

Preliminarna speleološka istraživanja područja rijeke Korane za potrebe gradnje HE Lučica

SVJETLAN HUDEC, OZREN LUKIĆ

1. Uvod

U sklopu multidisciplinarnih istraživanja koja su poduzeta za prikupljanje potrebne dokumentacije koja služi kao podloga za raspisivanje natječaja za izradu projektne dokumentacije za potrebe izgradnje HE "Lučica" na Korani uz uobičajena geološka, geotehnička, geofizička i druga uključena su i speleološka istraživanja. Podizanjem betonske lučne brane ukupne visine 75m stvorilo bi se akumulacijsko jezero koje bi se prostiralo kanjonom Korane u dužini 28 km, praktički cijelom svojom dužinom kroz krški teren. Speleološka istraživanja podijeljena su u dvije faze: prethodna i detaljna. Prethodna istraživanja obuhvaćaju rekognosciranje svih objekata na zadanom terenu, te njihovo istraživanje do određene dužine kako bi se uočili značajni speleološki objekti koji bi se potom detaljno istraživali u drugoj fazi, dok bi se ostali eliminirali. Osjetljivost položaja akumulacije i dosta nepovoljna geološka i geotektonska struktura okolnog područja ukazuju na mogućnost postojanja podzemnih privilegiranih tokova uz eventualnu mogućnost migracija većih količina vode prema toku Mrežnice u smjeru zapada, te slivu Gline na istoku. To je rezultiralo potrebom za speleološkim istraživanjima već u najranijoj fazi projektiranja ovog značajnog hidroenergetskog i vodoprivrednog zahvata.

2. Geološki prikaz terena

Geološki podaci, izneseni u ovom radu, temelje se na podacima Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100000, list Slunj (Korolija, B. i dr., 1979), list Ogulin (Velić, I. i Sakač, B., 1981) te zapažanjima samih autora. Istraživano područje rijeke Korane na potezu Lučice - G.Nikšić gotovo u cijelosti je izgrađeno od karbonatnih naslaga (vapnenaca i dolomita zastupljeni u različitim omjerima) jurske i kredne starosti.

S aspekta speleološke problematike, odnosno stanja i utjecaja speleoloških objekata na predviđenu akumulaciju, ove naslage promatrane su kao više ili manje vodopropusne, ovisno o litološkom sastavu te stanju i učestalosti tektonskih elemenata vezanih na predisponirane privilegirane tokove u podzemlju.

Jurski sedimenti predstavljeni su dolomitima lijasa s rijetkim ulošcima vapnenca, dolomita i vapnencima dogera, te vapnencima i dolomitima malma. U karbonatnim sedimentima krede prevladavaju dobro uslojeni vapnenci s rijetkim proslojcima dolomita. Bogata fosilifernost ovih naslaga omogućila je rasčlanjivanje na pripadajuće katove. Karakteristika svih naslaga jesu rasjedni odnosi među njima što ukazuje na učestalost tektonskih elemenata na istraživanom području.

