

# Nova nabušena kaverna na Velebitu

## SREČKO BOŽIČEVIĆ

Unazad dvadeset godina na pojedinim područjima našeg krša izvode se opsežni hidro-tehnički i građevinski radovi. Prilikom izrade dovodnih tunela za pojedine hidroelektrane svjedoci smo sve češćeg prodora u masive planina Dinarskog sistema. Pri izvođenju tih radova nailazi se na pojave kavernoznih prostora različite veličine i dužine. Za njihovo postojanje u početku radova samo se predviđalo, dok veličina i ostali morfološki parametri nisu bili poznati.

Karbonatne su naslage najčešće oslabljene sistemima pukotina i zdrobljenim zonama pa se na takovim, ili u blizini tih pojava nailazi na razradene kavernozne sisteme, kanale i dvorane. Pojava kavernoznih prostora u dubljim dijelovima krša naših Dinarida do sada je bila jedino registrirana bušenjima te ostalim pomoćnim metodama. Teoretska zaključivanja i pretpostavke o dubini i intenzitetu okršavanja unazad dvadeset godina dopunjene su egzaktnim pristupima u taj ambijent u toku izbijanja niza tunela za hidroenergetske potrebe, za željezničke i cestovne tunele.

Pojava kavernoznih prostora u tunelima hidrosistema Gojak, Senj, Orlovac, Zakućac, Obrovac i Čapljinja, te u željezničkom tunelu Sozine i cestovnom tunelu Učka upućuje na složenost ovakvog problema. U ovisnosti o veličini nabušene šupljine, te o njezinim hidrogeološkim karakteristikama građevinski radovi se obično prekidaju radi potrebe detaljnog speleološkog ispitivanja. Nakon uočavanja njezine prave veličine određuje se najpovoljniji građevinski zahvat koji omogućuje, da se ne poremeti postojeći prirodni sistem podzemne cirkulacije vode. Kada je veličina i složenost nabušenog podzemnog prostora jako velika, tada se mora prići zaobilazanju nabušene kaverne ili izradi tako zvane devijacije tunela. Zadnji slučaj ovakvog, za građevinare nepovoljnog rješenja desio se prilikom izbijanja dovodnog tunela za buduću hidrocentralu Obrovac. Pošto je nabušena kaverna vrlo velikih dimenzija, ovaj rad ima cilj da ukaže na izuzetnost pojave i na složenost njezinog ispitivanja.

**Morfologija.** Ulaz u kavernu nabušen je približno na sredini dužine dovodnog tunela između obrovačke i gračačke strane. Iz priloženih crteža uz tekst vidi se kako je tunel »upaao« na rub kavernoznog prostora gotovo pod njegovim stropom. Lijeva strana ruba tunela bila je izbočina u šupljinu, dok se desna vertikalno nastavlja u dubinu.

Za silaz u kavernu izrađena je čelična platforma (kod točke A) a silaz je osiguravan vitom s čeličnom sajlom. Vertikalna niz koju se moglo sići u kavernu iznosila je 38,5 m uz prevjesno podvlačenje stijene od 7 m pod toku silaza.

Podzemna šupljina nastavlja se u smjeru osi tunela u dužini od 80 m, odnosno 90 m na najudaljenijim točkama. Visinska razlika između razine tla u tunelu i točke koja je izmjerena ispod velike stijene na suprotnoj strani iznosi 62 m. Međutim ova točka nije i najniža na tlu kaverne jer se njezino tlo spušta u smjeru sjever-sjeverozapad.

Nabušena šupljina ima zapravo kruškoliko-eliptičan izgled sa širom stranom u smjeru SI-JZ, a suženjem prema sjeverozapadu. Poprečni profil C—D (vidi crtež) izrađen je na najširem dijelu kaverne od najviših dijelova u podzemnoj šupljini. Najniža točka tla kaverne je lijevo ispod ulaza iz tunela i iznosi 91 m od razine tunela.

