

**РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ХИДРОГЕОЛОГИЈУ**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ  
БЕОГРАД, БУДИНА 7

ПРИЈАВНО:			
Свр. ред.	Број	Прилог	Својом
	1/30		

На 06/16-ој седници Департмана за хидрогеологију одржаној дана 09.06.2016. године једногласно је донета

**О Д Л У К А**

да се предложи Већу Геолошког одсека да усвоји Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата, мр Предрага Пајића, дипл. инж. геологије, под називом

**“ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА УСПОРА ХЕ „ЂЕРДАП 1“ НА ФОРМИРАЊЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У ПРИОБАЉУ ДУНАВА“**

Комисија је у следећем саставу:

*др Душан Полоччић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду*  
*др Веселин Драгишић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета у Београду*  
*др Ненад Јаћимовић, доцент Грађевинског факултета у Београду*  
*др Стеван Прохаска, научни саветник Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду*

*Шеф Департмана за хидрогеологију*

  
*проф. др Петар Докмановић*

## НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Предрага Р. Пајића**

Одлуком 1/250 бр. од 20.05.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Предрага Р. Пајића, дипл. инг. геологије, под насловом

### **„ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА УСПОРА ХЕ „БЕРДАП 1“ НА ФОРМИРАЊЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У ПРИОБАЉУ ДУНАВА“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и консултација са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- мр Предраг Пајић је завршио магистарске студије на Рударско - геолошком факултету у Београду, одсек геологија (смер: хидрогеологија, област: заштита од подземних вода) на тему „Утицај успора ХЕ „Бердап 1“ на појаву штета услед високих нивоа подземних вода на подручју Великоселског рита“. Ментор на изради магистарске тезе био је проф. др. Душан Полоччић, а чланови комисије проф. др. Веселин Драгишић и проф. др. Стеван Прохаска (председник Научног већа „Института за водопривреду „Јарослав Черни“). Магистарска теза одбрањена је априла 2012.год., чиме је стекао академско звање магистар техничких наука у области геологије - заштита од подземних вода.
- мр Предраг Пајић уписао је школске 2012/2013. године докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету на студијском програму Хидрогеологија.
- У 2014. год. израдом Пројекта докторске дисертације и јавном одбраном истог, дефинисане су научна методологија и предметна област истраживања, што је омогућило постављање основне структуре докторске дисертације.
- Дана 07.12.2014. год. докторанд је поднео званични предлог теме за израду докторске дисертације.
- Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета од 18.12.2014. год. (бр. 1/376) именована је четворочлана Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације у саставу: др Душан Полоччић, ред. проф. (ментор, Универзитет у Београду: Рударско-геолошки факултет), др Веселин Драгишић, ред. проф. (Универзитет у Београду: Рударско-

геолошки факултет), др Ненад Јаћимовић, доц. (Универзитет у Београду, Грађевински факултет и др Стеван Прохаска, ван. проф. (научни саветник и председник Научног већа Института за водопривреду „Јарослав Черни“ из Београда).

- Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 26.12.2015. год. (Одлука бр 1/61), сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације. Према овој одлуци, докторанду се одобрава израда докторске дисертације под насловом: „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ а за ментора се именује др Душан Поломчић, ред. проф. (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет).
- На основу члана 32 Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању (Службени гласник РС, бр. 44/10), члана 47. став 5. тачка. 3. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду”, број 162/11- пречишћени текст, 167/12 и 172/13) и чл. 14. - 21. Правилника о већима научних области на Универзитету у Београду (“Гласник Универзитета у Београду”, број 134/07, 150/09, 158/11, 164/11 и 165/11), а на захтев Рударско геолошког факултета, број: 1/63 од 03.03.2015. године, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 06.04.2015. године, донело је одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације мр Предрага Пајића под називом: „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“.
- У мају 2016. год. докторанд је поднео захтев за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета.
- На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 117. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 26. Правилника о студирању на докторским студијама и стицању звања доктора наука, Наставно-научно вече Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 20.05.2016. год. донело је Одлуку (бр. 1/250) о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације мр Предрага Пајића, дипл. инж. геологије, под насловом „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ у саставу: др Душан Поломчић, ред. проф. (ментор, Универзитет у Београду: Рударско-геолошки факултет), др Веселин Драгишић, ред. проф. (Универзитет у Београду: Рударско-геолошки факултет), др Ненад Јаћимовић, доц. (Универзитет у Београду, Грађевински факултет и др Стеван Прохаска, ван. проф. (научни саветник и председник Научног већа Института за водопривреду „Јарослав Черни“ из Београда)

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „гео-науке“, односно ужој научној области „хидрогеологија“, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет. Специјалистички сегмент који обухвата докторска дисертација је заштита (одбрана) од подземних вода. За ментора докторске дисертације именован је:

- др Душан Полоччић, редовни професор, ужа научна област: хидрогеологија (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет).

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Предраг Пајић, рођен је 29.10.1975. год. у Београду. Основну школу завршио је у Београду 1990. год. Средњу електротехничку школу „Никола Тесла” - смер рачунарство завршио је у Београду 1994. год. На Рударско - геолошки факултет у Београду - Геолошки одсек уписује се 1996. год. На Смеру за хидрогеологију дипломирао је 2001. год.

У периоду јун - новембар 2001. год. боравио је на усавшавању енглеског језика у Сједињеним Америчким Државама, у оквиру студентског “Work and Travel” програма.

У периоду 2001 - 2002. год. завршио је специјалистичке једногодишње студије из области Заштите животне средине, на ААОМ -у, у организацији проф. др. Србијанке Турајлић (тадашњег помоћника министра за високо образовање у Министарству просвете и спорта).

У 2002. год. радио је у „Геозаводу“ - Београд. Од 2003. год. запослен је у „Институту за водопривреду „Јарослав Черни”“ у Београду. До данас је, у оквиру Завода за хидрогеологију и изучавање режима подземних вода, прешао пут од инжењера - приправника (преко инжењера и самосталног инжењера) до водећег инжењера Института.

Од 2006. год. члан је Савеза инжењера и техничара Србије. Стручни испит за дипломираног инжењера геологије за хидрогеологију (1072/Ge) положио је 2006. год. Поседује лиценце одговорног извођача радова на изради хидрогеолошких подлога и одговорног пројектаната хидрогеолошких подлога и објеката.

Магистарске студије завршио је на Рударско - геолошком факултету у Београду, одсек геологија (смер: хидрогеологија, област: заштита од подземних вода) на тему „Утицај успора ХЕ „Ђердап 1“ на појаву штета услед високих нивоа подземних вода на подручју Великоселског рита“. Ментор на изради магистарске тезе био је проф. др. Душан Полоччић. Чланови комисије били су проф. др. Веселин Драгишић и проф. др. Стеван Прохаска (председник Научног већа „Института за водопривреду „Јарослав Черни”“). Магистарска теза одбрањена је априла 2012. год., чиме је стекао академско звање магистар техничких наука у области геологије - заштита од подземних вода.

На „Институту за водопривреду „Јарослав Черни” у Београду, у 2013. год., изабран је у научно - истраживачко звање: истраживач - сарадник.

Водио је и учествовао на преко 70 различитих пројеката, студија и анализа из области хидрогеологије, првенствено из подобласти заштите од подземних вода.

Ангажован је и као судски вештак пред Првим основним судом у Београду (на преко 150 парничних поступака везаних за анализу угрожености Великоселског рита високим нивоима подземних вода услед утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“).

Научно - истраживачко искуство стекао је о кроз објављивање значајног број стручних и научних радова у оквиру еминентних иностраних стручних часописа и зборника радова са научних скупова. Учествовао је и излагао на више међународних конференција.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ је написана на 317 страна и у складу са упутством за обликовање докторске дисертације од стране Универзитета у Београду. Дисертација садржи 108 илустрација (слика, графикона или схема), 52 табеле и 4 прилога. Садржи следеће делове: насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о менторима и члановима комисије, резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, 14 поглавља, списак коришћене литературе, биографију докторанда са списком објављених научних радова и изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

Структуру докторске дисертације је следећа чине следеће области:

- I. Уводна разматрања
- II. Теоријске основе
- III. Општи део
- IV. Експериментални део, резултати и дискусија
- V. Закључна разматрања

Садржај докторске дисертације је следећи:

#### 1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

#### 1 ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

#### 2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ СТРУЈАЊА ПОДЗЕМНИХ ВОДА

2.1. Основне једначине неустаљеног струјања подземних вода у порозној средини

2.2. Основне једначине раванског неустаљеног струјања подземних вода

2.2.1. *Основе хидруличке теорије струјања*

2.2.2. *Математички приказ раванског струјања подземних вода (основна диференцијална једначина Бусинеска)*

2.2.3. *Нумеричке методе решавања једначина нестационарног струјања подземних вода*

2.2.4. *Основне једначине неустаљеног струјања подземних вода у условима двослојевите порозне средине*

#### 3. ПРОУЧАВАЊЕ И ПРОГНОЗА РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА

3.1. Проучавање режима подземних вода

3.2. Прогноза режима подземних вода

#### 4. ПРОУЧАВАЊЕ БИЛАНСА ПОДЗЕМНИХ ВОДА

4.1. Основе проучавања биланса подземних вода

4.2. Проучавање биланса подземних вода у приобалним подручјима

#### 5. ОДВОДЊАВАЊЕ ПОДЗЕМНИХ ВОДА

5.1. Хидрогеолошка класификација одводњаваних терена

5.2. Услови одводњавања подземних вода

5.2.1. *Узроци угрожености терена високим нивоима подземних вода*

5.2.2. *Основни фактори утврђивања дозвољених нивоа подземних вода*

5.3. Објекти и системи за одводњавање подземних вода

- 5.3.1. Објекти за одводњавање подземних вода
- 5.3.2. Дренажни системи за одводњавање подземних вода
- 6. ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧКОГ МОДЕЛИРАЊА РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА
  - 6.1. Појам математичког модела струјања подземних вода
  - 6.2. Класификација и врсзе математичког модела подземних вода
  - 6.3. Тродимензионални хидродинамички модел струјања подземних вода
    - 6.3.1. *Израда концептуалног модела и његово превођење у хидродинамички модел*
    - 6.3.2. *Израда математичког модела*
    - 6.3.3. *Анализа и избор улазних података и неопходне подлоге*
    - 6.3.4. *Одређивање геометрије издани, шематизација и дискретизација у простору и времену*
    - 6.3.5. *Почетни и гранични услови*
    - 6.3.6. *Еталонирање (калибрација) математичког модела*
    - 6.3.7. *Анализа осетљивости математичког модела*
    - 6.3.8. *Анализа степена грешке математичког модела*
    - 6.3.9. *Верификација математичког модела и идентификација репрезентативних параметара*
    - 6.3.10. *Експлоатација математичког модела*
    - 6.3.11. *Израда прогнозних варијантних решења*
    - 6.3.12. *Новелирање хидродинамичког модела*
  - 6.4. Дводимензионални модел струјања подземних вода (специјализовани програмски пакет за симулацију струјања подземних вода по прорачунским профилима)
    - 6.4.1. *Методологија прорачуна струјања подземних вода*
    - 6.4.2. *Практична примена приказане методологије*

## II ОПШТИ ДЕО

- 7. МЕЂУНАРОДНА ИСКУСТВА ВЕЗАНА ЗА ФОРМИРАЊЕ И УТИЦАЈ УСПОРА ХИДРОЕЛЕКТРАНА
- 8. ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ И ПЛОВИДБЕНИ СИСТЕМ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ „ЂЕРДАП 1“
  - 8.1. Приказ система ХЕПС „Ђердап 1“
    - 8.1.1. *Развој и намена система*
    - 8.1.2. *Делови система и његови утицаји*
  - 8.2. Експлоатација система
  - 8.3. Истраживања осматрања утицаја успора и ефеката заштите система
- 9. МЕЛИОРАТИВНА ПОДРУЧЈА, НАСЕЉА И ИНДУСТРИЈСКЕ ЗОНЕ У ПРИОБАЉУ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ „ЂЕРДАП 1“ И ЊИХОВЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ
  - 9.1. Приказ мелиоративних подручја, насеља и индустријских зона у приобаљу хидроелектране Х „Ђердап 1“
  - 9.2. Карактеристике брањених мелиоративних подручја, насеља и индустријских зона у приобаљу ХЕ „Ђердап 1“
    - 9.2.1. *Географско - физичке карактеристике*
      - 9.2.1.1. *Географске карактеристике*
      - 9.2.1.2. *Становништво и намена коришћења подручја*
    - 9.2.2. *Климатске карактеристика подручја*
      - 9.2.2.1. *Температура ваздуха*
      - 9.2.2.2. *Падавине*
      - 9.2.2.3. *Остали климатски елементи*
    - 9.2.3. *Геоморфолошке карактеристике*
    - 9.2.4. *Хидрографске и хидролошке карактеристике*

- 9.2.5. *Геолошке карактеристике*
- 9.2.6. *Хидрогеолошке карактеристике*
  - 9.2.6.1. *Степен истражености и сложеност хидрогеолошке проблематике изучаваног подручја*
  - 9.2.6.2. *Распрострањење издани у плани и у профилу и филтрационе карактеристике стенских маса*
  - 9.2.6.3. *Режим подземних вода и актуелно стање заштите приобалних подручја од утицаја успора ХЕ „Бердап 1“*

### III ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО, РЕЗУЛТАТИ, ДИСКУСИЈА

10. ПРОУЧАВАЊЕ УТИЦАЈА УСПОРА ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ „БЕРДАП 1“ НА ПОЈАВУ ШТЕТА УСЛЕД ВИСОКИХ НИВОА ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА БРАЊЕНИМ ПРИОБАЛНИМ МЕЛИОРАТИВНИМ ПОДРУЧЈИМА ДУНАВА И ПРИТОКА
  - 10.1. Математички модели струјања подземних вода у брањеним мелиоративним подручјима Дунава и притока
  - 10.2. Хидродинамички прорачун режима подземних вода на брањеним мелиоративним подручјима Дунава и притока
    - 10.2.1. *Подручја обухваћена моделом и дискретизација и шематизација струјног поља*
    - 10.2.2. *Гранични услови и филтрационе карактеристике*
    - 10.2.3. *Еталонирање и верификација математичког модела*
11. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ХИДРОДИНАМИЧКИХ ПРОРАЧУНА РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА ПО ПРОРАЧУНСКИМ ПРОФИЛИМА ЗА РАЗЛИЧИТЕ УСЛОВЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ „БЕРДАП 1“
  - 11.1. Анализа режима подземних вода на мелиоративним подручјима за различите услове експлоатације ХЕ „Бердап 1“
  - 11.2. Положај границе распрострањања утицаја успора на нивое подземних вода на мелиоративним подручјима
  - 11.3. Анализа делова подручја на којима је дошло до издизања нивоа подземних вода у односу на природни режим
  - 11.4. Анализа зона у којима се у условима пројектованог рада ХЕ „Бердап 1“ и дренажних система заштите елиминише штетно дејство успорених водостаја Дунава и притока
  - 11.5. Анализа зона у којима су осмотрени нивои подземних вода виши од пројектом предвиђених
  - 11.6. Анализа повећања дотока подземних вода у подручје као последица формирања успора у односу на природни режим
  - 11.7. Анализа повећања утрошка енергије неопходне за препумпавање повећаних количина прикупљених подземних вода на више (успорене) нивое воде у акумулацији
12. ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА УСПОРА ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ „БЕРДАП 1“ НА ФОРМИРАЊЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У ПРИОБАЉУ ДУНАВА И ПРИТОКА

### IV ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

13. МЕСТО ПРИМЕЊЕНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ У ПРОУЧАВАЊУ УТИЦАЈА УСПОРА НА ПРИОБАЉА РЕЧНИХ АКУМУЛАЦИЈА У СВЕТУ
14. ЗАКЉУЧАК

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу дата су уводна разматрања у оквиру којих су приказани: предмет истраживања докторске дисертације, основни циљ докторске дисертације, полазне хипотезе, научне методе, очекивани научни допринос и структура докторске дисертације.

У другом поглављу приказане су теоријске основе везане за: струјање подземних вода, проучавање и прогнозу режима подземних вода, проучавање биланса подземних вода, одводњавање подземних вода и на послетку, математичко моделирање режима подземних вода.

Треће поглавље докторске дисертације представља општи део у којем су прво приказана одабрана међународна искуства везана за формирање и утицај успора хидроелектрана, а затим приказан одабрани пример анализиран у докторској дисертацији- утицај успора хидроелектране „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода; дат је приказ брањених мелиоративних подручја, насеља и индустријских зона у приобаљу ХЕ „Ђердап 1“ и њихове карактеристике.

Четврто поглавље докторске дисертације обухвата приказ научних метода које су коришћене у докторској дисертацији кроз методу хидродинамичке анализе режима подземних вода у приобаљу ђердапске акумулације, затим анализу резултата хидродинамичких прорачуна режима подземних вода за различите услове експлоатације хидроелектране „Ђердап 1“ (неуспорене и успорене- пројектоване и осмотрене водостаје Дунава и притока) и различит степен заштите подручја и на крају евалуацију утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава и притока, засновану на различитом приступу анализе и упоредбе резултата математичког моделирања режима подземних вода. Генерално, ово поглавље се састоји из три основне целине:

1. Проучавање утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на режим подземних вода на брањеним приобалним мелиоративним подручјима Дунава и притока
2. Анализа резултата хидродинамичких прорачуна режима подземних вода за различите услове експлоатације хидроелектране „Ђердап 1“
3. Евалуација утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава и притока

Ово поглавље докторске дисертације обухвата примену научних метода на одабраном примеру из инжењерске праксе. За анализу утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу акумулације, која се, за данас, у актуелном режиму успора („до коте 70,30 mnm код ушћа Нере“), при малим водама, простире дуж укупно близу 500 km речних токова Дунава, Саве, В. Мораве, Тисе и мањих притока, детаљно је приказана научна методологија за седам одабраних мелиоративних подручја подручја у приобаљу Дунава и притоке Тисе, обухватајући подручја површине 55 000 ha. Приказана методологија затим је примењена и за сва остала мелиоративна подручја у приобаљу ђердапске акумулације.

У петом поглављу докторске дисертације дата су закључна разматрања. Дат је ауторов поглед на место примењене методологије у проучавању утицаја успора на приобаља речних акумулација у свету. Сумиран је научни допринос примењене методологије у докторској дисертацији на квантификовање и евалуацију утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава и притока. Издвојен је практични допринос примењене методологије у виду препознавања значаја заштите анализираних приобалних подручја ђердапске акумулације и потребе евентуалне реконструкције (и/или



додатне изградње) постојећих система заштите, уз учешће власника хидроелектране и корисника подручја према предложеном процентуалном уделу евалуације утицаја успора

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Докторска дисертација „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ докторанда мр Предрага Пајића, има савремен приступ проблематици истраживања у научној области гео-наука и представља оригинално научно дело. Током израде ове докторске дисертације примењене су савремене методе које се користе у хидрогеологији. Оригиналност докторске дисертације огледа се у примењеној методологији проучавања измењеног режима подземних вода под утицајем успора која није базирана само на комплексној хидродинамичкој анализи основних елемената измењеног режима подземних вода (нивоа подземних вода, протицаја кроз водоносни слој) добијених симулацијом на хидродинамичким моделима, већ и на упоредној анализи других значајних елемената негативног утицаја рада хидроелектране „Ђердап 1“, попут анализе значајно веће експлоатације система заштите брањених подручја, као последице повећања дотицаја дренажних подземних вода на црпне станице и повећања утрошка енергије на препумпавање ових дренажних вода са подручја у реципијент.

Овакав приступ дефинисања утицаја успора акумулације хидроелектране на измену режима подземних вода на брањеним приобалним подручјима, верификован је на примеру ђердапске акумулације, за седам одабраних мелиоративних подручја. Приказана методологија, први пут је примењена на нашим просторима, на целокупном приобаљу Дунава и притока Саве, Тисе, Велике Мораве, дефинишући утицај хидроелектране „Ђердап 1“ у актуелном режиму успора на сваком делу свога приобаља. Савремени практичан значај докторске дисертације у решавању предметне проблематике огледа се у расподели утицаја у одржавању, експлоатацији и евентуалној реконструкцији и/или доградњи постојећих система заштите ових подручја од негативних последица формираног успора на ђердапској акумулацији.

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

У току израде докторске дисертације детаљно су прегледани и коришћени литературни извори што је резултирало списком од одабраних 112 наведених публикација. Преглед литературе студиозно је реализован и на основу њега могуће је сагледати актуелно стање у областима које су биле предмет докторске дисертације. Списак литературе садржи и научне радове у чијој изради је учествовао и сам докторанд, а који су на одређени начин верификовали примењене научне методе у дисертацији код међународне и домаће научне и стручне јавности.

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

У оквиру примењених научних метода у изради докторске дисертације посебно се издвајају нумеричке методе коначних разлика у оквиру хидродинамичког моделирања режима подземних вода.

У докторској дисертацији примењена је савремена метода хидродинамичких прорачуна, базирана на нумеричком решавању система парцијалних диференцијалних једначина дводимензионалног и тродимензионалног кретања подземних вода (у зависности од степена истражености анализираних приобалних подручја значајног распрострањења).

На формираним хидродинамичким моделима подземних вода, у циљу квантификације величине утицаја успора ХЕ „Бердап 1” и других дејствујућих параметара на режим подземних вода, спроведени су одговарајући хидраулички прорачуни режима подземних вода, за анализирани прорачунски период (1985 - 2011. год.), за осмотрене и природне водостаје Дунава. Подлога за обављање прорачуна је базирано на дефинисању хидролошких услова у Дунаву и притокама за: осмотрени режим (регистрован осматрањем водостаја на водомерним станицама) и рачунски пројектовани (успорени) режим (у режиму сталне експлоатације успора „69.5 и више“ и „до коте 70.30 mm” на ушћу Нере) и рачунски природни (неуспорени) режим (који подразумева водостаје у прорачунском периоду симулиране без формирања успора).

Спроведеним хидродинамичким прорачунима на математичким моделима срачунати су промене нивоа подземних вода и протицаја кроз водоносни слој, дефинисана повећана угроженост или продужетак трајања већих угрожених делова подручја, те дефинисана већа експлоатације система заштите брањених подручја, као последице повећања дотицаја дренажних подземних вода на црпне станице, и повећања утрошка енергије на препумпавање ових дренажних вода са подручја у реципијент, за различите услове у Дунаву и притокама и различит степен заштите подручја. Резултати математичког моделирања струјања подземних вода у неуспореном - природном и успореном режиму, детаљно су приказани за седам одабраних репрезентативних мелиоративних подручја у приобаљу Дунава и притоке Тисе. Ова мелиоративна подручја су одабрана због различите сложености уређења, хидродинамичких карактеристика и удаљености од ХЕ „Бердап 1“, а самим тим и утицаја успора формиране акумулације.

На основу спроведених математичких симулација за различите хидролошке услове у Дунаву и различито уређење и заштиту подручја, даље су дефинисани следећи параметри измењеног режима подземних вода на анализираним мелиоративним приобалним подручјима:

- положај границе распрострањања утицаја успора на нивое подземних вода на анализираним мелиоративним подручјима (део ових подручја где се остварени успорени нивои подземних вода изједначавају са природним у наведеним условима у Дунаву и притокама и идентичним уређењем подручја),
- зоне мелиоративних подручја на којима је дошло до издизања нивоа подземних вода у односу на природни режим
- зоне мелиоративних подручја у којима се у условима пројектованог рада ХЕ „Бердап 1“ и дренажних система заштите елиминише штетно дејство успорених водостаја Дунава и притока
- зоне мелиоративних подручја у којима су осмотрени нивои подземних вода виши од пројектом предвиђених
- квантификовање повећања дотока подземних вода у подручје као последица формирања успора у актуелном у односу на природни режим
- квантификовање повећања утрошка енергије неопходне за препумпавање повећаних количина прикупљених подземних вода на више (успорене) нивое воде у акумулацији.

Утицај успора хидроелектране „Бердап 1“, унутар дефинисане границе распрострањења, дефинисан је на основу коефицијента евалуације утицаја успора који је сразмеран коефицијенту учешћа (удела) потрошње енергије услед успора у укупној потрошњи енергије за евакуацију подземних вода са одабраних мелиоративних подручја.

На основу спроведене методологије прорачуна утицаја успора на формирање режима подземних вода на одабраним подручјима дефинисан је овај утицај и на осталим приобалним подручјима Ђердапске акумулације, у виду границе утицаја успора хидроелектране „Ђердап 1“ на своја брањена приобална мелиоративна подручја и коефицијента евалуације утицаја успора. Овим прорачуном нису обухваћена насеља и индустријске зоне у приобаљу, који због својих специфичности и недостатака довољно поузданих подлога и улазних параметара нису могли бити анализирани.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Наведена, успешно примењена методологија, проучавања измењеног режима подземних вода у приобалним подручјима, детаљно анализирана и доказана за седам мелиоративних подручја у приобаљу Ђердапске акумулације, површине 55 000 ha. Примењена методологија поред несумњивог научног доприноса, има и важан практичан значај, јер се може применити и за сва остала мелиоративна подручја, насеља и индустријске зоне у приобаљу Дунава и притока која се налазе под утицајем успора акумулације.

Приказана методологија, осим на приказаном изузетно комплексном примеру (приобаље ХЕ „Ђердап 1“), може се применити и приликом решавања сличних или истовентних проблема везаних за заштиту од подземних вода у брањеним ниским приобалним подручјима која се налазе под негативним дејством успорених водостаја река (нпр. приобаље ХЕ „Ђердап 2“ и др.).

Практичан значај наведене методологије огледа се у препознавању важности континуалне заштите ових приобалних подручја и евентуалне потребе реконструкције и/или додатне изградње постојећих система заштите ових подручја, уз могуће учешће анализираних субјекта и корисника подручја према процентуалном уделу дефинисаном приказаном методологијом евалуације утицаја успора.

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

Кандидат, мр Предраг Пајић, дипл. инг. геологије, је током израде дисертације у потпуности овладао методологијом научно - истраживачког рада. Способан је за самостални научни рад што је показао реализацијом планираног истраживања од почетне идеје до завршетка израде докторске дисертације.

У претходном периоду, између завршетка магистарске тезе и израде докторске дисертације, објаво је значајан број стручних и научних радова у оквиру еминентних иностраних научних часописа и зборника радова са научних скупова. У овом периоду учествовао је и излагао на више међународних конференција.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Применом научних метода у решавању проблема описаних у претходном делу Реферата очекује се битан напредак и постизање систематичности научног сазнања у области хидрогеологије- подобласти заштите од подземних вода, за специфичне услове формирања и

измене режима подземних вода у брањеним приобаљима у условима формиране акумулације речних токова. Докторска дисертација наслања се на магистарску тезу, обухватајући компатибилну, али и знатно ширу и свеобухватнију проблематику и примењену методологију научног рада; базираних на комплексној упоредној анализи више различитих, узајамно посматраних елемента формирања и измене режима подземних вода на анализираним подручјима услед негативног утицаја успора. ово се односи на промене и продужетак трајања нивоа подземних вода и протицаја подземних вода кроз водоносни слој, повећање угрожености подручја високим нивоима подземних вода, промене дотицаја подземних вода у системе заштите подручја - каналску мрежу и црпне станице, промена потрошње енергије за евакуацију повећаних количина дренажних вода и др.

Научно - истраживачки допринос ове докторске дисертације је вишеструк. Закључује се да се специфични остварени научни доприноси у оквиру спроведених истраживања огледају у следећем:

- обављено је детаљно дефинисање и/или редефинисање геолошких, хидрогеолошких, хидродинамичких, хидролошких и свих других услова на свим приобалним мелиоративним подручјима Дунава и већих притока, како за актуелни, осматрени (успорени) и пројектовани (успорени рачунски), тако и за природни (неуспорени), рачуном симулирани режим успора,
- сагледани су хидролошки услови у Дунаву и притокама који би се остварили у природним условима (да није изграђена и пуштена у рад ХЕ „Ђердап 1“ и формирана Ђердапска акумулација). Дефинисање ових, рачуном добијених, природних хидролошких услова неопходно је за упоредбу са оствареним и пројектованим условима у акумулацији у циљу дефинисања негативног утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“.
- дефинисана је промена режима подземних вода у актуелном (успореном) у односу на природни (неуспорени) режим водотока кроз повишење и продужетак трајања нивоа подземних вода у приобаљу, за различите услове у Дунаву и притокама и различити степен заштите подручја.
- сагледана је угроженост знатно већих мелиоративних подручја у приобаљу, односно продужетак угрожености претходно угрожених подручја у приобаљу Дунава и његових већих притока. Ово је битно јер су мелиоративна подручја првенствено пољопривредне намене и повећана и/или продужена угроженост може проузроковати значајне штете у пољопривредној производњи на небрањеним или недовољно брањеним подручјима, а у насељима и градовима и индустријским зонама угроженост, чак и нестабилност стамбених и других објеката.
- дефинисани су значајно већи трошкови експлоатације система заштите, као последице повећања дотицаја дренажних подземних вода у каналску мрежу и црпне станице и повећање утрошка енергије на препумпавање ових додатних дренажних вода у реципијент. Давање посебног, може се рећи и примарног значаја, анализи и компарацији ових измењених параметара режима представља допунски аспект проучавању утицаја успора на измену режима подземних вода у приобалним подручјима и представља најзначајнији научни допринос овој тематици.

Методологија проучавања и евалуације негативног утицаја акумулације на брањена приобална подручја је детаљно потврђена за седам одабраних репрезентативних мелиоративних подручја у приобаљу Ђердапске акумулације, обухватајући подручја површине 55 000 ha, на различитом удаљењу од саме хидроелектране. Такође, примењена методологија је у процесу реонизације и евалуације утицаја експлоатације хидроелектране „Ђердап 1“ на угроженост целокупног приобаља формиране акумулације.

Сагледавање разматране проблематике поред научног доприноса, има и изузетно важан практичан значај. Он се огледа у препознавању значаја континуалне заштите ових приобалних подручја и евентуалне потребе реконструкције (и/или додатне доградње) постојећих система система заштите ових подручја, уз могуће учешће овог субјекта и корисника подручја према предложеном процентуалном уделу евалуације утицаја успора.

#### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Како се целокупно истраживање разматрано у докторској дисертацији односи на заштиту од подземних вода, која представља неопходност и којој се у савременој хидрогеологији посвећује посебна пажња, очекује се да ће овај рад мотивисати даља истраживања која се тичу одбране од подземних вода и да ће наћи примену првенствено у заштити од подземних вода у специфичним случајевима када формирано успор проузрокује промену режима подземних вода у својим брањеним подручјима (пример оваквих подручја у нашој земљи представља поред приобаља хидроелектране „Ђердап 1“ и приобаље хидроелектране „Ђердап 2“ и приобаља других мањих хидроелектрана/брана).

Докторска дисертација поред приказаних научних доприноса има и изражен практичан значај. Он се огледа у заштити и регулацији ових подручја и разграничењу утицаја саме хидроелектране, која је формирала акумулацију и корисника подручја. Познавање ових параметара измењеног режима подземних вода утиче на стицање сазнања о ефектима рада активних система заштите, потребе реконструкције постојећих и потребе израде нових делова система заштите подручја. Правилним газдовањем на овим мелиоративним подручјима омогућава се екстензивна пољопривредна производња и у условима формираног успора река – вештачких акумулација.

#### **4.3. Верификација научних доприноса**

Научни допринос докторске дисертације „Евалуација утицаја успора ХЕ „Ђердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ кандидата Предрага Пајића верификован је следећим публикацијама које су резултат примењених научних метода у истраживањима у току израде докторске дисертације:

##### **Рад у водећем међународном часопису (M22)**

Pajic P., Andjelic L., Urosevic U., Polomcic D. (2014): Evaluation of Melioration Area Damage on the River Danube Caused by the HPP “Djerdap 1“ Backwater, Water Science and Technology, Vol 70, No 2, pp 376–385 © IWA Publishing 2014, doi:10.2166/wst.2014.230

##### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)**

Dimkić D., Boreli-Zdravković Đ., Đurić D., Stanković B., Pajić P. (2011) : Climate Change Impacts on Alluvial Water Sources in the Pek River Catchment Area, IWA Specialist Groundwater Conference, 08-10 September 2011, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-82565-31-4, p. 361-367, 2011.

Pajic P., Andjelic L., Urosevic U., Radovanovic M. (2012) : Assessment of Vulnerability and Damages Caused to the Agricultural Production on the Area of Veliko Selo by the High Level of Groundwater on Account of the Performance of Hydroelectric Power Plant “Djerdap I”, 5th Conference on Water, Climate and Environment - BALWOIS 2012, 28 May – 2 June 2010, Ohrid, Republic of Macedonia, ISBN 978-608-4510-10-9, rad na USB-u str. 1-13, 2012.

Pajić P., Urošević U. (2013): The Importance of Establishing Water Source Protection Zones in Order to Prevent Groundwater Contamination (Water Source "Carina" Fluorine Contamination), International Science Conference "Reporting for Sustainability", 7-10 May 2013, Bečići, Montenegro, ISBN 978-86-7550-070-4, Publisher: The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, Country Office Serbia, pp. 399-404, 2013.  
(<http://www.sciconfemc.rs/PAPERS/THE%20IMPORTANCE.pdf>)

Pajic P., Urosevic U. (2012) : The Influence of the Hydro Power Plant "Djerdap 1" on Vulnerability of Melioration Areas on the Left Bank of the Tisa River, Due to High Groundwater Levels, 6th IWA International Conference for Young Water Professionals, 10-13 July 2012, Budapest, Hungary, CD-ROM, Publisher: Magyar Víziközmű Szövetség, ISBN 978-963-87507-8-5, IWA-9802

Andjelic L., Pajić P., Urošević U. (2013): The Importance of Melioration Areas Protection on the Danube Riversides, under the Influence of the HPP „Djerdap 1“ Slowdown, by Valorization of caused Agricultural Production Damages, IWA 5<sup>th</sup> Eastern European Young and Senior Water Professionals Conference, Part 1, 26-28 June 2013, Kiev, Ukraine, rad na CD-u str. 8-15, 2013.

Dimkić D., Prohaska S., Stanković B., Pajić P. (2013): Alluvial Water Sources in the Pek River Catchment Area Under the Climate Change Impacts of A1B Scenario, International Conference Climate Change Impacts on Water Resources, 17-18 October 2013, Belgrade, Serbia, Publisher: Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, ISBN 978-86-82565-41-3, pp. 230-235, 2013.

Pajic P., Urosevic U. , Polomcic D., Dimkic M. (2016): Negative impact of backwater levels of Danube River and its tributaries to the groundwater regime in meliorated riverside areas, IWA Specialist Belgrade Groundwater Conference, Belgrade

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (М34)**

Dimkić D., Stanković B., Pajić P., Prohaska S. (2012) : Capacity of an alluvial water sources due to climate change – case study of the Pek river catchment area - Serbia, Geophysical Research Abstracts, Volume 14, 9th EGU General Assembly, EGU2012-9844, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 2012.

#### **Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)**

Димкић Д., Прохаска С., Станковић Б., Пајић П., Рудић Ж. (2015): Утицај климатских промена на водне ресурсе - пројекат CCWaters, резултати пилот подручја реке Пек, 17. саветовање Српског друштва за хидрауличка истраживања (СДХИ) и Српског друштва за хидрологију (СДХ), 5-6. октобар 2015., Вршац, ИСБН 978-86-7518-183-5, Издавач: Грађевински факултет Универзитета у Београду, рад на ЦД-у стр. 347-361, 2015.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кандидат мр Предраг Пајић, дипл. инг. геологије запослен је на Институту за водопривреду „Јарослав Черни“ са звањем истраживач сарадник. У периоду од уписа на докторске академске студије до данас објавио је значајан број научних и стручних радова који су прошли научну верификацију, од којих се десет радова односи на увођење и примену научних метода представљених у докторској дисертацији.

Докторска дисертација кандидата Предрага Пајића под називом „Евалуација утицаја успора ХЕ „Бердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ представља савремен приступ проблематици истраживања у научној области „гео-наука“, односно ужој области „хидрогеологија“ и представља оригинално научно дело. На основу приказаних резултата и њихове анализе, може се констатовати да је кандидат остварио у потпуности циљеве и хипотезе који су постављени у докторској дисертацији.

У изради докторске дисертације, кандидат је применио савремене методе које се користе у хидрогеологији од којих је најважнија метода хидродинамичког моделирања.

Научно - истраживачки допринос ове докторске дисертације је вишеструк и огледа се у дефинисању јединствене методологије реонизације и евалуације утицаја акумулације површинских токова на брањена приобална подручја. У докторској дисертацији ова методологија вредновања и квантификовања утицаја успора акумулације верификована је на примеру акумулације проузроване радом једне од највећих европских хидроелектрана-хидроелектране „Бердап 1“, са највећим угроженим приобалним подручјем у Европи.

Примењени приступ и методологија решавања проблема одбране подручја и објеката од подземних вода, насталих под утицајем успора акумулације, може се применити и приликом решавања сличних или истовентних проблема везаних за заштиту од подземних вода у брањеним ниским приобалним подручјима која се налазе под негативним дејством успорених водостаја река.

Аутор је, у докторској дисертацији, поред анализе уобичајених елемената формирања и измене режима подземних вода дао посебан допринос анализи и компарацији осталих елемената измењеног режима који утичу на значајно већу експлоатацију система заштите услед успора акумулације, уврстивши их, не као допунски, већ као практично неопходни аспект проучавања утицаја успора акумулација на режим подземних вода на брањеним приобалним мелиоративним подручјима.

Практичан значај наведене методологије у докторској дисертацији огледа се у препознавању важности континуалне заштите ових приобалних подручја и евентуалне потребе реконструкције и/или додатне изградње постојећих система заштите ових подручја, уз могуће учешће анализираних субјекта и корисника подручја према процентуалном уделу дефинисаном приказаном методологијом евалуације утицаја успора.

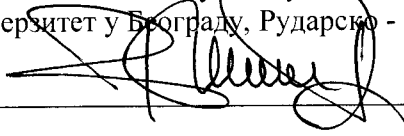
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључује да је урађена докторска дисертација кандидата мр Предрага Пајића написана према свим стандардима о научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

На основу изнесених чињеница, Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација кандидата мр

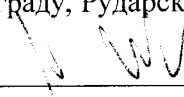
Предрага Пајића, дипл. инг. геологије, под називом „Евалуација утицаја успора ХЕ „Бердап 1“ на формирање режима подземних вода у приобаљу Дунава“ прихвати као успешно завршена докторска дисертација и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на усмену јавну одбрану пред истом Комисијом.

**ЧЛАНОВИ  
КОМИСИЈЕ:**

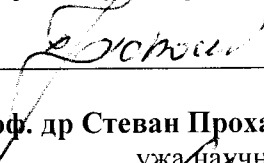
**Проф. др Душан Поломчић**, редовни професор  
ужа научна област: хидрогеологија  
Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултет



**Проф. др Веселин Драгишић**, редовни професор  
ужа научна област: хидрогеологија  
Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултет



**Проф. др Ненад Јаћимовић**, доцент  
ужа научна област: механика флуида, хидраулика и еколошко  
инжењерство  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



**Проф. др Стеван Прохаска**, научни саветник  
ужа научна област: хидрологија  
Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ Београд

