

Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda na delu valjevsko-mioničkog basena

Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Marinko Toljić, Veselin Dragišić, Sava Magazinović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda na delu valjevsko-mioničkog basena | Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Marinko Toljić, Veselin Dragišić, Sava Magazinović | Zbornik radova XVI srpskog Simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor 28.09. - 02.10.2022. | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007220>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA



ZLATIBOR
28. septembar - 02. oktobar
2022. godine



XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ana Vranješ

TIRAŽ:

100 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafolik, Beograd

GODINA IZDANJA: 2022.

Na 12/19-oj. sednici Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVI srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 30.12.2019.

Naslovna strana: Sušičko vrelo, Zlatibor

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (16 ; 2022 ; Златибор)
Зборник радова / XVI Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним
учешћем, Златибор 28. септембар - 02. октобар 2022. године ; [уредник Ана
Вранјеш]. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2022
(Београд : Графолік). - [18], 514 стр. : илустр. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -
Tiraž 100. - Str. [5-6]: Uvodna reć / Dejan Milenić. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-380-4

a) Хидрогеологија - Зборници b) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 74364937

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsednik:

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.

Doc. dr Ljiljana Vasić, dipl. inž.

Dr Tanja Petrović Pantić, dipl. inž.

Natalija Radosavljević, mast. inž.

Velizar Nikolić, dipl. inž.

Vukašin Vučević dipl.inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.

Dejan Drašković, dipl. inž.

Branko Ivanković, dipl. inž.

Nenad Toholj, dipl. inž.

Boban Jolović, dipl. inž.

Uroš Jurošević, dipl. inž.

NAUČNI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

Prof. dr Vladimir Živanović, dipl.inž.

Prof. dr Dragoljub Bajić, dipl. inž.

Doc. dr Jana Štrbački, dipl.inž

Doc. dr Saša Milanović, dipl. inž.

Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.

Prof. dr Milan Radulović, dipl. inž.

Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž

Doc. dr Nenad Marić, dipl. inž.

Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.

PROGRAMSKO-UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Prof. dr Nevenka Đerić, dipl. inž.

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

POKROVITELJ:

REHAU d.o.o.

SPONZORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

BeoGeoAqua d.o.o.

Opština Čajetina

Turistička organizacija Opštine Brus

Hotel Zlatibor Mountain Resort&Spa

Knjaz Miloš

DONATOR:

Gold Gondola

Ibis-Inženjering

SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Ljiljana Vasić, Dušan Polomčić, Saša Milanović, Vesna Ristić Vakanjac, Branislav Petrović, Veljko Marinović, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo-Ilić, Jelena Ratković

Vodosnabdevanje podzemnim vodama - pregled aktuelnog stanja i mogućnosti održivog korišćenja..... 1

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Stanje i perspektive geotermalne energije u Republici Srbiji..... 11

Vladimir Živanović

Postojeće stanje i budući trendovi u preventivnoj zaštiti podzemnih voda Srbije..... 29

Tanja Petrović Pantić, Zoran Popović, Ljiljana Popović, Mihajlo Mandić, Katarina Atanasković Samolov

Dinamika izrade Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) 1:100.000 na teritoriji Srbije..... 47

VODOSNABDEVANJE I UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODNIM RESURSIMA

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković, Đoržije Božović

Šematizacija hidrograma i nivograma radnog nivoa kod bunara sa horizontalnim drenovima..... 57

Petar Begović, Branko Ivanković

Hidrogeološki potencijal aluvijalnih naslaga rijeke Bosne sa aspekta vodosnabdevanja u Doboju, Republika Srpska..... 63

Ivica Nikolić, Milan Tripković i Jovana Nikolić

Stanje monitoringa i određivanje kvantitativnog statusa vodnih tela podzemnih voda u Srbiji.....	69
--	----

Gardijan Sunčica, Živanović Vladimir, Magazinović Sava, Mandić Đorđe, Stojadinović Saša

Režim izvorskih voda iz kristalastih stena u planinskim područjima na primeru Toplog Dola na Vlasini (Jugoistočna Srbija).....	77
--	----

Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac

Analiza hidrauličke veze između reke Save i podzemnih voda na izvoristu za vodosnabdevanje Obrenovca.....	85
---	----

Dejan Drašković, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ljupka Mrkonja, Ivana Đinđić, Ivana Obradović

Primena nove metode u sanaciji bunara sa horizontalnim drenovima kroz uporednu analizu dobijenih rezultata.....	91
---	----

Ranko Vukićević, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ivana Obradović, Dejan Drašković, Ljupka Mrkonja

Novi prilozi poznavanju režima podzemnih voda na izvoristu „Petrovaradinska ada“ u Novom Sadu na primerima rada bunara BHD-5, BHD-6, BHD-7 i BHD-8.....	99
---	----

Maksim Matović, Milan Radulović, Ana Vojinović, Marina Međedović i Marija Matović

Rezultati hidrogeoloških istraživanja aluvijalne izdani rijeke Tare (Mateševo, Kolašin).....	105
--	-----

Milan Radulović

Hidrogeološke karakteristike i stanje monitoringa podzemnih voda u Crnoj Gori.....	113
--	-----

Ermedin Halilbegović

Dugoročno rješenje problema vodosnadbjevanja grada Sarajevo iz akumulacije Crna Rijeka.....	115
---	-----

Ermedin Halilbegović

Hidrogeološka istraživanja terena za izgradnju brane Crna Rijeka..... 121

Dragan Despotović

Režim voda karstnog hidrogeološkog sistema Ribnik
sa prijedlogom mjera zaštite..... 127

Romeo Eftimi, Kastriot Shehu, Aferdita Mamaj

Hydrogeological aspects of water supply of the settlements of Albania;
Experience and problems..... 133

**Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Aleksandar Avramović,
Branko Mijatović**

Kvalitativne karakteristike podzemnih voda izvorišta „Ključ“ u Požarevcu..... 139

**Ivana Obradović, Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja, Sonja Drobac**

Rezultati analize monitoringa režima podzemnih voda priobalja Save u
"Severozapadnoj radnoj zoni" Šapca..... 147

Nataša Biočanin, Aleksandar Šmit

Eksploatacija i prerada vode - sistem javnog vodosnabdevanja grada Vršca..... 155

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

Održiva proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa na osnovu
proračuna bilansnih troškova..... 159

Ana Vranješ, Dejan Milenić

Doprinos poznavanju distribucije geotermalnih rezervoara na delu
Panonskog basena, Srbija – DARLINGE projekat..... 165

**Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer, Sonja Drobac,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja**

- Analiza režima termomineralnih voda "Nove obrenovačke banje"
i mogućnost njihove upotrebe..... 171

Boban Jolović, Andrijana Stevanović i Nenad Toholj

- Povećan sadržaj fluorida u podzemnim vodama opštine Srebrenica
– uzroci i moguće posledice dugotrajnog konzumiranja..... 179

Tena Bilić, Sanja Živković, Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec i Dražen Tumara

- Trenutno stanje korišćenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj..... 187

Ćazim Šarić, Ferid Skopljak, Izet Žigić i Dinka Pašić - Škripić

- Fizičko-hemijske i izotopske karakteristike termalnih voda
u slivu rijeke Krivaje..... 195

Dejan Milenić, Petar Dokmanović, Ana Vranješ, Milan Vukićević

- Podzemna voda kao subgeotermalni resurs na primeru klimatizacije
prodajnog kompleksa "Ikea" u Beogradu 205

Nebojša Stanić

- Primena petrogeotermalne energije za grejanje i hladjenje industrijskih
objekata velikih kapaciteta..... 211

Ana Vranješ, Dejan Milenić

- Perspektive eksploatacije litijuma iz geotermalnih voda na
području Republike Srbije..... 213

**Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Marinko Toljić,
Veselin Dragišić, Sava Magazinović**

- Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda
na delu Valjevsko – mioničkog basena..... 221

Nenad Toholj, Boban Jolović i Uroš Jurošević

- Termalne vode područja Višegrada – trenutno stanje i perspektive..... 227

**Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,
Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković**

Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na
primeru Vrnjačke banje..... 233

Tanja Petrović Pantić, Milan Tomić, Jovan Kovačević

Radioaktivnost podzemnih voda na južnoj padini Cera..... 239

Jana Štrbački

Litijum u mineralnim vodama Srbije – potencijalna lekovita svojstva..... 245

Spasoje Glavaš i Uroš Jurošević

Pojave termomineralnih voda u području Kakmuž - Petrovo..... 251

**Mihail Tarassov, Eugenia Tarassova, Milen Stavrev, Aleksei Benderev,
Mila Trayanova**

Seasonal variations in chemical compositions of mine drainage waters and
precipitates in the grantcharitsa tungsten deposit,
Western Rhodopes, Bulgaria..... 257

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Integracija geotermalne energije u daljinske sisteme grejanja
i hlađenja (COST CA18219) 259

HIDROGEOLOGIJA I ŽIVOTNA SREDINA**Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Katarina Atanasković Samolov i
Žarko Veljković**

Uticaj klimatskih promena na podzemne vode u Posavini..... 263

Milovan Rakijaš

Hidrogeološka istraživanja sa izradom mreže pijezometara u zoni
„Regionalne sanitarne komunalne deponije Piroć“, u cilju vršenja monitoringa
podzemnih voda..... 267

<i>Violeta Čolaković, Vladan Čanović i Aleksandar Avramović</i>	
Hidrodinamički model površinskog kopa gline “Garajevac istok”.....	273
<i>Đorđije Božović, Dušan Polomčić i Dragoljub Bajić</i>	
Metodologija izrade 3D konceptualnog hidrogeološkog modela za potrebe hidrodinamičkog modeliranja bunara sa horizontalnim drenovima.....	279
<i>Zlatko Ilijovski i Vojo Mirchovski</i>	
Metodologija ocene kvantitativnog stanja podzemnih voda.....	285
<i>Mihajlo Mandić i Tanja Petrović Pantić</i>	
Sažetak rezultata dobijenih izradom Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000, list Pirot.....	291
<i>Vojislav Tomić</i>	
Rezerve podzemnih voda u većim intruzivnim masivima Srbije sa pukotinskom strukturom poroznosti.....	297
<i>Katarina Atanasković Samolov, Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Saša Todorović</i>	
Primena AQUIMOD-a pri oceni uticaja klimatskih promena na podzemne vode.....	299
<i>Vaso Mrvaljević i Milan Radulović</i>	
Podzemni karstni oblici duž trase autoputa Smokovac– Mateševo (Crna Gora).....	305
<i>Milan Vlahović, Gojko Nikolić i Vaso Mrvaljević</i>	
Negativni aspekt antifiltracionih radova na akumulaciji Slano.....	311
<i>Petar Milanović</i>	
Vodni režim karsta jugoistočnih Dinarida.....	319

Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Ivana Cvejić, Saša Stojadinović, Ivana Jocić

Rudničke vode olovo-cinkovih ležišta u rudnom polju „Blagodat“ u jugoistočnoj Srbiji.....	325
---	-----

Zoran Popović i Ljiljana Popović

Hidrogeološke karakteristike Poljaničkog tercijarnog basena.....	331
--	-----

Igor Jemcov, Zoran Stevanović, Vladimir Živanović, Saša Milanović, Dušan Polomčić, Veselin Dragišić

Novi koncept izrade Osnovne hidrogeološke karte Srbije.....	337
---	-----

Stojan Mihailovski, Zlatko Ilijovski, Marija Makešoska, Ivica Andov

Hidrogeološke karakteristike prostora industrijske deponije „Jugohrom“ i rizici od zagađenja izvora Rašče.....	345
--	-----

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

Prilog poznavanju hidrogeoloških svojstava ultramafitskog kompleksa Maljena u zoni Divčibara.....	347
---	-----

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

Stanje resursa podzemnih voda u sklopu komunalnog vodosnabdevanja Valjeva (Zapadna Srbija)	349
--	-----

Saša Milanović i Ljiljana Vasić

Prikaz ponašanja karstne izdani uslovljene funkcionisanjem površinske akumulacije u karstu na primeru akumulacije Bileća (Istočna Hercegovina).....	355
---	-----

Milan Vukićević, Marija Milanović, Marina Popovac, Miloš Pavlović, Ivana Levajić

Prilog novog poznavanja kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika podzemnih voda formiranih u okviru krečnjaka tortonsko-sarmatske starosti u oblasti Umke.....	359
---	-----

Branislav Petrović, Zoran Stevanović, Veljko Marinović i Snežana Ignjatović

Prostorna analiza epikarsta u okviru karstnog sistema istočnog dela Suve planine.....	365
---	-----

Milenko Pušić, Goran Jevtić, Vladimir Lukić i Vesna Tripković

Predlog standardizacije hidrogeološkog kartiranja bušotina u nevezanim sedimentima.....	371
---	-----

