

UDK 624.191.95:628.147:556.51:528.3(497.5)
Stručni članak

Kaptaža tunela "Učka"

Miljenko MARINAC – Zagreb*

SAŽETAK. U okviru radova pri prokopu tunela "Učka" urađena je kaptaza podzemnog vodotoka za potrebe grada Opatije i okolnih mjesta. Obzirom na kratak rok izgradnje tunela, vodni je sustav projektiran i betoniran nešto niže od visinski idealnog položaja, te su nastavljena istraživanja podzemnog vodotoka, u svrhu pune upotrebljivosti vodnog potencijala i ostvarivanja uštede prestankom korištenja električne energije za podizanje vode na kotu vodovodne cijevi u tunelu. Geodetska izmjera jedan je od bitnih elemenata tog istraživanja.

Ključne riječi: geologija, špilja, kaptaza, geodetska izmjera.

1. Uvod

Tunel "Učka" jedan je od najvećih infrastrukturnih pothvata ikad izvedenih u Hrvatskoj. Radovi na iskopu započeli su sredinom 1976. god., a tunel dužine 5062 m, širine kolnika 7,5 m, u prometu je od kraja 1980. godine.

Dana 22. lipnja 1977. godine na stacionaži 1+632 neočekivano je probijena kaverna, bočno, s kvarnerske strane. Istodobno, u tunel je prodrla voda iz složenog sustava dvorana i kanala, koji se mjestimice protežu i ispod nivelete tunela. Kako bi se detaljno istražila kaverna i utvrdila opasnost do koje može dovesti njezino daljnje pružanje u pravcu proboja tunela, urađena su speleološka istraživanja, a ubrzo je izrađen i prvi geodetski nacrt, kako se poslije pokazalo, manjega dijela špilje. Sve te radove izvodila je speleološka ekipa *Instituta za geološka istraživanja*, u sklopu kojeg od prvih dana *Instituta* postoji i geodetska grupa. Geodeti Nijaz Dubravić i Stanislav Jureša izmjerili su tijekom prosinca 1977. dio špiljskog prostora za mjerilo 1:200, a radove su obavili tahimetrom "Dahlta 020". Priključak je izveden na poligonske točke, a najbliža ulazu u špilju imala je kotu 499,90 m. Radeći zajedno s geolozima i speleolozima rekognoscirali su prvih 120 metara špilje. Mjesto završetka izmjere u tom je trenutku tek naznačilo svu složenost zadatka, kako u stručnom pogledu tako i pri samom izvođenju daljnjih terenskih radova u podzemlju.

* Miljenko Marinac, geodetski tehničar, Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, 10000 Zagreb

2. Pregled istražnih radova od 1977. do 1997. godine

Naknadnim istraživanjima otkriven je podzemni vodotok, protoka vode 12,5 l/s (minimalno), što je zanimljiva i eksploatabilna količina za područje Opatije i okolnih mjesta. Kako bi se utvrdili smjerovi kretanja, količina i mogući rasap vodene mase, te eventualna povezanost s izvorima uz morsku obalu, obavljeno je nekoliko bojenja, koja su pokazala da na kontaktu nepropusnog fliša i razlomljenog vapnenca postoji sustav podzemnih jezera, sifona i vodotoka (Božičević, Goatti, Biondić 1984).

Danonoćnim praćenjem registrirana je pojava obojene vode na šest lokacija uz morsku obalu, od Opatije do Medveje, te utvrđen relativno malen gubitak vode. Bio je to dobar znak za nastavak istraživanja, pri čemu su Općina Opatija i poduzeće "Komunalac" uvidjeli mogućnost ublažavanja nedostatka pitke vode u tom području. Betoniranjem tunelske cijevi zatvoren je ulaz na stacionažu 1+632, pa je bilo potrebno iskopati horizontalni rov, a na njegovu kraju i vertikalno okno za silaz do vode i predviđenog mjesta kaptaže. To je izvedeno malo dalje od stacionaže 1+500, gdje je tijekom geoloških istraživanja otkriven dotad nepoznati prolaz i gdje su utvrđene rasjedne pukotine u dijelu špilje koji se podvlači pod samu tunelsku cijev. U svrhu osiguranja prometnice na tom je mjestu ugrađeno oko 300 m³ betonskog materijala, kao potporanj budućem cestovnom objektu.

