

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

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Organizacioni sekretari:

Nevena Savić, dipl. inž.

Đuro Milanković, dipl. inž.

Članovi:

- 1. Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.*
- 2. Prof. dr Olivera Krunić, dipl. inž.*
- 3. Dr Vladimir Beličević, dipl. inž.*
- 4. Dr Milovan Rakijaš, dipl. inž.*
- 5. Mihajlo Mandić, dipl. inž.*
- 6. Zoran Danilović, dipl. inž.*
- 7. Dragan Mitrović, dipl. inž.*
- 8. Nenad Toholj, dipl. inž.*
- 9. Vladan Kocić, dipl. inž.*
- 10. Dejan Drašković, dipl. inž.*
- 11. Ivan Đokić, dipl. inž.*
- 12. Zorica Vukičević, dipl. inž.*
- 13. Ivana Demić, dipl. inž.*
- 14. Neda Dević, dipl. inž.*
- 15. Uroš Urošević, dipl. inž.*
- 16. Tibor Slimak, dipl. inž.*
- 17. Dušan Đurić, dipl. inž.*
- 18. Mihajlo Kurela, dipl. inž.*

NAUČNI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Članovi:

- 1. Prof. dr Nenad Banjac, dipl. inž.*
- 2. Prof. dr Adam Dangić, dipl. inž.*
- 3. Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.*
- 4. Prof. dr Budimir Filipović, dipl. inž.*
- 5. Prof. dr Nadežda Dimitrijević, dipl. inž.*
- 6. Prof. dr Borivoje Mijatović, dipl. inž.*
- 7. Prof. dr Milan Dimkić, dipl. inž.*
- 8. Prof. dr Mićko Radulović, dipl. inž.*
- 9. Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*
- 10. Prof. dr Slobodan Vujasinović, dipl. inž.*
- 11. Prof. dr Vojislav Tomić, dipl. inž.*
- 12. Prof. dr Milojko Lazić, dipl. inž.*
- 13. Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.*
- 14. Prof. dr Ivan Matić, dipl. inž.*
- 15. Prof. dr Mihailo Milivojević, dipl. inž.*
- 16. Prof. dr Milenko Pušić, dipl. inž.*
- 17. Prof. dr Petar Papić, dipl. hem.*
- 18. Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.*
- 19. Dr Milenko Vasiljević, dipl. inž.*
- 20. Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl. inž.*

REDAKCIONI ODBOR:

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Doc. dr Vesna Ristić-Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Doc. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

SADRŽAJ

JEDINA 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, Dordžije 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

Efekti 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
---	-----

Neven Matić, Slobodan Vujasinović, Stanko Sorajić, Nenad Marić, Dušan Drašković, Slobodan Ćurčić, Nikola Vulić	
Očuvanje podzemnih vodnih resursa kod korišćenja subgeotermalne energije na Novom Beogradu.....	145
Alma Vranješ	
Procena hidrogeotermalnog potencijala uže teritorije grada Beograda.....	149
Alma Vranješ, Bojan Dončev	
Uticaj 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
Renid 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
Ilina 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

Upporedni 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.....	435
---	-----

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.....	441
--	-----

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

Djurdjica 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..... 609

Marija Ćuk, Maja Todorović, Jana Stojković

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

Đorđe Tonić

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

Jasmina Milosavljević

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

Martina Ćokorilo

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 ofiolitima i masivima
Dinarida i Vardarske zone..... 637**PROSTOR ZA SPONZORE**

OČUVANJE PODZEMNIH VODNIH RESURSA KOD KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE NA NOVOM BEOGRADU PRESERVATION OF GROUNDWATER RESOURCES IN SUBGEOTHERMAL ENERGY USE IN NOVI BEOGRAD

Ivan Matic¹, Slobodan Vujasinović², Stanko Sorajić³, Nenad Marić⁴,
Dejan Drašković⁵, Slobodan Ćurčić⁶, Nikola Vulić⁷

