

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ



ИЗВЈЕШТАЈ
о оцјени урађене докторске дисертације

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

На основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, Наставно-научно вијеће Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци, на 12. сједници одржаној дана 13.09.2021. године, донијело је одлуку (број одлуке 14/3.1117/21) о именовању Комисије за оцјену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Милана Јакшића, дипл.инж.грађ, под називом “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде код система управљаног прихрањивања аквифера” у сљедећем саставу:

1. **Проф. др Ненад Јаћимовић**, ванредни професор, ужа научна област Хидрологија, механика флуида и хидраулика, Водоснабдевање, санитарно инжењерство и инжењерство заштите животне средине, Грађевински факултет Универзитета у Београду, ментор и члан комисије;
2. **Проф. др Милош Станић**, ванредни професор, ужа научна област Водопривреда и Хидроинформатика, Грађевински факултет Универзитета у Београду, председник и члан комисије;
3. **Проф. др Владана Огњановић-Рајаковић**, ванредни професор, ужа научна област Водоснабдевање, санитарно инжењерство и инжењерство заштите животне средине, Грађевински факултет Универзитета у Београду, члан комисије;
4. **доц. др Бојана Грујић**, доцент, ужа научна област Геотехника, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, члан комисије;
5. **доц. др Жана Топаловић**, доцент, ужа научна област Хидротехника, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, члан комисије.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Основни биографски подаци:

Име, имена родитеља, презиме: Милан (Небојша и Радмила) Јакшић

Датум рођења: 04.04.1979. године

Мјесто рођења:	Мостар, Босна и Херцеговина
Подаци о претходном образовању:	
Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно последиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање:	UNESCO-IHE Institute for water education, Delft, Холандија Магистар наука из области урбаних вода и водне инфраструктуре - специјализација из инжењеринга водоснабдијевања, специјалистички програм у трајању од 18 мјесеци 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).
Назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада:	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).
Година пријаве докторске дисертације и назив студијског програма:	Март 2015 године, студијски програм Грађевинарство
1) Име, име једног родитеља, презиме; 2) Датум рођења, општина, држава; 3) Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно последиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање; 4) Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада; 5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера; 6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма.	

III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Сенат Универзитета у Бањој Луци, на сједници одржаној дана 06.07.2015. године, усвојило је (број одлуке 02/04-3.2036-130/15) извјештај Комисије о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске тезе кандидата Милана Јакшића, дипл.инж.грађ.

Кандидат мр Милан Јакшић, дипл.инж.грађ. је написао докторску дисертацију под називом “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде код система управљаног прихрањивања аквифера” на српском језику и латиничним писмом. Садржај и изглед дисертације је у свему у складу са Правилником о садржају, изгледу и дигиталном репозиторијуму докторских

дисертација на Универзитету у Бањој Луци. Текст дисертације се састоји из 7 поглавља:

1. Увод
2. Литературни преглед актуелних сазнања и научних истраживања
3. Систем за напајање издани на изворишту „Новоселија“ у Бањој Луци
4. Лабораторијска испитивања геомеханичких и филтрационих карактеристика колматационог слоја на изворишту „Новоселија“
5. Лабораторијска истраживања процеса колмације на физичким моделима
6. Закључна сазнања и препоруке за даља истраживања

Поред текста у склопу дисертације се налази изјава захвалности, садржај, списак слика и табела, списак коришћене литературе, прилоге и биографију кандидата као и изјаве кандидата. Текст дисертације је написан на 264 страна А4 формата, садржи 114 слика, 26 табела и 157 литерарних навода, док су прилози приказани на 38 страна.

- 1) Наслов докторске дисертације;
- 2) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације
- 3) Садржај докторске дисертације са страничењем;
- 4) Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графикона, број цитиране литературе и навести поглавља.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

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 усљед 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 хидрауличног оптерећења у условима смањење водопрпусности 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, хидраулично 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 (ВРК), 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 тање колматационе слојеве (до неколико центиметара), док се код шљунчаног седимента овај слој простире дубље (и преко 100 cm). Дубина воде у инфилтрационом базену има двојак 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. Хидраулично оптерећење представља дугорочну, просјечну вриједност инфилтрационих брзина која, због потреба за редовитим сушењем и периодичним чишћењем инфилтрационих базена, узима у обзир сухи или „угашени” период. Ниже вриједности хидрауличног 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 последица наношења 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 усљед 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.

