



Природно-математички факултет
Наставно-научно веће



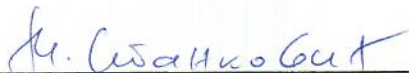
ДОПИС

са седнице Већа Катедре Института за биологију и екологију
одржане 08. 09. 2021. године

Веће катедре Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета у Крагујевцу на седници одржаној 08. 09. 2021. године разматрало је Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Сандре Грујић. Веће Катедре није дефинисало никакве примедбе и сагласно је да се процедура прихватања извештаја и одобравање одбране настави.

У Крагујевцу,
08. 09. 2021. године

Управник Института за биологију и екологију


Проф. др Милан Станковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ И
ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Сандре Грујић**

Веће за Природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу је на предлог Наставно-научног већа Природно математичког факултета (Одлука број 260/IX-1 од 26.05.2021. године), на седници одржаној 09.06.2021. године донело одлуку број IV-01-452/13 о именовању председника и чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“** кандидата Сандре Грујић, мастер биолога (ментор докторске дисертације је проф. др Александар Остојић, ванредни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, научна област Биологија, ужа научна област: Екологија, морфологија и заштита животне средине) у следећем саставу:

1. **др Ивана Теодоровић**, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине;
2. **др Ивана Радојевић**, доцент, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Микробиологија (председник комисије);
3. **др Ђурђа Керкез**, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине

Кандидат **Сандра Грујић**, мастер биолог, је сагласно Правилнику о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, доставила рукопис докторске дисертације под насловом **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“**. На основу приложене документације и рукописа, Комисија подноси Наставно-научном већу Природно-математичког факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Предмет истраживања обухвата утврђивање отпорности идентификованих микроорганизама који су изоловани из два различита типа отпадних вода. Тестирана је њихова способност да формирају појединачне и мешовите биофилмове, као и њихова отпорност и биосорпциона способност према изабраним загађивачима. Изабрани загађивачи су раствори тешких метала: Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} и Ni^{2+} , и пет основних боја из аутомобилске индустрије. Отпорност, а за изабране микроорганизме и биосорпциона ефикасност, је тестирана и у планктонској форми. Извршена је селекција микроорганизама према способности да успешно формирају биофилмове и њиховој отпорности и биосорпцији према изабраним загађивачима. Додатна селекција је извршена у корист најотпорнијих биофилмова и тражена је идеална комбинација микроорганизама који у оквиру биофилма успостављају синергистичке односе и формирају мешовити биофилм са великом отпорношћу и способношћу биосорпције ка изабраним загађивачима. Примењена методологија за селекцију најуспешнијих мешовитих биофилмова у уклањању тешких метала је тестирана и на лабораторијским сојевима из колекције са Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу и добијени резултати су упоређени. Исти принцип у тестирању је примењен и на изолатима из отпадних вода аутомобилске индустрије за уклањање комерцијалних аутоиндустријских боја.

Рукопис докторске дисертације, који је кандидат **Сандра Грујић** приложила, обухвата сва поглавља предвиђена оквирним садржајем докторске дисертације (Увод, Циљ истраживања, Материјал, Методе, Резултати и дискусија, Закључак, Литература и Прилози).

У поглављу **Увод** дат је преглед особина и биолошке улоге тешких метала у животној средини, као и њихова токсичност. Дата је дефиниција отпадних вода и њихов утицај на окружење, као и значај биолошког пречишћавања отпадних вода. Подробно је објашњен значај биоремедијације, као и фактори који утичу на њу. Наведене су одговарајуће стратегије које се могу спроводити и у *ex-situ* и у *in-situ* условима. У уводном делу су дате и основе о распрострањености микроорганизама у животној средини и њиховим способностима да се прилагоде различитим условима животне средине. Највише пажње је посвећено способности микроорганизама да формирају биофилм који представља сесилну заједницу микроорганизама који су иреверзибилно везани за чврсту површину и међусобом, помоћу екстрацелуларне полисахаридне супстанце коју су сами створили. Како се биофилм може састојати од различитих микроорганизама, као што су бактерије, диатомеје, гљиве, алге, протозое, као и нецелуларне материје (нпр. соли и муљ), наведени су различити односи микроорганизама унутар индивидуалних и мешовитих биофилмова, као и њихове интеракције у биофилмовима (као што су синергизам, антагонизам,

коегзистенција итд). Поред тога, дати су подаци о интеракцијама биофилма са другим организмима, као и интеракције микроорганизама и тешких метала. Наведени су и подаци о још увек недовољно познатом биодиверзитету микроорганизама у срединама контаминираним тешким металима. На крају уводног поглавља објашњен је значај биофилмова у пречишћавању отпадних вода.

