

**УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ**  
**ФАКУЛТЕТ: Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет**



**ИЗВЈЕШТАЈ**

*о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске тезе*

**ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

1. проф. др Мато Уљаревић, дипл.инж.грађ., ванредни професор за ужу научну област Геотехника, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет.  
Предсједник и члан комисије.
2. проф. др Дејан Љубисављевић, дипл.инж.грађ., редовни професор за ужу научну област Комунална и санитарна хидротехника, Универзитет у Београду, Грађевински факултет.  
Ментор и члан комисије.
3. доц. др Ненад Јаћимовић, дипл.инж.грађ., доцент за ужу научну област Механика флуида, Хидраулика и Водно-еколошко инжењерство, Универзитет у Београду, Грађевински факултет.  
Коментор и члан комисије.

**1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ, НАУЧНА И СТРУЧНА ДЈЕЛАТНОСТ  
КАНДИДАТА**

**Основни биографски подаци:**

Име, имена родитеља, презиме:	Милан (Небојша и Радмила) Јакшић
Датум рођења:	04.04.1979. године
Мјесто рођења:	Мостар, Босна и Херцеговина
ЈМБГ:	0404979150028
Адреса:	Браће Југовића бр. 22 78000 Бања Лука Република Српска Босна и Херцеговина
Телефон:	00387 065 997 539
E-mail:	mjaksic@agfbl.org
Научна област:	Инжењерство и технологија
Научно поље:	Грађевинарство
Ужа научна област:	Хидротехника

**Образовање:**

- Магистар наука из области урбаних вода и водне инфраструктуре - специјализација из инжењеринга водоснабдијевања, специјалистички програм у трајању од 18 мјесеци на UNESCO-IHE Institute for water education, Delft, The Netherlands, 23.06.2010. године. Признање стране високошколске дипломе издато од стране Комисије за информисање и признавање докумената из области високог образовања Министарства просвјете и културе Републике Српске, 05.10.2010. године. Просјечна оцјена на постдипломским студијама: 7,90 (седам, деведесет).
- Дипломирани инжењер грађевинарства, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевински факултет, 11.07.2005. Просјечна оцјена на основним студијама: 8,10 (осам, десет).
- Средња школа: Гимназија у Бањој Луци, 1997. године.

**Звања/радна мјеста и установе запослења:**

- Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, у звању вишег асистента за ужу научну област Хидротехника, од 01.03.2012. године.
- Завод за изградњу а.д. Бања Лука, сарадник за надзор при техничком сектору од 01.07.2005. до 30.09.2008., и самостални сарадник при техничком сектору од 01.07.2010. до 28.02.2012. године.

**Познавање страних језика:**

- Напредно познавање енглеског језика (говорног и писаног). Оцјена 6,50 (шест, педесет) на IELTS тесту, British Council, Сарајево, 2008. године.

**Посједовање лиценце:**

- Положен стручни испит пред Комисијом за полагање стручних испита Министарства за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске, 07.09.2007. године. Лиценца за израду техничке документације, хидротехничка фаза и надзор над извођењем ових радова, од 30.11.2010., број регистра 9249/10.

**Завршни радови:**

- Магистарска теза: Performance assessment of dune filtration for the removal of organic contaminants (Оцјена учинка филтрације у динама на уклањању органских једињења).  
Супервизор: Prof. Jan C. Schippers, PhD  
Ментор: Kebreab Ghebremichael, PhD  
Датум одбране магистарске тезе: 23.06.2010. године.  
Оцјена из магистарског рада: 8 (осам).
- Рад за стручни испит: Потисни цјевовод са пратећим објектима у мјесту Ситница, општина Рибник – идејни пројекат.  
Датум полагања стручног испита: 07.09.2007. године.
- Дипломски рад: Примјена ламелних таложника на уређајима за третман воде за пиће.  
Ментор: проф.др Ђурић Душко  
Датум одбране дипломског рада: 11.07.2005.  
Оцјена из дипломског рада: 10 (десет).