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

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

³Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: sorajicstanko@yahoo.com

⁴Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: neshia_maric@yahoo.com

⁵PFB, Vase Ćarapića 2, 11 000 Beograd

⁶PFB, Vase Ćarapića 2, 11 000 Beograd, E-mail: vulic@pfb.rs

APSTRAKT: Izgradnja stambeno poslovnog kompleksa "West 65" na Novom Beogradu predviđa korišćenje subgeotermalne energije iz podzemnih voda temperature oko 14 °C iz savskog aluvijona. Da bi se zadovoljila potreba za energijom od 1,5 MW koja je potrebna za hlađenje i grejanje stambenog dela kompleksa površine od 50 000 m², potrebno je obezbediti podzemne vode kapaciteta 40 l/s. Rad tretira probleme oko obezbeđenja ovih količina podzemnih voda sa površine placa od 3,06 ha, kao i način vraćanja ovih voda upojnim bunarima, kako bi ova energija dobila epitet zelena.

Ključne reči: podzemna voda, subgeotermalna energija, aluvijon Save, zelena energija

ABSTRACT: Construction of residential and office complex "West 65" in Novi Beograd anticipates subgeothermal groundwater energy consumption from the alluvium of the river Sava and water temperature about 14 °C. To satisfy cooling and heating energy requirement of 1,5 MW, needed for cooling and heating the residential part of the complex with the surface area of 50 000 m², it is necessary to supply groundwater capacity of 40 l/s. The work describes problems of supplying this groundwater quantity from a lot with the surface area of 3,06 ha, as well as the ways of returning this water to injection wells in order to be able to describe this energy as green one.

Key words: groundwater, subgeothermal energy, alluvium of the river Sava, green energy

1. Uvod

Izuzetan porast u potrebama za energijom od strane domaćinstava, poljoprivrede i industrijskog sektora imaju za posledicu ogromnu potrošnju neobnovljivih resursa, što je rezultiralo problemima zagađenja životne sredine, globalnim zagrevanjem, kao i brzim iscrpljivanjem fosilnih goriva u dvadeset prvom veku (Sheffield, 1997).

Shodno tome, obnovljivi izvori energije i čista energija su u suštini potrebni za borbu protiv klimatskih promena obezbeđujući istovremeno porast sigurnosti snabdevanja. Solarna energija, snaga vetra, snaga plime i oseke, energija biomase, i geotermalna toplotna predstavljaju alternativu fosilnim gorivima, pa se očekuje da će upotreba ovih izvora energije smanjiti emisiju CO₂ u atmosferu, brzinu globalnog zagrevanja, kao zagađenje životne sredine (IEA, 2006).

Tradicionalni načini grejanja imaju veoma nizak stepen korisnosti od 0,6 do 0,9; jer veliki deo toplote odlazi sa produktima sagorevanja, potreban je veliki prostor za skladištenje fosilnih goriva i oslobađa se ogromna količina produkata sagorevanja (zagađivača) (Karić M., Blagojević R., Škundrić N., 2007).

Za potrebe preduzeća "Agro Development" i "Farley Investors" u Bloku 65 na Novom Beogradu, neophodno je obezbediti adekvatne količine vode za potrebe grejanja i hlađenja (oko 40 l/s) u završnoj fazi gradnje poslovno stambenog kompleksa, dok je za prvu fazu neophodno obezbediti 10 l/s. S obzirom da se radi o značajnim količinama i kvalitetu, navedeno preduzeće je krenulo u realizaciju hidrogeoloških istraživanja sa ciljem zahvatanja podzemnih voda pomoću sopstvenih bušenih bunara. U prvoj fazi izbušen je jedan bunar i jedan pijezometar, na osnovu koga su dobijeni hidrogeološki parametri i karakteristike sredine, pa će se nakon utvrđenih i odbranjanih rezervi nastaviti sa izvođenjem drugih vodozahvatnih objekata kako budu napredovale faze gradnje. Mada nije zakonska obaveza, s obzirom da se radi o značajnom kapacitetu podzemnih voda, a da je lokacija u okviru beogradskog izvorišta, u dogovoru sa investitorom, kao krajnje tehničko rešenje prihvaćeno je vraćanje podzemnih voda u izdan što je u potpunosti u duhu održivog razvoja.

