

Geneza špilje **Kruščice u Lici** **i moguća daljnja** **istraživanja**

Hrvoje Malinar

*Orijaški sigasti stup u ulaznoj
dvorani – visok je gotovo 20
metara. Koliko je vremena trebalo
da nastane takav speleotem?
Autor: Hrvoje Malinar*

Uvod

Za potrebe hidroelektrane Senj šezdesetih godina prošlog stoljeća planirana je izgradnja velike brane na rijeci Lici u području Kruščice. Budući da je riječ o kraškom području, osim geoloških poduzeta su i speleološka istraživanja zbog opasnosti da bi nakon podizanja brane voda mogla 'bježati' bočno kroz podzemne šupljine i mimo brane otjecati nizvodno. Time bi nastali značajni gubitci potencijalne energije. Speleološka istraživanja vodio je geolog Srećko Božičević uz pomoć speleologa iz PD-a "Željezničar" i PDS-a "Velebit" iz Zagreba¹.

Na desnom boku rijeke, na ulazu u kanjon Sklope, otkrivena je 1962. špilja s jamskim ulazom. Špilja je detaljno istražena, a zatim su poduzeti potrebni građevinski zahvati da se spriječi nekontroliran odljev vode iz akumulacije. Dotad bezimena špilja dobila je ime Poljakova pećina. Započeta su sustavna injektiranja kod pozicije buduće brane na desnoj i lijevoj obali rijeke (Božičević, 1965).

Otkriće velike kaverne u lijevom boku rijeke Like

Kada su završena istraživanja Poljakove špilje na desnoj obali rijeke Like, zamijećeni su i na lijevoj obali veliki gubitci injekcijske mase u bušotinama, pa su u ožujku 1967. ponovno pozvani speleolozi u pomoć. U tunelu koji je radi injektiranja bio izbušen okomito na kanjon otkrivena je velika kaverna, a speleolozi su u njoj pronašli još čitav splet kanala i dvorana u kojima je bila prisutna velika količina injekcijske mase. Izrađen je detaljan nacrt novo-otkrivene špilje. Pronađena je veza između otkrivene kaverne i špilje Golubarnik na lijevoj obali, ali kanal zbog zasiganosti nije bio prolazan za čovjeka. Budući da su planirana daljnja injektiranja, speleolozi su na smjene dežurali u špilji kako bi mogli telefonom javiti u injekcijsku stanicu ako dođe do novih prodora skupe injekcijske mase. Dežurstva su se nastavila do kraja godine, odnosno do dovršenja izgradnje brane i punjenja vode u akumulacijsko jezero Kruščica.

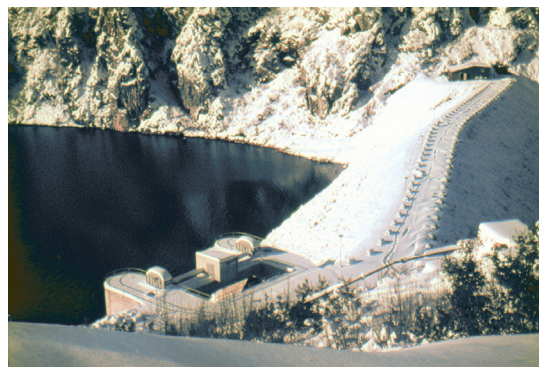
Voditelj speleoloških istraživanja Srećko Božičević u svojem je radu (1969) ovu špilju nazvao Horvatovom pećinom, iako je ona zapravo imala prirodnu vezu s Golubarnikom i činila je s njim jedinstven speleološki objekt pa se tako trebala zvati i cijela špilja. No mi speleolozi uvijek smo tu špilju nazivali špilja Kruščica prema selu koje je nakon izgradnje brane i stvaranja akumulacije potopljeno. Da ne bude zbrke s imenima mi ćemo ju u ovom radu zvati špilja Kruščica, kako smo je zvali još davne 1967. godine.

Treba naglasiti da je prije Kruščica očito bila znatno dulja jer je injekcijska masa na više mjesta zabrtvila kanale i stvorila betonska 'jezera'. Nažalost, speleolozi prije tog zahvata nisu imali prilike ulaziti u tu špilju.

