

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Бојана Миловановића, дипл. грађ. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 131/9-12 од 14. 6. 2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Бојана Миловановића, дипл. грађ. инж. под насловом:

**ХИДРОДИНАМИЧКИ УТИЦАЈИ НА ЕВАКУАЦИОНЕ ОБЈЕКТЕ**  
**ХИДРОТЕХНИЧКИХ ГРАЂЕВИНА**

Наслов на енглеском језику:

**HYDRODYNAMIC LOADS ON THE EVACUATION FACILITIES**  
**OF HYDRAULIC STRUCTURES**

Након прегледа достављене дисертације, Комисија је сачинила следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је 24. 4. 2012. године поднео молбу Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Хидродинамички утицаји код евакуационих грађевина“. Одлуком Наставно-научног већа број 131/3 од 28. 5. 2012 именована је Комисија за пријем теме докторске дисертације у саставу: проф. др Никола Младеновић, са Машинског факултета Универзитета у Београду, в. проф. др Љубодраг Савић, доц. др Владан Кузмановић са Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Комисија је предложила измену наслова теме у: „Хидродинамички утицаји на евакуационе органе хидротехничких грађевина“ и поднела позитиван извештај 30. 5. 2012. године. Извештај је прихваћен на седници Наставно-научног већа од 5. 7. 2012. (одлука бр. 131/6 од 5. 7. 2012.). За ментора је именован доц. др Владан Кузмановић. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 9. 12. 2012. године дало је сагласност на предлог теме дисертације кандидата мр Бојана Миловановића, дипл. грађ. инж. (одлука бр. 06-19993/28-12). Кандидат је предао завршену дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета 8. 6. 2018. године. На седници одржаној 14. 6. 2018. Наставно-научно веће Грађевинског факултета именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Владан Кузмановић, проф. др Љубодраг Савић са Грађевинског Факултета Универзитета у Београду и проф. др Никола Младеновић са Машинског факултета Универзитета у Београду (одлука бр. 131/9-12).

## 1.2. Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области техничко-технолошких наука. Научна област је Грађевинарство, а ужа научна области је Хидротехничке грађевине и објекти, за коју је матичан Грађевински факултет.

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

1. **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)
2. 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)
3. 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)
4. **Kuzmanovic V.**, Savic Lj., Stefanakos J., 2010, *Long-term thermal 2D and 3D analysis of RCC dams, supported by monitoring verification*, Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 37 br. 4, str. 600-610 (M23)
5. Savic Lj., **Kuzmanovic V.**, Milovanovic B., 2010, *Ski jump design*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management, vol. 163 br. 10, str. 523-527 (M23)

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Бојан (Драгољуб) Миловановић је рођен је 2. 6. 1970. године у Параћину. По националности је Србин. Основну и средњу школу математичко-техничког смера завршио је са одличним успехом. За постигнуте резултате награђен је дипломом "Никола Тесла".

Студије на Грађевинском факултету у Београду започео је школске 1994/95 године. Дипломирао је фебруара 2000. године на Одсеку за конструкције, са просечном оценом у току студија 8,69 и оценом 10 за дипломски рад на тему: Бетонска Гравитациона брана "Градац" – статички и динамички прорачун.

Одбранио је магистарску тезу на Грађевинском факултету у Београду 13. 7. 2011. године под насловом "Напони затезања на узводном зубу гравитационе бетонске бране".

Од 1. 3. 2000. године запослен је на Грађевинском факултету као инжењер сарадник. Дана 12. 6. 2000. године изабран је за асистента приправника на предметима Хидротехничке конструкције и Хидротехничке грађевине.

Кандидат поседује знање француског језика.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Хидродинамички утицаји на евакуационе органе хидротехничких грађевина“ садржи укупно 178 страна, од чега су 144 стране основног текста. Дисертација је написана на српском језику и садржи 6 поглавља:

1. Увод
2. Опис проблема
3. Претходна истраживања
4. Моделска испитивања
5. Регресиона анализа
6. Закључци

Дисертација садржи и резиме (на српском и на енглеском језику), списак коришћене литературе, графичке и табеларне прилоге, као и биографију кандидата. Дисертација садржи 172 слике и 19 табела, а у списку литературе налази се 20 наслова.

Дисертација је технички обликована према упутствима Универзитета у Београду, објављеним у Гласнику Универзитета у Београду од 24. 5. 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 Уводу је дат преглед хидродинамичких оптерећења и објашњен је њихов значај за евакуационе органе хидротехничких грађевина. У наставку поглавља, постављен је циљ истраживања, дефинисани су задаци истраживања и приказана је структура дисертације.

Друга поглавље дисертације садржи преглед различитих типова евакуационих грађевина, приказане су њихове предности и мане и описани најчешћи проблеми који се могу појавити услед деловања хидродинамичких оптерећења на њих.

У трећем поглављу приказани су најзначајнији радови у којима је разматрано деловање хидродинамичког оптерећења на конструктивне елементе умирујућих базена. Дат је преглед досадашњих истраживања, као и њихови најзначајнији резултати и закључци.

Четврта глава дисертације, даје опис и резултате спроведених истраживања на физичким моделима умирујућих базена иза степенстих брзотока са постепеним сужењем корита. У првом делу, дат је опис физичких модела са приказом услова при којима су спроведена мерења. У другом делу, приказана је мерна опрема, описане су методе и процењена неизвесност тачности мерења хидрауличких величина. У трећем делу приказан је поступак обраде мерних података. Четврти део садржи приказ резултата мерења на оба физичка модела и анализу резултата изведених експеримената. Приказано је поређење добијених резултата на

различитим физичким моделима, анализирane су уочене сличности и разлике и дати одговарајући коментари.

У петом поглављу је извршена регресиона анализа резултата мерења на физичким моделима и дати су емпиријски изрази за процену хидродинамичких утицаја на конструктивне елементе умирујућих базена. Приказане су границе вредности параметара у оквиру којих је спроведена регресиона анализа и за које су добијени изрази одговарајући. Такође, дат је критички осврт на применљивост регресионих израза и ван предвиђене границе вредности параметара.

У последње поглављу, дати су закључци и препоруке за будућа истраживања на умирујућим базенима иза степенастих брзотка.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

У последњих двадесет година, степенasti брзотоци се веома често примењују код гравитационих бетонских брана, 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, преостала енергија на низводном крају широког брзотока (тј., на улазу у умирујући базен) значајно је мања у односу на ужи брзоток. Велику ширину брзотока обично је лако обезбедити у вишим зонама бране, док у нижим зонама, облик долине обично намеће уже корито брзотока (велика ширина корита може драстично увећати обим земљаних радова). Ова два супротна захтева могу се помирити уколико се ширина брзотока смањује у низводном смеру.

До сада нису проучавана динамичка оптерећења у умирујућим базенима степенастих брзотока са постепеним сужењем корита. У том смислу, истраживања у оквиру ове дисертације су важан искорак, јер су по први пут приказани и анализирани резултати мерења за различите физичке и хидрауличке параметре брзотока и умирујућег базена. До сада публиковани радови нису узимали у обзир специфичности долазног млаза у умирујући базен. У овој дисертацији први пут су систематски проучени хидродинамички утицаји на зидове умирујућих базена и предложени изрази за њихову процену. У дисертацији је показан утицај сужења брзотока на расподелу пулзационих притисака на плоче дна умирујућег базена, што до сада није приказано у публикованим чланцима. У докторској дисертацији је развијен и нови поступак за процену утицаја од пулзација притиска на дно и зидове умирујућег базена.

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

У оквиру ове дисертације, цитирано је укупно 20 библиографских јединица. Овако мали број је последица веома слабе заступљености интердисциплинарног проблема (хидраулика и статика конструкција) у доступној литератури и публикацијама. Око половине референци је везано за радове професора Георгија Хајдина и тима истраживача око њега, који је у области хидродинамичких утицаја био међу најзаступљенијим и најцитиранијим ауторима на међународном плану. Други део референци представља најзначајније међу малобројним

радовима у области хидродинамичких оптерећења који су публиковани последњих година у свету.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У истраживањима у оквиру ове дисертације, спроведена су мерења на два физичка модела умирујућих базена иза степенстих брзотока са постепеним сужењем корита. Коришћени су стандардни поступци мерења протока, дубина и притисака. Обраду података и приказ резултата мерења, кандидат је спровео самостално развијајући оригиналну методу, независну од претпоставке расподеле мерних резултата. При томе самостално је развио и све неопходне алате.

У обради и анализи обимних резултата мерења, кандидат је користио статистичке методе. За добијање утицаја од пулзација притиска, примењен је поступак директне анализе података и упоређен са раније коришћеним поступком корелационих коефицијената, уз претпоставку нормалне расподеле мерних података. За анализу резултата мерења у фреквентном домену коришћен је поступак индуковања низа утицаја и њихова Фуријеова трансформација.

За регресиону анализу и приказ података, кандидат је користио сопствене алате развијене у оквиру програма Excel и одговарајућег VBA окружења.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

У последњих двадесет година, степенсти 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 одличну слику утицаја у умирујућем базену, зависно од карактеристика степенстих брзотока са сужавањем корита, како физичких (димензије) тако и хидрауличких (течење). На тај начин се битно употпуњују сазнања везана за умирујуће базене иза степенстих брзотока. Емпиријски изрази за хидродинамичке утицаје развијени и приказани у дисертацији, 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 оскудну постојећу литературу, спровео експериментална истраживања на физичким моделима, обрадио велику количину експерименталних података и овладао техником статистичког моделирања хидродинамичких утицаја у умирујућем базену. Испољене способности током израде ове дисертације показују да кандидат мр Бојан Миловановић поседује квалитете потребне за самостални научни рад. Кандидат је савладао стандардне научне методе, развио је критичку мисао која је потребна при анализи резултата и извођењу закључака и показао оригиналност у решавању анализираних проблема из одговарајуће научне области.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Дисертација мр Бојана Миловановића бави се актуелном темом хидродинамичких утицаја у умирујућим базенима иза степенстих брзотока са постепеним сужењем корита и даје вредан допринос разумевању утицаја сужења канала на расподелу притисака у базену. У току израде дисертације, предложене су модификације стандардних модела за добијање утицаја од пулзационих притисака и њихову расподелу у фреквентном домену, које омогућују директу анализу, без претпоставки о њиховој расподели. На основу приказаних резултата у дисертацији, могу се издвојити следећи научни доприноси:

- Приказана је зависност хидродинамичких утицаја (силе и моменте) у умирујућим базенима од физичких и хидрауличких карактеристика степенстих брзотока.
- Показан је утицај постепеног сужења корита степенстог брзотока на прерасподелу пулзационих притисака у умирујућим базенима.
- Показано је да утицаји на дно и зидове умирујућег базена иза степенстих брзотока, превасходно зависе од физичких карактеристика брзотока (степен сужења и величина степеника) и низводног хидрауличког услова у базену (потопљеност хидрауличког скока).
- Дати су емпиријски изрази за процену вертикалне силе од средњих притисака и пулзација на плоче умирујућег базена.
- По први пут су дати емпиријски изрази за процену меродавних утицаја у уклештењу зидова умирујућег базена.
- Показано је да потапање хидрауличког скока у умирујућем базену иза степенстих брзотока смањује опасност од вибрација и кавитационе ерозије.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Процена хидродинамичких утицаја у умирујућим базенима иза степенстих брзотока са постепеним сужењем корита, спроведена је на физичким моделима исправним избором одговарајућих физичких величина. Ови резултати су недвосмислено показали да се сужењем брзотока изазива значајна прерасподела пулзационих притисака у умирујућем базену.

У овој дисертацији развијен је оригиналан поступак за процену вертикалне силе на плоче у дну умирујућег базена и меродавне утицаје (силе и моменте) у уклештењу зида умирујућег базена, услед хидродинамичког оптерећења.

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 кандидат је објавио један рад у часопису са SCI листе, као и више радова у часописима од националног значаја и на међународним и националним научним скуповима:

##### Категорија М23:

Savic Lj., Kuzmanovic V., **Milovanovic B.**, (2010), *Ski jump design*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management, vol. 163 br. 10, str. 523-527

##### Категорија М33:

Дамњановић М., **Миловановић Б.**, Војт П., Капор Р., Кузмановић В., Савић Јб. (2014) *Утицаји нивоа доње воде на хидродинамичке притиске у слапишту*. 2. Међународна конференција "Савремена достигнућа у грађевинарству". doi: :10.14415/konferencijaGFS 2014.096

**Миловановић Б.**, Зиндовић Б., Стојнић И., Војт П., Капор Р., Савић Јб., Кузмановић В. (2015) *Зависност хидродинамичког оптерећења слапишта од протока и нивоа доње воде*. 3. Међународна конференција "Савремена достигнућа у грађевинарству". doi: :10.14415/konferencijaGFS 2015.067

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

Јосиповић Ј., **Миловановић Б.**, Кузмановић В., Капор Р., Савић Јб., Зиндовић Б. (2016) *Анализа учесталости и трајања узорковања хидродинамичког оптерећења на физичком моделу*. 4. Међународна конференција "Савремена достигнућа у грађевинарству". doi: 10.14415/konferencijaGFS 2016.071

**Milovanovic B.**, Muganda A.I., V. Kuzmanovic, Lj. Savic (2017) Seismic Hydrodynamic Load Analysis. Proceedings of 17th International Symposium of MASE., pp.446-453.

##### 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)

**Миловановић Б.**, Муганда А. И., В. Кузмановић, Јб. Савић (2017) Прорачун сеизмичких хидродинамичких оптерећења. *Водопривреда*.

##### 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)*.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији под насловом „Хидродинамички утицаји на евакуационе органе хидротехничких грађевина” анализиран је утицај протока, висине степеника, сужења брзотока и потопљености хидрауличког скока на хидродинамичке утицаје у умирујућем базену. Примењене су напредне технике мерења и обраде података, којима се омогућава поуздана процена расподеле хидродинамичког оптерећења, као и одговарајућих утицаја (силе и моменте) на конструктивне елементе умирујућих базена. Методологија приказана у овој дисертацији, обogaћена поступцима за процену меродавних утицаја за димензионисање елемената умирујућег базена, представља вредан допринос у области 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 мр Бојана Миловановића, 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 дисертација „Хидродинамички утицаји на евакуационе органе хидротехничких грађевина” представља вредан научни допринос у области хидротехничких грађевина и објеката. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације кандидата мр Бојана Миловановића, дипл. грађ. инж. и да упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану дисертације.

У Београду, 20. 6. 2018. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
проф. др Владан Кузмановић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

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

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