

Факултет: Рударско-геолошки

(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Ане (Миодраг) Врањеш, дипл. инж. геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ

Ана (Миодраг) Врањеш, дипл. инж. геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИ РЕСУРСИ ТЕРИТОРИЈЕ ГРАДА БЕОГРАДА“

Научна област: Геологија

Студијски програм: Хидрогеологија

Универзитет је дана 07.02.2011.

својим актом под бр.

02 број:06-4089/29-11

дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила:

„ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИ РЕСУРСИ ТЕРИТОРИЈЕ ГРАДА БЕОГРАДА“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

Ане (Миодраг) Врањеш, дипл. инж. геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној

20.09.2012. год.

, одлуком факултета под бр.

1/135

, у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

1. др Дејан Миленић, ван. проф.

Хидрогеоекологија

2. др Зоран Стевановић, ред. проф.

Водоснабдевање и менаџмент подземних вода

3. др Веселин Драгишић, ред. проф.

Водоснабдевање и менаџмент подземних вода

4. др Мирко Коматина, ред. проф. Универзитета у Београду – Машински факултет

Термомеханика

5. др Милица Јовановић Поповић, ред. проф. Универзитета у Београду – Архитектонски факултет

Архитектонске конструкције и еколошко
пројектовање и грађење

6. др Драгослав Шумарац, ред. проф. Универзитета у Београду – Грађевински факултет - Техничка механика

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 18.10.2012.

В.Д. ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедба било.

Проф. др Владица Цветковић

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 117. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 27. Правилника о студирању на докторским студијама и стицању звања доктора наука, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 18.10.2012. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Ане Врањеш**, дипл. инж. геологије, под насловом „*Хидрогеотермални ресурси територије града Београда*“, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 07.02.2011. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Milenic, D., Vasiljevic, P., Vranjes, A., 2010: *Criteria for Use of groundwater as renewable energy source in geothermal heat pump systems for building heating/cooling purposes*, Energy and Buildings, 42, 649-657, Elsevier DOI:10.1016/j.enbuild. 2009.11.002, ISSN 0378-7788
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Дејан Миленић, ванр. проф.; др Зоран Стевановић, ред. проф.; др Веселин Драгишић, ред. проф.; др Мирко Коматина, ред. проф. Универзитета у Београду – Машински факултет; др Милица Јовановић Поповић, ред. проф. Универзитета у Београду – Архитектонски факултет; др Драгослав Шумарац, ред. проф. Универзитета у Београду – Грађевински факултет.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

В . Д . Д Е К А Н

др Владица Цветковић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
RUDARSKO-GEOLOŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Odlukom Nastavno-naučnog veća RGF od 20.09.2012. (br. 1/135), određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata **Ane Vranješ**, dipl. inženjera geologije, sa odobrenom temom pod nazivom „**Hidrogeotermalni resursi teritorije grada Beograda**“.

Na osnovu pregleda doktorske disertacije Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Rudarsko-Geološkog fakulteta sledeći

**I Z V E Š T A J
o urađenoj doktorskoj disertaciji**

1. UVOD

Doktorska disertacija kandidata **Ane Vranješ**, dipl. inženjera geologije, pod nazivom "**Hidrogeotermalni resursi teritorije grada Beograda**" napisana je u skladu sa uputstvom za formiranje repozitorijuma doktorskih disertacija, donešenog od strane Senata Univerziteta u Beogradu dana 14.12.2011. godine, a na osnovu člana 55. Statuta Univerziteta u Beogradu ("Glasnik Univerziteta u Beogradu ", br. 131/06, 140/08, 143/08, 150/09 i 160/11), u skladu sa članom 30. Pravilnika o doktorskim studijama koje organizuje i izvodi Univerzitet u Beogradu ("Glasnik Univerziteta u Beogradu", br. 155/10).

Doktorska disertacija sadrži naslovnu stranu na srpskom jeziku, u skladu sa formom disertacije, zatim naslovnu stranu na engleskom jeziku, stranu sa informacijama o mentoru i članovima komisije, uključujući zvanje, naučnu oblast iz koje je mentor/član komisije izabran u zvanje, titulu, ime i prezime, naziv univerziteta i fakulteta, te strane sa izjavama zahvalnosti i strane sa podacima o doktorskoj disertaciji:

- naslov doktorske disertacije,
- rezime na srpskom jeziku, napisan na 4 stranice,
- rezime na engleskom jeziku, napisan na 4 stranice,
- 7 ključnih reči na srpskom i engleskom jeziku
- naučnu oblast: geološko inženjerstvo
- užu naučnu oblast: hidrogeologija
- UDK broj: 553.065/.78: 556/550.36 (497.111) (043.3)

Nakon stranica sa podacima o doktorskoj disertaciji priložen je sadržaj disertacije koji prikazuje numeraciju teksta rada po poglavljima. Tekst disertacije napisan je na 617 stranica teksta formata A4 sa marginama 30 mm, podeljen u logične celine poštujući maksimalni broj znakova, odnosno redova po jednoj stranici teksta. U okviru teksta prikazano je 279 slika i 161 tabela.

Disertacija je podeljena na 32 poglavlja, u deset velikih celina, od kojih literatura čini celinu 9 i biografija autora celinu 10. Literatura sadrži ukupno 227 bibliografskih jedinica, podeljenih na publikovanu, fondovsku i internet literaturu. Biografija autora priložena je na jednoj stranici teksta, nakon čega slede potpisana izjava o autorstvu, zatim potpisana izjava da su obe verzije, štampana i elektronska, istovetne i potpisana izjava kojom se ovlašćuje Univerzitetska biblioteka "Svetozar Marković" da disertaciju čuva u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu. U navedenoj izjavi autor disertacije se odlučio za Autorstvo–nekomercijalno–bez prerade ("dozvoljava umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela").

Deo doktorske disertacije čine 3 priloga, koji nisu deo integralnog teksta već su dodatno priloženi, s obzirom da su štampani na formatu A0. Prilozi su označeni kao Prilog 1–Geološka karta teritorije grada Beograda, Prilog 2– Hidrogeološka karta grada Beograda i Prilog 3– Karta geotermalne potencijalnosti uže teritorije grada Beograda.

1.1. Hronologija odobravanja teme doktorske disertacije

Doktorand Ana Vranješ upisana je na doktorske studije u školskoj godini 2007/2008, na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, po završetku osnovnih studija hidrogeologije. Doktorske studije pohađa prema novom programu usklađenim sa "bolonjskim" principima. Odlične rezultate u radu na osnovnim studijama doktorand postiže i tokom trogodišnjeg programa na doktorskim studijama, položivši sve ispite predviđene Statutom i nastavnim planom sa prosečnom ocenom 10.0.

Tokom prve godine doktorskih studija izradom Projekta doktorske disertacije i javnom odbranom istog, definisana je predmetna oblast istraživanja i tema, i na osnovu toga formirana osnovna struktura disertacije. Kroz izradu seminara, zatim praktičnih i naučno istraživačkih radova tema disertacije je potvrđena, a zvanični predlog teme za izradu disertacije doktorand je podneo u decembru mesecu 2010. godine.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta utvrđena je šestočlana Komisija za ocenu podobnosti teme i kandidata u istom sastavu koji čine i članovi za izradu ovog Izveštaja. Pozitivni zveštaj komisije usvojen je na sednicama NNV RGF

(br. 1/404 od 24.12.2010.), a zatim i od strane Veća tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu (br. 1/32 od 11.02. 2011.).