Geološka građa terena, položaj špilje i njena morfologija

Špilja je nastala u neuslojenim vapnenačkim brečama (Božičević, 1969) paleogenske starosti (Bahun, 1962a,b). Današnji umjetni ulaz u špilju Kruščicu nalazi se u tunelu za injektiranje lociranom na koti brane, odnosno na visini 557 m iznad morske razine. Prvim projektom zamišljeno je da se gradi betonska lučna brana, ali je zbog rastresitog terena ona pomaknuta 50 metara uzvodno, a umjesto lučne brane podignuta je tzv. nasuta brana s glinenom jezgrom i kamenim oblogama.

Brana je na kruni visoka 77 m, što znači da je korito rijeke na tom mjestu na koti 480 m. U tunelu se na 25. metru s lijeve strane najprije ulazi u manji špiljski prostor, a nakon suženja se doprije u veliku



Prvo punjenje akumulacije na brani Sklope na Kruščici. Na kraju brane je ulaz u tunel kojim se dolazi u špilju Kruščicu. Lijevo od tunela je injekcijska stanica.

Autor: Hrvoje Malinar

¹ Na istraživanjima Poljakove pećine i špilje Kruščice i kasnijim dežurstvima u špiljama sudjelovali su kao motritelji: Vlado Božić, Ivan Filipčić, Petar Filipčić, Ivan Kruhac, Hrvoje Malinar, Ronald Knežević, Karlo Horvat, Branko Božić, Vladimir Goatti i Krešimir Ormanec.

Ulaznu dvoranu, dugačku 50 metara. Dvorana je djelomice pregrađena monumentalnim stalagmitima i stupovima od kojih najviši doseže dvadesetak metara. U dnu Ulazne dvorane na sjevernoj strani vidljiva su 'jezera' od injekcijske mase koja su zabrtvila prolaz u nepoznate dijelove špilje (I. injekcijska masa).

S južne strane nalazi se neprolazan otvor koji je povezan s dvadesetmetarskom špiljom Golubarnik, čiji je ulaz na padini kanjona 80 m uzvodno od ulaza u tunel. U tlu Golubarnika su pronađeni arheološki artefakti (Drechsler, 1970).

Na zapadnom dijelu Ulazne dvorane je vrlo uzak prolaz u nastavak špilje koji se postupno širi. Dvadesetak metara dalje, prema jugu strmo se uspinje slijepi kanal čiji kraj prema tlocrtu dolazi u blizinu Golubarnika, i gdje se osjeća zračno strujanje. Očito je tu bio još jedan ulaz u špilju koji se urušio i zasigao.

Dalje se dolazi u dvoranu Raskrižje odakle se prema zapadu odvaja bočna dvorana dugačka šezdesetak metara, a zatim se ta dvorana grana u sjeverni i južni krak. Oba su kraka bogata sigastim tvorbama. Južni se krak uspinje prema lijevom boku kanjona rijeke Like.

Od Raskrižja prema sjeveru špilja se nastavlja u novu razgranatu dvoranu neravnog dna, Krakastu dvoranu. Iz nje se jedan krak strmo spušta prema istoku. Strop kanala prekriven je velikim, gotovo prozirnim sigastim zavjesama. Na najnižoj točki kanal je ispunjen injekcijskom masom (II. injekcijska masa). Vjerojatno je prije injektiranja postojao prolaz između Ulazne dvorane i ove druge

injekcijske mase, a koji je sigurno dalje vodio nizvodno prema sjeveru. Je li taj sjeverni kanal bio prije injektiranja prolazan ili zasigan nikad nećemo saznati.

Na zapadnoj strani dvorane speleolozi su napravili bazu za motrenje procesa injektiranja. Imali su telefonsku vezu s injekcijskom stanicom na površini i prema potrebi javljali gdje probija masa i što treba učiniti. Duž špilje su proveli dobru električnu rasvjetu sa žaruljama snage od 100, 500 i 1000 W. U bazi je instalirana električna grijalica čime je permanentno održavana ugodna temperatura i vlaga okolnog zraka. Postavljen je i električni rešo za kuhanje čaja, kave i manjih obroka iako je prehrana bila osigurana u radničkoj menzi na desnoj obali rijeke.