#### Стручни радови (пројекти):

- Главни пројекат хидрантске мреже са резервоаром у касарни “Маховљани”, град Бања Лука. Завод за изградњу а.д. Бања Лука, 2010.
- Главни пројекат секундарне водоводне мреже насеља везаних за систем водоснабдијевања “Црно врело” у општини Приједор. Завод за изградњу а.д. Бања Лука, 2011.
- Главни пројекат канализационе мреже насеља “Околишта” до улице Гаврила Принципа, општина Вишеград. Завод за изградњу а.д. Бања Лука, 2011.
- Главни пројекат фекалне и оборинске канализације подручја Омарске и Козарца, општина Приједор. Завод за изградњу а.д. Бања Лука, 2012.
- Главни пројекат канала у циљу одводњавања Билећког поља, општина Билећа. Завод за изградњу а.д. Бања Лука, септембар 2012.
- IRRI- The Irrigation Project, IPA Cross Border projects, Contract number 2012/309-359, 2012-2014. Пољопривредни факултет Универзитета у Бањој Луци, 2013.

#### Објављени научни радови:

- Љубисављевић, Д., Јакшић, М. (2012): “Утицај уноса нутријената главним током и притокама на стање трофичности воде у акумулацији Бочац“, VIII међународни научно стручни скуп “Савремена теорија и пракса у градитељству“, Завод за изградњу а.д. Бања Лука, Бања Лука, стр. 113-122, (ISBN 978-99955-630-7-3).
- Љубисављевић, Д., Јакшић, М. (2013): “Преглед поступака за пречишћавање једињења МИБ и ГЕОСМИН узрочника мириса и укуса воде“, IX међународни научно стручни скуп “Савремена теорија и пракса у градитељству“, Завод за изградњу а.д. Бања Лука, Бања Лука, стр. 337-345, (ISBN 978-99955-630-8-0).
- Љубисављевић, Д., Јакшић, М. (2014): “Филтрација кроз ријечно корито – природни третман воде за пиће“. X међународни научно стручни скуп “Савремена теорија и пракса у градитељству“, Завод за изградњу а.д. Бања Лука, Бања Лука, стр. 481-488, (ISBN 978-99955-630-9-7).
- Јакшић, М., Љубисављевић, Д., Уљаревић, М. (2015): “Статички и динамички проблеми узроковани црпљењем подземних вода код MAR система“. XI међународни научно стручни скуп “Савремена теорија и пракса у градитељству“, Завод за изградњу а.д. Бања Лука, Бања Лука, стр. 385-390, (ISBN 978-99976-642-0-4).
- Члан ауторског тима књиге: “Недосањан сан о Израелу вјера, љубав и нада: искуства, импресије и визије градитеља о земљи на три мора“, поглавље: “Национална водна компанија Мекорот“. Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет у Бањој Луци, 2013, (ISBN 978-99955-747-6-5).

## 2. ЗНАЧАЈ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

#### Значај истраживања:

Технике управљаног прихрањивања аквифера су веома значајне са хидротехничког аспекта, а данас је њихова примјена широко заступљена како у свијету тако и на нашим просторима. Користе се за повећање изворишних капацитета, кондиционирање питких вода, обнављање нивоа подземне воде и при

интегралном управљању расположивим водним ресурсима. У фокусу дисертације налази се процес формирања слоја тла ниске хидрауличке проводности изнад /изван основне матрице тла аквифера, тј. процес колмирања који има негативан утицај на капацитет изворишта. Процес колмирања прате промјене у хидрауличким особинама основне матрице тла, те хидрогеохемијски процеси који утичу на квалитет воде која се користи за прихрањивање. Ова појава је изучавана на постојећим постројењима, тако да постоје сазнања о параметрима који утичу на процес колмирања и о могућностима за управљање овим процесом. Међутим, данас не постоји методологија којом би се сазнања о утицајним параметрима са једног постројења пренијела на изучавани систем из разлога особености хидрогеолошког окружења сваког постројења. Предложена дисертација обухвата математичку симулацију течења на стварном постројењу и у реалним условима, а засновану на теренским мјерењима. Истраживања на тарираном математичком моделу реалног постројења ће резултирати сазнањима која су од значаја за праксу, како за пројектовање нових тако и за управљање и одржавање постојећих система управљаног прихрањивања аквифера.

