

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Оцена израђене докторске дисертације Александра Анђелковића, дипл.инж.шум.

<p>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</p> <p>Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета Универзитета у Београду бр. 01-1/36 од 14.09.2019. године, одређена је Комисија за оцену израђене докторске дисертације кандидата Александра Анђелковића, дипл.инж.шум., под насловом: „Ерозиони и седиментациони процеси на сливним подручјима малих водних акумулација, на подручју града Београда и Фрушке горе“, у саставу:</p> <ol style="list-style-type: none">1. др Ратко Ристић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета,2. др Војислав Ђековић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета,3. др Милорад Јанић, редовни професор Универзитет у Београду – Шумарског факултета,4. др Борис Радић, доцент Универзитет у Београду - Шумарског факултета,5. др Славољуб Драгићевић, редовни професор Универзитета у Београду – Географског факултета,6. др Велибор Спалевић, доцент Унивезитета у Црној Гори – Филозофског факултета <p>Чланови Комисије су проучили достављену докторску дисертацију, оценили њену научну вредност и подносе следећи</p> <p style="text-align: center;">ИЗВЕШТАЈ</p>
<p>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</p> <ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Александар Станиша Анђелковић2. Датум и место рођења, општина, држава: 12. 02. 1985. Сурдулица, Србија3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе: <p>На основу члана 86. став 2., члана 99. став 6. и члана 100. став 7. Статута Универзитета у Београду и чл. 51. и 92. став 2. и члана 154. Статута Универзитета у Београду - Шумарског факултета, Наставно-научно веће Факултета, на својој седници одржаној 17.01.2008. године, усвојило је Правилник о докторским студијама, према коме, на основу члана 4, докторске студије може уписати лице које је завршило</p>

основне студије и стекло звање дипломираног инжењера (VII-1 степен) према прописима који су важили до ступања на снагу Закона о високом образовању, са најмањом просечном оценом 8 (осам) и познавањем најмање једног светског језика у мери да се може користити страном литературом.

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ерозиони и седиментациони процеси на сливним подручјима малих водних акумулација, на подручју града Београда и Фрушке горе

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација Александра Анђелковића, дипл. инж. шум., садржи укупно 187 стране, од чега је: 163 страна текста; 12 страна литературе; 4 стране са графичким прилозима; 8 страна на којима се налазе биографија кандидата, као и изјаве о ауторству, о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу.

Докторска дисертација садржи укупно 104 слике, од тога 34 графикона, 18 карата, 9 попречних профила, 11 илустрација и 42 фотографије. У дисертацији се налази 48 табела. Списак релевантне литературе, везане за област истраживања, садржи 133 референци. На почетку текста докторске дисертације, налазе се кључне документационе информације и резиме, на српском и енглеском језику, са кључним речима.

Текст је подељен у 7 поглавља, која су структурирана тако да представљају посебне, али логички повезане целине:

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА
2. ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ЛИТЕРАТУРЕ О ЗАСИПАЊУ АКУМУЛАЦИЈА
3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА
4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА
5. ДИСКУСИЈА
6. ЗАКЉУЧЦИ
7. ЛИТЕРАТУРА

Дисертација је написана ћириличним писмом, у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У Уводним разматрањима (1) кандидат је дао **Приказ проблематике истраживања (1.1.)**, почевши од чињенице да се мале водне акумулације масовно користе, на глобалном нивоу, као мултифункционални објекти, који задовољавају различите потребе локалних заједница: одбрана од бујичних поплава, водоснабдевање, обогаћивање малих вода, наводњавање, производња електричне енергије, спорт и рекреација. Акумулације утичу на изравнавање и уједначавање режима протицаја. Ерозиони процеси, транспорт и депозиција наноса, представљају један од најважнијих фактора губитка корисне запремине, деградације квалитета воде и смањене функционалности ових објеката. Са наносом, из слива у акумулацију се уносе различите штетне материје, које мењају квалитет воде у акумулацији. Да би се заштитиле акумулације од ерозионог материјала и полутаната, могуће је користити заштитне техничке, биотехничке и биолошке мере у сливу (прагови и преграде; рустикалне преграде; системи плетера; пошумљавање, мелиорације шума и пашњака орање по изохипсама; израда тераса; контурне терасе формиране риперима и