Za mentora je određen dr Dejan Milenić, van. prof. na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta. Po završetku disertacije, u septembru mesecu 2012. godine, doktorand podnosi molbu za imenovanje Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije, a koja je imenovana na sednici NNV RGF, održanoj 20.09.2012. godine (br. 1/135), u sledećem sastavu:

1. dr Dejan Milenić, van. prof. –Rudarsko-geološki fakultet
2. dr Zoran Stevanović, red. prof.– Rudarsko-geološki fakultet
3. dr Veselin Dragišić, red. prof.– Rudarsko-geološki fakultet
4. dr Mirko Komatina, red. prof.–Mašinski fakultet
5. dr Milica Jovanović-Popović, red. prof.–Arhitektonski fakultet
6. dr Dragoslav Šumarac, red. prof.–Građevinski fakultet

1.2. Mesto disertacije u sistemu naučnih oblasti

Disertacija po svom sadržaju pripada tehničkim naukama i naučnoj oblasti geološko inženjerstvo, u širem smislu. U užem smislu pripada oblasti hidrogeologija (podoblast - hidrogeoeкологија). Specijalistički segment kojim se disertacija bavi je geotermalna energija, odnosno istraživanje i evaluacija hidrogeotermalnih sistema i resursa.

1.3. Biografski podaci o doktorandu

Ana Vranješ je rođena 18. maja 1982. godine u Zemunu. Od 1997. do 2001. godine pohađa Zemunsku gimnaziju. Godine 2001. upisuje Rudarsko-geološki fakultet i diplomira u roku, 21.02.2007. godine, na Departmanu za hidrogeologiju sa prosečnom ocenom 8.6 (38 ispita), odnosno uskostručnim prosekom 9.0 (22 ispita).

Od 2005. do 2007. godine angažovana je kao student saradnik na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta, a po diplomiranju biva angažovana kao stručni saradnik (do upisa doktorskih studija). Doktorske studije upisuje 2007. godine na Rudarsko-geološkom fakultetu iz oblasti hidrogeologije (doktor nauka-geološko inženjerstvo) i postaje stipendista-doktorand Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u periodu januar 2008.-februar 2011. godina.

Od 2008. godine angažovana je u održavanju vežbi na Departmanu za hidrogeologiju iz predmeta *Projektovanje u hidrogeologiji* i iz predmeta *Geotermologija*, a od školske 2010/2011 godine učestvuje u održavanju vežbi iz predmeta *Istraživanje i*

eksploatacija geotermalne energije i iz predmeta Geotermalni resursi i hidogeotermalni sistemi.

U cilju stručnog i naučnog usavršavanja od 2007. do 2012. godine doktorand Ana Vranješ učestvovala je na velikom broju međunarodnih i nacionalnih skupova (International Association of Hydrogeologists IAH - dva puta, American Water Resources Association AWRA tri puta, World Renewable Energy Congress WREC, XV geološki kongres Srbije, XIV Srpski Simpozijum o hidrogeologiji itd.) kao i većem broju workshop radionica (UNDP Technical workshop, Galillee College workshop, International Karstological School).

Ana Vranješ je član Srpskog geološkog društva (SGD), Inženjerske komore Srbije (IKS), Internacionalne asocijacije hidrogeologa (IAH) i Američke asocijacije vodnih resursa (AWRA).

U periodu 2007-2012. doktorand Ana Vranješ bila je angažovana je na više nacionalnih i bilateralnih projekata koji su tretirali problematiku istraživanja i ocene geotermalnih resursa, i to:

- Projektu osnovnih istraživanja Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: „*Istraživanje, ocena i značaj podzemnih vodnih resursa u konceptu održivog razvoja*“ (ON 146018)
- Projektu tehnološkog razvoja Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: „*Optimizacija energetskog iskorišćavanja subgeotermalnih vodnih resursa*“ (TR 18008)
- Projektu bilaterale finansiranom od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Srbije i Slovenije: „*Groundwaters of Serbian and Slovenian Dinaric karst – Comparison of current status, use, vulnerability and perspectives*“
- Projektu tehnološkog razvoja Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: „*Istraživanje i primena obnovljivih subgeotermalnih podzemnih vodnih resursa u konceptu povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu*“ (TR 33053)

Doktorand Ana Vranješ je autor i koautor 26 radova, od kojih je rad "*Criteria for Use of groundwater as renewable energy source in geothermal heat pump systems for building heating/cooling purposes*" 2010. godine objavljen u vodećem međunarodnom SCI časopisu "Energy and buildings" (IF 2.809).

U svom dosadašnjem radu Ana Vranješ je bila autor i koautor na preko 50 projekata detaljnih hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja, učestvovala je na izradi 10

Elaborata o rezervama podzemnih voda i geotermalne energije i na izradi većeg broja Studija opravdanosti korišćenja hidrogeotermalne energije za potrebe grejanja/hlađenja objekata, Studija opravdanosti supstitucije fosilnih energenata korišćenjem hidrogeotermalne energije, kao i na izradi studija ocene resursa podzemnih voda i mogućnosti višenamenskog korišćenja. Teritorijalno posmatrano, istraživanja je pored teritorije grada Beograda, izvodila i u opštinama Kraljevo, Kruševac, Aleksandrovac, Čičevac, Nova Varoš, Čajetina, Čačak, Trstenik, Ljig, Sremski Karlovci, Raška, Novi Pazar.

2. OPIS DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija se sastoji iz 32 poglavlja formiranih u 10 velikih celina, od čega 8 celina čini tekst disertacije, uključujući uvodna razmatranja, zaključke i pravce daljih istraživanja, dok je u preostale 2 celine pikazana korišćena bibliografija i biografija autora.

Deset pomenutih celina, sa formirana 32 poglavlja su:

I. UVODNA RAZMATRANJA

1. Ciljevi izrade doktorske disertacije
2. Konceptija i metodologija primenjenih istraživanja

II. OPŠTE KARAKTERISTIKE TERITORIJE GRADA BEOGRADA

3. Geografski položaj teritorije grada Beograda
4. Teoretska razmatranja uticaja urbane sredine na hidrološki ciklus i na podzemne vodne resurse
5. Klimatske karakteristike teritorije grada Beograda
6. Hidrografske i hidrološke karakteristike teritorije grada Beograda
7. Geomorfološke karakteristike teritorije grada Beograda

III. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERITORIJE GRADA BEOGRADA

8. Detaljna geološka istraživanja teritorije grada Beograda

IV. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERITORIJE GRADA BEOGRADA SA ASPEKTA KORIŠĆENJA ENERGETSKOG POTENCIJALA PODZEMNIH VODA

9. Prikaz dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja
10. Podela teritorije grada Beograda po hidrogeološkim rejonima
11. Prikaz hidrogeoloških karakteristika terena po rejonima