#### **Преглед истраживања:**

Управљано прихрањивање аквифера представља заједнички назив за технике које се употребљавају у циљу акумулирања воде и њеног третмана у аквиферу. У даљем тексту користити ће се скраћеница *MAR* системи која потиче од назива на енглеском језику: „Managed Aquifer Recharge systems”. Ријеч је о инжењерским системима при којима се вода додаје на површину тла (у инфилтрационе базене) или директно у тло (путем инфилтрационих ровова или инјекционих бунара) ради њеног инфилтрирања и кретања ка водоносним слојевима аквифера при чему се повећавају изворишни капацитети. Према начину примјене воде за прихрањивање разликују се индиректни (индуцирани) и директни системи вјештачког прихрањивања. Директно прихрањивање укључује транспорт воде према одговарајућем аквиферу и његово прихрањивање површинским или потповршинским методама. Основни типови директног прихрањивања су: инфилтрациони базени, филтрација у динама, складиштење у аквиферу и поновно црпљење (назив на енглеском језику: Aquifer Storage and Recovery, скраћеница: ASR) и тло-аквифер третман (назив на енглеском језику: Soil Aquifer Treatment, скраћеница: SAT). Системи индиректног прихрањивања настају изградњом производних бунара поред корита ријека или обала језера када се услед црпљења воде формира депресиона крива слободне површине ка бунарима узрокујући увлачење површинске воде у аквифер. У литератури су означени као системи обалне филтрације (назив на енглеском језику: River and Lake Bank Filtration, скраћенице: RBF и LBF).

Сва постројења која примјењују неку од *MAR* техника се неизбежно суочавају са проблемом колмирања на контактної површини вода-тло која зависно од методе прихрањивања може бити инфилтрациона површина базена или ријечног корита, и додирна површина бушотина-аквифер код инјекционих бунара. Процес колмирања негативно утиче на капацитет ових постројења јер смањује брзине инфилтрације воде за прихрањивање. У процесу колмирања формира се слој материјала, са значајно мањим коефицијентом водопрпусности од природног тла, који се назива колматациони слој. Према дефиницији, колматациони слој је појас материјала у којем настаје нагли пад хидрауличке енергије током процеса инфилтрације воде у аквифер. Колматациони слој код обалне филтрације и површинских метода прихрањивања је обично танак, у опсегу од неколико милиметара до 4 центриметра, а састоји се од суспендованих честица, алги, микроба,

прашине и соли. Колмирање се може разврстати у четири основна типа:

- хемијско које обухвата издвајање и преципитацију елемената као што су жељезо и алуминијум, настајање каменца на бази карбоната и сулфата, и отапање материјала (растворљиве глине, калцит) из средине аквифера;
- физичко које обухвата таложење и акумулацију органских и неорганских суспендованих честица на инфилтрационој површини, миграцију ситних честица глине које се природно налазе у порама седимента, оштећења у структури аквифера узрокована убацивањем намијенских течности (емулгатора) приликом извођења инјекционих бунара, изразите сезонске разлике у температури воде за прихрањивање;
- механичко као што је увлачење и заробљавање ваздуха и гасова (метан и азот) који су продукт метаболизма микроба унутар пора аквифера, ломови у структури аквифера који су узроковани тенденцијом одржавања константног хидрауличког оптерећења у условима смањење водопропусности аквифера;
- биолошко које обухвата развој алги, жељезо или сулфат редуцирајућих бактерија и других микроба, ванћелијских полимерних супстанци (биофилма и биомасе) на инфилтрационој површини или унутар пора аквифера.

