

IZVEŠTAJ O OCENI DOKTORSKE DISERTACIJE
Katarina Živković

pod naslovom:

"Utvrdjivanje porijekla karstne vodene izdani izvorišta "Mareza" primjenom stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ u vodama izvorišta, rijeke Zete i atmosferskim padavinama"

I I PODACI O KOMISIJI

Odlukom Nastavno naučnog veća Fakulteta za zaštitu životne sredine na 111. Sednici održanoj 28.07.2020. godine i zavedenom pod brojem N.Z. 46/20 od 28.07.2020. godine, imenovana je Komisija za ocenu doktorske disertacije kandidata **Katarine Živković** za izradu doktorske disertacije pod naslovom "**Utvrđivanje porijekla karstne vodene izdani izvorišta "Mareza" primjenom stabilnih izotopa $\delta^{18}O$ i δ^2H u vodama izvorišta, rijeke Zete i atmosferskim padavinama**"

u sastavu:

1. dr Srđan Miletić, Viši naučni saradnik, Institut za hemiju tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, preseđnik komisije
2. Prof. Dr Mira Pucarević, Fakultet zaštite životne sredine, Univerzitet Edukons, mentor
3. Prof. Dr Sonja Lojen, Institut „Jožef Štefan“ Ljubljana Slovenija, član Komisije

II OSNOVNI PODACI O KANDIDATU I DISERTACIJI

Ime, ime jednog roditelja, prezime: Katarina, Petar, Živković

Datum rođenja, opština, država: 27.04.1973., Zaječar, Srbija

Kandidatkinja je 1997.godine diplomirala na Metalurško-Tehnološkom fakultetu u Podgorici, na temu "Istraživanje elektrohemijskih i korozivnih karakteristika AlZnSnGaSr legure u NaCl rastvorima" i stekla zvanje Diplomiranog inženjera neorganske tehnologije. Na istom fakultetu, Departman hemijske tehnologije, pohađa master studije, u periodu 2005-2007 godine gdje stiče zvanje MSc hemijske tehnologije (08.06.2007.) sa odbranjenim radom na temu "Istraživanje kvaliteta vode izvorišta Ljeskovac-Podgorica za proizvodnju flaširane vode".

Po završetku osnovnih studija (1997.godine) zasniva radni odnos u Duvanskom kombinatu u Podgorici, na mjesto tehnologa u kontroli kvaliteta, gdje ostaje do 2005.godine.

2005.godine radni odnos prenosi u J.P. "Vodovod i kanalizacija"- Podgorica gdje radi na poslovima tehnologa u laboratoriji za otpadne vode. Od 2008.godine obavlja poslove Rukovodioca Laboratorije za ispitivanje vode za piće, u istom preduzeću.

Lista objavljenih naučnih radova:

Reference međunarodnog nivoa (M20):

- K.Živković, M.Radulović, S.Lojen, M.Pucarević. Overview of the Chemical and Isotopic Investigations of the Mareza Springs and the Zeta River in Montenegro, Water, 12(4), 957, 2020 doi:10.3390/w12040957 (M22)

Radovi objavljeni u nacionalnim naučnim i stručnim časopisima(M50):

- K.Živković, R.M.Zejnilović, Ž.Jačimović, Ž. Ispitivanje kvaliteta vode izvorišta Ljeskovac - Podgorica i

mogućnost koriscenja za proizvodnju flasirane vode, Kvalitet voda, broj 5, ISSN 1451-5571, 2007 (M53)

Saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima M30):