Nakon tih početnih radova geolozi i speleolozi *Instituta* izradili su speleološki nacrt špilje za mjerilo 1:500, koji je prikazivao prostor veličine oko 12 ha, s ukupno kanala i dvorana 1 490 m, i visinskom razlikom od oko 150 m. U jednom vremenskom razdoblju taj je nacrt nadopunjavao novoistraženim bazenima, dvoranama, prolazima i pukotinama i takav je donekle zadovoljavao geologe u praćenju podzemnih tokova, mjerenju vodnih potencijala i drugih hidrogeoloških istraživanja. Najveći nedostatak bilo je svakako nepostojanje točnih visinskih podataka, koji su iznimno važni pri razmatranjima za određivanje povoljnijeg mjesta kaptaže i pri objedinjavanju svih podzemnih tokova.

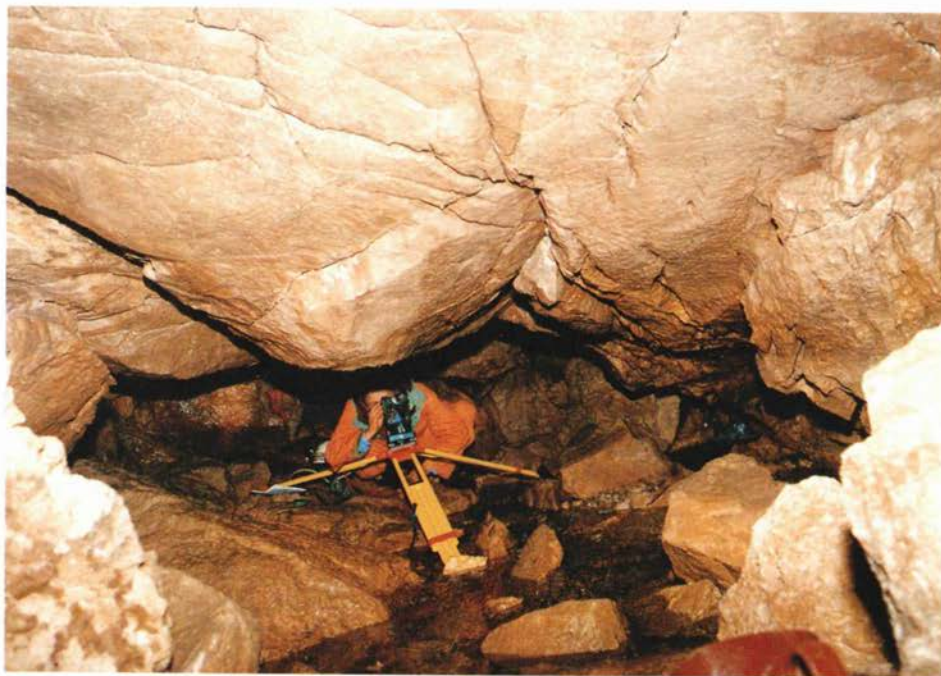
3. Geodetski radovi u 1996. i 1997. godini

U svrhu izradbe potpunije karte dijela špiljskog sustava, najprije je, u rujnu 1996. izvršen prijenos visine iz tunela, a zatim i izmjera istraženih dijelova špilje. Početne točke u tunelu i kaptaži odredio je "Geoprojekt" d.d., PJ Opatija.

Zbog iznimno teških uvjeta rada (mjestimice vrlo strm i slomljen teren, s obzirom na visinu, prolazi niži od 60 cm sa stajalištem u podzemnom vodotoku, slaba vidljivost, velika vlažnost), korišten je tahimetar "Dahlta 020", koji svojim tehničkim značajkama, uz pažljiv rad, zadovoljava traženu pouzdanost.

Svakodnevnim spuštanjem instrumentarija i opreme po ljestvama vertikalnog okna na razinu kaptaže (koja se nalazi 17 m ispod kote tunela) započinjao je radni dan, jer ništa nije moglo biti ostavljeno u podzemlju, u uvjetima velike vlage. Radovi su započeli izmjerom betonske kaptaže u kaverni, 10 m nizvodno od preljeva. Nedostatak svjetla pokušavamo nadoknaditi ručnim, prenosnim reflektorima i karbidnim svjetiljkama pričvršćenima na kacige. Posebno osvjetljavamo teleskopsku letvu, da opažaču olakšamo očitavanje. Nakon 12 m prostorija je visoka nešto više

od 1 m, a u tzv. "malom jezeru" ni 70 cm. To je prva kritična točka mjerenja, jer poligon, zbog pukotina koje svakih nekoliko metara mijenjaju smjer, treba postaviti u 30 cm duboku potoku (slika 1). Tu osobitu pozornost obraćamo na učvršćenje stativa, jer postoji opasnost da ga podzemni brzac pomakne, te nogare učvršćujemo odlomljenim kamenjem, skupljenim oko stajališta.