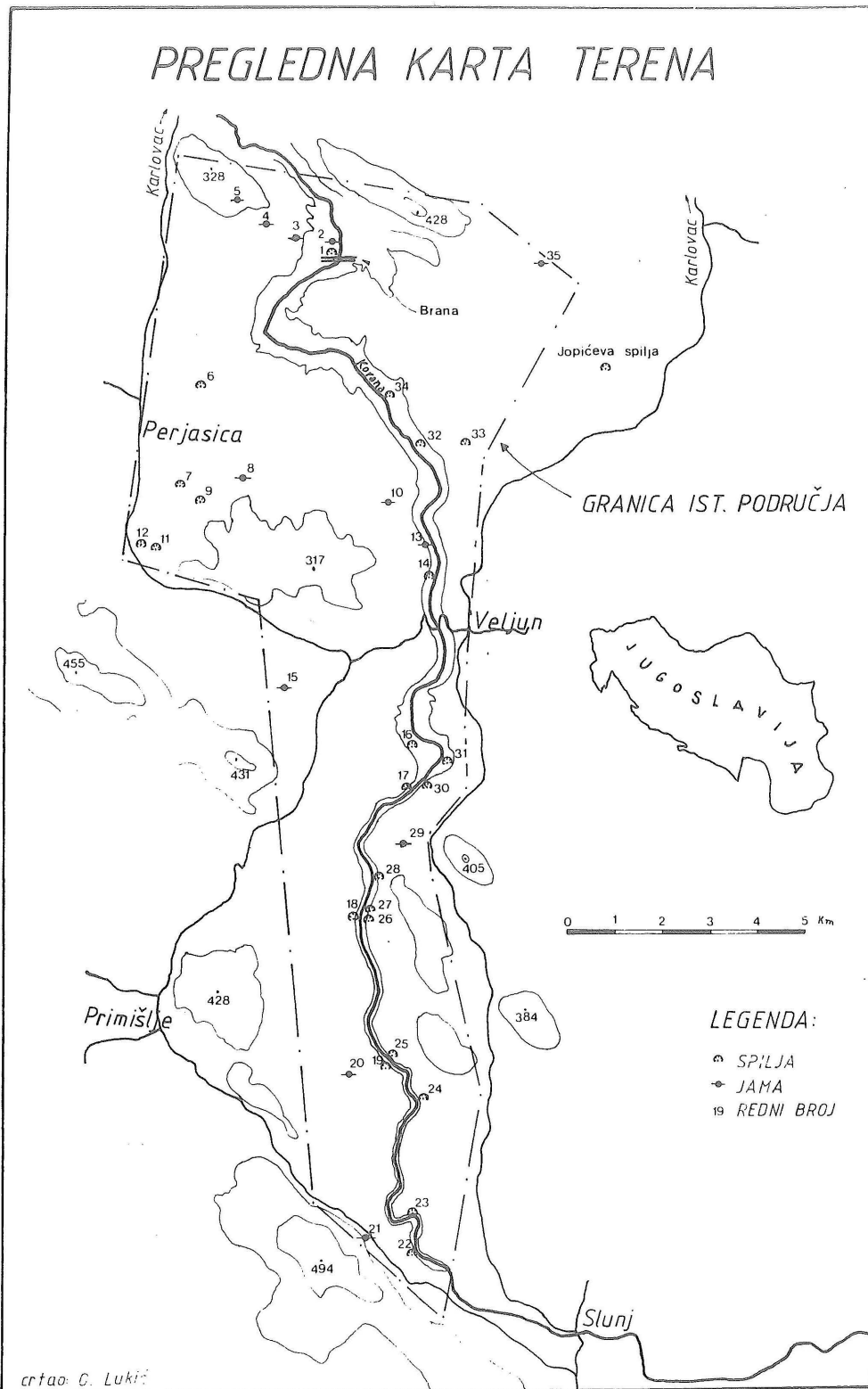
Osim jurskih i krednih karbonata nedaleko Perjasice odnosno kod Gornjeg Poloja nalazi se uska zona donjotrijjskih i srednjotrijaskih vapnenaca i dolomita znatno razlomljenih. Naime, nalazimo ih u zoni navlake koja je ove naslage trijasa dovela u kontakt s donjokrednim vapnencima.

Mjestimično na terenu nalazimo klastične naslage. Na južnim padinama Skradске glave (kota 428) u području Ponorca razvijene su naslage fliša s ulošcima vapnenaca kredno-paleocenske starosti. Leže transgresivno na krednoj podlozi, a rezultat su djelovanja "mutnih tokova".

Klastične naslage srednjeg miocena karakterizirane su laporima koji su rastrošeni u glinoviti materijal. Unutar lapora nalaze se tanki proslojci pijeska. Očuvani su u ostacima starih rasjednih depresija u području navlačne zone nedaleko G.Poloja. Na ove naslage transgresivno slijede šljunci i pijesci pliocena i kvartara. Sve klastične naslage ograničenog su prostiranja, male debljine, a vezane su za depresije paleoreljeva.