плуговима; градони; постављање фашина; подизање илофилтера по ободу акумулације). Попречним објектима се врши редукција пада дна корита водотокова до зоне пада изједначења, када долази до равнотежног стања између процеса покретања и депозиције наноса. Подизањем депонијских преграда у систему стварају се услови за трајно депоноване и заустављање наноса из речног тока, пре уласка у профил акумулације. Брдско-планинске области и сливови у њима, најчешће су слабо настањени а привредне активности се одликују ниским интензитетом, тако да се изграђене акумулације понекад могу ефикасно штитити применом само биотехничких мера. Бројна истраживања се усмеравају ка унапређењу и заштити квалитета воде, очувању пројектованих габарита свих типова водних тела, са посебним освртом на контролни мониторинг интензитета засипања акумулација. Развој индустрије, градских и сеоских насеља, употреба пестицида и ђубрива у пољопривреди, различити акциденти (природни, технички, ратни) увећавају количину ефлуентних супстанци у хидролошком циклусу акумулација. Основни узроци еутрофизације језерске воде су засипање акумулација суспендованим наносом и унос органске материје у акумулацију. Уношењем велике количине органских материја и нутријената, пре свега фосфора, ремети се природни циклус развоја фитопланктонских заједница. Проблеми у експлоатацији акумулисаних вода настају у летњим месецима, када су повећане потребе за водом, те се захватају веће количине воде и нагло обара ниво воде у акумулацији. Због тога, језерска вегетација, која је један од фактора очувања квалитета воде у акумулацији, остаје на сувом у приобаљу, суши се и доводи до пренагомилавања органске материје у акумулацијама, чиме се ремети нормалан биолошки циклус и доводи до поремећаја састава биљних и животињских заједница. Понекад, интензитет промена услед пренагомилавања органске материје, утиче на стање фитопланктонских заједница, тако да некадашња олиготрофна језера старе и прелазе у мезотрофна и постају неупотребљива за водоснабдевање насеља квалитетном водом. У новије време, активности на пројектовању и изградњи брана и акумулација стагнирају, првенствено због тога што је преостао ограничен број технички, економски и еколошки погодних локација. Изградњом акумулација долази до стварања услова за успоравање воде у речној долини и некадашњем природном водотоку, што доводи до нагле промене режима кретања воде и наноса. На ушћима притока у акумулације смањују се вучне силе тока, а тиме и кинетичка енергија тока за транспорт наноса. У зони ушћа притока долази до одлагања великих количина вученог наноса, што у појединим случајевима ствара услове за појаву меандара и делти. Најзначајнија последица појаве делти у притокама је стварање додатног успора воде. Додатни успор изазива нежељене последице у речном кориту, приобаљу и у саобраћајној комуникацији дуж речних долина. Као последица задржавања воде и наноса у акумулационом простору, долази до таложења наноса, а „чистије“ преливне воде имају већу кинетичку енергију тока, што доводи до интензивних флувијалних ерозионих процеса на низводним деоницама. Такав водоток има незасићен потенцијал за пријем нових количина наноса са дна и обала корита, стварајући услове и за покретање крупнијих фракција из структуре речног корита. Са речног дна се покрећу и односе прво ситније фракције наноса, које водоток даље транспортује, а остају само крупније фракције, што доводи до повећања рапавости корита, а то ствара услове за смањење брзине тока. Ерозија речног корита траје све док се не успостави равнотежа између транспортне способности тока и отпорности корита на ерозионе процесе. Ово је циклична појава јер стално долази до осцилација протицаја у речном кориту, смењују се фазе таложења и покретања наноса из структуре речног корита. На тај начин се успоставља равнотежно стање и стабилност корита, које има тенденцију низводног померања. Повремено испуштање воде из акумулације, у циљу испирања наноса, и очувања корисне запремине, може да изазове многе нежељене последице на

низводном делу слива, а и у самој акумулацији. У седименту акумулације се таложе штетне материје и тешки метали а испирањем се ремети биолошка равнотежа на низводном делу слива. Повећана концентрација ерозионог материјала, приликом наглог испуштења воде из акумулације, може да изазове интензивно таложење дуж речног тока. Прво се исталоже најкрупније фракције, ближе брани, док се ситније песковите и муљевите фракције таложе дуж речног корита формирајући спрудове. То проузрокује промену падова и засипање речног корита. Издизање дна природног корита мења морфолошке параметре протицајног профила, што може довести до смањења пропусне способности корита за протицај великих вода на низводном сектору водотока.

У подпоглављу **Циљ истраживања (1.2.)** кандидат је формулисао, као основни циљ, дефинисање законитости засипања акумулација на истраживаном подручју. Снимањем запремина акумулација утврђен је интензитет засипања, у односу на нулто стање (непосредно пре пуњења акумулација). Утврђене су количине исталоженог наноса по профилима акумулација, за одређени временски интервал. Анализом узорака наноса из профила акумулација утврђена је гранулометријска структура материјала, као и удео органске материје. На узетим узорцима материјала из притока одређен је гранулометријски састав и запреминска маса. На узорцима узетим по профилима акумулација одређен је садржај органске материје, запреминска маса и гранулометријски састав исталоженог материјала. Крупноћа наноса указује на величину и интензитет вучних сила тока, а степен заобљености фракција на дужину пређеног пута у поводњима. Ситније фракције наноса и органски пливајући нанос креће се и у периоду малих вода и неометано уноси у профил акумулација. Како се овај нанос таложи по профилима, установљено је да се дебљина седимента повећава од ушћа притока према профилима бане. Снимања су вршена из чамца помоћу инструмента Echo-Sonar „Garmin ECHO-200”, у различитим временским интервалима. На основу емпиријских метода прорачуна установљене су годишње продукције ерозионог материјала на сливним подручјима експерименталних акумулација. Однос продуктованих количина ерозионог материјала на сливовима и количина исталоженог наноса у акумулацијама указује на степен тачности примењених прорачуна. Истраживањима је обухваћена и анализа расположивих података о изведеним акумулацијама, као и нова сазнања о факторима који имају утицај на процес ерозије земљишта, процес транспорта наноса кроз хидрографску мрежу експерименталних водотока и сливова, као и процес засипања акумулација ерозионим материјалом.

