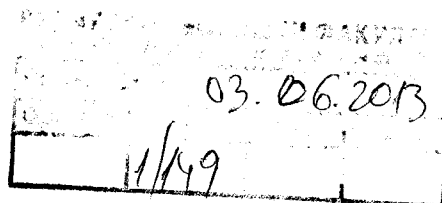


РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ХИДРОГЕОЛОГИЈУ



На 06/13-ој седници Департмана за хидрогеологију одржаној дана 30.05.2013. године једногласно је донета

О Д Л У К А

да се предложи Већу Геолошког одсека да усвоји извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата, **Јане Стојковић**, дипл. инж. геологије, под називом

ХИДРОГЕОХЕМИЈСКА ВАЛОРИЗАЦИЈА ЕСЕНЦИЈАЛНИХ МИКРОЕЛЕМЕНАТА МИНЕРАЛНИХ ВОДА СРБИЈЕ

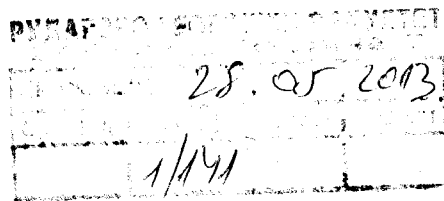
Комисија је у следећем саставу:

др Петар Папић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду
др Веселин Драгишић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду
др Видојко Јовић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду
др Оливера Крунић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду
др Нина Зупанчич, ван. проф. Природно-техничког факултета у Љубљани
др Мирослав Врвић, ред. проф. Хемијског факултета у Београду

Шеф Департмана за хидрогеологију

проф. др Душан Поломчић

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



Odlukom Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, od 27.5.2013. (br. 1/128), određeni smo za članove komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata **Jane Stojković**, dipl. inž. geologije, pod nazivom „**Hidrogeohemijska valorizacija esencijalnih mikroelemenata mineralnih voda Srbije**“.

Na osnovu pregleda doktorske disertacije komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta sledeći

IZVEŠTAJ o urađenoj doktorskoj disertaciji

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija kandidata **Jane Stojković**, dipl. inž. geologije, pod nazivom „**Hidrogeohemijska valorizacija esencijalnih mikroelemenata mineralnih voda Srbije**“ napisana je u skladu sa Uputstvom za formiranje repozitorijuma doktorskih disertacija, donetog na Senatu Univerziteta u Beogradu 14. decembra 2011. godine.

Doktorska disertacija je napisana na 216 strana teksta formata A4, u okviru kojih su prikazane 33 tabele i 48 slika. Tekst disertacije podeljen je u tri velike celine, tj. 14 poglavlja, a integralni deo teksta čine i dva priloga (jedna tabela i jedan grafički prilog). Literatura sadrži ukupno 119 bibliografskih jedinica. Priložen je i sažetak rada na srpskom, odnosno engleskom jeziku, kao i šest ključnih pojmova. Na kraju rada data je i biografija autora, za kojom sledi potpisana izjava o autorstvu, zatim o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada, kao i izjava o korišćenju.

1.2. Hronologija odobravanja teme disertacije

Doktorand Jana Stojković upisala je doktorske studije u školskoj 2007/2008. godini, na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, odmah po završetku osnovnih studija na istom departmanu. Sve ispite predviđene akreditovanim programom doktorskih akademskih studija (tzv. bolonjski sistem studija), položila je sa prosečnom ocenom 10. U januaru 2010. godine odbranila je Projekat doktorske

disertacije, pred komisijom u sastavu: Prof. dr Petar Papić (mentor), Prof. dr Veselin Dragišić i Prof. dr Vidojko Jović. Na taj način definisani su predmet i ciljevi dokorskog rada i dat je predlog naziva teme. Kroz izradu seminarskih, praktičnih i drugih naučnih radova potvrđena je tema disertacije, a zvaničan predlog teme za izradu disertacije podnet je u maju 2012. godine.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta, od 1.6.2012. (br. 1/83), utvrđena je šestočlana komisija za ocenu podobnosti teme, kandidata i mentora doktorske disertacije, u istom sastavu koji čine i potpisnici ovog izveštaja. Pozitivan izveštaj komisije usvojen je na sednici Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta, od 25.6.2012. (br. 1/106), a zatim i od strane Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, od 17.9.2012. (br. 06-20264/19-12). Za mentora je određen dr Petar Papić, redovni profesor na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta.

Kandidat je izradu disertacije okončao u maju 2013. godine, kada je i podneta molba za imenovanje komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije. Komisija je imenovana na Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, od 27.5.2013. (br. 1/128), i to u sledećem sastavu:

1. dr Petar Papić, redovni profesor, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
2. dr Veselin Dragišić, redovni profesor, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
3. dr Vidojko Jović, redovni profesor, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
4. dr Olivera Krunić, redovni profesor, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
5. dr Miroslav M. Vrvic, redovni profesor, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu
6. dr Nina Zupančić, vanredni profesor, Prirodno-tehnički fakultet, Univerzitet u Ljubljani

1.3. Mesto disertacije u sistemu naučnih oblasti

Disertacija po svom sadržaju pripada tehničkim naukama i naučnoj oblasti geološko inženjerstvo, u širem smislu, dok je uža tematska oblast hidrogeoeologija. Specijalistički segment kojim se ova disertacija bavi jeste hidrogeohemija, to jest istraživanje mikroelemenata u mineralnim vodama.

