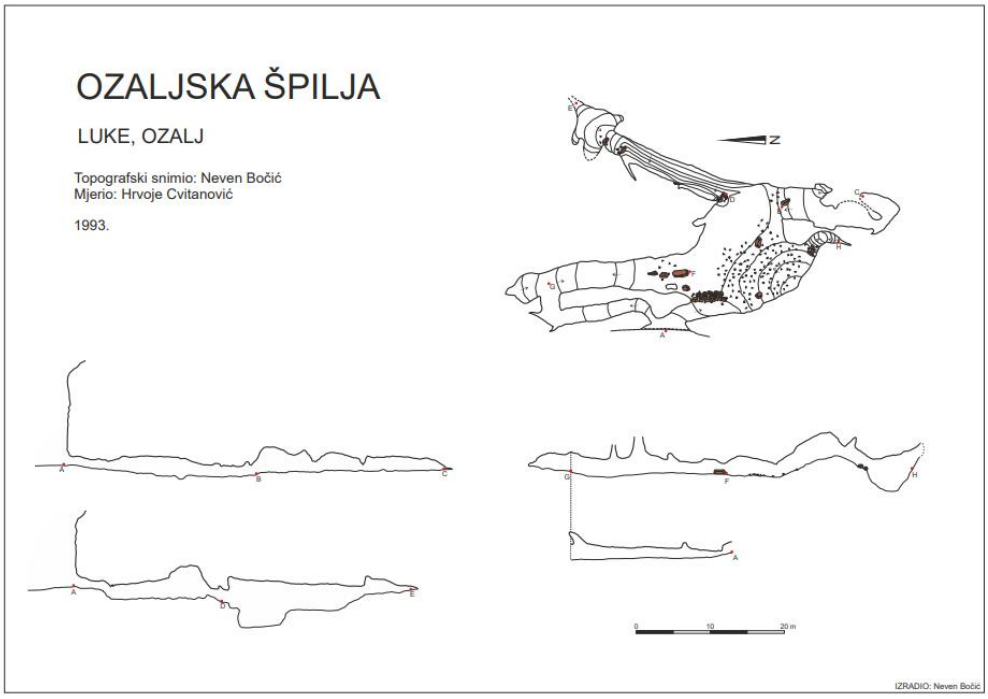
Ozaljska špilja smještena je na sjeverozapadnom rubu grada Ozlja, u neposrednoj blizini Starog grada Ozlja i rijeke Kupe, unutar sjevernog dijela Karlovačke županije. Područje je na prijelaznom geografskom položaju između Panonskog bazena i Dinarskoga gorskoga sustava. Najveći dio županije izgrađen je od karbonatnih stijena mezozojske starosti te je na njima razvijen krški reljef pogodan za razvoj špilja i jama (Težak-Gregl, 1993.). Za sada je ondje istraženo 773 speleološka objekta (Basara i Cvitanović, 2012.) što predstavlja veliko speleološko bogatstvo, međutim unutar cijele županije samo su dvije špilje dostupne za turističke posjete; špilja Vrlovka i Gornja Baraćeva špilja. Veliki broj speleoloških objekata pruža dom podzemnoj flori i fauni, odnosno mogućnost razvijanja specifičnih endema na čak 21 lokalitetu unutar spomenutog područja. Najpoznatije vrste su jedina trenutačno poznata podzemna slatkovodna spužva na svijetu (*Eunapius subterraneus subterraneus*) i čovječja ribica (*Proteus anguinus*). Ističu se još i arheološki nalazi keramičkih predmeta i paleontološki ostaci, no špilje i jame i dalje nisu dovoljno zaštićene. Mnoge su bez nadzora otvorene i lako pristupačne, ljudi ih samostalno posjećuju; uništavaju ukrase, ugrožavaju životinje i odlažu razne vrste otpada. Takav slučaj je u Ozaljskoj špilji; nalazi se u blizini glavne prometnice na kojoj nema nikakvih naznaka o blizini špilje niti je ona vidljiva, međutim lokalno je poznata i vrlo lako pristupačna ljudima koji znaju za njeno postojanje, radi čega je do sada učinjena velika šteta unutar objekta. Naime, ulica Zrinskih i Frankopana prolazi iznad špilje; stotinjak metara nakon spuštanja niz brdo nalazi se prilaz privatnom vlasništvu, od kojega kreće staza do ulaza u špilju, a putem se povremeno nazire prometnica iznad strme padine.

Geomorfološki značaj je prevladavanje klastičnih vapnenačkih stijena; fliša i scaglia vapnenca gornje krede. U špilji su u prošlom stoljeću pa do sada otkriveni tragovi ljudske prisutnosti; dijelovi keramičkog posuđa i razni kameni i srednjovjekovni predmeti, a arheolozi i dalje aktivno istražuju njene kanale. Ima i paleontološki značaj pronalaskom zuba špiljskog medvjeda (Ljubić, 1885., prema Miculinić i Cvitanović, 2016.). Cjelokupna duljina kanala iznosi 127 metara. Također, lokalitet se nalazi na već spomenutom popisu 21 špilje unutar županije u kojima živi značajan svijet speleoloških organizama, s opisanih pet vrsta. Krajem 19. stoljeća ovdje su otkrivene nove vrste špiljskih kornjaša podzemljara *Bathysciotes khevenhuelleri croaticus* i *Parapropus sericeus intermedius*, te špiljski trehin *Typhlotrechus bilimeki croaticus* (Ozimec, 2009.), a zatim još *Anophthalmus schaumi hochetlingeri i Brachydesmus croaticus* (kritično ugrožena vrsta, navedena u Crvenoj knjizi špiljske faune Hrvatske). Sve vrste su strogo zaštićene pod ekološkom mrežom Natura 2000 i javnom ustanovom Natura Viva, a dodatnu mjeru zaštite također pridonosi prisustvo šišmiša - južni potkovnjak (*Rhinolophus euryale*), veliki potkovnjak (*Rhinolophus ferrumequinum*) i mali potkovnjak (*Rhinolophus hipposideros*). Nalazi se na popisu špilja i jama

zatvorenih za javnost s obzirom na nekontrolirano posjećivanje i uništavanje, međutim trenutno se planira izgradnja šetnice ispred špilje.