- **K. Živković, I. Joksimović.** Trace Metals in Natural Bottled Water on Montenegrin Market and Comparison with Tap Water in Podgorica, World Academy of Science, Engineering and Technology Environmental and Ecological Engineering Vol:2, No:6, 2015
- **K. Živković, I. Joksimović, M. Djurišić.** Comparison of the mineral content of tap water in Podgorica and natural bottled waters at Montenegrin market, 12th European Nutrition Conference (FENS) Berlin, Germany, October 20–23, 2015, objavljeno u Ann. Nutr. Metab. 2015;67(suppl 1): 1–60 | Published online: October 20, 2015 DOI: 10.1159/000440895 p529, (M34)
- **K. Živković, Lj. Nikolić, M. Stanojević.** Ocjedne vode sanitarne deponije neselektiranog komunalnog otpada–Livade u Podgorici, 30. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova Vodovod i kanalizacija, Drvengrad, 2009
- **K. Živković, R.M. Zejnilović, N. Blagojević.** Efficacy treatment of wastewater town Podgorica in period 2003-2006, 1st Symposium of Chemistry and Environment, Miločer-Budva, 2007
- **K. Živković, R.M. Zejnilović, Ž.K. Jačinović.** Investigation of water and sediments in water from well "Ljeskovac-Podgorica and possibility of its in production of bottled water, 5th International Conference of the Chemical Sciences of the South-East European Countries, Ohrid, Macedonia, 2006
- **D. Radonjić, K. Živković, P. Živković.** Procjedne(ocjedne) vode – sakupljanje, transport i tretman na sanitarnoj deponiji "Č.K.O.–a" Livade" u Podgorici, Vode, vodovodi i sanitarne tehnologije, Budva, 2006
- **K. Živković, R. Zejnilović, N. Blagojević.** Treatment of the fecal wastewater on the plant in Podgorica, 6th European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC 6), Belgrade, 2005

Podaci o disertaciji

Doktorska disertacija kandidata Katarine Živković pod naslovom "Utvrdjivanje porijekla karstne vodene izdani izvorišta "Mareza" primjenom stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ u vodama izvorišta, rijeke Zete i atmosferskim padavinama" izložena je na 117 strane kucanog osnovnog teksta i 11 strana dodatka, formata A4. Popis korišćene literature naveden je na 15 strana (156 referenci), a sadržaj disertacije na 2 strane. Disertacija sadrži 21 tabelu i 75 slika.

III PREDMET I CILJ DOKTORSKE DISERTACIJE

Predmet istraživanja je karstno vodoizvoriste Mareza koje se koristi za vodosnabdevanje 60% stanovništva grada Podgorice. S obzirom na osetljivost karstnih područja na zagađenja i atmosferske padavine zaštita i upravljanje karstnim područjima zahteva pouzdanu procenu oblasti prihranjivanja kroz multidisciplinarni pristup.

Cilj istraživanja je da se kroz analizu fizičko-hemijskog i izotopskog sastava izvorskih voda Mareze, reke Zete i izotopskog sastava padavina izlučenih na području istraživanja, dobiju informacije o području prihranjivanja izvorskih voda kao i uticaju reke Zete na vode izvorišta. Prethodnim dugogodišnjim istraživanjima identifikovan je samo pravac kretanja izvorskih voda Mareze dok je oblast prihranjivanja tumačena na osnovu hidrogeoloških karakteristika i strukture terena.

Stabilni izotopi predstavljaju veoma moćan alat za razumevanje hidroloških sistema, naročito karstnih. Kao prirodni obeleživači veoma su korisni u istraživanjima vode koje se koristi za vodosnabdjevanje zbog nepotrebnog dodavanja veštačkih obeleživača koja bi se na kraju našli u izvorskoj vodi. Poređenjem sadržaja stabilnih izotopa kiseonika i vodonika u atmosferskim padavinama, podzemnim i površinskim vodama dobijaju se veoma korisne informacije za razumijevanje mehanizma prihranjivanja voda čime se obezbeđuje efikasno upravljanje vodenim resursima

IV OSNOVNE HIPOTEZE

Hipoteze na kojima se temeljilo istraživanje su:

1. Analizom izotopskog sastava $\delta^2\text{H}$ i $\delta^{18}\text{O}$ moguće je utvrditi da li su četiri izvora na vodoizvoristu Mareza istog porekla
2. Izotopske analize stabilnih izotopa $\delta^2\text{H}$ i $\delta^{18}\text{O}$ u vodama izvorista, reci Zeti i atmosferskim padavinama, zajedno sa hemijskim analizama, pokazuju prihranjivanje karstnog vodonosnika Mareze vodom rijeke Zete

V METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U istraživanju, na uzorcima izvorskih voda Mareze, reke Zete i atmosferskim padavinama, korišćene su sledeće metode ispitivanja:

- Masena izotopska spektrometrija u cilju određivanja izotopskog odnosa stabilnih izotopa $\delta^2\text{H}$ i $\delta^{18}\text{O}$
- Jonska hromatografija za određivanje anjona u uzorcima vode
- ICP-OES- indukovano kuplovana plazma-optičko emisiona spektrometrija za određivanje tragova metala u uzorcima vode
- Elektrohemijske metode