V. RAZMATRANJA I ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA I KORIŠĆENJA HIDROGEOTERMALNIH RESURSA

12. Mesto i uloga geotermalne energije u konceptu korišćenja obnovljivih izvora energije u XXI veku
13. Aktuelna zakonska regulativa u oblasti korišćenja geotermalne energije i ostalih obnovljivih izvora energije
14. Istorijat istraživanja i korišćenja geotermalne energije u Srbiji
15. Geotermalna energija i njena klasifikacija
16. Subgeotermalni energetske resursi
17. Geotermalni resursi u užem smislu
18. Geotermalni resursi temperature preko 100° C

VI. OPTIMIZACIJA KORIŠĆENJA PODZEMNIH VODA KAO HIDROGEOTERMALNOG RESURSA

19. Korišćenje toplotnih pumpi
20. Hidrogeološki dubleti
21. Izbor materijala geotermalne/termotehničke opreme u zavisnosti od hemizma podzemnih voda
22. Korišćenje geotermalne energije u konceptu povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu u Republici Srbiji
23. Ekološki aspekti korišćenja hidrogeotermalne energije

VII. REZULTATI HIDROGEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA TERITORIJE GRADA BEOGRADA

24. Energetske potrebe i energetski bilans teritorije grada Beograda
25. Analiza geotermalnih indikatora na teritoriji grada Beograda
26. Ocena geotermalnog gradijenta i geotermalnog stepena na teritoriji grada Beograda
27. Podela hidrogeotermalnih resursa na teritoriji grada Beograda
28. Ocena postojećih hidrogeotermalnih resursa na užoj teritoriji grada Beograda
29. Energetski potencijal hidrogeotermalnih resursa uže teritorije grada Beograda
30. Hidrogeotermalni resursi teritorije Beograda van GP-a

VIII. ZAKLJUČCI I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

31. Zaključci i preporuke
32. Pravci daljih istraživanja

IX. LITERATURA

X. BIOGRAFIJA AUTORA

Sastavni deo disertacije čine i 3 Priloga:

- 1) Prilog 1. Geološka karta teritorije grada Beograda, 1: 100.000
- 2) Prilog 2. Hidrogeološka karta teritorije grada Beograda, 1:100.000
- 3) Prilog 3. Karta geotermalne potencijalnosti teritorije grada Beograda, 1:100.000

U *poglavlju I* izloženi su ciljevi izrade doktorske disertacije, koji su između ostalog podeljeni na opšte ciljeve i uže naučne ciljeve. Autor na taj način objašnjava potrebu za izradom disertacije iz oblasti geotermalne energije, njenu ulogu u XXI veku, stanje i stepen istraženosti geotermalne energije na području grada Beograda. Kroz algoritamsku formu prikazana je koncepcija i metodologija primenjenih istraživanja, a sve u cilju ocene potencijalnosti i energetske valorizacije hidrogeotermalnih resursa na području grada Beograda. Koncepcijski istraživanja su podeljena na četiri celine. Rezultati istraživanja u svakoj od pomenutih celina prikazani su i primenom *Geografskog informacionog sistema (GIS)*, čime je ostvarena interaktivna veza između velikog broja podataka.

U *poglavlju II* prikazane su opšte karakteristike istražnog terena, počevši od geografskog položaja, demografskog stanja i stepena urbanizacije na području grada Beograda preko klimatskih, hidrografskih i hidroloških karakteristika do geomorfoloških karakteristika terena. Naglašena je razlika koja postoji u urbanim i ruralnim delovima terena sa aspekta klimatskih odlika, te se kroz teoretsku analizu razmatra uticaj urbanizacije na vodni ciklus i uopšte na klimatske parametre, posebno na količinu padavina.

Geološke karakteristike područja grada Beograda analizirane su u *poglavlju III*, počevši tumačenjem glavnih istraživačkih koncepcija i usvajanjem tektonske podele terena po M. Anđelkoviću, po kome najveći deo istražnog terena pripada Šumadidima. Napravljen je osvrt na radove preko trideset istraživača koji su doprineli boljem poznavanju geološke građe i strukturno-tektonskih odnosa litofacijalnih jedinica na teritoriji grada Beograda. Hronološkim redom, počevši od najstarijih jedinica na terenu, prikazana je geološka građa. Tekstualni opis litofacijalnih jedinica na terenu prate geološki profili i fotografije karakterističnih stena različitih facija i različitih starosti. Rezultat prikaza geološke građe područja grada Beogrda jeste i *izrada digitalizovane geološke karte grada u razmeri 1: 100.000*. Geološka građa je prikazana u 3D obliku primenom već pomenute GIS tehnologije i predstavlja prvu kartu ovoga tipa za područje grada Beograda.

Jedno od glavnih poglavlja disertacije je *poglavlje IV*, jer predstavlja osnovu za kasnije izvođenje ocene geotermalne potencijalnosti područja grada. Značaj ovog poglavlja se ogleda i u prikazu *nove hidrogeološke rejonizacije* teritorije grada Beograda, kojoj prethodi rejonizacija iz 1975. godine (Milojević i dr.). Teritorija grada podeljena je na deset hidrogeoloških rejona, sa odgovarajućim podrejonima. U svakom od rejona sagledane su hidrogeološke karakteristike terena, naime, izdvojeni su tipovi izdani, sagledano je njihovo rasprostranjenje u planu i profilu, uslovi prihranjivanja i hidrodinamičke karakteristike, uslovi dreniranja i raspoložive količine podzemnih voda. U svakom od rejona sagledane su i opšte hidrohemijske odlike podzemnih voda. Na celoj teritoriji grada Beograda analizirano je preko 200 bunara, pijezometara i izvora. tekstu je prikazan veliki broj hidrogeoloških profila i karakterističnih litoloških profila

terena. Rezultat analize hidrogeoloških karakteristika istražnog terena je i *hidrogeološka karta teritorije grada Beograda u razmeri 1:100.000*. Karta je urađena primenom GIS tehnologije.

U poglavlju V autor analizira teoretske osnove geotermalne energije i njenu ulogu u XXI veku. Prikazuje osnovne podele geotermalne energije, kao i kriterijume na osnovu kojih je *klasifikovana subhidrogeotermalna energija*.

Mogućnost aplikacije i održivog korišćenja hidrogeotermalnih resursa autor analizira u poglavlju VI. Kroz prikaz principa rada *toplotnih pumpi voda-voda, načina eksploatacije podzemih voda i dispoziciju istih, karakteristike materijala geotermalne i termotehničke opreme*, te kroz analizu pojma *energetske efikasnosti zgrada*, sagledana je optimizacija korišćenja podzemnih voda kao hidrogeotermalnog resursa. Na kraju poglavlja autor sagledava tzv. *nemerljive efekte korišćenja hidrogeotermalnih resursa, odnosno ekološke aspekte korišćenja podzemnih voda*.

Ključno poglavlje u disertaciji jeste *poglavlje VII*, u kome su prikazani rezultati hidrogeotermalnih istraživanja na teritoriji grada Beograda. Sa jedne strane analizirane su *energetske potrebe i energetski bilans* užeg područja grada (teritorija generalnog urbanističkog plana), a sa druge *raspoloživi energetski potencijal hidrogeotermalnih resursa*. Kroz ocenu hidrogeotermalnih resursa autor analizira geotermalne indikatore na teritoriji grada Beograda, i vrši ocenu geotermalnog gradijenta i geotermalnog stepena. Autor definiše hidrogeotermalni sistem, hidrogeotermalne resurse i izvorište hidrogeotermalnih resursa, i njihove odnose na području grada Beograda. Izdvaja dva hidrogeotermalna sistema—*hidrogeotermalni sistem u okviru kvartarnih sedimenata i hidrogeotermalni sistem u okviru prekvartarnih sedimenata*.

