

## Природно-математички факултет

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**  
**Ђурђе Керкез**

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p><b>Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду на 14.седници одржаној 31.10.2013. године именовало је Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом "Потенцијал употребе пиритне изгоретине у третману отпадних вода и могућност њене даље санације применом имобилизационих агенаса" кандидата Ђурђе Керкез за стицање стручног назива доктор наука заштите животне средине.</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><b>Др Божо Далмација</b>, редовни професор, ужа научна област Хемија (Хемијска технологија и Заштита околине), изабран 18.03.1996. године, Природно-математички факултет, Нови Сад, – председник</li> <li><b>Др др Милена Бечелић-Томин</b>, ванредни професор, ужа научна област област Заштита животне средине, изабрана 01.11. 2013. године - ментор</li> <li><b>Др Миле Клашња</b>, редовни професор, ужа научна област Биотехнологија (Технологија воде и Технологија воде и отпадне воде), изабран 16.03.2006. године, Технолошки факултет, Нови Сад - члан</li> <li><b>Др Срђан Рончевић</b>, ванредни професор, ужа научна област Заштита животне средине, изабран 15.10. 2012. године, Природно-математички факултет, Нови Сад - члан</li> <li><b>Др Дејан Крчмар</b>, доцент, ужа научна област Заштита животне средине, изабран 10.02.2011. године, Природно-математички факултет, Нови Сад - члан</li> </ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Име, име једног родитеља, презиме: <b>Ђурђа, Владимир, Керкез</b></li> <li>Датум рођења, општина, држава: <b>27.04.1986. Вршац, Србија</b></li> <li>Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Природно-математички факултет, Хемијске науке-контрола квалитета и управљање животном средином, Мастер хемичар- контроле квалитета и управљања животном средином</b></li> <li>Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2010. година, Заштита животне средине</b></li> <li>Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</li> <li>Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</li> </ol>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>

**”Потенцијал употребе пиритне изгоретине у третману отпадних вода и могућност њене даље санације применом имобилизационих агенаса”**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација је написана на 160 страна, а садржи 54 слика, 28 табела и 340 литературних навода. Текст садржи шест поглавља: Увод - 2 стране, Теоријски део - 53 страна, Експериментални део - 10 страна, Резултати и дискусија - 68 страна, Закључак –7 страна и Литература – 20 страна.

У оквиру овог истраживања испитана је:

- Потенцијал искоришћавања пиритне изгоретине у третману отпадне воде текстилне индустрије као извора каталитичког гвожђа у Фентон процесу. Коришћена су два синтетичка ефлуента односно водени раствори боја различитих структура које се користе у текстилној индустрији Reactive Blue 4 и Reactive Red 120, као и реалан ефлуент за који је узета отпадна вода која потиче из бојарнице фабрике тепиха „Синтелон“ и која садржи више боја различитих структурних карактеристика. Утврђени су оптимални услови у погледу концентрације пиритне изгоретине, концентрације водоник пероксида, рН вредности средине, ефекта почетне концентрације испитиваних боја, ефекта времена мешања као и кинетика реакција за све испитиване ефлуенте, при којима се постиже највећи степен обезбојавања испитиваних ефлуената. Такође извршена је карактеризације испитиваних ефлуената након третмана у погледу излужене концентрације метала, степена минерализације ефлуената, природе идентификованих деградационих продуката као и респирометријских мерења.
- Могућност санације насталог муља након третмана отпадне воде текстилне индустрије применом С/С технике уз употребу различитих имобилизационих агенаса (креча, цемента летећег пепела, зеолита и глина :каолинита, бентонита, и аутохтоне глине са територије Војводине). Испитан је карактер добијеног муља, а извршена је и карактеризација одабраних имобилизационих агенаса са аспекта њихових специфичних површина и порозности, као и капацитета измене катјона примењених глина. Испитана је доступност метала у почетном узорку муља и муљу након третмана солидификацијом и стабилизацијом применом секвенцијалне екстракције. Процена доступности метала након третмана муља солидификацијом и стабилизацијом испитивана је применом АНС 16.1 теста, при чему су дате вредности кумулативне излужене фракције метала, ЛХ индекса, дале оцену дугорочног степена излуживања метала из третираних смеша одређивањем коефицијента дифузије – Де, као и доминантног механизма изуживања. Процена доступности метала испитивана је и коришћењем тестова са једном екстракцијом TCLP, DIN, SPLP и WET. Вршена је микро-структурална анализа одабраних С/С смеша која ће дати потврду на раније предпостављене механизме реакција при С/С третману. На послетку вршена је анализа притисне чврстоће добијених солидификата чиме су добијени резултати дали потврду о њиховој потенцијалној конструкционој употреби.