1.4. Biografski podaci o kandidatu

Jana Stojković rođena je 26.4.1983. godine u Beogradu. Pohađala je Prvu beogradsku gimnaziju, prirodno-matematički smer, koju je završila 2002. godine, a tom prilikom joj je dodeljena diploma „Vuk Karadžić“ za postignut izuzetan opšti uspeh tokom školovanja. Iste godine upisala je Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Smer za hidrogeologiju.

Tokom studija nagrađivana je sa više nagrada i priznanja. Kao najbolji student Smera za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta nagrađena je priznanjem „Jovan Žujović“ (2006). Na osnovu ostvarenih izvanrednih rezultata tokom studija nagrađena je Eurobank EFG školarinom za 2006/2007 godinu. Proglašena je za najboljeg studenta generacije Rudarsko-geološkog fakulteta koji je diplomirao u školskoj 2006/2007 godini. Od strane Udruženja univerzitetskih profesora i naučnika Srbije nagrađena je priznanjem „Prof. dr Vojislav K. Stojanović“ za izuzetne rezultate postignute tokom studija.

Osnovne studije završila je u roku, sa prosečnom ocenom 9,57 i u septembru 2007. godine odbranila je diplomski rad pod nazivom „Faktori migracije fluorida u mineralnim vodama centralne Srbije“, sa ocenom 10. Odmah zatim upisala je doktorske studije na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Smeru za hidrogeologiju.

Kao student-doktorand i stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, u periodu 2008-2010, učestvovala je na dva projekta tog ministarstva: „Istraživanje, ocena i značaj podzemnih vodnih resursa u konceptu održivog razvoja“, Rudarsko-geološki fakultet (2008-2010) i „Definisanje uticaja stepena aerobnosti na zaštitu i korišćenje izdani u intergranularno-poroznim sredinama u Srbiji“, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ (2009).

U istom periodu, učestvovala je i na projektima Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja: „Utvrđivanje nivoa radioaktivnosti podzemnih voda Republike Srbije“, Rudarsko-geološki fakultet (2008-2011) i „Hidrohemijski atlas podzemnih voda Srbije“, Rudarsko-geološki fakultet u saradnji sa Geološkim institutom Srbije (2010-2011).

Takođe, bila je angažovana i prilikom izrade više studija, elaborata i izveštaja iz oblasti: hidrogeoloških istraživanja za potrebe utvrđivanja rezervi podzemnih voda, hidrohemije ležišta mineralnih sirovina, hidrogeoeкологије itd.

Od januara 2011. godine zaposlena je kao *istraživač-pripravnik* na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na projektu Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj – Projekat III (Integralnih Interdisciplinarnih Istraživanja) – Simultana bioremedijacija i soilifikacija degradiranih prostora, za očuvanje prirodnih resursa biološki aktivnih supstanci i razvoj i proizvodnju biomaterijala i dijetetskih proizvoda (Podprojekat: Zaštita geo i bio sredina kao prirodnih resursa i izvora biološki aktivnih supstanci), 2011-2014. Naučno zvanje *istraživač-saradnik* dodeljeno joj je u aprilu 2012. godine, od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.

Učestvuje u održavanju nastave iz predmeta Hidrohemija 1 i Hidrohemija 2, na Departmanu za hidrogeologiju, kao i u radu sa studentima prilikom izrade diplomskih i master radova.

Član je Srpskog geološkog društva, Srpskog hemijskog društva, Međunarodne asocijacije hidrogeologa (IAH), Međunarodne asocijacije za geohemiju (IAGC) i Međunarodne asocijacije hidroloških nauka (IAHS).

U cilju stručnog i naučnog usavršavanja učestvovala je na većem broju međunarodnih i nacionalnih kongresa i seminara. Autor i koautor je pet naučnih radova, objavljenih u domaćim i stranim časopisima, od čega tri sa *SCI* liste, kao i preko deset saopštenja sa međunarodnih skupova i skupova nacionalnog značaja. Radovi publikovani u časopisima sa *SCI* liste su:

- „The analysis of the geothermal energy capacity for power generation in Serbia“, **Stojković J.**, Marinković G., Papić P., Milivojević M., Todorović M., Ćuk M., *Thermal Science* (online first 2013), ***IF=1,18***;
- „Arsenic in tape water of Serbia’s south Pannonian Basin and arsenic risk assessment“, Papić P., Ćuk M., Todorović M., **Stojković J.**, Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D., *Polish Journal of Environmental Studies* (2012), ***IF=0,508***;
- „Macro and microelements in bottled and tap waters of Serbia“, Petrović T., Zlokolica-Mandić M., Veljković N., Papić P., Poznanović M., **Stojković J.**, Magazinović S., *Hemijska industrija* (2011), ***IF = 0,137***.

2. OPIS DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija sastoji se od šest glavnih poglavlja, koja uključuju osnovni tekst disertacije (čiji su integralni deo i dva priloga), uvodna i zaključna razmatranja i spisak korišćene literature. Sam tekst disertacije podeljen je u tri velike celine. To su:

- I Pregled geohemijskih, biohemijskih i hidrogeohemijskih karakteristika analiziranih esencijalnih mikroelemenata;
- II Primena multivarijantne statističke analize u cilju definisanja uslova migracije i rasprostranjenja esencijalnih mikroelemenata u ispitivanim mineralnim vodama;
- III Analiza uslova migracije i rasprostranjenja esencijalnih mikroelemenata, na primeru mineralnih voda oblasti bukuljskog i brajkovačkog granitoida.