Površinska istraživanja ukazuju na postojanje dva dominantna pružanja tektonskih elemenata i to SZ-JI koji su mjestimično navlačnog karaktera te elementi pravca SI-JZ. Tektonski elementi svojim pravcima pružanja predisponirali su pružanje speleoloških objekata, odnosno pravaca privilegiranog protjecanja u podzemlju. Speleološka istraživanja ukazuju na nešto drugačiju zastupljenost tektonskih elemenata u podzemlju. Na osnovu statističkih podataka, dobivenih analizom istraženih objekata, za genezu

PREGLEDNA KARTA TERENA



crtao: C. Lukić

samih objekata u najvećoj mjeri bile su presudne frakture pravca pružanja SZ- JI (32% objekata) što odgovara površinskoj učestalosti navedenih fraktura. Na drugom mjestu nalaze se frakture smjera S-J s 31% genetski vezanih objekata. Ove frakture se na površini slabo uočavaju te njihovo dokumentiranje i postojanje treba uzeti u obzir prilikom razmatranja situacije vezane uz hidrogeološke karakteristike ovog područja. Frakture pravca pružanja SI-JZ presudne su za formiranje 15% objekata, a frakture pravca I-Z za 14% objekata. U 8% objekata nije bilo moguće odrediti pravce dominantnih frakturnih elemenata vezanih za genezu određenog objekta.

Obrađivano područje pripada strukturnoj jedinici Veljun- Slunj-Pećigrad koju karakteriziraju navlačne strukture u jugoistočnom dijelu, a boranje i slabije navlačenje u sjeverozapadnom dijelu. U mlađoj fazi strukturnog formiranja prevladava radialna tektonika.

3. Speleološka istraživanja

Istraživano područje prostire se na oko 100 km², a obuhvaćalo je sami kanjon, te uski pojas širine od 1-2 km na obje obale kanjona od pregradnog mjesta do krajnje točke do koje se pruža akumulacija. Osnovni smisao istraživanja bio je da se izvrši rekognosciranje svih speleoloških objekata na zadanom terenu, da se oni topografski snime do određene duljine, te da se eliminiraju speleološki objekti bez pretpostavljivog utjecaja na buduću akumulaciju. Na taj način od ukupno 92 istražena speleološka objekta za narednu fazu detaljnih speleoloških i drugih istraživanja izdvojeno je 35. Istraživanja su imala preliminarni karakter odnosno svi objekti nisu detaljno istraženi ostale su još brojne mogućnosti za nastavak, bilo ronjenjem sifonskih jezera, svladavanjem podzemnih tokova ili prolazom vertikalna. Na veliki potencijal podzemnih prostora upućivala je geologija terena, te dosadašnja nesistematska speleološka istraživanja. U neposrednoj blizini, 4 km od kanjona nalazi se Jopićeva spilja s podzemnom rijekom, te ukupne duljine podzemnih kanala od približno 7 km, a na istraživanom području dosad su bila poznata 44 speleološka objekta.

Ukupno je na cijelom području istraženo i skicirano 2591 m dužine (horizontalna projekcija) i 1369 m visinske razlike. Od toga je 48 speleoloških objekata prvi put istraženo i obrađeno tokom ovog rada u ukupnoj dužini od 1212 m i 713 m visinske razlike. Prema rezultatima i opsežnosti ova istraživanja predstavljaju najveće sustavno speleološko istraživanje u posljednjih 25 godina u Hrvatskoj koje je trajalo s prekidima, oko tri mjeseca uz sudjelovanje 12

speleologa iz SOPD "Željezničar", SD "Ursus speleus" iz Zagreba, te 2 speleologa iz SOPD "Dubovac" iz Karlovca.

4. Opis značajnijih speleoloških objekata

Preliminarna speleološka istraživanja dokazala su postojanje 92 speleološka objekta formirana u karbonatnim naslagama trijesa, jure i krede. Izdvojeno je i na priloženoj karti označeno 35 objekata koji mogu imati utjecaja na projektiranu branu tj. akumulaciju, odnosno objekti na koje će utjecati akumulacija. Drugim riječima, objekti koji su formirani u propusnijim naslagama na većim i naglašenijim frakturama te ukazuju na mjesta duž kojih može doći do formiranja privilegiranog otjecanja izgradnjom brane i podizanjem nivoa podzemne vode. Također su izdvojeni objekti uz samu rijeku Koranu koji će formiranjem akumulacije biti djelomično ili potupno potopljani.

