

FORMIRANJE 3D MODELA KARSTNIH KANALA U ZONI ISTICANJA VRELA KAO PODLOGA ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA U KARSTU – NA PRIMERU MALOG VRELA

Saša MILANOVIĆ, Ljiljana VASIĆ
Departman za hidrogeologiju, RGF, Beograd
Milorad KLIČKOVIĆ
Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd

REZIME

Malo vrelo se nalazi na južnoj padini planinskog masiva Beljanice, kod Strmostena, na 352 m n.m.. Vrelo se javlja na kontaktu titonskih krečnjaka Beljanice i navučenih permskih peščara, koji su i definisali zonu isticanja vrela. Otvor pećine i generalno pružanje karstnih kanala predisponirano je ukrštenim rasedima pravca pružanja Z-I i S-J. Vrelo se drenira se kroz dva karstna kanala. Desni kanal je hipsometrijski niži od stalno aktivnog levog glavnog kanala i generalog je pravaca 240°, dok se glavni kanal pruža po azimutu od 170°.

Bojenjem je utvrđeno da vode Malog vrela predstavljaju tok ponornice Rečke, koja, u uvali Rečke na platou Beljanice, ponire u Ivkov ponor (ponor Rečke). Maksimalne izdašnosti vrela se javljaju sredinom proleća i u jesen, a minimalne krajem leta i u drugoj polovini zime. Najveća izdašnost vrela izmerena je u proleće 1954. godine, kada je iznosila 2.3 m³/sek, dok je najveći zabeležen minimum registrovan 2011. godine i iznosio je 0.024 m³/sek.

Na osnovu novih speleoroničkih i speleoloških istraživanja pećinskih kanala Malog vrela urađen je 3D model rasprostranjenja karstnih kanala, koji je doprineo jasnijem definisanju funkcionisanja preraspodele voda u zoni isticanja a samim tim pomaže i u definisanju budućeg zahvatanja podzemnih vada ovog vrela. U radu je dat grafički i statistički prikaz sa realnim podacima kompjuterski generisanog 3D modela karstnih kanala Malog vrela, kao i njegovo povezivanje sa kanalima Ivkovog ponora.

Ključne reči: Malo vrelo, karst, pećina, speleoronjenje

UVOD

Formiranje fizičkog modela Malog Vrela i njegova 3D analiza sa realno predstavljenim, kako spoljnim, tako i unutrašnjim parametrima treba da dokaže da se sa jasnom kvantifikacijom i analizom i kroz primenu novih softverskih alata u sprezi sa novim dostignućima na polju direktnih istraživanja, može ući u znatno sigurnije predviđanje rasprostranjenja nedostupnih delova karstnog podzemlja, speleogeneze i cirkulacije podzemnih voda.

Veliki broj prethodnih istraživanja ovog terena čini baznu osnovu koju je bilo neophodno konvertovati u digitalni oblik, kako bi zajedno sa relacionom bazom bila kvalitetna podloga za konstruisanje 3D modela, odnosno fizičkog modela karstne izdani ili njenih pojedinih delova, kao npr. veza karstnih kanala Malog Vrela i Ivkovog ponora (ponor Rečke) na Beljanici. Formiranje fizičkog modela ima za cilj da integriše, predstavi i manipuliše prostornim informacijama u trodimenzionalnom prostoru, čime bi sa vezivanjem vremenskih serija, kvalitativnih i kvantitativnih podataka, zapravo imali četverodimenzionalni model 4D (Milanović S., 2010).

Kao najbitniju podlogu za formiranje kvalitetnog modela treće dimenzije izdvajaju se terenska (speleološka i speleoronička) istraživanja aktivnih karstnih kanala Malog Vrela i Ivkovog ponora. Istraživanja ovog tipa su veoma retka i zahtevna, čak i u svetskim razmerama, pa shodno tome, podaci dobijeni ovim istraživanjima čine značajnu podlogu svim daljim istraživanjima karstnog podzemlja.

