

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ**  
**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  
**КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ**  
**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  
**КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

ПРИМЉЕНО	09.05.2024
ОРГ. ЈЕДИН.	ЈЕДИНОСТ
467/1	

**НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  
**У КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ**

**Предмет:** Извештај комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Бојане Живковић

На основу члана 55. став 1. тачка 16) Статута Факултета Техничких наука у Косовској Митровици, а у складу са одредбама Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Косовској Митровици, на седници одржаној дана 27.03.2024. године, донело је одлуку под бројем 305/3-11 о именовану Комисије за писање извештаја за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације под насловом „**Студија утицаја климатских промена на квалитет и квантитет процедурних вода санитарне депоније Савина Стена**“ кандидата Бојане Живковић, у саставу:

1. др Маја Петровић, ванредни професор, ФТН Нови Сад - председник
2. др Јелена Ђокић, редовни професор, ФТН Косовска Митровица - ментор
3. др Гордана Милентијевић, редовни професор, ФТН Косовска Митровица - члан

На основу увида и анализе предложене документације, Комисија подноси Наставно – научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици седећи:

# ИЗВЕШТАЈ

## Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације је: „Студија утицаја климатских промена на квалитет и квантитет процедурних вода санитарне депоније Савина Стена“, написана је на 104 стране и састоји се од 9 поглавља.

## Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет истраживања докторске дисертације припада Техничким наукама, односно научној области Технолошко инжењерство, за коју је Факултет техничких наука у Косовској Митровици акредитован.

## Биографски подаци о кандидату

Бојана (Зоран) Живковић

Дипломирала је 2017. године, на факултету „Унион – Никола Тесла“, са просечном оценом 8,94. Стекла је звање дипломирани аналитичар заштите животне средине, на Факултету за екологију и заштиту животне средине. Мастер академске студије је уписала школске 2017/2018, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, модул: Инжењерство заштите животне средине. Дипломирала је 2018. године, са просечном оценом 10,00 и стекла звање мастер инжењер заштите животне средине.

Уписала је докторске академске студије школске 2018/2019. године на Катедри за Технолошко инжењерство на Факултету Техничких наука у Косовској Митровици.

Од почетка студирања кандидаткиња је посвећена научно – истраживачком раду. До данас, остварила је значајан научни допринос са 2 објављена рада у међународним часописима са SCI/SCIE листе (два рада категорије M23 и један рад категорије M24).

међународним часописима са часопису високог импакта (M23) и једним радом у водећем часопису националног значаја (M51). Кандидаткиња Бојана Живковић је аутор или коаутор и 8 саопштења објављених на скуповима међународног значаја (шест саопштења у категорији M33 и 2 саопштења категорије M34). Истраживачка интересовања Бојане Живковић усмерена су ка областима заштите животне средине, очувања природних ресурса и ефикасног управљања отпадом.

Тренутно живи у Звечану и ради у "Апотекарској установи Косовска Митровица". Поседује напредно знање енглеског језика, што јој осигурава ефикасну комуникацију у међународном научном окружењу.

## **ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Предмет истраживања докторске дисертације под називом „Студија утицаја климатских промена на квалитет и квантитет процедурних вода санитарне депоније Савина Стена“ је утврђивање евентуалног утицаја климе на количину и састав процедурних вода санитарне депоније „Савина Стена“. Истраживање је спроведено кроз свеобухватну студију, која ће имати примену и код других депонија локализованих у сличним климатским условима. С обзиром на утицај климе на састав и количину процедурних вода, као и њихов штетан утицај на животну средину и значај карактеристика процедурних вода у процесу управљања, истраживачки приступ у оквиру докторске дисертације обухватио је употребу најнапреднијих метода анализе. Применом модерних технологија и аналитичких алата, обезбеђена је прецизна процена стања и ефикасно превентивно деловање како би се минимизирали потенцијални негативни утицаји на животну средину. Главни циљ докторске дисертације је утврђивање утицаја климатских промена на количину и квалитет процедурних вода на санитарној депонији „Савина Стена“. Истраживање обухвата и дефинисање поступка за одређивање интензитета и опсега потенцијално штетног утицаја процедурних вода на подземне и површинске воде, као и оптимизацију технолошког процеса прераде процедурних вода узимајући у обзир њихов квалитет и квантитет.

## Основне хипотезе

Полазну хипотезу докторске дисертације представља могућност израчунавања количине процедурне воде на основу доступних метеоролошких података, за цео животни век депоније.

Добијени резултати потврђују непосредни утицај климе, не само на количину генерисане процедурне воде, већ и на целокупан процес управљања истим.

## ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Бојане Живковић, обима 104 стране, садржи 44 слике, 24 табеле и 125 литературних навода новијег датума. Дисертација је организована у следећих девет целина:

1. Увод
2. Комуналне депоније
3. Санитарна депонија „Савина Стена“
4. Циљ рада
5. Методе анализе
6. Стратешки приступ одабиру и технолошком дизајну постројења за пречишћавање процедурне воде
7. Резултати и дискусија
8. Закључак
9. Литература

Прво поглавље докторске дисертације детаљно дефинише комунални отпад, истичући генерисање и неадекватно одлагање као кључне проблеме у процесу управљања отпадом. Посебан фокус је стављен на повезаност густоће насељености са генерисањем комуналног отпада, док се наглашава глобални значај проблема неадекватног одлагања отпада, са којим се суочавају и економски развијене земље. Иако су мане одлагања отпада на депонијама препознате, оно је широко распрострањено.

У овом поглављу је прецизно дефинисан истраживачки поступак у оквиру докторске дисертације, пружајући детаљан приказ сваке фазе истраживања уз кратки опис значаја анализа. Посебно је истакнут значај добијених резултата, јер ће омогућити јасан увид у утицај климатских промена на количину генерисане процедурне воде, на основу којих се може обликовати технолошки процес прераде.

У другом поглављу је приказан преглед стања одлагања отпада у Србији, уз осврт на статистичке податке о овој проблематици. Такође апострофира се важност одлагања отпада на уређеним депонијама, упркос несавршености решења. Како су процедурне воде истакнуте као највећа претња здравој животној средини, кандидаткиња указује на значај њиховог статуса и факторе који утичу на састав и количину. Кроз литературни преглед који се односи на загађење подземних и површинских вода процедурним водама, приказани су резултати који доказују опсег негативног утицаја процедурних вода на свеобухватан квалитет животне средине, услед изостанка адекватне праксе управљања.

У трећем поглављу описана је локација санитарне депоније „Савина Стена“. Дат је приказ финалног рангирања алтернатива за одабир локације за изградњу санитарне депоније, које је извршено мултикритеријумском методом анализе *Visual PROMETHEE*, на основу које је локација Савина Стена имала предност у односу на друге алтернативе.

У трећем поглављу докторске дисертације детаљно је размотрена тема капацитета депоније и њених намена. Посебан нагласак стављен је на чињеницу да ће депонија бити коришћена за одлагање комуналног отпада из општина Звечан, Зубиног Потока, Лепосавића и Косовске Митровице. Осим тога, приложен је графички приказ дневних генерисаних количина отпада по становнику и општинама, као и количине отпада по фракцијама за све четири општине. На основу ових података, пројектоване су укупне годишње количине отпада за период од 2020. до 2035. године.

У четвртном поглављу докторске дисертације кандидат детаљно излаже основне циљеве истраживања о утицају климатских промена на квалитет и количину процедурне воде депоније "Савина Стена". Дефинише се процедура за одређивање интензитета и опсега потенцијално штетног утицаја процедурних вода на подземне и површинске воде, као и оптимизација технолошког процеса њихове прераде. Ово поглавље представља кључни део дисертације где су јасно постављени циљеви истраживања и методологија која ће се користити како би се постигли задати циљеви.

У петом поглављу докторске дисертације кандидаткиња детаљно представља тип узорака, наводећи дубине и координате на којима су узорци прикупљени, заједно са детаљним описом метода анализе. Кандидаткиња је истраживала три дубинска и један површински узорак.

Испитивање дубинских узорака односи се на физичко – механичку анализу земљишта, која обухвата испитивање садржаја воде (метода сушења), величине честица (метода просејавања и хидрометрисања, док је класификација урађена USDA методом), одређивање специфичне (пикнометар) и природне густине (метода језгра), утврђивање параметра чврстоће (триаксални UU тест), Атербергове границе конзистентности (*Cssagrande* уређај – граница протока, метода гњечења – граница пластичности), модул компресибилности (Едометар) и водопропусност земљишта. Све методе су прецизно представљене уз детаљан опис апаратуре, припреме узорака и услова у којима су испитивања изведена.

Испитивање површинског узорка обухвата физичко – хемијску анализу узорка, одређивање садржаја механичких фракција и минерални састав земљишта. Физичко – хемијска анализа обухватила је одређивање: садржаја воде и суве материје, рН вредности (водени раствор), рН вредности (КСl раствор), садржаја органског угљеника, садржаја хумуса, садржаја лако приступачног фосфора ( $P_2O_5$ ) и садржаја лако приступачног калијума ( $K_2O$ ). Механичке фракције у узорку одређене су методом просејавања, док је савремена XRD анализа, аналитичка метода коришћена за брзо и прецизно добијање информација о фазама кристалног материјала у узорку.

За израчунавање евапотранспирације, неопходне за рачунање количине процедурне воде, коришћена је *Thorntwaite* метода, која је детаљно описана. Представљени су коришћени метеоролошки подаци на којима се ова метода заснива. Количина процедурне воде израчуната је једначином хидролошког биланса.

Процена вертикалног кретања воде кроз испитиван терен изведена је *HYDRUS - 1D* софтверским пакетом за симулацију једнодимензионалног кретања воде.

У шестом поглављу описано је рангирање две алтернативе технолошког постројења за прераду процедурне воде SBR (енг. *Sequence Batch Reactors*) и MBR (енг. *Membrane Bioreactors*). Рангирање је извршено мултикритеријумском методом анализе *Visual PROMETHEE*. Описане су обе технологије третмана и приказане њихове

предности у односу на комерцијална постројења.

Ово поглавље се односи и на дизајн SBR постројења, који је урађен према ATV (*Abw. assertechnische Vereinigung*) моделу, на основу пројектоване количине процедурне воде у санитарној депонији „Савина Стена“.

У седмом поглављу кандидаткиња даје прецизан приказ, анализу и дискусију свих резултата. Резултати су приказани кроз графиконе, табеле и слике. Показана је и симулација кретања воде кроз испитивано земљиште, као и резултати рангирања и димензионисања технолошког постројења за пречишћавање процедурне воде.

У осмом поглављу су таксативно представљени сви резултати испитивања и потврђен утицај климатских промена на квалитет и квантитет процедурне воде у санитарној депонији „Савина Стена“.

Девето поглавље приказује списак актуелних литературних навода који су консултовани приликом израде докторске дисертације.

Дисертација садржи и све оне елементе предвиђене правилником о писању докторске дисертације, као што су изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

## **ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **Савременост и оригиналност**

Докторска дисертација кандидаткиње Бојане Живковић представља савремен и оригиналан научни допринос. Ранија свеобухватна истраживања о утицају климатских промена на квалитет и квантитет процедурне воде санитарне депоније „Савина Стена“ као ни испитивања карактеристика земљишта са локације депоније нису доступна. Савремени приступ докторске дисертације огледа се у комбинацији мултидисциплинарних метода и алата, како би се истражио утицај климатских промена ка количину процедурне воде у депонији. Оригиналност истраживања лежи у примени нових технологија попут *XRD*, *HYDRUS - 1D*, *Visual PROMETHEE*, савремених математичких модела и др., који доприносе разумевању комплексних интеракција између климе, земљишта и процедурне воде на депонији.

Оригинални преглед теоријских феномена који се дешавају у депонијском телу, бројност оригиналних и нових резултата, израчунавања применом савремених метода и алата и свеукупна апликативност добијених резултата чине посебан научни и прагматски допринос ове докторске дисертације.

### Опис и адекватност примењених метода

#### 1. Припрема узорака

Дубински узорци за физичко - хемијску анализу земљишта узети су са различитих дубина (1,20 m-1,60 m; 1,40 m-1,80 m; 1,50 m-1,90 m). Узорци су стављени у пластичне кесе и однесени у лабораторију, где су у зависности од примењиване методе припремани стандардним процедурама. Површински узорак је узет на дубини од 0-30cm, осушен на 105°C, спрашен и спакован у стаклене посуде до анализе.

#### 2. Експерименталне методе

- Садржај воде у узорцима одређен је гравиметријски, методом заснованом на сушењу;
- Специфична густина земљишта, која је од изузетног значаја, одређена је пикнометром, док је природна густина земљишта одређена методом језгра;
- Параметри чврстоће на смицање су установљени помоћу триаксалног UU уређаја;
- Граница протока је одређена помоћу *Cssagrande* уређаја, док је граница пластичности установљена методом гњечења узорка;
- рН вредност земљишта је одређена експериментално, користећи калибрисану, стаклену електроду;
- Одређивање органског угљеника и садржаја хумуса је урађено елементарном методом по Тјурину;
- За одређивање лако доступног фосфора коришћена је метода спектрометрије, док је лако доступни калијум одређен пламенофотометријски;
- Састав минерала у земљишту добијен је применом инструменталне методе рендгенске дифрактометрије, *X-ray diffractometry* (XRD).



Експериментални подаци представљају основу за софтверско моделовање кретања воде кроз испитивано земљиште. Симулација једнодимензионалног кретања воде кроз земљиште изведена је применом *HYDRUS - 1D* софтверског пакета.

#### **Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад**

Кандидаткиња Бојана Живковић је способна за самостални научно истраживачки рад и за активно учешће у тимском раду. Сама докторска дисертација са детаљном анализом добијених резултата, научни радови везани за ову тематику и рад у тиму, указују на квалитет рада, организованост, систематичност и велику мотивисаност самог кандидата да се бави научно-истраживачким радом. Добијени резултати и изведена закључна разматрања указују на способност кандидаткиње Бојане Живковић за будући успешан и самостални научни рад.

#### **ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

##### **Приказ остварених научних доприноса**

Према оцени чланова Комисије, најзначајнији научни доприноси докторске дисертације кандидаткиње Бојане Живковић су:

- опсежни резултати физичко-механичке и физичко-хемијске анализе дубинских и површинских узорака земљишта са локације;
- XRD анализа, на основу које је добијен прецизан минеролошки састав земљишта;
- нумеролошки резултати евапотранспирације и количине процедурне воде за два временска периода, на основу којих су изведени закључци о утицају климатских промена на квалитет и квантитет процедурне воде;
- примена софтверског пакета *HYDRUS - 1D*, на основу ког су резултати показали опсег једнодимензионалног кретања воде кроз испитивано

земљиште;

- примена мултикритеријумске анализе *Visual PROMETHEE*, за одабир најбоље алтернативе технолошког постројења за прераду процедурне воде;
- нумеролошки резултати дизајна предложеног технолошког постројења.

### **Верификација научних доприноса**

Научни допринос ове докторске дисертације верификован је кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче радови објављени у научним часописима и саопштења са научних скупова:

### **Радови из докторске дисертације:**

1. **Živković, B.**, Đokić, J., Petrović, M., Kovačević, S. (2023). Estimating Leachate Generation in the Savina Stena Sanitary Landfill through Evapotranspiration Analysis: A Comprehensive Study. *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 33, No. 1 (2024), 981-989. DOI: 10.15244/pjoes/172032. (M23)
2. **Živković, B.**, Marjanović, J., Đokić, J., Petrović, M. (2023). Soil and rock properties as a basis for the sanitary landfill settings. The 54th International October Conference on Mining and Metallurgy, October 18 – 21. Bor 2023. (M33)
3. **Živković B.**, Marjanović J., Đokić J.(2023). Estimation of the leachate penetration from the sanitary landfill to the ground waters, 3rd DIFENEW Student International Conference – DISC2023 December 5th, Novi Sad, p.74. (M34)
4. **Živković, B.**, Đokić, J.(2023). Examination of the basic physical and chemical parameters of the soil of the Savina Stena sanitary landfill. Jedanaesti simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učesćem, 23-24 jun 2023, Kosovska Mitrovica, (Serbia) 47-48, ISBN: 978-86-81656-63-1. (M34)

### **Остали радови кандидаткиње:**

1. Galjak, J., Đokić, J., Dervišević, I., Milentijević, G., Mojsić, M., **Živković, B.**

- (2022). Assessment of Pollution and Distribution of Heavy Metals in the Soil Near the Flotation Tailings Gornje Polje. *Polish Journal of Environmental Studies*. 31(5):4097–4106 (M23)
2. Živković, B., Đokić, J. (2022). Distribution of heavy metals from tailings ponds and landfills into underground and surface waters. *Metallurgical and Materials Engineering*. 28(4), 685-696. <https://doi.org/10.56801/MME859>. (M24)
  3. Živković, B., Marijanović, J., Đokić, J. (2022). Decision making tools in regional sanitary landfill location selection. *Recycling and Sustainable Development*. 15, 99-110. DOI: 10.5937/ror2201099Ž. (M51)
  4. Đokić, J., Živković, B., (2021). Significance of modern methods for selection of Sanitary landfill location in the process of Environmental preservation. *12th International Scientific Conference „Science and higher education in function of sustainable development– SED 2021“*, Užice. (M33)
  5. Živković, B., Đokić, J., Gaši, D.(2020). Analysis of the impact of sodium hypochlorite on the river Ibar during the covid-19 pandemic. *International Scientific Conference „Theory to Practice as a Cognitive, Educational and Social Challenge“* (17-18. September), 39. (M33)
  6. Galjak, M., Živković, B., Nikolić, V., Taradi, J. (2019). Risk management process and learning from natural disasters, *14th International Conference „Management and Safety“ M&S 2018, Budva, Crna Gora, str. 358-369*, ISBN 978-953-48331-2-4 UDC 005. 8:331.45(063). (M33)
  7. Гаљак, М., & Живковић, Б. (2017). Законски оквири управљања опасним отпадом из домаћинства. *14. Међународна конференција „Заштита на раду – пут успешног пословања“ (4-7. Октобар)*, стр. 191-199, Дивчибаре. ISBN: 978-86-919221-2-2, COBISS.SR-ID 317320199. (M33)
  8. Stanojević, P., Djokić, J., Živković, B., Rajović, J. (2018). GIS application in floods risk assessment in Leposavić. *9<sup>th</sup> GRACM International Congress on Computational Mechanics (4-6 June)*, pp. 195-200, Chania, Greece. ISBN 978-618-81537-5-2 (e-book). (M33)

## ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње Бојане Живковић, под насловом: „Студија утицаја климатских промена на квалитет и квантитет процедурних вода санитарне депоније Савина Стена“, представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос. Дисертација је у сагласности са образложењем у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа Правилник о докторским студијама Универзитета у Приштини, Факултета техничких наука у Косовској Митровици. Комисија потврђује да докторска дисертација има оригиналан и савремен научни допринос у области Технолошког инжењерства. На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у међународним научним часописима, комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације, закључује да кандидаткиња Бојана Живковић испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Бојане Живковић, под називом:

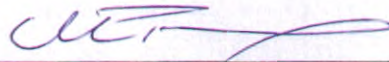
„Студија утицаја климатских промена на квалитет и квантитет процедурних вода санитарне депоније Савина Стена“

и да исту упути у даљу процедуру.

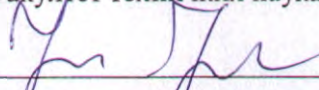
У Косовској Митровици,

08.05.2024. године

КОМИСИЈА:



др Маја Петровић, ванредни професор,  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, председник



др Јелена Ђокић, редовни професор,  
Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, ментор



др Гордана Милентијевић, редовни професор,  
Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, члан