

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/119
(Број захтева)
30. 5. 2025.
(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације::

КАНДИДАТ **Јелена (Драгомир) Стојаковић**
(девојачко Лукић)
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: **Инжењерство заштите животне средине**
пријавио је докторску дисертацију под називом:

Развој и примена LC/MS-MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама

из научне области: **Инжењерство заштите животне средине**
Универзитет је дана 31. 8. 2021. својим актом под бр. 61206-3208/2-21 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Развој и примена LC/MS-MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама

Име и презиме ментора: др Антоније Оњиа, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.
Име и презиме ментора 2: др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 6. 2. 2025. одлуком факултета под бр. 35/18, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Маја Болић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
2.	Др Владимир Павићевић	ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
3.	Др Татјана Тртић-Петровић	научни саветник	Хемија	ИНН „Винча“

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 31. 3. 2025.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 27. 5. 2025.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **27. 5. 2025.**

одлуком факултета под бр. 35/120, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Маја Болић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
2.	Др Владимир Павићевић	ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
3.	Др Татјана Тртић-Петровић	научни саветник	Хемија	ИНН „Винча“

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Студент је уписан на докторске студије школске 2018/2019. године.

Решењем декана бр. 20/227 од 29. 10. 2024. одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30. 9. 2027. године

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор

-
- Прилози:**
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/227

29 OCT 2024

год.

БЕОГРАД

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Јелена Стојаковић**, број индекса 2018/4011, уписана у прву годину докторских академских студија школске 2018/2019 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30.09.2027 године.

Деканка
Za S. / cu h e
Проф. др Мирјана Кијевчанин



На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 27. 5. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Татјана Тртић-Петровић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке "Винча", Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“** коју је поднела **Јелена Стојаковић**, мастер инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јелене Стојаковић, под називом **„Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“** Одлуком број: 61206-3208/2-21 од 31. 8. 2021. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **J. Lukić**, J. Radulović, M. Lučić, T. Đurkić, A. Onjia "Chemometric optimization of solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry and probabilistic risk assessment of UV filters in an urban recreational lake", *Frontiers in Environmental Science*, 10, 916916, 2022. (IF 2022 = 6.7) (ISSN: 2296-665X) (DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.916916>)

Категорија M23:

1. **J. Lukić**, T. Đurkić, A. Onjia "Dispersive liquid-liquid microextraction and Monte Carlo simulation of margin of safety for octocrylene, EHMC, 2ES, and homosalate in sunscreens", *Biomedical Chromatography*, 37, e5590, 2023. (IF 2023 = 1.8) (ISSN: 0269-3879) (DOI: <https://doi.org/10.1002/bmc.5590>)

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, менторима, Служби за наставно-студентске послове и Архиви факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. и 42. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 27. 5. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Јелене Стојаковић**, мастер инжењера технологије, са темом под називом „**Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама**“, у саставу:

1. Др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Татјана Тртић-Петровић, научни саветник, Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке "Винча", Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, Служби за наставно-студентске послове и Архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Јелене Д. Стојаковић, мастер инжењера технологије

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, бр. 35/18 од 06.02.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Јелене Д. Стојаковић (рођене Лукић), под насловом:

„Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Школске **2018/2019.** године Јелена Д. Стојаковић, мастер инжењер технологије, уписала је докторске академске студије, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине, на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду.
- **21. јуна 2021.** године Јелена Д. Стојаковић је предложила тему докторске дисертације под називом: „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“.
- **29. јуна 2021.** године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је одлука (бр. 35/149) о именовању чланова Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Јелене Д. Стојаковић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом: „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“.
- **08. јула 2021.** године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитет у Београду, донета је одлука (бр. 35/179) о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње за израду докторске дисертације под називом: „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“, а за менторе ове докторске дисертације су именовани др Татјана Ђуркић и др Антоније Оњиа, редовни професори Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

- **31. августа 2021.** године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јелене Д. Стојаковић под називом: „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“ (одлука бр. 61206-3208/2-21).
- **29. октобра 2024.** године одобрено је продужење рока за завршетак докторских студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30.09.2027. године (решење бр. 20/227).
- **06. фебруара 2025.** године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је одлука (бр. 35/18) о именовању чланова Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Јелене Д. Стојаковић, мастер инжењера технологије, под називом: „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“ у саставу др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и Др Татјана Тртић-Петровић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Институт од националног значаја за Републику Србију.