2. Opšti prikaz područja istraživanja

Samo istražno područje, sa geološkog aspekta karakteriše prisustvo nekoliko litostratigrafskih članova čija se starost kreće u rasponu od gornjeg pleistocena do holocena. U okviru ovih sedimenata javljaju se peskovi, alevritski peskovi, lesoidne gline, peskovite prašine, peskoviti šljunak, peskovito-glinovite prašine, pesak i šljunak i glinovite prašine. Naslage peskova i šljunkova, karakteriše međuzrnska, ili intergranularna poroznost, koja omogućava formiranje zbijenog tipa izdani. Peskovito glinovite i glinovite prašinate naslage su uslovno "bezdvodni" delovi terena.

Na osnovu geološke građe terena, odnosno zastupljenih litostratigrafskih jedinica i njihovog strukturnog tipa poroznosti, kao i hidrodinamičkih uslova, na užem području istraživanja mogu se izdvojiti sledeći tipovi izdani: zbijeni tip izdani formiran u okviru peskovito-šljunkovitih sedimenata i uslovno "bezdvodni" delovi terena.

Istražno-eksploatacioni bunar B-1, bušen je grajferom prečnika ϕ 800 mm. Eksploataciona kolona je prečnika ϕ 315 mm (PVC 10 bar). Filteri su ugrađeni na dubini od 16-22 i 24-27 m (perforacija sa sitom 0,8x0,8 mm), dok je taložnik postavljen na dubini od 27-29 metara. U istražno-eksploatacioni bunar ugrađen je kvarcni granulati prečnika ϕ 1-3 mm od 3-29 m, glineni tampon je u intervalu od 0-3 metra. Bunarom je dobijeno 10 l/s, za depresiju od 7,05 metara. Dinamički nivo u bunaru je 12,74 metara.

Izbor tehnologije bušenja i konstruktivnih karakteristika bunara je takav da obezbedi sa jedne strane stabilno vodosnabdevanje, a sa druge duži vek samog objekta.

3. Analiza uštede energije pri korišćenju toplotne pumpe voda-voda (I faza-15000 m²)

Za potrebe hlađenja i grejanja projektovana je toplotna pumpa Voda-Voda sledećih karakteristika:

Letnji režim

Rashladni kapacitet	$Q_h=535,2$ kW
Temperatura hladne vode	$t_1/t_2=7/12$ °C
Temperatura rashladne vode	$t_3/t_4=25/31$ °C
Temperatura bunarske vode	$t_5/t_6=13,8/29$ °C
Protok bunarske vode	$Q=10,0$ l/s
Apsorbovana električna snaga	$N=103,6$ kW

Zimski režim

Grejni kapacitet	$Q_h=428$ kW
Temperatura tople vode	$t_1/t_2=39,8/45$ °C
Temperatura rashladne vode	$t_3/t_4=5/9$ °C
Temperatura bunarske vode	$t_5/t_6=13,8/6,7$ °C
Protok bunarske vode	$Q=10,0$ l/s
Apsorbovana električna snaga	$N=129$ kW

U periodu hlađenja iz 1 kW električne energije se dobija 5,1 kW (COP faktor 5,1) rashladne energije a u periodu grejanja iz 1 kW električne energije 3,3 kW toplotne (COP faktor 3,3). Zahvaljujući navedenim činjenicama moguće je ostvariti sledeće energetske uštede:

Period grejanja

Za grejni period od 180 dana po 16 sati dnevno, i prosečnu časovnu potrebu za grejanjem od 320 kW, ukupna potrebna toplotna energija iznosi:

$$E_1=320 \times 180 \times 16=921600 \text{ kWh}$$

Za to je potrebno utrošiti električnu energiju (usvojen COP faktor 3) :

za rashladnu mašinu	$E_m=320/3 \times 180 \times 16=307200$ kWh
za bunarsku pumpu N=15 kW	$E_p=15 \times 180 \times 16=43200$ kWh
UKUPNO:	$E_2=350400$ kWh