U okviru izdvojenih sistema definisano je :

- rasprostranjenje sistema
- temperaturni režim sistema
- kvantifikacija hidrogeotermalnih resursa
- ograničenja u korišćenju hidrogeotermalnih resursa
- pokazni primer korišćenja hidrogeotermalnih resursa

Na kraju ovog poglavlja *raspoloživi hidrogeotermalni resursi* prikazani su kroz *energetsku potencijalnost podzemnih voda*. Rezultate hidrogeotermalnih istraživanja prati *karta geotermalne potencijalnosti teritorije grada Beograda u razmeri 1:100.000*.

Poglavlje VIII sadrži zaključke i pravce daljih istraživanja u kome autor komentariše dobijene podatke, i iznosi korake koje je neophodno preduzeti radi daljeg istraživanja hidrogeotermalne energije i povećanja učešća ovog vida obnovljivih resursa u ukupnom energetsom bilansu teritorije grada Beograda, kao i u cilju očuvanja resursa.

3. OCENA DOKTORSKE DISERTACIJE

3.1. Aktuelnost, originalnost i značaj

Problem zagađenja atmosfere sagorevanjem fosilnih goriva, porast emisije CO₂, efekat staklene bašte, proširenje ozonske rupe, menjanje klime te konstantna nestabilnost oko cena i nabavke nafte i gasa na svetskom tržištu tokom poslednjih godina, dovela je u Evropi do rapidne ekspanzije korišćenja održivih i obnovljivih energetske resursa, naročito nakon „energetske krize“ 1974. godine. Prema podacima Međunarodne agencije za energiju (IEA), zahtevi za energijom do 2035. godine dramatično će porasti sa oko 8.000 miliona tona ekvivalenata nafte (Mtoe) u 1990. godini, na skoro 18.000 Mtoe 2035. godine.

Srž aktivnosti u procesu smanjenja emisije štetnih gasova, mora biti usmeren ka supstituciji fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije. Paralelno sa tim, neophodno je sprovoditi mere smanjenja potrošnje energije i povećanja energetske efikasnosti. S tim u vezi, Evropska unija je u okviru svoje energetske politike donela tzv. „politiku 20-20-20“, odnosno set propisa kojima će se do 2020. godine u EU smanjiti za po 20% emisija štetnih gasova i potrošnja energije a povećati za isti procenta učešće obnovljivih izvora energije u energetskom bilansu.

Korišćenje najvećeg broja obnovljivih energetske resursa poput snage vetra, sunca, talasa i drugih su, međutim, i dalje generalno skupe i teško isplative investicije. Sa druge strane, *geotermalna i hidrogeotermalna energija*, predstavljaju jedinstveni izvor obnovljive energije čije su glavne prednosti u lakom načinu korišćenja uz relativno jednostavnu i jeftinu tehnologiju. Direktna upotreba geotermalne energije zabeležena je u 72 zemlje. Geotermalni izvori energije iskorišćeni su za proizvodnju električne energije već u 24 države, od čega u 5 država proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora iznosi 15-22%. Prema podacima iz 2004 godine, u svetu je upotreba geotermalne energije za proizvodnju električne energije iznosila 57 TWh/god., a za direktnu upotrebu 76 TWh/god. Razmatra se mogućnost povećanja instalisanih kapaciteta geotermalne električne energije na svetskom nivou sa sadašnjih 10 GW na 70 GW koristeći već postojeću tehnologiju, odnosno na 140 GW koristeći unapređenu, poboljšanu tehnologiju (Fridleifsson i dr., 2008).

U oblasti obnovljivih izvora energije (OIE), u okviru energetskog bilansa Republike Srbije do 2008. godine prikazivana je samo proizvodnja električne energije iz hidroelektrana. Pored hidropotencijala velikih vodenih tokova, od čega je iskorišćeni hidropotencijal oko 10.000 GWh a preostali tehnički iskoristiv hidropotencijal za gradnju objekata snage veće od 10 MW iznosi 5200 GWh godišnje, Republika Srbija raspolaže značajnim potencijalom ostalih obnovljivih izvora energije. Taj veoma značajan i iskoristiv energetski potencijal OIE u Republici Srbiji, procenjen je na preko 4,3 Mtoe godišnje - od čega se oko 2,7 miliona toe godišnje nalazi u iskorišćenju

biomase, 0,6 miliona toe godišnje u neiskorišćenom hidropotencijalu, 0,2 miliona toe godišnje u postojećim geotermalnim izvorima, 0,2 miliona toe godišnje u energiji vetra i 0,6 miliona toe godišnje u iskorišćenju sunčevog zračenja.

Iz svega navedenog jasna je aktuelnost doktorske disertacije, odnosno značaj u klasifikaciji, kategorizaciji i kvantifikaciji hidrogeotermalnih resursa na teritoriji grada Beograda. Geotermalna istraživanja su do sada, na žalost, u Srbiji imala samo pregledni karakter. Jedini doktorat do sada urađen na Rudarsko-geološkom fakultetu iz oblasti geotermalne energije koji je dao preliminarnu ocenu geotermalnog potencijala Srbije (van tadašnjih SAP) bila je disertacija prof. Milivojevića iz 1989 godine. Od tada pa do danas, nije bilo ozbiljnijeg istraživanja u ovoj naučnoj oblasti. Razlozi za to pre svega leže u činjenici da su ekonomska kriza i ostala dešavanja tokom devedesetih godina prošlog veka prekinula započeta istraživanja. Takav trend se polako prekida, i poslednjih godina dolazi do rapidnog povećanja interesovanja za oblast korišćenja geotermalnih resursa. Razlozi za to su, pre svega, praktične prirode, visoka cena energenata, neizvesnost u budućem snabdevanju istih itd. Disbalans između velikog broja konkretnih i realizovanih projekata korišćenja hidrogeotermalne energije i nepostojanja validnih podataka o raspoloživosti rezervi i resursa hidrogeotermalne energije nametnuo je potrebu za izvođenjem detaljnih hidrogeoloških i hidrogeotermalnih istraživanja.

Imajući navedeno u vidu, Uprava za Energetiku grada Beograda, odlučila je 2007. godine da finansira geotermalna istraživanja na teritoriji Beograda kako bi se sveobuhvatno i na jednom mestu našli svi podaci vezani za hidrogeotermalni potencijal celokupne teritorije grada Beograda, definisali raspoloživi resursi i utvrdio njihov potencijal. Istraživana površina od preko 3.000 km² obuhvatila je ne samo teritoriju grada obuhvaćenu generalnim planom regulacije, već i nekadašnja prigradska naselja i opštine (danas gradske opštine). Po prvi put su hidrogeotermalni resursi kvantifikovani na nivou detaljnih istraživanja, urađene su sve neophodne klasifikacije, određeni resursi i utvrđen njihov potencijal. Činjenica da se po metodologiji definisanoj u doktorskoj disertaciji do sada nije radilo, kao i predstavljeni (dobijeni) rezultati daju poseban značaj u originalnosti ovakvog istraživanja i doktorske disertacije.