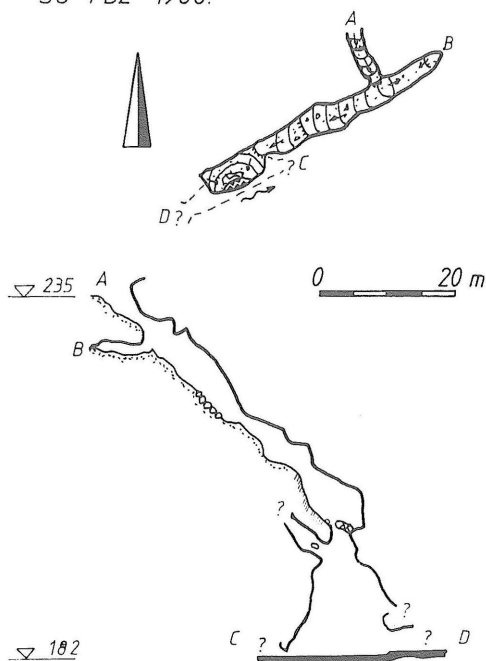
Postojanje hidrogeoloških barijera vezano je uz rasprostiranje dolomitičnih naslaga ograničenog i nepravilnog prostiranja.

Na temelju dosadašnjih istraživanja mogu se izdvojiti neki objekti koji se izrazito odlikuju navedenim negativnim karakteristikama.

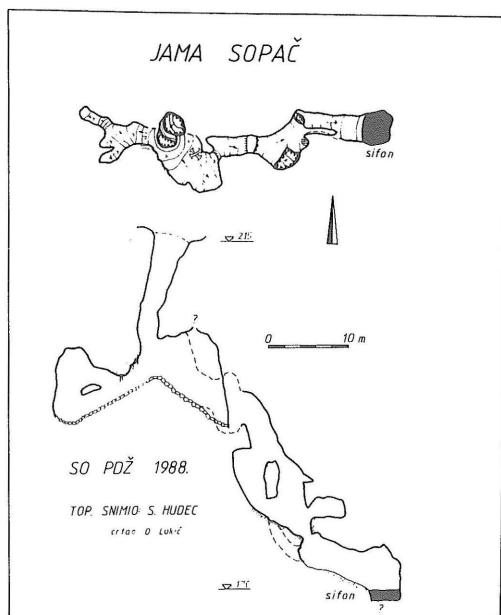
Jama kod Borovog groba (20) formirana je u donjokrednim vapnencima duž rasjeda pravca pružanja SI-JZ. Na dubini -53 m odnosno koti 182 m javlja se vodeni tok nepotpuno istražen. Ustanovljeno je otjecanje u smjeru SI odnosno u smjeru rijeke Korane. Potpunim istraživanjem vodenog dijela objekta moguće bi bilo ustanoviti točno rasprostiranje objekta, odnosno ustanoviti opasnost od eventualnih gubitaka iz akumulacije duž spomenute dislokacije kojom se danas odvija pritjecanje u buduću akumulaciju, tj. rijeku Koranu. Na ovom lokalitetu potrebno je utvrditi podzemnu razvodnicu između rijeke Korane i Mrežnice fizičkim svladavanjem opisanog objekta. Smjer toka podzemne vode, odnosno utjecaj prostiranja speleološkog objekta potrebno je ustanoviti i u slučaju jame **Sopač (29)**, formirane u gornjokrednim vapnencima nedaleko od rasjeda pravca pružanja SZ-JI, na čijem dnu (kota 170 m) nalazimo veću akumulaciju podzemne vode nepoznate dubine i smjera toka. U ovom objektu bila bi potrebna speleološka istraživanja. **Jama Bobina bezdanica (35)** formirana je u donjokrednim vapnencima. Od rijeke Korane djelomično je odvojena nepropusnim naslagama fliša. Jama je nepotpuno istražena te postoji mogućnost da se daljnjim istraživanjima postigne veća dubina (do sada -52 m) te da se prodre ispod

JAMA KOD BOROVOG GROBA

SO PDŽ 1988.