У поглављу **Циљ истраживања** је дат основни циљ докторске дисертације: побољшање ефикасности уклањања органских и неорганских једињења применом изабраних врста аутохтоних микроорганизама из отпадних вода, у форми појединачног и/или мешовитих биофилмова у лабораторијским условима. Циљ је налажење најбоље комбинације микроорганизама који формирају биофилм и његове примене у уклањању изабраних полутаната.

Основни циљ рада спроведен је кроз низ појединачних циљева:

- Изолација и идентификација микроорганизама из два различита типа отпадних вода (комуналне и индустријске отпадне воде);
- Испитивање отпорности, а за неке микроорганизме и биосорпционе ефикасности, изабраних лабораторијских изолата као и идентификованих микроорганизама у планктонској животној форми на изабране полутанте (раствори тешких метала: Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} и Ni^{2+} и пет основних боја из аутомобилске индустрије);
- Тестирање способности изабраних лабораторијских изолата као и идентификованих микроорганизама да формирају појединачне и мешовите биофилмове;
- Селекција микроорганизама са добрим потенцијалом за формирање биофилма и тестирање отпорности индивидуалних биофилмова на изабране полутанте;
- Селекција најотпорнијих биофилмова и проналажење комбинације микроорганизама са најбољим карактеристикама који успостављају синергистичке односе и формирају мешовити биофилм;
- Тестирање отпорности мешовитих биофилмова према изабраним полутантима коришћењем полистиренских плоча и визуализација и валоризација добијених резултата коришћењем флуоресцентне микроскопије;
- Тестирање отпорности и биосорпционе ефикасности изабраних појединачних и мешовитих биофилмова према изабраним полутантима коришћењем модификоване лабораторијске методологије коришћењем АБМ медиа носача;
- Квантификација синергистичких односа микроорганизама у оквиру биофилма, кроз евалуацију брзине раста, динамике и густине биофилмова, испитивање синтезе деградационих ензима, кроз спектрофотометријско одређивање концентрације протеиназа, активности алкалне фосфатазе и липазе, као и одређивање резидуалне количине тешких метала у раствору UV и атомским пламеним спектрофотометром;
- Тестирање примењене биофилм методологије на АБМ медиа носачима за селекцију најуспешнијих мешовитих биофилмова у уклањању изабраних полутаната на лабораторијским врстама из колекције Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу;
- Тестирање и примена исте биофилм методологије за селекцију најуспешнијих мешовитих биофилмова у уклањању полутаната на изабраним изолатима из отпадних вода аутомобилске индустрије ка уклањању комерцијалних аутоиндустријских боја.

У поглављу **Материјал** наведени су апарати и инструменти који су употребљавани приликом израде ове докторске дисертације са њиховим називима и наменом, као и списак хемикалија и хранљивих подлога које су коришћене за култивацију и изоловање микроорганизама.

У поглављу **Методe** наведена је припрема радних раствора тестираних супстанци (тешких метала и аутоиндустријских боја). Детаљно је објашњена процедура узорковања, изолације и идентификација микроорганизама из отпадних вода, као и формирање биофилмова и њихова квантификација. У наредном делу овог поглавља објашњена је процедура тестирања отпорности и квантификација планктонских ћелија и биофилмова (индивидуалних и мешовитих) на присуство тестираних супстанци. Иза овога је део у којем је наведена процедура одређивања ензимске активности изолованих микроорганизама из отпадних вода. Посебно потпоглавље је Флуоресцентна микроскопија која је коришћена за евалуацију и визуелизацију утицаја тешких метала и аутоиндустријских боја на биофилмове (бактерије и квасци) према методама Kronvall и Myhre (1977) и Harrison et al. (2006) и дат је приказ коришћених боја и упутство за употребу. На крају поглавља Методе је наведено шта је све коришћено за статистичку анализу добијених података.

Поглавље **Резултати и дискусија** садржи преглед добијених резултата који су приказани табеларно или графички, као и разматрање тих резултата уз коришћење великог броја литературних података. Прво је дат преглед коришћених, изолованих и идентификованих врста микроорганизама и резултати способности лабораторијских изолата и микроорганизама изолованих из отпадних вода да формирају биофилмове, како појединачне, тако и мешовите. Дискутована је отпорност и биосорпциона ефикасност лабораторијских изолата према тестираним тешким металима, а затим и за микроорганизме изоловане из постројења за прераду отпадних вода. Дискутована је и отпорност и биосорпциона ефикасност према тестираним аутоиндустријским бојама изабраних изолата, као и њихова синтеза деградационих ензима. Продискутовани су и резултати добијени применом флуоресцентне микроскопије и приложен је већи број слика које су добијене на тај начин. Завршни део овог поглавља је означен као Разматрање резултата у којем су на обједињени резултати и њихова разматрања.