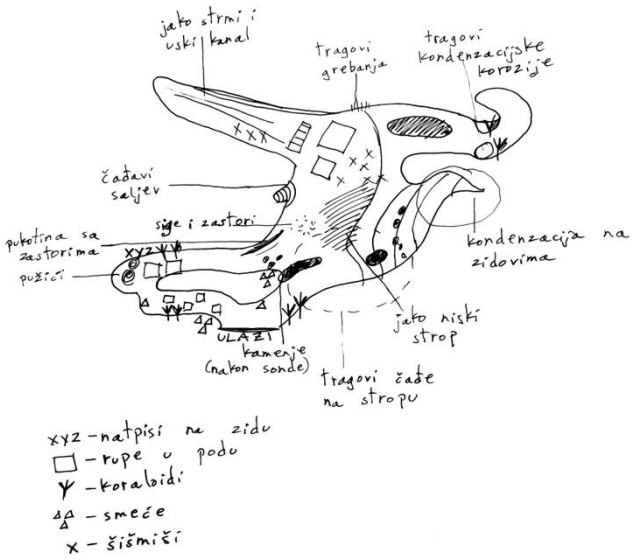
6.2. Postojeće stanje unutar špilje uz fotodokumentaciju

Ozaljska špilja sastoji se od glavne dvorane, zapadnog kružnog, istočnog kratkog i šireg kanala te sjevernog vrlo strmog i uskog kanala (vidljivo na tlocrtnom prikazu - Slika 6.2.1.). Postoje dva ulaza, a nalaze se jedan pokraj drugog; lijevi manji ulaz kroz koji se može proći jedino provlačenjem do lijevog kanala, i zatim glavni desni ulaz vodi do glavne dvorane i moguće je hodati kroz njega. Nad ulazima je postavljena pločica s oznakom špilje pod brojem 047, 077. Glavni prilaz iz daljine izgleda manji nego što zapravo je, naime postavljen je na samome dnu visoke vertikalne stijene ispred koje se tlo počinje spuštati do špilje. Prilaz je donedavno bio manje pristupačan, međutim arheolozi su prilikom istraživanja iskopali sondu tako da je snižena razina terena i samim time je ulaz umjetno uređen. Istraživanja su i danas aktivna, a do sada se utvrdilo da je speleološki objekt u prošlosti korišten dugi niz godina kao sklonište ili prostor za čuvanje domaćih životinja. Danas se vanjska stijena koristi za sportsko slobodno penjanje od strane Hrvatske gorske službe spašavanja i Karlovačke speleološke škole. Iako je špilja zaštićena, ne postoji nikakva vidljiva zabrana ulaza, radi čega je ona često posjećivana i uništavana.



Slika 6.2.1.: Kartografski prikaz Ozaljske špilje sa presjecima, izradili Neven Bočić i Hrvoje Cvitanović

Prilikom izrade inventarizacije same špilje izrađena je skica tlocrta (Slika 6.2.2.) sa lokacijama ukrasa navedenih u daljnjem tekstu. Na početnom dijelu glavne dvorane pobacani su komadi stijena povađeni s ulaza tijekom kopanja sonde, a ponegdje se mogu pronaći ostavljeni arheološki alati i oprema, kao što su željezni klinovi ili rukavice. Na tom dijelu mogu se po zidovima i stropu pronaći zlatno žuti mikrobi i sitni koraloidi. Sama dvorana ima oblik nepravilne kružnice, te se jedino tako i može kretati kroz nju jer je centralni prostor vrlo nizak. Prolaz kroz centralni dio moguć je jedino uz saginjanje, no nije preporučljivo, a može čak biti i zabranjeno jer ondje ima najviše jedinki šišmiša u odnosu na ostatak špilje. Istočna strana se od centra pa do zida visinski mijenja; razina se povećava i nalazi se mnogo stijenskih blokova, međutim uz pomno postavljanje stepenica može se doći do najvišeg dijela gdje je strop ukrašen tragovima kondenzacijske korozije formiranima uslijed strujanja zraka jer u ovome dijelu podzemlje nije daleko od ulaza. Strop i zidovi bliži ulazu imaju tragove čađe; velike površine su potpuno crne i vidljivi su tragovi paljenja vatre na podu. Međutim dio crnila je mogao nastati čak i smrzavanjem, iako je u ovome slučaju glavni čimbenik neovlašteno paljenje plamena; na podu se mogu pronaći talozi pepela u odnosu na prirodnu smeđu ili oker boju stijene. Neki tragovi su noviji a neki stariji, tako se na lijevoj strani dvorane na crnome podu nalaze sitni bijeli novonastali stalagmiti od bijelog kalcita, što znači da su tragovi paljenja stariji od njihova nastanka. Spomenuti prostor glavne dvorane sadrži najviše špiljskih ukrasa – veliki broj malih stalaktita i stalagmita. Na zapadnoj strani glavne dvorane nalazi se čađavi saljev; inače bi se smatrao atraktivnim ukrasom, no nažalost i on je pretrpio uništavanje crnom čađom. Na stropu iznad proteže se pukotina u stijeni uz čiju su cijelu duljinu rasprostranjeni sitni stalaktiti. Odmah u blizini mogu se vidjeti male kaskade i zastori, neki glatki a neki hrapavog ruba, što pokazuje da kemizam vode ne odgovara stijeni ove špilje te se one brzo otapaju – sige su šuplje a svi zastori nisu pravilni.



Slika 6.2.2.: Skica lokacije izrađena prilikom terenskog istraživanja

Na najudaljenijem prostoru dvorane nalaze se velike rupe u podu, a na zidu pokraj njih pronađeni su tragovi grebanja nepoznate životinje. Ovdje počinju središnji i desni kanali, a strop je vrlo bogato ukrašen različitim bojama – takozvanom leopardovom kožom i kondenziranim kapljicama vode kao produkt razlike u temperaturi zraka i stijena, odnosno stijena je hladnija od okolnog okruženja. Središnji kanal je vrlo strm i uzak te je potpuno neprohodan za posjetitelje, može se proći jedino penjanjem uz pomoć užeta, no ondje prolaze samo speleolozi. Ovdje su također prisutni šišmiši ali ne u tolikoj količini kao što je na centralnom stropu dvorane. Što se tiče prohodnih kanala, najkraći je onaj desni, a do njega se dolazi kratkom, srednje strmom stazom s blokovima stijena na sredini prolaza. Na kraju kanala dolazi se do male zatvorene prostorije s tragovima kondenzacijske korozije i koraloidima na zidovima.

Lijevi kanal prolazi kružno od glavne dvorane, do manje prostorije te vrlo uskim kanalom kroz kojega bi se trebalo puzati tvori izlaz odnosno ulaz u špilju. Tako se postavlja mogućnost ulaska kroz veći prolaz, obilazak špilje i izlaz kroz drugi otvor, s time da se početak i kraj obilaska nalaze na istoj lokaciji, jedan pokraj drugoga. U unutrašnjosti špilje na prijelazu dvorane i spomenutog kanala, može se pronaći čađa na stropu, te raspucani pod i sige zbog vatre i leda. Špilja je i danas vrlo aktivna, tako da svo crnilo nije samo iz prošlosti već postoji mogućnost i novijeg uništavanja; kada je vlaga zraka niža od sto posto čađa pomoću vjetra leti uz suhi pod i apsorbira se na površini bilo koje pozicije, stropu, zidu… Ponegdje se na zidovima pronađu kapljice voska. U ovome kanalu je pronađeno najviše smeća – plastičnih boca i ambalaža, te nekoliko kostiju i dvije lubanje različitih životinja. Ali i najviše kukaca nego u bilo kojem ostalom dijelu špilje; prilikom posjeta pronađeno je nekoliko jedinki dviju vrsta pauka, kao i nekoliko skakavca i gusjenica. Te životinje izgledom ne odgovaraju špiljskim kukcima, imaju potpunu kolorizaciju; nisu stalni stanovnici objekta već im ovdje najvjerojatnije odgovara klima. Na sredini i kraju kanala nalaze se koraloidi i udubine u podu. Rupe su veće u središnjoj maloj prostoriji i sadrže male okamenjene oklope od puža te se ne može procijeniti jesu li rupe nastale prilikom arheoloških istraživanja ili su neovlašteno uništene. Iznad njih na zidu su išarani potpisi i godine bivših posjetitelja koji su htjeli ovjekovječiti svoj dolazak, a najstarija zapisana godina je iz 19. stoljeća – 1898. godina. Na stropu krajnjeg dijela kanala nalazi se kaskada, te otvor unutar kojega se vide dimnjak, saljev i veliki stalagnat. Također su primijećeni crni masni tragovi na stijenama gdje su stajali šišmiši, prema čemu se mogu vidjeti ostale njima omiljene lokacije na kojima nisu uočeni prilikom posjeta. Na kraju istraživanja lokaliteta pronađeno je i vrlo zanimljivo udubljenje u zidu s karbonatnom koricom na kojoj se mogu vidjeti različite boje i teksture stijena vjerojatno nastale u različitim vremenskim razdobljima.

