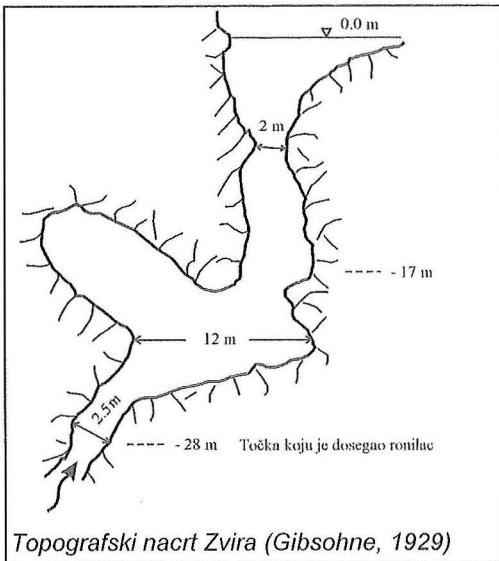


# Geomorfologija izvora Zvira u Rijeci

Mladen Kuhta

## Uvod

Izvor Zvir jedan je od najznačajnijih objekata u vodoopskrbnom sustavu grada Rijeke, a na njemu je prva crpna stanica izgrađena još 1884. godine. Speleoronilački je izvor prvi put istraživao 1929. godine, kada se teški ronilac spustio do dubine od oko 28 m (Gibsohne, 1929). Tom prilikom snimljen je topografski nacrt istraženog dijela (slika), a taj je prikazan i gipsanim modelom, koji se danas nalazi u prostorijama Vodovoda i kanalizacije d.o.o. u Rijeci. Prema usmenim informacijama djelatnika crpne stanice u ulaznom dijelu bili su u novije vrijeme i ronionci iz Rijeke, ali rezultati njihovih radova nisu dokumentirani.



Izvor je speleoronilački istraživao u sklopu šireg programa hidrogeoloških radova, a jedan od ciljeva bio je da se utvrdi morfologija i stanje u potopljenim kanalima izvora. Istraživali su članovi Speleološkog kluba "Željezničar" iz Zagreba: Branko Jalžić, Mladen Kuhta, Daniel Lukačić i Anđelko Novosel.

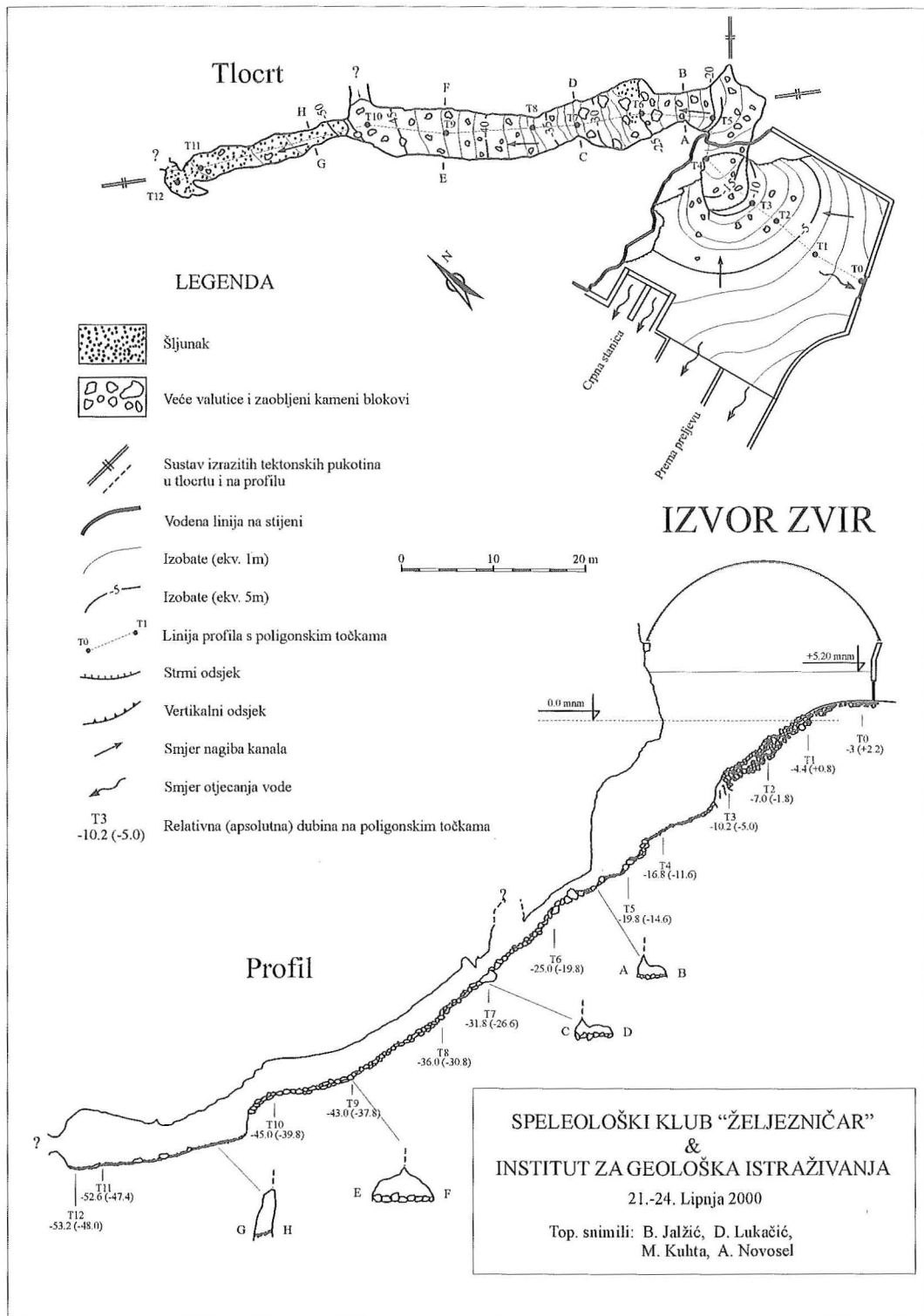
Prvi put smo pokušali istraživati 8.3.2000. pri izdašnosti izvora od približno  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tom prilikom uspjeli smo dosegnuti dubinu od