У поглављу **ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ЛИТЕРАТУРЕ О ЗАСИПАЊУ АКУМУЛАЦИЈА (2.)** кандидат је обрадио најважније литературне изворе, од значаја за предметну проблематику, почевши од XIX века, закључно са најновијим наводима из домаће и светске научне и стручне литературе. Обрађени су примери засипања акумулација из Шпаније, Ирана, Малавија, Кине, Русије и Србије. Посебно је важна анализа домаћих докумената, који се односе на проблеме засипања Власинског језера, затим акумулација „Бајина Башта”, „Потпећ”, „Кокин Брод”, „Увац”, „Овчар Бања”, „Међувршје”, „Ђердап I”, „Ђердап II” и „Лисина”. Значајан је и документ којим је сагледано стање вишенаменских акумулација у Војводини („Месић”, „Сот” и „Мохарач”). На основу изучавања домаће и стране литературе у области вишенаменског коришћења акумулација учињен је покушај синтезе најважнијих теоријских достигнућа у овој области. На тај начин дефинисан је теоријски оквир за конкретна теренска истраживања у овој дисертацији.

У поглављу **МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА (3.)** кандидат је прво представио **Концепцију теоријских истраживања (3.1.)**, која се састоји од од детаљне анализе научне и стручне литературе и компарације добијених резултата. На основу теоријских истраживања интензитета засипања акумулација наносом уочене су

све битне компоненте и релевантни фактори ових процеса, на основу чега је било могуће дефинисати смернице за конкретна теренска истраживања. Са друге стране, анализом и интерпретацијом резултата истраживања добила се реална квантитативна представа о законитостима засипања акумулација наносом. У подпоглављу **Теренска истраживања (3.2.)** кандидат је дао преглед истраживаних локација, врсте изведених радова, са навођењем примењених метода и коришћене опреме и инструмената. Обављена су истраживања карактеристика сливова: Шидске Шидине (акумулација Сот), потока Љуково (акумулација Љуково), Дубоког потока (акумулација Дубоки поток) и потока Паригуз (акумулација Ресник). Карте коришћења простора (земљишта) у сливним подручјима израђене су методом даљинске детекције, са ортофото снимка, што је калибрисано на основу теренског рекогносцирања сливних подручја, уз одговарајућу фото документацију. За снимање шкољки акумулација коришћен је Echo-sonar „Garmin ECHO-200”, при чему су све снимљене тачке детерминисане координатама у пројекцији „Gaus Kriger”. Снимање конфигурације сваког језерског дна обављено је по профилима. Положаји снимљених тачака дефинисани су помоћу геодетског инструмента „Торсон GMS-2”. На основу регистрованих координата свих тачака, на унапред задатим попречним профилима, сонаром су мерене дубине воде до дна акумулација. Снимљене тачке анализирани су у програму „AutoCAD Map 3D 2017”, и у програмима „Survey”, „DMT”, „Volume”, „Trasa” и „SKV”, који раде у окружењу AutoCAD. Обављено је дигитално моделирање акумулација, цртање попречних профила, као и одређивање биланса наноса. Веза за сталне репере остварена је на основу нивелманског снимања, помоћу инструмента „Kern swiss GK1-A”. Репери код свих брана налазе се на kotaма круне прелива и на круне бране. У фази нивелманског снимања увек је снимана kota нивоа воде у акумулацији, како би се тачно дефинисале осцилације нивоа воде у односу на круну прелива. Пробно тестирање инструмената за мерење вршено је на базенима Завода за спорт и медицину спорта на Кошутњаку. Касније је током мерења вршена константна провера тачности снимања ручно израђеним инструментом (сондом) за мерење дубине. Да би се обезбедила тачност мерења при кретању чамца, и избегло нагињање сонде под неким углом, сонда за мерење постављена је у вертикалну пластичну цев, која је искоришћена као цилиндар у коме се сонда несметано помера пратећи ниво воде, у вертикалном правцу, без могућности хоризонталног померања. Дубина урањања сонде у воду ограничена је пловком и износи 7 cm од површине воденог огледала. На основу снимљених података израђени су дигитални модели терена (шкољки акумулација – ДМТ). ДМТ модели урађени су за сваку акумулацију. На основу ДМТ модела, коришћењем наведених компјутерских програма, израчунате су запремине и стање акумулација у периоду мерења, а на основу тих података урађене су криве запремине. Да би се обезбедили поуздани подаци о пореклу седимента у акумулацијама, вршена су истраживања седимента на спрудовима притока и из речних корита. На основу тих узорака дефинисане су гранулометријске криве методом просејавања, одређена је специфична маса и крупноћа фракција, нацртане су криве гранулометријског састава. Остала истраживања наноса у акумулацијама вршена су узимањем узорака са дна акумулација помоћу „ручног багера”, *Van Veen Grab Sampler*. На овим узорцима вршено је одређивање процентуалног учешћа органске материје, методом сушења и жарања на температури од 350⁰С, у лабораторији Института за шумарство у Београду. После сагоревања органске материје и одређивања њеног процентуалног учешћа у узорку, на преосталом делу узорка вршена је гранулометријска анализа материјала. Одређивање гранулометријског састава на узорцима из акумулација вршено је према стандарду SRTSU.B 1.018 (2005), методом хидрометрисања. Обављено је детаљно картирање начина коришћења земљишта у сливу и одређивање степена покривености вегетацијом, као и сагледавање услова за заштиту земљишта од ерозионих процеса, на