Ukupna ušteda električne energije za prvu etapu u grejnoj sezoni iznosi:

$$E=E_1-E_2=921600-350400=571200 \text{ kWh za grejnu sezonu.}$$

Period hlađenja

Ukoliko bi se koristili klasični split sistemi za hlađenje što je najčešći slučaj u stambenim zgradama (njihov COP iznosi oko 3) i ukupni potreban prosečni časovni rashladni kapacitet $Q_n=350$ kW za period hlađenja od 4 meseca po 16 sati dnevno dobijamo:

sa rashladnom mašinom	$E_m=350/5 \times 120 \times 16=134400$ kWh
Rashladna mašina	$E_{cp}=11 \times 120 \times 16=21120$ kWh
Cirkulacione pumpe	$E_{bp}=15 \times 120 \times 16=28800$ kWh
Bunarska pumpa	
UKUPNO:	184320 kWh

Sa split sistemima:

$$E_{ss}=350/3 \times 120 \times 16=224000 \text{ kWh}$$

Ukupna ušteda električne energije u periodu hlađenja je

$$E=224000-184320=39680 \text{ kWh}$$

Grejna površina koja će se grijati u I fazi je 15000 m^2 . Ukupna potrebna energija za ovog prostora iznosi 320 kW, dok radni sati grejanja na godišnjem nivou iznose 2880 (180×16) h. Na osnovu svega utvrđeno je da godišnja potreba za energijom stambenog kompleksa iznose 921600 kWh.

Tabela 1. Prikaz uštede i poređenje cena grejanja toplotnom pumpom sa drugim vidovima grejanja

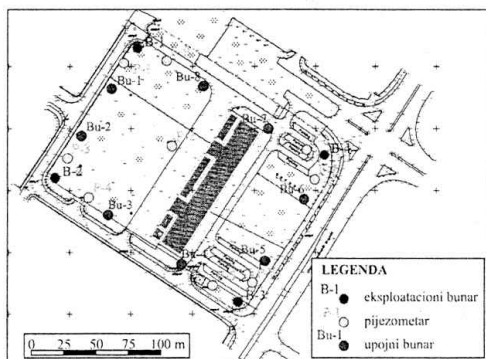
Table 1. Savings survey and cost comparison for heat pump systems and other types of heating systems

Vrsta grejanja	Sadržaj energije u jediničnoj meri	Potrebne količine za godinu dana	Jedinična cena	Jedinična mera	Cena grejanja za godinu dana (din.)	Ušteda u poređenju sa grejanjem na toplotnu pumpu (din.)
Daljinsko grejanje		15000 m ²	1079,45	din/m ² /god	16.191.750,00	14.352.150,00
Prirodni gas	9,26-11,49	92160 m ³	37,8	kWh/m ³	3.483.648,00	1.644.048,00
Lož ulje	10,3	89476 l	93,8	kWh/l	8.392.823,30	6.553.223,30
Toplotna pumpa		350400 kWh	5,25	kWh	1.839.600,00	0,00

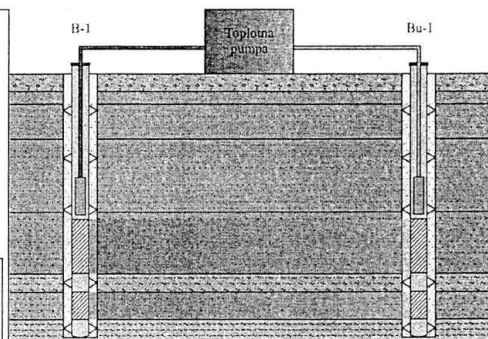
Kao što se može videti iz tabela 1, sa ovog izvorišta moguće je ostvariti uštede na godišnjem nivou u poređenju sa grejanjem uz korišćenje toplotnih pumpi, od 1.644.048,00 dinara za grejanje na prirodni gas do čak 14.352.150,00 dinara za daljinsko grejanje (posmatrano za 2011. godinu). Uložena sredstva će se relativno brzo vratiti, a u narednom periodu biće neophodna i za održavanje složenog sistema velikog broja bunara na malom prostoru.