Na sjevernom dijelu Krakaste dvorane nađen je uski kanal niskog stropa s III. injekcijskom masom. Strop kanala prekriven je izuzetno zanimljivim heliktitima. Budući da se znalo da će špilja uskoro biti potopljena i time uništena, odavde su uzeti uzorci heliktita i predani u zbirku Hrvatskog prirodoslovnog muzeja u Zagrebu.

Zapadno od Kanala s heliktitima probijen je tijesan prolaz koji se postupno proširuje i vodi prema sjeverozapadu. Tu se dolazi u dvoranu sa IV. injekcijskom masom. Tlo ove dvorane na kraju se uspinje, a strop završava dvadeset metara visokim dimnjakom.

Glavni umjetni tunel za injektiranje od početka je imao smjer prema sjeverozapadu. Međutim, kad su speleolozi otkrili nove špiljske prostore, promijenjen je smjer bušenja ravno na zapad. Desetak metara nakon skretanja smjera naišlo se s lijeve,

Speleološka baza u špilji Kruščici
Autor: Hrvoje Malinar



Jezero nastalo nakon ispunjenja dna dvorane
injekcijskom masom
Autor: Krešo Ormanec



južne strane tunela na manju kavernu ispunjenu V. injekcijskom masom. U nastavku bušenja tunela probijen je prolaz u špilju Kruščicu i to na vrhu dimnjaka ispod kojeg je kanal sa IV. injekcijskom masom. Budući da je ranijim bušenjima s površine u užem području locirano još nekoliko kaverna do kojih se nije moglo doći izravno iz špilje, izgrađeno je drveno stubište visoko 17 metara kako bi se omogućio pristup ekipi rudara u špiljsku dvoranu odakle su ovi počeli bušiti dva manja tunela prema nabušanim kavernama. Do sjeverne kaverne je izbušen manji rov gdje je pronađena VI. injekcijska masa. Utvrđeno je da ne postoji opasnost od otjecanja vode nizvodno od brane.

Započet je i proboj do još dvije sjeverozapadne kaverne, ali su radovi obustavljeni. Trebalo je pošto-poto započeti s akumuliranjem vode u jezeru jer je već bio određen datum za posjet predsjednika tadašnje države. Srećom, izgleda da voda ipak ne bježi kroz ove nesansirane kaverne.

Ukupna duljina svih kanala zajedno s Golubarnikom iznosi 555 metara.

Speleogeneza špilje Kruščice

Kad smo izradili nacrt špilje utvrdili smo da je u prošlosti ova špilja imala tri prirodna ulaza. Jedan od njih je špilja Golubarnik, drugi ulaz bio je desetak metara zapadno od Golubarnika, a treći 80 metara zapadno od Golubarnika. Ta dva kanala su sasvim blizu površine, gdje su zarušeni i zasigani. Na srednjem zarušenom ulazu nastao je zasigavanjem velik saljev. Nameće se pitanje kada i kako su tu nastala ova tri ulaza i jesu li oni nekad bili otvori kroz koje je voda izvirala ili su to bili ponori? Božičević (1969) u poglavlju o genezi špilje među ostalim piše: "Pojava pleistocenskih naslaga uzvodno od današnje brane govori o postojanju velikog bazena i o nepostojanju današnjeg korita Like. U to vrijeme voda je stvarala podzemne kanale i njima odlazila na današnju nizvodnu stranu. Probijanjem riječne barijere na mjestu današnje brane i urezivanjem dubljeg korita, stvarane podzemne šupljine (kako na lijevom, tako i na desnom boku) dolaze u fazu kada u njima počinje period stvaranja kalcitnih formi..."

