

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Мр Мирослав Кукучка

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију 15.07.2016. Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду</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 Золтан Заварго, редовни професор, Хемијско инжењерство, 23.01.2003., Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет председник;</p> <p>2. Др Бојана Иконић, доцент, Хемијско инжењерство, 01.06.2012., Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет, ментор;</p> <p>3. Др Мирјана Војиновић-Милорадов, професор емеритус, Инжењерство заштите животне средине, 24.01.2008., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, члан.</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Мирослав, Бура, Кукучка</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 27.10.1956., Шид, СФРЈ</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет у Новом Саду, хемија, аналитичка хемија, дипломирани хемичар.</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2015, Технолошко инжењерство, Хемијско-технолошке науке, Еко-енергетско инжењерство.</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Природно-математички факултет у Новом Саду, Грануловани активни угаљ од отпадака производње кукуруза, Хемијска технологија и заштита животне средине, 1981. година.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Хемијска технологија и заштита животне средине</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Уклањање високог садржаја органских и неорганских полутаната из подземних вода Војводине применом нанофилтрације

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

1. Увод (стр. 1)
2. Теоријски део (стр. 2-44);
3. Експериментални део са приказом и дискусијом резултата истраживања (стр. 45-89)
4. Закључци (стр. 90-91);
5. Литература (стр. 92-110);
6. Прилози (стр. 111-145).

Дисертација је написана на 145 страна, А4 формата, са 82 слике, 61 табелом, 5 прилога и 368 литературних навода.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод обухвата повезаности подземних вода различитих дубина водоносних слојева са хемијском структуром стена и седимената који се налазе испод тла. Такође је описан утицај човекових активности на миграцију полутаната у подземне воде. Нанопилтациона сепарација полутаната и микрополутаната из подземних вода је апострофирана, нарочито у делу уклањања растворених органских материја и јона земноалкалних метала, као и јона гвожђа и мангана.

Теоријски део дисертације обухвата кратак приказ основних хидрогеолошких карактеристика плитких и дубоких издани подземних вода у региону јужне Бачке, средњег и северног Баната. Презентоване су физичко-хемијске карактеристике подземних вода дубоких издани градова Кикинде и Зрењанина, као и плитких издани Кикинде и насеља Деспотова. Посебна пажња је посвећена опису улоге хидратисаних катјона гвожђа, мангана, калцијума и магнезијума у природи, утицају на истих на људско здравље, а поред тога су наведене уобичајене технолошке методе за њихово уклањање из подземних вода. Нарочито је наглашен афинитет наведених јона према стварању комплексних једињења са лимунском киселином и ЕДТА. Такође је приказано налажење и особине амонијум јона, природних органских материја и јона укупног арсена у природним подземним водама, као и најчешће коришћене методе за њихову сепарацију у циљу припреме пијаће и процесне воде.

У овом делу рада су описани типови мембранских процеса и основни принципи транспорта материје кроз полупропусну мембрану, са нагласком на објашњењима принципа функционисања полупропусних мембрана са танким филмом и то асиметричних негативно наелектрисаних спирално увијених нанопилтационих мембрана. Описане су појаве таложења наслага на нанопилтационим мембранама, узроци и превентивне мере за њихово спречавање. Поред објашњења пројектовања мембранског система, приказане су могућности уклањања високих концентрација органских материја, јона арсена, гвожђа, мангана, калцијума и магнезијума.

У **Експерименталном делу са приказом и дискусијом резултата истраживања** је приказан опис полуиндустријског нанопилтационог уређаја за сепарацију високих концентрација природних органских материја и јона укупног арсена из концентрата насталих у нанопилтационим уређајима индустријске размере (Експерименти серије NFСР). Такође је описан пилот уређај са системом за дозирање комплексирајућих агенаса којим су у експериментима серије NFWP испитиване могућности уклањања високих концентрација јона гвожђа, мангана, калцијума и магнезијума из бунарске воде плитког водоносног слоја.

Одређиван је физичко-хемијски састав пермеата и концентрата у обе испитиване серије под различитим хидрауличким условима. Одређени су оптимални флуксиви и трансмембрански притисци који код серије NFСР омогућавају добијање квалитетне пијаће воде од отпадне воде индустријског нанопилтационог уређаја, а код серије NFWP исправну пијаћу воду од подземне воде без претходног конвенционалног претретмана. У овом делу рада су издвојене дискусије резултата добијених у експериментима серија NFСР и NFWP. Резултати експеримената NFСР показују да је тангенцијална нанопилтација ефикасна за ретенцију високих концентрација природних органских материја као и јона арсена. Поред тога, NFWP серија експеримената је пружила корисне резултате за разумевање механизма „Cross Flow“ филтрације комплексних јона гвожђа, мангана, калцијума и магнезијума.