OPŠTE KARAKTERISTIKE

Veoma složena geološka građa Beljaničkog masiva uticala je na to da su brojni naučnici još od kraja XIX veka vršili kompleksna istraživanja o geomorfološkim svojstvima i procesima, kao i o geološkim karakteristikama i genezi ovog masiva. Zahvaljujući tome, danas raspoložemo obiljem dokumentacije, koju u vreme napretka tehnologije i dobijanja novih mogućnosti, kako terenskih istraživanja, tako i na polju informacionih tehnologija, treba dalje upotpunjavati novim informacijama o cirkulaciji podzemnih voda, utvrđivanju novih neregistrovanih speleoloških objekata, podacima o hemizmu izdanskih voda, itd. Malo Vrelo i njegova veza sa Ivkovim ponorom upravo dokazuje predhodno navedene činjenice o novijim istraživanjima.

Malo Vrelo, kao i Ivkov ponor, razvijeni su u okviru krečnjaka gornje Jure. Ovo je najmarkantniji i relativno najbolje proučeni deo jurske serije. Titonskom katu pripadaju bankoviti, ređe masivni, zoogeni sprudni i subsprudni krečnjaci, sa bogatom i veoma raznovrsnom faunom. Od svih mezozojskih sedimenata ovi krečnjaci imaju najveće rasprostranjenje i izgrađuju većinu istaknutih visova i velike krečnjačke plateau na Beljanici, kao i speleološke objekte koji su predmet ovog rada (Milanović S., 2010).

Ponor Rečke-Ivkov ponor je svakako najveći i najizučavaniji ponor Beljaničkog masiva. Nalazi se na zapadnom obodu uvale Rečke, na nadmorskoj visini od 990 m n.m.. Ponornica Rečka teče platoom Beljanice oko 4 kilometra pre nego što se izgubi u Ivkovom ponoru.

Prema podacima J. Petrovića iz 1971 godine, proticaj toka koji ponire u Ivkov ponor varira od 5 do 520 l/s, dok je novijim istraživanjima utvrđeno da minimalna količina voda koja ponire ne pada ispod 1 l/s, što je i zabeleženo u 2011 godini koja može da se smatra za ekstremno sušnu godinu. Prema samoj morfologiji ulaznog otvora i poznavanju razvića velikih kanala ovog ponorskog objekta, realno je da se predpostavi da bi on mogao u vreme maksimalnih voda da primi i više od 800 l/s (kapacitet gutanja).

Generalni elementi pada rasedne površine po kojoj je razvijen Ivkov ponor, dobijeni su merenjima ispred ulaza u ponor, kao i merenjima u samom objektu. Na osnovu ovih merenja određeni su elementi pada rasedne površi Beljaničkog raseda u zoni ponora, i oni iznose 173/71. Visinska razlika između ulaza i

najdublje tačke jame iznosi 156 metara. Ukupna dužina snimljenog kanala iznosi 325.5 metara

Malo vrelo se nalazi na desnoj dolinskoj strani Resave, 2 km nizvodno od Velikog vrela, na Južnoj strani Beljaničkog masiva i 352 m n.m. Vrelo izbija iz velike pećine (slika 1.), čiji su detaljni podaci prikazani u narednom tekstu.



Slika 1. Pećinski otvor Malog vrela (gore), detalj sa istraživanja karstnih kanala Malog vrela (dole)

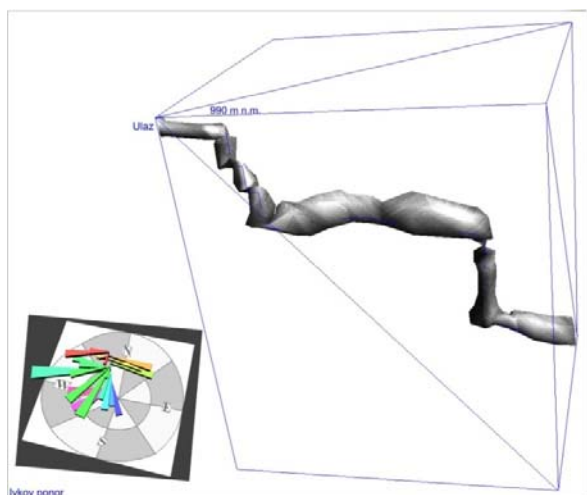
Malo Vrelo se javlja na kontaktu titonskih krečnjaka Beljaničkog masiva i navučenih permskih pešćara koji su i definisali zonu isticanja ovog vrela (Stevanović Z., 1991). Sam otvor pećine, kao i generalno pružanje karstnih kanala je predisponirano ukrštenim rasedima pravca pružanja Z-I i S-J. Malo vrelo spada u tipičnu grupu gravitacionih vrela, čiji kanali ispunjeni vodom gotovo da imaju horizontalan položaj.