U PRVOM DELU disertacije prikupljeni su i sistematizovani najznačajniji podaci o fluoru, boru, litijumu, kalijumu, stroncijumu i silicijumu, to jest o njihovim geohemijskim, biohemijskim i hidrogeohemijskim osobinama. Prikaz informacija o svakom pojedinačnom elementu obuhvata:

- osnovne karakteristike elementa – hemijski simbol, atomski broj, atomska masa, valenca i izotopi; podaci o rasprostranjenosti datog elementa u prirodi, to jest njegove prosečne koncentracije u različitim delovima litosfere i hidrosfere.
- geohemijske karakteristike elementa – najvažniji minerali, u kojima se dati element javlja, i stene, u kojima su ti minerali zastupljeni.

- biohemijske karakteristike elementa – uticaj datog elementa na razvoj biljaka, životinja i ljudi, izvori i načini njegovog unošenja u organizam itd.
- ciklus elementa u prirodi – transfer datog elementa kroz atmosferu, hidrosferu, biosferu i litosferu.
- hidrogeohemijske karakteristike elementa – rastvorljivost u vodi glavnih minerala i uslovi koji utiču na procese njihovog razlaganja; oblici pojavljivanja u vodi datog elementa (slobodni joni, jonski parovi ili kompleksi); hidrogeohemijske barijere koje utiču na migraciju razmatranog elementa i, nasuprot tome, najpovoljniji uslovi za njegovu migraciju, to jest za pojavu povišenih koncentracija datog elementa u podzemnim vodama.

Kratak izvod iz hidrogeohemije svakog od razmatranih mikroelemenata predstavljen je i tabelarno, na kraju ovog dela rada.

U DRUGOM DELU rada prikazani su rezultati statističke obrade hidrohemijskih podataka, tj. fizičko-hemijskih karakteristika 110 uzoraka mineralnih voda sa teritorije Srbije. Opisan je proces prikupljanja i verifikacije podataka, kao i njihove preliminarne obrade. Detaljno je prikazan postupak primene multivarijantnih statističkih metoda (faktorna analiza, R-mod i Q-mod klaster analiza), nakon čega je data hidrogeohemijska interpretacija i diskusija dobijenih rezultata. Na ovaj način identifikovane su statističke relacije između ispitivanih uzoraka mineralnih voda, a dato je i tumačenje tih relacija sa aspekta hidrogeohemijskih procesa, koji utiču na migraciju i rasprostranjenje razmatranih esencijalnih mikroelemenata.

Pored primene multivarijantne statističke analize, u ovom delu rada dat je i prikaz zakonomernosti raspodele šest analiziranih mikroelemenata u mineralnim vodama Srbije, i to pomoću statističkih dijagrama (histograma i dijagrama kumulativne frekvence) i karata distribucije koncentracija elemenata. Takođe, razmatran je i uticaj ovih esencijalnih mikroelemenata na zdravlje ljudi i efekti njihovog unošenja u organizam putem pijaće vode. Sagledani su domaći i strani pravilnici i smernice koji se odnose na maksimalne dozvoljene, odnosno preporučene koncentracije ovih elemenata, kako u vodi za piće iz javnih vodovoda, tako i u flaširanoj vodi.

TREĆI DEO ove disertacije čini prikaz devet odabranih pojava mineralnih voda, koje se nalaze na području bukuljskog i brajkovačkog granitoida, između gradova Arandelovca i Lazarevca, na oko 60 km južno od Beograda. Ono što ovu oblast čini interesantnom jeste činjenica da se, na relativno malom prostoru, javljaju mineralne vode koje se međusobno značajno razlikuju po hemijskom sastavu. Ova različitost hemizma predstavlja direktan odraz lokalnih geološko-strukturnih uslova. Naime, u prikupljenim uzorcima voda registrovan je širok opseg vrednosti koncentracija, kako glavnih anjona i katjona, tako i mikroelemenata.

Sagledane su fizičko-hemijske karakteristike ovih mineralnih voda, pre svega sa aspekta hidrogeohemijskih uslova, ključnih za migraciju i rasprostranjenje analiziranih esencijalnih mikroelemenata, a primenom hidrohemijskog modeliranja proračunata je zastupljenost njihovih najverovatnijih jonskih oblika.

3. OCENA DOKTORSKE DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Mineralne vode imaju kod nas dugu tradiciju korišćenja. One su se od davnina upotrebljavale za piće u svakodnevnom životu, a u poslednje vreme sve veći značaj i popularnost stiču flaširane mineralne vode. Takođe, mineralne vode se koriste i u balneoterapeutske svrhe – kao lekovite vode. Iako ni dan danas nisu u potpunosti razjašnjeni složeni mehanizmi delovanja ovih voda na ljudski organizam, izvesno je da ključ leži upravo u poznavanju sadržaja mikroelemenata u njima.