VI STRUKTURA I KRATAK OPIS SADRŽAJA PO POGLAVLJIMA

U skladu sa postavljenim predmetom i ciljem istraživanja, strukturirani su neophodni sadržajni elementi disertacije:

- Poglavlje I: Uvod

Uvodni dio istraživanja sadrži:

- ✓ Cilj istraživanja
- ✓ Generalne karakteristike karsta, hidrologija karsta
- ✓ Izotopi životne sredine, stabilni izotopi u vodi
- ✓ Stabilni izotopi u vodi
- ✓ Osnove i značaj izotopske hidrologije
- ✓ Precipitacija padavina, uticaj na izotopski sastav vode
- ✓ Globalna linija meteorske vode (GMWL)

U uvodnom delu doktorske disertacije definisan je cilj doktorske disertacije gdje nadalje autor iznosi značaj razumevanja ponašanja karstnih izdani i procesa prihranjivanja vode u njima, u cilju obezbjeđivanja efikasnog upravljanja ovim vodenim resursima. Pored toga, kandidat je na jasan i precizan način, citirajući relevantnu literaturu, izložio karakteristike karstnih sistema kao probleme kod definisanja slivnih područja. U nastavku objašnjava značaj izotopa životne sredine koji se ogleda u pružanju informacija o poreklu i kretanju podzemnih voda i u njima rastvorenih materija sa posebnim osvrtom na stabilne izotope kiseonika i vodonika u vodi i atmosferskim padavinama.

- Poglavlje II: Pregled literature

U ovom delu kandidat navodi višedecenijske literaturne podatke sprovedenih istraživanja karstnih sistemima, sa posebnim osvrtom na sprovedena istraživanja stabilnih izotopa padavina, podzemnih i površinskih voda na području Dinarida

- Poglavlje III: Porijeklo vode vodoizvorišta "Mareze" na osnovu dosadašnjih istraživanja

U ovom delu kandidat ističe da su sprovedena višedecinijska istraživanja utvrđivanja porekla vode vodoizvorišta Mareza uglavnom bazirana na upotrebi vještačkog obeleživača (natrijum-fluoresceina) na karstnim terenima sliva Skadarskog jezera, a da su granice između slivova i dalje hipotetičke. Navodi nekoliko hipoteza o poreklu izvorskih voda Mareze kao i rezultate nekoliko dosadašnjih istraživanja. U ovom delu kandidat govori i o problemu trenutnog stanja zbog nepoznavanja slivnog područja i cirkulacije vode.

- Poglavlje IV: Radne hipoteze istraživanja

Kandidat navodi dvije radne hipoteze

- Poglavlje V: Materijal i metod rada

- ✓ Područje istraživanja
- ✓ Geološke, geomorfološke, hidrološke i hidrogeološke karakteristike područja istraživanja
Klimatske karakteristike područja istraživanja
- ✓ Mreža mernih mesta izvorskih voda, rijeke Zete i kolektora padavina

Poglavlje sadrži detaljan opis područja istraživanja sa geološkim, hidrološkim i hidrogeološkim karakteristikama terena kao i klimatskim odlikama. Nadalje, kandidat prikazuje tačan položaj (geografska širina, dužina i visina) mesta uzorkovanja izvorskih voda, reke Zete i atmosferskih

padavina zajedno sa položajem metroloških stanica Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore čiji su podaci korišćeni za pregled klimatskih uslova u toku istraživanja.

- Poglavlje VI: Analitičke metode

Ovo poglavlje sadrži:

- ✓ Teorijske osnove mjerenja IRMS
- ✓ Određivanje izotopskog odnosa stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$
- ✓ Karakteristike IRMS
- ✓ Referentni materijali
- ✓ Međunarodni referentni standardi – primarni referentni standardi
- ✓ Referentni materijali i laboratorijski referentni materijali
- ✓ Kalibracija i izračunavanja δ vrijednosti uzorka
- ✓ Procedure uzorkovanja, čuvanja i mjerenja uzoraka za analizu
- ✓ Uzorkovanje padavina
- ✓ Druge analitičke metode primjenjene u istraživanju
- ✓ Obrada rezultata mjerenja i korištene statističke metode