основу даљинске детекције са ортофото снимака и теренским рекогносцирањем. За дефинисање продукције наноса са сливова коришћена је метода Потенцијала ерозије (МПЕ). МПЕ је уведена у праксу уређења бујичних водотокова 1972. године, а применом GIS и AutoCAD Мар добила је на значају. Рекогносцирање слива имало је за циљ да се одреде ерозиона жаришта, као и локације са којих се врши покретање ерозионог материјала и његов даљи транспорт кроз хидрографску мрежу до зоне одлагања. Дијаграми корелација рађени су у програму Statgraphics. Дате су једноструке и вишеструке корелационе анализе између различитих параметара. Оваква статистичка обрада података представљена је у графичком и аналитичком облику.

У поглављима **РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА (4.)** и **ДИСКУСИЈА (5.)** кандидат је дао синтезни приказ сопствених резултата истраживања, као и поређење са сличним истраживањима у свету и Србији. Представљени су идентификациони подаци за четири формиране акумулације, две на административном подручју града Београда (општине Барајево и Раковица) и две на подручју АП Војводине (општине: Шид и Инђија). Представљени су основни физичко-географски показатељи, са детаљним описима свих сливних подручја, брана, као и непосредног приобаља акумулација. Дате су и одговарајуће генерисане карте: топографска, геолошка, педолошка, карта коришћења простора (земљишта). Приказане су тачке на којима је обављено узорковање наноса, у језерима и притокама. Представљени су и резултати прорачуна ерозионе продукције и проноса наноса на сливним подручјима, до профила улаза преградног места. Анализирани су критични и стварни тангенцијални напони (за средњи пречник зрна наноса), режим падавина и карактеристични протицаји. Одређен је гранулометријски састав наноса из притока и акумулација. Приказани су попречни профили за нулту годину (пре пуњења акумулација), као и после обављених снимања, на основу чега је одређен средњи годишњи интензитет засипања. На крају су дате корелационе анализе утицајних фактора на засипање акумулација (зависност коефицијента ерозије Z од обједињеног коефицијента педолошке и геолошке структуре сливова; анализа зависности коефицијента ерозије Z од карактеристичних падова на сливном подручју). Методом Потенцијала ерозије урађене су процене годишње продукције наноса у сливовима истраживаних акумулација. Установљено је да се, по свим параметрима који су анализирани, сва четири слива налазе у сличним односима и да се, очекивано, највише наноса продукује у највећим од истраживаних сливова, али не и у вредностима специфичне продукције. Тако, укупна годишња продукција наноса у сливу акумулације Ресник износи $1.350,42 \text{ m}^3/\text{god}$ ($337,60 \text{ m}^3/\text{god}/\text{km}^2$), док је ова количина наноса за слив акумулације Љуково $1.696,41 \text{ m}^3/\text{god}$. ($99,147 \text{ m}^3/\text{god}/\text{km}^2$). Површина слива акумулације Љуково је $17,11 \text{ km}^2$, док је површина слива акумулације Ресник $4,00 \text{ km}^2$ (до профила бране). Слив акумулације Сот, који се по површини налази на трећем месту (од четири анализирана слива), има највећу годишњу продукцију наноса: $1.773,42 \text{ m}^3/\text{god}$. ($130,398 \text{ m}^3/\text{god}/\text{km}^2$). Поређењем добијених вредности може се говорити о другим факторима који значајно више утичу на продукцију наноса у сливу. Поређењем фактора по утицају, највећу улогу има коришћење земљишног простора у сливу, као и доминантни пад. Анализирањем карата добијених са ортофото снимака, као и рекогносцирањем терена, дошло се до података везаних за начин коришћења земљишта у сливу. Издвајају се два доминантна разлога која значајно утичу на продукцију наноса у сливу, а то су: површине обрасле шумама и шикарама; обрадиве површине. Тако се, по процентуалном учешћу шума и шикара, издваја слив акумулације Сот, са чак $54,617\%$, док најмању заступљеност површина под шумом има слив Љукова, са $12,93\%$. У погледу обрадивих површина, ситуација је нешто другачија. На првом месту, по процентуалној заступљености у сливном подручју, доминантно место има слив акумулације Љуково са $76,87\%$, док се на зачелју налази слив акумулације Дубоки поток са $20,15\%$. Остала два слива су приближних