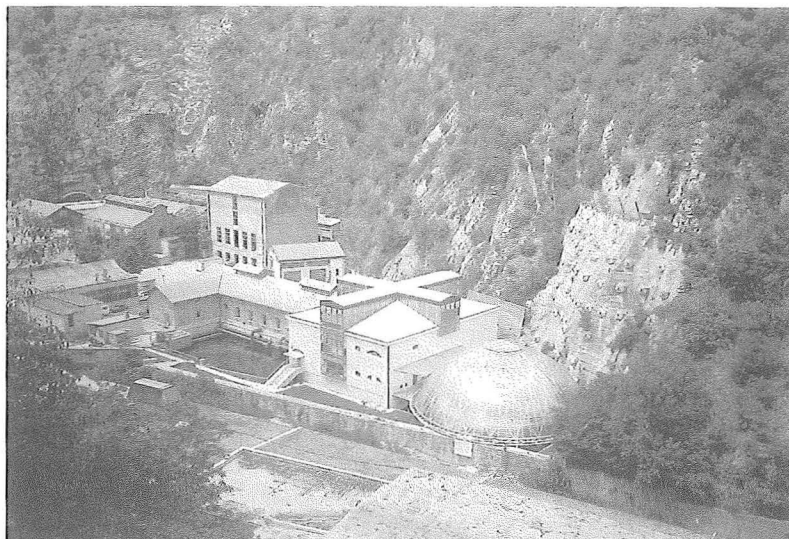
svega 15 m, a daljnje napredovanje onemogućilo je izuzetno jako strujanje vode. Povoljnije su prilike bile nakon neuobičajeno jake proljetne suše, te su planirani radovi izvedeni u razdoblju od 21. do 24. 6. 2000. pri izdašnosti izvora od  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . U tom je razdoblju objekt speleoronilački istražen i topografski snimljen do dubine od 53 m, uz posebnu pozornost na najvažnije morfološke detalje, nakupine mulja, te bilježenje eventualnih pojava pucanja, odlamanja ili klizanja stijenske mase i nanosa. Nadalje, tijekom radova su u izvoru prikupljeni uzorci sedimenata, koji su poslije obrađeni na Institutu za geološka istraživanja, a potopljeni prostor snimljen je podvodnom kamerom.

## Metode i tehnika istraživanja

Istraživanja su izvedena sukladno strogim speleoronilačkim pravilima. Bez obzira na dobru providnost vode tijekom napredovanja, cijelom dužinom istraženih kanala razvučena je i na prikladnim mjestima pričvršćena tzv. vodeća nit (Arijadnina nit). Zbog mogućnosti da se izdašnost izvora tijekom višednevnih istraživanja poveća, kao nit je upotrijebljeno speleološko uže promjera 9 mm, koje bi u slučaju pojačanog dotoka moglo poslužiti i za povlačenje ronionca prilikom napredovanja ili za pridržavanje pri izronu.