Поглавље **Закључци** задржи закључке изведене на основу резултата истраживања спроведених у овој докторској дисертацији, при чему су приказани као три групе закључака (Испитивање идентификованих изолата из комуналне отпадне воде и тестирање њихове способности да уклањају тешке метале изведено у полистиренским плочама и модификованом методологијом на АБМ медиа носачима; Испитивање и тестирање лабораторијских изолата из колекције Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу; Испитивање и тестирање идентификованих изолата из комуналне отпадне воде и њихова способност да уклањају комерцијалне аутоиндустријске боје).

Поглавље **Литература** садржи списак од 365 библиографских јединица које су цитиране у тексту докторске дисертације, што уједно говори и о комплексности и актуелности проблематике у овом раду.

У поглављу **Прилози** су дате листе са спецификацијом коришћених аутоиндустријских боја.

Дисертација садржи и Абстракт на српском и енглеском језику, Листу слика, Листу графика, Листу табела, Листу скраћеница, Биографију и приложене прве стране научних радова у којима су публиковани резултати докторске дисертације, Изјаву аутора о оригиналности докторске дисертације, Изјаву аутора о искоришћавању докторске дисертације.

2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација **Сандре Грујић** под насловом: „**Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода**“ је из научне области Биологија, односно уже научне области Екологија, биогеографија и заштита животне средине.

Предмет истраживања ове докторске дисертације су изолација и идентификација микроорганизама из постројења за пречишћавање отпадних вода у Цветојевцу и Фиат постројењу, тестирање њихове способности формирања биофилмова и отпорности према специфичним полутантима тих отпадних вода, као и одређивање њихове ефикасности у уклањању истих. Све наведено рађено је у циљу налажења најбоље комбинације микроорганизама који формирају биофилм и његове примене у уклањању изабраних полутаната ради потенцијалне примене у процесу пречишћавања отпадних вода. Тестирана је њихова способност да формирају појединачне и мешовите биофилмове, као и њихова отпорност и биосорпциона способност према изабраним полутантима. Изабрани полутанти су раствори тешких метала: Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} и Ni^{2+} , и пет основних боја из аутомобилске индустрије. Отпорност, а за неке микроорганизме и биосорпциона ефикасност, је тестирана и у планктонској форми. Извршена је селекција микроорганизама према способности да успешно формирају биофилмове и њиховој отпорности и биосорпцији према изабраним полутантима. Додатна селекција је извршена у корист најотпорнијих биофилмова и тражена је идеална комбинација микроорганизама који у оквиру биофилма успостављају синергистичке односе и формирају мешовити биофилм са великом отпорношћу и способношћу биосорпције ка изабраним полутантима.

Студије спроведене последњих година најчешће су са циљем да се пронађу што ефикаснији микробиолошки биофилмови ради примене у уклањању једињења тешких метала са апликативном и комерцијалном применом у пречишћавању отпадних вода. Способност микроорганизама да формирају биофилм омогућава им опстанак у условима у којима планктонски облици истих врста не би могли да се развијају. У циљу креирања ефикаснијег биолошког третмана отпадних вода, важно је одредити микробиолошки састав отпадних вода и идентификовати сојеве који метаболишу органска једињења. Загађена

станишта су извор неидентификованих и специфичних микроорганизама. Овакве средине су са смањеним диверзитетом, због често екстремних услова станишта, али и са популацијама микроорганизама отпорним на полутанте. Оваква својства микроорганизама омогућавају ефикаснију прераду тих отпадних вода и зато је најпрактичније употребити микроорганизме изоловане из средине која треба да буде деконтаминирана. Због тога је и рађена изолација и идентификација микроорганизама из постројења за пречишћавање отпадних вода у Цветојевцу и Фиат постројењу (FCA), тестирање њихове способности формирања биофилмова и отпорности према специфичним полутантима тих отпадних вода, као и одређивање њихове ефикасности у уклањању истих. Све наведено рађено је у циљу налажења најбоље комбинације микроорганизама који формирају биофилм и његове примене у уклањању изабраних полутаната ради потенцијалне примене у процесу пречишћавања отпадних вода.

