

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду на 30. седници одржаној 15.06.2017. године именовало је Комисију за оцену докторске дисертације под насловом <i>”Утицај унапређених третмана електрокинетичке ремедијације на мобилност и уклањање метала у седименту”</i> кандидата Мсц Наташе Варга.</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> <p>1. др Божо Далмација, редовни професор, Хемија (Хемијска технологија и Заштита околине), 18.03.1996., ПМФ у Новом Саду - председник</p> <p>2. др Дејан Крчмар, ванредни професор, Хемијска технологија, 22.12.2015., ПМФ у Новом Саду - ментор</p> <p>3. др Срђан Рончевић, ванредни професор, Хемијска технологија, 17.10.2012., ПМФ у Новом Саду - члан</p> <p>4. др Марина Шћибан, редовни професор, Биотехнологија, 13.02.2014., ТФ у Новом Саду – члан</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Наташа, Стеван, Варга</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 14.05.1987., Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет, Мастер академске студије хемије-контрола квалитета и заштита животне средине, Мастер хемичар-контроле квалитета и заштите животне средине.</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2011., Докторске академске студије заштите животне средине</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: /</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: /</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>„УТИЦАЈ УНАПРЕЂЕНИХ ТРЕТМАНА ЕЛЕКТРОКИНЕТИЧКЕ РЕМЕДИЈАЦИЈЕ НА МОБИЛНОСТ И УКЛАЊАЊЕ МЕТАЛА У СЕДИМЕНТУ “</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација је написана на српском језику (латиница), а извод је дат на српском и енглеском језику. Обим докторске дисертације је 153 стране куцаног текста и садржи 6 поглавља, 24 табела, 53 слика, 9 прилога и 150 библиографске јединице. Чине је следећих седам поглавља: 1. Увод; 2. Општи део; 3. Експериментални део; 4. Резултати и дискусија; 5. Закључак, 6. Литература, као и један прилог.

Предмети истраживања ове докторске дисертације су:

- Одређивање ефикасности унапређених електрокинетичких третмана ремедијације који изузимају додаток агенаса у третирани седимент (измена поларитета, примена третмана са две аноде, хексагонални дводимензионални електрокинетички третман) загађен металима.
- Испитивање утицаја дисконтинуитета напајања струјом, као и утицај осцилација јачине електричне енергије при примени соларних панела на ефикасност третмана.
- Испитивање утицаја геохемије седимента, физичко-хемијских промена у систему и карактеристика присутног загађења (облици појављивања метала, концентрације) на ефикасност електрокинетичког процеса.
- Процена ризика у систему седимент/вода пре, током и након третмана.
- Примена математичког модела на добијене резултате и процена времена потребног за електрокинетички третман да би се концентрација метала спустила на концентрацију природног фона.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов. Наслов докторске дисертације је јасно и прецизно формулисан и у складу је са тематиком и садржајем истраживања.

Увод. У овом поглављу је у основним цртама дат приказ проблематике седимента загађеног металима, указано је на неопходност, односно на избор одговарајућег третмана ремедијације. Такође, јасно је дат преглед досадашњих истраживања на тему електрокинетичке ремедијације и дефинисан је циљ истраживања.

Општи део. У овом поглављу детаљно су приказани сви теоријски оквири релевантни за проблем истраживања. Општи део садржи преглед понашања метала у седименту, законску регулативу за процену квалитета седимента, преглед основних електрокинетичких транспортних механизма и фактора који утичу електрокинетички третман, као и преглед унапређених и куплованих електрокинетичких третмана ремедијације. Литературни преглед је актуелан, опсежан, али у исто време и у потпуности усмерен на проблем истраживања.