Параметри који утичу на колмирање код система површинског прихрањивања су: квалитет воде, величина честица аквифера, дубина воде у инфилтрационом базену, хидрауличко оптерећење, циклуси пуњења и сушења. Смањење или превенција колмирања су у великој мјери зависни од параметара квалитета воде као што су концентрација суспендованих честица, биолошка потрошња кисеоника (BPK), однос угљеника и азота (C:N), и других параметара као што су јонска јачина (I) и SAR вриједност. Величина честица у структури седимента утиче на дебљину колматационог слоја тако што пјесковити седименти имају тађе колматационе слојеве (до неколико центиметара), док се код шљунчаног седимента овај слој простире дубље (и преко 100 cm). Дубина воде у инфилтрационом базену има двојачко дјеловање која се међусобно супротстављају: повећан хидраулички градијент наспрам повећане компактности колматационог слоја. Углавном се брзине инфилтрације смањују када се дубина налијевања у инфилтрационом базену повећава. Хидрауличко оптерећење представља дугорочну, просјечну вриједност инфилтрационих брзина која, због потреба за редовитим сушењем и периодичним чишћењем инфилтрационих базена, узима у обзир суви или „угашени” период. Ниже вриједности хидрауличког оптерећења могу смањити брзину формирања колматационог слоја односно продужити вријеме достизања максималног смањења хидрауличке проводности. Циклуси пуњења и сушења могу повратити хидрауличку проводност на виши ниво ремећењем колматационог слоја. Колмирање се контролише смањењем параметара који су узрочници ове појаве. За површинско прихрањивање ово подразумјева процес председиментације ради таложења глине, прашине и других суспендованих честица. Развој алги и других узрочника биолошког колмирања се смањује уклањањем нутријената и органског угљеника, дезинфекцијом хлором и другим дезинфекционим средствима са резидуалним својствима с циљем смањења биолошке активности.

Колмирање код система обалне филтрације је узроковано константном инфилтрацијом ријечне воде, која садржи суспендоване честице, усљед црпљења воде из бунара. Смањење хидрауличке проводности слоја тла које чини ријечно корито је посљедица доношења ситних честица на дно и обале ријеке, задирања ситних честица у структуру ријечног корита, биолошке активности и геохемијских реакција унутар ријечног корита. Појава колмирања код обалне филтрације се

разликује од колмирања код система површинског прихрањивања по томе што ријека посједује потенцијал за регулисање овог процеса. Режим и динамика отицања у ријеци односно величина протицаја, учесталост, дужина трајања, и брзина промјене отицаја утичу на процесе ерозије и транспорта наноса, па самим тим и на могућност ријеке за чишћењем корита и регулисањем процеса колмирања. Утврђено је да појава великих вода праћена повећањем водостаја побољшава специфичну издашност бунара. Дугорочно гледано, смањење хидрауличке проводности ријечног корита услед колмирања се одвија кроз неколико фаза при чему се на крају успоставља равнотежа између позиције и облика депересионе криве и потенцијала ријеке за самопречишћавање.

За подршку одрживом функционисању *MAR* система доступне су различите технике којима се смањује и контролише колмирање. Разумијевање типова колматационог процеса који доводе до колмирања на неком *MAR* постројењу, у одређеном хидрогеолошком окружењу и за дати квалитет воде за прихрањивање, је кључно за практично све аспекте тог постројења као нпр. предтретман и оперативне активности.

На смањење капацитета *MAR* система осим процеса колмирања утиче и могуће формирање незасићене зоне испод корита површинског водног тијела (корита инфилтратионог базена или ријечног корита). Код система обалне филтрације незасићена зона се може развити испод корита ријеке уколико је стопа прихрањивања водом из ријеке мања од засићене хидрауличке проводности аквифера, или уколико је капацитет црпљења воде из бунара већи од стопе прихрањивања. Развој незасићене зоне смањује хидрауличку проводност аквифера и тако ограничава производњу воде. Поред тога, постојање незасићеног региона и пратећа аерација утичу на промјене у трајекторијама течења, те на промјену типова и динамике хемијских и биолошких трансформација у седиментима ријечног корита. Услед колмирања, хидрауличка проводност ријечног корита је мања од хидрауличке проводности аквифера што може да доведе до развоја незасићене зоне у аквиферу испод ријечног корита. Када се ниво слободне површине подземне воде спусти испод површине ријечног корита долази до наглог смањења брзина инфилтрације услед додатног смањења хидрауличке проводности ријечног корита. Додатно смањење водопропусност ријечног корита при постојању незасићене зоне је последица сабијања површинског слоја ријечног корита, састављеног од растресите мјешавине глине, прашине и пијеска, јер се у овим условима цјелокупна тежина воденог стуба ослања на танак слој ријечног корита изнад незасићене зоне. Помоћу математичког 3D модела течења једног постројења обалне филтрације показано је да однос коефицијената филтрације аквифера и ријечног корита утиче на формирање незасићеног региона испод корита ријеке. Однос коефицијената филтрације аквифера и ријечног корита при којима се незасићени регион првобитно појавио износио је између 10 и 100 зависно од задатих почетних параметара. Повећањем овог односа повећава се и величина незасићеног региона испод корита ријеке. Симулација је такође показала да, за одређену вриједност коефицијента филтрације аквифера, смањивањем коефицијента филтрације ријечног корита за 2-3 пута у односу на вриједност при којој се незасићена зона првобитно појавила резултира смањењем производног капацитета бунара.