За формирање индивидуалних и мешовитих биофилмова, у овој дисертацији, коришћене су микротитарске плоче, МВЕС™ – НТР тест и АМВ Media биофилм носачи. АМВ Media носачи су били погодни за формирање биофилмова из практичних разлога – већа површина за продукцију биофилма и већа површина за апсорпцију једињења метала. Ови носачи се користе у третманима постројења за пречишћавање отпадних вода, што је још један разлог њихове употребе.

Највећи број изолованих и идентификованих микроорганизама из постројења Система за пречишћавање отпадних вода „Цветојевац“ су показали способност формирања биофилма. Микроорганизми са најбољом продукцијом биофилма (*Enterobacter cloacae* PMFKG-CV3, *Serratia odorifera* PMFKG-CV7, *Saccharomyces cerevisiae* PMFKG-CV10 и *Klebsiella oxytoca* PMFKG-CV4) су показали и највећу отпорност на тестиране метале и они су даље тестирани и на формирање мешовитих биофилмова. Мешовити биофилм кога чине *K. oxytoca/S. odorifera/S. cerevisiae* показао је највећу отпорност у присуству свих тестираних метала. Бољу способност уклањања тешких метала из раствора показали су мешовити биофилмови у односу на индивидуалне. Из раствора је од метала најбоље уклањан бакар. На сличан начин тестирани су лабораторијски изолати *E. coli* LM1, *Rhodotorula mucilaginosa* и *Saccharomyces bulardii* из колекције Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу и резултати су упоређени. Индивидуални биофилмови, као и мешани биофилм, показују изузетно велики биосорпциони потенцијал. Количина апсорбованих метала код индивидуалних биофилмова је за нијансу мања у односу на мешовити. Направљен је и мешовити биофилм од изолата из отпадне воде са најбољим карактеристикама *E. cloacae* и *R. mucilaginosa* који није испољио очекивано већу отпорност ка тестираним металима. Исте методе примењене су код тестирања за уклањање комерцијалних аутоиндустријских боја. Сви тестирани биофилмови су показали знатно већу отпорност у присуству свих тестираних супстанци у односу на планктонске ћелије. Резултати су потврђени флуоресцентом микроскопијом. Сви тестирани биофилмови показали су слабе ензимске активности чији су резултати добијени испитивањем синтезе деградационих ензима, кроз спектрофотометријско одређивање концентрације протеиназа,

активности алкалне фосфатазе и липазе.

Истраживање је утврдило да различите врсте аутохтоних микроорганизама изолованих из отпадних вода у форми појединачног и/или мешовитих биофилмова имају значајно већи потенцијал од планктонског облика исте врсте у отклањању различитих органских или неорганских полутаната. Из тог разлога могу да послуже као адекватни биосорбенти за пречишћавање отпадних вода различитог порекла. Показано је да коришћена методологија има потенцијал да се примени на различитим отпадним водама, али и да одређени изолати из природе, који нису аутохтоно са места загађења тестираних супстанци, такође могу ефикасно послужити у исте сврхе. Све наведено указује на потенцијал за даљу примену у биолошком пречишћавању отпадних вода.

На основу актуелности испитане проблематике и резултата приказаних у оквиру докторске дисертације кандидата **Сандре Грујић**, Комисија је закључила да ова докторска дисертација представља значајан допринос у ужој научној области Екологија, биогеографија и заштита животне средине.

3. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Имајући у виду доступне литературне податке из области поднетог рукописа докторске дисертације, као и предмет, хипотезе, образложене циљеве и резултате истраживања, Комисија је утврдила да је докторска дисертација под насловом: **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“** резултат оригиналног научног рада кандидата, што потврђује и позитиван извештај ментора о провери оригиналности докторске дисертације према члану 5. Одлуке о изменама и допунама Правилника о поступку провере на плагијаризам, који је написан на основу Извештаја о провери на плагијаризам број IV-01-610/2 од 2. 8. 2021. године који је Факултету доставио Универзитет у Крагујевцу.

4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидат **Сандра Грујић**, мастер биолог, бави се научно-истраживачким радом из уже научне области Екологија, биогеографија и заштита животне средине. Резултати научно-истраживачког рада кандидата Сандре Грујић публиковани су у виду 14 библиографских јединица: четири рада у међународним часописима са SCI листе (M22-2, M23-2), једног рада у водећем часопису националног значаја (M51), три рада у домаћем часопису националног значаја (M52), два саопштења на међународним скуповима штампана у изводу (M34-2), два саопштења са скупа националног значаја штампано у целини (M63) и два саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64).

