

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију  <b>27.06.2019. године, решењем бр. 012-199/23-2018, на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука Проф. др Раде Дорословачки, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</b></p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>др Мирјана Војиновић-Милорадов</b>, професор емеритус, ужа научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 24.01.2008. године, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>председник</b>;</li> <li>2. <b>др Маја Турк-Секулић</b>, ванредни професор, ужа научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 01.05.2015., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>члан</b>;</li> <li>3. <b>др Ивана Михајловић</b>, доцент, ужа научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 01.02.2015., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>члан</b>;</li> <li>4. <b>др Зоран Стевановић</b>, редовни професор, ужа научна област: Хидрогеологија, датум избора у звање: 07.12.1998. године, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд, <b>члан</b>;</li> <li>5. <b>др Милан Димкић</b>, научни саветник, ужа научна област: Хидротехника, датум избора у звање: 28.02.2018. године, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, <b>ментор</b>.</li> </ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме:  <b>Марија, Стеван, Перовић</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава:  <b>30.10.1986., Ужице, Република Србија</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив  <b>Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Инжењерство заштите животне средине, Дипломирани инжењер заштите животне средине - мастер</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија  <b>2010. године, Инжењерство заштите животне средине</b></li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  /</li> <li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  /</li> </ol>
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<b>Процена утицаја и регионалне специфичности хидрогеохемијских услова на трансформацију азотних једињења у подземним водама</b>

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација концизно и јасно је изложена у оквиру следећих поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Преглед стања у области истраживања
3. Материјал и методе истраживања
4. Резултати и дискусија
5. Закључна разматрања
6. Литература
7. Прилози

Докторска дисертације кандидаткиње Марије Перовић написана је на 249 страна А4 формата. Садржи укупно 7 поглавља, 46 табела, 100 слика и 201 цитираних литературних извора и 7 прилога.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

У оквиру првог поглавља приказана су уводна разматрања, дефинисан је проблем и предмет истраживања. Наведене су хипотезе на основу којих је формирано истраживање и циљеви истраживања.

У другом поглављу докторске дисертације дат је преглед важећих ставова у научној литератури о утицају услова средине на трансформацију и транспорт азотних једињења. Детаљно су обрађени процеси циклуса азота и промене физичко-хемијских параметара средине, које прате одвијање наведених процеса. Изотопске фракционације и продукти процеса трансформације азотних једињења, као и значај комплементарне анализе базиране на испитивању образаца промена концентрација конзервативних трасера, индикатора порекла и других стабилних изотопа су такође анализирани. Разматрани су потенцијални притисци азотних једињења на квалитет водних тела у Србији, оптерећеност одабраних сливова (Дунав, Сава и Велика Морава), утицај заступљене пољопривредне праксе и непречишћавања отпадних вода. Дат је преглед стања и трендова концентрационих нивоа азотних једињења у површинским и подземним водама у Европи, као и трендови биланса азота.

Треће поглавље је преглед материјала и метода који су коришћени у спроведеним истраживањима. У поглављу су приказане методе: узорковања, анализе физичко-хемијског, микробиолошког и изотопског састава воде, као и хидрогеолошке и статистичке методе. Описане су локације спроведених истраживања, са посебним освртом на хидрогеолошки опис детаљно испитиваног оксичног и аноксичног аквифера. У оквиру трећег поглавља приказани су и експерименти који су спроведени делом на терену, на подручју дренажног система Ковин-Дубовац и делом у лабораторији Института за водопривреду „Јарослав Черни“. Изотопске анализе рађене су у лабораторији *Iso Analytical* у Енглеској и у *Helmholtz Centre* – Центру за истраживања животне средине у Немачкој.

Четврто поглавље укључује резултате истраживања и дискусију о добијеним резултатима. Анализирани параметри су одабрани јер указују на испуњеност услова за трансформацију азота (садржај кисеоника, редокс потенцијал, рН вредност, однос C:N, садржај сулфида, гвожђа (II/III), на одвијање процеса или порекла азотних једињења у плиткој подземној води (нитрати, амонијак, сулфати, калцијум, натријум, хлориди, бор, арсен). Резултати спроведене анализе одабраних параметара квалитета површинских и подземних вода, анализе корелације, анализе главних компоненти као и кластерске анализе по узоркованим објектима и издвојеним факторима су део четвртог поглавља. На основу огледа на терену утврђена је судбина азотних једињења у редукционим условима подземне воде, док је огледима у лабораторији омогућено моделовање кинетике редукције нитрата у условима земљишта засићеног водом.

