

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XIV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
17-20. maj 2012. godine



XIV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI

sa međunarodnim učešćem

ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Vladica Cvetković, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Nevena Savić, dipl. inž.
Marina Jovanović, dipl. inž.

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafik Centar

Na 123. sednici Nastavno-naučnog veća Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 24.05.2011.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd
556.3(082)

SRPSKI simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem (14 ; 2012 ; Zlatibor)
Zbornik radova XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem,
Zlatibor, 17-20. maj 2012. godine /
[organizator Rudarsko-geološki fakultet ... et al.]. - Beograd : #Univerzitet,
#Rudarsko-geološki fakultet, 2012 (Beograd : Grafik centar).
- [18], 642 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 150. - Str. [7-8]:
Uvodna reč organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-236-4

a) Hidrogeologija - Zbornici
COBISS.SR-ID 190619660

SADRŽAJ

UVODNA PREDAVANJA

Petar Dokmanović, Zoran Nikić

Resursi podzemnih voda i hidrogeološka istraživanja u kontekstu aktuelne zakonske regulative u Srbiji.....	1
---	---

Milan Dimkić

Procesi u aluvijalnim podzemnim vodama i njihov značaj.....	5
---	---

Zoran Stevanović

Izazovi edukacije hidrogeologa u 21. veku – domaći i internacionalni kontekst.....	11
--	----

1. VODOSNABDEVANJE I MENADŽMENT PODZEMNIH VODA

Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Petar Dokmanović, Vesna Ristić Vakanjac, Bojan Hajdin, Saša Milanović, Dragoljub Bajić

Optimizacija vodosnabdevanja podzemnim vodama u Srbiji.....	15
---	----

Milenko Pušić, Milan Dimkić, Dragan Vidović, Milan Dotlić, Ilija Oparušić

Hidrodinamička analiza kapaciteta bunara sa horizontalnim drenovima na primeru beogradskog izvorišta.....	21
--	----

Ivana Obradović, Ranko Vukićević, Ljupka Mrkonja, Ivana Špadijer, Benno Grassl, Milan Lazarević, Dejan Drašković

Proširenje kapaciteta izvorišta utiskivanjem horizontalnih drenova-primer novosadskog izvorišta.....	27
---	----

Igor Jemcov, Dušan Polomčić, Rastko Petrović, Marina Ćuk

Prilog poznavanju režima rada i uslova eksploatacije neogene izdani na području Centralnog Pomoravlja – izvorište Ribare.....	33
--	----

Nenad Toholj, Spasoje Glavaš, Boban Jolović

Pitka voda kao značajan obnovljivi mineralni resurs Republike Srpske.....	39
--	----

Ivica Nikolić, Vladan Kocić, Vesna Ristić-Vakanjac

Monitoring podzemnih voda u državnoj mreži Stanica Srbije.....	45
---	----

Brankica Majkić-Dursun, Stevan Prohaska, Anđelija Koprivica, Vanja Vukelić

Uloga baznog oticaja na ključnim profilima vodomernih stanica reke Dunav i njenih pritoka u Srbiji.....	51
--	----

Miloš Zorić, Tibor Slimak, Nenad Vrvic

Metodologija izrade hidrogeološkog modela na primeru bunara sa horizontalnim drenovima RB-16 na Adi Ciganliji.....	57
---	----

Dušan Đurić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

Mogućnost proširenja izvorišta „Petrovaradinska Ada“ izgradnjom vodozahvata pored reke.....	63
--	----

Neda Dević, Dragan Radojević, Stanka Filipović, Veselin Blečić

Prilog poznavanju veze između voda sliva Gornje Morače i vodozahvata Mareza.....	69
--	----

Ilija Oparušić, Đorđije Božović

Definisanje devijacije drenova na bunarima beogradskog izvorišta podzemnih voda.....	75
--	----

Dušan Đurić, Tibor Slimak, Anđelka Petković

Ocena statusa podzemnih voda na primeru vodnog tela Pančevački rit.....	81
---	----