Mikroelementi su hemijski sastojci koji se u mineralnim vodama javljaju u malim količinama, obično ispod 1 mg/l, i koji ne određuju hemijski tip voda, ali mogu imati značajan uticaj na formiranje njihovih specifičnih osobina (Dragišić, 2009). Proučavanje različitih mikroelemenata, njihovih koncentracija i međusobnih odnosa u mineralnim vodama, pored značaja za balneologiju, takođe je veoma važno i za utvrđivanje geneze tih voda, odnosno geohemijskih i hidrogeoloških uslova njihovog obrazovanja. Ispitivanje određenih mikroelemenata u podzemnim vodama značajno je i prilikom istraživanja ležišta mineralnih sirovina (nafte, gasa, soli i raznih metalnih i nemetalnih sirovina).

Predmet ove doktorske disertacije su upravo mikroelementi u mineralnim vodama, odnosno uslovi i oblici njihove migracije i zakonomernost rasprostranjenja. Od široke lepeze mikroelemenata koji su zastupljeni u mineralnim vodama odabrani su sledeći elementi: litijum, kalijum, stroncijum, fluor, bor i silicijum. Radi se o litofilnim elementima, koji grade različite silikatne minerale, u najvećoj meri koncentrisane u kiselim magmatskim stenama i metamorfima nastalim njihovim preobražajem. Razmatrani mikroelementi su od izvanrednog značaja za živi svet, pa tako i za ljudski organizam. Lekari nedvosmisleno svrstavaju kalijum, fluor i stroncijum u tzv. esencijalne elemente, neophodne za odvijanje različitih fizioloških procesa u organizmu, a brojna istraživanja pokazuju da su i bor, litijum i silicijum i te kako važni za ljudsko zdravlje.

Iz svega navedenog očigledna je savremenost i aktuelnost predmetne problematike ove doktorske disertacije, kao i njen višestruki značaj, kako teorijski (doprinos poznavanju faktora i oblika migracije ispitivanih mikroelemenata), tako i praktični (primena ostvarenih rezultata u različitim hidrogeohemijskim, tj. hidrogeološkim istraživanjima).

Brojne pojave mineralnih voda u Srbiji bile su predmet različitih hidrogeoloških istraživanja, vršene su kompletne hemijske analize i određivani sadržaji pojedinih mikroelemenata. Ovi podaci mogu se naći u brojnoj literaturi koja sistematski prikazuje mineralne vode Srbije (Vujanović i Teofilović, Dimitrijević, Protić, Filipović i dr.). Međutim, relativno mali broj autora bavio se utvrđivanjem zakonomernosti pojavljivanja određenih mikroelemenata u mineralnim vodama, razmatranjem faktora migracije ovih elemenata i uspostavljanjem korelacionih veza između sadržaja mikroelemenata i drugih parametara hemijskog sastava mineralnih voda, odnosno parametara vodonosne sredine.

Originalnost ove disertacije ogleda se u tome što su prvi put kod nas primenjene savremene statističke metode u cilju izdvajanja hidrogeohemijskih faktora, to jest procesa, koji utiču na migraciju odabrane grupe mikroelemenata i njihovu mobilizaciju iz stena. Drugim rečima, prvi put kod nas primenjen je tzv. hemometrijski pristup obrade informacija, koji podrazumeva upotrebu multivarijantne statističke analize radi boljeg i sveobuhvatnijeg sagledavanja raspoloživih hidrohemijjskih podataka. U ovom slučaju, to su rezultati ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika određenog broja pojava mineralnih voda Srbije. Prikupljeno je preko 130 uzoraka mineralnih voda iz različitih geoloških sredina (magnatske, metamorfne i sedimentne stene). Obuhvaćeno je pet hidrogeoloških rejonu na teritoriji naše zemlje, pri čemu najveći broj uzorkovanih pojava pripada rejonima Srpskog kristalastog jezgra i Šumadijsko-kopaoničko-kosovske oblasti. Razlog odabira ovakvog rasporeda uzimanja uzoraka leži u činjenici da su u pomenutim rejonima najzastupljenije mineralne vode koje se genetski vezuju za metamorfite, granitoidne masive i izlive vulkanita, tj. stenske mase u kojima je naglašen sadržaj razmatranih mikroelemenata.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U spisku upotrebljene literature autor disertacije navodi 119 bibliografskih jedinica, od fundamentalnih monografija i udžbenika, do najaktuelnijih naučnih radova novijeg datuma. Veći deo literature čine strani radovi koji tretiraju geohemijske, biohemijske i hidrogeohemijske osobine razmatranih mikroelemenata, kao i teorijske postavke primenjenih statističkih metoda, metoda hemijske termodinamike i hidrohemijjskog modeliranja. Pored toga, korišćena je i domaća literatura koja se odnosi na geološke i hidrogeološke karakteristike terena, kao i domaća i strana literatura u vidu pravilnika, smernica i različitih studija koje se odnose na unošenje u organizam ispitivanih mikroelemenata (kroz vodu za piće) i njihov uticaj na zdravlje ljudi.

Spisak literature sadrži sve važnije i referentne bibliografske jedinice za tematiku koju obrađuje ova doktorska disertacija, pri čemu su navedena i četiri rada u čijoj izradi je učestvovao i sam kandidat, kao prvi autor, odnosno koautor.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda

Ovo je prva doktorska disertacija koja problematiku migracije i rasprostranjenja mikroelemenata u našim mineralnim vodama tretira primenom tzv. hemometrijskog pristupa obrade podataka, to jest upotrebom multivarijantnih statističkih metoda.