вредности: 36,75% Ресник и 37,29% Сот. Као што се може видети по годишњим количинама продукције наноса у сливу, ни ова два фактора не утичу на продукцију у пресудној мери. Иако би логично било да се најмање наноса продукује на најпошумљенијим сливовима, а највише на сливовима под пољопривредном површином, овде се јасно види да је законитост умногоме другачија, а пресудан фактор је нагиб. Сличан закључак изнели су аутори рада о засипању акумулације „Гоч-Гвоздац“. Слив акумулације Љуково има најмањи средњи пад слива Јsg, као и најмањи апсолутни пад тока и средњу висинску разлику у односу на сва четири слива. Стога, иако се највећи део слива налази под обрадивим површинама, продукује се умерена количина наноса, јер нема екстремних падова терена, нити критичне брзине за покретање наноса у водотоку, односно, степен засутости акумулације је релативно мали. Највећи средњи пад слива има акумулација Дубоки поток, а највећи апсолутни пад тока има слив акумулације Ресник. Анализом узорак наноса, узетих ручним багером са дна акумулација, рачунат је проценат органске материје који је заступљен у укупном телу наноса. Овај податак се мора узети са извесном резервом, јер је багер пројектован да се само својом тежином утисне у тело наноса и захвати поремећени узорак. У дубљим слојевима наносног тела проценат органске материје се смањује. Нанос из акумулације Љуково садржи 3,89% органске материје, из акумулације Дубоки поток 5,79%, из акумулације Сот 5,89% и из акумулације Ресник 5,98%. Уочљива је веза између процентуалног садржаја органске материје у акумулационим басенима и процентуалног учешћа шума у сливним подручјима. Поредећи те податке, шуме и шикаре доброг обраста заузимају 11,27% укупног простора на сливу акумулације Ресник, 12,93% на сливу акумулације Љуково, 44,10% на сливу акумулације Дубоки поток и 54,62% на сливу акумулације Сот. Може се уочити разлика између акумулације Љуково и остале три акумулације, а то је да се високе шуме налазе уз леву обалу све три акумулације, што није случај за акумулацију Љуково. Ово иницира претпоставку да се велики део органске материје (лишник, мртве гране, пала стабла и др.) допрема у акумулацију непосредно са њених обала, које су у већој или мањој мери нападнуте ерозионим радом таласа (абразивна ерозија). Поређењем акумулација, можемо видети да се акумулација Љуково по дубини налази на зачељу, а уједно је по површини огледала воде највећа. Овим се стварају добри предуслови за бујање подводне траве и алги. Други фактор који, такође у великој мери, утиче управо на развој подводне вегетације јесте велика количина азотно-фосфорних ђубрива, која се растворена водом, сливају у акумулацију из непосредне близине, јер се акумулација налази у подручју са интензивном пољопривредном производњом, на површини од 13,15 km². Анализирањем геолошких карата истраживаних сливова, може се наћи извесна зависност између појединих фација које се на њима јављају. Тако, на пример, код подавалских акумулација доминирају у геолошком погледу глине са примесам гвожђа и алевролита, у значајнијој мери прожете пешчарима, док је код фрушкогорских сливова доминантна подлога везана за лес-глиновите и песковите алевролите. У оба случаја приметна је већа количина ситнијих фракција, уз добар део примеса песка. У свим акумулацијама средњи пречник зрна, са учешћем на 50% гранулометријске криве, је у границама од 0,015–0,25 mm. Ако се анализирају појединачно узорци из акумулација, по крупноћи честица издваја се акумулација Дубоки поток, у којој се пречник зрна креће од 1,90 до 20,00 mm. Може се закључити да је у овом случају пресудна улога средњег пада слива и апсолутног пада тока, у функцији геолошке и педолошке подлоге, јер су најкрупније фракције заступљене управо на овој акумулацији, која има велике падове. Оно што се такође намеће као интересантан податак је чињеница да се по крупноћи честица не разликују битно остале три акумулације, иако је реч о потпуно различитим сливовима по скоро свим параметрима (површина слива, средњи пад слива, апсолутни пад тока, величина