TOP. SNIMIO: S. HUDEC
crtao: O. Lukić



SO PDŽ 1988.

TOP. SNIMIO: S. HUDEC
crtao: O. Lukić

naslaga fliša. Na taj način postojala bi komunikacija između rijeke Korane i opisane jame. Pružanje jame u smjeru sjevera smanjuje ovu mogućnost na minimum, ali je ne isključuje.

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti objektima s vodom u blizini navlačne zone kod G. Poloja. To su **Mrgića pećina Mokra** (11) i **Suha** (12) formirane u donjotrijaskim dolomitima, znatno tektoniziranim. Nepotpuna istraženost ovih objekata onemogućuje definitivni zaključak, ali sama lokacija objekta i postojanje vodenog toka u njima ukazuje na formirani i vjerojatno dobro razvijeni tok podzemnog otjecanja. Duž ove navlačne zone postoji mogućnost otjecanja vode iz buduće akumulacije u pravcu Mrežnice.

Sjeverno od opisanih objekata nalaze se dva ponora formirana u donjokrednim vapnencima i dolomitima, a na kontaktu s klasičnim naslagama pliocena i kvartara. **Ponor Miloševac** (7) i **Pavića pećina** (9) nalaze se iznad kote buduće zaustave na rijeci Korani, ali njihova današnja hidrogeološka funkcija aktivnih ponora ukazuje na postojanje dobro razvijениh putova podzemnog otjecanja. Gubici vode iz akumulacije mogući su duž nižih etaža spomenutih objekata.

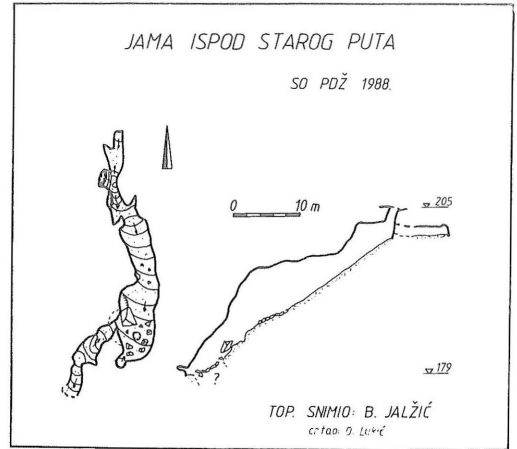
Slična problematika vezana je i uz **Ponor u polju** iza Perinih kuća (33) formiran u dolomitima dogera. Po hidrogeološkoj funkciji predstavlja periodički ponor čije vode vjerojatno izviru na nedalekom izvoru u kanjonu Korane zvanom **Vrelina**. Ponor je predisponiran rasjedom pravca pružanja SI-JZ. Tektonske prilike na ovom dijelu terena ukazuju na još jednu mogućnost, odnosno potencijalnu opasnost vezanu uz potencijalne gubitke vode iz buduće akumulacije. Iako je ova područje izgrađeno od dolomita, dakle slabije propusnih naslaga, postojanje frakturnih elemenata smjera SI-JZ u razmatranje problematike gubitka vode uključuje i **Jopićevo spilju** (Čepelak, M. 1980-1984) dužine preko 6,5 km u kojoj postoji stalni vodeni tok. Spilja predstavlja protočni speleološki objekt u kojem se vodeni tok javlja na koti 144 m. Formirana je u krednim vapnencima, u znatnoj mjeri okršenim. Podizanjem nivoa podzemne vode postoji mogućnost promjene smjera tečenja vode u podzemlju, te kroz niže dijelove Ponora u polju i duž opisanih fraktura do gubitaka u smjeru Jopićeve spilje odnosno dreniranja vode u sliv potoka Rijeke kojem danas pripadaju vode iz Jopićeve spilje.

