

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
ZBORNİK 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

Hidrohemijske 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**

HIDROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE PODZEMNIH VODA VULKANOGENIH MASIVA SRBIJE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN VOLCANOGENIC MASSIFS OF SERBIA

Miroslav Krmpotić¹, Dejan Tadić¹, Dejan Nešković², Andrijana Grujić¹

¹Hidrogeoeoeko inženjering, Valjevska 8, 11000 Beograd, E-

mail: mikoslav@gmail.com, salustije@mail.com, neskovic.m.dejan@gmail.com

²Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: andrijana.m.grujic@gmail.com

APSTRAKT: Na teritoriji Srbije postoji nekoliko većih vulkanogenih masiva, od kojih treba spomenuti Timočki magmatski kompleks, Rudničko-kotleničku oblast, masiv Rogozne, Lecki masiv, stvaranih tokom gornje krede i tercijara. Izgrađuju ih različite vrste trahita, andezita, dacita, latita, bazalta i njihovih piroklastičnih ekvivalenata (vulkanski aglomerati i breče, tufovi i tufiti, ignimbriti). Mestimično su ove stene zahvaćene naknadnim hidrotermalnim izmenama (piritacija, sulfatizacija, kaolinizacija, hloritizacija, silifikacija, itd). Na osnovu hidrohemijskih ispitivanja, a u zavisnosti od litološkog i mineraloško-hemijskog sastava vulkanita zastupljeni su različiti hidrohemijski tipovi podzemnih voda. Za pliće delove vulkanogenih masiva koje izgrađuju neizmenjene vulkanske stene, karakteristične su vode male mineralizacije hidrokarbonatne klase složenog katjonskog sastava. Sa dubinom prelaze u hidrokarbonatno-natrijumске vode male mineralizacije. U plićim masivima koji su hidrotermalno izmenjeni i mestimično orudnjeni, formiraju se hidrokarbonatno-sulfatne ili sulfatne vode složenog katjonskog sastava (Ca-Mg-Na). Sa dubinom prelaze u hidrokarbonatno-sulfatne ili sulfatne vode natrijumskog tipa.

Ključne reči: vulkanogeni masivi, hidrotermalne izmene, hidrohemija, termomineralne vode, hidrogeologija

ABSTRACT: There are several big volcanic massifs in Serbia, such as Timok volcanic region, Rudnik-Kotlenik area, Rogozna massif, Lece massif, which were created during Cretaceous and Tertiary. They are made from various types of trachyte, andesite, dacite, latite, basalt and their pyroclastic equivalents (volcanic agglomerates and breccia, tuffs and tuffites, ignimbrites). In places, these rocks are affected with subsequent hydrothermal changes. On the basis of hydrochemical research, and depending on lithological and mineralogical composition of volcanic rocks, there are different hydrochemical types of groundwater. The shallow zone of unaltered volcanic rocks is characterized by the presence of fresh hydrocarbonate waters with complex cation composition. With depth, they cross to fresh hydrocarbonate waters of the sodium group. The shallow zone of altered and locally mineralized volcanic rocks is characterized by the presence of hydrocarbonate-sulphate and sulphate waters with complex cation composition. With depth, they cross to hydrocarbonate-sulphate and sulphate waters of the sodium group.

Key words: volcanic massifs, hydrothermal changes, hydrochemistry, thermomineral waters, hydrogeology

UVOD

Vulkanogeni masivi i mase Srbije predstavljaju područja sa različitim stepenom istraženosti, kako u geološkom, tako i u hidrogeološkom pogledu. Ujedno, podzemne vode su u najširem smislu, predstavljale predmet raznih istraživanja, i to kako u pogledu proučavanja i istraživanja, tako i u pogledu zaštite i

iskorišćavanja.

Dosadašnja hidrogeološka istraživanja podzemnih voda formiranih u pukotinskim izdanima vulkanogenih tvorevina su uglavnom vršena za potrebe zahvatanja termalnih i termomineralnih voda, kao i za odvodnjavanje rudarskih radova.