Dobijeni rezultati i sačinjena metodologija istraživanja, imaju veliki značaj ne samo za stanovnike Beograda, već i šire, za ostale delove Republike Srbije, koji po ovoj shemi mogu odrediti svoje geotermalne resurse. Kao najobimniji nivo, predložena je inovirana ocena hidrogeotermalnih resursa na teritoriji cele Republike Srbije, uključujući i prostor autonomnih pokrajina koje nisu bile uključene u prvoj oceni iz 1989. godine (Milivojević, 1989).

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Autor disertacije se prilikom pisanja iste služio veoma velikim brojem publikovanih i fondovskih bibliografskih izvora, uključujući i internet kao izvor podataka. U spisku referenci ukupno je navedeno 227 bibliografskih jedinica. Dominantni su pisani izvori - publikovane i fondovske jedinice, koje u zbiru čine više od tri četvrtine literaturnih izvora (oko 200 jedinica). Internet literatura predstavlja preostalu četvrtinu. U okviru publikovane literature, aspekti koji se tiču teoretskih razmatranja primene geotermalne energije u konceptu klimatizacije objekata, toplotnih pumpi i statističkih podataka uglavnom su preuzimani iz stranih izvora. Fondovski podaci vezani su, pre svega, za geološke i hidogeološke karakteristike terena, i preuzeti su od praktično svih relevantnih institucija i kompanija koje se bave ovom delatnošću u Republici Srbiji. Posebno se apostrofira fondovska dokumentacija Departmana za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta kao vodeće istraživačke institucije iz oblasti istraživanja i eksploatacije hidrogeotermalnih resursa. Poseban kvalitet je aktuelnost literaturnih izvora, s obzirom da je najveći deo nastao poslednjih desetak godina. Nisu uočeni stari i neprovereni literaturni izvori, relevantnost korišćenih informacija je veoma kvalitetna.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda

U cilju ocene potencijalnosti i energetske valorizacije hidrogeotermalnih resursa na teritoriji grada Beograda istraživanja su bila podeljena na četiri celine:

- analiza opštih karakteristika teritorije grada Beograda
- analiza geološke i tektonske građe teritorije grada Beograda
- analiza hidrogeoloških karakteristika teritorije grada Beograda
- ocena potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa na teritoriji grada Beograda

Celina jedan obuhvatila je primenu sledećih metoda:

- klimatske metode
- hidrografske i hidrološke metode
- geomorfološke metode
- izrada hidrografske karte teritorije grada Beograda primenom GIS tehnologije u razmeri 1:100.000
- izrada trodimenzionalnog modela teritorije grada Beograda

Celina dva obuhvatila je primenu sledećih metoda:

- geološko rekognosciranje i kartiranje
- izradu geološke karte teritorije grada Beograda u razmeri 1:100 000 primenom GIS tehnologije

Geološka karta područja grada Beograda urađena je primenom GIS tehnologije u softverskom paketu ArcMap10, koristeći sledeće podloge: OGK, list Indija (L34–101), OGK, list Ali Bunar (L34–102), OGK, list Beograd (L34–113), OGK, list Pančevo (L34–114), OGK, list Obrenovac (L34–125), OGK, list Smederevo (L34–126).

Prilikom spajanja pomenutih listova uočena su izvesna neslaganja granica kartiranih jedinica, posebno između lista Beograd i lista Pančevo. Na listu Pančevo najmlađe kartirane jedinice predstavljene su lesnim naslagama, dok na susednim listovima les nije prikazan. Prilikom izrade geološke karte istražnog područja usvojena je koncepcija izrade lista Beograd.

Metodologija izrade geološke karte primenom GIS tehnologije prvi je put korišćena za celu teritoriju grada Beograda, pa je omogućen drugačiji, interaktivan pristup informacijama o geološkoj građi terena, u vidu integrisanih podataka kartiranih jedinica, njihovih tektonskih odnosa i topografskih podataka istražnog terena.

Celina tri obuhvatila je primenu sledećih metoda:

- prikupljanje, analizu i klasifikaciju literaturnih podataka
- pun obim svih hidrogeoloških metoda - izrada nove hidrogeološke rejonizacije teritorije grada Beograda
- izradu baze podataka analiziranih bunara, bušotina i izvora
- izdvajanje tipova izdani u okviru svakog hidrogeološkog rejona
- analizu izdvojenih tipova izdani prema: rasprostranjenju, uslovima prihranjivanja i filtracionim karakteristikama, uslovima dreniranja izdani i raspoloživim količinama podzemnih voda i hidrohemijskim karakteristikama podzemnih voda
- izradu hidrogeološke karte teritorije grada Beograda u razmeri 1:100.000 primenom GIS tehnologije

Područje grada Beograda podeljeno je na deset hidrogeoloških rejona i u svakom od izdvojenih rejona izvršena je klasifikacija izdani na osnovu strukturnog tipa poroznosti.

Metodologija izrade hidrogeološke karte primenom GIS tehnologije takođe je po prvi put korišćena za celu teritoriju grada Beograda. Hidrogeološka karta predstavlja jedinstvenu bazu podataka u koju su uključeni podaci grupisani u dve kategorije.

Prvu kategoriju podataka čine:

- topografski podaci
- podaci o položaju klimatoloških i padavinskih stanica
- podaci o geološkoj građi terena, hidrografska mreža terena
- podaci koji se odnose na zone izvorišta za vodosnabdevanje grada Beograda (uže gradsko područje) sa zonama sanitarne zaštite

- hidrogeološki profili uže i šire gradske teritorije
- hidrogeološke pojave i objekti
- koordinate
- litološki profi terena

Drugu kategoriju podataka čini:

- digitalni elevacioni model terena
- podaci hidrodinamičkih karakteristika izdvojenih tipova izdani

Celina četiri obuhvatila je primenu sledećih metoda:

- prikupljanje, analizu i klasifikaciju literaturnih podataka
- ocenu potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa
- klasifikaciju geotermalnih resursa
- definisanje hidrogeotermalnih sistema na teritoriji grada Beograda
- optimizaciju korišćenja podzemnih voda kao hidrogeotermalnog resursa
- analizu ekoloških aspekata korišćenja hidrogeotermalne energije
- analizu aktuelne zakonske regulativa iz domena eksploatacije podzemnih voda kao hidrogeotermalnog resursa
- izradu karte geotermalne potencijalnosti teritorije grada Beograda u razmeri 1:100. 000 sa primenom GIS tehnologije

Rezultati hidrogeotermalnih istraživanja prikazani su na karti potencijalnosti teritorije grada Beograda u razmeri 1:100 000. Karta hidrogeotermalne potencijalnosti teritorije grada Beograda predstavlja svojstvenu bazu podataka grupisanih u dve kategorije.