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У УВОДУ докторске тезе указано јена проблем опасног индустријског отпада на животну средину. Као један од потенцијалних проблема препознат је проблем пиритне изгоретине. Обзиром на састав овог индустријског отпада указано је на потенцијал његовог искоришћења као извора каталитичког гвожђа у Фентон процесима при третману отпадних вода, са акцентом на отпадне воде које потичу из текстилне индустрије. Такође указано је на неопходност односнона избор одговарајуће методе за ремедијацију муља који ће настати након оваквих третмана а садржи токсичне метале и арсен. Такође дато је образложење теме докторске дисертације и дефинисање предмета и циља истраживања.

У ОПШТЕМ делу докторске дисертације представљена је утицај текстилних отпадних вода на животну средину. Представљен је и Фентон процес као један од најоптималнијих метода за третман ефлуената из текстилне индустрије, са посебним освртом на предности при коришћењу хетерогених Фентон процеса. Представљена је техника солидификације и стабилизације као погодне ремедијационе технике за третман опасног отпада контаминираног металима. Такође дат је преглед и опис најчешће коришћених имобилизационих агенаса при оваквим третманима. Описани су механизми излуживања метала из стабилизираних смеша муља и имобилизационих

агенаса, као и различите врсте тестова излуживања које се користе за процену третмана стабилизације и солидификације како код нас тако и у свету. Литературни преглед је актуелан, опсежан, али у исто време и у потпуности усмерен на проблем истраживања.

У ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОМ делу је детаљно изложен план истраживања и технике рада. Експеримент је рађен у две фазе: 1) Прва фаза укључивала је истраживања о потенцијалу примене пиритне изгоретине, као извора гвожђа, у хетерогеном Фентон третману обојених ефлуената. Вршена је оптимизација оперативних услова при којима се постиже највиши степен обезбојавања и минерализације испитиваних ефлуената. Такође испитивање је укључило и карактеризацију насталих ефлуената након примењеног Фентон процеса. 2) Друга фаза укључивала је карактеризацију насталог муља након третмана обојених ефлуената и његов третман солидификацијом и стабилизацијом. Вршено је одређивање ефикасности примењених имобилизационих агенаса у С/С третману и доминантног механизма излуживања метала који описују њихов транспорт из добијених солидификата. Прва фаза експеримента обухватила је следеће: успостављање оптималних оперативних услова за постизање што ефикаснијег обезбојавања и минерализације испитиваних ефлуената; карактеризацију добијених ефлуената са аспекта излуженог гвожђа, осталих метала и арсена из пиритне изгоретине; степена минерализације (мерењем ХПК и ТОС вредности) добијених ефлуената као и идентификацију природе деградационих продуката; Утврђивање биодеградабилности и токсичности ефлуената након третмана применом респирометријских мерења. Друга фаза експеримента обухватила је следеће: карактеризацију добијеног муља након хетерогеног Фентон процеса обојених ефлуената, на основу одређивања садржаја и потенцијала излуживања метала и арсена; карактеризацију одабраних имобилизационих агенаса у смислу одређивања специфичних површина и порозности, као и капацитета измене катјона примењених глина; процена токсичности/биодоступности метала у почетном узорку муља и С/С смешама на основу секвенцијалне екстракционе процедуре; Оцену ефикасности примењеног С/С третмана који има за циљ имобилизацију метала у муљу на основу следећих фактора (кумулативне излужене фракције метала, ЛХ индекса, оцену дугорочног степена излуживања метала из третираних смеша одређивањем коефицијента дифузије – Де, као и доминантног механизма излуживања); Поређење излужених концентрација метала из С/С смеша применом тестова излуживања са једном екстракцијом и поређење резултата са максимално дозвољеним концентрацијама актуелних правилника; микро-структуралну анализу одабраних С/С смеша; анализа притисне чврстоће добијених солидификата. Начин извођења експеримената и употреба најмодернијих аналитичких техника омогућили су добијање квалитетних експерименталних података који су основа за доношење закључака везаних за понашање метала и механизма њиховог излуживања у животну средину.