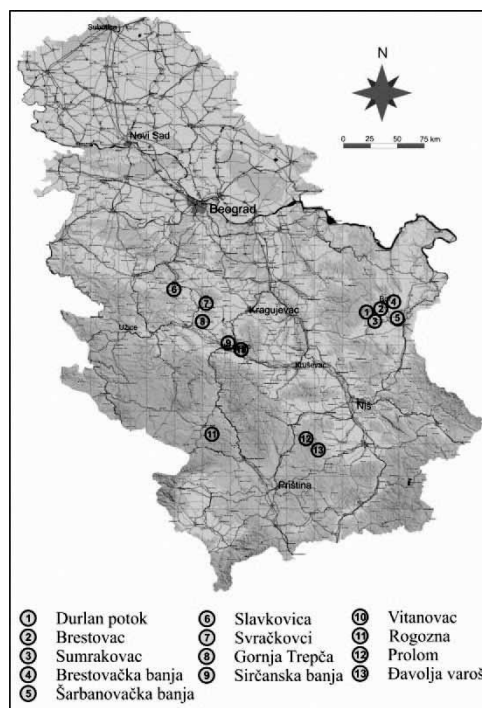
Vodonosnost ovih izdani je u direktnoj vezi sa sistemom prslina i pukotina, tj. poroznošću koja omogućava kretanje i akumuliranje podzemnih voda. Dokazano je da procenat poroznosti uglavnom opada sa dubinom, usled čega su pukotinske izdani vezane za zone bliže površi terena. Samo veće pukotine, odnosno rasedi i druge dislokacije tektonskog porekla služe kao putevi za dobru cirkulaciju voda pukotinske izdani.

Najčešći vid poroznosti kod vulkanita je pukotinska poroznost, mada je moguće sresti i šupljikavu poroznost, nastalu ispiranjem minerala sulfida, što je čest slučaj kod hidrotermalno izmenjenih vulkanskih stena. U okviru područja istraživanja, prisutan je određeni broj pojava mineralnih i termomineralnih voda koje su za vulkanite vezane svojom genezom ili svojim načinom pojavljivanja.

Za područje **Timočke eruptivne oblasti** su vezani lokaliteti: Durlan, Brestovac, Sumrakovac, Brestovačka banja i Šarbanovačka banja.

Za područje **Rudničko-kotleničke zone** su vezani lokaliteti: Slavkovića, Svrakovci, Gornja Trepča, Sirčanska banja i Vitanovac.

Masiv Rogozne je predstavljen jednim lokalitetom, a **Lecki masiv** sa dva lokaliteta: Prolom banja i Đavolja varoš.



Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja
Figure 1. Geographic map of researched area

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Prilikom izrade ovog rada, odabrano je 13 reprezentativnih lokaliteta, u okviru četiri vulkanogena masiva Srbije (slika 1). Analizirano je ukupno 20 hidrogeoloških pojava i objekata. Ove pojave i objekti su u prošlosti u više navrata bili predmet geoloških i hidrogeoloških istraživanja različitog obima, te je kvalitet raspoloživih podataka varirao. Izvršeno je prikupljanje, a potom analiza i interpretacija svih relevantnih istraživanja. Za prikazivanje fizičko-hemijskih karakteristika voda korišćene su metode matematičke statistike, međusobne zavisnosti određenih parametara, klasifikacija Alekina, kao i formula Kurlova (tabela 1).

PRIKAZ REZULTATA

Timočka eruptivna oblast. U građi vulkanskog kompleksa, čija debljina u najdubljim delovima senonskog tektonskog rova može da bude i preko 1500 m, učestvuju različiti varijeteti andezita koji preovlađuju, daciti, vulkanski aglomerati i breče, kao i tufovi navedenih stena nastali u prvoj fazi vulkanske aktivnosti. Zatim, stene andezit-bazaltske asocijacije, augit i augit-hornblendna andeziti, kao i njihovi ekvivalenti piroklastita, kao produkti druge faze. Treću familiju vulkanskih stena predstavljaju latiti i trahiandeziti, kao produkti treće faze vulkanske aktivnosti. Dimitrijević (1995).

- **Durlan.** Izvor „Janko“ se nalazi na levoj obali Velike Leskove. Ističe iz „svežih“ andezitskih stena.
- **Brestovac.** Bušotina sa vodom na desnoj obali Brestovačke reke je bušena za potrebe istraživanja

bakrovih ruda i iz nje ističu podzemne vode pod pritiskom. Još dve bušotine se nalaze u slivu potoka Ogađu Kučanj, koje kaptiraju rasedne zone u vulkanskim stenama iz kojih ističu vode pod pritiskom.