Експериментални део. У овом поглављу је дат детаљан опис експерименталних процедура које су коришћене за реализацију циљева рада. Дат је опис седимента на коме су примењивани електрокинетички третмани, преглед одабраних електрокинетичких третмана и примењених аналитичких метода. Посебно је описан математички модел примењен ради процене времена потребног за електрокинетички третман да би се концентрација спустила на концентрацију природног фона. Експериментални поступци су приказани јасно и са довољно детаља.

Резултати и дискусија. У овом поглављу детаљно су приказани и дискутовани резултати истраживања, који обухватају два циклуса експеримента (први циклус- конвенционални и третман са изменом поларитета; други циклус- хексагонални дводимензионални третмани и третмани са два аноде) који не захтевају додаток агенса у систем. Сваки третман се одвијао при три различита услова: уз континуалну примену електричне струје, без струје ноћу и уз примену соларних панела ради испитивања утицаја дисконтинуитета струје током ноћи, као и утицај осцилација јачине електричне енергије до којих долази приликом примене соларних панела на ефикасност третмана. Такође, у овом делу представљени су подаци о брзини миграције испитиваних метала, доступности метала, и утицају физичко хемијских промена на понашање метала у седименту током и након третмана, анализирањем промена редокс потенцијала, рН, проводљивости, псеудо-укупног садржаја метала, садржаја метала у различитим фракцијама седимента и садржаја метала у оцедној води (након третмана). На основу добијених резултата извршена је процена ризика, као и одабир најефикаснијег електрокинетичког третмана за даљу примену. На експерименте који су показали задовољавајуће ефикасности, примењен је и математички модел ради процене времена потребног да би се концентрација метала смањила на концентрацију природног фона.

Редослед потпоглавља, структура изложеног материјала и начин приказа постигнутих научних резултата су сагласни са очекиваним резултатима датим у извештају о оцени подобности теме за израду докторске дисертације.

Закључак. У овом поглављу јасно и сумарно су приказани добијени резултати и закључци који се односе на рад у целини.

Литература. У овом поглављу наведена је коришћена литература која је актуелна и свеобухватна.

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

1. Dejan S. Krčmar, Bozo D. Dalmacija, Ljiljana M. Rajic, Miljana Dj. Prica, **Natasa S. Varga**, Milena Dj. Becelic-Tomin, Djurdja V. Kerkez (2015) Influence of electric field operation modes on nickel migration during electrokinetic treatment, *Soil and Sediment Contamination An International Journal*, DOI 10.1080/15320383.2016.1088508; **(M23)**
2. **Varga N.**, Dalmacija B., Prica M., Kerkez Đ., Bečelić-Tomin M., Spasojević J., Krčmar D. (2016) The application of solar cells in the electrokinetic remediation of metal contaminated sediments, *Water Environment Research*, DOI: 10.2175/WERD1600172 . **(M23)**
3. **Varga N.**, Krčmar D., Dalmacija B., Pešić V., Nikić J., Pucar G., Tarbuk N. (2014) Solarna električna remedijacija sedimenta загађеног Ni i Zn. Међународни интегрисан skup „ZEMLJIŠTE 2014“, 12.-14. мај, Zrenjanin, 127-134 **(M33)**
4. **Nataša Varga**, Dejan Krčmar, Božo Dalmacija, Vesna Pešić, Jasmina Nikić, Đurđa Kerkez, Miloš Dubovina (2015) Ispitivanje efikasnosti pulsne tehnike tokom elektrokinetičke remedijacije sedimenta загађеног Ni, Међународни интегрисан skup „ZEMLJIŠTE 2015“, 12. мај, Zrenjanin, 107-115, **(M33)**
5. **Varga N.**, Dalmacija B., Krčmar D., Maletić S., Nikić J., Pucar G., Murény S. (2014) Primena solarnih ćelija u elektrokinetičkoj remedijaciji sedimenta загађеног Cd, Cr i Ni. Zbornik radova Међународне конференције «Отпадне воде, комунални чврсти отпад i опасан отпад», 01.04.-03.04., Tara, 163-167 **(M63)**
6. **Varga, N.**, Krčmar, D., Dalmacija, B., Pešić, V., Slijepčević, N. (2016) Uticaj konvencionalne elektrokinetičke remedijacije na mobilnost Ni i efikasnost tretmana, Zbornik radova, Integrirani skup Zemljište 2016, III savetovanje sa međunarodnim učešćem „Kvalitet zemljišta, održiva poljoprivreda i životna sredina“ i VI konferencija sa međunarodnim učešćem „Remedijacija 2016“, 10. мај, Vršac, 102-109 **(M63)**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Као главни резултати ове докторске дисертације могу се навести следећи закључци:

- a. Добијени резултати првог циклуса експеримената (конвенционалних третмана- e1, e2, e3; третмана измене поларитета- e4, e5, e6) указују да ниједан од третмана није био довољно ефикасан за уклањање испитиваних метала (Cr, Ni, Cu), али и да није утврђена разлика у ефикасности приликом примене константе струје и примене соларних панела, због чега можемо закључити да примена соларних панела има будућност и да представља добру алтернативу за спровођење ове врсте ремедијације. Резултати примене хексагоналног дводимензионалног система (e7, e8, e9) и технике две аноде (e10, e11, e12) указују да је проценат уклањања Ni и Cu у првој половини спроведених експеримената знатно виши (првих 10 дана), него у другој половини. Овакво понашање метала, као и добијене ефикасности приписују се првенствено значајној количини фракција које лакше мигрирају (карбонатна и редуцибилна фракција) у почетном узорку седимента и које подлежу процесима електромиграције, електроосмосе, али и дифузије у третманима e8, e9, e11 и e12 који побољшава десорпцију метала током изостанка струје. Такође, обзиром да су се садржаји Ni и Cu на свим локацијама електрокинетичке ћелије значајно смањиле током e7, e8, e9, e10, e11 и e12 третмана осим у катодном региону, можемо закључити да је дошло и до електросорпције метала на саме електроде и директне деградације тешких метала. На основу добијених резултати и извршене процене ризика другог циклуса експеримента можемо закључити да су ови третмани довољно ефикасни за уклањање Ni и Cu, али и да дисконтинуитети струје током ноћи, као и осцилације јачине електричне енергије до којих долази приликом примене соларних панела не утичу на ефикасност третмана.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

- b. На основу извршене процене применљивости третмана електрокинетичке ремедијације на реалан проблем Великог Бачког канала (ВБК) закључено је, да је најбоља опција за решавање проблема ВБК двоанодни третман у коме се примењују соларни панели (e9). Применом третмана e9 на укупну количину загађеног седимента (класа III и IV) која је износила ~545029т, након 25 дана пречистило би се 454191т седимента (I и II класа), док би се количина загађеног седимента смањила на 90838т. Овакви резултати указују да примена унапређених електрокинетичких третмана ремедијације које изузимају додаток агенаса у третирани седимент, као што је двоанодни третман могу да буду довољно ефикасни за ремедијацију седимента са значајним количинама глине и органске материје.
- c. Примена секвенцијалне екстракционе процедуре током третмана доказује да везивне форме метала могу прелазити из једне у другу фракцију седимента током спровођења третмана електрокинетичке ремедијације и то у складу са променама pH, ORP. Такође, до интензивнијих реакција дошло је у другом циклусу експеримената што можемо објаснити већим садржајем глине, величином специфичне површине (ВЕТ) која је указала да је адсорпциони капацитет седимента примењеног за други циклус експеримената већи, као и минералним саставом седимента који указао да је више од 60% присутних минерала подложно сорбовању односно десорбовању метала услед физичко-хемијских промена седимента.
- d. Примена математичког модела, односно нумеричке симулације транспортног феномена на експерименте који су показали задовољавајуће ефикасности уклањања тј., на експерименте хексагоналног дводимензионалног система показала је да нема велике разлике између експерименталних и нумеричких резултата. Овакви закључци указују да се могу предвидети промене концентрација метала на основу нумеричке симулације без спровођења експеримената, што је од круцијалног значаја за будућа истраживања.