Velicina materijala koji prekriva tlo vrlo je različita. Ispod same vertikalne silaza ima sitnijeg kršja koje je na to mjesto upalo pri miniranju tunela, dok se idući prema sredini i kraju kaverne nailazi na blokove veličine  $1 \times 1$  do  $10 \times 10$  m. Kretanje preko tih blokova i njihovih zdrobljenih fragmenata vrlo je naporno i teško jer se mnogi od njih nalaze u vrlo labilnom položaju i stalnom klizanju na postojećoj kosini. Priložene fotografije mogu barem djelomično dočarati dimenzije i odnos čovjeka prema prostoru.

Na uzdužnom profilu izrađenom po osi tunela suprotno od mjesta silaza iz tunela nailazi se dio odvaljenog slojnog bloka širok 9 m, dug oko 40 m i visok preko 10 m. Ovaj je blok uslijed pada razlomljen u nekoliko manjih između kojih su pukotine duboke preko 10 m s uskim šljatim i neprolaznim završecima.

Stijena sjeverne i sjeverozapadne strane dosta je kompaktna i na njoj je dobro vidljiva slojevitost jurskih naslaga. Između pojedinih slojeva uočeni su pećinski kanali iz kojih su nekada dotjecale vode u znatnoj količini (vidljivi su na priloženom poprečnom profilu). Iz najvišeg bočnog kanala voda danas istječe kao tanak slap visok oko 55 m.

Na sjevernom dijelu stijene uz rub obrušenog slojnog bloka nalazi se uski pukotinski kanal prohodan u dužini od svega 11 m. Izlazni dio kanala ispunjen je kalcitnim salivama dok su u središnjem i završnom dijelu stijene znatno korodirane.

Istočna — šira strana kavernoznog prostora nema kompaktne blokove kao suprotna. Na ovoj strani vidljiva je zdrobljena zona. Južnoistočni dio stijene vrlo je zdrobljen i nalazio se u stadiju svakodnevnog obrušavanja. Kretanje uz ovaj rub bilo je vrlo pogibljivo, a kao dokaz svaki dan smo po dolasku u kavernu nailazili na svježe odlomljene blokove. U najistočnijem dijelu kaverne uslijed obrušavanja u zdrobljenoj zoni karbonatnih naslaga istaložen je preko 30 m visok čunj sitnijeg materijala. Kota na kojoj se ušlo u kavernu je na 526 m iznad razine mora. Sama

šupljina je između 435 i 535 m iznad mora.

Ustanovljene dimenzije u istraživanoj kaverni iznose:

- razdaljina po osi tunela (od stijene do stijene) 80 m
- najveća razdaljina (paralelna osi tunela) 113 m
- najveća širina od lijevog do desnog boka 160 m
- najveća visinska razlika od najviše izmjerene dijela stropa do najniže dostignute točke 100 m
- najmanja visinska razlika od tla u kaverni i njezinog stropa (kod točke D) 24 m

Registrirane dimenzije dobivene su prema geodetskom mjerenju izvedenom iz stojne točke A, prema mjerenju uz pomoć topofila i mjerača trake, dok su za mjerenje visina korištena tri balona punjena helijem.

Teška prohodnost preko razlomljenih i obrušanih blokova s kršjem (koji je k tome i u nagibu) otežavala je speleološko istraživanje, mjerenje i prenašanje mjernih točaka.

Kavernozni je prostor istraživao u dva navrata u toku mjeseca prosinca godine 1980. uz vrlo nepovoljne vremenske prilike na površini (bura sa snježnim padavinama).

**hidrogeologija.** U toku našeg istraživanja u nabušenoj kaverni nije otkrivena veća koncentracija ili nakupljanje vode ili postojanje nekog vodotoka. Registrirana su samo tri jača procjeđivanja na sjevernoj i sjeverozapadnoj strani. Do istjecanja vode dolazilo je kroz proširene pukotinske i međuslojne kanale te na kontaktu između zdrobljene zone i kompaktnih uslojenih dijelova stropa. U zonama curenja vode na tlu između blokova nađene su sigaste prevlake debele svega nekoliko centimetara. Otkrivenost prevlaka dokazuje da u tom dijelu kaverne nije bilo mladih obrušavanja. Protjecanje vode (jače cjeđenje!) po rubu prevjesne stijene registrirano je samo u sjeverozapadnom dijelu kaverne u sistemu jače proširenih pukotina. Voda se gubila između velikih blokova koje su prekrili manji svježije obrušeni, tako da se između njih nismo mogli provlačiti.