Библиографски подаци кандидата Сандре Грујић

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

Radojević, I.D., **Grujić, S.M.**, Ranković, B.R., Čomić, Lj.R., Ostojić, A.M. (2019): Single-species biofilms from autochthonous microorganisms: biotechnological potential in automotive wastewater treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, DOI.org/10.1007/s13762-019-02265-y. ISSN 1735-1472. M22, IF (2019) = 2.540.

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Comparison of the *Rhodotorula mucilaginosa* biofilm and planktonic culture on heavy metal susceptibility and removal potential. *Water Air and Soil Pollution*, 228:73, DOI 10.1007/s11270-017-3259-y. ISSN 0049-6979. IF (2016) = 1.702.

Рад у међународном часопису (M23)

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Heavy metal tolerance and removal potential in mixed-species biofilm. *Water, science and technology* 76(4), 806-812, DOI: 10.2166/wst.2017.248. ISSN 0273-1223. IF (2016) = 1.197.

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Topuzović, M. D. (2015). Antimicrobial and antibiofilm activities of secondary metabolites from *Vinca minor* L. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 51, 572-578. ISSN 0003-6838. IF (2015) = 0.671.

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

Grujić, S.M., Radojević, I.D., Vasić M. Sava, Čomić, Lj.R., Ostojić, A.M. (2018): Heavy metal tolerance and removal efficiency of the *Rhodotorula mucilaginosa* and *Saccharomyces boulardii* planktonic cells and biofilm. *Kragujevac Journal of Science*, 40, 217-226. ISSN 1450-9636. UDC 579.26:582.285.2+.232: 546.47+.48+.74

Научни рад објављен у часопису националног значаја (M52)

Grujić, S. M., Radević, S., Radojević, I. D., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Difference in influence of commercial industrial paints on microbial biofilms and planktonic cells. *Kragujevac Journal of Science*, 39, 145-156. ISSN 1450-9636.

Buzejić, A., **Grujić, S.M.**, Radojević, I.D., Ostojić, A., Čomić, L.R., Vasić, S.M. (2016). Pb and Hg heavy metal tolerance of single- and mixed-species biofilm (*Rhodotorula mucilaginosa* and *Escherichia coli*). *Kragujevac Journal of Science*, 38, 115-124. ISSN 1450-9636.

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Topuzović, M. D. (2014). Antimicrobial activity and some phytochemical analysis of two extracts *Vinca minor* L. Kragujevac Journal of Science, 36, 145-154. ISSN 1450-9636.

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу (M34)

Radojević, I. D., **Grujić, S. M.,** Vasić, S. M., Čomić, L. R., Topuzović, M. D. (2014). Antimicrobial activity and some phytochemical analysis of two *Vinca minor* L. Extracts. V Congress of Macedonian microbiologists with international participation, Book of abstracts, supl. 8, 28-31. May 2014. Ohrid, R. Macedonia.

Grujić, S., Radojević, I., Ostojić, A., Čomić Lj., Vasić, S. (2016). Heavy metal tolerance of single and mixed-species biofilms. Biofilms 7, Poster session 2 (Topic: Biofilms, Industry and Energy) P2: 10. 26-28 June 2016. Porto, Portugal. Biofilms7 – Microbial Works of Art, Book of abstracts; pp. 87; Publisher: Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biologica; ISBN: 978-989-97478-7-6.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

Ostojić, A., **Grujić, S.,** Simić, Z., Radojević, I. (2020): Uticaj odabranih teških metala na plankton i biofilmove mikroorganizama izolovanih iz otpadnih voda. Zbornik radova XXV Savetovanja o biotehnologiji, sa međunarodnim učešćem, 119-124. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku. ISBN 978-86- 87611-73-3.

Grujić, S., Radojević, I., Čomić, Lj., Ostojić, A. (2017). Izolacija, identifikacija i sposobnost formiranja biofilma mikroorganizama iz postrojenja za preradu otpadnih voda. Zbornik radova Konferencije „Zaštita voda 2017“, 343-35. Vršac. ISBN 978-86-916753-4-9. UDK: 628.316:579.836(497.113).