Brankica Majkić-Dursun, Ljiljana Popović, Dušan Miolski, Oliver Anđelković

Efekte promene režima podzemnih voda na izvorištu „Trnovče“ u periodu 2010-2011.....	87
--	----

Branko Hlevnjak, Željko Duić

Prilagođavanje konstrukcije i održavanje zdenaca u vodonosnicima s povišenim sadržajem željeza.....	93
--	----

Vladimir Filipović, Milenko Vasiljević, Goran Rašula, Budimir Filipović, Srđan Filipović

Hidrogeološke osnove održivog razvoja eksploatacije podzemnih voda Severnog Srema.....	101
---	-----

Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Dragoljub Bajić, Katarina Hajdin

Ocena perspektivnosti izvorišta “Vić bare” za vodosnabdevanje Obrenovca.....	107
--	-----

Bojan Nikolić, Sibela Nuhović, Gordana Letić, Vlade Čanić

Potencijalnost Ribarskog neogenog basena sa aspekta vodosnabdevanja naselja u opštini Kruševac.....	113
--	-----

Risto Milošević, Boško Vuković

Mogućnost zahvatanja podzemnih voda iz karstne izdani ispod neogenih naslaga u gatačkom ugljenom basenu za vodosnabdevanje Gacka.....	119
--	-----

2. GEOTERMALNA ENERGIJA I TERMOMINERALNE VODE**Dejan Milenić, Ana Vranješ**

Izrada hidrogeoloških dubleta kao optimalnog načina eksploatacije i korišćenja subhidrogeotermalnih resursa.....	125
---	-----

Neven Miošić, Natalija Samardžić, Hazim Hrvatović

Stanje istraživanja i korišćenja geotermalne energije Bosne i Hercegovine.....	131
---	-----

Boban Jolović, Spasoje Glavaš, Nenad Toholj

Geotermalni potencijali Republike Srpske.....	137
---	-----

Ivan Matić, Slobodan Vujasinović, Stanko Sorajić, Nenad Marić, Dejan Drašković, Slobodan Ćurčić, Nikola Vulić

Očuvanje podzemnih vodnih resursa kod korišćenja subgeotermalne energije na Novom Beogradu..... 145

Ana Vranješ

Procena hidrogeotermalnog potencijala uže teritorije grada Beograda..... 149

Ana Vranješ, Bojan Dončev

Uticao efekta toplotnog ostrva na podzemne vode Novog Beograda..... 157

Vladimir Vuličević

Primer dobre prakse: pasivno hlađenje i aktivno grejanje Viessmann toplotnom pumpom..... 163

Nebojša Stanić

Korišćenje hidrogeotermalne energije u sistemima instalacija grejanja i hlađenja sa Rehau toplotnim pumpama..... 167

Josip Papeš, Josip Bać, Dragoslav Đorđević, Natalija Samardžić, Neven Miošić

Višegradska banja – determinacija geologije ofiolitske zone Bosne i Hercegovine..... 175

Ferid Skopljak

Prvo otkriće mineralne vode na Ilidži kod Sarajeva..... 181

Tamara Marković, Ozren Larva

Hidrokemijska obilježja termalne vode na području Daruvara..... 187

Tamara Marković, Josip Terzić, Jasmina Lukač-Reberski

Određivanje trendova kakvoće vode pomoću geokemijskih pokazatelja u krškom vodonosniku Blatskog polja na otoku Korčuli..... 193

Irena Grujić, Vladimir Stojadinović, Dušan Stojadinović

Termalne vode Ribarske banje i njihova svojstva..... 199

Mića Martinović, Sava Magazinović, Dragana Dimitrijević, Dragana Đurđanović

Mogućnost proizvodnje električne energije iz hidrogeotermalnih resursa na području surduličkog granitoidnog masiva..... 203

Mihailo Milivojević, Mića Martinović, Nenad Malović, Sava Magazinović

Problematika bušenja dubokih hidrotermalnih bušotina na području Semberije na primeru bušotine GD-2 u Slobomiru (Bijeljina)..... 209