Током фазе пројектовања постројења обалне филтрације кључно је процијенити дозвољен капацитет црпљења за дати систем који ће спријечити да аквифер, испод дијела ријечног корита кроз који се врши прихрањивање, постане незасићен. С тим у вези, евидентна је потреба за истраживачким радом са употребом математичких модела како би се што тачније предвидео положај пијезометарске

површи испод ријечног корита са познатим подацима о коефицијентима филтрације аквифера и ријечног корита, и о расположивој хидрауличкој енергији.

Инфилтрација и подземни пролазак представљају природни процес пречишћавања са вишеструким, позитивним дејством на квалитет површинске воде који се огледа у: уклањању суспендованих честица и мутноће; уклањању бактерија, вируса, и паразита; уклањању органске материје (NOM), органских једињења у траговима (TOCs), и прекурсора за стварање канцерогених једињења (нпр. трихалометани - THM); изједначавању концентрација и температуре филтриране воде због мијешања са природном подземном водом ниске температуре и доброг квалитета; и изразито смањење наглих флукуација у квалитету површинске воде. За природно пречишћавање код система обалне филтрације, као што је елиминација суспендованих твари, честица, биоразградљивих једињења, бактерија, вируса и парцијална елиминација адсорбационих једињења, одговорни су биотички и абиотички процеси који обухватају: физичко филтрирање, биодеградацију, адсорпцију, хемијску преципитацију и редокс реакције.

При кондиционарању питких вода, смањење концентрација природне органске материје изражене преко мјерног параметра DOC (растворени органски угљеник) и органских једињења у траговима, представља један од основних циљева. MAR системима се генерално уклања више од 50% DOC у површинској води, при чему се биоразградљива фракција органске материје (BDOC) у потпуности уклања. Група органских једињења у траговима обухвата фармацеутски активне супстанце (PhACs), индустријске хемикалије, пестициде, хербициде, супстанце које нарушавају ендокрини систем (EDCs), халогенизирана органска једињења (AOX), итд. MAR системи представљају значајну баријеру продору ових једињења у аквифер, међутим, одређени органски микрополутанти су само дјеломично или готово безначајно уклоњени током инфилтрације и проласка кроз аквифер.

Мониторингом истражних бушотина постављених дуж трајекторија филтрирајуће воде од мјеста инфилтрације до производних бунара, на по једном од система обалне филтрације и вјештачког прихрањивања, утврђени су различити образци интезитета и брзине (кинетики) деградације органске материје (DOC) и органских микрополутанта. Током инфилтрације у аеробним и аноксичним условима у аквиферу забиљежен је приближно исти ниво резидуалног DOC-а, с тим да је у аноксичним условима овај ниво остварен знатно спорије него у аеробним условима (вријеме задржавања 3 мјесеца у аноксичним условима наспрам 1 мјесец у аеробним условима). Нека од органских једињења у траговима су боље деградирана у аеробним, а нека од ових једињења у аноксичним условима. Из ових истраживања је закључено да су за оптимално уклањање органских једињења одређујући параметри вријеме задржавања и редокс услови у аквиферу. На развој одговарајућих редокс услова у аквиферу испод инфилтрационих базена код вјештачког прихрањивања или испод дијела ријечног корита који учествује у прихрањивању код обалне филтрације утичу: хидраулички услови (нпр. код инфилтрационих базена хидраулички услови се мијењају зависно од етапе у оперативном циклусу базена зависно да ли је базен у погону или ван погона због чишћења); квалитет површинске воде (концентрације: DOC, O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, тоталног раствореног неорганског угљеника, и температура воде); и састав тла аквифера (садржај органске материје у седименту).