Процес колмирања представља интеракцију дејства микроорганизама, односно биотичких ефеката и дејства физичких процеса-абиотичких ефеката. Установљено је да су бактерије најдоминантнија врста микроорганизама у аквиферима, а тиме и најзначајнија врста са аспекта колмирања (Baveye et al, 2013, Laak, 1970), али да су значајне пљесни и алге (Seki et al, 1996, Ragusa et al, 1993). На основу истраживања 70тих и 80тих година прошлог вијека (Wood and Bassett, 1975, Okubo and Matsumoto, 1983) сматрало се да до значајнијег смањења коефицијента филтрације долази искључиво при анаеробним биолошким процесима. Међутим каснија истраживања (нпр. Vandevivere and Baveye, 1992a, 1992b) су показала да и биолошки процеси у аеробним условима такође доводе до значајног смањења коефицијента филтрације. Процеси којима бактерије колмирају тло подразумевају пораст броја ћелија, производњу егзополимера и настанак биолошког покривача, који је хигроскопана, садржи значајан проценат везане воде и одликује се малом водопрпусношћу (Prieto-Barajas et al, 2018).

Okubo i Matsumoto (1983) су на основу филтрационих тестова (користили су раствор пијаће воде и глукозе) и обимних испитивања потрошње/производње хемијских једињења на различитим висинама унутар филтрационе колоне током трајања експеримента, дефинисали подфазе промене коефицијента филтрације узорка.

Основна карактеристика лабораторијских истраживања из литературе је да су ретка, због комплексности и дуготрајности процеса и захтевних мерења, и да су по правилу спроведена за релативно узак опсег примењених типова земљишта, типова бактерија и услова при којима су експерименти спроведени. На примјер, Vandevivere and Baveye (1992a, 1992b) су у својим филтрационим тестовима користили четири врсте бактерија из два рода: *Enterococcus* (podvrste SLI i SLI-) i *Streptococcus* (podvrste CAP i CAP -), чији се метаболизам заснива на анаеробној разградњи, а могу да опстану и у присуству кисеоника. Коришћена је филтерска колона од провидне акрилне пластике, пречника 2,6cm и висине 4,0cm, док је испуна у колонама била од истог материјала, тј. Од кварцног пијеска гранулације 0,063-0,125mm. Закључено је да бактеријски покривач представља скуп вертикално усложњених бактеријских заједница у облику биофилма, при чему сваки слој садржи једну бактеријску групу карактеристичну по метаболичком процесу који троши и производи одређене врсте хемијских једињења. Настајање слојева различитих

бактеријских група је условљен постојањем хемијског градијента (вертикалне варијације у хемијском саставу) који се јавља на додирним површинама различитих материјала (нпр. вода и седимент). Ови вертикални слојеви су често у међусобној симбиотској интеракцији, која подразумева да производи метаболичких реакција горњег слоја служе као храна (реактанти) за метаболичке реакције доњег слоја, и обрнуто (Prieto-Varajas et al, 2018).

Поред биофилма, смањењу водопропусности доприносе и други биотички процеси, као што су инкапсулација вазуха и биолошко стварање гасова (Seki et al, 1996), биолошки индуковано стварање минералних талоба, као што су калцит или различити гвожђевити оксиди. Већина ових талоба представљају чврсте структуре које или обавијају зрна порозне средине, или формирају зрна око нуклеуса у виду неживих бактеријских ћелија (Zhu and Dittrich, 2016, Thompson et al, 1997, Beek, 1964).

На основу резултата експерименталних истраживања предлагани су математички модели промене водопропусности у времену за механички и биолошки тип колмационог процеса (Greskowiak et al, 2005, Vigneswaran and Suazo, 1987, Behnke, 1969, Frankenberger et al, 1979). Сви изрази и поређење са мереним подацима указују високу зависност од локалних услова и низа параметара везаних како за порозну средину, тако и различите физичко-хемијске карактеристике воде.