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

Radojević, I., Ostojić, A., Čomić, Lj., Simić, Z., **Grujić, S.** (2018): Tolerancija i potencijal za uklanjanje teških metala biofilmova mikroorganizama izolovanih iz postrojenja za preradu otpadnih voda. Drugi kongres biologa Srbije, Kladovo, Srbija 25-30.09.2018. Zbornik radova, Izdavač Srpsko biološko društvo, Beograd 325 str., str 107

Grujić, S., Vasić, S., Radojević, I., Čomić, Lj., Ostojić, A. (2015). Uticaj teških metala na rast i toleranciju slobodnoživećih ćelija i biofilma odabranih vrsta kvasaca. Knjiga apstrakata Okrugli sto „Značaj studija zaštite životne sredine u zaštiti voda“ WWF 2015, 19-20. Univerzitet u Novom Sadu, PMF Novi Sad.

5. **Оцена о испуњености обима и квалитета докторске дисертације у односу на пријављену тему**

На основу прегледаног рукописа докторске дисертације Комисија је утврдила да планирани обим и циљеви истраживања, научни садржај рада, предмет и примењена методологија, као и представљени резултати и њихов значај са становишта актуелности у области Биологије, у потпуности одговарају пријављеној теми „**Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода**“, а добијени резултати представљају и оригинални научни допринос у ужој научној области Екологија, биогеографија и заштита животне средине.

6. **Научни резултати докторске дисертације**

Резултати научно-истраживачког рада кандидата у оквиру теме докторске дисертације под насловом „**Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода**“ публиковани су у виду 11 библиографских јединица, и то три рада у научним часописима са SCI листе (M22-2, M23-1), три рада у националним часописима (M51-1, M52-2), једног саопштења на међународном скупу штампано у целини (M33), два саопштења на националном скупу штампано у целини (M63) и два саопштења на националним скуповима штампаним у изводу (M64).

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

Radojević, I.D., **Grujić, S.M.**, Ranković, B.R., Čomić, Lj.R., Ostojić, A.M. (2019): Single-species biofilms from autochthonous microorganisms: biotechnological potential in automotive wastewater treatment. International Journal of Environmental Science and Technology, DOI.org/10.1007/s13762-019-02265-y. ISSN 1735-1472. M22, IF (2019) = 2.540.

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Comparison of the *Rhodotorula mucilaginosa* biofilm and planktonic culture on heavy metal susceptibility and removal potential. Water Air and Soil Pollution, 228:73, DOI 10.1007/s11270-017-3259-y. ISSN 0049-6979. IF (2016) = 1.702.

Рад у међународном часопису (M23)

Grujić, S. M., Radojević, I. D., Vasić, S. M., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Heavy metal tolerance and removal potential in mixed-species biofilm. Water, science and technology 76(4), 806-812, DOI: 10.2166/wst.2017.248. ISSN 0273-1223. IF (2016) = 1.197.

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

Grujić, S.M., Radojević, I.D., Vasić M. Sava, Čomić, Lj.R., Ostojić, A.M. (2018): Heavy metal tolerance and removal efficiency of the *Rhodotorula mucilaginosa* and *Saccharomyces boulardii* planktonic cells and biofilm. *Kragujevac Journal of Science*, 40, 217-226. ISSN 1450-9636. UDC 579.26:582.285.2+.232: 546.47+.48+.74

Научни рад објављен у часопису националног значаја (M52)

Grujić, S. M., Radević, S., Radojević, I. D., Čomić, L. R., Ostojić, A. (2017). Difference in influence of commercial industrial paints on microbial biofilms and planktonic cells. *Kragujevac Journal of Science*, 39, 145-156. ISSN 1450-9636.

Buzejić, A., **Grujić, S.M.**, Radojević, I.D., Ostojić, A., Čomić, L.R., Vasić, S.M. (2016). Pb and Hg heavy metal tolerance of single- and mixed-species biofilm (*Rhodotorula mucilaginosa* and *Escherichia coli*). *Kragujevac Journal of Science*, 38, 115-124. ISSN 1450-9636.

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу (M34)

Grujić, S., Radojević, I., Ostojić, A., Čomić Lj., Vasić, S. (2016). Heavy metal tolerance of single and mixed-species biofilms. *Biofilms 7*, Poster session 2 (Topic: Biofilms, Industry and Energy) P2: 10. 26-28 June 2016. Porto, Portugal. *Biofilms7 – Microbial Works of Art*, Book of abstracts; pp. 87; Publisher: Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biologica; ISBN: 978-989-97478-7-6.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

Ostojić, A., **Grujić, S.**, Simić, Z., Radojević, I. (2020): Uticaj odabranih teških metala na plankton i biofilmove mikroorganizama izolovanih iz otpadnih voda. *Zbornik radova XXV Savetovanja o biotehnologiji, sa međunarodnim učešćem*, 119-124. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku. ISBN 978-86- 87611-73-3.