U procesu naučnog istraživanja primenjeni su sledeći metodološki postupci: analiza, sinteza, apstrakcija, generalizacija, a u završnoj fazi istraživanja i klasifikacija. U početnom stadijumu istraživanja dominirala je upotreba indukcije (prikupljanje činjenica, praćeno generalizacijom), a u kasnijim fazama vršena je dedukcija opšteg na posebno i pojedinačno (nove sistematizacije i klasifikacije).

Naučnoistraživačke aktivnosti sprovedene u cilju rešavanja problema koji je predmet ove doktorske disertacije, odvijale su se načelno u četiri faze: kabinetski radovi, terenski radovi, laboratorijska merenja i analize i statistička obrada podataka.

Kabinetski radovi podrazumevali su prikupljanje, sistematizaciju i reinterpetaciju svih raspoloživih podataka koji se tiču geologije područja istraživanja, hidrohemije analiziranih mineralnih voda, kao i geohemijskih, biohemijskih i hidrogeohemijskih karakteristika razmatranih mikroelemenata. Proučavanjem brojnih literaturnih izvora, analizirana su domaća i strana iskustva i saznanja, koja su u vezi sa postavljenim naučnim problemom.

Terenski radovi obuhvatali su istraživanja na terenu, po oblastima u kojima su zastupljene mineralne vode koje se genetski vezuju za metamorfite, granitoidne masive i izlive vulkanita, tj. stenske mase u kojima je naglašen sadržaj razmatranih mikroelemenata. Ispitivane pojave registrovane su u vidu katastra. Na samim lokacijama vršeno je uzorkovanje mineralnih voda, filtriranje i konzerviranje uzoraka, određivanje nepostojanih fizičko-hemijskih parametara (temperatura, pH, specifična elektroprovodljivost, koncentracija slobodnog CO₂) i merenje izdašnosti, odnosno kapaciteta hidrogeoloških pojava (izvori, bušotine i bunari). Pomenuta određivanja praćena su merenjem koordinata uzorkovanih pojava i izradom fotodokumentacije. Prilikom prikupljanja, konzerviranja i transporta uzoraka mineralnih voda poštovani su uobičajeni postupci, a sva *in situ* merenja izvođena su u skladu sa standardima propisanom metodologijom.

Laboratorijska merenja i analize podrazumevala su izradu skraćenih hemijskih analiza i određivanje sadržaja mikroelemenata. Određivane su koncentracije sledećih elemenata, to jest jona: Ca (mg/l), Mg (mg/l), Na (mg/l), Cl (mg/l), HCO₃ (mg/l), SO₄ (mg/l), K (mg/l), Si (mg/l), F (mg/l), B (µg/l), Li (µg/l), Sr (µg/l) i Al (µg/l). Mineralizacija ispitivanih voda dobijena je računskim putem. Sve hemijske analize vršene su primenom standardnih metoda, u akreditovanoj Laboratoriji Gradskog zavoda za javno zdravlje, Beograd, kao i u Laboratoriji za hidrohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.

Statistička obrada podataka usledila je po završetku terenskog dela istraživanja i nakon prikupljanja rezultata svih laboratorijskih analiza. Najpre je izvršena sistematizacija raspoloživih hidrohemijskih podataka. Prilikom preliminarne obrade hidrohemijskih podataka korišćeni su softveri AquaChem 5.1 (Schlumberger Water Services) i PHREEQC 2.18 (U.S. Geological Survey). Rezultat pomenute sistematizacije i obrade podataka jeste matrica sačinjena od 14 parametara hemijskog sastava merenih na 110 uzoraka mineralnih voda sa teritorije Srbije.

U sledećoj fazi statističke obrade podataka određene su elementarne statističke veličine, a izvršena je i normalizacija i standardizacija podataka. Nakon toga, pristupilo se primeni multivarijantnih statističkih metoda (faktorna analiza, R-mod i Q-mod klaster analiza), koja je praćena hidrogeohemijskom interpretacijom i diskusijom dobijenih rezultata. Konstruisani su i različiti statistički dijagrami (histogrami, boks-plot dijagrami, dijagrami kumulativne frekvence itd.), hidrohemijski dijagrami, zatim karte distribucije faktorskih bodova i koncentracija elemenata itd. Za statističke proračune korišćeni su softverski paketi IBM SPSS Statistics 19.0 i StatSoft STATISTICA 10.0, a za izradu karata distribucije analizirane grupe mikroelemenata na teritoriji Srbije – Esrijev softver ArcGIS 9.3.

3.4. Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Rezultati sprovedenih istraživanja, odnosno zaključci izneti u ovoj doktorskoj disertaciji, direktno su primenljivi u hidrohemijskim, to jest hidrogeološkim istraživanjima. Ovo se u prvom redu odnosi na proučavanje geneze mineralnih voda: njihove hidrohemijske evolucije, uslova prihranjivanja i isticanja, litološko-mineraloških karakteristika izdani u kojoj su akumulirane i sl. Kroz buduća istraživanja iz ove oblasti ujedno će se vršiti i verifikacija rezultata ostvarenih izradom ovog dokorskog rada.