- **Sumrakovac.** Nalazi se na levoj obali Zlotske reke, vezan za presek dve dislokacije u andezit-bazaltima.
- **Brestovačka banja.** Nalazi se na ušću Banjske u Brestovačku reku, vezana za zonu dubokog razloma u andezit-bazaltima.
- **Šarbanovačka banja.** Nalazi se severozapadno od Zaječara, vezana za zonu dubokog loma u andezitskom masivu. Uslovljena položajem dve rasedne strukture.

Rudničko-kotlenička vulkanogena zona. Severni deo ove zone predstavlja ljiško-rudnička vulkanogena zona koja se prostire pravcem severozapad-jugoistok. Zahvata mase eruptiva Slavkovice i Šilopalja i piroklastite u pojasu Takova. Kvarclatitsko-dacitski efulzivi se nalaze na području Slavkovice i Šilopalja. Javljaju se kao prostrani lavični izlivi, a mestimično kao dovodni vulkanski kanali. Planinski masiv Kotlenika obrazuju vulkanske stene tercijarne starosti koje danas predstavljaju niz razorenih vulkanskih oblika, u obliku kaldera. Formiranje ovih vulkanita je trajalo u tri faze, od gornjeg oligocena do mlađeg neogena. U prvoj fazi su nastale najveće mase andezitsko-dacitskih stena. Na nju se nastavlja druga faza, obeležena pojavom kvarclatita, očvrsljih i krupnozrnih dacita. U trećoj fazi su stvoreni labradorski andeziti, bazalti i trahitoidi. Petković (ed.) (1981).

- **Slavkovic.** Izgrađena dva bunara za potrebe flaširanja u okviru rasednih zona i sistemima pukotina lavičnog izliva Slavkovic.
- **Svračkovci.** Izvor se nalazi na južnim padinama Rudnika. Formiran u kontaktnoj zoni kvarclatita miocenske starosti i donjekrednog fliša.
- **Gornja Trepča.** Nalazi se u dolini Banjskog potoka, u podnožju Bukovika. Formiran u kontaktnoj zoni vulkanita i gornjekrednog fliša.
- **Sirčanska banja.** Izvori se nalaze na krajnjim južnim padinama Kotlenika. Formirani u kontaktnoj zoni andezita, krednih tvorevina i jurskih serpentinita.
- **Vitanovac.** Nalazi se na krajnjem jugoistočnom obodu Kotleničkog masiva. Formiran u dacito-andezitskom vulkanogenom kompleksu.

Vulkaniti i piroklastiti Rogozne. Tercijarni, neogeni vulkaniti Rogozne su predstavljene grupom subvulkanskih i vulkanskih stena formiranih u tri vulkanske faze. Vulkaniti su predstavljeni dacito-andezitskim stenama (bliskim kvarclatitima), andezit-bazaltima i trahi-bazaltima. Piroklastiti koji su dosta rasprostranjeni, izgrađuju uglavnom obod vulkanita. Sve vulkanske stene i njihovi piroklastični ekvivalenti po svojim petrološkim karakteristikama svrstani su u tri grupe od kojih na istraživanom području najveće rasprostranjenje imaju stene druge grupe. Njih čine kvarclatiti, ređe latiti. Kvarclatiti su uglavnom sveži, ređe hidrotermalno izmenjeni. Praćeni su velikim masama piroklastita. Na nekim područjima mogu biti intenzivno sericitisani i kaolinisani Petković (ed.) (1981).