Vojislav Tomić, Predrag Milanović, Dragan Simić

Geotermalni potencijal bunara PK-1/H u Smederevskoj Palanci..... 215

Vlade Čanić, Ivan Đokić, Mirko Čekić, Marina Stojić

Novi prilog poznavanju hidrogeotermalne potencijalnosti područja grada Bečeja..... 221

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Daniela Radoš

Energetski potencijal termalnih voda specijalne bolnice "Termal" iz Vrdnika..... 227

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Dragan Milovanović, Stefan Stratimirović

Prilog poznavanju termomineralnih voda Sijarinske banje..... 233

Goran Marinković, Petar Papić, Jana Stojković, Veselin Dragišić

Faktori formiranja sistema ugljikiselih mineralnih voda Srbije..... 239

Olivera Krunić, Srđan Parlić, Marina Jovanović

Geneza ugljikiselih voda Kučevskog neogenog basena..... 245

Ivana Demić

Detaljna hidrogeološka istraživanja termalnih voda na području Bačkog Petrovca 253

Žarko Veljković

Potencijalnost grada Kruševca sa aspekta korišćenja mineralnih i termomineralnih voda..... 259

3. HIDROGEOLOGIJA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA**Veselin Dragišić, Gordana Milentijević, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Dejan Nešković**

Rudničke vode napuštenih rudarskih radova i životna sredina u području Srbije..... 265

Goran Jevtić, Miloš Zorić

Hidrogeološki model prostora projektovanog podvodnog rudnika uglja Kovin..... 271

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamički model površinskog rudnika uglja „Drmno“ – Srbija..... 277

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamičke karakteristike zapadnog kostolačkog ugljonosnog basena, sa konceptom otvaranja rudnika i ocenom uticaja na režim podzemnih voda..... 283

Dušan Mikavica

Vodni bilans akumulacije Kladnica u sistemu zaštite PK „Tamnava – Zapadno Polje“ od podzemnih voda..... 289

Ivana Demić, Rastko Pešalj

Mogućnost otkrivanja ležišta visoko temperaturnih voda u Vojvodini, za potrebe proizvodnje električne energije..... 295

Boris Vakanjac, Vesna Ristić-Vakanjac

Uzorkovanje vode kod istraživanja urana u jugoistočnoj Mongoliji..... 301

Milovan Rakijaš

Hidrogeološke karakteristike šire zone ležišta krečnjaka površinskih kopova
"Beli kamen" i "Mutalj" kod Beočina..... 309

4. KVALITET I ZAŠTITA PODZEMNIH VODA**Olivera Krunić, Srdjan Parlić**

Mikrokomponente u mineralnim vodama Srbije..... 317

Adam Dangić, Jelena Dangić

Karsno izvorište Zeleni Vir kod Olova (Bosna): hidrogeohemija olova..... 323

Tanja Petrović-Pantić, Milena Zlokolica-Mandić

Kakvu vodu pijemo?..... 329

Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Nebojša Atanacković

Primena metoda za ocenu ranjivosti podzemnih voda u zaštiti
vodnih resursa nacionalnih parkova i parkova prirode Srbije..... 335

Tibor Slimak, Uroš Urošević, Milan Dimkić, Đorđije Božović

Analiza ranjivosti podzemnih voda na delu prostora beogradskog izvorišta..... 341

Spasoje Glavaš, Boban Jolović, Nenad Toholj

Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće na karstnim područjima
Republike Srpske..... 347

Ivana Špadijer, Slavko Špadijer, Ivana Obradović, Dejan Drašković

Hidrogeološka istraživanja za potrebe zaštite izvorišta javnog vodosnabdevanja-
primer izvorišta za vodosnabdevanje opštine Lazarevac..... 353

Zoran Nikić, Petar Dokmanović

Kvalitet ujezerene vode sa aspekta geološke građe slivnog područja
na primeru akumulacije "Grište"..... 359

Zoran Radenković, Miloš Zorić

Uticaj dugogodišnje eksploatacije na režim podzemnih voda na području Leskovca..... 365