Međutim, naučni doprinos ovog doktorata značajan je i sa aspekta višenamenske upotrebe mineralnih voda. Jedan od primera predstavlja poznavanje hidrogeohemijskih procesa koji povoljno utiču na vodnu migraciju silicijuma, izraženih kroz funkcionalnu zavisnost između sadržaja SiO_2 u mineralnim vodama na teritoriji Srbije i temperature ovih voda (tzv. hidrogeotermometri). Ova osobina silicijuma ima praktičnu primenu prilikom ispitivanja geotermalnih resursa. Takođe, poznavanje hidrogeohemijskih uslova u kojima se ispoljava parageniza razmatranih mikroelemenata, ima primenu u prospekiji ležišta različitih ekonomski značajnih minerala (npr. različitih borata, litijumovih minerala i sl.). Uopšte, definisanje hidrogeohemijskih procesa koji pogoduju pojavi povišenih koncentracija svakog od razmatranih mikroelemenata, primenljivo je prilikom iznalaženja novih ležišta mineralnih voda za različite namene.

Rezultati ove doktorske disertacije već su prošli naučnu i stručnu verifikaciju objavljivanjem u naučnim radovima u domaćim i stranim časopisima, kao i na saopštenjima na kongresima.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Tokom trajanja doktorskih studija Jana Stojković je kroz izradu većeg broja naučnih radova, kao i studija, elaborata i izveštaja, pokazala sposobnost za samostalni naučni rad. Najznačajniji objavljeni radovi su:

radovi u časopisima sa SCI liste:

1. **Stojković J.**, Marinković G., Papić P., Milivojević M., Todorović M., Ćuk M. (online first 2013) „The analysis of the geothermal energy capacity for power generation in Serbia“, Thermal Science, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, **IF=1,21**, DOI: 10.2298/TSCI120215033S, ISSN 2334-7163 (online edition), ISSN 0354-9836 (printed edition),
<http://thermalscience.vinca.rs/online-first/1021>;
2. Papić P., Ćuk M., Todorović M., **Stojković J.**, Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D. (2012) „Arsenic in tape water of Serbia’s south Pannonian Basin and arsenic risk assessment“, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 21, No. 6, Pp. 1783-1790, HARD Publishing Company, **IF=0,508**, ISSN 1230-1485,
<http://www.pjoes.com/abstracts/2012/Vol21/No06/31.html>;
3. Petrović T., Zlokolica-Mandić M., Veljković N., Papić P., Poznanović M., **Stojković J.**, Magazinović S. (2011) „Macro and microelements in bottled and tap waters of Serbia“, Hemijska industrija, Vol. 66, No. 1, Pp. 107-122, Savez Hemičara i tehnologa Srbije, **IF = 0,137**, DOI:10.2298/HEMIND110729062P, ISSN 0367-598X,
http://www.ache.org.rs/HI/2012/No1/13_3352_2012.pdf;

ostali radovi:

4. Papić P., Đoković I., **Stojković J.**, Jović V., Marinković G., Nikić Z. (2012) „The impact of geology on the migration of fluorides in mineral waters of the Bukulja and Brajkovac pluton area, Serbia“, Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Vol. 2, No. 73, Pp. 109-116, ISSN 0350-0608, DOI: 10.2298/GABP1273109P;
5. Marinković G., Papić P., **Stojković J.**, Dragišić V. (2012) „Factors contributing to the formation of carbonated mineral water systems in Serbia“, Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Vol. 2, No. 73, Pp. 117-124, ISSN 0350-0608, DOI: 10.2298/GABP1273117M;
6. Atanackovic N., Dragišić V., Papić P., **Stojković J.**, Živanović V. (2012) „Hydrochemical characteristics of mine waters from abandoned mines in Serbia and their impact on the environment“, Abstract book of 4th EuCheMS Chemistry Congress, Prague, Czech Republic;
7. Papić P., **Stojković J.** (2012) „Primena multivarijantne statističke analize u hidrogeohemiji“, Zbornik radova XIV Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor;

8. Ćuk M., Todorović M., **Stojković J.** (2012) „Arsen u podzemnim vodama za vodosnabdevanje Vojvodine“, Zbornik radova XIV Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor;
9. Marinković G., Papić P., **Stojković J.**, Dragišić V. (2012) „Faktori formiranja sistema ugljikiselih mineralnih voda Srbije“, Zbornik radova XIV Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Zlatibor;
10. Papić P., Milijić Z., **Stojković J.**, Milosavljević J., Todorović M., Ćuk M. (2012) „Ekogeohemijska ispitivanja za potrebe izgradnje nove fabrike sumporne kiseline u RTB Bor“, Zbornik radova III Simpozijuma sa međunarodnim učešćem – Rudarstvo 2012, Zlatibor;
11. Petrović T., Zlokolica-Mandić M., Veljković N., Papić P., **Stojković J.** (2012) „Geochemistry of Bottled Waters of Serbia“, chapter in a book: Clean Soil and Safe Water, NATO Science for Peace and Security Series C – Environmental Security, Springer, ISBN 978-94-007-2239-2, DOI 10.1007/978-94-007-2240-8_19, Pp. 247-266;
12. Papić P., **Stojković J.** (2011) „Osnovna geohemijska i hidrohemijska terminologija i klasifikacije“, u: „Rečnik geoloških termina i pojmova Geološkog informacionog sistema Srbije“, Branislav Trivić et al., izdavač: Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja, Beograd, ISBN 978-86-87159-09-9, Pp. 432-479;
13. Bajić D., Polomčić D., Papić P., **Stojković J.** (2011) „Hydrodynamic model of the open-pit mine „Buvač“ (Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina)“, Book of Abstracts of 6th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Dubrovnik, Croatia;
14. Zlokolica-Mandić M., Papić P., Petrović T. and **Stojković J.** (2010) „Hydrochemistry of bottled mineral waters of Serbia“, Abstarct Book of XXXVIII IAH Congress, Krakow, Poland;
15. Papić P., **Stojković J.**, Nikić Z. i Ćuk M. (2010) „Ekološki aspekti korišćenja geotermalnih voda“, III Međunarodni simpozijum Energetsko rudarstvo ER 2010;
16. Belotić M., **Stojković J.**, Papić P. (2010) „Hemizam mineralnih voda Smederevske Palanke“, Zbornik radova XV Kongresa geologa Srbije sa međunarodnim učešćem, Beograd;
17. Papić P., **Stojković J.** (2006) „Natural Processes Controlling Fluoride Contents in Groundwaters“, Proceedings of the XVIII Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association.