Formulacija možda nije otprve najrazumljivija, ali drugim riječima, u pleistocenu je uzvodno od današnje brane bilo polje gdje su se taložili



*Slgasti saljev nastao na mjestu poniranja rijeke Like u pleistocenu
Autor: Hrvoje Malinar*

sedimenti tog razdoblja. Voda iz polja je ponirala kroz tri opisana otvora u špilju Kruščicu. Isto se događalo u Poljakovoj špilji na desnoj obali. Takvo je stanje moglo trajati do kraja riskog, ili možda virmskog glacijala. Zatopljenjem u interglacijalu riss/würm ili u postglacijalu otapala se velika količina akumuliranog snijega, pa čak i leda s Velebita. Ponori nisu mogli gutati svu nadošlu vodu pa se razina vode povisila sve dok se nije počela prelijevati preko najnižeg dijela oboda polja i krenula teći u sjevernom smjeru. Snažna je bujica erodirala trošne Jelar-naslage i produbljivala ih tvoreći današnji kanjon Sklope. Produbljenjem kanjona sva je voda tuda otjecala i više nije ponirala kroz špilju Kruščicu. Tada je, kako piše Božičević, započeo proces zasigavanja. Svakako su najveća zasigavanja nastala krajem würmske oledbe, ali i u izuzetno kišnom i toplom razdoblju Atlantik² u postglacijalu.

² Atlantik je treći od pet kronozona izdvojenih unutar geološke epohe holocena. Kronozone su izdvojene prema klimatskim fluktuacijama pa je tako Atlantik obilježen visokim temperaturnama, velikom količinom vlage i transgresijom mora.

Veliki altar – jedno od mjesta poniranja Like u pleistocenu
Autor: Hrvoje Malinar



Od nekadašnjih ponora do današnjeg dna rijeke Like visinska razlika je oko 80 metara, no zbog nemogućnosti gutanja sve nadolazeće vode jezero je naraslo do kote mogućeg preljeva na oko 700 metara. Erozijsko-korozijskim procesima voda je počela probijati kanjon čija je dubina u odnosu na okolna bočna brda više od 200 metara.

Sljedeće pitanje koje se nameće je: gdje je poniruća voda prije formiranja kanjona Sklope izvirala? Pretražili smo moguća mjesta nizvodno i došli do zaključka da je voda koja je ponirala u špilji

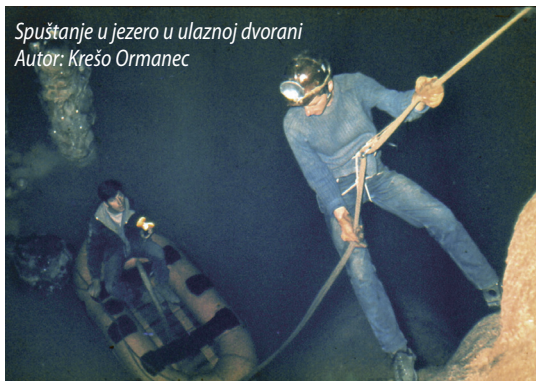
Kruščici vjerojatno izvirala iz Podnarove špilje kod Kosinjskog Bakovca. Ta se špilja nalazi malo više od dva kilometra sjeverno od ulaza u Kruščicu. Ima uzlazni kanal na čijem je kraju vrlo strmi i visoki sigasti saljev koji zatvara daljnji prolaz.

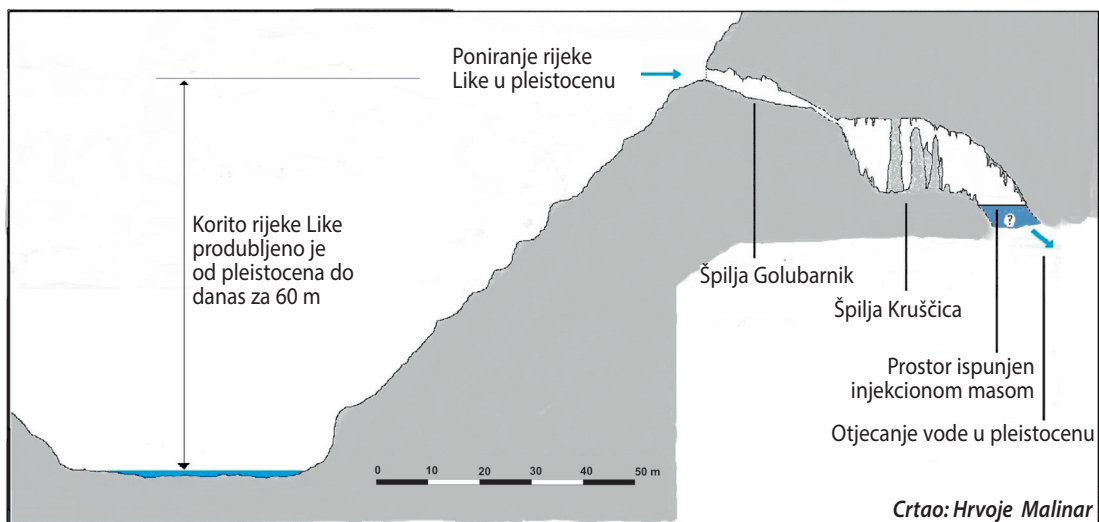
Ostaje još pitanje gdje je izvirala voda koja je ponirala na desnoj obali u Poljakovoj pećini. Možda se i ona u podzemlju spajala s Podnarovom špiljom ili je voda izlazila na kraju današnjeg kanjona Sklope, čiji je kanal kasnije voda erodirala i potpuno uništila?