1.2. Научна област дисертације

Тема ове докторске дисертације припада научној области **Инжењерство заштите животне средине** за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За менторе ове докторске дисертације именовани су др Татјана Ђуркић и др Антоније Оџија, редовни професори Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, који испуњавају све неопходне услове да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Д. Стојаковић (рођ. Лукић), мастер инжењер технологије, је рођена 20.12.1994. године у Панчеву. Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине, уписала је школске 2013/14. године. Основне студије завршила је 2017. године са просечном оценом 8,76/10.

Мастер академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине, уписала је 2017. године, а завршила их је 2018. године са просечном оценом 9,14/10.

Школске 2018/19. године уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, смер Инжењерство заштите животне средине, под руководством ментора др Татјане Ђуркић и др Антонија Оџије, редовних професора Технолошко-металуршког факултета. На докторским студијама је положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,33/10 и одбранила завршни испит.

Од марта 2019. године запослена је у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета. Била је ангажована на пројекту Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије под називом „Развој и примена метода и материјала за мониторинг нових загађујућих материја и тешких метала“ (евиденциони бр. ОИ 172007) до 31.12.2019. Од јануара 2020. године до данас ангажована је на пројектним задацима у оквиру институционалног финансирања истраживања од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација под бројевима 451-03-68/2020-14/200287, 451-03-9/2021-14/200287, 451-03-68/2022-14/200287, 451-03-47/2023-01/200287 и 451-03-66/2024-03/200287. Од новембра

2022. године до јануара 2025. године била је ангажована као члан тима на пројекту „Serbian Industrial Waste towards Sustainable Environment: Resource of Strategic Elements and Removal Agent for Pollutants” (бр. 7743343) у оквиру програма „ИДЕЈЕ”.

Школске 2019/2020. године била је ангажована за извођење лабораторијских вежби из предмета Контрола квалитета ваздуха и воде, а током школске 2020/2021. године за извођење лабораторијских вежби из предмета Контрола квалитета ваздуха и воде и Аналитичка хемија на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду.

Из досадашњих истраживања публиковала је седам научних радова међународним часописима категорије M20, од чега пет научних радова у врхунским међународним часописима категорије M21, један научни рад у истакнутом међународном часопису категорије M22, један научни рад у међународном часопису категорије M23, као и два научна рада у врхунским часописима националног значаја категорије M51. Такође, Јелена Д. Стојаковић је аутор и коаутор дванаест саопштења са међународних и националних скупова.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертације Јелене Д. Стојаковић под називом „Развој и примена LC-MS/MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“ написана је на 90 страна куцаног текста формата А4, прореда 1 и фонта Times New Roman (величина 12) и садржи 34 слике и 33 табеле. Докторска дисертација обухвата следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултате и дискусију, Закључак, Литературу и Прилог. На почетку докторске дисертације дати су Захвалница, Сажетак на српском и енглеском језику, Списак слика, Списак табела и Садржај. Такође, на крају дисертације дати су Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјава о коришћењу и Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. По својој структури и садржају докторска дисертација Јелене Д. Стојаковић задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** истакнути су област и предмет истраживања, као и циљ докторске дисертације. Указано је на проблем честе примене органских UV филтера у козметичким производима за заштиту од Сунчевог зрачења, обзиром да неке од ових супстанци могу имати негативне ефекте по здравље људи, као и на различите организме у животној средини. Истакнута је потреба за мониторингом UV филтера у козметичким производима и узорцима из животне средине, као и за проценом еколошког и здравственог ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама.