Zbog znatne dubine urona, koja je pri svakom ulasku u izvor iznosila najmanje 30 m i minimalnog vremena koje je trebalo provesti pod vodom da bi se obavio posao, svaki je član ekipe uronio po jedan, iznimno dva puta dnevno. Na taj je način izbjegnuto sukcesivno ronjenje i osigurano dovoljno vremena za potpunu desaturaciju. Nadalje, nastojali smo urone planirati tako da pri izlasku nisu bili potrebni duži dekompresijski zastanci. Uz poštivanje detaljno isplanirane dinamike ronjenja, adekvatnu ronilačku opremu, te psihofizički dobro pripremljenu i uvježbanu ekipu, bilo je moguće, uz maksimalnu sigurnost, uroniti do dubine od 53 m (Jalžić, Novosel).





*Crpilište Zvir (na desnoj obali kanjona Rječine - izvor se nalazi ispod kupole.*  
*foto: M. Kuhta*

Pri istraživanjima je upotrijebljena autonomna ronilačka oprema, uobičajena pri speleoronilačkim radovima (dupli sustavi). Velika dubina i dužina urona zahtijevala je uporabu velikih ronilačkih boca od 15 i 18 litara, koje su na lokaciji punjene komprimiranim zrakom ronilačkim kompresorom tvrtke Bauer. Ronioci su imali suha i mokra ronilačka odijela, a uroni su planirani i izvedeni uz uporabu ronilačkih kompjutera Aladin i Suunto.

Podvodna topografska snimanja izvedena su metodama primjerenim izradi speleoloških nacrti. Za mjerenje dubine korištena su gore spomenuta računala, deklarirane točnosti  $\pm 10$  cm. Udaljenosti između poligonskih točaka mjerene su mjernom trakom centimetarske podjele, a azimuti pružanja podvodnim kompasima tvrtke Suunto.

Površinsko i podvodno snimanje izvedeno je digitalnom kamerom tvrtke Sony, Mini DV VX-1000, smještenom u vodonepropusno kućište Amfibico VH 1000.

### **Morfologija objekta**

Izvor Zvir pojavljuje se ispod strme stijene na sjevernom boku kanjona Rječine. Građevinskim zahvatima na kaptiranju izvora formirano je, iznad samog mjesta istjecanja jezero promjera 24 m. Apsolutna razina vode u

jezeru ovisna je o hidrološkim uvjetima, dinamici rada crpilišta i položaju ustava na odvodnim ispustima, a za vrijeme našeg istraživanja bila je na koti 5,2 m.n.m.

Jezersko dno lijevakasto se spušta prema sjeveru, odnosno pod stijenu iznad izvora. Dno lijevka do dubine od približno 10 m izgrađuju kameni blokovi, valutice i kršje, između kojih su mjestimice istaložene manje nakupine sitnozrnih sedimenata, pretežito pijeska i praha. Dublje od 10 m

lijevak prelazi u vertikalnu jamu koja se spušta do dubine od 15 m. Približno 5 m dalje (točka T4), na dubini od 16,5 m, ulazi se u špiljski kanal izvora. Na tom mjestu stijena potpuno nadsvođuje potopljeni prostor. Prvi, ulazni dio kanala, orijentiran je prema sjeveroistoku i ima oblik dvorane tlocrtnih dimenzija 8 x 5 m. Dno dvorane spušta se do dubine od 19 m, a dijelom je prekriveno blokovima, krupnim valuticama i ispranim šljunkom (bez sitnih frakcija). U središnjem dijelu dvorane visina do stropa iznosi 9,5 m.

U nastavku, kanal skreće gotovo pod pravim kutom pružajući se prema sjeverozapadu. Ulaz u kanal, na dubini od 22 m, ujedno je i njegov najuži dio. Kako je vidljivo iz poprečnog profila A-B, širina kanala je 3 m, a najveća visina 1,6 m. Niski silazni kanal nastavlja se do dubine od 32 m, gdje mu se, uz prosječnu širinu od 5 m, visina povećava na preko 2 m. Visina kanala povećava se prema dubini, pa tako na 45 m ona iznosi 4 m, a u posljednjoj mjernoj točki (T12) na dubini od 53 m oko 6 m.

Gotovo od samog ulaza pa do dubine od 43 m (T9) nagib kanala je ujednačen i iznosi 39°. Na dubini od 45 m kanal se račva u dva kraka. Budući da je sjeveroistočni krak blago uzlazan (bar u početnom dijelu), istraživanja su usmjerena na silazni kanal koji se nastavlja u smjeru pružanja prije svladanih dijelova



*Speleoronilačka ekipa: B. Jalžić, D. Lukačić i A. Novosel*

objekta. Ulaz u taj dio vodi preko 5-metarskog vertikalnog skoka, kojim se spušta na dubinu od 50 m. Narednih dvadeset metara dužine, nagib kanala je znatno blaži, a pri kraju istraženog dijela dno mu je gotovo horizontalno. Nakon točke T10 mijenja se i generalna morfologija kanala. Početni horizontalno izdužen presjek kanala (poprečni presjeci; A-B, C-D i E-F), mijenja se u tipičan vertikalno izdužen pukotinski oblik (presjek G-H).