Prijedlog za daljnja istraživanja speleogeneze

Opisujući Poljakovu špilju geolog Srećko Božičević (1965) tvrdi da je to jedna od najstarijih naših špilja. To onda isto vrijedi i za špilju Kruščicu. Međutim, kakav je bio u prošlosti paleoreljef i kada je započelo poniranje i proširivanje podzemnih prostora procesima korozije i erozije? To se moglo provlačiti kroz više glacijala i interglacijala. Nastanak velikih sigastih tvorbi govori da nakon njihovog formiranja voda nije više ponirala kroz špilju. Iz izvađenih uzoraka iz debelih stalagmita

Spuštanje u jezero u ulaznoj dvorani
Autor: Krešo Ormanec

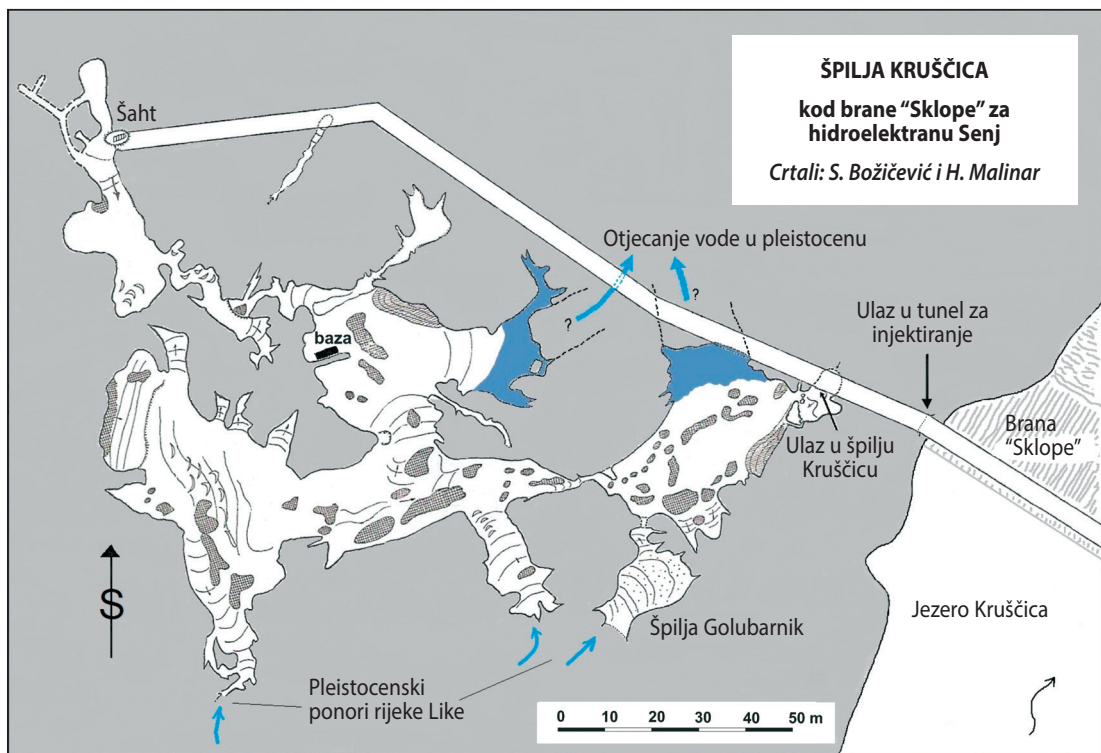




moгли bismo utvrditi jednom od radiometrijskih metoda apsolutno vrijeme tih događaja, a time bismo dobili i preciznije podatke o paleoklimi tog područja.