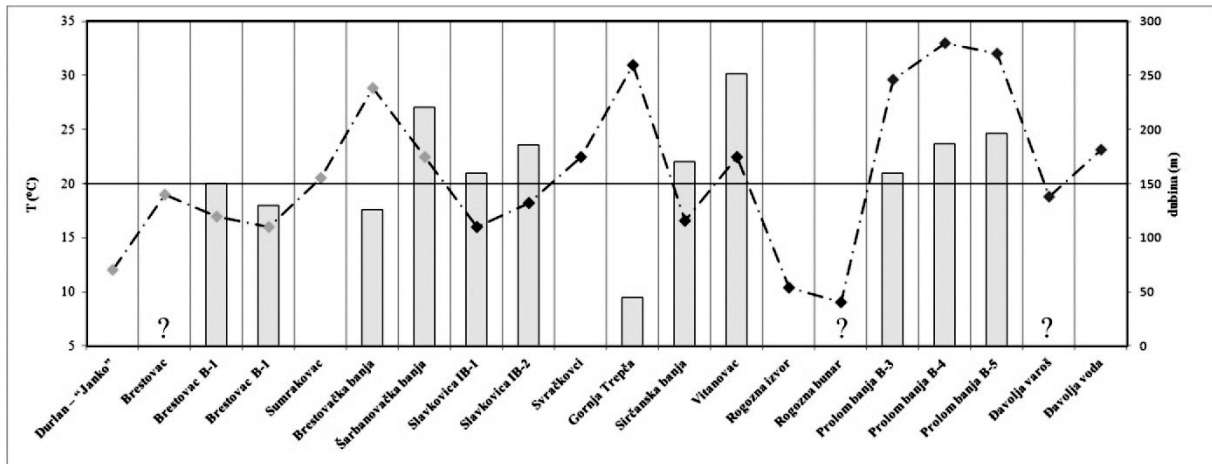
- **Rogozna.** Izvor „Vrelo“ se nalazi na lokalitetu Bare, u slivu Barske reke, i ističe iz nepromenjenih vulkanogenih stena kvarclatitske grupe, u neposrednoj blizini kontakta sa promenjenim stenama. U dolini Barske reke je izvedena bušotina u promenjenim i orudnjenim vulkanskim stenama. Iz nje ističe voda pod pritiskom.

Lecki andezitski kompleks. Početak vulkanske aktivnosti u ovoj oblasti vezuje se za gornji oligocen. Vulkanski produkti leckog andezitskog kompleksa predstavljaju piroklastite i andezitske slivove i žice. Prema vodećim bojenim sastojcima izdvojeni su: hornblenda-andeziti, hornblenda-piroksenski andeziti, piroksenski andeziti, biotit-hornblenda andeziti, piroksensko-amfibolski andeziti, hornblenda-biotitski andeziti, daciti i dr. Pored pomenutih vulkanskih stena, u pojedinim delovima leckog kompleksa javljaju se hidrotermalno izmenjene stene (silifikovane, sericitizirane, kaolinisane i dr.) Petković (ed.) (1981).

- **Prolom banja.** Inicijalno, prirodno isticanje voda na području Prolom banje, je bilo uslovljeno položajem sistema većih pukotina i raseda u okviru hidrotermalno izmenjenih andezita. Kasnije izvedene bušotine, od kojih su tri u funkciji (B-3, B-4, B-5) kaptiraju pukotinsku izdan u okviru rasednih zona u andezitima.
- **Đavolja varoš.** Đavolja voda se nalazi u neposrednoj blizini poznatih morfoloških oblika – kamenih stubova. Predstavlja stari rudarski rad koji je potpuno zarušen. Istražna bušotina B-1 se nalazi na desnoj obali Đavolja reke. Bušotina je izvedena za potrebe istraživanja mineralizacije olova, cinka i bakra.

Od 20 lokacija, na pet su analizirani podaci dobijeni sa izvora, na deset su analizirani podaci dobijeni iz bunara ili bušotina, dok je na preostalih pet lokaliteta vršena analiza, kombinovano, sa izvora i bunara.

Vode iz vulkanogenih masiva se odlikuju značajnim varijacijama u temperaturi. Najviše temperature su registrovane na području Prolom Banje (33°C) i „Atomske Banje“ – Gornja Trepča (31°C), s tim što bunar u Prolom banji kaptira izdan na dubini od 180 m, dok je najdublji bunar u Gornjoj Trepči na dubini od 45 m. Najniže temperature su ustanovljene na lokalitetu Rogozne (9,0 i 10,4°C), kao i izvoru „Janko“ (12°C) (slika 2).