* * *

Doktorand Jana Stojković je perspektivan mladi istraživač, sa širokim teorijskim i praktičnim znanjem iz oblasti hidrogeologije i hidrogeohemije. Ima izuzetne predispozicije za dalje akademsko usavršavanje i bavljenje naučnoistraživačkim radom, naročito u smislu sticanja novih saznanja, njihove sistematizacije i interpretacije naučnim metodama.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Izrada ove doktorske disertacije doprinela je, u prvom redu, hidrogeohemijskoj valorizaciji ispitivanih mikroelemenata u mineralnim vodama. Naime, jedan od glavnih naučnih doprinosa ovog rada predstavlja unapređenje opšteg nivoa znanja o faktorima i oblicima migracije fluora, bora, litijuma, kalijuma, stroncijuma i silicijuma, i njihovom ponašanju u vodonosnoj sredini. Pored toga, ovo istraživanje doprinelo je i poznavanju zakonomernosti raspodele razmatranih esencijalnih mikroelemenata u mineralnim vodama Srbije. Primena multivarijantnih statističkih metoda, prilikom obrade hidrohemijskih podataka, omogućila je definisanje glavnih hidrogeohemijskih procesa, koji utiču na formiranje hemizma ispitivanih mineralnih voda, a samim tim i na migraciju mikroelemenata u njima. Na odabranim primerima pojava mineralnih voda objašnjeno je delovanje pomenutih hidrogeohemijskih procesa, koji doprinose povišenim koncentracijama određenog mikroelementa ili asocijacije mikroelemenata, i sagledana je veza ovih procesa sa litološko-mineraloškim sastavom vodonosne sredine.

Primenom multivarijantne statističke analize sprovedena je i svojevrsna klasifikacija analiziranih mineralnih voda. Specifičnost ove klasifikacije ogleda se u tome što je, za razliku od konvencionalnih metoda, bazirana na većem broju fizičko-hemijskih parametara (ukupno 14), pa je samim tim sveobuhvatnija. Na taj način, izdvojene su hidrohemijske grupe ili facije, koje imaju smisla ne samo u statističkom, nego i u geološkom i hidrogeološkom kontekstu.

Rezultatima ovog istraživanja potvrđena je i pretpostavka o paragenezi razmatranih mikroelemenata i definisani su uslovi u kojima dolazi do njihovog zajedničkog pojavljivanja u mineralnim vodama. Osim teorijskog značaja, ovo saznanje je primenljivo i u praksi, prilikom prospekcije ležišta određenih ekonomski značajnih mineralnih sirovina.

Pored hidrogeohemijske valorizacije, ova doktorska disertacija bavi se i biohemijskom valorizacijom pomenute grupe mikroelemenata. Svaki od ovih elemenata je od izvanrednog značaja za ljudski organizam: kalijum je biogeni element neophodan za rad mišića, stroncijum doprinosi čvrstini koštanog tkiva, fluor je značajan za razvoj zuba i skeleta, bor i silicijum su važni za kalcifikaciju kostiju, a litijum ima ulogu u radu sistema neurotransmitera. Stručnjaci smatraju da se nedostatak pomenutih elemenata u organizmu može nadoknaditi upravo konzumiranjem mineralne vode i da je to čak i bolji način od unošenja veštačkih suplemenata, tj. tableta, jer pogoduje održavanju konstantnog nivoa određenog elementa u organizmu. Iz tog razloga su u ovom radu sagledane minimalne, maksimalne i prosečne vrednosti (tačnije, medijane) koncentracija mikroelemenata u analiziranim mineralnim vodama. Ove vrednosti su zatim upoređivane sa tzv. „kritičnim“ sadržajima, definisanim pravilnicima i smernicama koji se odnose na flaširane vode i vode za

piće uopšte (domaći pravilnici, pravilnici Evropske unije i smernice Svetske zdravstvene organizacije).

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Tokom izrade ove doktorske disertacije kandidat se suočavao sa mnogobrojnim izazovima. U početnoj fazi trebalo je sistematizovati raspoložive podatke ranijih istraživanja i oceniti njihovu upotrebljivost i merodavnost. Zatim je usledila generalizacija onoga što je već poznato i isticanje onoga što je još uvek nepoznato, tj. nedovoljno proučeno i objašnjeno. Kandidat je nakon ove faze definisao redosled neophodnih istraživačkih aktivnosti i strukturu samog dokorskog rada. Osmišljena je adekvatna metodologija i raspored uzorkovanja pojava mineralnih voda, tako da budu obuhvaćena sva područja relevantna za predmetnu problematiku.