У **Теоријском делу** представљен је детаљан литературни преглед области истраживања докторске дисертације. Објашњен је негативан утицај Сунчевог зрачења, због кога је примена органских UV филтера последњих деценија све учесталија. Наведене су најзаступљеније групе органских UV филтера, њихове физичко-хемијске карактеристике и истакнути су најзначајнији представници група. Објашњени су путеви уноса ових једињења у животну средину, као и њихово нежељено дејство на животну средину и здравље људи. У наставку поглавља приказане су законске регулативе Европске уније и Републике Србије у оквиру којих су прописане максимално дозвољене концентрације органских UV филтера у одређеним врстама козметичких производа. Наведене су технике припреме узорака козметичких производа, као и узорака воде за анализу органских UV филтера. Детаљно су описане методе коришћене у дисертацији, дисперзивна течно-течна микроекстракција (DLLME) за припрему узорака козметичких производа и екстракција на чврстој фази (SPE)

за припрему узорaka воде. Дат је преглед инструменталних метода коришћених за анализу трагова ових једињења у воденим узорцима при чему је јасно истакнута метода течне хроматографије у спрези са тандем масеном спектрометријом (LC-MS/MS) као најзаступљенија метода за истовремено одређивање трагова већег броја анализата. Такође, приказан је и преглед инструменталних метода коришћених за анализу ових једињења у козметичким производима за заштиту од Сунчевог зрачења и издвојена метода течне хроматографије високих перформанси са детектором диодног низа (HPLC–DAD). На крају поглавља дефинисане су процене здравственог и еколошког ризика, као и начин на који се оне врше.

У поглављу **Експериментални део** детаљно је описан поступак оптимизације HPLC–DAD методе за одређивање UV филтера у козметичким производима, као и поступак развоја и оптимизације LC-MS/MS методе за анализу UV филтера у воденим узорцима. Наведене су карактеристике 23 узорка козметичких производа анализираних у оквиру докторске дисертације. Објашњен је поступак узорковања 28 узорaka Савског језера у којима су одређивани трагови UV филтера. Места узорковања Савског језера приказана су на мапи. Након тога, детаљно су описани поступци оптимизације DLLME и SPE метода припреме узорaka, коришћењем експерименталног дизајна. Објашњени су и поступци процене еколошког и здравственог ризика и наведени су токсиколошки подаци и параметри неопходни за процену.

У поглављу **Резултати и дискусија** приказани су и дискутовани резултати истраживања у оквиру докторске дисертације. Најпре су презентовани резултати оптимизације HPLC–DAD методе за одређивање концентрације UV филтера у козметичким производима. Потом је описана оптимизација DLLME методе за припрему узорка козметичких производа. Применом Дерингерове функције пожељности (Derringer's desirability function) одређене су оптималне вредности девет променљивих. Утицај појединачних параметара на ефикасност DLLME представљена је Парето дијаграмом. Анализом варијансе (ANOVA) одређена су три најзначајнија параметра за екстракцију - запремина дисперзионог растварача, додаток соли и време центрифугирања, који су даље оптимизовани применом Бокс-Бенкен дизајна (Box–Behnken design, BBD). Након оптимизације хроматографског раздвајања анализата и оптимизације припреме узорaka извршена је валидација методе при чему су одређени следећи параметри: опсег линеарности, ретенционо време, граница детекције методе, пресек и нагиб калибрационе криве, коефицијент детерминације, принос и поновљивост методе. Оптимизована и валидирана метода упоређена је са стандардном методом за идентификацију и квантификацију UV филтера у козметичким производима, при чему је потврђена добра подударност приноса и прецизности стандардне и развијене методе. Предност развијене методе је у употреби малих количина растварача и добијању веома чистог екстракта за HPLC анализу. Развијена аналитичка метода примењена је за анализу 23 узорка козметичких производа, а добијени резултати поређени су са доступним подацима из литературе. У три производа детектоване су концентрације UV филтера изнад дозвољених вредности. Процена здравственог ризика извршена је на основу границе безбедности (MoC) за сваки аналит и применом Монте Карло симулације. Добијене MoS вредности за појединачне UV филтере су знатно изнад прописаног минимума, док је комбинована MoS вредност за производе са више UV филтера врло близу прописаног минимума, а пети перцентил вредности не достиже ниво безбедности.