Slika 1. Stajalište u podzemnom vodotoku (Snimio dr. Srećko Božičević)

I sljedeće poligonske stranice također su vrlo kratke, opažać očitava podatke s letve klečeći, a povremeno i ležeći uz instrument. Položaj poligona 8 obilježen je uklesanim križićem na stijeni (podu), na koju je neposredno postavljen tahimetar ($i=0,22$). Pred nama je vrlo nizak prolaz, nakon kojeg slijedi strma i uska pukotina, dužine oko 6,5 m, pri čemu savladavamo čak 4,48 m visinske razlike.

Trošni materijal otežava kretanje, pa se, prenoseći ujedno geodetski i speleološki pribor, služimo i laktovima i koljenima, a na sličan način napredujemo do poligona 13. Tek se tu možemo uspraviti, te uočavamo "prvu dvoranu", dužine više od 100 m, dvadesetak metara široku, ali strmu, s većim kamenim blokovima na tlu, odlomljenima sa stropa, koji se blago spušta i traži dodatna umjeravanja, pružanjem teleskopske letve u niske otvore ili prolaze.

Kao i na svakom stajalištu, i tu se služimo cijevnom busolom za kontrolu smjera (Baturić 1957), ali premda je njena točnost vrlo mala, i takav podatak bi nam mogao koristiti za određivanje poligonske točke na kojoj je (eventualno) učinjena gruba pogreška u mjerenju kuta.

Razgovaramo o veličini tog podzemnog prostora, koji se u kišnim mjesecima u potpunosti ispuni vodom. Pri prokopu tunela, voda se izlijevala i u radilište, sve dok tunnelska cijev nije potpuno zabetonirana. Postajemo svjesni goleme snage i potencijala vodene mase, koja najviše u proljetnim mjesecima, ali i četiri sata nakon jačih, ljetnih pljuskova, izbija iz brojnih pukotina i kanala.

Nastavljamo izmjeru s najviše kote "prve dvorane", visoke gotovo 8 m, te opažamo manji podzemni vodotok, koji izvire ispod golema bloka, a nakon nekoliko metara i ponire prema "velikoj dvorani". Od poligonske točke 18 razvijamo lijevi krak poligonskog vlaka prema "gornjem sifonu". Pod svjetlom reflektora ugledali smo zelenomodro jezero, koje svojom ljepotom odudara od grubih stijena i sivih blokova. To je nakupina vode na koti od 538 m n.m., dubine 2 do 5 m, zavisno od količine dotoka i dužine više od 10 m. Tu se zapravo radi o sifonu, koji se može preroniti ili isprazniti jakim crpkama (slika 2). Mjerimo i prostor oko njega – početak "druge dvorane", a zatim se vraćamo na poligonsku točku 19 i nastavljamo rad na "osnovnom poligону". Kretanje je i dalje otežano, zbog približavanja stacionaži 1+632 tunela "Učka", na kojoj je prvi puta uočena špilja. Prigodom bušenja u tunelu velike količine prašine ulazile su kroz tada još neotkriven otvor u špiljski sustav, a taloženjem po "podu" i vlaženjem, stijenska je masa postala vrlo skliska.



Slika 2. Istraživanje "gornjeg sifona" (Snimio dr. Srećko Božičević)

Između poligona 19 i 24 ispriječila se nakupina manjih kamenih blokova, a kako je pred nama i strmina od 38°, s malim otvorom na početku, moramo "očistiti" prirodnu prepreku. Ubrzo, zajedničkim radom, vizurni je pravac oslobođen kamenog na-