Od 20 do 45 m dubine dno kanala čine zaobljeni kameni blokovi od kojih su neki veći od 1 m. U tom dijelu kanala samo lokalno javljaju se nakupine ispranog šljunka (T5). Nasuprot tome, dno kanala ispod 45 m pretežito je pokriveno šljunkom, s rijetkim valunicama većeg promjera.

Najdublja dosegnuta točka (T12) je na dubini od 53 m, dakle približno 48 m ispod razine mora. Ukupna dužina istraženog dijela (horizontalna projekcija), računajući od točke 4, iznosi 65 metara. Stvarna dužina urona od površine jezera iznad otvora špiljskog kanala do krajnje dosegnute točke je 96 m.

Potopljeni špiljski kanali formirani su u vapnencima gornje krede, duž izrazitih tektonskih pukotina pružanja JZ-SI (ulazni dio), odnosno SZ-JI (glavni kanal). Spomenuti sustavi okršanih pukotina vidljivi su duž cijelog objekta, a njihovo pružanje na površini terena definirano je prijašnjim geološkim istraživanjima (Biondić, 1987).



*Pogled prema sjevernoj stijeni pod kojom je potopljeni kanal izvora*

*foto: M. Kuhta*

U potopljenim kanalima nigdje nema sitnoklastičnih sedimenata, što je razumljivo s obzirom na stalnu, a povremeno i vrlo snažnu cirkulaciju podzemnih voda. Međutim, ni ovako povoljna situacija ne jamči trajnu bistrinu vode. Tijekom urona dubljih od 20 m, izdahnuti zrak više ne izlazi na jezersku površinu već se utiskuje u manje ili veće pukotine kanalskog stropa. Nakon vrlo kratkog vremena počinje iz pukotina iza ronilaca izbijati izrazito mutna voda, a sitne čestice mulja se poput dima šire podzemnim prostorom, zbog čega je kod izrona redovito bitno smanjena vidljivost.

Mogućnosti daljnjeg napredovanja postoje u bočnom kanalu na dubini od 45 m (promjer kanala oko 2 m), te na kraju istraženog dijela glavnog kanala. Pretpostavljamo da u tom

dijelu objekta, iza otvora promjera 1,5 m, ponovo slijedi znatno širi podzemni prostor. Bude li potrebe za daljnjim istraživanjem morfologije izvora, svakako valja računati na uporabu plinske mješavine. Ovakav način ronjenja omogućit će duži i sigurniji boravak pod vodom, te dublje i dalje napredovanje.

#### LITERATURA:

Biondić, B., (1987): Zaštitne zone izvorišta Zvir. Fond str. dok. Instituta za geološka istraživanja, br. 22/87, Zagreb.

Gibsohne (1929): Izvještaj o istraživanjima izvora Zvir. Prijevod u izvješću: Rijeka - Zvir 1964, hidrogeološki radovi, dokumentacija. Fond str. dok. Instituta za geološka istraživanja, Zagreb.

## ABSTRACT

### The geomorphology of Zvir spring (Rijeka)

The spring Zvir is the principal source for the water supply of the city of Rijeka, and the first pumping station was constructed in 1884. In a hydrogeological sense it is a typical karst rising spring, located on the right bank of the intermittent watercourse of Riječina River, at an attitude of 5,2 m above sea level. The yield capacity of the spring ranges from 1 to 12 m<sup>3</sup>/s. The submerged cave channels formed within Upper Cretaceous limestones, along the major tectonic fractures of the SW-NE direction (entrance section) and NW-SE (the main channel).

The presented speleological diving investigations were performed by the Speleological club "Željezničar" from Zagreb, during June 2000. The diving was performed with standard diving equipment with containers with compressed air.

Due to the narrowing of the channel at the depth of 22 m the investigations could be performed only at lower flow velocities. The lowest point reached in the Zvir spring was 53 m, some 48 m below sea level. The total length of the explored part of the system is 65 m (the horizontal projection), while the actual diving length from the surface of the lake above the cave entrance is about 96 m.

The possibilities of further advance in the lateral channels are at the depth of 45m (the channel diameter is approx. 2 m), as well as at the end of the explored main channel. According to our prediction behind the 1,5 m opening there should be a spacious underground gallery.