

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Буда Зиндовића, дипл. грађ. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 414/10-13 од 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Буда Зиндовића, дипл. грађ. инж. под насловом:

**СТРУЈАЊЕ У СТЕПЕНАСТОМ БРЗОТОКУ  
СА ПОСТЕПЕНИМ СМАЊЕЊЕМ ШИРИНЕ КОРИТА**

Наслов на енглеском језику:

**FLOW IN THE GRADUALLY CONVERGING STEPPED SPILLWAY**

Након прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је 18.10.2013. поднео молбу Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Струјање у степенастом брзотоку са постепеним смањењем ширине корита“. Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 414/2 од 28.10.2013. именована је Комисија за пријем теме докторске дисертације у саставу: проф. др Љубодраг Савић, в. проф. Радомир Капор са Грађевинског факултета Универзитета у Београду, и проф. др Никола Младеновић са Машинског факултета Универзитета у Београду. Комисија је поднела позитиван извештај 15.11.2013., који је прихваћен на седници Наставно-научног већа 28.11.2013. (одлука бр. 406/5 од 29.11.2013.). За ментора је именован проф. др Љубодраг Савић. На основу сагласности Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 10.12.2013. године дало је сагласност на предлог теме дисертације кандидата Буда Зиндовића, дипл. грађ. инж. (одлука бр. 61206-5945/2-13). Кандидат је предао завршену дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета 13.12.2017. На седници одржаној 21.12.2017. Наставно-научно веће Грађевинског факултета именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Љубодраг Савић, проф. др Радомир Капор, проф. др Душан Продановић и в. проф. др Ненад Јаћимовић са Грађевинског Факултета Универзитета у Београду, и проф. др Никола Младеновић са Машинског факултета Универзитета у Београду (одлука бр. 414/10-13).

Кандидат Будо Зиндовић, дипл. грађ. инж., уписао је докторске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду школске 2007./2008. године. Током школске 2008./2009., 2013./2014. и 2014./2015., кандидату је одобрено мировање права и обавеза према члану 56 Статута Грађевинског факултета. Одлукама Наставно-научног већа Грађевинског факултета број 414/7-13 од 04.10.2016. и 22/101-2 од 20.09.2017. године, кандидату је одобрено продужење рока за завршетак докторских студија за школску 2016./2017. и 2017./2018., у укупном трајању од две године. Све програмом предвиђене испите на докторским студијама, кандидат је положио са просечном оценом 10.

## 1.2. Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области техничко-технолошких наука. Научна област је Грађевинарство, а уже научне области су Механика флуида и хидраулика, Хидротехничке грађевине и објекти за коју је матичан Грађевински факултет.

Радови који квалификују ментора проф. др Љубодрага Савића за вођење докторске дисертације, публиковани у међународним часописима су:

1. Rosić, N., Kolarević, M., **Savić, Lj.**, Đorđević, D., Kapor, R., 2017, *Numerical modelling of supercritical flow in circular conduit bends using SPH method*, Journal of Hydrodynamics, Ser. B, vol. 29, issue 2, str. 344-352 (M23)
2. Zindovic B., Vojt P., Kapor R., **Savic Lj.**, 2016, *Converging stepped spillway flow*, Journal of Hydraulic Research, vol. 54 br. 6, str. 699-707 (M22)
3. Kolarevic M., **Savic Lj.**, Kapor R., Mladenovic N., 2015, *Supercritical flow in circular conduit bends*, Journal of Hydraulic Research, vol. 53 br. 1, str. 93-100 (M22)
4. Kuzmanovic V., **Savic Lj.**, Mladenovic N., 2013, *Computation of Thermal-Stresses and Contraction Joint Distance of RCC Dams*, Journal of Thermal Stresses, vol. 36 br.2, str. 112-134 (M23)
5. **Savic Lj.**, Kapor R., Kuzmanovic V., Milovanovic B., 2013, *Shaft spillway with deflector downstream of vertical bend*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management vol. 167 br. 5, str. 269-278 (M23)
6. Stevanovic V., Gajic A., **Savic Lj.**, Kuzmanovic V., Arnautovic D., Dasic T., Maslovaric B., Prica S. and Milovanovic B., 2011, *Hydro energy potential of cooling water at the thermal power plant*, Applied Energy, Vol. 88, br. 11, str. 4005–4013. (M21)