Grujić, S., Radojević, I., Čomić, Lj., Ostojić, A. (2017). Izolacija, identifikacija i sposobnost formiranja biofilma mikroorganizama iz postrojenja za preradu otpadnih voda. *Zbornik radova Konferencije „Zaštita voda 2017“*, 343-35. Vršac. ISBN 978-86-916753-4-9. UDK: 628.316:579.836(497.113).

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

Radojević, I., Ostojić, A., Čomić, Lj., Simić, Z., **Grujić, S.** (2018): Tolerancija i potencijal za uklanjanje teških metala biofilmova mikroorganizama izolovanih iz postrojenja za preradu

otpadnih voda. Drugi kongres biologa Srbije, Kladovo, Srbija 25-30.09.2018. Zbornik radova, Izdavač Srpsko biološko društvo, Beograd 325 str., str 107

Grujić, S., Vasić, S., Radojević, I., Čomić, Lj., Ostojić, A. (2015). Uticaj teških metala na rast i toleranciju slobodnoživećih ćelija i biofilma odabranih vrsta kvasaca. Knjiga apstrakata Okrugli sto „Značaj studija zaštite životne sredine u zaštiti voda“ WWF 2015, 19-20. Univerzitet u Novom Sadu, PMF Novi Sad.

7. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Сандре Грујић под називом **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“** су показали да највећи број изолованих и идентификованих микроорганизама из оба типа отпадних вода (комуналне отпадне и индустријске воде) испољио способност формирања биофилмова. Издвојени су микроорганизми који су најефикасније уклањали органска и неорганска једињења и установљене су најуспешније комбинације микроорганизама за уклањање истих.

Истраживање је утврдило да различите врсте аутохтоних микроорганизама изолованих из отпадних вода у форми појединачног и/или мешовитих биофилмова имају значајно већи потенцијал од планктонског облика исте врсте у отклањању различитих органских или неорганских полутаната. Из тог разлога могу да послуже као адекватни биосорбенти за пречишћавање отпадних вода различитог порекла. Показано је да коришћена методологија има потенцијал да се примени на различитим отпадним водама, али и да одређени изолати из природе, који нису аутохтоно са места загађења тестираних супстанци, такође могу ефикасно послужити у исте сврхе. Коришћена модификована методологија на АБМ медиа носачима је адекватна за овакву врсту испитивања јер балансира између потребне лабораторијске прецизности и применљивости у реалним оквирима. Овако модификована методологија има потенцијал да се примени на различитим отпадним водама.

Изолати из Цветојевца, који су најуспешније формирали биофилм, како појединачни тако и мешовити (у комбинацији), су: *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca*, *Serratia odorifera* и *Saccharomyces cerevisiae*-тип 2. Ово је прво истраживање које је показало да *Enterobacter cloacae* како појединачно, тако и у одређеним комбинацијама са другим микроорганизмима, може успешно да се примени у третману вода које у себи садрже и високе и ниске концентracије неких тешких метала.

Показано је да врсте које имају слабу продукцију биофилма су и осетљивије на утицај тешких метала. Успешан начин живота микроорганизама, у оквиру биофилма, зависи од формирања нових структура и нових особина које настају током процеса формирања биофилма.

Истраживање ензимске активности тестираних микроорганизама је показало да испитивани микроорганизми имају метаболички и физиолошки потенцијал да буду одговорни за биолошку разградњу испитиваних супстанци.

Резултати ове дисертације указују на способност микроорганизама да формирају биофилм индивидуално и у комбинацији у присуству тестираних метала и аутобоја. На основу података о микроорганизмима који настајују одређену животну средину, као и на основу механизма детоксикације које микроорганизми у биофилму користе за повећање њихове отпорности и смањење токсичности загађујућих материја, могуће је развити ефикасне, еколошки прихватљиве и економски исплативе биофилтре за уклањање циљних полутаната из околине. Ово истраживање је спроведено у лабораторијским условима и потребно је наставити га у постројењима како би се применило у третману отпадних вода.

8. Начин презентовања резултата научној јавности

Резултати научно-истраживачког рада кандидата представљени су у оквиру докторске дисертације под насловом **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“**, као и у виду научних радова публикованих у међународним часописима и зборницима са научних скупова. Текст докторске дисертације садржи осам поглавља и укључује 29 слика, 18 графика, 28 табела и литературу коју чини 365 библиографских јединица.