Из свега наведеног, јасно је да интензитет и динамика овако комплексних биохемијских процеса зависи од читавог низа биотичких и абиотичких параметара. У том смислу, циљ истраживања у оквиру ове дисертације је да се кроз додатна експериментална истраживања продуби разумевање биохемијских процеса који учествују у процесу колмације, као и разумевање фактора који највише утичу на те процесе. Намијера је да се кроз експерименталну процедуру, у условима што приближнијим природном окружењу, дође до нових сазнања о утицају микроорганизама на процес колмације инфилтрационих базена који се користе у водоснабдевању. Посебно, имајући у виду да је у ранијим истраживањима утврђено да колматациони процес има утицаја и на одређене параметре квалитета подземне воде испод инфилтрационих базена (Greskowiak et al, 2005).

Хипотезе које су постављене у дисертацији са циљевима истраживања су следеће:

- Посматрање и анализа релевантних хидролошких и хидрауличких података, те података о квалитету сирове воде прикупљених током периода мониторинга на реалном постројењу чиме се омогућује сагледавање узрока и динамике процеса колмирања и дефинисање кључних параметара који утичу на процес колмирања.
- Анализом састава тла колматационог слоја и седимента аквифера утврђује се 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 употребом математичког модела је одређен максимални дозвољени капацитет црпљења при којем не долази до развоја незасићеног региона у аквиферу.
- Праћењем концентрације органске материје дуж инфилтрационе путање и одабраних параметара квалитета воде сагледава се утицај редокс услова, времена задржавања у аквиферу, и параметара квалитета воде на интензитет 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 изналагања могућности за контролу ових процеса. Научни допринос предметне докторске дисертације је проширење постојећих научних сазнања о процесу колмирања. С тим у вези, успостављена је зависност 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 дисертације је 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.

- 1) Укратко истаћи разлог због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе;
- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);
- 3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;
- 4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Дисертацијом је обрађен 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.
- Анализа интезитета и динамике уклањања органске материје 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 коришћен је 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 су примијењене у оквиру истраживања су:

- теренска испитивања (“in situ”) на постојећем постројењу,
- лабораторијска испитивања параметара квалитета воде,
- лабораторијска геомеханичка испитивања узорака тла.

Теренска испитивања обухватила су мјерења и прикупљање хидролошких и хидрауличких податка (водостаја у ријечи и инфилтрационим базенима, нивоа воде у пијезометрима, и капацитета црпљења) и података о квалитету воде (температура воде, растворени кисеоник) током периода мониторинга.

Лабораторијска испитивања квалитета воде обухватају сљедеће параметре: растворени органски угљеник (DOC), нитрате (NO₃-), сулфате (SO₄²⁻), жељезо (Fe²⁺), калцијум (Ca²⁺) и растворени неоргански угљеник (DIC, изражен преко HCO₃⁻). При лабораторијским анализама коришћене су стандардне методе за анализу параметара квалитета воде (према домаћим БАС стандардима тј. преузетим међународним CEN/ISO стандардима или према ЈУС стандардима).

Лабораторијска геомеханичка испитивања обухватила су одређивање гранулометријског састава колмационог слоја и седимента аквифера и одређивање органских материја у колмационом слоју тла. У оквиру ових испитивања направљен је физички модел филтрације кроз колмациони слој (филтерска колона/Darcy-јев апарат), при чему су коришћени узорци тла са реалног постројења (постројење Новоселија, Бања Лука), и на којем су испитане филтрационе карактеристике колмационог слоја. Геомеханичка испитивања су спроведена према ЈУС и CEN/ISO стандардима.

Лабораторијска испитивања процеса микробиолошке колмације, извођена у Београду, Република Србија, спроведена су кроз два експеримента: експеримент са шаржним реакторима, и експеримент са филтерском колоном. У овим експериментима је рађено са порозним материјалом узоркованим на постројењу Новоселија, а коришћени су сљедећи типови воде: Савска вода, дестилована вода са нутријентима и Савска вода са нутријентима.

Лабораторијска испитивања су рађена у лабораторији за геомеханику Института за испитивање материјала и конструкција Републике Српске, и у лабораторији Института за хидротехнику и водно еколошко инжењерство Грађевинског факултета у Београду.