U ovom poglavlju detaljno je opisan princip rada IRMS (engl. isotope ratio mass spectrometer), karakteristike i postupak mjerenja, kalibracija i izračunavanje δ vrednosti uzorka na aparatu Finnigan MAT Delta plus IRMS koji je korišćen u istraživanju za merenje $\delta^2\text{H}$ i $\delta^{18}\text{O}$ vrednosti u uzorcima vode i padavina, na Odsjeku za znanost o okolišu (Department of Environmental Sciences), Instituta Jožef Stefan u Ljubljani. Detaljno su opisani terenski postupci izvršeni prilikom uzorkovanja voda i padavina, čuvanje uzoraka za analizu kao i druge primenjene analitičke metode u istraživanju (za određivanje fizičko hemijskog sastava voda i padavina). Prikupljanje i statistička obrada podataka vršena je Microsoft Excel 2016 programu, a obrada rezultata stabilnih izotopa vršena je upotrebom LIMS-a (Laboratory Information Management System). Za opisivanje varijacija između rezultata ispitivanja korišćena je deskriptivna statistika, za tumačenje rezultata izotopskog sastava voda linearna regresijska analiza, korelacijski dijagrami, koeficijent korelacije. U obradi podataka korišćen je i kompjuterski program PHREEQC (verzija 3), razvijen od strane Američkog geološkog zavoda (USGS) koji služi za simulaciju hemijskih reakcija i transportnih procesa u prirodnoj ili zagađenoj vodi.

- Poglavlje VII: Rezultati mjerenja i diskusija
- ✓ Meteorološke prilike u periodu istraživanja
- ✓ Izotopski sastav padavina
- ✓ Rezultati izotopskog sastava izvorske vode Mareze i vode rijeke Zete
- ✓ Analiza izotopskog sastava izvorskih voda vodoizvorišta Mareza
- ✓ Analiza izotopskog sastava rijeke Zete
- ✓ Usporedne analize izotopskog sastava izvorske vode i rijeke Zete
- ✓ Rezultati fizičko – hemijskog ispitivanja
- ✓ Analiza rezultata izvorske vode Mareze

- ✓ Usporedne analize fizičko hemijskih karakteristika vode rijeke Zete sa izvorskim vodama Mareze
- ✓ Elementi u tragovima
- ✓ Piperov dijagram

Ovo poglavlje obuhvata prikaz dobijenih rezultata sadržaja stabilnih izotopa kao fizičko - hemijskih rezultata istraživanja u izvorskim vodama Mareze, reke Zete i atmosferskim padavinama, njihovu analizu i diskusiju. Sa ciljem intepretacije vremenskih nizova voda i padavina prikazane su i metrološke prilike u periodu istraživanja pri čemu su korišćeni podaci Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore, sa dve meteorološke stanice koje se nalaze na bliskim koordinatama područja istraživanja odnosno mernih mesta uzorkovanja.

- Poglavlje VIII: Zaključak

U poglavlju su sumirani najznačajniji rezultati i saznanja proistekla iz ove doktorske disertacije

- Poglavlje IX: Literatura

U poglavlju su navedeni citirani radovi iz oblasti istraživanja koji pokrivaju sve delove disertacije. U Prilozima su prikazane slike i tabele koje daju dodatnu potvrdu izloženim rezultatima.

VII OSTVAREN I REZULTATI I NAUČNI DOPRINOS

Danas u svetu podzemne vode su osnovni izvor vodosnabdjevanja stanovništa vodom za piće, a prihranjivanje podzemnih voda je važan element u proceni i upravljanju resursima podzemnih voda. Izvorske vode u karstnim terenima, zbog strukture terena, veoma su osetljive na zagađenja. Kod voda koje se koriste za vodosnabdjevanje, kao što je slučaj sa vodoizvorištem Mareza, određivanje odnosa stabilnih izotopa kiseonika i vodonika u vodama veoma su korisni zbog nepotrebnog dodavanja veštačkih obeleživača koja bi se na kraju našli u izvorskoj vodi dok odnos stabilnih izotopa vodene pare u vazдушnim masama reflektuje poreklo vazдушnih masa. Decenijskim istraživanjima nisu prikupljeni sigurni podaci na osnovu kojih se može govoriti o položaju i veličini terena koji su oblast prihranjivanja vodama izvorišta Mareza. Takođe, do sada nije utvrđeno da li se radi o jedinstvenoj izdani Mareze koja egzistira kao jedinstvena tokom cele godine ili se radi o izdani koja je u toku godine izdajena ili možda čak o više izdani koje ne komuniciraju međusobno.