Поглавље **Закључци** синтетиче свеобухватне резултате дисертације и на основу њихове претходно описане дискусије предлажу највероватније научне закономерности и принципе по којима су се одвијали физичко-хемијски процеси испитиваних сепарација. Добијени полуиндустријски резултати

су практично примењиви у великој скали за припрему пијаће воде како из дубоких, тако и из плитких аквифера. Примена приказаних резултата у припреми воде за пиће од воде дубоких издани уз значајне уштеде ресурса је намењена првенствено локацијама у Панонском басену. Третман бунарске воде плитких издани је погодан због додатка органских комплексирајућих агенаса који супституишу уобичајене поступке деферизације и деманганизације и на тај начин знатно смањују како инвестиционе, тако и експлоатационе трошкове постројења.

У поглављу **Литература**, наведено је 368 литературних навода који су коришћени у писању дисертације. Литература је цитирана на адекватан начин, а избор референци је актуелан и примерен тематици која је проучавана.

У **Прилозима** су детаљније описани разнолики практични резултати добијени током израде дисертације, а који због свог обима нису били подесни за приказивање у самом експерименталном делу. Тако су приказани електронски микрографи површина листова и пора оригиналних и запрљаних нанофилтрационих мембрана, произвођачки технички листови испитиваних мембрана и активне масе за уклањање јона арсена. Такође су приказана идејна решења индустријских постројења за припрему пијаће воде од нанофилтрационих концентрата и подземне воде енормно високе укупне тврдоће.

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

Категорија M21 - Рад у врхунском међународном часопису:

Kukučka, M., Kukučka, N., Habuda-Stanić, M., Water reclamation during drinking water treatments using polyamide nanofiltration membranes on a pilot scale, Environmental Science and Pollution Research, pp 1-9, DOI 10.1007/s11356-016-6919-3; Прихваћен за публикавање 18.05.2016.

Категорија M23 - Рад у међународном часопису:

Kukučka, M., Kukučka, N., Groundwater nanofiltration process efficiency improvement with additional concentrate membrane treatment, Hemijska industrija, DOI:10.2298/HEMIND150627056K; Прихваћен за публикавање 30.09.2015.

Категорија M33 – Саопштења са међународних скупова штампана у целини:

Kukučka M., Kukučka N., Kukučka A., Uklanjanje prirodnih organskih materija i arsena iz podzemne vode grada Zrenjanina, Četrnaesta međunarodna konferencija „Vodovodni i kanalizacioni sistemi,, Jahorina, Pale, 28.-30. maj 2014.

Kukučka M., Habuda-Stanić M., Šiljeg M., Groundwater treatment by nanofiltration-pilot study in Kikinda Northern Serbia, 11th International Conference on Environmental Science and technology, Chania, 2009. ISSN:1106-5516

Kukučka M., Primena membranske tehnologije u pripremi higijenski ispravne pijaće vode, Suvremenom tehnologijom do čiste vode, Pula, 2003.

Категорија M51 – Рад у водећем часопису националног значаја:

Kukučka M., Kukučka N., Pregled stanja vodosnabdevanja u Republici Srbiji - primena membranskih tehnologija-. Tehnika, 2/2014, str: 349-355.

Категорија M63 – Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини:

Kukučka N., **Kukučka M.** „Unapređena nanofiltraciona tehnologija za uklanjanje prirodnih organskih materija i arsena iz podzemne vode“. Vodovod i Kanalizacija, Tara, 2013.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Полуиндустријска испитивања сепарације високих концентрација растворених органских материја, јона укупног арсена, амонијум јона и $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, презентована експериментима серије NFSP, су са високом ефикасношћу показала да је успешно изводљива прерада нанофилтрационих концентрата до квалитета пијаће воде.

Код практичних апликација, управљање концентрацијом органске материје би могло бити од пресудног утицаја за обезбеђивање ефикасности уклањања јона арсена.

Сепарација амонијум јона је била успешна у односу на МДК по директиви Европске уније у експерименту са третманом NF концентрата из региона Зрењанина и Кикинде.

Концентрација јона натријума у пермеатима из серије NFSP је значајно мања од максимално дозвољене у пијаћој води по важећим нормама.

Примењен технолошки поступак има значајну улогу у заштити ресурса подземних вода пошто омогућава добијање веће количине пијаће воде уз мањи утрошак бунарске воде. Такође, прерада NF концентрата би смањила хидрауличка и квантитативна оптерећења постројења за третман секундарног концентрата због смањене количине отпадне воде.

Сепарација високих концентрација јона метала и амонијум јона, приказана експериментима серије NFSP, се одвијала са различитом ефикасношћу у зависности од природе јона, MWCO примењених мембрана, хидрауличких услова и концентрације дозирања хелатних агенаса. Ефикасноста уклањања укупних соли се може приказати низом MWCO 200 Da > 217 Da > 250 Da. Низ уклањања TOC-a је MWCO 200 Da > 217 Da > 250 Da.