U fazi obrade prikupljenih podataka kandidat se opredelio za tzv. hemometrijski pristup, tj. za upotrebu multivarijantne statističke analize u cilju interpretacije hidrohemijskih podataka. Rezultate dobijene primenom statističkih metoda kandidat je tumačio uverljivo, dosledno i smisleno, kako sa statističkog, tako i sa geološkog, odnosno hidrogeološkog aspekta. U okviru zaključnih razmatranja prikazana je i praktična primenljivost ostvarenih rezultata.

Prilikom istraživanja u sklopu ovog dokorskog rada korišćene su najsavremenije naučne metode i softverski paketi, kao i aparatura visokog nivoa preciznosti. Struktura samog rada je pregledna, razumljiva i logična. Dijagrami i slike su na adekvatnim mestima u tekstu i jasno su obeleženi, a literatura je navodena korektno i uniformnim stilom.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi i njihova promocija

Kao što je već napomenuto u poglavlju 3.4. ovog izveštaja, primenljivost rezultata doktorske disertacije kandidata Jane Stojković jeste višestruka. Nesumnjiva je primena ostvarenih rezultata u različitim hidrohemijskim, tj. hidrogeološkim istraživanjima: prilikom ispitivanja geotermalnih resursa, u prospekciji ležišta različitih mineralnih sirovina i dr.

Značajno je naglasiti i činjenicu da se svaki od šest analiziranih mikroelementi ubraja u farmakološki (terapeutski) aktivne elemente, a njihov eventualni nedostatak u organizmu, može se nadoknaditi upravo konzumiranjem mineralnih voda odgovarajućeg hemijskog sastava. Poznavanje koncentracija esencijalnih mikroelemenata u mineralnim vodama Srbije, otvara perspektivu za plasiranje novih proizvoda na domaćem tržištu flaširanih voda. Naime, u skladu sa funkcijama koje ovi elementi imaju u ljudskom organizmu i njihovim preporučenim dnevnim unosom, moguće je izdvojiti vode sa odgovarajućim sadržajem pojedinih mikroelemenata, potrebnim za unapređenje fiziološkog stanja organizma. Pomenute vode bi se flaširale i stavljale u promet kao tzv. lekovite ili medicinske vode, što je

u svetu odavno uobičajena praksa. Radi se o vodama koje spadaju u kategoriju suplemenata u ishrani, piju se u tačno propisanim dozama i uglavnom na preporuku lekara.

Neophodno je nastaviti sa promocijom prikazanih rezultata u naučnim i stručnim krugovima, objavljivanjem radova u domaćim i stranim časopisima, kao i na međunarodnim i nacionalnim kongresima i seminarima. Međutim, preporučljiva je i popularizacija dostignuća ovog doktorskog rada, naročito u smislu plasiranja gore pomenutih lekovitih, tj. medicinskih voda.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija kandidata **Jane Stojković**, dipl. inž. geologije, pod nazivom „**Hidrogeohemijska valorizacija esencijalnih mikroelemenata mineralnih voda Srbije**“ predstavlja dokumentovan, obiman i inovativan naučnoistraživački rad iz domena hidrogeohemije, to jest istraživanja mikroelemenata u mineralnim vodama.

Ovo je prva doktorska disertacija u oblasti hidrogeologije kod nas u kojoj su primenjene savremene statističke metode u cilju izdvajanja hidrogeohemijskih faktora, to jest procesa, koji utiču na migraciju fluora, bora, litijuma, kalijuma, stroncijuma i silicijuma, i njihovu mobilizaciju iz stena. Značaj disertacije je višestruk, kako u teorijskom pogledu (doprinos poznavanju uslova i oblika migracije ispitivanih mikroelemenata), tako i u praktičnom smislu (primena ostvarenih rezultata u različitim hidrogeohemijskim, tj. hidrogeološkim istraživanjima, mogućnost plasiranja novih proizvoda na domaćem tržištu flaširanih mineralnih voda itd.).


Kandidat Jana Stojković zaposlena je na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta u zvanju istraživač-saradnik i uspešno je završila doktorske studije po akreditovanom programu doktorskih akademskih studija. Autor i koautor je pet naučnih radova, objavljenih u domaćim i stranim časopisima, od čega tri sa *SCI* liste, kao i preko deset saopštenja sa međunarodnih skupova i skupova nacionalnog značaja.

Komisija je sa zadovoljstvom zaključila da doktorska disertacija kandidata **Jane Stojković** predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti geologije, hidrogeologije i hidrogeohemije, da je u svemu izrađena u skladu sa standardima naučnoistraživačkog rada i važećim 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.

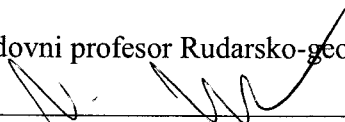
Izveštaj komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije doktoranda Jane Stojković

Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije:

Dr Petar Papić, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



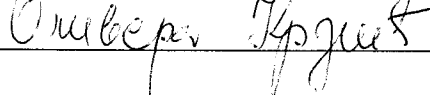
Dr Veselin Dragišić, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



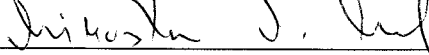
Dr Vidojko Jović, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu




Dr Olivera Krunić, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



Dr Miroslav M. Vrvić, redovni profesor Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu



Dr Nina Zupančič, vanredni profesor Prirodno-tehničkog fakulteta Univerziteta u Ljubljani



Beograd,
maj, 2013.