Са промјеном редокс услова мијењају се активни хидрогеохемијски процеси у аквиферу, а самим тим и квалитет филтриране воде што се манифестује појавом нежељених метала (жељеза и магнезија), промјеном рН вриједности, промјенама у концентрацији неорганског угљеника (отапање калцита) и нитрата, и у резидуалним концентрацијама органских микрополутаната. Стога је, схватање и праћење ових

промјена у квалитету филтриране воде, од велике важности како би се осигурала одрживост MAR система у производњи питке воде.

#### **Радна хипотеза са циљем истраживања:**

- Посматрањем и анализом релевантних хидролошких и хидрауличких података, те података о квалитету сирове воде прикупљених током периода мониторинга на реалном постројењу могуће је сагледавање узрока и динамике процеса колмирања и дефинисање кључних параметара који утичу на процес колмирања.
- Анализом састава тла колматационог слоја и седимента аквифера могуће је утврдити тип колматационог процеса који је одговоран за колмирање инфилтрационе површине на одређеном MAR постројењу.
- Резултати теренских испитивања се могу уопштити лабораторијским тестирањем на физичком моделу, под различитим почетним условима, и са материјалима узетим на реалном постројењу.
- За одабрано MAR постројење могуће је, употребом математичког модела, одредити максимално дозвољен капацитет црпљења при којем не долази до развоја незасићеног региона у аквиферу.
- Праћењем концентрације органске материје дуж инфилтрационе путање и одабраних параметара квалитета воде могуће је сагледати утицај редокс услова, времена задржавања у аквиферу, и параметара квалитета воде на интезитет и динамику уклањања органске материје.

Општи циљ истраживања представља разумијевање процеса који утичу на производни капацитет и квалитет филтриране воде код система управљаног прихрањивања аквифера ради изналажења могућности за контролу ових процеса.

#### **Материјали и метод рада:**

Дисертацијом се предвиђа сљедећи методолошки приступ:

- Одређивање зависности промјене притисака и протока у основној матрици тла од дебљине колматационог слоја (брзине његовог стварања) на физичком моделу филтарске колоне у времену.
- Утврђивање зависности између динамике процеса колмирања са једне стране те хидрауличко-хидролошких услова и параметара квалитета воде са друге стране, на реалном постројењу (ППВ „Новоселија”) у времену.
- Успостављање математичког модела за одабрано постројење и његова калибрација на основу података са терена.
- Анализа интезитета и динамике уклањања органске материји из воде за прихрањивање у зависности од редокс услова, квалитета воде и времена задржавања. Утврђивање утицаја оперативних фаза у раду одабраног постројења, састава седимента аквифера и параметара квалитета воде за прихрањивање на промјене у хидрогеохемијским процесима у аквиферу, а тиме и на квалитет филтриране воде.

У циљу верификовања радних хипотеза користити ће се сљедећи материјали:

- узорци воде из ријеке, инфилтрационих поља, пијезометарских бушотина и бунара,
- стандардне хемикалије за лабораторијску анализу параметара квалитета воде,
- узорци тла из корита ријеке, инфилтрационих базена и аквифера.



Научне методе које ће бити примијењене у оквиру истраживања су:

- теренска испитивања ("in situ") на постојећем постројењу,
- истраживање на развијеном математичком моделу за одабрано постројење,
- лабораторијска испитивања параметара квалитета воде,
- лабораторијска геомеханичка испитивања узорака тла.

Теренска испитивања ће обухватити мјерења и прикупљање хидролошких и хидрауличких податка (водостаји у ријеци и инфилтрационим базенима, нивои воде у пијезометрима, и капацитети црпљења) и података о квалитету воде (температура воде, растворени кисеоник) током периода мониторинга.

Истраживање на математичком моделу подразумијева израду математичког модела (уз помоћ доступног софтвера, нпр. MODFLOW или сличан) за одабрано постројење. За развој, калибрисање и валидацију модела користити ће се подаци добијени теренским испитивањима и геомеханичким испитивањима тла. Варирање улазних параметара на калибрисаном моделу ће омогућити сензитивну анализу фактора који утичу на процес колмирања односно анализу утицаја колмирања и појаве незасићене зоне на производни капацитет бунара.