6.2.1. Geomorfološke značajke kroz pozitivni aspekt - istaknuti akcenti prostora

Matična stijena u kojoj je oblikovana špilja izgrađena je od vapnenca, te postoje dva ulaza (Slika 6.2.1.1.) što omogućuje kružno kretanje unutar objekta, iako bi manji prolaz (Slika 6.2.1.2.) mogao služiti samo kao izlaz kroz provlačenje ispod stijene. Potencijalnim posjetiteljima može se ponuditi izbor hoće li koristiti izlaz ili tko ne želi, može se vratiti kroz špilju do glavnog ulaza (Slika 6.2.1.3.) odnosno izlaza. Time se dobiva dodatno avanturističko iskustvo i manje zagrijavanje špilje s obzirom na to da isti broj posjetitelja ne bi dva puta prolazio kroz kružni kanal i glavnu dvoranu. Međutim, potrebno je paziti da se korištenjem manjeg izlaza ne uništava stijena, te postaviti vrata od nehrđajućeg čelika koja omogućuju prolaz životinja, a ljudima onemogućava ulaz bez nadzora.

Slika 6.2.1.1.: Prikaz ulaza u špilju

Slika 6.2.1.2.: Lijevi mali ulaz

Slika 6.2.1.3.: Desni veći - glavni ulaz

Na ulaznome dijelu i na početku glavne dvorane, na stropu i po zidovima mogu se pronaći atraktivni sitni koraloidi (Slika 6.2.1.4.). To je svojevrstan oblik siga zaobljenih vrhova ili onih oštrijih slični koraljima. Nastaju većinom u zračnim podzemnim prostorima visoke vlažnosti iz kapilarnog filma vode, te manjim dijelom pod vodom. Uz procjeđivanje i isušivanje tankoga sloja vode na neravninama špiljskoga kanala kao osnovnoga mehanizma taloženja, zračni koraloidi nastaju i u uvjetima prskanja vode te kombiniranjem kondenzacije i isušivanja. Isušivanje zbog strujanja zraka može uzrokovati rast koraloida u jednu stranu, u pravilu u smjeru odakle struji zrak, odnosno u smjeru veće brzine isušivanja.

Na istoj lokaciji mjestimično se uočavaju zlatno žute točkaste nakupine lišajeva i algi – mikrobi (Slika 6.2.1.5.). Nalaze se samo na ulaznim predjelima špilje gdje još ima određene količine svjetlosti.

Slika 6.2.1.4.: Koraloidi na početku glavnog kanala

Slika 6.2.1.5.: Mikrobi

Također, na stropu glavne dvorane u velikoj površinskoj količini prisutne su muljne ili glinovite vermikulacije; a pojedinačna vrsta nastanka i oblika ima svoj specifični naziv – u Ozaljskoj špilji je tako prisutan oblik nazvan leopardova koža (Slika 6.2.1.6.). Oblici su vrlo zanimljivi te su kvalitetan akcent za naglasiti posjetiteljima radi različitih vijugavih oblika tamne boje na svijetloj podlozi. To su tanki, nepravilni, ravni ili vijugavi (crvoliki), isprekidani talozi mulja i gline koji se nalaze na zidovima, stropovima i podovima špilja. Nastaju većinom nejednolikim isušivanjem tekuće prevlake finozrnatoga materijala. Voda, koja može biti stalna ili povremena, potječe od procjeđivanja, kondenzacije ili od poplave. Kada se muljne i glinovite vermikulacije osuše stisnu se ostavljajući tanki glinoviti sloj kao naznaku njihove prvotne veličine.

Slika 6.2.1.6.: Prikaz ukrasa - takozvana leopardova koža na zidovima i stropu glavne dvorane

Još jedan zanimljivi oblik na početku dvorane stvoren strujanjem zraka je kondenzacijska korozija (Slika 6.2.1.7.) odnosno kondenzirane kapljice vode (Slika 6.2.1.8.). Takvi oblici javljaju se na ulaznim dijelovima gdje se vlažni špiljski zrak miješa s različitim zrakom i temperaturom iz vanjskog okoliša. Tako se topliji vanjski zrak hladi i kondenzira na stropu što otapa stijene te nastaju specifične udubine u stropu.

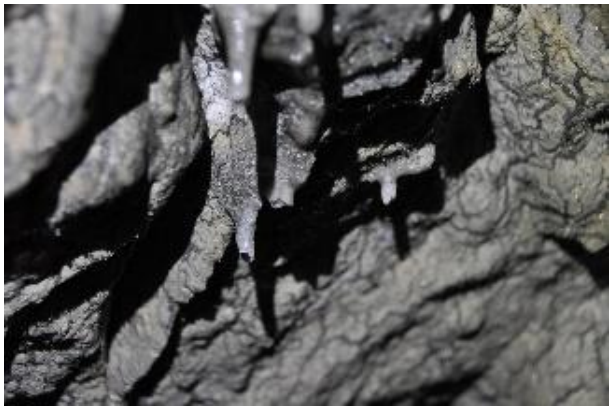
Slika 6.2.1.7.: Kondenzacijska korozija

Slika 6.2.1.8.: Kondenzacijska korozija

Osim već spomenutih vrsta siga, u cijeloj špilji nalaze se i najpoznatiji atraktivni oblici, odnosno stalaktiti (Slika 6.2.1.9.), stalagmiti (Slika 6.2.1.10.), stalagnati i zastori (Slike 6.2.1.11. i 6.2.1.13.). Stalaktiti rastu od stropa prema podu špilje, odnosno vise i to u različitim dimenzijama; od sitnih do velikih preko jednog metra. Tipično imaju središnji šuplji kanalić građen od kristala vertikalno orijentiranih izduženjem, kroz koji prolazi voda, odnosno takozvana cjevčica. Cjevčica raste sve dok postoji kontinuirani dotok vode, a njen promjer ovisi o veličini kapljice koja prolazi. Te vanjski sloj od kristala radijalno orijentiranih izduženjem, izraslih okomito na središnji kanal. Mogu biti kružnoga, elipsoidalnoga ili valovito kružnoga presjeka. Uzdužni presjek je tipično koničan, deblji na početku a tanji prema kraju (vrhu), a poprečnim presjekom vidljiva je šupljina u sredini. Veličina i oblik najčešće ovise o brzini kapanja, strujanju zraka, isparavanju, vlazi zraka, temperaturi itd.