Miroslav Krmpotić, Dejan Tadić, Dejan Nešković, Andrijana Grujić

Hydrohemijske karakteristike podzemnih voda vulkanogenih masiva Srbije..... 371

Vladan Kocić, Ivica Nikolić, Tatjana Dopuđa-Glišić, Dejan Ćosić

Rezultati monitoringa podzemnih voda u projektu DREPR
(smanjenje zagađenja u slivu reke Dunav)..... 377

Tanja Petrović-Pantić, Marina Jovanović, Milena Zlokolica-Mandić

Uporedni prikaz pravilnika o kvalitetu pijaćih voda Srbije sa propisima EU, WHO i FAO.....	383
--	-----

Dejan Milenić, Nevena Savić

Kvalitet podzemnih voda i zemljišta u zoni bombardovanih rezervoara 1999. godine na prostoru toplane Novi Beograd.....	389
--	-----

Nevena Savić, Đuro Milanković, Petar Papić

Analiza uticaja različitih vegetacionih pokrivaca na režim i kvalitet podzemnih voda-primer Bojčinske šume.....	395
---	-----

Branislav Petrović, Stanko Sorajić

Mesto i uloga hidrogeologa u studijama procene uticaja na životnu sredinu.....	401
--	-----

Nevena Savić

Podloge za razmatranje mogućnosti uticaja klimatskih promena na podzemne vode.....	407
--	-----

Bojana Dabić, Marko Radaković, Mirjana Ristić

Kvalitet podzemnih voda koje se zahvataju na teritoriji grada Kragujevca.....	413
---	-----

Dragoslav Banjak

Hydrohemijski režim i kvalitet voda Dabarskog polja.....	419
--	-----

Milan Tomić, Miloško Lazić

Prilog poznavanju podzemnih lekovitih voda Vojvodine.....	425
---	-----

Zdravko Pantelić, Mithat Eminović

Kvalitet vode tutinskog vodovoda u period od 2007. do 2011 god.....	429
---	-----

5. RAZNOVRSNA HIDROGEOLOŠKA TEMATIKA (INFORMACIONE TEHNOLOGIJE, OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, SPECIFIČNE TEME)

Vasilije Radulović

Uticaj projektovanih, višenamjenskih akumulacija voda - jezera u kanjonu rijeke Morače na izmjenu režima voda u okolnim terenima.....	433
---	-----

Vladimir Beličević

Izrada karte resursa podzemnih voda Severnog Alžira.....	439
--	-----

Vojislav Tomić

Vodonosnost stena sa pukotinskom strukturom poroznosti i metodologija određivanja rezervi podzemnih voda u pukotinskim izdanima.....	447
--	-----

Igor Jemcov, Rastko Petrović

Režim i karakteristike karstnog vrela Perućac primenom analize vremenskih serija..... 453

Milenko Pušić, Ilija Oparušić, Dušan Đurić

Hidrodinamička analiza koegzistencije regionalnog izvorišta i rudnika uglja u Kovinskoj depresiji..... 459

Djulija Boreli-Zdravković, Goran Jevtić, Marina Babić-Mladenović

Istraživanje hidrauličkog kontakta reke Save i izdani u zoni beogradskog izvorišta..... 465

Dragan Kaluđerović

Uticaj neodređenosti parametara matematičkog modela na prognozni kapacitet izvorišta na potezu Trnovče-Miloševac-Lozovik..... 471

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Milorad Kličković

3D model karstnih kanala u zoni isticanja Malog vrela..... 477

Petar Papić, Jana Stojković

Primena multivarijantne statističke analize u hidrogeohemiji..... 483

Mirko Čekić, Ivan Đokić, Sibela Nuhović

Pukotinsko-karstna izdan u donjotrijaskim krečnjacima u Gostilju (Zlatibor)..... 489

Milan Radulović

Mogućnosti prikazivanja stepena karstifikacije u visoko karstifikovanim terenima..... 493

Milan Radulović

Lociranje zona podvodnog isticanja izdanskih voda korišćenjem daljinske detekcije..... 499