Zoran Stevanović

Kompleksno alogeno prihranjivanje karstne izdani aluvijalnim i rečnim vodama – tri primera sa Balkana.....	377
--	-----

Marijana Petrović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

Osnove nove litostratigrafske sistematizacije zapadnog dela Kolubarskog basena.....	383
---	-----

Branislav Petrović

Model migracije nitrata u epikarstu: laboratorijski eksperiment.....	389
--	-----

Đorđe Momirov, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo

Prilog poznavanju režima podzemnih voda leve obale reke Save na potezu Obrenovac - Beograd.....	395
---	-----

**MULTIDISCIPLINARNOST U
HIDROGEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA****Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović, Jakov Andrijašević**

Pregled hidrogeoloških istraživanja novootkrivenih ležišta metalčnih mineralnih sirovina na prostoru Srbije.....	403
--	-----

Predrag Pajić, Uroš Urošević, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

Primena hidrodinamičkog modeliranja u rešavanju problema zaštite građevinskih objekata od podzemnih voda na primeru višenamenske sportske hale u Indiji.....	409
--	-----

Zoran Nikić i Nenad Marić

Potencijal multidisciplinarnog pristupa u hidrogeološkim istraživanjima - primer izvorište "Kraljeva voda", Zlatibor.....	411
---	-----

Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov, Maja Todorović

Primena hidrodinamičkih i hidrohemijskih metoda istraživanja na primeru brane Lazići (RHE Bajina Bašta) 417

Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Ferid Skopljak, Dejan Petrović, Miroslav Radić

Izbor metode i trajanje razrade bunara..... 423

Amela Greksa i Jasna Grabić

Povećanje dopune podzemnih voda u urbanim sredinama primenom bioinfiltracionih–bioretencionih sistema..... 429

Nataša Ćuković Ignjatović i Dušan Ignjatović

Principi projektovanja održivih objekata za korišćenje balneološkog potencijala na području Vojvodine..... 435

Milica Simonović, Gordana Šekularac, Dragica Stojiljković

Trend uticaja parametara vodnog bilansa zemljišta različitih područja Srbije..... 441

Vladimir Beličević i Zlatko Ilijovski

Kompleksna hidrogeološka istraživanja uzroka procurivanja u zoni brane Uvac..... 443

Milorad Kličković

Grafički prilozi istorijatu Resavske pećine..... 449

Vladimir Lukić, Milenko Pušić, Vesna Tripković, Goran Jevtić, Boban Stojanović, Tomislav Mrđa, Vladimir Bačanin, Anđela Marinković

Softverska inovacija u prikuljanju, obradi i skladištenju hidrogeoloških podataka..... 455

Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš

Projekat RER/7/013 procjena resursa podzemnih voda i interakcije podzemnih i površinskih voda u kontekstu adaptacije na klimatske promjene..... 461

STUDENTSKI RADOVI**Aleksandra Pešić**

Uslovi zaštite podzemnih voda izvorišta „Lovac“ u Kostolcu..... 465

Andrijana Drčelić

Analiza uslova zaštite karstnog vrela Perućac..... 471

Aleksandra Maksimović

Analiza režima izdašnosti karstnog vrela Perućac..... 473

**Nikola Milanović, Miloje Vacić, Jovana Nikolić, Vesna Ristić Vakanjac,
Boris Vakanjac**

Analiza režima i bilans voda reke Lužnice, Vlasine i Jerme..... 475

Aleksandra Purković

Hidrogeološke karakteristike aluvijalnog izvorišta „Bataković“ kod Medveđe..... 477

Ninoslava MirkovMogućnost poboljšanja vodosnabdevanja grada Zrenjanina na bazi
podzemnih voda aluvijona Tise..... 479**Snežana Kretić, Jana Štrbački**

Hidrohemijske karakteristike termomineralnih voda Mataruške banje..... 481

Stanisava Arsović

Ranjivost izvorišta mineralnih voda u Orašju kod Varvarina..... 485

Aleksandar Bižić

Mogućnosti višenamenskog korišćenja termomineralnih voda Niške Banje..... 489

**Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić,
Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić**

Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu.....	495
---	-----

**Marina Mitrašinović, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić
i Dušan Polomčić**

Prilog poznavanju režima i bilansa voda reke Resave.....	501
--	-----

Matija Ognjanović

Geotermalne karakteristike teritorije opštine Gornji Milanovac.....	507
---	-----

Ljuba Popović

Zastupljenost amonijum jona u podzemnim vodama Srbije i metode njegovog uklanjanja.....	509
--	-----

Marko Bogdanović

Određivanje režima i rezervi podzemnih voda na primeru izvorišta za flaširanje i rekreaciju.....	511
---	-----

Hristina Petrova

Hidrogeološke karakteristike šire okoline ležišta bakra „Borov dol“, Severna Makedonija.....	513
---	-----

Natalija Radosavljević

Geotermalni potencijal jugozapadnog oboda Kopaonika.....	515
--	-----

PROSTOR ZA SPONZORE

METODOLOŠKI PRISTUP OCENI MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNIH VODA NA DELU VALJEVSKO-MIONIČKOG BASENA METHODOLOGICAL APPROACH TO GEOTHERMAL RESOURCES EXPLORATION POSSIBILITIES ON THE PART OF THE VALJEVO-MIONICA BASIN

Ana Vranješ¹, Nebojša Atanacković¹, Vladimir Živanović¹, Marinko Toljić¹,
Veselin Dragišić¹, Sava Magazinović¹

¹Rudarsko -geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: ana.vranjes@rgf.bg.ac.rs

APSTRAKT: Područje valjevsko-mioničkog basena bilo je predmet istraživanja sa aspekta ocene geotermalne potencijalnosti i mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda za potrebe toplifikacije objekata. Istraživanja su vršena u zapadnim delovima basena, u gornjem toku reke Kolubare, na površini od 200 km². Istraživanja su izvedena u periodu januar-maj 2022. godine od strane multidisciplinarnog tima stručnjaka iz oblasti geologije, hidrogeologije i geotermalne energije. U radu je prikazan metodološki koncept istraživanja geotermalnih resursa formiranih u okviru trijaskih sedimenata. U sistemu dominiraju hidrogeotermalni resursi, koji se prema unutrašnjem sadržaju toplote klasifikuju kao resursi niske entalpije. Metodologija istraživanja podrazumevala je sistematičan pristup i formiranje ulaznih podataka u vidu geološke karte i profila sa prikazom interpretacije rasednih struktura, zatim u vidu paleogeološke karte podine neogena i strukturne karte basena. Druga grupa ulaznih podataka podrazumevala je analizu hidrogeoloških karakteristika terena, dok je treća grupa podataka obuhvatila geotermalne indikatore, te je

zvršen proračun geotermalnih gradijenata, proračun gustine toplotnog toka i proračun maksimalnih očekivanih temperatura u geotermalnom rezervoaru. Rezultat je karta prognoziranih temperatura u trijaskom kolektoru i lokacijama potencijalnih zona za izradu istražnih bušotina. Procena geotermalne potencijalnosti izvršena je primenom zapreminske metode, a na svakoj od potencijalnih lokacija izvršen je proračun raspoložive toplotne energije koja se može dobiti iz geotermalnih voda.