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Будо (Радоса) Зиндовић, рођен је 27. септембра 1981. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Београду. Основне студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, уписао је 2000. године. Добитник је стипендије Краљевине Норвешке за остварен успех током студирања. Дипломирао је 2005. године као студент генерације на Одсеку за хидротехнику и водно-еколошко инжењерство са просечном оценом 9.24. Дипломски рад под називом „Моделирање струјања у заливу реке Саве применом модела раванског течења“ из предмета Регулација река, оцењен је највишом оценом и награђен од стране Привредне коморе града Београда. На докторским студијама на

Грађевинском факултету Универзитета у Београду, положио је све програмом предвиђене испите са просечном оценом 10.

На Грађевинском факултету запослен је од 2005. године као асистент на групи предмета Механика нестишљивог флуида и хидраулика и учествује у настави на основним и на мастер академским студијама. Учествовао је у изради документације и у реализацији међународних академских специјалистичких студија из области вода и еколошког инжењерства: EDUCATE! – Water Resources and Environmental Management, које су одржане заједно са универзитетима у Атини, Љубљани и Букурешту. У оквиру ових студија био је ангажован на предметима „Stormwater Management“, „Integrated Flood Risk Assessment“ и „Integrated Water Resource Management“. Сарађивао је и у припреми књига: „Хидраулика“ проф. Радомира Капора (прво издање 2007. године, друго издање 2011. године и треће издање 2015. године) и „Механика флуида – књига трећа – Додатна поглавља“ проф. Георгија Хајдина (издање 2009. год.).

Члан је Српског друштва за хидрауличка истраживања (СДХИ) и Међународног друштва за хидро-еколошка истраживања (IAHR).

Ожењен је и отац је једног детета. Говори, чита и пише на српском и на енглеском језику.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Струјање у степенастом брзотоку са постепеним смањењем ширине корита“ садржи укупно 163 стране од тога су 103 стране основног текста. Дисертација је написана је на српском језику и садржи 5 поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Физички модели степенстих брзотока са постепеним сужењем корита
4. Нумеричко моделирање струјања на степенастом брзотоку са постепеним сужењем
5. Закључци и препоруке за даља истраживања

Дисертација садржи и резиме (на српском и на енглеском језику), списак коришћене литературе, графичке и табеларне прилоге као и биографију кандидата. Дисертација садржи 99 слика и 11 табела, а у списку литературе налази се 176 наслова. Дисертација садржи и 3 прилога.

Дисертација је технички обликована према упутствима Универзитета у Београду, објављених у Гласнику Универзитета у Београду од 24.05.2016. године, као и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије дисертације. На крају дисертације, приложени су и обавезни обрасци: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије, и изјава о коришћењу.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првој, уводној глави објашњен је значај степенстих брзотока као и позитивни ефекти који се могу остварити постепеним сужењем корита. У наставку поглавља, постављен је циљ истраживања, дефинисани су задаци истраживања и хипотезе, и приказана је структура дисертације.

Друга глава дисертације садржи преглед литературе и подељена је у шест поглавља:

- 1) *Степенсти брзотоци*. У овом поглављу дате су основне информације о режимима струјања на степенстим брзоточима и поступцима за њихову процену, дате је опис појаве аерације на

брзотоцима, њеном значају и утицају на хидрауличке параметре струјања (пре свега на преосталу енергију).

2) *Конвергентни брзотоци*. У овом поглављу дат је преглед важних хидрауличких карактеристика струјања на глатким брзотоцима са постепеним сужењем корита, пре свега појаве стојећих таласа. У наставку дат је приказ резултата истраживања на степенастим брзотоцима са постепеним сужењем корита. Указано да су, углавном, била усредсређена на процену висине разделних зидова и да аерацији тока на хидрауличким моделима није посвећена неопходна пажња.