акумулације, геолошка структура слива, начин коришћења земљишта и др.). Преко акумулације Љуково на вршном делу, налазио се прелаз са цевастим пропустом у насипу, јер је насип коришћен као пут за прелаз пољопривредне механизације. Прелаз је срушен пре узимања узорака за анализу. Приликом рушења, део насипа који је служио као пут, остао је у акумулацији. Ако је реч о насипању материјалом који није из сливног подручја акумулације Љуково, онда то делом објашњава појаву фракција које су некарактеристичне за овај слив. Такође, добар део наноса у акумулацију Љуково долази директно са обала необраслих високом вегетацијом (појас који обухвата ширину од 5 до 30 m око акумулације). Акумулација има највећу дужину огледала воде, у поређењу са остале три, пет пута је дужа од акумулације Ресник, тако да овај проценат спраног земљишта није занемарив. Највећу улогу у продукцији наноса има коефицијент ерозије. Гледано са тог аспекта, у сва четири сливна подручја јавља се по једна доминантна педолошка творевина која заузима у просеку 85% слива. Код акумулације Дубоки поток, доминантно земљиште у сливу представља гајњача иловасто-глиновита на терцијарним седиментима, гајњача иловасто-глиновита у лесивирању и гајњача иловасто-глиновита еродирана са учешћем од 90,57%. Слив акумулације Ресник је претежно под гајњачама, са учешћем од 84% у укупној педолошкој структури слива. Занимљиво је да се варијација овог типа земљишта (гајњача и лесивирана гајњача) јавља доминантно и на подручју слива акумулације Сот, са учешћем од 86,30%, док је једино у сливу акумулације Љуково доминантан чернозем на лесу, са 88%. По структури земљишта намеће се закључак да се од четири слива, три налазе под гајњачама и само један под черноземом. Сва четири слива припадају подручју са умереном средњом годишњом количином падавина; 719,40 mm, Дубоки поток; 727,10 mm, Ресник; 744,84 mm, Љуково и Сот са 759,00 mm. Током маја 2014. године, појас циклонске активности донео је веће дневне падавине на сливовима акумулација Ресник и Дубоки поток (између 200,1 и 275,0 mm), док је део обимнијих падавина захватио и подручје сливова акумулација Сот (од 125,1 до 150,0 mm) и Љуково (од 100,1 до 125,0 mm). Појава јаких киша условила је појаве брзог површинског отицаја и бујичних поплава, што је довело до повећаног уноса наноса у акумулационе басене. У случају три од четири акумулације, мерења засипања вршена су и пре и после маја 2014. године, једино је у случају акумулације Сот снимање обављено после маја 2014. године. Анализирајући количине наноса, просечно по годинама и између два снимања, уочљива је разлика у количини исталоженог материјала. На Дубоком потоку је прво снимање дна вршено 19.04.2013. године, а друго 01.12.2015. године. Узимајући у обзир укупно просечно годишње засипање од 1.351,07 m³/god, само у овом периоду између два снимања акумулација је засута за 2.702,14 m³. То имплицира да се за 955 дана (приближно 2,5 године) засуло 2.702,14 m³, што је 1.080,86 m³/god. Анализирано на овај начин, може се установити да није било појачаног засипања акумулације у односу на просек годишњег засипања. Прво снимање акумулације Ресник вршено је 20.09.2013. године, а друго 10.12.2015. године. Просечно годишње засипање акумулације Ресник износи 1.291,66 m³/god, али се зато за период између два снимања засула за 7.000 m³. Када се обрачуна број дана, видљиво је да се акумулација за овај кратак период (811 дана; приближно 2,5 године) засипала просечно годишње за 2.800,00 m³/god. Долази се до разлике од 1.508,34 m³, у односу на просечно годишње засипање. Овај податак је свакако интересантан, са аспекта проноса наноса у таласима великих вода. На акумулацији Љуково, прво снимање је обављено 08.11.2013. године, а друго 06.11.2015. године. За овај период акумулација је засута за 5.000 m³, док је њен вишегодишњи просек 1.500 m³, односно, акумулација је имала засипање од 2.500 m³/god, што прави разлику од 1.000 m³, у односу на вишегодишњи просек. Акумулација Сот се такође нашла на удару појачаног интензитета падавина, али су оба снимања урађена после мајских поплава 2014. године. Прво снимање је