Stalagmiti su sige koje s poda rastu prema stropu, a nastaju kapanjem vode sa stropa ili sa stalaktita iznad njih. Obično imaju zaobljen vrh, a i većega su promjera od pripadajućega stalaktita iznad. Za razliku od stalaktita, nemaju središnji kanal. Kapljica vode koja padne i stvara novi dio stalagmita obično još uvijek sadrži nešto hidrokarbonata u otopini. Tijekom pada kroz zrak, a posebno pri udaru o pod, iz kapljice se oslobađa CO_2 te se taloži $CaCO_3$. Visina s koje kapljica pada, brzina kapanja, isparavanje i količina hidrogenkarbonata u otopini određuju veličinu i oblik stalagmita, tako primjerice kada voda kapa s niskog stropa, slojevi koji grade stalagmit obično su ispupčeni prema gore, a u slučajevima kada voda kapa s visokih stropova, slojevi su udubljeni, odnosno ispupčeni prema dolje. Kada stalagmit naraste toliko da se spoji sa stalaktitom, nastaje stup odnosno stalagnat. Najveći stupovi nastaju ispod velikih pukotina u stropu (Slika 6.2.1.12.) iz kojih se slijeva veća količina vode.

U samoj špilji prisutne su sige manjih dimenzija i različite starosti; neki stalaktiti imaju već potpuno razvijeni oblik, a primjerice na slici 6.2.1.10. vidljivo je tek pokrenuto nastajanje stalagmita - na vatrom oštećenom podu vidljivo je nakupljanje bijelog kalcita.



Slika 6.2.1.9.: Stalaktiti

Slika 6.2.1.10.: Novi bijeli kalcit na podu izloženom vatri

Zastori ili zavjese nastaju na kosim stropovima ili zidovima po kojima se linijski slijeva voda i iza sebe ostavlja tanki sloj kalcita. Ovisno o putu vode, zavjesa može biti ravna ili vijugava. Kalcitni kristali rastu dužom osi okomito na smjer toka vode i obično tvore zupčasti rub na zadnjem sloju zavjese. Ti zubi poznati su i pod nazivom pasji zub (engl. *dogtooth*), a čine ih zapravo kristali kalcita skalenoedarske forme. Nazubljenost ruba zavjese ovisi o brzini dotoka vode, pri bržem dotoku nastaju sitniji kristali i zavjese glatkoga ruba, a pri sporijem toku nastaju krupniji kristali, pa je rub zavjese nazubljen (Slike 6.2.1.11. i 6.2.1.13.). To su uglavnom, kombinirane saljevno-kapajuće sige. U početku zavjesa raste gotovo pravocrtno iz vode koja teče niz kosu stijenu. Mala valovitost površine stijene uzrokuje da zavjesa postane blago zavojita (vijugava). Taloženje kalcita intenzivnije je na vanjskome rubu svakoga zavoja te zavjesa postaje sve naglašenije naborana. Na krajnjem, najnižem dijelu zavjese voda ponekad počinje kapati, te se tu često formiraju stalaktiti. U Ozaljskoj špilji najviše su prisutni naoštreni zastori.

Slika 6.2.1.11.: Mali zastori

Svi prisutni ukrasi unutar cijele špilje mogu biti vrlo važan akcent prilikom posjeta, te ih je potrebno naglasiti i istaknuti prilikom izrade turističke rute unutar špilje uz maksimalne mjere zaštite.

Slika 6.2.1.12.: Pukotina sa sigama na stropu

Slika 6.2.1.13.: Naoštreni zastor

Osim geomorfoloških karakteristika i prisutnih ukrasa, špilja je trajno te povremeno nastanjena speleološkim organizmima što još dodatno pridonosi turističkoj zanimljivosti, ali i veću potrebu za zaštitom prilikom provođenja određenih regulacijskih pravila i tijekom vođenja turističkih grupa. Bilo bi poželjno špilju ostaviti što prirodnijom bez izgradnje staza, no ako je na određenim mjestima potrebno savladati visinsku razliku; koristiti nove materijale prilikom izgradnje koji se lako mogu ukloniti te koji nisu direktno na špiljskome tlu kako ne bi došlo do remećenja prirodnosti tla ili do gaženja prizemnih kukaca u udubinama. Na ulazima potrebna su zaštitna vrata koja omogućuju prolaz životinja koje nisu stalni stanovnici špilje kao što su šišmiši i ostale vrste divljih životinja koje ondje povremeno borave (Slika 6.2.1.14. i 6.2.1.15.) ili nisu primijećene prilikom posjeta, međutim ostavljaju tragove prisustva (Slika 6.2.1.16.). Tragovi grebanja također mogu biti akcent prilikom turističkih posjeta kako bi posjetiteljima bilo jasnije da ovdje ne žive samo organizmi prilagođeni životu u podzemlju već i ostale životinje koje ovdje traže sklonište.

Slika 6.2.1.14.: Špiljski pauk

Slika 6.2.1.15.: Skakavac

Slika 6.2.1.16.: Tragovi grebanja

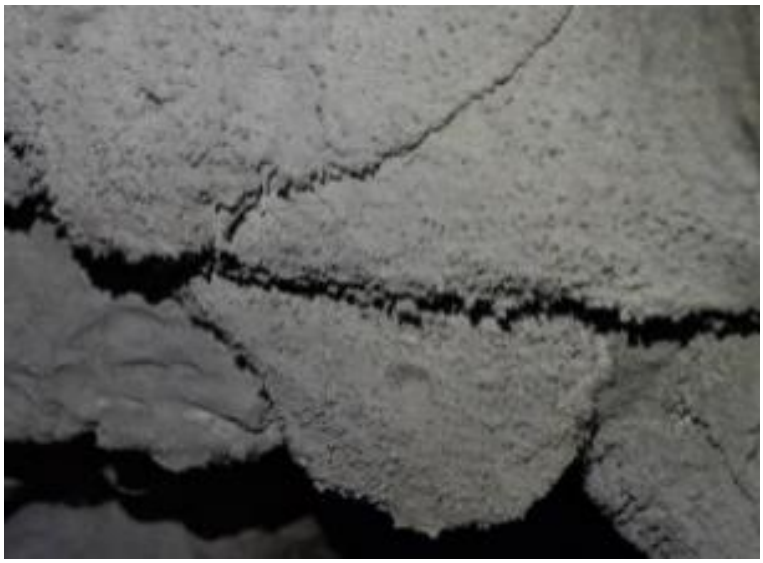
Također, radi šišmiša (Slika 6.2.1.17. i 6.2.1.18.) špilja ne bi trebala biti previše osvijetljena; preporučuje se isključivo korištenje pojedinačnih lampi koje se posjetiteljima dodjeljuju prije ulaza, dakle bez trajno postavljenih rasvjetnih tijela koje fizički ostaju u špilji.