У петом поглављу лоцирана су закључна разматрања, која су резултат комплексног и симултаног анализирања физичко-хемијских, изотопских, хидрогеолошких и микробиолошких параметара, изведени су закључци о пореклу и процесима трансформације азота у подземним водама, одабраних локалитета. Одређена је осетљивост подземних вода на нитратно загађење спрам хемијског састава и утврђени су доминантни процеси редукције нитрата. Квантификована је брзина ослобађања електрон донора, редукционог средства и повезана једначином кинетике. Добијена је и теоријска

минимална брзина утроска нитратне јонске специје. Квантификован је сорпциони капацитет за амонијум катјон калибрацијом са измереним садржајем везаног амонијум јона за земљиште у земљишним колонама. Наглашени су доприноси спроведених научних истраживања у оквиру докторске дисертације и дат је предлог нових могућих истраживачких хипотеза.

Шесто поглавље представља списак коришћене научне и стручне литературе.

Седмо поглавље је списак прилога.

**Комисија је позитивно оценила сва наведена поглавља докторске дисертације.**

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Perović M.**, Obradović V., Zuber-Radenković V, Obrovski B., Vojinović-Miloradov M., Dimkić M. (2020). Comprehensive Biogeochemical Analysis of nitrogen transformation parameters, Water Resources No 1, 2020. **M23**
2. **Perović M.**, Obradović V., Kovačević S., Mitrinović D., Živančev N., Nenin T. (2017). Indicators of Groundwater Potential for Nitrate Transformation in a Reductive Environment, Water Environment Research, vol. 89, no.1, pp. 4-16. ISSN 1061-4303. **M23**
3. **Perović M.**, Obradović V., Petković A., Vučković T., Obrovski B., Dimkić M. (2018). Correlation Analysis Among Selected Parameters of N Transformation in Kovin-Dubovac, Journal of Serbian Water Pollution Control Society „Water Research and Management“, Vol. 8, No. 2, pp. 3-8. ISSN 2217-5237. **M24**
4. **Perović M.**, Obradović V., Obrovski B., Dimkić M. (2017). Mapping Nitrogen Transformation Potential in Anoxic Alluvial Aquifer Using PCA and CA Analysis, 23rd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, 9-10 October 2017, Szeged, Hungary, ISBN 978-963-306-563-1, Publisher: University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, pp. 273-277. **M33**
5. **Perović M.**, Obradović V., Obrovski B., Dimkić M. (2017). Determining Seasonal Correlation among Anoxic Nitrogen Transformation Conditions, 23rd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, 9-10 October 2017, Szeged, Hungary, ISBN 978-963-306-563-1, Publisher: University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, pp. 269-272. **M33**
6. **Perović M.**, Obradović V., Mitrinović D., Vučković T., Nenin T. (2016). Delineation of the Main Conditions Affecting Nitrogen Form in Selected Anoxic Alluvial Aquifers in Serbia, IWA Specialist Groundwater Conference, Conference Proceedings and Book of Abstracts, 09-11 June 2016, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-82565-46-8, Publisher: Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, pp. 252-258, 2016. **M34**
7. Mitrinović D., Perić M., Zarić J., **Perović M.**, Petković A., Dimkić M. (2016). Određivanje udela rečne vode u vodozahvatnim bunarima uz Veliku Moravu – izvorište “Ključ”, XV Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, 14.-17. septembar 2016., Kopaonik, Izdavač: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, ISBN 978-86-7352-316-3, str. 555-560. **M63**

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Спроведеним свеобухватним и комплексним истраживањима утврђено је да у највећим рекама у Србији, концентрациони нивои, као ни трендови појаве азота нису још увек забрињавајући, али регистроване корелације потврђују чињеницу да је слив Велике Мораве најоптерећенији. Наглашено је да је за добро познавање рањивости и заштите квалитета водних ресурса, алувијалних и уопште издани подземне воде, потребно релевантно познавање: геолошког и хидрогеолошког састава тла, хидролошких и хидродинамичких односа у издани, познавање биљног покривача и потреба биљака за водом и нутријентима, хидрохемијских особина воде и скелета тла у литолошким слојевима, а свакако и у самој издани. Познавање потенцијала подземних вода за самопречишћавање, капацитета за трансформације и услова при којима се одвија митигација концентрационих нивоа штетних супстанци и материја је од изузетног значаја за заштиту постојећих и будућих изворишта воде. За азотна једињења количина кисеоника, вредност електрохемијског потенцијала, концентрација  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  али и однос C:N, дефинише испуњеност услова за смањивање концентрације нитрата (емисије азотних оксида) или конзервацију азота (редукције до  $\text{NH}_4^+$  катјона). Поред физичко-хемијских параметара који у подземној води указују на могућност одвијања аутотрофне/хетеротрофне денитрификације или дисимилаторне/асимилаторне редукције нитрата, промене рН вредности, концентрација  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{B}^{3+}$  и бората указују на одвијање процеса трансформације или на порекло нитратних анијона. Уколико се између промена трендова концентрација наведених параметара могу уочити и квантификовати линеране (директне или инверзне) корелације, уз анализе изотопских потписа нитратних и амонијум јона, тумачења судбине и порекла азотних једињења у подземним водама су прилично поуздана допуна за хидрогеолошка, хидродинамичка разматрања спроведена са истим циљем