Slika 2. Odnos temperature vode i dubine objekta
Figure 2. Content relationship between temperature of groundwater and depth of wells

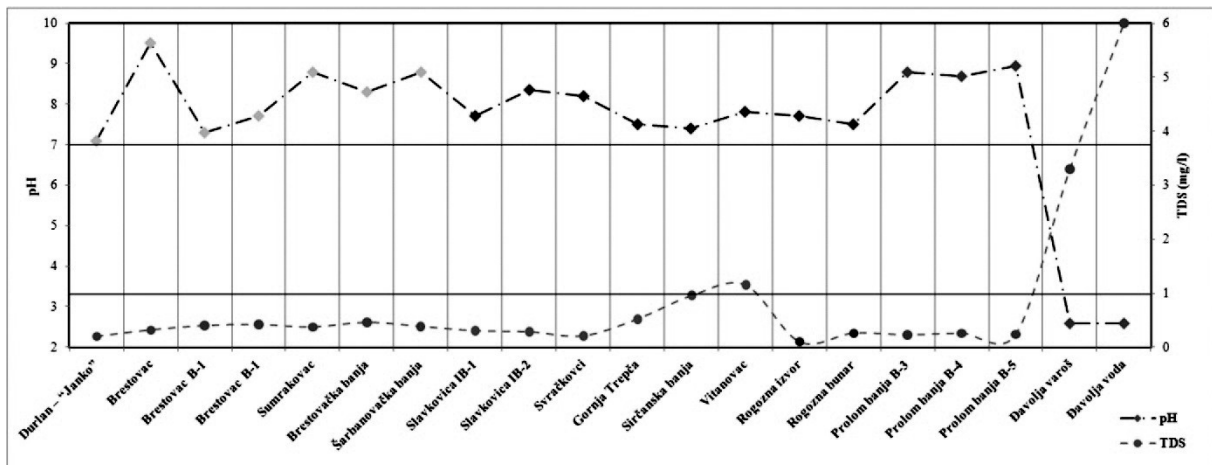
Na području istraživanja, od 20 pojava i objekata, 50% (10 pojava) ima karakteristike termalnih voda, odn. temperaturu preko 20°C.

Po pitanju mineralizacije, najveći deo podzemnih voda (85%) se karakteriše malom mineralizacijom. U mineralizovane vode spadaju tek tri pojave (15%), jedna u Vitanovcu i dve u Đavoljoj varoši. Uz to, vode đavolje spadaju u vode srednje mineralizacije (Đavolja voda sa mineralizacijom od 6 g/l, i bušotina B-1 sa mineralizacijom od 3,3 g/l).

Kada je u pitanju pH vrednost, samo dve pojave (10%) imaju vrednost manju od 7. To su lokacije u Đavoljoj varoši, sa pH=2,6. Spadaju u mineralizovane, jako kisele vode.

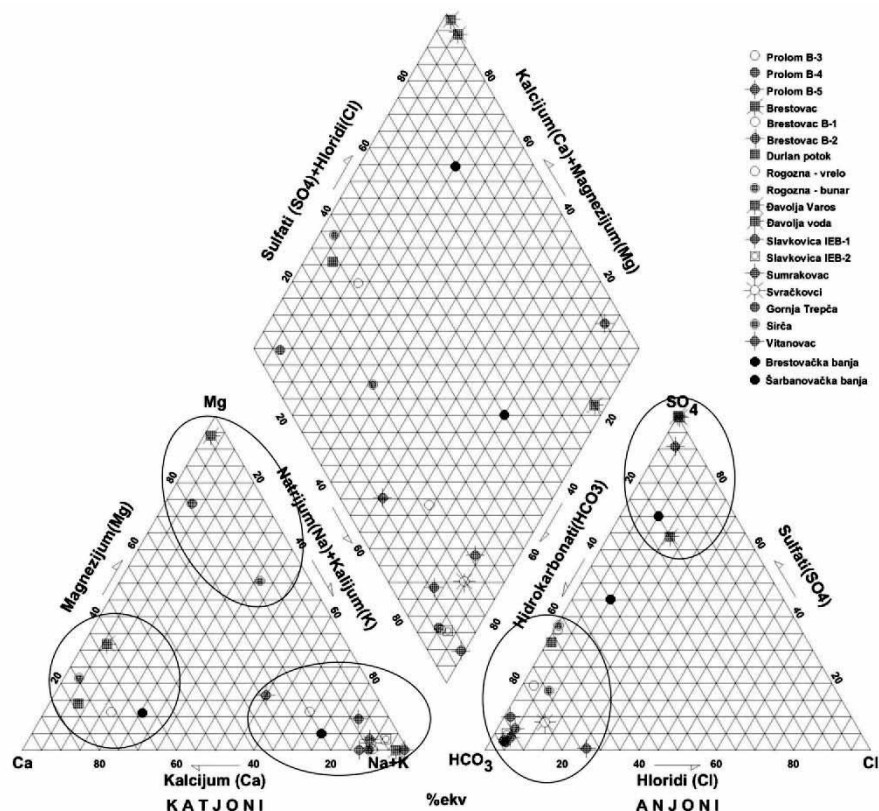
Ostalih 90% pojava ima pH>7. Od toga, pet pojava (25%) spada u neutralne vode, sedam pojava (35%) spada u slabo bazne vode i šest pojava (30%) spada u bazne vode (slika 3).