Резултати ће бити презентовани и на јавној одбрани докторске дисертације, након прихватања овог извештаја од стране Наставно-научног већа Природно-математичког факултета и Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу прегледаног рукописа и достављеног материјала, Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата **Сандре Грујић**, мастер биолога, под насловом **„Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода“** проистекла из оригиналног научно-истраживачког рада и да је заснована на савременим научним сазнањима са фундаменталним теоријским значајем у науци и широком потенцијалном применом у пракси. Квалитет научних резултата ове докторске дисертације верификован је њиховом публикацијом у облику три рада у научним часописима са SCI листе (M22-2, M23-1), три рада у националним часописима (M51-1, M52-2), једног саопштења на међународном скупу штампано у целини (M33), два саопштења на националном скупу штампано у целини (M63) и два саопштења на националним скуповима штампаним у изводу (M64).

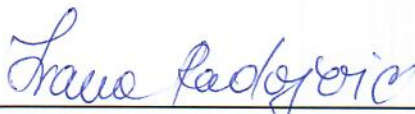
публикацијом у облику три рада у научним часописима са SCI листе (M22-2, M23-1), три рада у националним часописима (M51-1, M52-2), једног саопштења на међународном скупу штампано у целини (M33), два саопштења на националном скупу штампано у целини (M63) и два саопштења на националним скуповима штампаним у изводу (M64).

Комисија сматра да су испуњени сви научни, стручни и административни услови за прихватање наведене докторске дисертације као оригиналног научног рада. На основу наведених чињеница, предлажемо Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати докторску дисертацију кандидата **Сандре Грујић** под насловом „**Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода**“ и спроведе даљу процедуру у циљу одобравања одбране докторске дисертације.

Чланови комисије



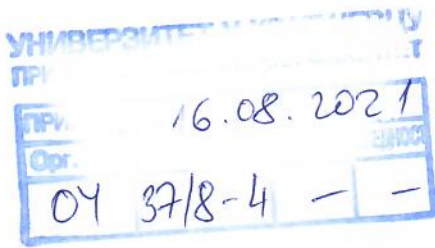
др **Ивана Теодоровић**, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине;



др **Ивана Радојевић**, доцент, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Микробиологија (председник комисије);



др **Ђурђа Керкез**, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ОЦЕНА МЕНТОРА О ИЗВЕШТАЈУ О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ ОДНОСНО ДОКТОРСКОГ УМЕТНИЧКОГ ПРОЈЕКТА

НАЗИВ ДИСЕРТАЦИЈЕ	Карактеризација биофилмова и процена њихове ефикасности у уклањању полутаната у биолошком третману отпадних вода	
Кандидат	Сандра Грујић	
Ментор	Проф. др Александар Остојић	
Датум пријема потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта	12. 8. 2021.	

1. Као ментор предложене докторске дисертације, изјављујем да је горе наведена докторска дисертација оригинално дело, тј. да представља резултат рада докторанткиње Сандре Грујић.
2. Као ментор предложене докторске дисертације изјављујем да је у горе наведеној дисертацији поштована академска правила планирања и навођења извора, што потврђује и попис литературе који садржи 365 референци правилно цитираних у тексту.
3. Софтвером за проверу оригиналности утврђено је да у дисертацији подударане текста износи 11%. Овај степен подударности је највећим делом последица цитата из коришћене литературе, употребе латинских назива идентификованих микроорганизама, општих података о кандидату и Факултету, као и цитираних података из радова које је ауторка публиковала и који се налазе у прилозима дисертације. Будући да највећи делови дисертације немају подударане са текстовима других аутора и представљају резултат оригиналног рада докторанткиње, изјављујем да аутоматском претрагом није утврђено постојање плагијаризма.;

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 7. Правилника о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити (позитивна оцена).

Датум

16. 8. 2021.

ПОТПИС МЕНТОРА


Проф. др Александар Остојић

Већу катедре Института за биологију и екологију

Predmet: Мишљење руководиоца DASB, о Извештају комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Sandre Grujić**

На основу увида у писани материјал Извештаја комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Sandre Grujić** под насловом: „**Karakterizacija biofilmova i procena njihove efikasnosti u uklanjanju polutanata u biološkom tretmanu otpadnih voda**“ у саставу: **dr Ivana Teodorović**, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине; **dr Ivana Radojević**, доцент, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Микробиологија (председник комисије) и **dr Đurđa Kerkez**, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, ужа научна област: Заштита животне средине, - дајем позитивно мишљење на садржај Извештаја

Руководилац DASB


dr Vladica Simić, редовни професор

У Крагујевцу

02. 09. 2021.