Starost sige može se apsolutno datirati tzv. radiokarbonskom metodom. Kalcijev karbonat (CaCO_3) u sigi u momentu nastajanja ima standardnu

početnu koncentraciju radioaktivnog izotopa ^{14}C u odnosu na stabilni ^{12}C , ali se koncentracija izotopa razgradnjom postupno smanjuje. Vrijeme kada se količina izotopa razgradnjom smanji na polovinu zove se vrijeme poluraspada. Pojednostavnjeno rečeno, analizom utvrđena smanjena koncentracija ^{14}C u odnosu na koncentraciju ^{12}C omogućuje





*Masivni sigasti stupovi nisu rijetkost u ovoj špilji
Autor: Hrvoje Malinar*



*Još jedan sigasti stup nastao nakon zadnjeg poniranja Like
Autor: Karlo Horvat*

izračunavanje starosti sige. Ovaj postupak je pouzdan do starosti sige od oko 50.000 godina.

Zanimljivi primjeri radiokarbonskog datiranja siga provedeni su sa sigama iz Bezdanjače u Lici. Na jednoj prapovijesnoj keramičkoj posudi izrastao je stalagmit. Iz jezgre sige tom je metodom dobivena starost posude od najmanje 1275 ± 60 godina pr. Kr. (Sliepčević & Srdoč, 1979/80). U drugom slučaju uzet je uzorak freatične, odnosno podvodne sige kako bi se utvrdilo vrijeme kada je taj dio špilje bio potopljen. Dobivena je apsolutna starost od 3033 ± 75 godina s 1950-om godinom kao referentnom³ (Malinar, 2012).

Kada se radi o većoj starosti siga datiranja se može provesti uran-torijevom metodom

(U/Th) ili uran-olovnom metodom (U/Pb). Potonjom metodom utvrđena je starost stalagmita iz špilje Corchia u Italiji koji je rastao prije ~865.000 do ~970.000 godina te sadrži informacije od nekoliko prijelaza iz glacijala u interglacijal (Bajo & Surić, 2017). U Hrvatskoj su o tome pisali Surić, Juračić & Horvatinčić (2004), Surić, Horvatinčić, Suckow Juračić & Barešić (2005), Lacković, Glumac, Asmerom & Stroj (2011), Bajo & Surić (2017) i dr.

Budući da su sige u špilji Kruščici zasigurno vrlo stare, potrebno bi bilo provesti datiranja uran-torijevom ili uran-olovnom metodom. Pogodnih mjesta za uzorkovanje ima više: jezgra dvadesetmetarskog stalagmita u Ulaznoj dvorani, saljev kod zasiganog ulaza, debeli stalagmit koji je izrasao na u potresu srušenom starijem stalagmitu, itd. Rezultati bi bili vrlo zanimljivi. Kako je špilja većim dijelom godine potopljena, jer se nalazi ispod najviše kote akumulacijskog jezera Kruščica, uzorci se mogu uzimati samo za niskog vodostaja sredinom ljeta ili kada se jezero prazni radi čišćenja i revizije.

³ Rezultati radiokarbonske datacije konvencijom se referiraju na 1950. godinu. No mogu se izraziti i tako da se preračunaju na 'nultu' godinu. Tada bismo mogli napisati da je to u ovom slučaju starost od 1083 godine pr. Kr. ± 75 godina. Međutim, ukoliko želimo izraziti koliko je predmet star u odnosu na tekuću godinu (recimo 2018.), onda moramo rezultatu pribrojiti razliku između tekuće i referentne godine. U 2018. godini apsolutna starost predmeta je 3101 ± 75 godina.