Vrelo je 1983. kaptirano za potrebe vodosnabdevanja sela Strmosten, kao i za Rudnik Jelovac. Izdašnost vrela varira od 25-2500 l/s.

Vrelo je do sada osmatrano u dva navrata. Prva hidrološka osmatranja izvedena su 1978 i 1979. godine, dok su novija osmatranja započeta 2009. godine i dalje traju.

FORMIRANJE MODELA

Za potrebe analize razvića karstnih kanala sistema „Ivkov ponor – Malo Vrelo“, prvo je urađen 2D model u formi 3D prikaza, koji i ima za cilj da predstavi početni prikaz orijentacije i zaleganja karstnog kanala Ivkovog ponora. U narednoj fazi formiran je kanalski model.



Slika 2. 3D prikaz kanala Ivkovog ponora sa rozetom orijentacije karstnih kanala

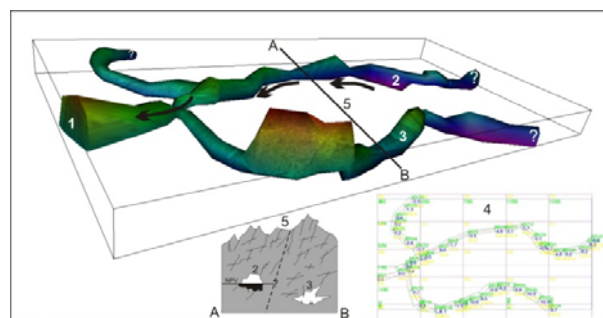
Da bi se pored rasprostranjenja karstnih kanala mogli dobiti i podaci o zapreminama šupljina karstne izdani, bilo je neophodno i dimenzionisanje ovih kanala. Kao grafički izlaz programa Compass, na slici 2. je prikazan 3D model kanala Ivkovog ponora koji je urađen na osnovu realnih speleoloških istraživanja.

Na bazi do sada prikupljenih podataka, a posebno skorašnjih speleoronilačkih istraživanja, prvo je urađen 2D model u formi 3D prikaza, koji i ima za cilj početni prikaz orijentacije i zaleganja karstnih kanala Malog Vrela.

Takođe je za izradu ukupnog modela bilo neophodno i formiranje kanala Malog vrela u 3D okruženju, čiji je

grafički izlaz prikazan na slici 3. 3D geološki model izrađen je za potrebe formiranja mreže pružanja potencijalnih karstnih kanala od ponorske do izvorske zone, tj. od utvrđene i potencijalne zone prihranjivanja, pa do tačno definisane zone dreniranja karstnih voda.

Kao potvrdu o neophodnosti direktnih istraživanja u karstnim terenima može se navesti upravo primer Malog vrela, gde je utvrđeno da u kanalu br. 2, koji je hipsometrijski viši, postoji stalni podzemni tok i za vreme najvećih minimuma, dok u hipsometrijski nižem kanalu br. 3 nije registrovan nikakav podzemni tok u istom vremenskom periodu. Upravo ovakav primer, koji je prikazan i pod brojem 5 na slici 3., ukazuje da se cirkulacija podzemnih voda odvija po privilegovanim, odnosno glavnim karstnim kanalima. Kasnijom obradom i postavljanjem 3D modela dobila se jasna slika o funkcionisanju izvorišne zone Malog vrela (Milanović S. i dr. 2011).