Ključne reči: hidrogeotermalna energija, potencijalnost, metodologija, valjevsko-mionički basen

APSTRACT: The area of the Valjevo-Mionica basin was the subject of research from the aspect of geothermal potential and the possibility of exploiting geothermal waters for heating buildings. The research was carried out in the western parts of the basin, in the upper part of the Kolubara River, on an area of 200 km². The research was carried out in January-May 2022 by a multidisciplinary team of experts in geology, hydrogeology, and geothermal energy experts. The paper presents the methodological concept of the research of geothermal resources formed within the Triassic sediments. The geothermal system is dominated by hydrogeothermal resources, classified as low-enthalpy resources. The research methodology involved a systematic approach and input data in the way of a geological map and cross-sections with an interpretation of fault structures, followed by a paleogeological map of the Neogene basement and a structural map of the basin bedrock. The second group of input data included the analysis of hydrogeological characteristics of the terrain. The third group of data had geothermal indicators and performed calculations of geothermal gradients, heat flow density, and maximum expected temperatures in the geothermal reservoir. The result is a map of predicted temperatures in the Triassic reservoir and locations of potential zones for exploration wells. The geothermal potential was evaluated using the volumetric method, and the available heat energy obtained from geothermal waters was calculated for each potential site.

Key words: hydrogeothermal energy, potential, methodology, Valjevo-Mionica basin

UVOD

Valjevsko-mionički basen spada u perspektivna geotermalna područja. Na to upućuju ranija istraživanja vršena tokom osamdesetih i početkom devedesetih godina prošlog veka. Istraživanja su imala regionalni karakter ukazavši na značajan geotermalni potencijal karstne izdani formirane u podini neogenih sedimenata (Perić i dr., 1982; Milivojević, 1989; Simić, 1990). Geotermalna istraživanja imala su i lokalni karakter, te je u južnom obodu basenske strukture na potezu od Valjeva do Mionice, izvedeno više istražno-eksploatacionih bunara. Bunarima su zahvaćene subtermalne i termalne podzemne vode temperature do 40 °C. U južnom obodu basena registrovano je i više subgeotermalnih karstnih pojava na lokalitetima Paštrića, Ključa, Petnice i Pauna.

Područje valjevsko-mioničkog basena neravnomerno je istraženo. Fokus na istraživanju geotermalnih voda stavljen je na jugozapadne i južne obodne delove basena, dok su centralni i severni delovi praktično ostali ne istraženi. Najveće dubine bušenja dostignute su u zoni grada Valjeva (bunar VA-1 dubine 560 m; bunar VA-2 dubine 1003 m i bunar B-1VA dubine 707 m), gde debljine neogenog pokrivača u preseku iznose oko 250 m, dok u centralnim delovima basena debljina neogenog pokrivača dostiže oko 950 m.

Korišćenje geotermalnih voda na području valjevsko-mioničkog basena je skromno. Resursi se koriste za balneološke i sportsko-rekreativne svrhe, dok je energetska aspekt ostao neiskorišćen. Stim u vezi, tim stručnjaka sa Departmana za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta angažovan je od strane kompanije Euro Lithium Balkan kako bi se izvršila analiza geotermalnog potencijala na širem području Valjeva. Cilj analize je identifikacija perspektivnih zona za izvođenje detaljnih istraživanja u smislu izrade istražnih geotermalnih bušotina i zahvatanje geotermalnih voda za potrebe toplifikacije objekata.

Istraživanja su izvedena u periodu januar-maj 2022. godine od strane multidisciplinarnog tima stručnjaka iz oblasti geologije, hidrogeologije i geotermalne energije. Formirane su podloge za procenu geotermalne potencijalnosti predmetnog terena, izvršen je proračun geotermalne potencijalnosti i izvršeno je okonturivanje pet potencijalnih zona za izradu istražnih geotermalnih bušotina. Za svaku od izdvojenih zona izvršena je analiza očekivanih karakteristika hidrogeotermalnih resursa u smislu količina, temperature i hemijskog sastava i izvršena je procena raspoložive toplotne energije iz geotermalnih resursa. Paralelno su analizirane toplotne potrebe korisnika i mogućnost korišćenja geotermalnih voda u sistemima za toplifikaciju.

U ovom radu prikazan je metodološki koncept istraživanja geotermalnih resursa, primenjen na delu valjevsko-mioničkog basena.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽNOG TERENA

Područje istraživanja nalazi se u Zapadnoj Srbiji između Valjeva na zapadu i reke Toplice na istoku i u tektonsko-strukturnom pogledu pripada basenskoj strukturi Valjevo-Mionica-Belanovica. Uže posmatrano teren obuhvata ravničarski kompleks u gornjem toku reke Kolubare, odnosno zapadne delove basenske strukture na površini od 200 km² (slika 1). Basenska struktura je formirana tokom donjeg miocena i za njene zapadne delove karakteristično je tonjenje mezozojske podine.