Regionalno posmatrano, primećuje se da podzemne vode na području Rogozne imaju najjednakačnije vrednosti pH indeksa i mineralizacije. Takođe se primećuje da na području Rudničko-kotleničke zone, pH vrednost podzemnih voda opada a mineralizacija raste idući od severa ka jugu, pri prelasku iz dacita i kvarclatita u andezite. Na području Timočke eruptivne oblasti, uočljiva je postojanost mineralizacije, koja ne prelazi 0,5 g/l, dok se vrednost pH indeksa kreće od neutralnog do alkalnog.



Slika 3. Odnos vrednosti pH indeksa i ukupne mineralizacije
Figure 3. Content relationship between pH value and total dissolved minerals

Na području istraživanja, u najvećem broju pojava (70%) dominantan anjon je HCO_3^- , dok je dominantan katjon Na^+ (55%) (slika 4).



Slika 4. Trilinearni Piperov dijagram hemijskog sastava podzemnih voda
Figure 4. Tri-linear Piper chart of groundwater chemism

Prema klasifikaciji Alekina, devet pojava pripada HCO_3^- klasi, Na^+ grupi (45%). Tri pojave pripadaju HCO_3^- klasi, Ca^{2+} grupi (15%). Jedna pojava pripada HCO_3^- klasi, Mg^{2+} grupi (5%). Nakon toga, po jedna pojava pripada hidrokarbonatnoj klasi, magnezijumsko-natrijumovoj grupi, jedna pojava hidrokarbonatno-sulfatnoj klasi, kalcijumovoj grupi, i jedna pojava hidrokarbonatno-sulfatnoj klasi, natrijumovoj grupi.

Na svega četiri uzorka (20%), dominantan anjon je SO_4^{2-} . Od toga, na po jednom lokalitetu su dominantni kationi Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dok je jedan uzorak složenog katjonskog sastava (tabela 1).

Tabela 1: Registrovane vodne pojave i objekti na području vulkanogenih masiva Srbije
Table 1: Registered springs and boreholes at volcanogenic massifs of Serbia