3) *Мерење хидрауличких величина у вишефазним токовима*. У овој поглављу дат је преглед инвазивних и неинвазивних поступака за мерење у вишефазним токовима, указано је на њихове предности и недостатке и дато је оправдање за примену сензора електропроводности на аерисане токове на хидрауличким моделима на степенастим брзотоцима. Затим је дат преглед поступака који се могу применити за идентификацију фазе која је у контакту са сензором, као и за процену хидрауличких величина, пре свега концентрациј р ваздуха, брзинр течења мешавине, интензитета турбуленције и мере дисипације турбулентне кинетичке енергије.

4) *Нумеричко моделирање течења на степенастим брзотоцима*. У овом поглављу дат је преглед поступака за нумеричко моделирање вишефазних струјања и нумеричких модела турбуленције. У наставку, дат је преглед постојећих истраживања на степенастим брзотоцима помоћу нумеричких модела, указано на коришћене и препоручене комбинације модела вишефазних струјања и модела турбуленције.

5) *Недостаци претходних истраживања*. У овом поглављу описане су главне непознанице у моделирању струјања на стрмим степенастим брзотоцима са постепеним сужењем корита, проистекле прегледом постојеће литературе.

6) *Циљ и задаци истраживања*. У овом поглављу јасно је дефинисан циљ истраживања, проистекао недостацима претходних истраживања. У наставку, дат је детаљан преглед задатака и уведене су полазне хипотезе истраживања.

У трећој глави дисертације, приказани су резултати истраживања на физичким моделима степенастих брзотока са постепеним сужењем корита. У првој поглављу, дат је опис физичких модела са приказом услова при којима су спроведена мерења. У другом поглављу, описане су методе и процењена неизвесност мерења хидрауличких величина. У трећем поглављу приказан је поступак обраде података са сензора проводљивости, пре свега идентификација фазе у контакту са сензором, и процене хидрауличких величина: концентрације ваздуха, интензитета и угла вектора брзине течења мешавине, преостале енергије и турбулентних карактеристика флуидне струје. У четвртој поглављу, приказани су резултати мерења на два физичка модела, предложене су емпиријске зависности за процену преостале енергије флуидне струје, приказани су резултати промене аерационих способности брзотока услед сужења корита и илустрована је примена поступка за процену нагиба линије енергетске коте. У петом поглављу, дат је критички осврт на резултате физичких модела.

У четвртој глави дисертације, приказани су резултати истраживања применом нумеричког модела. У првом поглављу, дате су основне једначине модела вишефазног струјања, једначине *realizable k-ε* модела турбуленције, приказана рачунска мрежа, и задати гранични услови и параметри вишефазног модела. У другом поглављу, приказани су резултати нумеричког модела и дато је њихово поређење са резултатима физичког модела. У трећем поглављу, дат је критички осврт на резултате нумеричког модела.

У петој глави, дата је синтеза закључака резултата треће и четврте главе, и осврт на испуњеност постављених задатака истраживања. На крају главе, дате су препоруке за будућа истраживања на степенастим брзотоцима са постепеним сужењем корита.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Степенасти брзотоци често се примњују у последњих двадесет година захваљујући доброј дисипацији енергије и нижој цени изградње у односу на класичне брзотоке са глатким дном. Ефикасност дисипације енергије дуж степенастог брзотока зависи од дубине тока; при истом протоку, код ширег брзотока је мања преостала енергија на низводном крају, односно на улазу у умирујући базен. Већу ширину брзотока обично је лако обезбедити у вишим деловима зонама бране, чиме се добија мања висина бране. У нижим деловима, због облика долине, велика ширина брзотока може увећати обим земљаних радова и тиме додатно увећати трошкове па је корисно да брзоток на низводном крају буде што ужи. Ова два супротна захтева могу се помирити уколико се ширина брзотока смањује у низводном смеру.