урађено 03.07.2014. године, а друго 14.11.2015. године. Између два снимања, акумулација је засута мање од просечне вредности $1.666,67 \text{ m}^3/\text{god}$, док је њен вишегодишњи просек $2.109,14 \text{ m}^3/\text{god}$. Из анализе засипања акумулација наносом, може се констатовати да је за три акумулације снимање извршено пре и после мајских поплава 2014. године, и да је у два случаја констатована појава значајно већег засипања од годишњег просека, док је у једном случају (Дубоки поток) приметно засипање које је испод просека за годишњи ниво засипања. Објашњење треба потражити у чињеници да на сливном подручју акумулације Дубоки поток постоје изведене антиерозионе мере, узводно од акумулације. Три директне притоке које се уливају директно у акумулацију по левој обали су умирене преградама (две класичне преграде од бетона и једна габионска), а читава лева обала уз акумулацију уређена је плетерима. Управо сличне закључке имали су аутори који су обрађивали проблем засипања Грошничке акумулације. Она је саграђена 1938. године, а контролна снимања акумулације рађена су 1950., 1964., и 1982. године. Од 1938., до 1950. године изгубљено је 14,8% од укупне запремине акумулације, са просечним годишњим засипањем 1,16%. На основу тог просека прогнозирано је да би Грошничка акумулација за 30 година била засута 50% (1955). Снимања запремине акумулације, која су урађена 1964. и 1982. Године, показала су да се интензитет засипања умногоме смањено због антиерозионих мера које су примењене у сливу, али и због сталног испуштања воде са наносом кроз темељне испусте приликом наилазка поплавних таласа. То је имало веома повољне ефекте на испирање исталоженог наноса близу преградног профила бране. Сливно подручје Дубоког потока је у великој мери обухваћено ниском вегетацијом која полако преузима примат над обрадивим површинама, тако да је продукција ерозионог материјала последњих година мања у односу на раније године. Ово није случај са сливовима Ресник и Љуково, и то се одразило на количину наноса који се исталожио у периоду поплава, маја 2014. Поређењем интензитета засипања истраживаних акумулација добијају се следећи односи: највише је засута акумулација Дубоки поток са 10,81% од укупне запремине, на коти прелива. Узимајући у обзир да је од формирања акумулације до завршног снимања прошло 24 године, може се констатовати да акумулација није угрожена засипањем у великој мери. Сличан проценат засутости има и акумулација Ресник са 10,82%, али за период експлоатације од 26 година. Акумулација Сот се за 36 година засула за 8,67%. Акумулација Љуково најбоље одолева притиску засипања и за 42 године коришћења, до дана последњег снимања, засута је 6,63%, што је свакако одличан показатељ да је акумулација витална и да се у пуној мери може наставити њена даља експлоатација. Гледано са овог аспекта, део објашњења свакако треба потражити у топографским параметрима сливног подручја. Може се констатовати да се акумулација са најмањим падовима на сливу најмање засипа, док се у случају највећег средњег пада слива и највећег апсолутног пада тока, акумулације највише засипају: случај акумулација Дубоки поток и Ресник. Ове две акумулације су у односу на акумулацију Љуково скоро двоструко млађе, а уједно су скоро двоструко више засуте. Ако се настави ова тенденција засипања у будућности, може се очекивати да ове две акумулације када буду „старе” колико и акумулација Љуково, могу бити преко 20% засуте наносом.

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ (6.)** кандидат констатује да је највећи фактор ризика за функционалност истраживаних акумулација могућност засипања ерозионим и другим материјалом, који доспева са сливног подручја и гравитирајућих површина око самих акумулационих простора. Временски периоди од пуњења акумулација до 2015. године, када је обављено завршно снимање, варирају у дијапазону од 24 до 42 године, када је утврђен средњи годишњи интензитет засипања, који износи: Дубоки поток $i=1.351,07 \text{ m}^3/\text{god}$; Ресник, $i=1.291,76 \text{ m}^3/\text{god}$; Сот, $i=2.109 \text{ m}^3/\text{god}$; Љуково, $i=1.500,00$

m^3/god . Одступања од просечних вредности засипања су могућа, пре свега због појаве екстремних хидролошких епизода, са неуобичајено јаким падавинама, кратког трајања, уз пратећу појаву бујичних поплавних таласа, изражене кинетичке енергије, што доводи до повећаног уноса материјала у акумулационе просторе. На основу снимања и анализе стања сталних попречних профила истраживаних акумулација, утврђене су промене услед доспевања и таложења наноса. Обале су претпеле морфолошке промене у виду обрушавања и подсецања. Смањење запремина истраживаних акумулација, у односу на почетно стање, одвијало се промењивим интензитетом. Запремина акумулације Дубоки поток изгубила је 10,81% од укупне запремине, за период од 24 године. Запремина акумулације Ресник смањила се за 10,82% током периода експлоатације од 26 година. Запремина акумулације Љуково смањила се за 6,63% за период од 42 године, док се запремина акумулације Сот смањила за 8,67% за период од 36 година. Утврђено је да значајну улогу, у односу на количину материјала који се исталожио у акумулацијама, имају: карактеристични нагиби падина у сливовима, начин коришћења земљишта, педолошко-геолошка структура сливова, метеоролошко-климатске карактеристике подручја. Зависност коефицијента отпора земљишта на ерозију Y и коефицијента ерозије Z , показује да је коефицијент отпора земљишта један од кључних фактора, са чврстим корелационим везама у свим сливним подручјима. Зависност коефицијента ерозије Z у односу на падове са свих површина на сливним подручјима истраживаних акумулација, показује релативно слабе везе између променљивих, али када се одвојено корелишу падови са одређених површина и коефицијент ерозије Z , онда се овај закључак мења. Ово индиректно говори да се на истраживаним подручјима не може посматрати само пад терена, већ и начин употребе земљишта на падинама са специфичним нагибима. Тек у оваквом случају види се чврста веза између продукованог наноса, пада терена и начина коришћења земљишта у сливу. Засипање акумулација представља комплексан природни процес, који зависи од бројних фактора у сливу и гравитирајућој хидрографској мрежи. Морфолошки процеси у акумулацијама не могу се посматрати изоловано од услова у сливном подручју, већ се морају истраживати у континуитету, од слива кроз хидрографску мрежу до формираних акумулација. У сливовима акумулација Љуково и Сот, преовлађују стене чијим распадањем настаје врло ситан нанос (прашинасто-глиновитог састава), док у сливу акумулација Ресник и Дубоки поток, преовлађују стене чијим распадањем настаје крупнији нанос. Описане разлике су условиле стварање седимената различитог литолошког и геомеханичког састава. Резултати овог истраживања показују да се овакав модел може користити за праћење дугорочних промена низа параметара унутар сложеног система водотокова и акумулација, као што су нивои слободне површине и протоци воде, кумулативне промене просечних дебљина наносних наслага на дну и транспорт наноса. Потребна су побољшања, како у погледу концептуалних аспеката моделирања интеракције слива и акумулације, тако и у домену формирања репрезентативних база података о интензитету засипања за већи број формираних акумулација у различитим географским условима, у циљу добијања регионалних зависности које доприносе целовитом сагледавању појаве засипања акумулација. Последице, тиме би се на основу јасне представе о доминантним узрочним факторима и самом процесу засипања, створили услови за израду концепта интегралних мера превенције и заштите. Применом одговарајућих мера превенције и заштите смањује се интензитет засипања и продужава функционални век акумулација, чиме се повећава ниво уређености водопривредних система а локалним заједницама обезбеђују различите користи. Такође, неопходна је стална контрола интензитета засипања, на основу мерења, која би требало редовно спроводити сваких 10 година и ванредно, после сваког екстремног хидролошког догађаја, према методологији примењеној у овом раду.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА (7.)**, садржи релевантне и актуелне референце, усмерене на истраживачку проблематику. Кандидат наводи 133 референци, које је користио приликом писања докторске дисертације.