Br.	Naziv	Tip voda	Formula Kurlova
1.	Durlan – "Janko"	$\text{HCO}_3 - \text{Ca}$	$M_{0,2} \frac{\text{HCO}_{61-67}^3 \text{SO}_{32-33}^4}{\text{Ca}_{72-81}^2 \text{Mg}_{14-26}^2 \text{Na}_5} T_{11-13} \text{pH}_{6,8-7,4} Q_{0,01}$
2a.	Brestovac	$\text{SO}_4, \text{HCO}_3 - \text{Ca}$	$M_{0,32} \frac{\text{SO}_{49}^4 \text{HCO}_{39}^3 \text{Cl}_{12}}{\text{Na}_{96}} T_{19} \text{pH}_{9,5} Q_{0,25}$
2b.	Brestovac B-1	$\text{HCO}_3 - \text{Na}$	$M_{0,4} \frac{\text{HCO}_{77}^3 \text{SO}_{19}^4}{\text{Na}_{67} \text{Ca}_{20}^2 \text{Mg}_{13}} T_{17} \text{pH}_{7,3} Q_{0,15}$
2c.	Brestovac B-2	$\text{HCO}_3 - \text{Na}$	$M_{0,42} \frac{\text{HCO}_{88}^3 \text{SO}_{10}^4}{\text{Na}_{55} \text{Ca}_{27}^2 \text{Mg}_{27}} T_{16} \text{pH}_{7,7} Q_{0,4}$
3.	Sumrakovac	$\text{SO}_4 - \text{Na+K}$	$M_{0,36-0,39} \frac{\text{SO}_{58-67}^4 \text{HCO}_{20-33}^3}{\text{Na} + \text{K}_{70-79} \text{Ca}_{16-21}^2 \text{Mg}_{0-8}^2} T_{17-24} \text{pH}_{8,4-9,2} Q_3$
4.	Brestovačka banja	$\text{SO}_4 - \text{Ca}, \text{Na+K}$	$M_{0,39-0,53} \frac{\text{SO}_{61-74}^4 \text{HCO}_{15-30}^3 \text{Cl}_{9-11}}{\text{Ca}_{49-68}^2 \text{Na} + \text{K}_{18-47} \text{Mg}_{0-9}^2} T_{17-40,7} \text{pH}_{7,9-8,7} Q_{8,0}$
5.	Šarbanovačka banja	$\text{HCO}_3, \text{SO}_4 - \text{Na+K}$	$M_{0,31-0,46} \frac{\text{HCO}_{42-46}^3 \text{SO}_{42-45}^4 \text{Cl}_{11-14}}{\text{Na} + \text{K}_{69-82} \text{Ca}_{16-23}^2 \text{Mg}_{0-8}^2} T_{16-29} \text{pH}_{8,4-9,2} Q_{4,5}$
6a.	Slavkovića IB-1	$\text{HCO}_3 - \text{Na}$	$M_{0,25-0,36} \frac{\text{HCO}_{89}^3 \text{SO}_6^4 \text{Cl}_5}{\text{Na}_{82} \text{Mg}_{10}^2 \text{Ca}_8^2} T_{15,5-17,5} \text{pH}_{7,2-8,2} Q_{3,5}$

6b.	Slavkovica IB-2	HCO ₃ – Na	$M_{0,27-0,3} \frac{HCO_{92}^3 SO_5^4}{Na_{92}} T_{16,5-20} pH_{8,1-8,6} Q_{6,5}$
7.	Svračkovci	HCO ₃ – Na+K	$M_{0,21} \frac{HCO_{61}^3 SO_8^4 Cl_8}{Na + K_{88} Ca_8^2} T_{20-25} pH_{8,2} Q_{0,4}$
8.	Gornja Trepča	HCO ₃ – Mg	$M_{0,52} \frac{HCO_{93}^3}{Mg_{74}^2 Ca_{19} Na + K_6} T_{31} pH_{7,5} Q_{20}$
9.	Sirčanska banja	HCO ₃ – Mg, Na+K	$M_{0,95} \frac{HCO_{75}^3 SO_{18}^4 Cl_8}{Mg_{51}^2 Na + K_{36} Ca_{13}^2} T_{16,6} pH_{7,4} Q_{0,68}$
10.	Vitanovac	HCO ₃ – Na	$M_{1,15} \frac{HCO_{73}^3 Cl_{26} SO_1^4}{Na_{88} Ca_8^2} T_{19-24} pH_{7,8} Q_3$
11a.	Rogozna izvor	HCO ₃ – Ca	$M_{0,1} \frac{HCO_{63}^3 SO_{36}^4}{Ca_{74}^2 Na_{14} Mg_{12}^2} T_{10,4} pH_{7,7} Q_{0,6}$
11b.	Rogozna bunar	HCO ₃ – Ca	$M_{0,26} \frac{HCO_{62}^3 SO_{37}^4}{Ca_{74}^2 Mg_{20}^2} T_9 pH_{7,5} Q_{0,5}$
12a.	Prolom banja B-3	HCO ₃ – Na	$M_{0,23} \frac{HCO_{93}^3}{Na_{88} Ca_8^2} T_{29,4-30} pH_{8,5-9,0} Q_{0,7}$
12b.	Prolom banja B-4	HCO ₃ – Na	$M_{0,26} \frac{HCO_{94}^3}{Na_{95} Ca_5^2} T_{32-34,1} pH_{8,5-8,9} Q_{0,84}$
12c.	Prolom banja B-5	HCO ₃ – Na	$M_{0,24} \frac{HCO_{91}^3 Cl_5}{Na_{98}} T_{32} pH_{8,6-9,3} Q_{4,3}$
13a.	Đavolja varoš	SO ₄ – Ca	$M_{3,3} \frac{SO_{98}^4}{Ca_{48}^2 Na_{27} Mg_{25}^2} T_{18,8} pH_{2,6} °dH_{103} Q_{0,3}$
13b.	Đavolja voda	SO ₄ – Mg	$M_{6,0} \frac{SO_{96}^4}{Mg_{92}^2 Na_5} T_{23,1} pH_{2,6} °dH_{12,4} Q_{0,25}$