**Speleogeneza.** Nakon speleološkog istraživanja i geološke prospekcije možemo zaključiti, da je ova nabušena kaverna nastala u dobro uslojenim jurskim naslagama na kontaktu lithiotis vapnenaca i mrljastih vapnenaca u neposrednoj blizini rasjeda i niza jače izraženih pukotina.

Erozioni rad površinskih voda u ovom dijelu Velebitskog masiva nastavio je svoj rad u podzemlju kroz postojeće rasjede i formirane pukotine uvjetovan klimatskim promjenama tokom diluvijalnog razdoblja. Sukcesivne promjene glacijalnih i interglacijalnih perioda (uz pretpostavku o zaledenju Velebita) dovodile su s površine u podzemlje velike količine vode. Uz postojanje nekad viših nivoa podzemne vode uz akumuliranje u vapnenjačkoj masi njezin rad je sigurno bio i intenzivniji. Mehaničko i kemijsko djelovanje rezultiralo je proširenjem pukotina, po-

većanjem podzemnih prostora i vrlo intenzivnom odnošenju usitnjenog kamenog materijala.

Seizmičnost ovog dijela Velebita te kvartarni tektonski pokreti dovodili su do novih obrušavanja u stvorenim šupljinama, dok je voda sa kemijsko-mehaničkom snagom kontinuirano potpomagala postojeće procese podzemnog krškog mehanizma. Pošto obrušavanje u podzemlju nije simetrično, formirane šupljine poprimaju izdužen i nepravilan oblik. Slojevitost naslaga i odnos slojeva prema smjeru prodiranja vode također je jedan od uvjeta za određen postanak i oblikovanje podzemne šupljine.

U slučaju ove nabušene kaverne, izgleda, da je presudnu ulogu za njezino oblikovanje imao odnos lithiotis vapnenca i naslaga mrljastih vapnenaca koji sadrže laporaste supstance između slojeva. Natražnom erozijom uz vrlo jak rad turbulentnih snaga vode, lithiotis vapnenca bili su lakše »rastvorljivi« i podatniji za mehaničku i kemijsku degradaciju. Zona zdrobljenih vapnenaca dovodila je u podzemlje samo određene količine vode bez intenzivnog procjeđivanja, tako da se kameni materijal drobio u manje kršje ispunjavajući dio formirane dvorane. Nagib slojeva i pritisci koji u njima postoje doveli su do snažnih odlamanja i vrlo velikih blokova te »paketa« slojeva što je vidljivo i danas.

U dijelu dvorane koja je bliža izbušenom tunelu postojeće urušavanje stropa i desnog boka dvorane potpomogla su i zadnja miniranja u brdskoj vapnenjačkoj masi. Zbog nastavka radova u neposrednoj blizini kaverne ta će se obrušavanja i nastaviti.

Pukotinski sistemi izraženiji su na razlomljenoj istočnoj strani dvorane, dok su na zapadnoj oni uočljivi na teško pristupačnim zidovima gdje se danas javlja procjedna voda.

Za određivanje starosti ovog formiranog prostora mogu nam poslužiti sigaste nakupine u dijelu kaverne gdje zadnja obrušavanja nisu bila tako aktivna. Svega nekoliko centimetara sigaste kore upućuje na relativnu mladost šupljine.

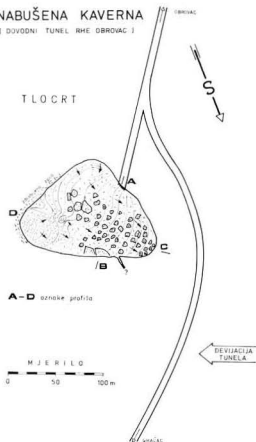
**Zaključne napomene.** Nabušena kaverna bila je pod jakim erozionim radom gledanih voda. Ove su vode u geološki gledano — davnoj prošlosti natražnom erozijom formirale čitav uočeni prostor. Postepenim snižavanjem nivoa podzemne vode šupljina je ostajala uglavnom pod utjecajem korozijskog djelovanja. Period obrušavanja veže se uz potresne aktivnosti u geološkoj prošlosti te sada najsvježija rušenja nastala pri iskopu samog tunela.