Predmetno područje karakteriše prisustvo sedimentnih, metamornih i magmatskih stena. U granicama izučavanog područja najstarije tvorevine pripadaju devonu, preko kojih leže peščarsko - škrljave stene devon - karbonske starosti. Transgresivno preko devon-karbonskih stena leže sedimentne formacije srednjeg i gornjeg perma. Jedinicu srednjopermske starosti izgrađuju uglavnom terigene tvorevine preko kojih se nalaze bituminozni, organogeni krečnjaci gornjeg perma. Tvorevine gornjeg perma su u konkordantnom odnosu prekrivene sedimentnim stenama trijaskke starosti izgrađene prvenstveno od kristalastih krečnjaka, dolomita, laporaca i peščara. Generalno, mezozojske formacije okoline Valjeva predstavljene su trijaskim klastičnim i karbonatnim stenama, trijaskim vulkanitima i vulkanoklastitima, jurskim ofiolitskim melanzom i ofiolitima i gornjokrednim klastično-karbonatnim i flišnim sedimentima. Preko mezozojskih sedimenata deponovane su diskordantne tercijarne i kvartarne tvorevine. Neogene tvorevine predstavljene su miocenskim sedimentima, čije debljine u centralnim delovima basena dostižu 1.000 m (Obradović & Vasić, 2007). U okviru basena deponovani su slatkovodni i bočatni jezerski sedimenti (Stevanović, 1957; Filipović et al., 1978, Mojsilović et al., 1975). Kvartarne tvorevine zauzimaju nešto veće prostranstvo samo u području većih reka i predstavljene su aluvijalnim i terasnim sedimentima.

Valjevsko-mionički basen odlikuje se naborima različite geometrije i relativno velikim brojem raseda različitih kinematskih svojstava. Na osnovu litostratigrafskih razlika i internih tektonskih osobina proučavanih formacija, u području Valjeva sa okolinom izdvajaju se tri strukturna sprata: paleozojsko-trijaski, kredni i neogeni strukturni sprat.

Na istražnom području izdvojena su četiri tipa izdani:

- Izdani u aluvijalnim sedimentima (aluvijalne izdani),
- Izdani u neogenom kompleksu sedimenata (neogene izdani),
- Pukotinske izdani i
- Karstne izdani.

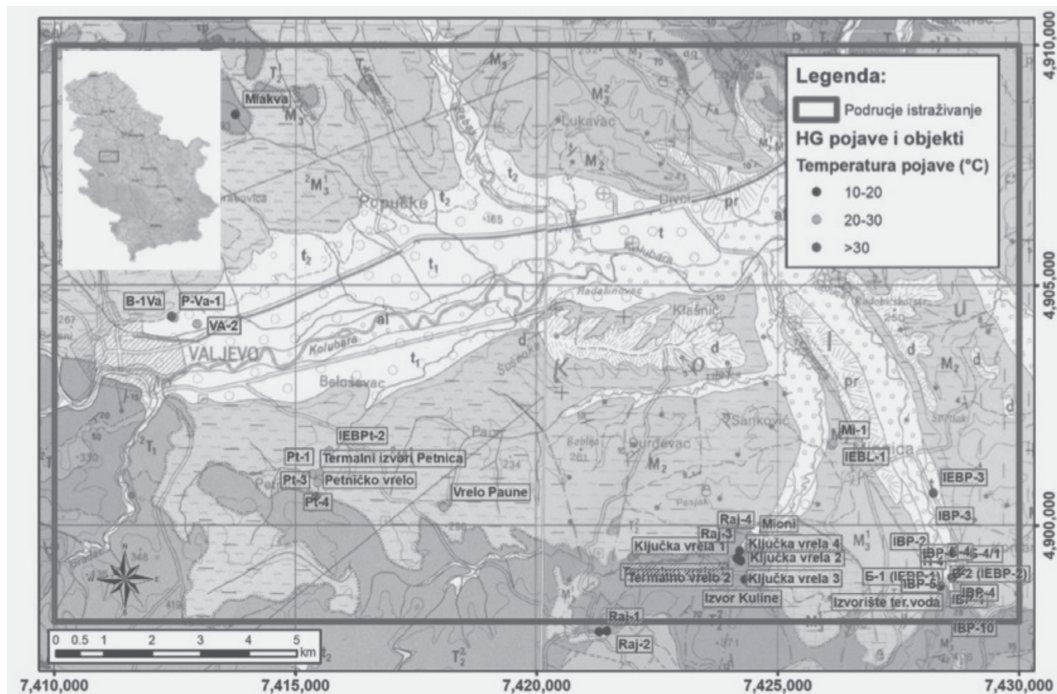
Sa aspekta istraživanja geotermalnih voda na istražnom području najveći značaj ima karstni tip izdani. Karstna izdan je formirana u karbonatnim stenama srednjeg trijasa. Površina otkrivenog dela karstifikovanih krečnjaka procenjena je na oko 120 km², dok se njeno rasprostranjenje ispod neogenog pokrivača može pratiti u južnom delu basena (južno od reke Kolubare). U litološkom pogledu srednje trijaskke karbonatne stene su predstavljene intenzivno karstifikovanim krečnjacima. U okviru karstne izdani akumulirane su značajne rezerve podzemnih voda.

Prihranjivanje izdani vrši se na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina ili difuznim, a nekada i koncentrisanim poniranjem voda površinskih tokova. Kretanje podzemnih voda u karstnoj izdani diktirano je nagibom nepropusne podine i uglavnom usmereno ka severu.

Dreniranje karstne izdani vrši se na nekoliko načina. Prvi način je isticanjem izdanih voda preko hladnih, subtermalnih i termalnih karstnih izvora i zona difuznog isticanja u rečne nanose ili direktno u rečne tokove. Prirodno koncentrisano dreniranje karstne izdani vrši se isticanjem preko vrela različite izdašnosti koja su locirana na kontaktu krečnjaka i neogenih sedimenata. Najznačajnije zone prirodnog dreniranja karstne izdani

nalaze se u području Gradca, Petnice, sela Paune, Klujuča i Paštrića. Vode koje ističu na karstnim izvorima mogu biti hladne, ali i subtermalno- termalne. Pravac kretanja podzemnih voda je od juga ka severu prema neogenom basenu (Milojević, 1959; Milivojević, 1989; Simić, 1990). Veštačko dreniranje karstne izdani vrši se preko bušenih bunara, pri čemu se u većini slučajeva dobijene vode pod pritiskom. U severnom delu rasprostranjenja karstne izdani, ispod neogenih sedimenata uglavnom su formirane termalne i subtermalne vode (17-35°C) sa nivoom pod pritiskom, dok se u južnom delu, u području otvorenog karsta, nalaze hladne karstne izdanske vode, sa slobodnim nivoom.

Prema hemijskom sastavu podzemne vode karstne izdani pripadaju hidrokarbonatno-kalcijumskom tipu ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$), ređe kalcijumsko-magnezijumskom tipu ($\text{HCO}_3\text{-CaMg}$) i odlikuje ih niska mineralizacija.