Prvu kategoriju podataka čine:

- podaci koji se odnose na resurs (količine, temperatura) energetski valorizovani

Drugu kategoriju podataka čine:

- podaci koji se odnose na mogućnosti i ograničenja u primeni hidrogeotermalnih resursa

3.4. Ocena primenjivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Kao što je već napomenuto, energetski potencijal OIE u Republici Srbiji je ogroman ali trenutno svakako neiskorišćen i potcenjen u svakom pogledu. U ukupnom bilansu državna predikcija o učešću geotermalnih resursa je na nivou oko 5%. Taj podatak je podložen ozbiljnoj reviziji i revalorizaciji. Kao prilog tome, upravo svedoče rezultati dobijeni istraživanjima za potrebe izrade ove doktorske disertacije. Samo za uže područje Beograda, proračunati energetski potencijal od oko 1.000 MW može da pokrije skoro polovinu baznih energetskih potreba grada.

Primenjivost ovakvih rezultata je ogromna. Zahvaljujući razvoju tehnologije toplotnih pumpi, podzemne vode niske entalpije, temperature do 30°C (subhidrogeotermalni resursi) predstavljaju ogroman energetska resurs, relativno lak za zahvatanje i korišćenje u niskotemperaturnim sistemima klimatizacije. Na osnovu te činjenice, energetska strategija razvoja grada Beograda može da dobije potpuno novu sliku, i da se ogroman broj domaćinstava uputi na korišćenje hidrogeotermalne energije za potrebe grejanja/hlađenja. Poređenja radi, u Evropskoj uniji u 2010. godini instalisani kapacitet geotermalnih toplotnih pumpi iznosio je 12.611 MWth. Broj prodatih toplotnih pumpi do 2010. godine je oko milion jedinica, a samo u toj godini oko 100.000 jedinica (Eurobserv'er, 2011). U Beogradu taj broj ne prelazi 50.

Istraživanjima su određena dva velika hidrogeotermalna sistema na užoj teritoriji Beograda:

- hidrogeotermalni sistem u okviru stena kvartarne starosti (obuhvata šljunkovito-peskovite sedimente sa *Corbicula Fluminalis* i kvartarne peskove bez *Corbicula Fluminalis*)
- hidrogeotermalni sistem u okviru stena prekvartarne starosti (obuhvata pliocenske i sarmatske peskove, krečnjake tortonske i sarmatske starosti i krečnjake kredne starosti).

Područja koja su posebno interesantna sa ovog aspekta, poput Zemuna, Novog Beograda, leve obale Dunava i centralnog gradskog jezgra sa Dedinjem i Topčiderskim brdom, kategorisana su i detaljno naglašena na karti geotermalnog potencijala.

Tokom izrade doktorske disertacije, već su korišćeni podaci dobijeni istraživanjima za potrebe otvaranja određenog broja geotermalnih izvorišta. U svakom od realizovanih slučajeva, ispostavilo se da su postavljeni modeli hidrogeotermalnih sistema ispravni, odnosno da su građeni objekti uspešno klimatizovani korišćenjem hidrogeotermalne energije.

Poseban nivo verifikacije ostvarenih rezultata, predstavljajući revalorizaciju gradskog građevinskog zemljišta koje će se uraditi na osnovu izvedenog geotermalnog potencijala teritorije grada Beograda. Prostori sa povišenim geotermalnim potencijalom dobiće na značaju a samim tim imaće i daleko veću cenu.

Teoretska razmatranja mogućnosti uspostavljanja hidrogeoloških dubleta, optimizacija korišćenja podzemnih voda kao hidrogeotermalnog resursa, korišćenja toplotnih pumpi, izbora materijala geotermalne/termotehničke opreme u zavisnosti od hemizma podzemnih voda, razmatranja korišćenja geotermalne energije u konceptu povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu u Republici Srbiji, kao i ekološki aspekti korišćenja hidrogeotermalne energije takođe su razmatrani, a posebna ekspanzija korišćenja subgeotermalne energije se očekuje u narednim godinama.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Tokom trajanja doktorskih studija Ana Vranješ je kroz izradu većeg broja naučnih radova, te kroz izradu Projekata i Studija vazanih za oblast istraživanja i primene hidrogeotermalne energije iskazala sposobnost za samostalni naučni rad. Najznačajniji objavljeni radovi su:

Rad u časopisu sa SCI liste

1. Milenic, D., Vasiljevic, P., **Vranjes, A.**, 2010: *Criteria for Use of groundwater as renewable energy source in geothermal heat pump systems for building heating/cooling purposes*, Energy and Buildings, 42, 649-657, Elsevier DOI:10.1016/j.enbuild.2009.11.002, ISSN 0378-7788

Ostali objavljeni radovi

2. **Vranjes, A., et al.**, 2012: Utilisation of hydrogeothermal energy for open space surface heating, serbia case study, Abstract Proceedings of the AWRA 48 th Annual Water Resources Conference, Jacksonville, USA

3. **Vranješ, A.**, 2012: Izrada hidrogeoloških dubleta kao optimalnog načina eksploatacije i korišćenja subhidrogeotermalnih resursa, Zbornik radova XIX srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor

4. Milenić, D., **Vranješ A.**, 2012: Uticaj efekta toplotnog ostrva na podzemne vode Novog Beograda, Zbornik radova XIX srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor

5. **Vranješ, A.**, Dončev, B., 2012: Procena hidrogeotermalnog potencijala uže teritorije grada Beograda, Zbornik radova XIX srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor

6. Stevanovic, Z., Saljnikov, A., Milenić, D., Martinović, M., Goričanec, D., Komatina, M., Dokmanović, P., Antonijević, D., **Vranješ, A.**, Magazinović, S., 2011: Prospects for wider energetic utilization of subgeothermal water resources: eastern Serbia case study, Geološki anali-Balkanskog poluostrva-Annales geologiques de la peninsule Balkanique, 131–141, DOI:10.2298/GABP1172131S

7. Milenic, D., **Vranjes, A.**, 2011: Utilisation of hydrogeothermal energy by use of heat pumps in Serbia – current state and perspectives, World Renewable Energy Congress 2011 – Sweden, 1265-1272, ISSN:1650-3686