Nabušenu kavernu nije moguće premostiti kako zbog prevelikog raspona (oko 40 m) tako i zbog nesigurnog tla ispunjenog pokretnim blokovima i siparišnim materijalom (s približnom visinom također od oko 50 m).

Pri predviđenoj izradi devijacije sav u buduću iskopani kameni materijal može se ubaciti u ovu šupljinu, da se izbjegne dugotrajno izvoženje kroz 4 km dug tunel do deponije na površini.

# NABUŠENA KAVERNA

( DOVODNI TUNEL RHE OBROVAC )



Voda se u nabušenoj šupljini javlja sada jedino kao voda cjednica. Postojeća šupljina mogla bi poslužiti za odvodnju voda pri gradnji tunela (u slučaju potrebe).

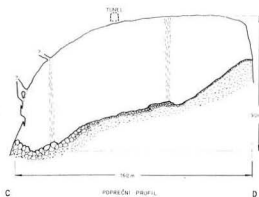
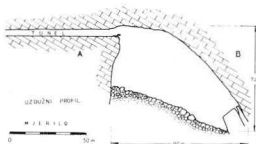
Sučaj nabušene kaverne ovako velikih dimenzija bio je drugi od kako se u našem kršu grade hidrotehnički tuneli. Prva velika i nepremostiva kaverna nabušena je u tunelu PHE Čapljine, istina, s manjim dimenzijama: dužina 60 m, najveća širina 46 m i visina 63 m. Kaverna je u najnižim dijelovima imala zonu ponora jer se prirodno kroz šupljinu drenirao jedan manji vodotok. Kaverna je nabušena na koti od 198 m iznad razine mora.

U zaključku možemo konstatirati, da ova dva primjera nabušenih kaverni pri razmatranju dubine okršavanja u našem kršu ukazuju na jedan neprekidan proces koji se odvija u naslagama karbonatnih stijena. Taj proces ima u prvom redu jednu određenu tektonsku predispoziciju u dugotrajnom ciklusu cirkulacije podzemnih voda na njihovom putu od površine prema nepropusnoj podlozi, odnosno današnjoj erozionoj bazi.

Kaverna nabušena u Velebitu za sada je najveći podzemni prostor u koji je čovjek nenadano ušao prilikom izvođenja građevinskih radova u našem kršu.

## LITERATURA

- Božičević, S. (1976): Pojava kavernoznih prostora u krškim masivima kao primjer dubine okršavanja. Zbornik radova, IX. kongr. geol. Jugosl. 929—938, Sarajevo
- Herak, M. (1957): Geološka osnova nekih hidrogeoloških pojava u dinarskom kršu. Materijali II kongr. geol. Jugosl., 523—539, Sarajevo
- Koglič, J. (1974): Odnos između površja i podzemlja Dinarskog krša. Acta carsologica, VI, 3—11, Ljubljana



During the driving up the supply tunnel for the future pump hydropower — station Obrovac, about in the middle between Gračac and Obrovac, it was bored an underground hollow or cavern of large dimensions. The width of the hall amounts 160 m, the height 100 m, and the length on the axle of the tunnel 80 m. Because of such large dimensions and impossibility to bridge the

hollow, the tunnel had to go round on it at the certain distance. This is the second occurrence in massifs of our karst mountains where it was necessary to carry out the deviation of the tunnel, on the occasion of works on the building of hydrotechnical tunnel.

The cavern bored in Velebit is at present the most large underground area in which the man cause in unexpectedly during the building works.