Slika 1. Lokacija istražnog područja, podloga OGK 1:100 000 listovi L-34-124 Vladimirci, L-34-125 Obrenovac, L-34-136 Valjevo i L-34-137 Gornji Milanovac

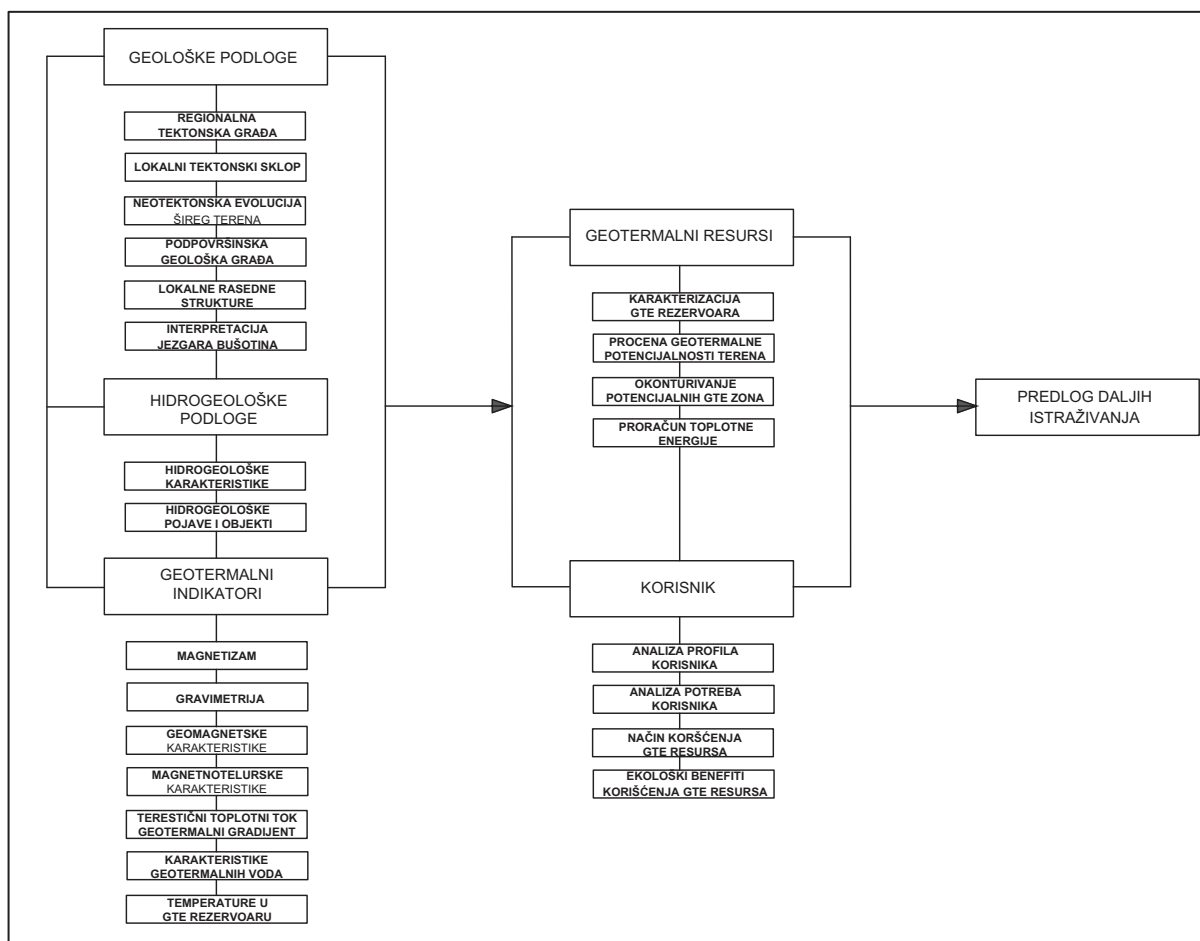
Fig. 1. Location of the investigated area, basemap: OGK 1:100 000 listovi L-34-124 Vladimirci, L-34-125 Obrenovac, L-34-136 Valjevo i L-34-137 Gornji Milanovac

PRIKAZ PRIMENJENE METODOLOGIJE ISTRAŽIVANJA

Konceptija metodološkog pristupa istraživanja geotermalnih resursa bazirana je na nekoliko faktora koji stoje u uzročno-posledničnom odnosu. Prvi faktor su očekivani izlazni podaci postavljeni na strani projektnog zadatka i nivo njihove detaljnosti. U ovom slučaju projektni zadatak je zahtevao ocenu geotermalne potencijalnosti dela valjevsko-mioničkog basena i formiranje podloga za dalju fazu detaljnih hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja. Krajnji cilj je zahvatanje geotermalnih voda za potrebe toplifikacije objekata na području grada Valjeva. Shodno tome formiran je algoritam metodoloških koraka vodeći se stepenom istraženosti terena, dostupnim podacima i nivoom pouzdanosti podataka koji se želi postići (slika 2).

Na osnovu dosadašnjih istraživanja predmetno područje je relativno dobro istraženo sa regionalnog aspekta. S druge strane, uočene su izrazite neravnomernosti u poznavanju geološko-strukturnih, hidrogeoloških i geotermalnih karakteristika kada je u pitanju cela teritorija valjevsko-mioničkog basena. Istraživanja geotermalnih resursa na ovom području nisu imala organizovan, sistematičan pristup, a što je rezultiralo nedovoljnim poznavanjem geotermalnih parametara, podpovršinske geologije basena i strukturnih karakteristika podine basena, važnim za definisanje distribucije geotermalnog rezervoara i njegovu karakterizaciju.

Za potrebe karakterizacije geotermalnog rezervoara, a potom i za ocenu geotermalne potencijalnosti dela terena valjevsko-mioničkog basena, te okonturiranje potencijalnih zona za izradu istražnih geotermalnih bušotina i konačno proračun raspoložive toplotne energije iz geotermalnih voda za svaku od zona, formirane su tri grupe podloga: geološke podloge; hidrogeološke podloge i geotermalni indikatori.