Добијени подаци указују да геохемија седимента има снажан утицај и да управо она одређује физичко-хемијске промене које се догађају у седименту током спровођења третмана електрокинетичке ремедијације. С друге стране, показало се да конфигурација електрода представља главну покретачка сила за уклањање тешких метала пре свега, јер оне одређују обим и правац електрокинетичког процеса, а самим тим и транспорт метала. Кључ успеха ових третмана седимента јесте и задржавање метала у фракцијама (карбонатна и редуцибилна) које лакше мигрирају. Такође, добијени резултати указују да се знатна уштеда укупних трошкова може постићи применом соларне-зелене енергије. Од велике помоћи за будућа истраживања је и нумеричка симулација која омогућава предвиђање исхода електрокинетичких третмана.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат је веома студиозно приступио обради и анализи прикупљених података, које је успешно систематизовао у логичке целине. Резултати истраживања су детаљно дискутовани и поређени са резултатима релевантне научне литературе. Приказани су јасно, добро илустровани помоћу табела и слика, што свакако доприноси лакшем и потпунијем праћењу објашњења и тумачења. На основу резултата и дискусије изведени су јасни и прецизни закључци, који дају одговоре на постављене задатке у овој докторској дисертацији. Стога, комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1.	Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме <i>Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</i>
2.	Да ли дисертација садржи све битне елементе <i>Докторска дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада.</i>
3.	По чему је дисертација оригиналан допринос науци Обзиром да се електрокинетичка ремедијација сматра релативно новом и иновативном технологијом која може да се користи као ин-ситу или ех-ситу ремедијациони систем истраживања у овој области су у фокусу интересовања већ неколико деценија. Међутим, о потреби за даљим истраживањима из ове области говори велики број резултата истраживања који се и даље објављује. Ова докторска дисертација представља оригинални научни допринос на пољу заштите животне средине са неколико аспеката: сва истраживања су спроведена на реалном узорку седимента са значајним одговарајућим садржајем метала како би се установила могућност примене одабраних третмана у реалним условима. Доказано је да дисконтинуитети струје током ноћи, као и осцилације јачине електричне енергије до којих долази приликом примене соларних панела не утичу на ефикасност третмана, због чега се на једноставан начин могу пречистити значајне количине седимента, и то уз примену соларних панела (додатна предност са еколошког и економског аспекта). Добијени подаци указују да геохемија седимента има снажан утицај и да управо она одређује физичко-хемијске промене које се догађају у седименту током спровођења третмана електрокинетичке ремедијационе технологије, такође и да би третман био успешан кључно је задржавање метала у фракцијама (карбонатна и редуцибилна) које лакше мигрирају. Додатни допринос овог рада је и примена математичког модела који омогућава нумеричком симулацијом предвиђање времена потребног да се постигну концентрације метала које одговарају природном фону без спровођења експеримената.
4.	Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Комисија није уочила недостатке дисертације који би утицали на резултате истраживања и мишљења је да су постављени циљеви у потпуности испуњени.
X	ПРЕДЛОГ:
	На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
	На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се прихвати позитивна оцена докторске дисертације под насловом <i>”Утицај унапређених третмана електрокинетичке ремедијације на мобилност и уклањање метала у седименту”</i> Наташе Варга и да се кандидату Наташи Варга одобри одбрана.

КОМИСИЈА

1. др Божо Далмација, редовни професор Природно-математичког факултета у Новом Саду, председник
2. др Дејан Крчмар, ванредни професор Природно-математичког факултета у Новом Саду, ментор
3. др Срђан Рончевић, ванредни професор Природно-математичког факултета у Новом Саду, члан
4. др Марина Шћибан, редовни професор Технолошког факултета у Новом Саду, члан