- 1) Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала;
- 2) Дати кратак увид у примијењени метод истраживања при чему је важно оцијенити сљедеће:
 1. Да ли су примијењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетским нивоима;
 2. Да ли је дошло до промјене у односу на план истраживања који је дат приликом пријаве докторске тезе, ако јесте зашто;
 3. Да ли испитивани параметри дају довољно елемената или је требало испитивати још неке, за поуздано истраживање;
 4. Да ли је статистичка обрада података адекватна.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Домаћа истраживања у Републици Српској, ради проширења научних сазнања и прикупљања теренских података за потребе рјешавања техничке проблематике из области коришћења подземних вода и повећања капацитета подземне воде, те праћење свјетских научних трендова из ове области, прекинута су деведесетих година XX вијека са избијањем ратних сукоба у БиХ. Евидентна је потреба за сумирањем претходних резултата истраживања и за обнављање базе пријашњих података. Такође, указује се потреба да се успостави темељна литературна база и покрене заустављени процес истраживања, с циљем постепеног смањења јаза између свјетских трендова из ове области и тренутног стања научних достигнућа из ове области у Републици Српској.

Овом докторском дисертацијом је успостављен темељ за будућа истраживања у овој области, како по питању прикупљених једногодишњих теренских података са изворишта подземне воде Новоселија, по питању датог литературног прегледа

проблематике из савремене научне литературе, тако и по спроведеним лабораторијским истраживањима и добијеним експерименталним резултатима. Према постављеним хипотезама и приказаним резултатима у докторској дисертацији могу се таксативно побројати ставке и дати оцјена испуњености постављених појединачних циљева:

- испуњени је циљ прикупљања релевантних хидролошких и хидрауличких података извршеним мониторингом у трајању од једног хидролошког циклуса (од марта, 2017 до марта 2018. године),
- утврђени су активни типови колмационог процеса на реалном постојењу,
- извршена је карактеризација колмационог слоја на реалном постројењу, како по питању геомеханичких карактеристика, тако и по питању његових филтрационих карактеристика,
- израда математичког модела и његова калибрација са прикупљеним подацима није извршена, што представља задатак за будуће активности на овом плану.
- извршена је анализа утицаја биолошког типа колмационог процеса на смањење водопрпусности тла кроз истраживања на физичким лабораторијским моделима. На основу тога, успостављена је крива зависности промене водопрпусности површинских слојева инфилтрационих базена и брзине инфилтрације.

Као закључак, може се констатовати да је кроз израду ове докторске дисертације приказана и кориштена методологија истраживања проблема напајања издани која је функционална и заокружена. Развој методологије истраживања колмационих процеса је био један од сегмената општег циља дисертације. Поред осталог, допринос ове дисертације представља обиман преглед научне литературе, што представља солидно проширење научних сазнања из ове области. Такође, постигнути резултати могу директно да примене у планирању будућих и одржавању постојећих инфилтрационих базена, што представља значајан допринос развоју изворишта подземне воде, а тиме и система за водоснабдевање. Иако све постављене хипотезе нису у потпуности обрађене у дисертацији, сматра се да садржај дисертације представља чврсту основу, која пружа темељ и могућности за даљи рад и развој ове гране Хидротехнике, како у научном тако и у техничком смислу.

- 1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;
- 2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;
- 3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

У докторској дисертацији под насловом “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде код система управљаног прихрањивања аквифера” анализирани су биотички и абиотички процеси који доводе до колмирања објеката за је прихрањивање изворишта подземних вода. Такође, ова дисертација представља добру основу за даља истраживања у овој области.

На основу свега изнетог, Комисија констатује да докторска дисертација под насловом “Учинак инфилтрације на промјену квантитета и квалитета сирове воде

код система управљаног прихрањивања аквифера” представља оригиналан и значајан научни допринос у области водоснабдевања, односно у области управљања извориштима подземних вода. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном вијећу Архитектонско -грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци да прихвати позитивну оцјену докторске дисертације кандидата мр Милана Јакшића, дипл. грађ. инж., и да сходно томе упути захтјев Сенату Универзитета у Бањој Луци за давање сагласности за јавну одбрану дисертације.

- 1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;
- 2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:
 - да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
 - да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се докторска дисертација одбија.

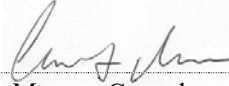
Датум: 12.10.2021

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1.


Проф. др Ненад Јаћимовић,
дипл.инж.грађ., ментор и члан комисије

2.


Проф. др Милош Станић, дипл.инж.грађ.,
члан комисије

3.


Проф. др Владана Огњановић-Рајаковић,
дипл.инж.грађ., члан комисије

4.


доц. др Бојана Грујић, дипл.инж.грађ.,
члан комисије

5.


доц. др Жања Топаловић, дипл.инж.грађ.,
члан комисије