У поглављу РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА дати су резултати истраживања који су подељени у два дела. У првом делу дата је Оптимизација оперативних услова Фентон процеса и карактеризација насталих ефлуената када се као извор каталитичког гвожђа користи пиритна изгоретина. Приказани су резултати оптимизације процеса у погледу одређивања оптималне концентрације пиритне изгоретине, концентрације водоник пероксида, рН вредности средине, ефекта почетне концентрације испитиваних боја, ефекта времена мешања као и кинетика реакција за све испитиване ефлуенте. Такође представљени су резултати карактеризације испитиваних ефлуената у погледу излужене концентрације метала, степена минерализације ефлуената, природе идентификованих деградационих продуката као и респирометријских мерења. У другом делу прво су представљени резултати карактеризације добијеног муља као и карактеризације одабраних имобилизационих агенаса са аспекта њихових специфичних површина и порозности, као и капацитета измене катјона примењених глина. Затим представљена је процена доступности метала у почетном узорку муља и муљу након третмана солидификацијом и стабилизацијом применом секвенцијалне екстракције. Такође представљена је процена доступности метала након третмана муља солидификацијом и стабилизацијом применом АНС 16.1 теста, при чему су дате вредности кумулативне излужене фракције метала, ЛХ индекса, оцену дугорочног степена излуживања метала из третираних смеша одређивањем коефицијента дифузије – Де, као и доминантан механизам излуживања. Такође приказани су резултати добијени при коришћењу тестова са једном екстракцијом TCLP, DIN, SPLP и WET при чему је приказано слагање добијених резултата са актуелним правилницима. Приказана је микро-структурална анализа одабраних С/С смеша која потврђује предпостављене механизме реакција при С/С третману. На послетку приказани су резултати анализа притисне чврстоће добијених солидификата чиме су добијени резултати дали потврду о на њиховој потенцијалној конструкционој употреби.

Резултати су прегледни, јасно представљени и критички продискутовани у складу са досадашњим научним сазнањима.