8. Pantelić, Z., Milenić, D., Milanković, Đ., **Vranješ, A.**, Savić, N., 2011: Vodosnabdevanje Tutina-trenutno stanje i perspektive, Jedanaesta međunarodna konferencija Vodovodni I kanalizacioni sistemi, Jahorina, Pale, 87-95, ISBN 978-86-82931-41-61
9. Milenić, D., Milanković, Đ., **Vranješ, A.**, Prohaska, S., 2011: Definisane zone sanitarne zaštite na akumulaciji "Zlatibor" u Ribnici, Jedanaesta međunarodna konferencija Vodovodni I kanalizacioni sistemi, Jahorina, Pale, 69-75, ISBN 978-86-82931-41-61
10. Milenić, D., Milivojević, M., Martinović, M., **Vranješ, A.**, Magazinović, S., 2011: Istraživanje, korišćenje i razvoj geotermalnih energetskih resursa u Republici Srbiji, Monografija, Četrdeset godina Departmana za Hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, ISBN 978-86-7352-260-9
11. Milenic, D., Milankovic, Dj., **Vranjes, A.**, Savic, N., Doroslovac, N., 2011: Application of geoelectrical methods in groundwater pollution front delineation in karst, Serbia case study, Abstract Proceedings of the AWRA 47 th Annual Water Resources Conference, Albuquerque, USA
12. Milenic, D., Milankovic, Dj., **Vranjes, A.**, Savic, N., Doroslovac, N., 2011: Groundwater protection of Bjelanac spring on Zlatar mountain (Western Serbia), 19th International Karstological School "Classical Karst" Karst Underground Protection, Postojna, Slovenia
13. Milenić D., Milanković Đ., **Vranješ, A.**, 2011: Mogućnosti flaširanja podzemnih voda Zlatiborskog ultramafitskog masiva, Voda i sanitarna tehnika, 33-46, ISSN 0350-5049
14. Milenić D., Doroslovac, N., Milanković Đ., **Vranješ, A.**, Savić, N., 2011: Analiza aktuelnih i potencijalnih zagađivača karstnih vrela u gornjem slivu reke Zlošnice (zapadna Srbija), Zbornik radova 7. simpozijum o zaštiti karsta, Bela Palanka 2011, 1-8, ISBN 978-86-907923-1-3
15. Milenic, D., Milanković Dj., **Vranješ, A.**, 2010: Factors of Thermomineral Groundwaters of Josanicka Banja Spa, Central Serbia, Proceedings of the XXXVIII IAH Congress, Krakow, Poland
16. Stevanović, Z., Milenić, D., Dokmanović, P., Martinović, M., Saljnikov, A., Komatina, M., Antonijević, D., **Vranješ, A.**, Magazinović, S., 2010: Subgeotermalni resursi Srbije i perspektive njihove šire aplikacije u energetici, 15. Kongres geologa Srbije sa međunarodnim učešćem, Beograd 26-29 maj

17. Milenic, D., Milanković Dj., **Vranješ, A.**, 2010: Factors of Thermomineral Groundwaters of Josanicka Banja Spa, Central Serbia, Proseedings of the XXXVIII IAH Congress, Krakow, Poland
18. Savic, N., Milankovic, Dj., **Vranjes, A.**, 2010: Termomineral water of Ovcari Banja Spa, Dinarides of Western Serbia, Proceedings of the 18th International Karstological School "Classical karst- Dinaric karst", Postojna, Slovenia
19. Milenic, D., Rabrenovic, D., Milankovic, Dj., **Vranjes, A.**, 2009: Geology and Hydrogeology of the Cemernica Mountain Massif, Western Serbia, Geološki anali-Balkanskog poluostrva-Annales geologiques de la peninsule Balkanique, 71-82, DOI:10.2298/GABPO970071M
20. Milenic, D., Milankovic, Dj., Klikovic, M., **Vranjes, A.**, Savic, N. 2009: Cave systems of Zlatibor mountain massif, Proceedings of the 17th International Karstological School "Classical karst"- Cave climates, Postojna, Slovenia
21. Milenic, D., Dragisic, V., Vrvic, M., Milankovic, Dj., **Vranjes, A.**, 2009: Hyperalkaline mineral waters of Zlatibor ultramafic massif in Western Serbia, Europe, Abstract Proceedings of the AWRA International Water Congress-Watershed Management for Water supply systems, Seattle, USA
22. Milenic, D., **Vranjes, A.**, Savic, N., Veljkovic, Z. 2008: Indicators of impact of heat island effect on ground water energetic potential on the territory of New Belgrade, Serbia, Europe, Proceedings of the XXXVI IAH Congress, Toyama, Japan
23. Milenic, D., Dragisic, V., Savic, N., **Vranjes, A.**, 2008: Environmental impact of uranium mine water in Eastern Serbia, Proceedings of the International Conference of IMWA, Karlovi Vary, Czech Republic
24. Milenic, D., **Vranjes, A.**, Savic, N., 2008: Karstic hydrogeological ecosystem of Cemernica mountain, Western Serbia, Proceedings of the 16th International Karstological School "Classical karst- karst sediments", Postojna, Slovenia
25. Milenic, D., **Vranjes, A.**, Savic, N., 2007: Karstic hydrological ecosystem of Cemernica mountain, Western Serbia, Proceeding of the XXXV IAH Congress - Groundwater and ecosystems, Lisbon, Portugal
26. **Vranjes, A.**, Milankovic, Dj., Savic, N., Milenic, D., 2007: Hydrogeology of the Pribojska banja spa thermal karst groundwaters, Proceedings of the 15th International Karstological School "Classical karst- management of transboundary karst aquifers", Postojna, Slovenia

* * *

Ana M. Vranješ je jedna od najperspektivnijih i veoma vrednih mladih naučnih radnika i druga koja je završila svoje studije na Rudarsko–Geološkom fakultetu po novom, akreditovanom programu doktorskih studija u naučnoj oblasti Hidrogeologija na RGF, i izradila doktorsku disertaciju.

Kandidat ima izuzetne predispozicije za naučni i praktični istraživački rad, koje će se i nadalje nadograđivati posebno u delu koji se tiče potrebne sistematizacije prikupljenih saznanja i njihove interpretacije naučnim metodama.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinos doktorske disertacije doktoranda Ane M. Vranješ može se analizirati kroz sledeće celine:

- detaljna geološka istraživanja
- detaljna hidrogeološka istraživanja
- detaljna hidrogeotermalna istraživanja

Tokom detaljnih geoloških istraživanja doktorand je imao pred sobom veliki izazov u smislu objedinjavanja različitih geoloških karata, posebno listova OGK koji pokrivaju teritoriju grada Beograda i koji se izrazito razlikuju po pristupu i tumačenju geoloških karakteristika. Formiranjem jedinstvene geološke karte grada Beograda u razmeri 1:100.000, formirana je podloga za naredna istraživanja u smislu daljih poboljšanja iste i daljeg razumevanja izrazito složene geološke građe teritorije grada Beograda.

Detaljna hidrogeološka istraživanja dovela su do izrade nove hidrogeološke rejonizacije teritorije grada Beograda. Ovaj doprinos je od izuzetnog značaja, s obzirom da je poslednja rejonizacija urađena pre skoro 40 godina. Nova rejonizacija obuhvata 10 rejonu sa odgovarajućim podrejonima i formirana je za celokupnu teritoriju grada. Na osnovu izvedene rejonizacije, biće moguće vršiti karakterizacije rezervi i potencijala eksploatacije podzemnih voda sa bilo kog aspekta.

Detaljna hidrogeotermalna istraživanja dovela su do definisanja hidrogeotermalnih sistema, kvantifikacije istih i definisanja uslova za korišćenje hidrogeotermalne energije. U tom smislu posebno se naglašava definisanje sledećih pozicija:

- ocena raspoloživih količina hidrogeotermalnih resursa
- analiza fizičko-hemijskih karakteristika hidrogeotermalnih resursa
- definisanje hidrogeotermalnih sistema na području grada Beograda
- ocena potencijala hidrogeotermalnih resursa na području grada Beograda
- analiza geotermalnih indikatora na području grada Beograda
- određivanje granične temperature podzemnih voda koje se mogu koristiti ekonomski opravdano u sistemima toplotnih pumpi
- analiza hemijskih svojstava podzemnih voda u odnosu na materijal termotehničkih instalacija
- analiza objekata sa aspekta energetske potrebe u kojima se mogu aplikovati hidrogeotermalni resursi
- analiza uslova eksploatacije i dispozicije podzemnih voda u sistemima toplotnih pumpi
- analiza mesta i uloge korišćenja geotermalne energije u konceptu povećanja učešća obnovljivih resursa u proizvodnji energije na području grada Beograda
- energetska valorizacija hidrogeotermalnih resursa na teritoriji grada Beograda i formiranje podloga za strateški energetski razvoj grada Beograda
- revalorizacija gradskog građevinskog zemljišta prema hidrogeotermalnoj potencijalnosti
- analiza očuvanja životne sredine i korišćenja hidrogeotermalne energije na ekološki najbezbedniji način
- analiza postojeće zakonske regulative iz oblasti geologije, energetike i zaštite životne sredine