Досадашња истраживања степенстих брзотока са постепеним сужењем корита углавном су се бавила благо нагнутих степенстим брзотокима, какви се срећу при ојачавању насипа. У том смислу, истраживања у оквиру ове дисертације су важан искорак јер су приказани резултати мерења на стрмим степенстим брзотокима какви до сада нису објављени у литератури. До сада публиковани резултати, углавном су обухватили распоред дубина воде дуж зидова брзотока а у дисертацији је показано да се постојећим зависностима, развијеним за благо нагнуте брзотоке, не може са задовољавајућом тачношћу проценити распоред дубина. У дисертацији је показан утицај сужења канала на дисипационе и на аерационе карактеристике брзотока, што до сада није приказано у публикованим чланцима. У докторској дисертацији је приказан и развијени поступак за процену нагиба линије преостале енергетске коте мерењем хидродинамичких карактеристика вишефазног тока.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру ове дисертације, цитирано је укупно 176 библиографских јединица. Највећи број референци је новијег датума: 127 референци публиковано је након 2000. године од чега је 69 између 2010. и 2017. године. Кроз преглед литературе, кандидат је обухватио најважније истраживаче и публикације у области степенстих брзотока (*R. M. Boes, H. Chanson, S. Felder, C. Gonzalez, W. H. Hager, L. Toombes*). Већину референци чине истраживања публикована у врхунским међународним часописима, пре свега *Journal of Hydraulic Engineering* и *Journal of Hydraulic Research*, затим *Environmental Fluid Mechanics*, *Review of Scientific Instruments*, *International Journal of Multiphase Flow*, *AICHE Journal* и *Journal of Environmental Engineering*.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживања у оквиру ове дисертације, спроведена су мерења на два физичка модела степенстих брзотока са постепеним сужењем корита. Поред стандардних поступака мерења, у које се могу сврстати мерење протока и дубина, коришћени су и нестандартни поступци мерења у вишефазном току који су захтевали извесна унапређења од стране кандидата и сарадника. Обраду података и приказ резултата мерења, кандидат је самостално спровео развијајући неопходне алате у програмским језицима Matlab и Python.

У обради и анализи обимних резултата мерења, кандидат је користио статистичке методе. За процену брзине струјања, примењен је поступак унакрсне корелације сигнала са три сензора проводљивости. Додатно, кандидат је спровео и анализу осетљивости мерења концентрације ваздуха и интензитета брзине мешавине на промену фреквенције и трајања узорковања формирањем емпиријских расподела.

За нумеричко моделирање вишефазног струјања, кандидат је применио метод коначних запремина имплементиран у програмском пакету Ansys Fluent. Као модел вишефазног струјања, кандидат је користио Ојлер-Ојлер приступ и симулирао струјање воде и ваздуха. За процену применљивости рачунских модела на струјање у степенастом брзотоку, кандидат је поредио резултате нумеричких симулација са мерењима на физичком моделу. За приказ података, кандидат је користио сопствене алате развијене у програмском језику Python.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

У последњих десетак година, степенести брзотоци су постали најзаступљенији објекти за дисипацију енергије преливене воде код бетонских гравитационих брана. Веома често, њихове повољне техно-економске особине, могу се додатно побољшати уколико се ширина брзотока постепено смањује у низводном смеру. Приказани резултати мерења на физичким моделима дају одличан увид у дисипационе и аерационе карактеристике степенстих брзотока са сужавањем корита, чиме се битно употпуњују сазнања везана за призматичне степенсте брзотоке. Прорачунски поступци развијени и приказани у раду, пружају пројектантима драгоцен и поуздан алат за димензионисање и обликовање ових објеката, поготову у раним фазама пројектовања када се, по правилу, не примењују физичка хидрауличка испитивања.

#### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације, кандидат је изучио и критички анализирао постојећу литературу, спровео експериментална истраживања на физичким моделима, обрадио велику количину експерименталних података и овладао техником нумеричког моделирања вишефазних токова на степенастим брзотоцима. Испољене способности током израде ове дисертације показују да кандидат Будо Зиндовић поседује квалитете потребне за самостални научни рад. Кандидат је савладао стандардне научне методе, развио критичку мисао која је потребна при анализи резултата и извођењу закључака, и уз то показао оригиналност у решавању анализираних проблема из одговарајуће научне области.