Slika 3. 3D model karstnih kanala zone isticanja Malog vrela. Legenda: 1 – Pećinski otvor Malog vrela, 2 – Stalno aktivni karstni kanali Malog vrela (hipsometrijski viši), 3 – Povremeno aktivni karstni kanali (hipsometrijski niži), 4 – Plan Malog vrela sa svim snimljenim stacionažama (ulazni podaci), 5 – Presek po karakterističnim tačkama u dva kanala Malog vrela

ANALIZA 3D MODELA KARSTNIH KANALA

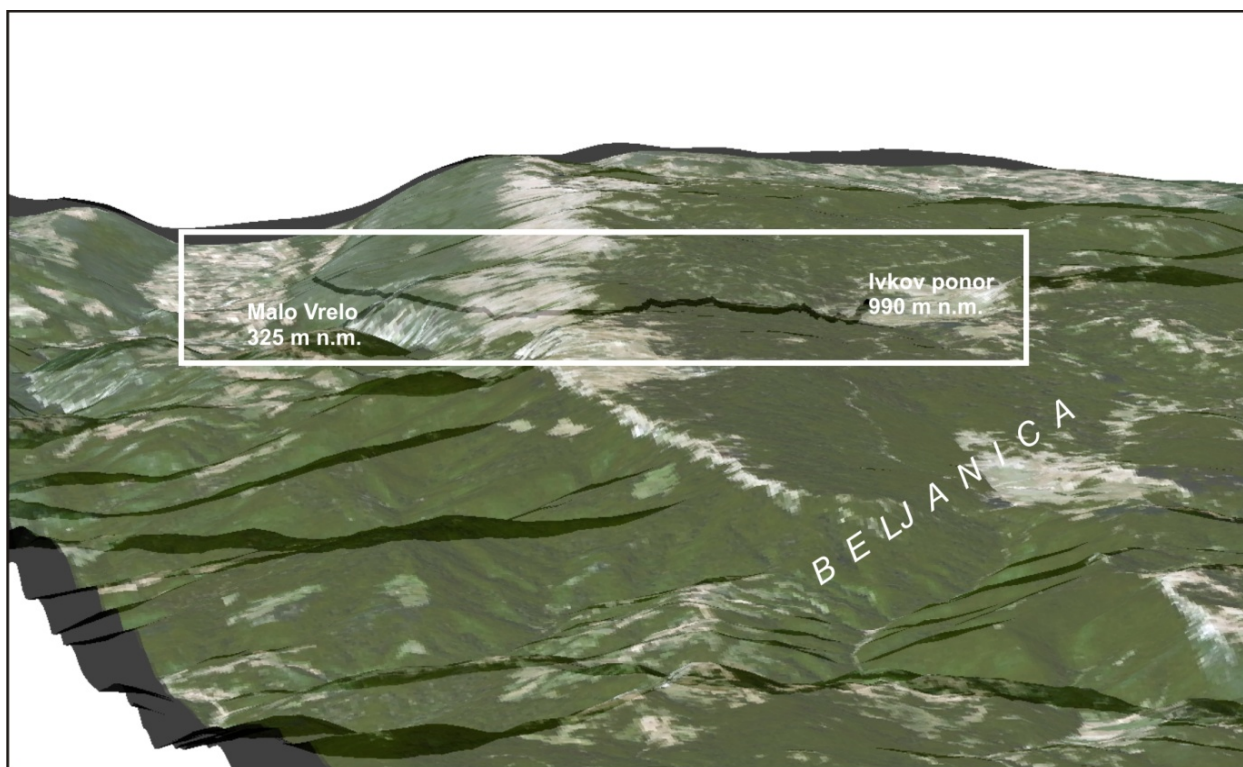
Nakon postavke svih elemenata u 3D okruženje dobila se realna prostorno orijentisana mreža potencijalnog pružanja karstnih kanala, koja je poslužila kao ulazni parametar za dalje modeliranje podzemnog karstnog razvića, odnosno položaja i rasprostranjenja podzemnih provodnika.

Analiza 3D modela karstnih kanala se odnosi na položaj svih karstnih provodnika dobijenih kroz izradu gore prikazanog modela. Kroz ovako formiranu mrežu karstnih kanala može se izvući i zaključak o generalnoj

orijentaciji karstnih provodnika, gde u grupu mlađih nastalih kanala, koji služe da sprovedu vodu sa površine u aktivne delove karstne izdani, upravo spadaju i kanali sistema “Malo vrelo – Ivkov ponor”.