Komisija je upoznata da su geološka karta grada Beograda, kao i nova hidrogeološka rejonizacija u potpunosti usklađene u konsultacijama sa dosadašnjim autorima istih, posebno autorima monografije o hidrogeologiji grada Beograda.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Prema razvojinim planovima na polju energetike i energetske efikasnosti Srbije, hidrogeotermalni resursi spadaju u obnovljive izvore energije čija primena i korišćenje, odnosno verifikacija rezervi se nalaze u početnoj fazi. Potencijal i rezerve su neispitane, a istraživanja ovog vida obnovljive energije dobijaju na značaju poslednjih godina. Ocena potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa teritorije grada Beograda, predstavlja baznu podlogu za dalji razvoj grada sa aspekta korišćenja podzemnih voda i gazdovanja istim. Valorizacija energetskeg potencijala podzemnih voda na području grada usmerava tok urbanističkog razvoja i energetskeg razvoja grada.

Tokom istraživanja kandidat se suočavao sa velikim brojem izazova, počevši od velike neuređenosti u smislu dostupnosti podataka koje je trebalo prikupiti, preko značajnih napora u izradi modela hidrogeotermalnih sistema, pa do faze verifikacije podataka dobijenih istraživanjima.

Najsavremenije naučne metode korišćene su tokom izvođenja detaljnih geoloških, hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja, izrađeni su modeli hidrogeotermalnih sistema, te je korišćena GIS tehnologija za izradu karata.

Rezultati istraživanja, kao i celokupan tekst uopšte, predstavljeni su jasnom strukturom, tekst je čitak, bez nepotrebnih fraza i opštih mesta. Literatura je korektno referencirana. Dijagrami, slike i prilozi su na adekvatnim mestima u tekstu. Tekstovi u poglavljima odgovaraju naslovima.

Komisija preporučuje nastavak istraživanja, pre svega u smislu izrade detaljnog katastra geotermalnih izvorišta na teritoriji grada Beograda, izradu jedinstvenog geotermalnog informacionog sistema i povezivanje sa ostalim informatičkim bazama u upravi grada Beograda.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi i njihova promocija

Kao što je napomenuto u poglavlju 3.4., primenjivost rezultata istraživanja iz ove doktorske disertacije izrazito je velika. Ona se pre svega ogleda u veoma praktičnoj činjenici da se čitavi delovi grada Beograda odsada drugačije valorizuju u smislu geotermalnog potencijala i da se shodno tome načini grejanja/hlađenja prostora mogu promeniti u pravcu korišćenja obnovljivih izvora energije.

Promociju rezultata neophodno je realizovati kako u naučnim i stručnim krugovima, (objavlivanjem radova i publikacija na osnovu rezultata dobijenih izradom doktorske disertacije) tako i popularizacijom kroz informatičke medije. Ovo je posebno važno, imajući u vidu da je neophodno približiti značaj dobijenih rezultata građanstvu, jer se u narednom periodu očekuje značajan porast investicija u geotermalne sisteme.

Imajući ovakvu aktuelnost u vidu, neophodno je i sprovesti pun stepen zaštite autorskih prava, kako ne bi dolazilo do neovlašćenog a često i nestručnog korišćenja dobijenih rezultata. Na taj način ukupna istraživanja mogu biti neopravdano kompromitovana.

Kako su delovi istraživanja bili finansirani od strane Uprave za energetiku grada Beograda, sa njima je neophodno definisati odgovarajući okvir saradnje, korišćenja dobijenih podataka i njihove eksploatacije u budućnosti.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija kandidata Ane M. Vranješ, dipl. inženjera geologije, pod nazivom **„Hidrogeotermalni resursi teritorije grada Beograda“** predstavlja dokumentovan, veoma obiman i originalni naučno-istraživački rad iz domena geologije, hidrogeologije i geotermalne energije baziran na primeni najsavremenijih naučnih metoda.

Kandidat Ana M. Vranješ je zaposlena na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta u zvanju istraživač-saradnik i među prvima je završila doktorske studije po novom akreditovanom programu. U periodu od odobravanja teme ove disertacije do danas kandidat je objavila 26 radova od kojih 1 naučni rad u vodećem međunarodnom časopisu sa SCI liste, i učestvovala na više međunarodnih i domaćih konferencija gde je prezentovala rezultate svojih istraživanja.

Tekst disertacije napisan je na 617 stranica teksta. U okviru teksta prikazano je 279 slika i 161 tabela. Disertacija predstavlja veliki doprinos poznavanju geološke građe, hidrogeoloških karakteristika i hidrogeotermalnog potencijala teritorije grada Beograda. U disertaciji je posle više od 40 godina urađena nova hidrogeološka rejonizacija Beograda, definisani su osnovni hidrogeotermalni sistemi i izvršena njihova evaluacija, kvantifikacija i valorizacija. Takođe su od velikog značaja razmatranja i definisanja načina korišćenja i izvođenja hidrogeoloških dubleta, korišćenja toplotnih pumpi voda-voda, izbora materijala geotermalne/termotehničke opreme u zavisnosti od hemizma podzemnih voda, razmatranja korišćenja geotermalne energije u konceptu povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu u Republici Srbiji, kao i ekološki aspekti korišćenja hidrogeotermalne energije.

Dobijeni rezultati već su prošli naučnu i stručnu verifikaciju na mnogim primerima korišćenja hidrogeotermalne energije na teritoriji Beograda, a na osnovu istih uprava grada Beograda pokrenula je proces revalorizacije gradskog građevinskog zemljišta u odnosu na geotermalni potencijal.

Komisija je sa velikim zadovoljstvom zaključila da doktorska disertacija kandidata Ane M. Vranješ predstavlja značajan i originalni naučni doprinos oblasti geologije, hidrogeologije i geotermalne energije, da je u svemu izrađena u skladu sa standardima naučno-istraživačkog rada i propisima, te stoga predlaže Nastavno-naučnom veću Rudarsko-Geološkog fakulteta da ovaj izveštaj prihvati, disertaciju stavi na uvid javnosti i uputi izveštaj Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu radi konačnog usvajanja, nakon čega bi se pristupilo usmenoj odbrani pred komisijom u istom sastavu.

Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije:

1. Dr Dejan Milenić, van. prof. – Rudarsko-geološki fakultet

2. Dr Zoran Stevanović, red. prof. – Rudarsko-geološki fakultet

3. Dr Veselin Dragišić, red. prof. – Rudarsko-geološki fakultet

4. Dr Mirko Komatina, red. prof. –Mašinski fakultet

5. Dr Milica Jovanović-Popović, red. prof. –Arhitektonski fakultet

6. Dr Dragoslav Šumarac, red. prof. –Građevinski fakultet