Slika 6.2.1.17. Šišmiš u špilji

Slika 6.2.1.18.: Šišmiši na stropu špilje

S obzirom na ideju uvođenja materijala u špilju samo na mjestima gdje je nužno potrebno, špilja bi i uz status turističke destinacije mogla biti očuvana jer bi posjeti bili zabranjeni bez nadzora ovlaštene osobe – jedini elementi koji se sa sigurnošću mogu uvesti su zaštitna vrata te informacijska tabla ispred ulaza s vanjske strane. Također, obilazak ne traje dugo što ne stvara dodatno zagrijavanje prilikom posjeta, no svejedno se može odrediti ograničen broj istovremenih turista, te zadani raspored mogućih posjeta samo tijekom ljeta radi šišmiša. Što se tiče rasvjete,

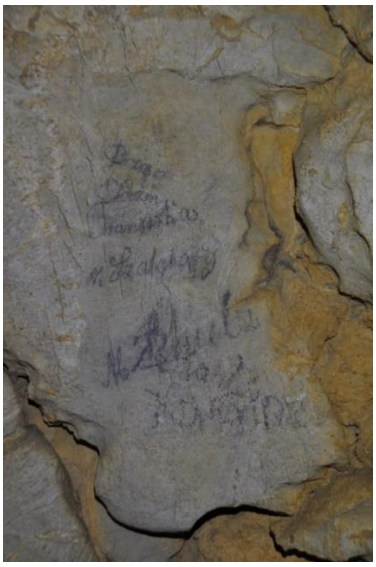
špilja nije velika te osim pojedinačnih malih lampi na električno punjenje koju ima svaki posjetitelj, nije potrebno postavljanje dodatne rasvjete za vrijeme potencijalnih izvanrednih situacija. Postojeći akcenti mogu se vidjeti i uz pomoć takvih lampi tijekom organiziranih posjeta, gdje već istrenirani vodiči turistima pokazuju najzanimljivije elemente: ukrase (Slika 6.2.1.19., 6.2.1.20., 6.2.1.21.), lokacije arheoloških i paleontoloških nalaza, natpisi na zidu (Slika 6.2.1.22., 6.2.1.23., 6.2.1.24.) te tragovi životinja (Slika 6.2.1.25. i 6.2.1.26.).



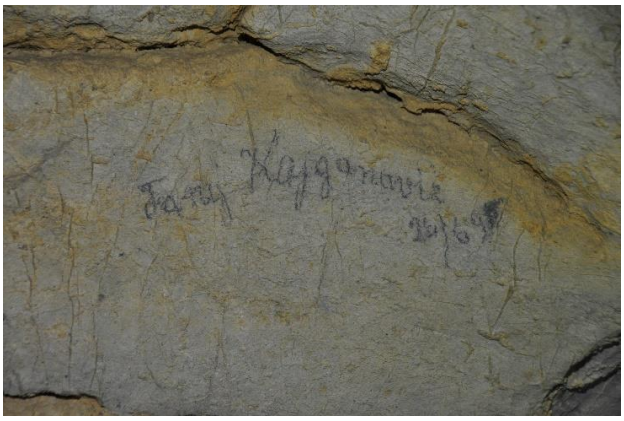
Slika 6.2.1.19.: Koraloidi u unutrašnjosti špilje

Slika 6.2.1.20.: Lijevi kanal

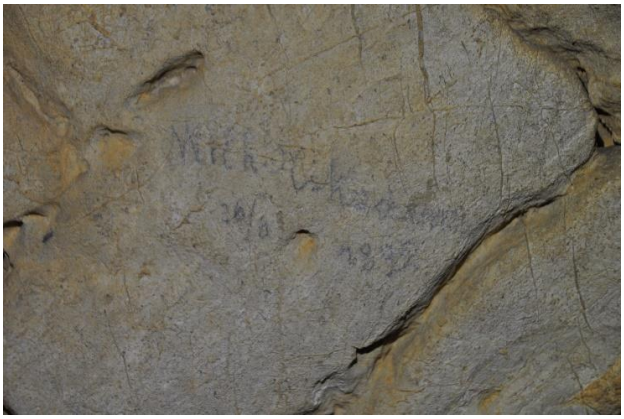
Slika 6.2.1.21.: Kompleksnost ukrasa na stropu i veliki stalagnat



Slika 6.2.1.22.: Potpisi prijašnjih posjetitelja



Slika 6.2.1.23. Godinama ovjekovječeni natpisi na zidu



Slika 6.2.1.24.: Natpisi na zidu špilje

Slika 6.2.1.25.: Okamenjena ljuštura puža

Slika 6.2.1.26.: Jedna od pronađenih kosti

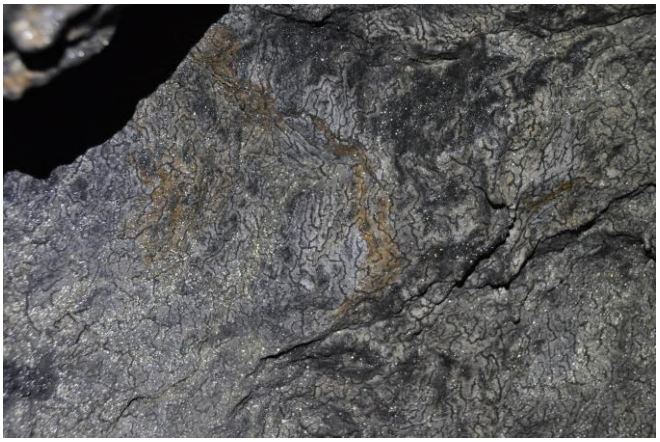
Turistička ruta mogla bi započeti od glavnog većeg ulaza do glavne dvorane, s time da je kretanje u dvorani ograničeno na rubnu kružnu stazu jer je centralni dio nizak i radi šišmiša nije preporučljivo provlačenje. Ovdje se naglašava zaštita špilje i važnost šišmiša te razni ukrasi na nižem i višem dijelu špilje. Zatim posjet desnom kratkom kanalu gdje se nalaze tragovi grebanja i najveća količina kondenzacijske korozije. Vraćanjem do lijeve strane dvorane naglasak na ukrase leopardove kože i veliki broj stalaktita i zavjesa. Završni dio je kružni lijevi kanal gdje je pronađena najveća prisutnost kukaca te natpisi na zidu i veliki stalagnat. Izlaz moguć provlačenjem kroz mali izlaz ili vraćanjem istim putem kroz glavnu dvoranu (Slika 6.2.1.27.).

Slika 6.2.1.27.: Pogled na središnji niski strop glavne dvorane prije velikog izlaza

6.2.2. Geomorfološke značajke kroz negativni aspekt

Uz sve navedene prirodne atraktivne elemente špilje, nažalost postoje i oni negativni aspekti kao posljedica antropogenog djelovanja. Na ulazu u špilju odmah je vidljivo crnilo po zidovima i stropu (Slika 6.2.2.1.) radi najvjerojatnijeg ulaženja s vatrom u daljoj ili bližoj prošlosti. Naime ulaz je bio jako nizak te je možda strop još više zacrnjen zbog blizine s vatrom. Radi komotnijeg ulaza, arheolozi su kopanjem povisili ulaz što je rezultiralo pobacanim kamenjem te dodatnim strujanjem zraka koje čađu odnosi dublje u špilju. Tako su neki vrijedni ukrasi nažalost trajno uništeni (Slika 6.2.2.2.) i tijekom turističkih posjeta mogu služiti jedino kao podsjetnik razornog ljudskog djelovanja. Pokazivanjem negativnih aspekata, posjetitelje se može dodatno educirati o tome kako ne uništavati vrijedne prirodne spomenike, te kako ih zaštititi i zašto je važno posjećivati speleološke objekte isključivo uz nadzor vodiča.