Према спроведеним истраживањима, потенцијал за конзервацију амонијум јона преовлађује на локацијама на територији Војводине, док су од објеката чији су подаци о квалитету подземне воде обрађени, слив Велике Мораве, као и неколико локалитета у североисточној и северозападној Србији осетљиви на загађење нитратима. У плитким подземним водама утврђено је да је од 55 испитаних пијезометара, 5 локалитета погодни за конзервацију азота (одвијање процеса DNRA), 18 локалитета је осетљиво на нитрате (услови погодни за опстанак азота у оксидованом  $\text{N}^{5+}$  облику), док су на 14 локалитета испуњени услови за губитак азота процесом денитрификације (волатилизација  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ). На 21 анализираном локалитету подземних вода, у подземној води из 5 пијезометара преовлађују услови за губитак азота процесом денитрификације, 1 локалитет је погодан за конзервацију азота, док су 2 локалитета осетљива на продор нитрата. Наглашено је да су кратки водотоци јужне и централне Србије (Јужна, Западна, Велика Морава и Ибар) седиментирали крупан материјал, који карактерише мања потрошња кисеоника те доминантно изражене карактеристике аеробности, стога и већа осетљивост на појаву нитрата у подземној води.

Теренски и лабораторијски опити су потврдили да аноксичност услова у подземној води погодује одвијању процеса редукције нитрата а самим тим и смањењу могућности масовнијег продора азота у подземне воде. Додавање нитрата у аноксични аквифер, током теренског огледа, није стимулативно катализовало респираторну денитрификацију, јер није детектован пад концентрације укупног азота у пијезометрима, путем волатилизације  $\text{N}_2$ , али је стимулисана продукција амонијум јона. Закључено је да инхибирана респираторна денитрификација и стимулисана DNRA, могу конзервирати доступни азот у Ковин-Дубовцу у биодоступној форми амонијум катјона. Одвијање процеса DNRA који је спроведен секундарним метаболизмом сулфат редукујућих бактерија забележен је у случају инфилтрације нитрата у аноксичну подземну воду. Лабораторијским огледом квантификована је брзина ослобађања електрон донора, редукционог средства и повезана једначином кинетике и параметром који је одређен калибрацијом помоћу промене концентрације бикарбонатног и калцијумовог јона са масеним уделом партикуларне органске материје.

Истовременом анализом трендова промена концентрација параметара који указују на одвијање појединих процеса трансформације или порекло азотних једињења за оксични аквифер Кључ, закључено је да детектовани нитрати у залеђу потичу од нитрификације амонијум катјона из доминантно непречишћене канализационе воде, која дотиче из залеђа и са собом доноси подземну воду у којој постоји висока линеарна корелација између концентрација  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ , укупног В,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{O}_2$  и вредности електричне проводљивости, при чијим се повећаним концентрацијама

снижава вредност рН. Део подручја ближе реци, Великој Морави, одликују ниже концентрације нитрата уз повишене вредности изотопског потписа, концентрације  $\text{NH}_4^+$  катјона, рН вредности. Уз истовремено тумачење струјне слике, закључено је да је део уз реку практично изван утицаја отпадне канализационе воде. Може се претпоставити да квантификована концентрација од приближно 20 mgN/l може представљати утицај апликације и нитрификације стајњака (уреје) поред природне базичне концентрације. У случају аноксичног дренажног система Ковин-Дубовац, утврђено је да су иако релативно ниске концентрације нитратног и амонијачног азота у површинској води као и примењене путем минералних ђубрива, у условима повишених концентрационих нивоа: органске материје, концентрације  $\text{Fe}^{2+}$  и у присуству редукованих сулфата до сулфида, конзервисане у аквиферу у облику  $\text{NH}_4^+$  катјона. Квантификована вредност изотопских потписа уз анализу промена физичко-хемијских и микробиолошких параметара указује на порекло амонијум јона из минералних ђубрива и делимично из органске материје земљишта. Истраживања комплексног и комплементарног утицаја хидрогеохемијских услова и регионалних специфичности на трансформацију и транспорт азотних једињења у Србији су спроведена по први пут. Један од посебних доприноса докторске дисертације је приказивање и документовање, поред до сада разматраних хидрогеолошких аспеката, важности познавања комплексне хемије подземних вода у циљу утврђивања њиховог потенцијала за конзервацију или емисију азота. Поред утврђених регионалних специфичности и параметара од значаја за трансформацију азотних једињења, анализа изотопских потписа је показала да у условима аеробних издани примена ђубрива у Србији у облику тренутно заступљене пољопривредне праксе, у поређењу са нитратима пореклом из непречишћених комуналних вода, представља мање значајан утицај на квалитет подземних вода по питању азотних једињења. У случају аноксичних издани, узимајући у обзир алувијалне аквифере формиране у доњим деловима сливова, богате потенцијалним донорима електрона (органским угљеником и  $\text{Fe}^{2+}$ ), процеси дисимилаторне редукције нитрата уз природно порекло амонијум јона од минерализације органске материје земљишта су доминантни извори амонијум катјона.