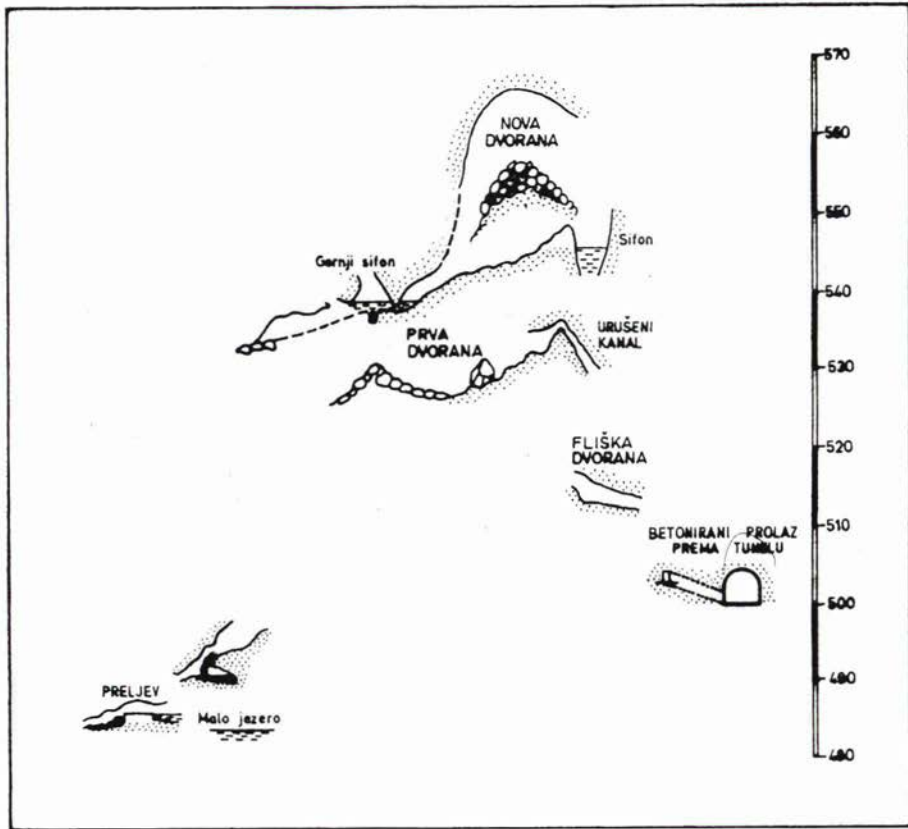
bačaja. Kroz "urušeni kanal" ulazimo u "flišku dvoranu", uz rub cestovnog tunela. Tu su tlo i bokovi drugačije građe od prostora urušenih vapnenačkih dvorana, u kojima je jako izražen proces okršavanja, kao rezultat dugotrajnog toka velikih količina vode. U fliškom materijalu također je vidljiv trag tečenja vode, ali on nema korzijske već samo erozijske tragove. Ispred nas je ponovno ispućana stijenska masa, pa poligonske vlakove "lomimo" i provlačimo ih kroz niske otvore, mjestimice i niže od 1 m. Svjesni smo kratkih stranica u poligonskom vlaklu, pa punu pozornost pridajemo centriranju i horizontiranju instrumenta (Janković 1981). Poligonske točke stabiliziramo zabijanjem čeličnih bolcni (s rupicom u sredini), što, zbog čvrstoće stijenske mase, nije uvijek lako i jednostavno, pa povremeno koristimo motornu bušilicu.

U tom dijelu špilje mjerimo i ortogonalnom metodom (Macarol 1961), jer s (relativno) udaljenih stajališta nije moguće opažati na sve važne detaljne točke te (mjestimice) vrlo nepravilne kaverne. U neposrednoj blizini poligonske točke 33 nalazimo tragove izmjere iz 1977. godine – poligonske točke zaokružene su (sada već) ispućanom žutom bojom, a naziru se i brojčane oznake 8, 7 i 6, krajnje točke radova od prije 19 godina. I tu je problem sa čitanjem na letvi zbog kratkih dužina poligonskog vlaka (3,5 do 5,2 m), a dobru vidljivost postižemo tek posljednjim navojima na vijku za jasnoću slike. Još tri stajališta i stižemo pred betonski prolaz, (koji kavernu povezuje s cestovnim tunelom), i tu zabijamo posljednju bolcnu. Prolaz širine 80 cm, visine 140 cm, blago se spušta, te se nakon 7 m lomi pod pravim kutom prema mjestu gdje je kaverna otkrivena, na tunelskoj stacionaži 1+632. U donjem je dijelu poplavljen, što onemogućuje da ga razgledamo do kraja. No, to više i nije naša zadaća, a kada usporedimo naše podatke s podacima iz 1977. godine, znat će se sve visine i pozicija kaverne s obzirom na tunel.

Iako podatke mjerenja tek treba obraditi, uvjereni smo u uspjeh obavljenog posla. Zadovoljstvo je na našim licima 600 m ispod površine zemlje, te slijedi snimanje niza fotografija za uspomenu. Nakon četiri dana napornog rada, s kompletnom se opremom vraćamo do vertikalnog okna i izvlačimo stvari na kotu cestovnog tunela.