Koristi od datiranja speleotema

Prije otkrića apsolutnog datiranja speleotema moglo se eventualno govoriti o relativnoj starosti nekih događaja vezanih uz speleogenezu. Moglo se utvrditi tek da je nešto nastalo prije, a nešto kasnije... Danas je korištenjem radioaktivnih izotopa moguće apsolutno datiranje i sigurnije utvrđivanje redoslijeda zbivanja. Osim apsolutnog datiranja pojedinih faza u speleogenezi, dobiveni podatci o starosti speleotema izvrsno će poslužiti u arheološkim i paleontološkim istraživanjima.

Možda je najzanimljivije to što se time mogu dobiti sigurni podatci o paleoklimi u kojoj je već mnogo toga napisano, ali nas sigurno očekuju i nova otkrića. Pomnijim istraživanjem paleoklime steći će se nove spoznaje o klimatskim promjenama u prošlosti, a što će sigurno pružiti i bolje mogućnosti dugoročnih prognoza o sadašnjim i budućim klimatskim promjenama i pripremama čovječanstva za njih. Podacima iz prošlosti možemo mirnije i sabranije sagledati budućnost.

Literatura

- Bahun, S. (1962a): Geološki odnosi okolice Donjeg Pazarišta u Lici (trijas i tercijarne Jelar-naslage). Geološki vjesnik 16
- Bahun, S. (1962b): Inženjersko-geološka istraživanja pregradnog mjesta "Sklope", Arh. Inst. za geol. istr. SRH br. 3525, Zagreb
- Božičević, S. (1965): Poljakova pećina, Geološki vjesnik, 18/1, 141-157
- Božičević, S. (1969): Horvatova pećina uz branu Sklope, Geološki vjesnik, 22, 501-510
- Drechsler-Bižić, R. (1970): Zaštitna iskopavanje pećine Golubnjače kod Kosinja., VAMS, ser. III, 4, 111-117, Zagreb
- Sliepčević, A., Srdoč, D. (1979/80): Određivanje starosti uzoraka drveta i sige iz špilje Bezdanjače, Vjesnik arheol. Muzeja u Zagrebu, 3. serija – sv. XII-XIII, 79-84
- Surić, M., Juračić, M., Horvatinčić, N. (2004): Comparison of ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dating of speleothems from submarine caves in the Adriatic Sea, Croatia, Acta carsologica 33, 239-248
- Surić, M., Horvatinčić, N., Suckow, A., Juračić, M., Barešić, J. (2005): Isotope records in submarine speleothems from the Adriatic coast, Croatia, Bulletin de la Societe Geologique de France 176, 363-373

- Lacković, D., Glumac, B., Asmerom, Y., Stroj, A. (2011): Evolution of Veternica Cave (Medvednica Mountain, Croatia drainage system: insights from the distribution and dating of cave deposits. Geologia Croatica: journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society 64 (3), 213-221, Zagreb
- Malinar, H. (2012): Bezdanjača (Horvatova špilja) – Vrijedan brončanodobni arheološki lokalitet u Lici, Speleolog, 60, 89-119, Zagreb
- Bajo, P. & Surić, M. (2017): Sige i paleoklima. u: Speleologija, 644-653, HPS Zagreb

Cave Kružica in Lika - Speleogenesis and Exploration Perspectives

In the 1960's a dam on Lika river was built for hydropower plant Senj. During the injection-drillings, a vast cavern was found near the dam position, which was a potential water-loss project hazard. Geologists and speleologists were hired to explore the found cavern. Some of them later monitored the injection process, controlling if any injection material leaks in the cavern. Further careful study showed that the cavern was river Lika's sinkhole during pleistocen. In the postglacial period, or still in the riss/würm interglacial, large amounts of snow and ice have melted through. As the capacity of the cavern was insufficient for that flow, water begun to overflow the lowest edge of the sinkhole basin. Further erosion and corrosion of water drilled the canyon Sklope downstream. As the water was no longer submerging through the cavern, a large quantity of calcite was deposited in speleothems. This work proposes sampling and dating of the oldest deposits using U/Th method. This will provide an insight in the downstream canyon formation, as well as in climate changes of that period. Reliable climate results for pleistocene and holocene should generally provide a model for today's and future climate changes.