Jama Ledenica (15) formirana je u donjokrednim vapnencima, a predisponirana je rasjedom pravca pružanja SZ-JI. U objektu postoji ujezerena voda nepoznatog smjera prihranjivanja. Veliki ulaz objekta (30 x 20 m) s vertikalom

od 50 m ukazuje na znatnu tektonsku oštećenost naslaga na ovom lokalitetu. Dno objekta nalazi se ispod razine jezera, odnosno na koti 167 m, pa je pojava vode u objektu tim interesantnija sa stanovišta mogućih gubitaka iz akumulacije.

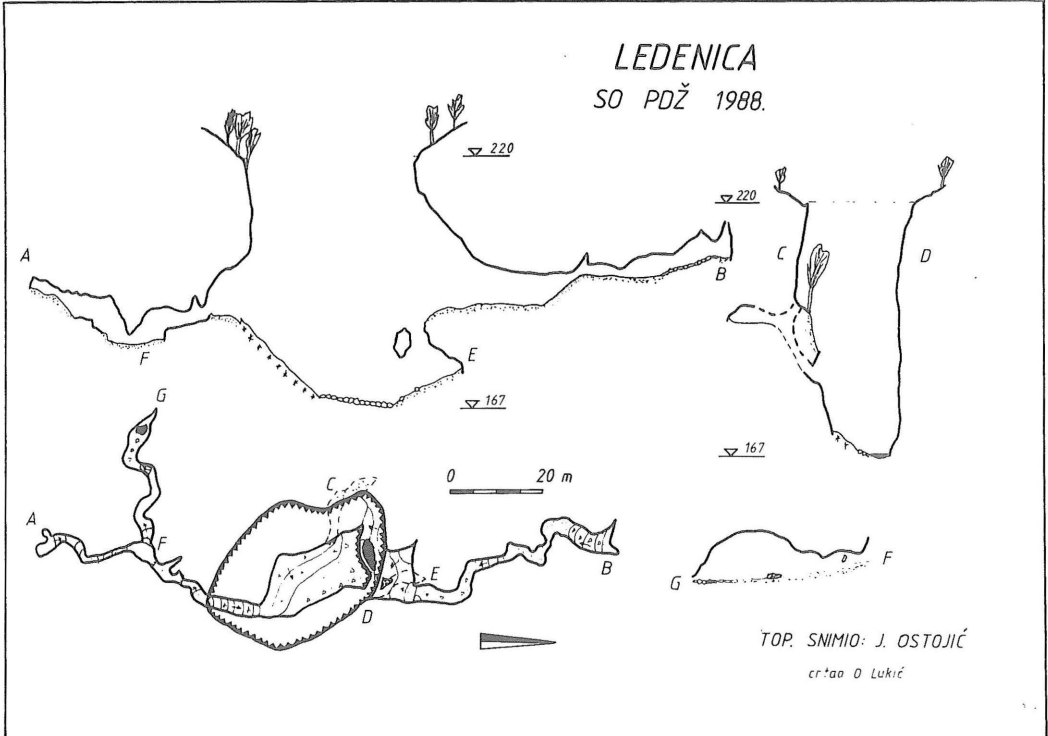
Posebnu grupu objekta predstavljaju objekti u samom kanjonu Korane koji će biti potopljeni izgradnjom brane. Od većeg su značaja objekti koji danas imaju funkciju izvora, a to su **Spilja u kanjonu Korane** nizvodno od Pokrajaca (34), **Mali Berek** (16), **Špilja kod mlina** (31). **Špilja kod starog mlina** na lijevoj obali (18). Za sve objekte karakteristična je veća ili manja akumulacija vode u objektu koja otječe u Koranu. Objekti ovog tipa ukazuju na postojanje privilegiranih puteva dotjecanja iz hidrogeološkog zaleđa objekta, te bi bilo neophodno izvršiti temeljita (uglavnom speleoronilačka) istraživanja radi opasnosti od reverzibilnih procesa prozročeni izgradnjom brane, a u odnosu na današnju hidrogeološku funkciju objekata.