## Rod *Paraphoxinus* (Cyprianidae, Pisces) u vodama Jugoslavije

Reliktne ribe ponornica Jadranskog sliva

SREČKO LEINER

### UVOD

Jugoslavija obiluje krševitim, karbonatnim planinama te ide u red zemalja koje su vrlo bogate krškim oblicima (vrtače, škrape, ponori, polja, jame, špilje i sl.). Znanstveni interes za špilje nastao je u 17. i 18. stoljeću razvijanjem teorija o hidrološkim ciklusima. Dugo vremena ovaj interes je počivao na krškoj hidrologiji, podzemnim tokovima, dok su biološke studije uglavnom bile ograničene na pregled faune i opis »čudnih« špiljskih organizama. U drugoj polovici 19. stoljeća u istraživanju su sudjelovali pored stranih stručnjaka i domaći, kao: F. ERJAVEC, M. HIRC, N. DAMIN, JURINAC, J. SCHLOSSER. O špiljskoj fauni Hrvatske i Dalmacije pisao je A. LANGHOFFER, a geološke opise pećina dao je J. POLJAK, L. TRGOVIČEVIĆ je obradio neke vrste riba u krškim vodama Like.

U novije vrijeme ponovo se počelo intenzivnije raditi na ovoj problematici, tako da jedna okvirna slika o krškom podzemlju i životu u njemu postoji.

Život u podzemlju prilagođen je specifičnim ekološkim uvjetima koji su lako uočljivi: pomanjkanje svjetla, relativno niska temperatura, povećani postotak vlažnosti, minimalne oscilacije klimatskih faktora, oskudni i jednolični izvori hrane, te zbog toga, i relativna siromašnost vrstama u životnim zajednicama.

Od kraljevnjaka koji su vezani za podzemlje Evrope, dobro je poznat vodozemac čovčevca ribica (*Proteus anguinus*). Odradne vrste neptopira (Chiroptera) također su vezane za podzemlje, bilo radi prezimljavanja (zimski san) ili zbog dnevnog mirovanja. Vrtčače, škrape i duboke pukotine u krškim područjima koriste reliktni glodavac runati voluhar (*Dinaromys bogdanovi*) za svoje nastambe.

U Evropi ne žive prave podzemne vrste riba. U našim krškim vodama obitavaju ribe, koje su dijelom svog životnog ciklusa vezane

za podzemlje. To su: podbila (*Chondrostoma phoxinus*), Oštrulja (*Aulopyge hügelii*), svjetlica (*Leuciscus /Telestes/ polylepis*), strugač (*Leuciscus /Leuciscus/ squalize*), a posebno treba istaknuti rod *Paraphoxinus* čije vrste su gotovo sve endemične za Jugoslaviju i to često samo za vrlo ograničena područja.

Specifičnosti načina života govoica. Nepovoljne klimatske prilike u nedavnoj Zemljinoj prošlosti dovele su do izumiranja tercijarne ihtiofaune u većem dijelu Evrope. Ostaci te ihtiofaune (relikti) preživjeli su uglavnom u rijekama Sredozemnog sliva koje su izolirane od Atlantskog i Crnomorskog sliva, a često i međusobno.

Rod *Paraphoxinus* jedan je od reliktnih oblika koji je preživio znatne geološke i klimatske promjene, prilagodavajući se životu u podzemlju. Životni ciklus, vrsta ovog roda, vezan je kako za podzemlje tako i za površinske vode. Rijeke ponornice, svojim karakterističnim godišnjim oscilacijama u vodnom režimu, uvjetuju i pojavljivanje govoica u površinskim vodama kao i njihovo povlačenje u podzemlje.

Za vrijeme zimskih mjeseci zadržavaju se, ovi tipični stanovnici krških voda, samo u dubljim vodama na dnu, uglavnom mirujući !!! (što je češći slučaj) dolaskom zime se povlače u podzemlje, gdje miruju ukopani u mulj. U proljeće izlaze na površinu radi mriješta, da bi ljetno razdoblje (kada nivo voda opada, a krška polja presušuju), zajedno s izleglim mladuncima, ponovo proveli u podzemnim vodama. Povoljne jesenske prilike omogućuju govoicima intenzivnu prehranu u načemnim vodama i stvaranje masnog tkiva koje im je kao izvor energije neophodno u zimskim mjesecima mirovanja.