У циљу анализе трагова UV филтера у површинској води развијена је LC-MS/MS метода за њихову идентификацију и квантификацију. Применом електроспреј јонизације снимљени су масени спектри на основу којих су одабране карактеристичне реакције фрагментације прекурсор јона у најинтензивнији и најстабилнији јон. Након одабира реакција идентификације и квантификације извршена је оптимизација хроматографског раздвајања 11 UV филтера. Након одабира оптималних LC-MS/MS параметара уследила је оптимизација SPE методе за припрему водених узорaka применом Плакет-Бурман експерименталног дизајна (Plackett–Burman design, PBD). Резултати су приказани Парето

дијаграмом како би се утврдила значајност појединачних фактора. Утицај појединачних параметара на ефикасност екстракције приказан је дијаграмом главних ефеката, а параметри са највећим утицајем на ефикасност (врста растварача за елуирање, pH-вредност воденог узорка и проценат метанола у раствору за испирање) у следећем кораку су оптимизовани применом централног композитног дизајна. Оптимална вредност SPE параметара одређена је помоћу Деринцерове функције пожељности. Развијена и оптимизована аналитичка метода је валидирана при чему се одређени следећи параметри: граница квантификације (од 0,03 µg/L до 4,4 µg/L), линеарност методе (коэффициент детерминације 0,9951–0,9993), принос анализата (47-100%) и поновљивост методе (RSD 7,8-19%). Применом развијене LC-MS/MS методе по први пут је анализиран садржај UV филтера у Савском језеру, које одабрано као пример урбаног језера на коме се налазе купалишта. Од укупно једанаест анализираних UV филтера, девет је детектовано у свим узорцима, у концентрацијама од 0,1 до 583,6 µg/L. Како би се утврдила корелација појединачних UV филтера у узорцима Савског језера израчунат је Пирсонов коефицијент корелације. Кластерском анализом је утврђена повезаности између концентрације анализата и рекреативних активности на месту узорковања. На основу концентрација UV филтера детектованих у узорцима Савског језера извршена је процена еколошког ризика применом детерминистичког приступа и здравственог ризика помоћу Монте Карло симулације. На 6 од 24 места са којих је вршено узорковање је утврђени висок еколошки ризик услед присуства UV филтера. Приказом геостатистичке дистрибуције ризика означене су области са повећаним еколошким ризиком, које су у корелацији са интензитетом људских активности на том подручју. Здравствени ризик услед присуства UV филтера је према процени занемарљив.

У поглављу **Закључак** сумирани су и прегледно наведени резултати добијени на основу испитивања која су представљена у претходним поглављима.

Литература обухвата укупно 117 референци које су цитиране у докторској дисертацији. Наведене референце обухватају релевантне радове, књиге и друге изворе који су из области истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживања представљена у овој докторској дисертацији баве се изузетно актуелним питањима везаним за детекцију и процену ризика од присуства UV филтера у животној средини, као и за анализу у комерцијалним козметичким производима и процену здравственог ризика. Последњих година примећено је повећано интересовање за анализу садржаја UV филтера у узорцима животне средине, услед токсиколошких и екотоксиколошких дејстава које ове супстанце испољавају. Широки спектар UV филтера детектован у површинским водама широм света изазива забринутост због постојаности ових једињења, као и штетних биолошких ефеката на људе и животну средину. Из тог разлога, у новије време јавила се потреба за развојем осетљивих метода којима се може одредити ниска концентрација ових супстанци у различитим матрицама. Досадашња истраживања углавном су везана за истовремену анализу UV филтера који припадају истој групи ових једињења. С обзиром на то да се у новије време користи све већи број UV филтера, постоји потреба за развојем мултирезидуалне методе за њихово одређивање. У докторској тези развијена је метода за анализу 11 UV филтера, који припадају 7 различитих хемијских група, у воденим матрицама. Метода је базирана на припреми узорка SPE методом и анализи LC-MS/MS методом, која омогућава селективну, високо-осетљиву, и прецизну анализу ових једињења. UV филтери одабрани за анализу обухватају оне који су најчешће детектовани у животној средини, као и активне супстанце које улазе у састав козметичких производа за заштиту од Сунчевог зрачења који се тренутно налазе на тржишту Републике Србије. Такође, развијена је метода за анализу UV филтера у козметичким производима, помоћу DLLME припреме