Slika 2. Razvijeni algoritam primenjene metodologije istraživanja geotermalnih resursa na delu valjevsko-mioničkog basena

Fig.2. Flowchart of the methodology of geothermal resources investigation on the part of valjevo-mionica basin

Prve dve grupe podloga analizirane su u funkciji definisanja osnovnih geotermalnih karakteristika terena. Pošlo se od analize geotektonskog položaja i osnovne geološke građe šireg istražnog terena. Analiza je obuhvatila pregled dosadašnjih shvatanja geotektonske građe ovog dela R. Srbije, zatim osnove tektonskog sklopa i procese magmatizma koji su se odigrali kroz geološku evoluciju terena. Interpretacija tektonskih karakteristika područja Valjeva sa okolinom je bazirana na analizi publikovanih tektonskih sinteza (Dimitrijević, 1995; Karamata, 2006; Schmid et al., 2020), publikovanih opštih geoloških karata i pratećih tumača (Filipović et al., 1978; Mojsilović et al., 1975), zatim na analizi neotektonske karte Srbije (Marović et al., 2007) i ostalih publikovanih geoloških karata i radova. U analizi geološke građe i tektonskih uslova korišćeni su podaci kartiranja jezgara istražnih bušotina i raspoloživih geofizičkih karata i profila iz fonda geološke dokumentacije Euro Lithium Balkan (karta Bugeovih anomalija valjevsko-mioničkog neogenog basena, aeromagnetne karte, podaci magnetotelurskih ispitivanja). Rezultat analize je geološka karta područja istraživanja sa prikazom interpretacije rasednih struktura, zatim četiri regionalna geološka profila u razmeri 1:25.000, paleogeološka karta podine neogena i strukturalna karta podine neogena u razmeri 1:50.000.

Hidrogeološke karakteristike terena sagledane su kroz analizu zastupljenih tipova izdani. Rezultat je hidrogeološka karta šireg istražnog terena u razmeri 1:50.000. Formirana je baza hidrogeoloških pojava i objekata (slika 1) i sagledane su njihove kvalitativne i kvantitativne karakteristike. Dalje analize vršene su na subtermalnim i termalnim pojavama i objektima (ukupno 43). Pojave i objekti kategorisani su u tri grupe, shodno vrednostima temperature podzemnih voda merenim na površini terena, i to:

- a) pojave temperature preko 30 °C (geotermalni resursi u užem smislu);
- b) pojave temperature u opsegu od 20 do 30 °C (subgeotermalni resursi);
- c) pojave u opsegu od 10 do 20 °C (subgeotermalni resursi).

Za izdvojene pojave i objekte izvršena je interpretacija hemijskog sastava izdanih voda prema genetskim parametrima (D'Amore F. i dr., 1983), dok su podaci o starosti voda preuzeti iz dostupne literature (Simić, 1990).

Treća grupa podloga direktno je povezana sa geotermalnim odlikama terena. Izvršen je proračun geotermalnih gradijenata, proračun gustine toplotnog toka i proračun maksimalnih očekivanih temperatura u geotermalnom rezervoaru primenom metode geotermometara i to kvarcnih geotermometra i kalcedonskih

geotermometra. Rezultat je karta prognoziranih temperatura u trijaskom kolektoru i lokacijama potencijalnih zona za izradu istražnih bušotina, 1 : 35.000.

Proračun geotermalnih gradjenata izvršen je za povlatni neogeni paket sedimeneta na osnovu rezultata karotažnih merenja koja su izvođena na bušotinama izbušenim za potrebe istraživanja ležišta bora i litijuma (dokumentacija Euro Lithium Balkan). Na osnovu dobijenih vrednosti geotermalnih gradjenata za paket neogenih sedimenata i poznajući osnovne karakteristike preostalih delova geotermalnog sistema (tip prenosa toplote, litologija...) vrednosti geotermalnih gradjenata u geotermalnom rezervoaru su pretpostavljene, dok treća sredina, odnosno podina rezervoara, nije bila predmet analize, obzirom na njenu funkciju podinskog izolatora.

DISKUSIJA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu geoloških, hidrogeoloških i geotermalnih podloga pristupilo se proceni geotermalne potencijalnosti predmetnog dela valjevsko-mioničkog basena. Prethodno je izvršena klasifikacija geotermalnog sistema i karakterizacija geotermalnog rezervoara.

Prema geološkoj genezi terena i rezultatima analiziranih parametara, geotermalni sistem valjevsko-mioničkog basena pripada konduktivnom tipu u okviru sedimentacionog basena (*foreland basin/orogenic belt*). Geotermalni sistem čini karbonatni rezervoar sa podinskim i povlatnim izolatorom, paleozojske, odnosno neogene starosti. U sistemu dominiraju hidrogeotermalni resursi, koji se prema unutrašnjem sadržaju toplote klasifikuju kao resursi niske entalpije. Poreklo toplote u sistemu i povišene vrednosti terestičnog toplotnog toka se ne vezuju za intruzije, već se posmatraju kao posledica povišenih temperatura u dubljoj kori.

Geotermalni rezervoar formiran je u stenama mezozojske starosti, dominantno u trijaskim sedimentima. Karbonatna mezozojska sekvenca izgrađena je od pretežno masivnih krečnjaka gornjeg i srednjeg trijasa i slojevitih krečnjaka donjeg trijasa, koji u dubljim delovima prelaze u konglomerate i kvarcne peščare. Postojeći podaci ukazuju da se krečnjaci srednjeg trijasa odlikuju značajnim stepenom karstifikacije i da su vodonosniji u odnosu na donjotrijaske krečnjake. Za potrebe sagledavanja geotermalne potencijalnosti nije vršeno raščlanjivanje trijaskih sedimenata, već se posmatraju kao jedinstveni karbonatni rezervoar. Razviće trijaskih karbonata može se pratiti u kontinuitetu i van granica istražnog terena. Za potrebe ocene geotermalne potencijalnosti grada Valjeva izvršena je delineacija karbonatnog rezervoara u skladu sa izdvojenim strukturama. U pravcu severa, prisustvo srednjotrijaskih masivnih krečnjaka interpretirano je do reke Kolubare i tzv „kolubarskog“ raseda pravca pružanja I-Z. Sa druge strane donjotrijaski slojeviti krečnjaci imaju kontinualno rasprostranjenje u pravcu severa sve do granice neogenog basena gde izbijaju na površinu terena. Zapadnu granicu rezervoara predstavlja sliv gradačkih vrela za koji je u odnosu na kote isticanja pretpostavljeno da pripadaju odvojenom sistemu. Takođe, krečnjaci u slivu gradačkih vrela su otkriveni na površini terena i nemaju značajniji geotermalni potencijal. Istočnu granicu predstavlja morfološka struktura u vidu horsta između reka Ribnice i Toplice. Površina posmatranog geotermalnog rezervoara iznosi oko 200 km², dok usvojena prosečna debljina trijaskih naslaga iznosi 300 m.