Лабораторијска испитивања квалитета воде ће обухватити сљедеће параметре: растворени органски угљеник (DOC), нитрате ( $\text{NO}_3^-$ ), сулфате ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), жељезо ( $\text{Fe}^{2+}$ ), калцијум ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и растворени неоргански угљеник (DIC, изражен преко  $\text{HCO}_3^-$ ). При лабораторијским анализама користити ће се стандардне методе за анализу параметара квалитета воде (према БАС, ЈУС или међународним стандардима).

Лабораторијска геомеханичка испитивања ће обухватити одређивање гранулометријског састава колматационог слоја и седимента аквифера, одређивање органских материја тла и одређивање садржаја карбоната у тлу. У оквиру ових испитивања направити ће се физички модел филтрације са колматационим слојем (филтарска колона), на којем ће се користити материјали узети са реалног постројења. Геомеханичка испитивања ће се спровести према ЈУС стандардима.

Лабораторијска испитивања спроводиће се у лабораторији за геомеханику Института за испитивање материјала и конструкција Републике Српске, лабораторији за квалитет воде Технолошког факултета Универзитета у Бањој Луци, и у погонској лабораторији ППВ „Новоселија” у Бањој Луци.

#### **Научни допринос истраживања:**

Научни допринос предметне докторске дисертације је проширење постојећих научних сазнања о процесу колмирања. С тим у вези успоставиће се зависности капацитета система за прихрањивање изворишта од фактора који доводе до процеса колмирања, и зависности квалитета филтриране воде од промјена у активним хидрогеохемијским процесима у тлу тј. од фактора који доводе до ових промјена. Допринос предложене дисертације биће и развој методологије изучавања проблема одређивања издашности система за прихрањивање изворишта у зависности од многобројних фактора, и како сви ови фактори кумулативно утичу на капацитет ових система.

### 3. ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ

На основу увида у досадашњи рад, приложену документацију, биографију и библиографију кандидата, Комисија сматра да кандидат мр Милан Јакшић, дипл.инж.грађ., испуњава услове за израду докторске дисертације са предложеном темом, у складу са важећим актима прописаним од стране Универзитета у Бањој Луци.

Предложена тема је изузетно актуелна будући да разматрани проблем егзистира на свим активним постројењима за прихрањивање изворишта, те су нова сазнања о појави колмирања од изузетне важности за одрживо управљање постојећим, и при пројектовању нових система. Комисија сматра да је кандидат, након детаљног прегледа научне литературе, јасно дефинисао научни проблем и циљеве истраживања, да су постављене научне хипотезе и научно-истраживачке методе одговарајуће предложеној теми истраживања, те да постоје реални услови да у даљем истраживању може успјешно реализовати постављене циљеве и добити значајне резултате, интересантне како са научног тако и са практичног становишта. У складу са наведеним, приједлог теме докторске дисертације под називом: “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде код система управљаног прихрањивања аквифера” задовољава све критеријуме за пријаву теме докторске дисертације.

Чланови комисије са задовољством дају позитивну оцјену подобности предложене теме кандидата за израду докторске тезе, те предлажу Наставно-научном вијећу Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци и Сенату Универзитета у Бањој Луци да се позитивна оцјена прихвати и мр Милану Јакшићу, дипл.инж.грађ., одобри тема докторске дисертације под насловом: “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде код система управљаног прихрањивања аквифера”.

За ментора и коментора се предлажу, респективно, проф. др Дејан Љубисављевић, дипл.инж.грађ., ужа научна област: Комунална и санитарна хидротехника, и доц.др Ненад Јаћимовић, дипл.инж.грађ., ужа научна област: Механика флуида, Хидраулика и Водно-еколошко инжењерство.

Бања Лука, 26.05.2015. године

#### ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. проф. др Мато Уљаревић, дип.инж.грађ.

2. проф. др Дејан Љубисављевић, дип.инж.грађ.

3. доц.др Ненад Јаћимовић, дипл.инж.грађ.