ZAKLJUČAK

Na teritoriji Srbije postoji nekoliko većih vulkanogenih masiva (Timočki magmatski kompleks, Rudničko-kotleničku oblast, masiv Rogozne, Lecki kompleks) stvaranih tokom gornje krede i tercijara. Izgrađuju ih različite vrste vulkanita i njihovih piroklastičnih ekvivalenata. Mestrimično su ove stene zahvaćene naknadnim hidrotermalnim izmenama.

Uzevši u obzir rezultate ispitivanja hemizma podzemnih voda na velikom broju lokaliteta na prostoru Srbije, moguće je govoriti o postojanju hidrohemijske zonalnosti koja je karakteristična za pukotinski tip izdani. Ona je primarno uzrokovana litološko-mineraloškim sastavom vulkanita, stepenom njihovog srastanja i raspadanja, dubinom i brzinom strujanja podzemnih voda, i redukcionim uslovima.

Plića zona cirkulacije podzemnih voda, koja se nalazi u intenzivno ispucalnoj zoni stena vulkanogenog kompleksa se karakteriše prisustvom voda hidrokarbonatnog tipa, kalcijumske grupe (HCO₃-Ca). Uzevši u obzir njihovu pH vrednost, ove vode pripadaju neutralnim i blago alkalnim vodama. Kako je ova zona ujedno i gornja hidrohemijska zona, ima generalno rasprostranjenje iznad lokalnog erozionog bazisa, što se karakteriše intenzivnom vodozamenom i strujanjem gravitacionog tipa.

Dublja zona cirkulacije podzemnih voda u neizmenjenim vulkanskim stenama se karakteriše prisustvom hidrokarbonatnih voda natrijumske grupe (HCO₃-Na). Obogaćenje vode jonima natrijuma je posledica procesa jonske izmene, tokom koje se joni Ca²⁺ iz podzemnih voda menjaju sa jonima Na⁺ koji potiču iz feldspata. Po svojim hidrohemijskim karakteristikama, ova zona predstavlja donju hidrohemijsku zonu. Filtracija podzemnih voda u ovoj zoni je uglavnom uzlaznog tipa, usled hidrostatičkog pritiska i prisustva gasova. Vodozamena je usporena, i pH vrednost ukazuje na formiranje alkalnih voda u redukcionoj sredini.

Vode sulfatnog tipa i kalcijumske grupe (SO₄-Ca) imaju najveće rasprostranjenje u plitkim zonama u izmenjenim stenama. Obogaćenje sulfatima ide na račun oksidacije sulfidnih minerala. Vrednost pH ukazuje na njihovu kiselost.

Karakteristika dubljih zona jeste uvećanje udela Na⁺ uz dominantni udeo SO₄²⁻. pH vrednost ukazuje na redukcionu sredinu u kojima se ove vode formiraju.

LITERATURA

- DIMITRIJEVIĆ M., 1995: *Geologija Jugoslavije*, Geoinstitut, str. 147-149, Beograd
 DRAGIŠIĆ V., MILENIĆ D., 1997: *Hidrohemijska zonalnost na primeru vulkanita Timočke eruptivne oblasti*, Simpozijum „Istraživanje rudnih ležišta“, str. 77-83, Beograd
 PETKOVIĆ K., (ed.) 1981: *Geologija Srbije – magmatizam*, Zavod za regionalnu geologiju i paleontologiju Rudarsko-geološkog fakulteta, knjiga III-1, str. 221-227, 233-236, Beograd
 PROTIĆ D., 1995: *Mineralne i termalne vode Srbije*, Geoinstitut, posebna izdanja, knjiga 17, Beograd