Slika 6.2.2.1.: Prikaz početka kanala kroz glavni ulaz - čađa na zidu



Slika 6.2.2.2.: Prikaz ukrasa - takozvana leopardova koža na zidovima i stropu glavne dvorane uništena crnom čađom

Na gotovo svim ukrasima unutar dvorane (Slika 6.2.2.3., 6.2.2.4. i 6.2.2.5.) i svim kanalima (Slika 6.2.2.6., 6.2.2.7., 6.2.2.8) prisutno je crnilo (Slika 6.2.2.9.) što u vrlo velikoj mjeri degradira špiljski prostor; s turističke strane može djelovati nepoželjno, te sa zaštitnog aspekta može se analizirati u kolikoj mjeri su uništeni organizmi i prirodni procesi špilje. Zahvaćeni su čak i neprohodni prostori; uski i strmi kanal (Slika 6.2.2.7.) u kojemu je moguće samo penjanje uz pomoć speleološke opreme, također je crn radi strujanja zraka koje odnosi crnilo u sve dijelove špilje.

Slika 6.2.2.3.: Mali oblici zastora prekriveni čađom

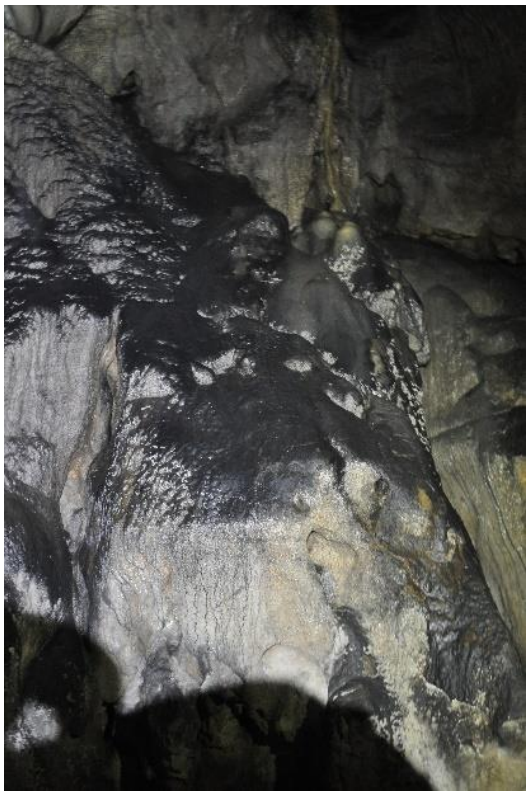
Slika 6.2.2.4.: Različite teksture i oblici prekriveni čađom

Slika 6.2.2.5.: Stalagnat prekriven čađom

Slika 6.2.2.6.: Vizura iz centra dvorane na izlaz

Slika 6.2.2.7.: Početak neprohodnog, strmog i uskog kanala – također akumulirana čađa

Slika 6.2.2.8.: Udubina u stropu ispunjena čađom



Slika 6.2.2.9.: Vatrom oštećene stijene

Među oštećenim elementima, mogu se nabrojati i neki od najvrijednijih špiljskih ukrasa kao što su: saljev (Slika 6.2.2.10.) te velike grupacije sigi i zastora (Slika 6.2.2.11., 6.2.2.12. i 6.2.2.13.) trajno uništeni crnom bojom paljenjem vatre.

Slika 6.2.2.10.: Čađavi saljev

Slika 6.2.2.11.: Sige i zastori prekriveni čađom

Slika 6.2.2.12.: Sige i zastori prekriveni čađom

Slika 6.2.2.13.: Zastori oštećeni čađom

Osim nakupljanja štetnih čestica, stijene i ukrasi su izloženi pucanju utjecajem nagle promjene u temperaturi (Slika 6.2.2.14. i 6.2.2.17.), kao i namjernim kidanjem prilikom neovlaštenog ulaza (Slika 6.2.2.15. i 6.2.2.16.). Takve oštećene elemente potrebno je dodatno zaštititi ili ih čak izbjegavati tijekom provođenja turista kako se mrvljenje stijena ne bi dodatno pogoršalo.

Slika 6.2.2.14.: Pukotine na podu formirane uslijed paljenja vatre i otkinuta stijena

Slika 6.2.2.15.: Nastajanje novih stalagmita na oštećenom podu

Slika 6.2.2.16.: Udubine u podu

Slika 6.2.2.17.: Napuknute stijene zbog vatre

Ostatke voska (Slika 6.2.2.18.) i raznovrsnog otpada potrebno je ukloniti te obavezno zabraniti ulazak izvan rasporeda grupnih posjeta uz vodstvo, kako bi se uništavanje i kidanje stijena, te nakupljanje štetnih tvari i iznošenje organizama i fosila trajno onemogućilo.

Slika 6.2.2.18.: Tragovi kapanja voska

7. Zaključak

Istraživanjem održivog načina upravljanja turističkim speleološkim objektima utvrđeno je kako uređenje špilja u turističke svrhe može poboljšati zaštitu objekata primjenom određenih materijala koji ne narušavaju prirodnu ravnotežu i bioraznolikost špiljskog sustava, te regulacijom broja posjetitelja i rasporeda posjeta. Izbjegavanje unošenja stranih materijala, osim kada je neizbježno postaviti staze i rukohvate radi sigurnosti posjetitelja, kako bi se prirodni izgled maksimalno očuvao može biti vrlo korektan pristup uređenju. Odnosno gdje su potrebne intervencije koristiti lagane plastične konstrukcije postavljene na stupovima kako ne bi došlo do gaženja sitnih organizama direktno na tlu. Što se tiče rasvjete, potrebno je koristiti LED žarulje ili uopće ne postavljati sustav već koristiti prijenosne lampe. Uz očuvanje prirodnosti špilje također je važno educirati javnost o ugroženosti speleoloških objekata postavljanjem informativnih tabli te pokazivati prirodne očuvane, ali i oštećene elemente špilje kao primjer antropogenog utjecaja. Ograničavanje ulaza predstavlja rješenje kako zaštititi špilju od nezakonitog uništavanja, međutim prilikom turističkih posjeta preporučljivo je zadati određeni broj koliko posjetitelja može boraviti unutar objekta u isto vrijeme, te također koliki se turistički promet može provesti u periodu od godinu dana. Prirodno stanje špilje može se održavati kontinuiranim monitoringom antropogenog utjecaja i promjena speleoloških procesa. Takav pristup u postojećim adekvatno uređenim špiljama pokazao se izrazito učinkovit, što dokazuje da su turistički posjeti mogući bez ugrožavanja prirodne ravnoteže objekta i speleoloških organizama.