Obradba zapisnika dala je pouzdanije rezultate od prije dobivenih. Grupa sastavljena od dva geologa-speleologa, dva geodeta i jednog pomoćnog radnika izmjerila je poligonski vlak dužine 373,20 m, sa 36 stajališta, prošavši od preljeva, "prvom dvoranom", kroz "urušeni kanal" i "flišku dvoranu" do betoniranog prolaza prema tunelskoj cijevi, savladavši pritom visinsku razliku od 113,18 m (slika 3). Sada se zna da je visinska razlika od ruba postojeće kaptaže u špilji do razine vode u "gornjem sifonu" (u trenutku snimanja) 54,35 m, a da se u "novoj dvorani" nalazi još jedan sifon, u koji se ulazi uz pomoć ronilačke opreme. Otkriven je naknadnom izmjerom tog dijela podzemnog prostora, koju je tijekom 1998. obavila speleološko-ronilačka ekipa *Instituta*, potpuno opremljena za obavljanje takvog zahtjevnog posla. Kako je to u speleologiji uobičajeno, mjerenja su izvedena uporabom optičkih kompasa i padmjera (Shunto), te mjernom vrpcom.

Postojeća kaptaža podzemne vode urađena je za izgradnje tunela, u vrlo kratkom roku, zavisno od završetka gradnje glavnog objekta. Kako je sabirni bazen kaptaže sagrađen na koti 482 m n.m., podzemnu je vodu potrebno električnim crpkama podizati na kotu tunela 500 m n.m. Tijekom godine, iz tog se objekta prosječno crpi oko 240 000 m³ kvalitetne pitke vode, što možda najbolje govori o važnosti tog vodo-



Slika 3. Vertikalni prikaz kaverne

zahvata, ali i o velikom utrošku električne energije, koji, uz troškove održavanja postrojenja, znatno povećava ukupne troškove eksploatacije.

4. Zaključak

Ranija speleološka i hidrogeološka istraživanja (Božičević, Goatti 1987), pokazala su da je istu količinu vode moguće zahvatiti i negdje drugdje duž njezina toka kroz podzemlje, između "sifona" u "novoj dvorani" (549 m n.m.) i tunela (stacionaža 1+632, kota 500 m n.m.). Takvim zahvatom omogućilo bi se potpuno gravitacijsko djelovanje vodoopskrbnog sustava od kaptaze do krajnjih korisnika. Na taj način ostvarit će se znatne uštede, iskazane u prvom redu prestankom korištenja električne energije za podizanje vode na kotu vodovodne cijevi u tunelu. Odabir najpogodnije lokacije i načina izgradnje novog vodozahvata, te izradba geodetskog nacрта za njegovo projektiranje, osnovni su ciljevi provedenih radova. Opisana geodetska izmjera podzemnog prostora jedan je od bitnih elemenata tog programa.

Svjestan sam da radeći klasičnu geodetsku izmjeru ne mogu nikoga fascinirati, no uvjeti mjerenja, i višedisciplinarno okruženje, možda će ipak dati kolegama nova saznanja o strukama koje su nam bliske (jer bavimo se nama dragom i jedinom Zemljom), a ponekad ipak ne dovoljno poznate.

Sretni smo što smo bili dijelom te višedisciplinarne ekipe kao i što smo mogli dati svoj skromni prilog i provjeriti se u tako važnom projektu.

Literatura:

- Baturić, J. (1957): Rudarska mjerenja I, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Božičević, S., Goatti, V., Biondić, B., (1984): Vodoistražni radovi u špiljskom sustavu, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
- Božičević, S., Goatti, V. (1987): Rješavanje vodozahvata u špiljskom prostoru, 9. jugoslavenski simpozij hidrogeologa i inženjera geologije, 1, 47 do 52, Priština.
- Janković, M. (1981): Inženjerska geodezija II, SNL, Zagreb.
- Macarol, S. (1961): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.

Intake structure of ground water of the "Učka" tunnel

ABSTRACT. Within the scope of the tunneling project of "Učka" the intake structure of ground water concerning necessities of the city of Opatija and its surroundings has been realized. Considering the short term allowed for the tunnel construction the water system is planned and concreted at a somewhat lower level than ideal with respect to altitude. This is why the research works of the underground flow proceeded. It was aimed both at full usage of the water reserve potential and saving of the electric energy needed to rise the water at the level of water conduit in the tunnel. Geodetic measurements are essential for these research works.

Key words: geology, cave, intake structure of ground water, geodetic measurements

Primljeno: 1999-06-14