Prihranjivanje geotermalnog rezervoara odvija se infiltracijom padavina na delovima njihovih tokova koji protiču preko krečnjačkih stenskih masa. Prihranjivanje rezervoara manjim delom odvija se na kontaktu izdani formiranih u neogenim naslagama, kao i na račun podinskih stena paleozoika. Rasedne strukture, imaju značajnu ulogu u prihranjivanju geotermalnog rezervoara. Njihov položaj ukazuje na postojanje hidrauličke veze između stena povlatnog i podinskog izolatora i rezervoara, kao i na postojanje intenzivne cirkulacije fluida unutar rezervoara, imajući u vidu blokovsku građu celokupnog basena.

Pražnjenje geotermalnog rezervoara vrši se prirodnim isticanjem preko subtermalnih i termalnih izvora. Većina ovih pojava vezana je za kontakt krečnjaka sa neogenim sedimentima. Zbirni prosečni kapacitet karstnih subtermalnih i termalnih vrela iznosi 250-300 l/s. Hidrodinamičkim ispitivanjima na delovima geotermalnog rezervoara utvrđene su vrednosti vodoprovodnosti srednjotrijaskih krečnjaka sa prosečnom vrednošću od oko 4x10⁻³ m²/s.

Procena geotermalne potencijalnosti izvršena je primenom zapreminske metode, koja se zasniva na proračunu sadržaja geotermalne energije u posmatranoj zapremini stene, tj. u posmatranom terenu. Usvojeni faktor obnavljanja hidrogeotermalnih sistema (Rg) je 1%. Rezultat proračuna je konduktivni potencijal - procenjena količina uskladištene toplotne energije. Dalji proračun geotermalne potencijalnosti vršen je za izdvojene perspektivne zone, tj. izvršen je proračun raspoložive toplotne energije koja se može dobiti iz geotermalnih voda. U proračunu figurira količina geotermalnih voda, specifična toplota vode i ostvarena temperaturna razlika.

Rezultati proračuna interpretirani su kroz uporednu analizu toplotnih potreba korisnika na teritoriji grada Valjeva. Toplotne potrebe korisnika sagledane su za objekte koji su priključeni na daljinski sistem grejanja u gradu Valjevu. U zavisnosti od zone, pokrivanje toplotnih potreba iz geotermalnih resursa se kreće u opsegu od 25% do 100%.

ZAHVALNOST

Istraživanja geotermalne potencijalnosti valjevsko-mioničkog basena realizovana su u okviru "Studije geotermalna potencijalnost grada Valjeva", finansirane od strane kompanije Euro Lithium Balkan d.o.o. - ELB.

LITERATURA

- D'AMORE, F., SCANDIFFIO, G., PANICHI, C., 1983: Some Observation on the Chemical Classification of Ground Water. – *Geothermics*, 12/2-3, 141 – 148
- DIMITRIJEVIĆ M.D., 1995: *Geologija Jugoslavije*. Geoinstitut, Barex, 1-205, Beograd.
- FILIPOVIĆ I, MARKOVIĆ B, PAVLOVIĆ Z, RODIN V MARKOVIĆ O, 1978: Tumač za osnovnu geološku kartu 1:100 000, List Gornji Milanovac L-34-137. Savezni Geološki zavoda, Beograd.
- FILIPOVIĆ I, PAVLOVIĆ Z, MARKOVIĆ B, RODIN V MARKOVIĆ O, GAGIĆ N, ATIN B, MILIĆEVIĆ M, 1978: Osnovna geološka karta 1:100 000, List Gornji Milanovac L-34-137. Savezni Geološki zavoda, Beograd.
- KARAMATA, S., 2006: The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In A.H.F. Robertson & D. Mountrakis (Ed.), *Tectonic development of the Eastern Mediterranean region* (pp. 155–178). Geological Society London, Special Publication, 260.
- MAROVIĆ M, TOLJIĆ M, RUNDIĆ LJ, MILIVOJEVIĆ J, 2007. *Neoalpine Tectonics of Serbia*. Serbian Geological Society, Ser. Monographies, Belgrade. 87 p. and map.
- MILOJEVIĆ N, 1959: *Geologija i hidrogeologija terena južno od Valjeva*. Rasprave zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije. Rasprava VIII, 1-120, Beograd.
- MILIVOJEVIĆ M, 1989: *Ocena geotermalnih resursa teritorije SR Srbije van teritorija SAP*. Doktorska disertacija odbranjena na RGF u Beogradu. Beograd, 459.
- MOJSILOVIĆ S, FILIPOVIĆ I, BAKLAJIĆ D, ĐOKOVIĆ I, NAVALA M, 1975: Osnovna geološka karta, List Valjevo, L-34-136, 1:100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- MOJSILOVIĆ S, FILIPOVIĆ I, ABRAMOVIĆ V, PEJOVIĆ D, TOMIĆ R, BAKLAJIĆ D, ĐOKOVIĆ I, NAVALA M, 1975: Tumač za Osnovnu geološku kartu, List Valjevo, L-34-136, 1:100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- OBRADOVIĆ J, VASIĆ N, 2007: *Neogene lacustrine basins from Serbia*. Serbian Academy of Science and Arts, Monographs, vol. DCLXII, Department of Mathematics, Physics and Geosciences, book 3, 312 p.
- PERIĆ I DR., 1982: *Projekat istražno-eksploatacionog bunara IEBP-1 kod arteske bušotine Mi-2 u dolini reke Lepenice radi obezbeđenja vode za vodosnabdevanje Mionice*. Fond stručnih dokumenata OOUR Grupa za hidrogeologiju, RGF, Beograd
- SIMIĆ M, 1990: *Višenamensko korišćenje voda karstnih izdani u području Valjevsko- Mioničkog karsta*. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- STEVANOVIĆ P, 1957: *Prikaz geološke karte lista "Valjevo" 1 (razmera 1:50 000)*. Zapisnici srpskog geološkog društva za 1955. godinu, 141-148, Beograd.
- SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., GEORGIEV, N., KOUNOV, A., MAŢENCO, L., NIEVERGELT, P., OBERHÄNSLI, R., PLEUGER, J., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TOMLJENOVIC, B., USTASZEWSKI, K., AND VAN HINSBERGEN, D.J.J., 2020: *Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey*. *Gondwana Research*, 78, 308-374.