Đuro Milanković

Osnovna hidrogeološka karakterizacija karstnih vrela planinskog masiva Zlatibora..... 505

Petar Begović, Branko Ivanković, Željko Zubac, Vladimir Petrović

Katastar vodnih pojava na području rijeke Trebišnjice..... 513

Dejan Milenić, Đuro Milanković

Novi osvrt na vodonosnost ultramafita zlatiborskog planinskog masiva..... 519

Milovan Rakijaš, Slobodan Vujasinović, Ivan Matić, Marija Đedović, Jelena Zarić

Hidrogeološka problematika kod zatvaranja postojećih i otvaranja novih sanitarnih komunalnih deponija u Srbiji..... 525

Milovan Rakijaš

Analiza povoljnih i nepovoljnih terena za izgradnju sanitarnih komunalnih deponija čvrstog otpada u Srbiji, sa hidrogeološkog aspekta..... 531

Goran Jevtić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

Uticaj režima u kanalu tehnološke vode na režim podzemnih voda u okruženju..... 539

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Nestor Miković

Uslovi zahvatanja i flaširanja "Moja voda" kod Vršca i mogućnost proširenja kapaciteta... 545

Vesna Zuber-Radenković, Zoran Radenković

Hidrodinamička modelska ispitivanja u cilju određivanja zona zaštite izvorišta „Garevina“ u Lapovu..... 551

Vojislav Tomić, Milan Tomić

Predlog novog načina prikazivanja hidrogeoloških svojstava stena (terena) na osnovnoj hidrogeološkoj karti (OHGK)..... 557

Željko Zubac, Matko Uljarević, Željko Bošković

Sanacija problema procjednih voda iz akumulacije „Gorica“-HE Trebinje II..... 561

Nikola Elez

Prognozni proračun filtracije podzemnih voda oko tela brane MHE „Dub“ na reci Prači u Republici Srpskoj..... 567

Rastko Petrović

Određivanje kontura topografskih vododelnica analizom dem-a - primer izvorišta u Gornjoj Lisini..... 573

Milan Tomić, Vuk Kasalica

Ovodnjenost ležišta krečnjaka «Zborište» kod Guče..... 579

6. STUDENTSKI RADOVI**Nenad Doroslovac**

Primena softverskog paketa Aquachem u određivanju geneze termomineralnih voda Jošaničke Banje (Centralna Srbija)..... 585

Nela Petronijević, Ivan Matić, Slobodan Vujasinović

Određivanje zona sanitarne zaštite na primeru izvorišta Opštine Kikinde..... 591

Marina Jovanović, Bojan Dončev

Termomineralne vode Čačansko-kraljevačkog neogenog basena i terena oboda..... 597

Tijana Vinčić

Kvalitet flaširanih voda Srbije..... 603

Maja Todorović, Marina Ćuk

Nitrati u podzemnim vodama Srbije..... 607

Marina Ćuk, Maja Todorović, Jana Stojković

Arsen u podzemnim vodama za vodosnabdevanje Vojvodine..... 611

Darko Tonić

Mogućnost korišćenja geotermalne energije u Srbiji..... 617

Jovana Milosavljević

Ponašanje pesticida u intergranularnoj poroznoj sredini..... 621

Marina Čokorilo

Simulacija dnevnih isticanja iz karstnog vrela Vape (Jugozapadna Srbija)..... 627

Katarina Samolov, Vladimir NovakovićRudničke vode ležišta urana i kvalitet životne sredine
na području Stare planine (Istočna Srbija)..... 633**Strahinja Marković, Dragan Milovanović**Hemijske karakteristike podzemnih voda u ofiolitimskim masivima
Dinarida i Vardarske zone..... 637**PROSTOR ZA SPONZORE**

3D MODEL KARSTNIH KANALA U ZONI ISTICANJA MALOG VRELA

3D MODEL OF KARSTIC CHANNELS IN THE MALO VRELO SPRING DICHARGE ZONE

Saša Milanović¹, Ljiljana Vasić², Milorad Kličković³

^{1,2}Departman za hidrogeologiju, RGF, Beograd

³Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd

APSTRAKT: 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.