Ozaljska špilja, iako mala površinom, bogata je geomorfološki zanimljivim oblicima i podzemnom faunom. Međutim, prilikom inventarizacije oblika uočeni su različiti oblici oštećenja i uništenja špilje antropogenim utjecajem iako je prostor zaštićen. Time su određeni prirodni elementi špilje nepovratno uništeni radi neovlaštenog posjećivanja, što se može spriječiti opremanjem špilje za turističku svrhu. Primjenom ponuđenih smjernica za realizaciju zadane namjene, moguće je minimalno promijeniti prostor špilje, a da se istovremeno zadovolje potrebe korisnika u skladu sa speleološkim procesima i dobrobiti zaštićenih šišmiša. Educiranjem javnosti o bogatstvu speleoloških objekata, bez obzira na njihovu veličinu, lokaciju ili popularnost ima potencijala zainteresirati velik broj lokalnog stanovništva i turista za očuvanje ovakvih vrijednih prirodnih prostora. Tako, uređenjem Ozaljske špilje, osim upravljanjem njenom zaštitom moguće je i pokretanje lokalne aktivnosti za očuvanjem sličnih špilja u široj ili užoj okolici.

8. Literatura

1. Aley T. (2004). Tourist Caves: Algae and Lampenflora. U: Encyclopedia of Caves and Karst Science (J. Gunn, ed), Taylor and Francis-Routledge, New York, 1568–1570.
2. Basara D., Cvitanović H. (2012). Popis speleoloških objekata Karlovačke županije, Karlovac (neobjavljeno)
3. Bloom A.L. (1978). Geomorphology, A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, N.J., 510.
4. Božić V. (1999). Speleološki turizam u Hrvatskoj: vodič po uređenim i pristupačnim špiljama i jamama, Ekološki glasnik, Zagreb.
5. Božić V. (2016). Razvoj rasvjete za speleološke potrebe, Speleološki priručnik; Hrvatski planinarski savez, Zagreb
6. Buzjak N. (2007). Mikroklima kao komponenta geoekološkog vrjednovanja spilja – primjer spilje u Belejskoj komunadi (Belej, otok Cres). Geoadria 12/2: 97-110
7. Buzjak N. (2008). Geoekološko vrednovanje speleoloških pojava Žumberačke gore, Hrvatski geografski glasnik 70/2: 74-89.
8. Cigna A. A. (2004). Climate of Caves. U: Encyclopedia of Caves and Karst Science (J. Gunn, ed), Taylor and Francis-Routledge, New York, 467-475.
9. Cigna A. A. (2016). Tourism and show caves. Zeitschrift für Geomorphologie, Stuttgart, 60(2), 217-33.
10. Cigna, A.A. (2012): The Problem of Lampenflora in Show Caves. – Acta Carsologica Slovaca, Liptonsky Mikulas 50 (1): 5–10.
11. Culver D. C., White W. B. (2005). Encyclopedia of caves. Elsevier Academic Press.
12. Čepelak R., Garašić M. (1982). Tumač „Zapisnika speleoloških istraživanja“. Komisija za speleologiju PSH, Zagreb.
13. Forti F. (1994). Problemi turistici della Grotta Gigante nel carso Triestino. International Journal of Speleology, Trst, 23(1), 6.
14. Gurnee R., Gurnee J. (1981): The study report on the development of Harrison Cave, Barbados, West Indies. – Atti Conv. Int. Grotte Turistiche, Borgio Verezzi 20–21 Marzo 1981; Grotte d'Italia, 10: 101–107.
15. Hill C.A., Forti P. (1997): Cave minerals of the world. Huntsville, SAD, National Speleological Society.1-463.
16. Hoyos M., Soler V., Cañaveras J. C., Sánchez-Moral S., Sanz-Rubio E. (1997). Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo Cave, northern Spain). Environmental Geology. 33/4. 231-242.
17. Klimchouk A. (2004). Caves. U: Encyclopedia of Caves and Karst Science (J. Gunn, ed), Taylor and Francis-Routledge, New York, 417–421.

18. Miculinić K., Cvitanović H. (2016). Pregled nalaza pleistocenskih životinja u speleološkim objektima Karlovačke županije. Subterranea Croatica, 14(2), 62-69.
19. Ozimec R., Bedek J., Gottstein S., Jalžić B., Slapnik R., Štamol V., Bilandžija H., Dražina T., Kletečki E., Komerički A., Lukić M., Pavlek M. (2009). Crvena knjiga špiljske faune Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska. STEGA TISAK d.o.o.
20. Ozimec R. (2009). Biospeleološka izložba: Karlovačka županija kolijevka Hrvatske biospeleologije. Subterranea Croatica, 7(11), 46.
21. Palmer A.N. (2007): Cave geology. Cave books, Dayton, SAD. 1-454.
22. Summers D. (2012): Address delivered at the ISCA Conference 2012 Greece-Turkey, 4–10 November 2012.
23. Težak-Gregl T. (1993). Prapovijesno nalazište Ozalj-Stari grad., Zagreb, *Opvscvla archaeologica, 17*(1), 166.
24. Vujčić - Karlo S., Rađa T., Durbešić P., (2000). Morfometrijska mjerenja različitih populacija vrste Laemostenus (Antisphodrus) cavicola (Schaum) sa područja hrvatskog krša [Col.: Carabidae], Zbornik sažetaka priopćenja Sedmog hrvatskog biološkog kongresa, Ljubešić, N., ur., Hvar 24.9 - 29.9. 2000. Hrvatsko biološko društvo Zagreb: 329 - 330.

9. Popis internetskih izvora

1. Hrvatski speleološki poslužitelj (2022), Koraloidi
   URL: http://speleologija.eu/znanost/sige/sige-oblici-koraloidi.html (10.04.2022.)
2. Hrvatski speleološki poslužitelj (2022), Ostale tvorbe špiljskih taloga
   URL: http://speleologija.eu/znanost/sige/sige-oblici-ostalo.html (10.04.2022.)
3. Hrvatski speleološki poslužitelj (2022), Sige
   URL: http://speleologija.eu/znanost/sige/index.html (18.03.2022.)
4. Hrvatski speleološki poslužitelj (2022), Uvod u sige
   URL: http://speleologija.eu/znanost/sige/sige.html (18.03.2022.)
5. Hrvatski speleološki poslužitelj (2022), Uvod u speleologiju
   URL: http://speleologija.hr/uvod-u-speleologiju (18.03.2022.)
6. Johnson K. (1978): Control of lampenflora at Waitomo caves, New Zealand (online)
   URL: http://www.ackma.org/Proceedings/proceed/03/wait3.html (23.05.2022.)
7. Službena stranica Discover Waitomo (2022), Povijest Waitomo Glowworm špilje
   URL: https://www.waitomo.com/discover/magic/the-history-of-waitomo-glowworm-cave (22.05.2022.)
8. Službena stranica Hrvatske enciklopedije, Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2021), Špilje
   URL: https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=59841 (06.03.2022.)
9. Službena stranica Križne jame (2021), Specifičnosti špilje
   URL: https://krizna-jama.si/en/the-specifics-of-the-cave/ (20.05.2022.)
10. Službena stranica Lokvarka (2014), Špilja Lokvarka
    URL: https://lokvarka.hr/spilja-lokvarka (25.05.2022,)
11. Službena stranica Natura Viva (2021), Ustanova
    URL: https://naturaviva.hr/o-nama/ustanova/ (18.04.2022.)
12. Službena stranica Natura Viva (2021), Zaštićena područja, Ozaljska špilja
    URL: https://naturaviva.hr/ozaljska-spilja/ (18.04.2022.)
13. Službena stranica Općina Lokve (2013), Špilja Lokvarka
    URL: https://lokve.hr/vijesti/spilja-lokvarka (25.05.2022.)
14. Službena stranica Park Postojnska jama (2022), Postojnska jama
    URL: https://www.postojnska-jama.eu/hr/postojnska-jama/ (05.06.2022.)
15. Službena stranica Turističke zajednice općine Vela Luka (2016), Vela spila
    URL: https://tzvelaluka.hr/hr/vela-spila (24.05.2022.)