У поглављу ЗАКЉУЧАК јасно и сумарно су приказани добијени резултати и закључци који се односе на рад у целини. У поглављу ЛИТЕРАТУРА 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. **Djurdja V. Kerkez**, Dragana D. Tomašević, GáborKozma, Milena R. Bečelić-Tomin, Miljana Dj. Prica, Srdjan D. Rončević, ÁkosKukovecz, Božo D. Dalmacija, ZoltánKónya (2014) Three different clay-supported nanoscale zero-valent iron materials for industrial azo dye degradation: A comparative study, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* DOI:10.1016/j.jtice.2014.04.019, M21
2. Milena Bečelić Tomin, BožoDalmacija, LjiljanaRajić, DraganaTomašević, **Durđakerkez**, Malcolm Watson and MiljanaPrica(2014) Degradation of Anthraquinone Dye Reactive Blue 4 in Pyrite Ash Catalyzed Fenton Reaction, *The Scientific World Journal*, DOI: 10.1155/2014/234654, M21
3. **Kerkez Đurđa V.**, Bečelić-Tomin Milena R., Dalmacija Milena B., TomaševićDragana D., RončevićSrdan D., PucarGordana V., DalmacijaBožo D. (2014) Leachability and physical stability of solidified and stabilized pyrite cinder sludge from dye effluent treatment, *Hemijska industrija*; DOI:10.2298/HEMIND140304036K. M23
4. Далмација М., **Керкез Ђ.**, Рончевић С., Далмација Б., Карловић Е., Рајић Љ., Прица М. (2010): Тестови излуживања као процена безбедности одлагања солидификованог/стабилизованог отпада, Рециклажа и одрживи развој 3 29-35. (2010), M53
5. Миљана Прица, Милена Бечелић-Томин, Божо Далмација, Савка Адамовић, Весна Пешић, **Ђурђа Керкез**, Немања Кашиковић, 2013, Integrated Pollution Prevention Control in Small and Medium Printing Houses in Vojvodina (Serbia), International Science Conference „Reporting for Sustainability“, 7-10 мај, Већићи, Црна Гора, 359-365, ISBN 978-86-7550-070-4, The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, M33
6. **Djurdja V. Kerkez**, Milena B. Dalmacija, Dragana D. Tomasevic, Milena R. Becelic-Tomin, Srdjan D. Roncevic, Gordana V. Pucar, Bozo D. Dalmacija (2014) Solidification/Stabilization of Pyrite Cinder by Applying Three Different Clays and Fly Ash: Eurasia 2014 Waste Management Symposium, 28-30.April 2014, Istanbul, Turkey; 876-883, M33
7. Милена Бечелић-Томин, Божо Далмација, Љиљана Рајић, Драгана Томашевић, **Ђурђа Керкез**, Malcolm Watson (2013) Examination of the possible applications of pyrite ash in a modified Fenton process for reactive dye degradation. *Book of Abstracts from 10th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies*, Bordeaux, France, 2 - 6 June 2013. Izdavač: IWA. Zahvalnica: III43005 i TR37004, M34
8. **Ђурђа Керкез**, Драгана Томашевић, Милена Бечелић-Томин, Божо Далмација, Срђан Рончевић, Gabor Kozma, Zoltan Kónya (2013) Degradation of an industrial azo dye by applying heterogeneous Fenton process using clay supported nanoscale zero valent iron. *Book of Abstracts from 10th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies*, Bordeaux, France, 2 - 6 June 2013. Izdavač: IWA. Zahvalnica: III43005 i TR37004, M34
9. **Đurđakerkez**, Milena Bečelić-Tomin, DraganaTomašević, BožoDalmacija, GordanaPucar, ZagorkaTamaš,SrdanRončević,(2014),Solidifikacija i stabilizacijakao mogućnostpreretmanuopasnogindustrijskogotpada,ZbornikradovaMeđunarodnekonferencije «Отпадневоде, комунални чврсти отпад и опасан отпад» 01.04.-03.04.,Zlatibor, str. 141-147, M61
10. **Керкез Ђ.**, Далмација М., Томашевић Д., Далмација Б., Бечелић-Томин М., Леовац А., Рончевић С. (2013) Испитивање могућности солидификације и стабилизације пиритне изгоретине применом креча и цемента, Зборник радова Међународне конференције «Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад» 10.04.-12.04., Суботица, стр. 229-233. Издавач: Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, Београд, ИСБН: 978-86-82931-57-7, Захвалница: ИИИ43005 и ОИ172028. M63

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Добијени резултати ове докторске дисертације су следећи:

- Испитивањем је утврђено да су оптималне концентрације пиритне изгоретине и водоник-пероксида: 2 г/л и 5 мМ за раствор боје Reactive Blue 4; 4 г/л и 10 мМ за раствор боје Reactive Red 120; за реалан ефлуент 40 г/л и 50 мМ при чему је постигнута ефикасност обезбојавања од 97,9; 92,3 и 74,5 %. У сва три испитивана ефлуента максимално обезбојавање постигнуто је при вредности рН 3, слично као при конвенционалним Фентон процесима. Киселост саме изгоретине допринела је смањењу рН вредности раствора боја, што је смањило потрошњу киселине коју треба употребити у ту сврху, што представља додатну предност при коришћењу пиритне изгоретине у овом типу процеса. Испитивање кинетике реакције показало је да Фентон процес уз употребу пиритне изгоретине, захтева дуже реакционо време, у односу на класичне Фентон процесе, како би се постигло ефикасно обезбојавање испитиваних ефлуената. Истовремено током процеса доказано је одсуство потребе за константним мешањем реакционих смеша, што економски додатно оправдава употребљени процес.
- При оптималним условима третмана дошло је до значајног степена минерализације испитиваних ефлуената, која је праћена одређивањем укупног органског угљеника (ТОС) и хемијске потрошње кисеоника (ХПК). Степен смањења ТОС и ХПК кретао се у низу РБ4> РР120> РЕАЛАН ЕФЛУЕНТ као последица разлике у молекулским тежинама, сложености структура молекула и примењеним концентрацијама. Процент уклањања ТОС за ефлуенте Reactive Blue 4, Reactive Red 120 и реалан ефлуент износио је 64,5; 62,1; 29,6 респективно, док је проценат уклањања ХПК износио, такође респективно, 86,3; 84,7 и 47,9 %.
- Квалитативна гасно-хроматографска/масено спектрометријска анализа коришћена за идентификацију природе продуката деградације третираних ефлуената, указала је да се декомпозиција молекула боја одвијала у правцу стварања простијих ароматичних и алифатичних интермеђијера, као и продуката насталих “отварањем” ароматичних прстенова водећи ка оксидацији до крајњих продуката CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и неорганских соли.
- Како је у раду коришћена нетретирана пиритна изгоретина са високим садржајем метала извршено испитивање њиховог излуживања у раствор након примењеног процеса. Закључено је, након мерења садржаја метала у реакционим растворима, да је неопходан додатни корак у третману испитиваних ефлуената како би се уклонили резидуално излужени метали. Ово је извршено уз употребу креча при чему је дошло до таложења метала, а ефлуент је са овог аспекта задовољио прописане стандарде.
- Респирометријском методом указано је да је код сва три испитивана ефлуента дошло до повећања потрошње кисеоника након примењеног Фентон процеса, што је указало на већу биодеграбилност компоненти у третираним ефлуенатима као и на одсуство токсичног ефекта насталих оксидационих интермеђијера на микроорганизме који врше биодеградијацију. Стога, третман обојених ефлуената Фентон процесом се може сматрати ефективном методом предтретмана за небидеграбилне отпадне воде, чинећи их погоднијим за конвенционални биолошки третман.
- Резултати карактеризације сировог узорка (псеудо-укупан садржај и тестови излуживања) муља сакупљеног након Фентон процеса указали су да муљ има карактер опасног отпада. Псеудо-укупна концентрација метала и арсена у почетном узорку муља смањивала се следећим редом Fe > Zn > Cu > Pb > As > Ni > Cr > Cd, што није нужно значило да је такав редослед и са аспекта њихове мобилности.
- Секвенционалном екстракцијом сировог узорка муља уочено је следеће смањење мобилности метала: Cr > Pb > Ni > Cu > Zn > As > Cd > Fe, где сви метали осим гвожђа и кадмијума показују висок ризик по животну средину, док гвожђе и кадмијум заједно са арсеном показују умерен ризик по животну средину са аспекта њиховог садржаја у растворној и измењивој фракцији. У свим испитиваним C/S смешама дошло је до смањења садржаја метала у растворној и измењивој фази у поређењу са сировим узорком муља, чинећи да метали и арсен показују умерен или низак ризик по животну средину. Поређењем појединачне мобилности метала и арсена у третираном муљу не запажа се карактеристично или униформно понашање.
- Генерално применом АНС 16.1 теста долази се до закључка да су све смеше успешно солидификоване и стабилизиване отпад, где излуживање готово свих метала није прелазило

оквирну вредност од 10 %. Једино се цинк излуживао у значајнијој мери, независно од примењеног имобилизационог агенса, и то само онда када је као средство за излуживање примењен раствор сирћетне киселине. Ово се може објаснити великом мобилношћу овог метала у киселој средини. Излуживање цинка у случају коришћења осталих средстава за излуживање је незнатно. Такође, овај тест је показао да је за готово све метале доминантан механизам излуживања дифузија, док се кадмијум и арсен преваходно излужују механизмом спирања.