Спроведена истраживања су показала теоретску и практичну могућност детаљнијег детерминисања узрока, механизма и феномена трансформације и транспорта азота у подземној води симултаним и комплексним проучавањем хидрогеохемијских, изотопских и статистичких анализа главних компоненти и кластер анализа.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу детаљног прегледа докторске дисертације Комисија закључује да су тумачење и приказ добијених резултата експерименталних и статистичких истраживања, као и модела, концизни, јасни, научно-професионални и коректни. Анализа и евалуација резултата засновани су на новим, савременим и оригиналним истраживањима и у складу су са дефинисаним циљевима, задацима и хипотезама истраживања.

Докторска дисертације је у библиотеци ФТН-а прошла проверу у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate, који је показао да дисертација представља оригиналан рад.

**У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.**

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

**Да, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

**Да, дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за докторску дисертацију из области техничко-технолошких наука. Добијени резултати су детаљно дискутовани и приказани су на адекватан начин, из чега су произашли коректни и логични закључци истраживања.**

По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У досадашњим истраживањима у Републици Србији, природна рањивост, као и осетљивост подземних вода је разматрана са хидрогеолошког становишта, величине утицаја врсте аквифера и дебљине повлатног слоја. Раније је рањивост према нитратима искључиво дефинисана у односу на бројност сточног фонда и постојање санитарне канализације у насељима већим од 2000 становника, а у истраживањима у оквиру докторске дисертације евалуирани су и хемијски статус подземних вода, распрострањавање пољопривредних површина и постојања несанитарне канализације у насељима са мање од 2000 становника. Подаци о примењеној пољопривредној пракси, количине и врсте ђубрива која се апликују уз хемијски потенцијал подземних вода за трансформацију азотних једињења, су један од главних оригиналних доприноса дисертације. У спроведеним истраживањима у оквиру дисертације, на основу хемијског потенцијала за трансформацију азотних једињења одређена је природна осетљивост подземних вода на загађење нитратима. Оригиналан допринос и нови резултати истраживања односе се и на дефинисање порекла, процеса трансформације и осетљивости подземних вода на нитратно загађење у аноксичним и оксичним условима. Допринос спроведених истраживања је и теоретска и практична могућност детаљнијег детерминисања узрока, механизма и феномена трансформације и транспорта азота у подземној води симултаним и комплексним проучавањем хидрогеохемијских, изотопских и статистичких анализа главних компоненти и кластер анализа. Посебан научно-истраживачки допринос је одређивање сложених дифузионих хемијских и микробиолошких путева редукције и транспорта нитрата у аноксичним условима подземне воде, као и начина и степена редукције нитрата у условима земљишта zasiћеног водом.

Поред истраживачког и апликативног, изузетан теоријски допринос тезе је и начин идентификације највероватнијег извора азота, процеса трансформације и корелације параметара који утичу на транспорт и трансформацију нитрата у подземним водама. Овакав приступ је нов и изузетно значајан при дефинисању и планирању будућих изворишта подземне воде, као и њихових заштитних зона, али и у примени Нитратне директиве Европске Уније (Директива 91/676/ЕЕС), која ће у Србији, представљати важно економско питање.

3. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Докторска дисертација нема недостатке који би утицали на резултате истраживања.**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже са задовољством:
Наставно-научном већу Факултета техничких наука и Сенату Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација „Процена утицаја и регионалне специфичности хидрогеохемијских услова на трансформацију азотних једињења у подземним водама“ <b>прихвати</b> , а кандидаткињи, Марији Перовић, <b>одобри јавна одбрана</b> .

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 20.08.2019.

---

др Мирјана Војиновић Милорадов, професор емеритус  
Председник Комисије

---

др Маја Турк Секулић, ванредни професор  
Члан Комисије

---

др Ивана Михајловић, доцент  
Члан Комисије

---

др Зоран Стевановић, редовни професор Члан  
Комисије

---

др Милан Димкић, научни саветник  
редовни професор у пензији  
Члан Комисије, ментор