Radi bolje ilustracije odnosa položaja zona prihranjivanja - vrtače i sistemi vrtača, kao

najmarkantni površinski ulaz u karstni sistem preko mreže kanala do povremeno i kasnije stalno aktivne zone, dat je prikaz detalja karstnog kanala od ponorske do izvorske zone u realnom prostoru 3D modela Beljanice (slika 4).



Slika 4. 3D prikaz pružanja karstnog kanala od Ivkovog ponora do Malog vrela

ZAKLJUČAK

Predmet izučavanja u ovom radu je metodološki pristup i izrada fizičkog modela karstne izdani na osnovu podataka direktnih istraživanja kao ulaznih parametara i njihova korelacija sa ostalim podacima geoloških, hidrogeoloških, geomorfoloških i podacima daljinske detekcije (Milanović S., 2010). Ovakav način analiziranja geometrije glavnih karstnih provodnika u saturisanoj zoni, kao i njihova veza sa podzemnim morfološkim objektima iznad nivoa podzemnih voda, dao je uvid u pružanje i funkcionisanje karstnog provodnika, kao veoma bitnoj osnovi u detaljnom poznavanju i predviđanju rasporeda glavnih karstnih provodnika, odnosno mreže karstnih kanala i kaverni.

Na kraju se može zaključiti da se formiranjem ovakvog jednog modela i njegovom analizom može predvideti rasprostranjenje karstnih kanala i njihovo funkcionisanje. Odnosno, može se dobiti dosta pouzdan podatak o karstnoj izdani za potrebe rešavanja pitanja zahvatanja podzemnih voda odnosno kaptiranja karstnih vrela.

LITERATURA

- [1] Milanović S., 2004: Speleoronjenje, značajan metod istraživanja i zaštite podzemnih voda u karstu, Vodoprivreda, 36 211-212, (Originalni naučni rad), str. 427-439, Beograd

- [2] Milanović S. 2005.: Istraživanje podzemne morfologije karsta za potrebe primenjene hidrogeologije, Magistarski rad, RGF, Beograd, Beljanica aquifer monitoring. *Vodoprivreda*, 0350-0519, 42 (2010) 246-248 p. 209-222
- [3] Milanović, S., 2010.: Formiranje fizičkog modela karstne izdani na primeru Beljanice (istočna Srbija)., Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- [4] Milanović S., Stevanovic Z., & Vasic Lj. 2010. Development of karst system model as a result of
- [5] Stevanović Z, 1991: Hidrogeologija karsta Karpato-Balkanida Istočne Srbije i mogućnosti vodosnabdevanja, monografija, Institut za Hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

FORMING OF 3D MODEL OF KARSTIC CHANNELS AS MAIN BACKGROUND FOR KARST GROUNDWATER TAPING – EXAMPLE MALO VRELO

Saša MILANOVIĆ, Ljiljana VASIĆ
Department of hydrogeology, FMG, Beograd
Milorad KLIČKOVIĆ
Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd

Summary

The Malo vrelo spring is located on the southern slope of the Beljanica mountain, at the Strmosten village, at an altitude of 352 m. Spring occurs at the contact of the titons limestone and the permian red sandstones, which define the zone of the spring discharge. The mouth of the cave and karst channels are defined by cross-faults with general direction W-E and N-S. Spring is drained through two karst channels. The Right channel hypsometrically is lower than all the time active left main channel.

According to dye test it was found that water of Malo vrelo spring belong to the surface flow of Recka, which, in the Recka valley on the Beljanica plateau, flow down into the Ivko's sinkhole (Recka sinkhole). The maximum capacity of spring occurs in mid-spring and autumn, while minimum occurs in late summer and in the second part of winter.

The highest capacity was measured in the spring in 1954. (2.3 m³/sec), while the highest recorded minimum was registered in 2011. (0.024 m³/sec).

On the basis of newest exploration of cave channels and cave diving in Malo vrelo spring, the 3D model of karst channels distribution were build, and it contributed to more clearly definition of the function and redistribution of water in the zone of discharge. The paper presents a graphical and statistical representation of real data generated to 3D model of karstic Malo vrelo spring channels, as well as connections to channels of Ivko's sinkhole.

Key words: Malo vrelo spring, karst, cave, cave diving

Redigovano 14.09.2012.