Ključne reči: Malo vrelo, karst, pećina, speleoronjenje

ABSTRACT: The Malovrelo 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 Malovrelo spring belong to the surface flow of Recka, which, in the Reckavalley 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 Malovrelo 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 Malovrelo spring channels, as well as connections to channels of Ivko's sinkhole.

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

1. 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 (2010).

Kao najbitniju podlogu za formiranje kvalitetnog modela treće dimenzije izdvajaju se terenska (speleološka i speleoronilačka) 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.

2. 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.

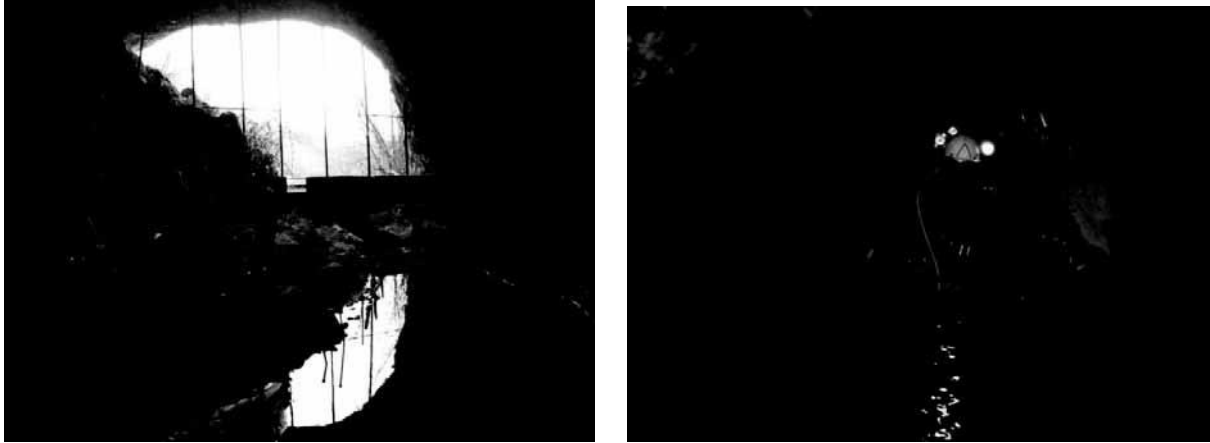
Malo Vrelo, kao i Ivkov ponor, razvijeni su u okviru krečnjaka gornje Jure. Ovo je najmarkantniji i relativno najbolje proučeni deo jurske serije. Titonskom katu pripadaju bankoviti, ređe masivni, zoogeni sprudni i subsprudni krečnjaci, sa bogatom i veoma raznovrsnom faunom. Od svih mezozojskih sedimenata 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 (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 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 pretpostavi 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. Malo Vrelo se javlja na kontaktu titonskih krečnjaka Beljaničkog masiva i navučenih permskih peščara koji su i definisali zonu isticanja ovog vrela, Stevanović (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.

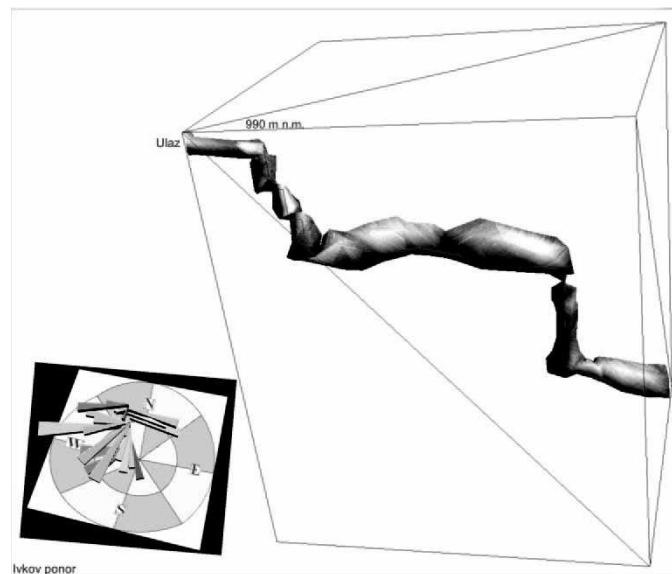


Slika 1. Pećinski otvor Malog vrela (levo), detalj sa istraživanja karstnih kanala Malog vrela (desno)
Figure 1. Entrance of Malo vrelo cave (left), detail from surveying of Malo vrelo karst channels (right)