### **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

#### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Дисертација Буда Зиндовића бави се актуелном темом струјања у степенастом брзотоку са постепеним сужењем корита и даје вредан допринос разумевању утицаја сужења канала на струјно поље у њему. У току израде дисертације, предложене су допуне два стандардна SPH рачунска модела и анализирана је осетљивост промене вредности различитих параметара модела на резултате нумеричких прорачуна. На основу приказаних резултата у дисертацији, могу се издвојити следећи научни доприноси:

- Кандидат је систематизовао досадашња знања о степенастим брзотоцима, методама мерења у аерисаним токовима и обраде сигнала, и поступцима за нумеричко моделирање двофазних токова.
- Кандидат је показао утицај постепеног сужења корита степенастог брзотока на дисипацију енергије и аерациону способност објекта.

- Показано је да се мерењем у аерисаном току може проценити нагиб линије преостале енергетске коте као и угао вектора брзине мешавине.
- Резултати мерења на физичким моделима могу послужити другим истраживачима за проверу резултата нумеричких симулација струјања воде и ваздуха.
- Препоруке за даљи развој и унапређење нумеричких модела, како би се добили што поузданији резултати за инжењерску примену.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У прегледу литературе, јасно и свеобухватно је приказан предмет истраживања. Допринос дисертације се огледа и у синтези података о методама за мерење у вишефазним токовима, њиховим предностима и недостацима. Пошто је област нумеричког моделирања вишефазних токова изузетно обимна и комплексна, у дисертацији није дат свеобухватан преглед свих рачунских метода, већ само оних које су значајне за разматрану проблематику.

Процена дисипационих и аерационих способности брзотока са постепеним сужењем корита, спроведена је на физичким моделима исправним избором одговарајућих физичких величина. Ови резултати су недвосмислено показали да се сужењем смањује дисипациона и аерациона способност корита, у поређењу са призматичним брзотоком.

У овој дисертацији развијен је оригиналан поступак за процену нагибе линије енергетске коте у турбулентном аерисаном току степенастог брзотока са постепеним сужењем корита. Такође, показано је да је могуће проценити правац вектора брзине мешавине помоћу сонде са три сензора проводљивости.

Препоруке за даљи рад добро усмеравају будуће истраживаче у правцу употпуњавања добијених сазанања из ове дисертације.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

У оквиру овог истраживања кандидату је прихваћен један чланак у часопису са SCI листе, као и чланци у часописима од националног значаја и на међународним и националним научним скуповима:

##### Категорија M22:

**Zindovic B., Vojt P., Kapor R., Savic Lj.** (2016) Converging stepped spillway flow. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 54, number 6, pp. 699-707, doi: 10.1080/00221686.2016.1196754 (IF<sub>2011-2016</sub>=1.808) (ISSN 0022-1686).

##### Категорија M24:

**Zindovic B., Savic Lj., Kapor R., Mladenovic N.** (2014) Stepped Spillway Flow – Comparison of Numerical and Scale Models. *FME Transactions*, vol. 42, pp. 218-223. doi: 10.5937/fmet1403218Z (ISSN 1451-2092).

#### Категорија М33:

**Zindović B.**, Vojt P., Kapor R., Savić Lj. (2015) Scale and numerical modelling of the converging stepped spillway flow. *In Proceedings of the 7th IWA Eastern European Young Water Professional Conference*, Belgrade, Serbia.