Ovim istraživanjem utvrđena je ista oblast prihranjivanja sva četiri izvora na vodoizvorištu Mareza (Velje oko, Pod vrbom, Oko i Ljeskovac) odnosno da se radi o izvorskim vodama istog porekla, da se oblast prihranjivanja nalazi na većoj nadmorskoj visini, da se mora tražiti u oblasti između lokalnih padavina i područja sa padavinama bližim istočnom Mediteranu, da vreme

zadržavanja podzemne vode iznosi oko 4 - 6 meseci, mešanje infiltrirane vode (padavina) u akviferu je veoma dobro, da se gotovo ne prihranjuju vodama rijeke Zete i je taj doprinos prihrane izuzetno mali, da je oblast istraživanja tokom zime pod uticajem mediteranskih vazдушnih masa, dok je u letnjem periodu pod uticajem vazдушnih masa koje potiču sa Atlantskog okeana

Izrađena doktorska disertacija predstavlja savremeno i originalno naučno delo sa prvim sinergičnim podacima izotopskog sastava i fizičko-hemijskih karakteristika izvorskih voda Mareze, reke Zete i atmosferskim padavinama na području istraživanja, praćenja tokom jedne hidrološke godine. U disertaciji je po prvi put na prostorima Crne Gore određena lokalna linija meteorske vode (LMWL) koja zbog kratkog perioda posmatranja povlači za sobom izvestan stepen nesigurnosti.

Disertacija značajno doprinosi pružanju osnovu za buduća istraživanja i upravljanje vodama na tom području, kao i u sličnim hidrogeološkim sistemima

VIII ZAKLJUČAK KOMISIJE

U skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Univerzitet Edukons, a na osnovu pregleda dostavljene disertacije, komisija zaključuje sledeće:

- Doktorska disertacija Katarine Živković pod nazivom: **"Utvrdivanje porijekla karstne vodene izdani izvorišta "Mareza" primjenom stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ u vodama izvorišta, rijeke Zete i atmosferskim padavinama"** urađena u skladu sa pravilima naučnih principa u pristupu rešavanju problemu i odobrenim projektom.
- Tekst disertacije je pre stavljanja na uvid javnosti prošao detekciju plagijarizma.
- Ishod ove disertacije je publikovan u istaknutom međunarodnom naučnom časopisu čime je potvrđeno rad ima naučni značaj.
- Izabrana tema kao i cilj istraživanja daje doprinos značajan za razvoj nauke. Tokom eksperimentalnog dela disertacije primenjene su najsavremenije visoko osetljive instrumentalne metode izotoposke analize velike pouzdanosti.
- Osnovna istraživačka ideja je originalna, a istovremeno ima i praktičan značaj u definisanju mera zaštite vodozahvata Mareza.
- Predložene hipoteze su odabrane u skladu sa ciljevima disertacije. Korišćene su adekvatne metode analize podataka. Korišćeni su relevantni literaturni izvori, a prilikom njihovog tumačenja ispoljena je metodološka korektnost u zaključivanju.

Ova disertacija je izrađena uz poštovanje svih principa izrade naučnog rada u okviru doktorske teze. Dobijeni podaci i rezultati imaju primenu u praksi.

Imajući sve prethodno iznete činjenice, komisija predlaže Nastavno naučnom veću Fakulteta zaštite životne sredine i Senatu Univerziteta Edukons u Sremskoj Kamenici da prihvati doktorsku disertaciju kandidatkinje **Katarine Živković** pod naslovom : **"Utvrdjivanje porijekla karstne vodene izdani izvorišta "Mareza" primjenom stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ u vodama izvorišta, rijeke Zete i atmosferskim padavinama"** kao kvalitetan akademski rad i odobri njegovu odbranu.

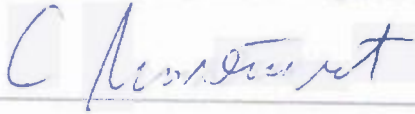
ČLANOVI KOMISIJE

1. 

Prof. Dr. Miša Pucarević,
Fakultet zaštite životne sredine, Univerzitet Edukons, mentor

2. 

Prof. Dr. Saša Ljajić
Institut „Jožef Štefan“ Ljubljana Slovenija, član Komisije

3. 

dr. Srdan Miletic, Viši naučni saradnik,
Institut za hemiju tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, predsednik komisije