Vrelo je 1983. kaptirano za potrebe vodosnabdevanja sela Strmosten, kao i za Rudnik Jelovac. Izdašnost vrela varira od 25-2500 l/s. Do sada je osmatrano u dva navrata. Prva hidrološka osmatranja izvedena su 1978 i 1979. godine, dok su novija osmatranja započeta 2009. godine i dalje traju.

3. 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. 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.



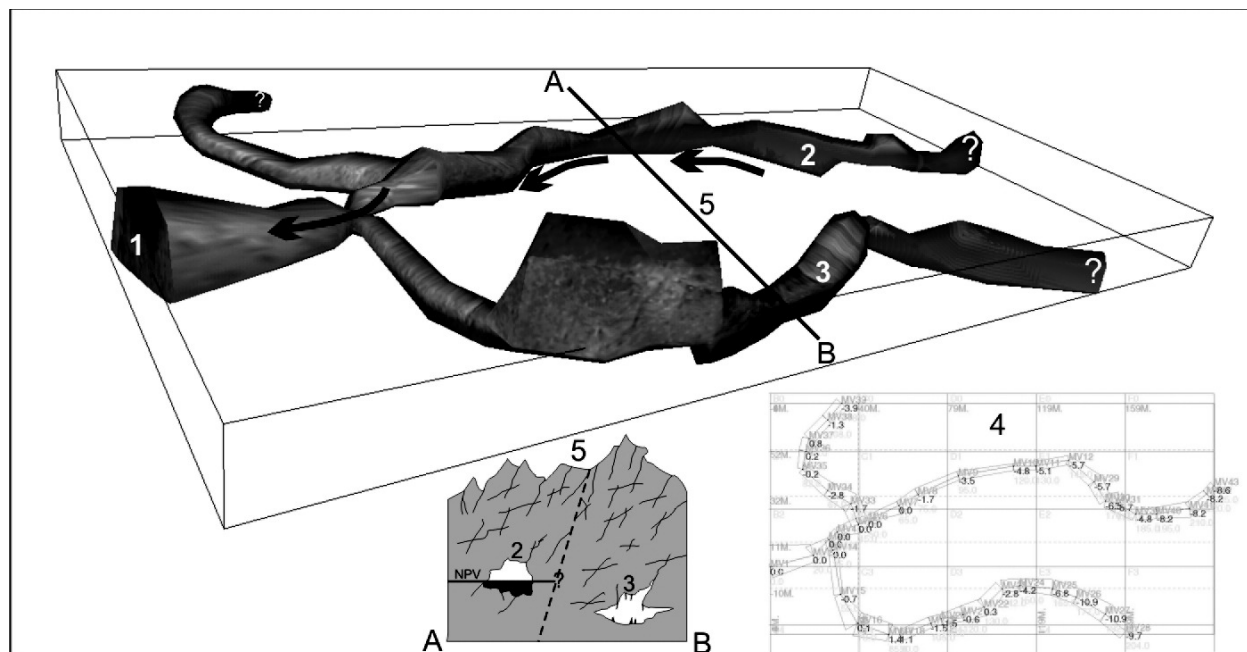
Slika 2. 3D prikaz kanala Ivkovog ponora sa rozetom orijentacije karstnih kanala
Figure 2. 3D model of the channels from Ivkov ponor with rose diagram of channels orientations

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 vreła, Milanović *et al*(2011).