S stanovišta problematike vezane uz samu izgradnju brane odnosno injekcione zavjese poseban značaj imaju objekti u neposrednoj blizini brane. To su **Spilja kod mlina** (1) i **Jama ispod starog puta** (2) formirane u donjokrednim vapnencima te **Koranska jama** (3), **Mači-**



ća jama (4) i **Jama pod Kolosijekom** (5) formirane u vapnencima i dolomitima malma. Svi objekti predisponirani su frakturama pravca pružanja S-J i SZ-JI.

Spilja kod mlina (1) nalazi se svega tridesetak metara nizvodno od samog pregradnog mjesta. Iako nije velikih dimenzija, spilja je indikator da su moguća kavernoza iznenađenja u samom boku predviđene lučne betonske brane. Ovo otkriće upućuje na oprez prilikom pro-



TABLICA INTERESANTNIH SPELEOLOŠKIH OBJEKATA

Oznaka	Ime objekta	Duž.(m)	Dub.(m)	N.vis.*	Značaj
1	Špilja iznad mlina	15	0	165	Blizina brane
2	Jama ispod starog puta	55	-26	179	Blizina brane
3	Koranska jama	23	-30	175	Blizina brane
4	Macića jama	14	-16	202	Blizina brane
5	Jama pod kolosjekom	50	-65	175	Blizina brane
6	Pećina u Dubravi	20	-12	185	Potopljena
7	Ponor Miloševac	25	-5	200	Ponor
8	Mikića jama	17	-17	203	Nastavlja se
9	Pavića pećina	22	-4	206	Nastavlja se
10	Bezdanica Gornji Sudari	39	-43	172	Potopljena
11	Mrgića ponor-Suha pećina	73	-3	205	Ponor
12	Mrgića pećina-Mokra pećina	148	-22	203	Ponor
13	Bezdanica iznad Velimirović mlina	16	-18	172	Potopljena
14	Pasja špiljica	8	+6	180	Potopljena
15	Jama Ledenica	220	-53	167	Sifon
16	Mali Berek	23	0	150	Izvor špilja
17	Tepavčeva pećina	31	+7	170	Potopljena
18	Špilja kod starog mlina lijeva obala	13	-3	155	Izvor špilja
19	Fequelete	13	+2	180	Potopljena
20	Jama kod Borovog groba	72	-53	182	Vodeni tok
21	Bezdanica kod Zečeve Varoši	110	-25	250	Nastavlja se
22	Izvor-špilja Studenac	14	-1	189	Izvor
23	Gradina I	33	+6	187	Potopljena
24	Mramornjača pećina	41	+22	175	Potopljena
25	Špilja kod III logora	13	+8	170	Potopljena
26	Špilja kod starog mlina desna obala I	13	-3	155	Potopljena
27	Špilja kod starog mlina desna obala II	13	0	157	Potopljena
28	Špilja kod Studenca	19	-3,+9	157	Vodeni tok
29	Jama Sopač	49	-49	170	Sifon
30	Suva pećina	23	+10	170	Potopljena
31	Špilja kod mlina	37	+3	150	Izvor
32	Mezana jama	8	-3	182	Potopljena
33	Ponor u polju iza Perine kuće	26	-11	189	Ponor
34	Špilja u kanjonu Korane nizvodno od Pokrajaca	20	-3	147	Izvor
35	Bobina bezdanica	26	-52	208	Nastavlja se

* najniža kota u objektu

jektiranja i izvođenja pregrade te ukazuje na potrebu zaista temeljitih, prvenstveno geofizičkih i geotehničkih ispitivanja, kako bi se potencijalno prisutne kaverne locirale i uzele u obzir u daljnjem radu. Također je na ovom mjestu važno napomenuti i na potencijalnu opasnost od kaverni (pukotina) zapunjenih rastršenim nevezanim materijalom koji se podizanjem nivoa podzemne vode brzo ispire te tako može stvoriti kavernu i tamo gdje je prije nije bilo.

Prilikom projektiranja injekcione zavjese potrebno je obratiti pažnju na pukotine koje su orijentirane S-N i SZ-JI koje su gotovo okomite na smjer zavjese (približno I-Z), na čije postojanje ukazuje orijentacija prikazanih speloloških objekata (Jama ispod strmog puta (2) i Koranska jama (3)). Potrebno je napomenuti da postoji mogućnost otkrivanja novih podzemnih prostora u Jami ispod strmog puta provlačenjem kroz blokove u južnom dijelu na sadašnjem dnu jame.