- Сумом резултата тестова са једном екстракцијом може се закључити да су арсен, кадмијум и бакар испољили нешто веће излуживање у појединим тестовима, док су се остали метали махом излужили испод прописаних граница.
- Генерални закључци који се могу извести са аспекта примењених имобилизационих агенаса указују да је комбинација два материјала ефикаснија при имобилизацији метала у односу на појединачно коришћење истих. Повећање удела имобилизационих агенаса, такође има позитиван ефекат на ефикасност имобилизације метала. Поређење примењених глина указало је да је бентонит најефикаснији, што се објашњава његовим структурним и физичким карактеристикама. Аутохтона глина се такође показала као веома ефикасно везиво, са ефикасношћу имобилизације метала тек нешто нижом од бентонита. Ово је битна чињеница уколико се третман посматра са економског аспекта тј. указује на то да се он може ефикасно извршити уз употребу некомерцијалне глине.
- Сумом резултата свих тестова, може се закључити да су оптималне оне смеше које као један од имобилизационих агенаса садрже летећи пепео, нарочито су то смеше летећег пепела и креча као и летећег пепела и цемента. Ово је од посебне важности јер летећи пепео такође представља индустријски отпад и неопходно је управљање и његовим одлагањем.
- Анализе скенирајућом електронском микроскопијом (СЕМ) и рендгенском дифракцијом (X-ray) указале су да С/С смеше представљају системе погодне за “заробљавање” метала. Након 28 дана у третираним смешама дошло је до стварања густе микроструктуре са хидратационим (позоланичким) продуктима у односу на сиров узорак муља.
- Такође, утврђивањем притисне чврстоће, запажа се да је додатак глине и зеолита допринео повећању притисне чврстоће С/С смеша, као и да готово све смеше задовољавају прописани стандард од 0,35 МПа. Највећу чврстину показале су смеше које садрже цемент као имобилизациони агенс. Коришћење летећег пепела као имобилизационог агенса омогућава безбедно одлагање добијених смеша, док бољу опцију за конструкционе сврхе оредстављају глине, зеолит и цемент.

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

Кандидат је имао изузетно добар приступ анализи литературних података и планирању и извођењу експеримента, као и анализи експерименталних података. Анализа и тумачење резултата истраживања је оригинално, студиозно и јасно, што је резултирало и јасним закључцима. Начин приказа и тумачење резултата оцењује се позитивном оценом.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE 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 **Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме за израду докторске дисертације.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе:

**Дисертација садржи све битне елементе.**

- У спроведеном истраживању први пут је коришћена пиритна изгоретина у третману отпадних вода текстилне индустрије, као извор гвожђа у Фентон процесу. Доказано је да је примењени третман ефикасан у погледу обезбојавања и минерализације синтетичких ефлуената а постиже и висок степен обезбојавања реалних ефлуената. Стога, представља погодну опцију за један од корака у третману оваквих отпадних вода. Такође заостали муљ након овог процеса је први пут стабилан коришћењем имобилизационих агенаса као што су, глине, летећи пепео, креч, цемент и зеолит. Настале С/С смеше су окарактерисане

применом семи-динамичког теста излуживања како у основном тако и у модификованом облику (када је као раствор за излуживање коришћен раствор хуминских киселина и раствор рН 3,25). Коришћењем овог теста омогућено је добијање података о дугорочном излуживању, тј. понашању метала у природним условима али и у условима који опонашају различите појаве у животној средини (киселе кише, високо органско оптерећење, итд.). Такође примењена су и четири теста излуживања са једном екстракцијом како би се додатно осигурало слагање са актуелним правилницима. Добијени подаци су непроцењиви са аспекта економски и еколошки прихватљивог управљања опасним индустријским отпадом. Обзиром да су испитивани метали различито дистрибуирани у овом отпаду, примењени су исти третмани ремедијације, иако се до сада сматрало да одређене ремедијационе третмане треба примењивати према особинама дистрибуције метала. Свакако, до сада није било довољно података о понашању смеше метала различито дистрибуираних у индустријском отпаду током ремедијационих третмана, као и о ефикасности третмана у целини. Применом истог ремедијационог, тј. имобилизационог третмана на опасан отпад који садржи метале са истим ремедијационим агенсима постигнут је висок еколошки и економски бенефит што и јесте основни циљ сваког ремедијационог третмана.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Не постоје недостаци дисертације. Резултати истраживања превазилазе резултате предвиђене у пријави теме.**

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

**На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже да се завршена и предата докторска дисертација „Потенцијал употребе пиритне изгоретине у третману отпадних вода и могућност њене даље санације применом имобилизационих агенаса“ прихвати, а кандидату Ђурђи Керкез одобри одбрана.**

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Божо Далмација, редовни професор,  
председник комисије

др Милена Бечелић-Томин, ванредни  
професор, ментор

др Миле Клашња, редовни професор, члан

др Срђан Рончевић, ванредни  
професор, члан

др Дејан Крчмар, доцент, члан