Такође, кандидат је приложио ДМТ моделе за све истраживане акумулције и графичке приказе попречних профила, на којима се виде промене у количини наноса.

VI КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

На основу изнетог, Комисија констатује да су истраживања методски и обимом обављена у складу са пријављеном темом и садржајем, за коју је Веће Научних области Биотехничких наука, Универзитета у Београду дало сагласност (Одлука бр. 61206-43772-15 од 14.10.2015. године).

Дисертација садржи све неопходне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, литературу, биографију и библиографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

На основу детаљне анализе свих поглавља израђене докторске дисертације кандидата Александра Анђелковића, дипл.инж.шум., Комисија закључује да докторска дисертација под насловом: „**Ерозиони и седиментациони процеси на сливним подручјима малих водних акумулација, на подручју града Београда и Фрушке горе**“, представља оригиналан и самосталан научно-истраживачки рад и да резултати, поред научне вредности, имају и практичну применљивост.

Кандидат је систематично проучио литературу везану за предмет истраживања и правилно упоређивао резултате својих истраживања са истраживањима других аутора. За обраду података коришћене су одговарајуће статистичке методе, а резултати истраживања приказани су текстуално, табеларно и графички. Закључци су правилно изведени и произилазе из добијених резултата.

Имајући у виду да се, као услов за одбрану докторске дисертације, поставља објављен рад у часопису међународног значаја, Комисија констатује да је кандидат овај услов испунио. Кандидат је аутор и коаутор 5 радова у часопису међународног значаја, категорије М23:

1. **A. Anđelković**, R. Ristić, M. Janić, V. Đeković, N. Zivanović, V. Spalević 2017.: Genesis of sediments and siltation of the accumulation "Duboki potok" of the Barajevska river basin, Serbia, Journal of Environmental Protection and Ecology, Vol. 18, No 4, p 1735-1745, ISSN 1311-5065 Balkan Environmental Association, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, Greece [LINK](#)

2. Vojislav Đeković, **Aleksandar Anđelković**, Neđo Milošević, Grozdana Gajić, Milorad Janić 2013.: Effect of reservoir on floodwave transformation, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, ISSN: 1842-4090, ISSN online:1844- 489X May 2013, Vol.8, No. 2, p. 107-112, 2013. North University of Baia Mare. [LINK](#)

3. Vojislav Đeković, Neđo Milošević, **Aleksandar Anđelković**, Nevenka Đurović, Duško Vujačić, Goran Barović, Velibor Spalević 2016.: Channel morphology changes in the river Pestan, Serbia, Journal of Environmental Protection and Ecology, Vol. 17, No 3, p 1203-1213, Balkan Environmental Association, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, Greece [LINK](#)

VII ПРЕДЛОГ:

На основу сачињеног извештаја и изнете оцене докторске дисертације, Комисија сматра да је докторска дисертација Александра Анђелковића, дипл.инж.шум., методски успешно обрађена и да третира актуелну материју, на нивоу неопходном за карактер докторског рада.

Полазећи од свих наведених чињеница, **Комисија предлаже** Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Шумарског факултета да докторску дисертацију Александра Анђелковића, под насловом „Ерозиони и седиментациони процеси на сливним подручјима малих водних акумулација, на подручју града Београда и Фрушке горе“ прихвати и омогући кандидату јавну одбрану дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Ратко Ристић, редовни професор
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

др Војислав Ђековић, ред. професор у пензији
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

др Милорад Јанић, редовни професор
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

др Борис Радић, доцент
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

др Славољуб Драгићевић, редовни професор
Универзитета у Београду, Географског факултета

др Велибор Спалевић, доцент
Универзитета у Црној Гори, Филозофског факултета

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.