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

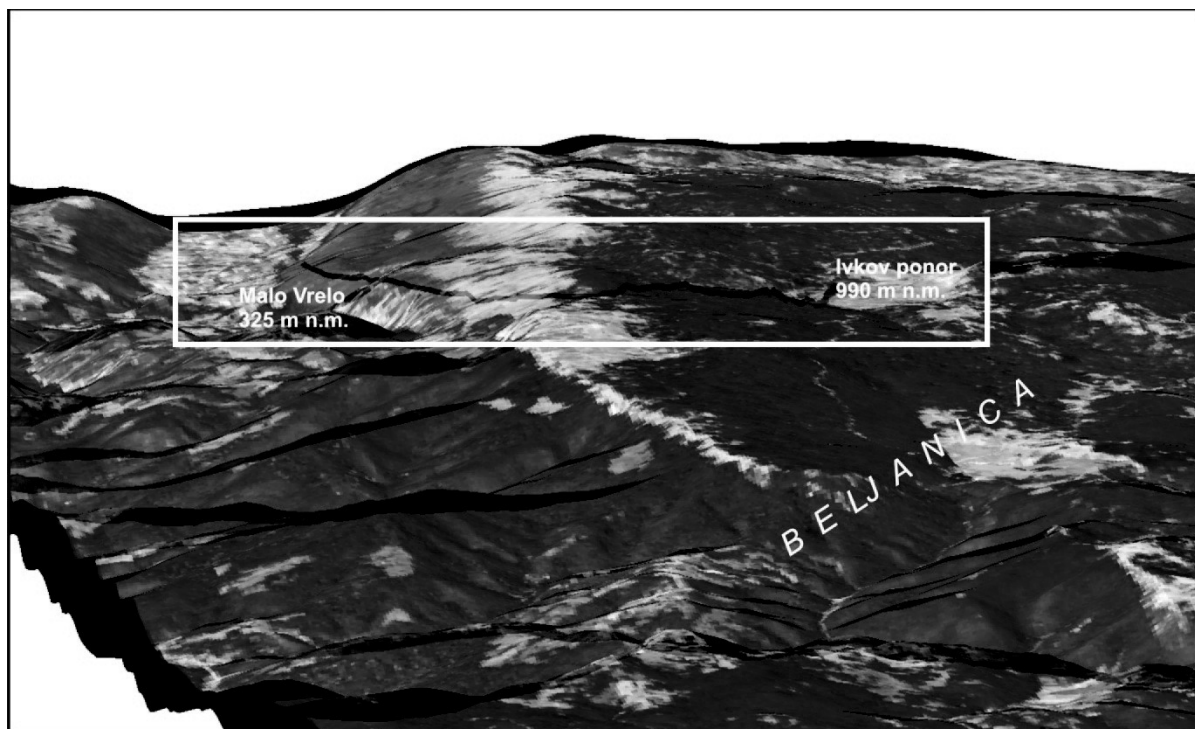
Figure 3. 3D model of Malo vrelo discharge zone. Legend: 1-Cave entrance of Malo vrelo, 2-Active channels of Malo vrelo (hypsometrically higher), 3-Periodically active channels of Malo vrelo (hypsometrically lower), 4-Lay-out of Malo vrelo cave with all recorded view points (input data), 5-Cross-section through two main channels of Malo vrelo cave

4. 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 razvika, 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 najmarkantniji 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
Figure 4. 3D view of main karst channel from Ivkov ponor to Malo vrelo

5. 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 (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 hidrogeoloških vododelnica, statičkih i dinamičkih rezervi, geneze karstne izdani itd.

6. LITERATURA

- MILANOVIĆ S, 2010: *Formiranje fizičkog modela karstne izdani na primeru Beljanice (Istočna Srbija), doktorska disertacija*, Departman za Hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- MILANOVIĆ S., VASIĆ LJ., KLIČKOVIĆ M. 2011: *Izveštaj sa terenskih istraživanja Malog vrela.*, Fondovska dokumentacija, DHG-CHK, RGF, Beograd
- STEVANOVIĆ Z, 1991: *Hidrogeologija karsta Karpato-Balkanida Istočne Srbije i mogućnosti vodosnabdevanja*, monografija, Institut za Hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd