

ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ
УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ
Департман за последипломске студије
Данијелова 32, Београд

На основу одлуке Већа Департмана за последипломске студије Универзитета Сингидунум из Београда број 4 - 145/2021 од 09.07.2021., одређени смо у Комисију за оцену докторске дисертације кандидата Вука Гајића, мастер под насловом **“Микробиолошка деконтаминација приобалног земљишта у сливу реке Колубаре применом високоенергетског јонизујућег зрачења”** о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату

Вук Гајић рођен је 1989. године, у Београду, Република Србија. Основну школу и гимназију завршио је у Београду.

На Факултету за примењену екологију ФУТУРА, Универзитета Сингидунум, уписао је основне академске студије 2010/11, које је успешно завршио 2014/15 одбраном рада под насловом **„Идентификација деградираних површина копова угља у Републици Србији“**, и стекао академски назив дипломирани аналитичар заштите животне средине.

Школске 2015/16 уписао је мастер академске студије на Факултету за примењену екологију ФУТУРА, Универзитета Сингидунум, и 2016/2017 одбранио мастер рад под насловом **„Израда прелиминарне базе загађивача реке Дрине методологијом интегрисаног ГИС-а“**, чиме је стекао академски назив мастер аналитичар заштите животне средине. Мастер академске студије завршио је са просечном оценом 9,57.

Школске 2016/17 уписао је докторске академске студије на Факултету за примењену екологију ФУТУРА, Универзитета Сингидунум, на смеру Одрживи развој и животна средина. Положио је све испите са просечном оценом 10.

Од 1. октобра 2016. Године, ангажован је на позицији сарадника у настави на Факултету за примењену екологију Футура. ОАС: Информатика, Заштита геодиверзитета, Регионална географија и природни ресурси, Интегрисани географски информациони системи и Природни hazard. МАС: Hazard и еколошке катастрофе, Моделовање климатских промена, Примена еколошког моделовања, Моделовање ризика у животној средини, Процена ризика и утицаја на животну средину и Управљање ризицима у животној средини.

Школске 2019/20, уписао је докторске академске студије на Универзитету Сингидунум на смеру Животна средина и одрживи развој преневши 90 ЕСПБ.

Од 25. марта 2019. године ангажован је на позицији асистента на Универзитету Сингидунум, студијски програм Животна средина и одрживи развој, ОАС: Геодиверзитет, Социјална екологија и одрживи развој, Очување биолошких ресурса, Основе метода картирања и Природни hazard.

Објављени радови:

Рад у часопису међународног значаја (M23):

1. Gajić, V., Vujčić, I., Dražić, G., Milovanović, J., Mašić, S. (2021). Use of high-energy ionizing radiation for microbiological decontamination of coastal soil in the Kolubara river basin, Nuclear technology and radiation protection, Vol. XXXVI, No. 3, pp. 261-270, Dec, 2021. <https://doi.org/10.2298/NTRP2103261G>

Рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком (M24):

1. Alzarog, T. M., Vakanjac, B, Jelić, I., Ristić Vakanjac, V., Naunović, Z., Gajić, V., Đorđević Milošević, S. (2018). Distribution of chromium, nickel, copper and zinc in the Al Zintan area, northwestern Libya. Annales Géologiques De La Péninsule Balkanique. 79 (2), 29-39. DOI: <https://doi.org/10.2298/GABP1802029A>.

Саопштење са међународних скупова, штампано у целини (M33):

1. Dražić, G. Dražić, N., Gajić, V. (2020). New ecotechnologies for waste reuse in sustainable hospitality, IRASA Second International Scientific Conference Science, Education, Technology and Innovation - SETI II, October 2-3, 2020, Conference Proceedings pp. 404 – 413, International Research Academy of Science and Art, Belgrade. ISBN 978-86-81512-02-9; COBISS.SR-ID 21757449
2. Gajić, V., Dražić, G., Dražić, N. (2020). Monitoring and prevention of forest fires using wireless sensor networks, International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research - SINTEZA 2020, October 17, 2020, Book of Proceedings, pp. 59 – 64, Singidunum University, Belgrade. DOI: 10.15308/Sinteza-2020-59-64

Рад у врхунском часопису националног значаја (M51):

1. Гајић, В., Јелић, И., Ђумић, Т., Костић, А., Вакањац, Б. (2019). План интегрисаног мониторинга квалитета земљишта као индикатора квалитета животне средине у Новом Саду. Техника, Вол. 2, Но. 19, пп. 309 - 316, Маг, 2019. DOI: 10.5937/tehnika1902309G <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?query=ISSID%26and%2614398&page=16&sort=8&stype=0&ackurl=%2fissue.aspx%3fissue%3d14398>

Саопштење са скупа националног значаја, штампано у целини (M63):

1. Гајић, В., Вакањац, Б., Дражић, Н.(2017). Израда ГИС базе података на примеру локације ТЕ Колубара. Национална конференција са међународним учешћем, „Brownfield инвестиционе локације екоремедијациони модели и економска валоризација“, 24. октобар, Краљево, Србија.
2. Гајић, В., Вакањац Б., Ристић Вакањац, В., Божић Н. (2016). Методологија израде просторне базе загађивача реке Дрине. V национална конференција „Иновациони модели екосистемског инжењерства“, 8. октобар, Београд, Србија.

Докторска дисертација Вука Гајића -мастер урађена је на 155 страна, садржи 10 табела, 33 слике; 16 страна списка литературе (192 библиографске јединице, књиге, часописа, научни чланци, законски акти, извештаји министарства и остале литературе и интернет извора) и прилог у коме се налази списак слика и списак табела.

Докторска дисертација кандидата Вука Гајића прошла је проверу за установљивање плагијаризма (*iThenticate: Plagiarism Detection Software*) која је показала 5% преклапања. Нађена преклапања се односе на уобичајене фразе и термине тако да се ова докторска дисертација може сматрати у целости оригиналном.

2. Предмет, хипотетички оквир и циљ докторске дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације је приобално земљиште слива реке Колубаре, његова контаминација тешким металима и патогеним микроорганизмима ради испитивања могућности коришћења нове методе за деконтаминацију земљишта, имајући у виду развијену индустрију на наведеном подручју, ширење урбаних средина, стварање отпадних вода, експлоатацију угља, камена и осталих сировина, као и пољопривредне активности у плавним зонама поменутог слива.

Циљ докторске дисертације је испитивање могућности третмана биолошки контаминираног земљишта у сливу реке Колубаре дејством високоенергетског јонизујућег зрачења (различите дозе зрачења и јачине дозе), као и идентификација извора загађења. Такође, циљ истраживања је и испитивање садржаја тешких метала, са крајњим исходом у виду дефинисања мера ремедијације девастираног земљишта, као и креирање просторне расподеле проучаваних елемената у виду карата (дистрибуције константованих и измерених елемената и насељених подручја у сливу реке Колубаре). Дефинисани циљеви истраживања се реализују кроз следеће кораке:

- одредити садржај тешких метала у земљишту дуж реке Колубаре;
- одредити садржај микроорганизама у земљишту дуж реке Колубаре;
- генерисати просторну расподелу проучаваних елемената (дистрибуције константованих и измерених елемената, загађивача, насељених и пољопривредних подручја, неискоришћених простора и водотокова);
- приказати хидрографску мрежу реке Колубаре и њених притока са аспекта загађења тешким металима и микроорганизмима;
- оптимизовати и дефинисати услове третмана земљишта применом високоенергетског јонизујућег зрачења, који ће дати најбоље резултате при уклањању загађујућих материја из земљишта.

Хипотетички оквир

Општа хипотеза је да су урбане, индустријске и експлоатационе активности у сливу реке Колубаре довеле до контаминације приобалног земљишта. Контаминирано земљиште може значајно угрозити здравље људи и животиња, а неподобно је и за развој пољопривреде у том крају због чега постоји потреба за санацијом приобалног земљишта слива реке Колубара и њених притока.

Посебне хипотезе:

- досадашња истраживања спроведена на подручју од интереса указују да постоји контаминација полутантима;
- контаминација није једнака на целој површини слива реке Колубаре;
- присуство тешких метала изнад граничне максималне и ремедијационе вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту прописаних регулативом;
- третман високоенергетским јонизујућим зрачењем може бити погодна метода за микробиолошку деконтаминацију земљишта и воде;
- примарни извор загађења полутатима су урбане средине (отпадне воде и муљ) и индустрија (копови угља и каменоломи).

3. Методе истраживања

Приликом израде докторске дисертације, поред опште научних метода анализе и синтезе, компарације, индукције и дедукције, коришћене су и специфичне методе теренских и лабораторијских испитивања:

- Прикупљање и обрада постојећег литературног материјала;
- Теренски испитивања на изабраним опсервационим тачкама (урбана и рурална насеља и индустријски објекти и) дуж реке Колубаре и притока; са лоцирањем, описом и фотографисањем
- За систематизацију просторних података коришћене су следеће методе: даљинска детекција, картографска идентификација, моделовање припремних карата, методе процене и мерења, географски информациони систем (ГИС) и картирање.;
- Узорковање плавног земљишта: Свака тачка узорковања добија своје име, координате и време узорковања и сет фотографија. Узорковање земљишта обављено је у сливу реке Колубаре, у периоду август–септембар 2020. године, на дубинама од 20 cm и 50 cm на 48 кључних локација
- У узорцима земљишта је одређен садржај тешких метала. Садржај Cd, Co, Pb, Ni, Cr и Cu у земљишту је анализиран AAS после дигестије у HF-HClO₄-HCl) а Zn, Hg As и Se узорци земљишта су растворени у HNO₃, HClO₄, H₂SO₄ и HCl.
- Иницијална контаминација узоркованог земљишта, као и садржај микроорганизама након излагања узорака гама зрачењу урађена је у акредитованој микробиолошкој лабораторији, у складу са Европском фармакопејом (European Pharmacopoeia) - Ph. Eur. 7.0 (2.6.12. – Микробиолошко испитивање нестерилних производа (укупан одржив аеробни број) и 2.6.13. – Микробиолошко испитивање нестерилних производа (испитивање специфичних микроорганизама);
- Озрачивање узорака гама зрачењем извршено је на Радијационој јединици Института за нуклеарне науке “Винча” у шаржном режиму. Као извор јонизујућег зрачења коришћен је радиоактивни изотоп Co-60;
- Контрола апсорбоване дозе зрачења извршена је помоћу етанол-монохлорбензена осцилотитраторским дозиметријским системом калибрисаним у референтној лабораторији за дозиметрију Risø High Dose Reference Laboratory у Данској.

4. Ограничења истраживања

Истраживања извршена у оквиру ове докторске дисертације имају одређена ограничења која се односе на број испитиваних узорака. Приобално земљиште је узорковано на 48 тачака дуж слива реке Колубаре и ове тачке су геореференциране и у узорцима је одређен садржај патогених микроорганизама. Ограничење се односи на даље анализе: за деконтаминацију су изабрани само узорци са детектованим повишеним присуство патогених микроорганизама. Што се тиче садржаја тешких метала он је анализиран на само 5 репрезентативних узорака на две дубине.

5. Кратак опис садржаја докторске дисертације

На основу предмета и циљева истраживања, докторска дисертација „Микробиолошка деконтаминација приобалног земљишта у сливу реке Колубаре применом високоенергетског јонизујућег зрачења“ садржи, поред извода на српском и енглеском језику, и следећа поглавља: Увод; Циљеви и хипотезе истраживања; Подручје и предмет истраживања; Методологија истраживања; Резултати и дискусија, Закључак, Литература, Прилози.

У Уводу се констатује значај испитивања стања приобалног земљишта са аспекта очувања животне средине и здравља људи. Као најзначајнији полутанти су одређени патогени микроорганизми (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) и тешки метали који најчешће имају антропогено порекло (индустрија и комуналне отпадне воде). Приказан је слив реке Колубаре у коме се налазе значајни индустријски објекти, рурална и урбана насеља као и развијена пољопривреда. Због тога је ово подручје изабрано као модел на коме се може применити иновативна методологија деконтаминације употребом јонизујућег зрачења.

У поглављу **Циљеви и хипотезе истраживања** су дати како је горе наведено.

У поглављу **Подручје и предмет истраживања** дат је детаљан преглед литературе везане за основне податке о сливу реке Колубаре (географски положај, демографски подаци, карактеристике климе – нарочито режим падавина и температура који је значајан за појаву поплава, према општинама којима административно припадају поједини делови испитиваног слива. Дат је и детаљан преглед геолошких и геоморфолошких карактеристика слива реке Колубаре као и хидролошке и хидрографске карактеристике реке Колубаре и најзначајнијих притока.

У другом делу овог поглавља је дат преглед примене јонизујућег зрачења, са фокусом на животну средину. Посебно су разматрани литературни подаци у вези примене високоенергетског јонизујућег зрачења у третману муљева који настају приликом биолошког пречишћавања комуналних отпадних вода и садрже патогене микроорганизме. Наглашено је да је саграђен већи број лабораторијских, полуиндустријских и индустријских постројења за стерилизацију овог муља која су показала изузетне перформансе. Посебно су разматрае примене јонизујућег зрачења на деконтаминацију димних гасова, комуналних отпадних вода и канализационог муља. Посебна пажња је посвећена санацији и стерилизацији земљишта, при чему је типично гама зрачење од 10 kGy елиминисало све микроорганизме, плесни и бескичмењаке у већини третираних земљишта.

Треба нагласити да се у поглављу **Методологија истраживања** врло детаљно описују сви методолошки поступци који су коришћени у истраживању. Приликом прикупљања података о простору употребљен је низ техника даљинске детекције (синтеза векторских и растерских података, израда карте на основу геореференцирања, ортофото снимака и дигиталног модела терена). За озрачивање узорака земљишта високоенергетским гама зрацима урађена је калибрација и утврђивање хомогености расподеле дозе апсорбованог зрачења озраченог материјала и детаљно описана методологија озрачења узорака у шаржном режиму. У микробиолошким анализама је детаљно описан поступак одређивања присуства плесни, *E. Coli*, *S. aureus* и *P. aeruginosa*.

Поглавље **Резултати и дискусија** садржи осам делова. Први се односи на Одређивање укупног броја микроорганизма у земљишту на 48 позиција дуж тока реке Колубаре узоркованом на дубини од 20 cm и 50 cm. Такође, дато је растојање сваке позиције узорковања од тачке формирања реке Колубаре. Укрштени су подаци о урбаним целинама и резултати указују да отпадне воде и муљеви из урбаних средина, индустрије и пољопривреде доприносе повећању бројности микроорганизма у сливу реке Колубаре.

Утицај различитих доза гама зрачења на укупан број микроорганизама утврђен је за кључних пет тачака узорковања (близу извора реке Колубаре, близу ушћа Колубаре у Саву и три тачке са већом контаминацијом). Доза зрачења од 3 kGu је довољна за уклањање свих патогених бактерија из земљишта, што је сагласно литературним подацима а 10 kGu довољно је за потпуну инактивацију микроорганизама и стерилизацију замљишта, при чему брзина дозе нема већег утицаја на инактивацију микроорганизама у земљишту. Утврђено је да је хомогеност апсорбоване дозе зрачења код кутије у режиму између 17 и 34%. Ова хомогеност је одређена густином производа. Сви производи су имали дебљину од 46 cm. Хомогеност узорака гама зрачења дебљине 2.6 cm и озрачених у контејнеру за брзо зрачење, с друге стране, креће се од 17 до 27%.

Положај места узорковања у односу на реку Колубару и урбане средине има благ утицај на количину плесни у земљишту. Садржај плесни се креће од 7000 до 25000 cfu/g у свим узорцима. Доза од 5 kGu довољна за потпуну инактивацију плесни у узорку земљишта.

Од садржаја тешких метала садржај кадмијума, бакра и живе превазилази граничне максималне вредности у свим испитиваним узорцима, а само садржај бакра (Cu) прелази ремедијационе вредности само у једној тачки узорковања. Дискутован је потенцијални извор ових тешких метала али на основу малог броја тачака на којима је анализирано приобално земљиште као и комплексности утицаја на екосистем није могуће одредити да ли је њихово порекло антропогено или природно али је доведено у везу са поплавама које су честе на овом подручју.

На крају овог поглавља дата је компарација конвенционалних метода за уклањање патогених микроорганизама из земљишта са методом примене гама зрачења са аспекта животне средине и оперативних трошкова примене.

У **Закључку** се наводи да је основна хипотеза да су урбане, индустријске и експлоатационе активности у сливу реке Колубаре довеле до контаминације приобалног земљишта је јасно доказана. Урбане средине су одговорне за контаминацију слива и приобалног замљишта дуж реке Колубаре микроорганизмима услед недостатка инфраструктуре и постројења за третман отпадних вода и муљева, јер већина урбаних средина у овом сливу не поседује постројења за обраду отпадних вода. Такође је потврђено да је бројност микроорганизама већа на дубини од 50 cm, са 39% у односу на дубину од 20 cm и 4%, што нам указује да загађење земљишта долази из подземних слојева и самог контакта са подземним водама контаминираних водотокова. Анализама је утврђено присуство три патогене бактерије (*E. coli*, *S. Aureus* и *P. aeruginosa*). Потврђено је да доза од 3 kGu уништава све патогене бактерије, 5 kGu инактивира плесан, а 10 kGu потпуно стерилише третирано земљиште. Такође, показало се да брзина дозе не игра значајну улогу у микробиолошкој деконтаминацији земљишта применом гама зрачења. Утврђено присуство патогених микроорганизама указује на неопходност изградње постројења за пречишћавање и третман отпадних вода и муља, а технологија високоенергетског јонизујућег зрачења би допринела спречавању даље дистрибуције патогених микроорганизама кроз слив реке Колубаре на самом месту настанка.

6. Очекивани резултати и научни допринос докторске дисертације

Неки од резултата докторске дисертације Вука Гајића су објављени у часопису категорије M23, а остатак је припремљен за објављивање у другом часопису више категорије, што представља научни допринос. Поред овога, прецизно одређене просторне карактеристике могу значајно допринети у даљим истраживањима, која ће омогућити даља унапређења знања из врло актуелне области управљања и заштите животне средине која повезује природне хазарде, антропогене утицаје на животну средину са методама деконтаминације, а све на примеру слива реке Колубаре. Сама метода деконтаминације приобалног земљишта високоенергетским зрачењем отвара

могућности примене како у пилот постројењима тако и на терену. Практични значај резултата се огледа у чињеници да су резултати јасно показали да су извори патогених микроорганизама у сливу реке Колубаре последица лошег управљања водним ресурсом и дат је предлог да се предложена метода деконтаминације примени на месту настанка проблема, односно на канализационим системима за отпадне воде градова и индустрије. Опште друштвени значај ове дисертације представља промоција иновативне методе деконтаминације земљишта контаминираним патогеним микроорганизмима, која се може применити на широком спектру екосистема.

7. Мишљење и предлог Комисије

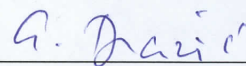
Докторска дисертација Вука Гајића – мастер урађена је у складу са раније одобреном пријавом и сва предвиђена истраживања су спроведена у складу са принципима добре праксе у лабораторијским и теренским истраживањима. Иако је кандидат за своју дисертацију изабрао актуелну тему, испоставило се да је њена обрада врло комплексна, тако да је приликом израде докторске дисертације употребио знања и вештине из више области науке о животној средини, а нарочито обраду просторних података повезану са резултатима лабораторијских испитивања. Структура рада је добро постављена и до краја испоштована тако да су сви постављени циљеви у потпуности испуњени, а постављене хипотезе јасно потврђене.

На основу напред наведеног, предлажемо Већу Департмана за последипломске студије да прихвати овај Извештај и омогући даљу процедуру за јавну одбрану докторске дисертације мастера **Вука Гајића**, под насловом „Микробиолошка деконтаминација приобалног земљишта у сливу реке Колубаре применом високоенергетског јонизујућег зрачења“.

Београд

12.09.2022.

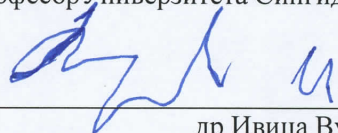
Чланови комисије:



проф. др Гордана Дражић,
редовни професор Универзитета Сингидунум



проф. др Јелена Миловановић,
редовни професор Универзитета Сингидунум



др Ивица Вујић,
научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“ у Београду