10. Izvori fotografija

1. Slika 4.1.1. Klasifikacija špilja prema postanku (Culver i White, 2005.), str. 5
2. Slika 4.2.1.: Stalaktiti (http://speleologija.eu/znanost/sige/index.html), str. 8
3. Slika 4.2.2.: Stalagmiti (http://speleologija.eu/znanost/sige/index.html), str. 8
4. Slika 4.2.3. Stalagnati (https://www.postojnska-jama.eu/hr/postojnska-jama/), str. 9
5. Slika 4.3.1.: Primjer restorana unutar špilje (https://www.tripadvisor.co.uk/Restaurant_Review-g635875-d1022607-Reviews-Ristorante_Grotta_Palazzese-Polignano_a_Mare_Province_of_Bari_Puglia.html), str. 10
6. Slika 5.1.1.1.: Cave bar More, Dubrovnik (Autor), str 16
7. Slika 5.2.1.1.: Vela spilja (https://tzvelaluka.hr/hr/vela-spila-staza), str. 18
8. Slika 5.2.2.1.: Križna jama (https://www.notranjski-park.si/en/nature/natural-sights/krizna-jama-cave), str. 19
9. Slika 5.2.2.2.: Waitomo Glowworm špilja (https://www.atlasobscura.com/places/waitomo-glowworm-caves), str. 20
10. Slika 6.2.1.: Kartografski prikaz Ozaljske špilje sa presjecima, izradili Neven Bočić i Hrvoje Cvitanović, str. 22
11. Slika 6.2.2.: Skica lokacije izrađena prilikom terenskog istraživanja, str. 23
12. Slika 6.2.1.1.: Prikaz ulaza u špilju, str. 25
13. Slika 6.2.1.2.: Lijevi mali ulaz, str. 25
14. Slika 6.2.1.3.: Desni veći - glavni ulaz, str. 25
15. Slika 6.2.1.4.: Koraloidi na početku glavnog kanala, str. 26
16. Slika 6.2.1.5.: Mikrobi, str. 26
17. Slika 6.2.1.6.: Prikaz ukrasa - takozvana leopardova koža na zidovima i stropu glavne dvorane, str. 27
18. Slika 6.2.1.7..: Kondenzacijska korozija, str. 27
19. Slika 6.2.1.8.: Kondenzacijska korozija, str. 27
20. Slika 6.2.1.9.: Stalaktiti, str. 28
21. Slika 6.2.1.10.: Novi bijeli kalcit na podu izloženom vatri, str 28
22. Slika 6.2.1.11.: Mali zastori, str. 29
23. Slika 6.2.1.12.: Pukotina sa sigama na stropu, str. 29
24. Slika 6.2.1.13.: Naoštreni zastor, str. 29
25. Slika 6.2.1.14.: Špiljski pauk, str. 30
26. Slika 6.2.1.15.: Skakavac, str. 30
27. Slika 6.2.1.16.: Tragovi grebanja, str. 30
28. Slika 6.2.1.17.: Šišmiš u špilji, str. 31
29. Slika 6.2.1.18.: Šišmiši na stropu špilje, str 31
30. Slika 6.2.1.19.: Koraloidi u unutrašnjosti špilje, str. 32
31. Slika 6.2.1.20.: Lijevi kanal, str. 32

32. Slika 6.2.1.21.: Kompleksnost ukrasa na stropu i veliki stalagnat, str. 32
33. Slika 6.2.1.22.: Potpisi prijašnjih posjetitelja, str. 33
34. Slika 6.2.1.23.: Godinama ovjekovječeni natpisi na zidu, str. 33
35. Slika 6.2.1.24.: Natpisi na zidu špilje, str. 33
36. Slika 6.2.1.25.: Okamenjena ljuštura puža, str. 34
37. Slika 6.2.1.26.: Jedna od pronađenih kosti, str. 34
38. Slika 6.2.1.27.: Pogled na središnji niski strop glavne dvorane prije velikog izlaza, str. 34
39. Slika 6.2.2.1.: Prikaz početka kanala kroz glavni ulaz - čađa na zidu, str. 35
40. Slika 6.2.2.2.: Prikaz ukrasa - takozvana leopardova koža na zidovima i stropu glavne dvorane uništena crnom čađom, str. 35
41. Slika 6.2.2.3.: Mali oblici zastora prekriveni čađom, str. 36
42. Slika 6.2.2.4.: Različite teksture i oblici prekriveni čađom, str. 36
43. Slika 6.2.2.5.: Stalagnat prekriven čađom, str. 37
44. Slika 6.2.2.6.: Vizura iz centra dvorane na izlaz, str. 37
45. Slika 6.2.2.7.: Početak neprohodnog, strmog i uskog kanala – također akumulirana čađa, str. 38
46. Slika 6.2.2.8.: Udubina u stropu ispunjena čađom, str. 38
47. Slika 6.2.2.9.: Vatrom oštećene stijene, str. 39
48. Slika 6.2.2.10.: Čađavi saljev, str. 39
49. Slika 6.2.2.11.: Sige i zastori prekriveni čađom, str 40.
50. Slika 6.2.2.12.: Sige i zastori prekriveni čađom, str. 40
51. Slika 6.2.2.13.: Zastori oštećeni čađom, str. 40
52. Slika 6.2.2.14.: Pukotine na podu formirane uslijed paljenja vatre i otkinuta stijena, str. 41
53. Slika 6.2.2.15.: Nastajanje novih stalagmita na oštećenom podu, str. 41
54. Slika 6.2.2.16.: Udubine u podu, str. 42
55. Slika 6.2.2.17.: Napuknute stijene zbog vatre, str. 42
56. Slika 6.2.2.18.: Tragovi kapanja voska, str. 42

Životopis

Paula Horaček rođena je u Zagrebu 17. veljače 1999. godine. Završila je OŠ Klinča Sela, nakon čega je pohađala srednju umjetničku Školu primijenjene umjetnosti i dizajna u Zagrebu za smjer slikarstvo. Za vrijeme obrazovanja u osnovnoj školi sudjelovala je u projektima izrade animiranih crtanih filmova. Tokom srednjoškolskog obrazovanja stekla je znanja različitih slikarskih tehnika i izrade mozaika, te je osvojila prvo mjesto na srednjoškolskom natjecanju za arhitektonsko crtanje. Preddiplomski studij Krajobrazne arhitekture, na Sveučilištu Agronomski fakultet u Zagrebu upisala je 2017. godine, a završila 2020. godine radom Projekt krajobraznog uređenja konjičkog kluba u Klinča Selima. Na fakultetu je iste godine nastavila diplomski studij također za krajobraznu arhitekturu.