5. Zaključak

Posebnu pažnju prilikom daljnjih detaljnijih speleoloških istraživanja potrebno je posvetiti speleološkim objektima koji su formirani unutar propusnijih naslaga odnosno na dominantnim frakturama. Opasnost predstavljaju i jače zdrobljene zone, naročito ako u njima postoje formirani speleološki objekti. Postojanje vode ili vodenog toka u objektu od posebnog je značaja jer najčešće ukazuje na privilegiran vodeni tok. Takva mjesta danas vrše priliv vode u rijeku Koranu, ali igradnjom brane, odnosno podizanjem nivoa podzemne vode za projektiranih 58

m, mogu uzrokovati reverzibilne procese tj. otecanje iz akumulacije. Vežano uz problematiku izgradnje brane, spelološki objekti formirani u neposrednoj blizini lijevog boka brane ukazuju na postojanje nepovoljnih pukotinskih struktura te na mogućnost pojave kaverni u samom boku brane, te na liniji buduće injektione zavjese. To sve ukazuje na potrebu intenzivnijih geofizičkih istražnih radova prije projektiranja injektione zavjese, te na detaljna speleološka istraživanja gdje je to moguće.

PRELIMINARY SPELEOLOGICAL EXPLORATION OF THE KORANA RIVER AREA REQUIRED FOR THE CONSTRUCTION OF HYDRO-ELECTRIC POWER STATION "LUČICA"

Abstract

In addition to geological, geotechnical, geophysical and other multidisciplinary explorations preliminary to realization of the hydroelectric power station "Lučica" project, speleological explorations are also included. By building a concrete arched dam (total height 75 m), an accumulation lake would be formed, extending along the canyon of the Korana through karst region by almost whole its length (28 km). The canyon area and the narrow strip of 2 km along it (total surface 100 km²) have been explored. The regional exploration led by SOPD "Željezničar" of Zagreb in cooperation with members of

SOPD "Ursus spelaeus" of Zagreb nad SOPD "Dubovac" of Karlovac has been undertaken. 92 speleological objects (total length 2591 m - horizontal projection and vertical altitude range of 1369 m) have been partially or completely explored: 35 of them are presented tabularly and sketched here for their assumed effect on the accumulation, or reverse. A brief survey of the regional geology is given here, together with the detailed researches of the pit near Borov Grob, Ledenica pit, Bobina bezdanica, Sopač and a few pits situated nearby place of partition in the vicinity of the planned injection curtain.

LITERATURA

- Čepelak, M. (1980): Jopićeva špilja, Speleolog 1978-79, str.12-16, Zagreb
- Čepelak, M. (1984): Neka objašnjenja uz nacrt Jopićeve špilje, Speleolog 1980.81., str.20, 21, Zagreb
- Hudec, S. (1988): Preliminarna spelološka istraživanja područja rijeke Korane za potrebe izgradnje HE Lučica, Fond str.dok.SOPD "Željezničar", Zagreb
- Korolija, B., Živaljević, T. i Šimunić, T. (1979): OGK SFRJ 1:100000, list Slunj, Beograd
- Štefančić, J. (1988): Speleološki objekti blizu Jopića pećine, Speleološki objekti kod Barilovića, Speleološki objekti na području Perjasica-Polj, Speleološki objekti na i oko brda Kestenja, str 1-61, Fond. dok SOPD "Dubovac", Karlovac
- Štefančić, J. Pavlič, V. (1988): Pregled istraživanja SOPD "Dubovac" 1988.g.,1987.g., 1986.g. itd. Fond.dok.SOPD "Dubovac", Karlovac
- Velić, I. Sokač, B. (1981): OGK SFRJ 1:100000, list Slunj, Beograd
- Više autora: Fond stručne dok. SOPDS "Velebit", Zagreb
- Više autora: Fond stručne dok. SOPD "Željezničar", Zagreb