Ljubičić R., **Zindović B.**, Milovanović B., Kapor R., Savić Lj. (2015) Hydraulic computation of converging stepped-chute stilling basin. *In: Proceedings of the International Conference "Contemporary Achievements in Civil Engineering"*. doi: 10.14415/konferencijaGFS 2016.069

Starinac D., Vojt P., Damnjanović M., Žugić D., Savić Lj., Kapor R., **Zindović B.** (2014) Scale Modelling of the RCC Dam with Stepped Spillway. *In Proceedings of the International Conference "Contemporary Achievements in Civil Engineering"*. doi: 10.14415/konferencijaGFS2014.079

Starinac D., **Zindović B.**, Vojt P., Savić Lj., Kapor R. (2014) Air Concentration Distribution on Stepped Spillway. *In Proceedings of the International Conference "Contemporary Achievements in Civil Engineering"*. doi: 10.14415/konferencijaGFS2014.080

**Zindović B.**, Savić Lj., Kapor R., Mladenović N. (2013) Comparison of numerical and scale models of stepped spillway flow. *In: Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics*.

#### Категорија М51:

Ljubičić R., **Zindović B.**, Milovanović B., Kapor R., Savić Lj. (2016) Metodologija proračuna spregnutih dubina kod umirujućih bazena neprizmatičnih stepenastih brzotoka. *Vodoprivreda*. 48 (279-281), pp.87-94. (ISSN: 0350-0519)

Starinac D., Vojt P., Damnjanović M., Žugić D., Kapor R., Savić, Lj., **Zindović B.**, Đajić P. (2015) Scale Modeling of Beni Slimane Dam. *Water Research and Management*. 5 (1), pp. 9-21.

Starinac D., Vojt P., Damnjanović M., Žugić D., Savić, Lj., Kapor R., **Zindović B.**, Glišić R., (2014) Scale Modeling of the Bouzina Dam Flood Mitigation Structures. *Water Research and Management*. 4 (1), pp.31-42.

Kapor R., Savić, Lj., **Zindović B.**, Žugić D., Starinac D., Vojt P., (2014) Hidraulička analiza strujanja na stepenastom brzotoku. *Građevinski kalendar*. 46 (1), pp.72-127.

#### Категорија М63:

Milovanović B., **Zindović B.**, Vojt P., Kapor R., Kuzmanović V., Savić, Lj. (2015) Zavisnost hidrodinamičkih pritisaka u slapištu od suženja stepenastog brzotoka. *Zbornik radova sa 17. naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH)*.

Vojt P., **Zindović B.**, Prodanović D. (2015) Merenje hidrauličkih veličina u dvofaznom fluidu. *Zbornik radova sa 17. naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH)*.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији под насловом „Струјање у stepenastom brzotoku са постепеним смањењем ширине корита” анализиран је, утицај сужења brzotoka на струјно поље у њему помоћу физичких и нумеричких модела. Примењене су напредне технике мерења и обраде података мерења у вишефазним токовима којима се стиче бољи увид у распоред концентрације ваздуха, брзине течења мешавине и распореда коте преостале енергије у попречном пресеку stepenastog brzotoka са постепеним сужењем



корита. Методологија приказана у овој дисертацији, обogaћена поступцима за процену нагиба линије преостале енергетске коте и угла вектора брзине мешавине, представља вредан допринос у области механике флуида и хидраулике хидротехничких објеката. Осим наведеног, ова дисертација представља и веома добру основу за будућа истраживања у овој области.

Комисија сматра да урађена докторска дисертација кандидата Буда Зиндовића, дипл. грађ. инж. у потпуности испуњава све захтеване критеријуме и да је кандидат испољио способност за самосталан научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

Имајући у виду све што је речено у вези са актуелношћу теме и резултатима до којих је кандидат дошао у свом раду, констатујемо да ова дисертација представља вредан научни допринос у области механике флуида и хидраулике, и хидраулике хидротехничких објеката. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације кандидата Буда Зиндовића, дипл. грађ. инж., и да, сходно томе, упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности са јавну одбрану дисертације.

У Београду, 25.12.2017. године

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

-----  
Проф. др Љубодраг Савић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

-----  
Проф. др Радомир Капор, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

-----  
Проф. др Душан Продановић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

-----  
В. проф. др Ненад Јаћимовић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

-----  
Проф. др Никола Младеновић, дипл. маш. инж.  
Универзитет у Београду, Машински факултет