4. Vraćanje podzemnih voda upojnim bunarima

Na osnovu istraživanja koja su u toku (izrada hidrodinamičkog modela i dr.), predviđa se da će za potrebe vraćanja podzemnih voda u kaptiranu izdan nakon "oduzimanja" temperature biti neophodno 8 bunara. Rastojanje između eksploatacionih i upojnih bunara će biti od 40-60 metara. Na slici 1 dat je raspored bunara na istražnom području. Uz korišćenje frekventnih regulatora i instalacija koje će biti bezvazdušne (eksploatacioni bunar-toplotna pumpa-upojni bunar) uspostaviće se kontrolisan sistem. Predviđa se da će konstrukcijske karakteristike eksploatacionih i upojnih bunara biti iste, iz razloga da mogu da menjaju uloge, kako bi se na ovaj način omogućio njihov duži vek. Na slici 2 dat je šematski prikaz budućeg sistema korišćenja.



Slika 1. Šematski prikaz rasporeda eksploatacionih i upojnih bunara na istražnom području
Figure 1. Survey of disposition of production and injection wells on exploratory field



Slika 2. Šematski prikaz budućeg sistema korišćenja subgeotermalne energije
Figure 2. Survey of future use of subgeothermal energy

5. Zaključak

Geološka, hidrogeološka i druga istraživanja koja su u prethodnoj godini izvedena u zoni izvorišta firmi "Agro Development" i "Farley Investors" u Bloku 65 na Novom Beogradu, imala su za cilj obezbeđivanje neophodnih količina kvalitetnih podzemnih voda za potrebe korišćenja subgeotermalne energije iz aluvijalnih naslaga reke Save, u zoni dela beogradskog izvorišta. Sadašnja istraživanja su usmerena ka definisanju uslova eksploatacije iz jednog i nalivanja u dva bunara, istih konstruktivnih karakteristika, uz upotrebu operativne automatike, vezano za I-u fazu izgradnje kompleksa. U narednom periodu, sa završetkom kompleksa, uspostaviće se kompletan sistem sa 12 bunara i njihovim grupnim radom. Idući ka Evropskoj regulativi koja podrazumeva obavezno vraćanje podzemnih voda u izdan, na ovaj način očuvajuće se podzemni vodni resursi u toku korišćenja subgeotermalne energije na Novom Beogradu. Ovaj vid korišćenja podzemnih voda treba da postane uobičajena praksa, koju treba i Zakonom definisati.

Literatura

- IEA (International Energy Agency) (2006) *World Energy Outlook*, Paris, France
- KARIĆ M., BLAGOJEVIĆ R., ŠKUNDRIĆ N., 2007: *Ekonomičnost geotermalne toplotne pumpe u sistemu podnog grejanja, Savremena poljoprivredna tehnika Cont. Agr. Engng. Vol. 33, No. 1-2, 447-455, Novi Sad*
- MATIĆ I., 2010: *Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe višenamenskog korišćenja podzemnih voda u bloku 65 na Novom Beogradu*
- MATIĆ I., 2010: *Elaborat o rezervama podzemnih voda na izvorištu firme "Agro Development" i "Farley Investors" u Bloku 65 na Novom Beogradu, Beograd*
- SHEFIELD J., 1997: *The role of energy efficiency and renewable energies in the future world energy market. Renew Energy 10:315-318. doi:10.1016/0960-1481(96)00084-5*
- ŠAMŠALOVIĆ S., 2009: *Toplotna pumpa tehnologija održive proizvodnje energije, Beograd*