Низ уклањања амонијум јона уз дозирање лимунске киселине је MWCO 200 Da > 217 Da > 250 Da, док је добијени низ уклањања амонијум јона уз дозирање Na_4EDTA : MWCO 200 Da = 217 Da > 250 Da.

Конфигурација мембрана NF3-90 је изузетно погодна за сепарацију јона гвожђа и јона мангана без разлике у односу на дозирање раствора лимунске киселине и Na_4EDTA . Механизам издвајање комплексних једињења јона гвожђа и јона мангана на нанофилтрационим мембранама је веома сложен и није заснован искључиво на раздвајању по величини, већ и електростатичке силе имају значајну улогу.

Сепарација калцијума (II) из бунарске воде са и без дозирања органских једињења је високо ефикасна при MWCO од 200 Da. Издвајање јона калцијума у хидратисаном облику или у варијантама са органским лигандима искључиво зависи од величине честица и условљено је димензијом филтрационих пора.

Изузимање по величини је било доминантно за испитиване мембране, чиме би се оне могле сврстати у „tight“ ултрафилтрационе мембране, посебно при нижим флуксевима. Такође, показано је да је електростатичка репулзија, истовремено са раздвајањем по димензијама, била важна за сепарациони механизам испитиваних мембрана што их може класификовати у „loose“ RO мембране.

Добијени полуиндустријски резултати су практично примењиви у великој скали за припрему пијаће воде како из дубоких, тако и из плитких аквифера. Примена приказаних резултата у припреми воде за пиће од воде дубоких издани уз значајне уштеде ресурса је намењена првенствено локацијама у Панонском басену. Третман бунарске воде плитких издани је погодан због додатка органских комплексирајућих агенаса који супституишу уобичајене поступке деферизације и деманганизације и на тај начин знатно смањују како инвестиционе, тако и експлоатационе трошкове постројења.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Добијени резултати су проистекли из оригинално постављених експеримената на бази проучавања најновијих научних достигнућа и сопствених претходних експерименталних резултата и закључака. Резултати истраживања су актуелни, приказани у виду табела, графика и слика, на прегледан и систематичан начин. Дискусија добијених резултата заснована је на добром познавању научне литературе и поткрепљена одговарајућим литературним наводима, где је то било могуће. Изведени закључци дају адекватне одговоре на постављене задатке ове докторске дисертације. Стога се начин приказа и тумачења резултата истраживања оцењује позитивно.

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

Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Резултати добијени у овом истраживању су допринели унапређењу сазнања о сепарационим карактеристикама нанофилтрационих мембрана у односу на значајно велике концентрације хидратисаних катјона гвожђа, мангана, амонијака и носиоца укупне тврдоће воде из плиће издани, као и осталих катјонских специја из инфлуента дубље подземне воде и могућностима њиховог уклањања применом „cross-flow“ нанофилтрације. На основу добијених резултата су одређени оптимални флуксеви и трансмембрански притисци, концентрације дозирања комплексирајућих супстанци, као и утицај различитих MWCO испитиваних мембрана на ефикасност сепарације. Утврђено је да је изузимање по величини било доминантно за испитиване мембране, које се могу сврстати у „tight“ ултрафилтрационе мембране, нарочито при нижим флуксевима. Показано је да је електростатичка репулзија истовремено са раздвајањем по димензијама била важна за сепарациони механизам испитиваних мембрана, што их класификује у „loose“ RO мембране. Примена дефинисаног технолошког поступка има значајну улогу у заштити ресурса подземних вода, пошто омогућава добијање веће количине пијаће воде уз мањи утрошак бунарске воде и чини основу за пројектовање одговарајућих индустријских постројења. Добијени резултати су послужили као основа за израду идејног решења индустријског постројења за кондиционирање пијаће воде од бунарске воде дубоке издани региона града Зрењанина, као и израду идејног решења индустријског постројења за кондиционирање пијаће воде од бунарске воде плитке издани региона града Бачке Паланке, за насељено место Деспотово. Укупне истраживачке активности у оквиру докторске дисертације представљају вредан и оригиналан научни допринос смањењу садржаја полутаната у подземним водама, применом модерних и савремених нанофилтрационих техника. Актуелност и оригиналност експерименталних резултата је потврђена прихваћеним радовима у часописима са ISI листе.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци дисертације нису уочени.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
На основу укупне оцене урађене докторске дисертације, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Технолошког факултета, Универзитета у Новом Саду, да се докторска дисертација под називом "Уклањање високог садржаја органских и неорганских полутаната из подземних вода Војводине применом нанофилтрације", мр Кукучка Мирослава, прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Золтан Заварго, редовни професор,
Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет,
председник

Др Бојана Иконић, доцент,
Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет,
ментор

Др Мирјана Војиновић-Милорадов,
професор емеритус,
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука,
члан