узорка и HPLC–DAD анализе. За оптимизацију техника припреме узорка коришћени су експериментални дизајни и савремени статистички алати, који значајно смањују број експеримената и потрошњу хемикалија. Применом развијене LC-MS/MS методе по први пут су добијени резултати који указују на загађење Савског језера услед присуства UV филтера, као и на потенцијални еколошки ризик. Анализом 23 узорка козметичких производа са тржишта Републике Србије добијени су подаци на основу којих је процењен ризик по људско здравље.

При томе је примењена Монте Карло симулација, која представља иновативан приступ у процени ризика, пружајући свеобухватну слику о могућем утицају ових супстанци на људско здравље.

Резултати истраживања приказани у овој докторској дисертацији су у складу са савременим достигнућима везаним за развој и унапређење аналитичких метода за одређивање трагова емергентних загађујућих материја, као и за процену еколошког и здравственог ризика.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације, Јелена Д. Стојаковић је извршила детаљну претрагу научне и стручне литературе, при чему је у докторској дисертацији цитирано 87 литературних навода, од којих највећи број чине наводи из водећих међународних часописа. Наведена литература је новијег датума и у складу је са тематиком значајном за израду докторске дисертације. У оквиру докторске дисертације дат је литературни преглед метода анализе и детектованих концентрација UV филтера у површинској води, који је био од великог значаја приликом развоја нове методе, као и приликом тумачења резултата истраживања обављених у оквиру дисертације. Такође, дат је приказ досадашњих резултата анализе садржаја UV филтера у козметичким производима. Из прегледа литературе која је коришћена у истраживању уочава се адекватно познавање области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Приликом израде ове докторске дисертације за анализу UV филтера у различитим матрицама примењене су инструменталне методе HPLC–DAD и LC-MS/MS. HPLC–DAD је оптимална метода за анализу UV филтера у узорцима козметичких производа за заштиту од Сунчевог зрачења, обзиром на релативно високу концентрацију ових једињења. LC-MS/MS метода спада у савремене инструменталне методе за поуздану идентификацију и квантитативно одређивање трагова одабраних органских UV филтера у узорцима воде. За припрему узорка козметичких производа коришћена је DLLME метода, у циљу пречишћавања комплексне матрице и што ефикасније екстракције анализата. Узорци Савског језера припремљени су применом SPE методе. Ова метода представља најчешће примењивану методу припреме водених узорка за анализу UV филтера, обзиром да се оваквим начином припреме добија висок фактор концентровања, који је неопходан приликом анализе узорка из животне средине. Поред тога, у истраживању су коришћени различити статистички алати који су омогућили оптимизацију и интерпретацију добијених резултата. Плакет–Бурман дизајн је коришћен за иницијално испитивање великог броја варијабли и идентификацију оних са највећим утицајем на ефикасност екстракције. Бокс–Бенкен дизајн омогућио је прецизну оптимизацију одабраних параметара кроз процену њихових интеракција и одређивање оптималних услова рада. ANOVA је примењена за процену значајности испитаних фактора, док су Деринцорова функција пожељности и мулти-критеријумска анализа коришћене за истовремено оптимизовање више одговорних варијабли. Монте Карло симулација је коришћена за процену ризика на основу вероватноће, пружајући дистрибуцију могућих исхода и тиме повећавајући поузданост у интерпретацији

добитијених података. Овај свеобухватан приступ статистичке анализе значајно је допринео високој поузданости, репродуктивности и тачности резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Прегледом литературе из области истраживања, као и резултата који су произашли из докторске дисертације, може се закључити да је остварен значајан допринос у развоју нове и осетљиве мултирезидуалне аналитичке методе за идентификацију и квантификацију органских UV филтера у воденим узорцима. Развијена метода омогућава прецизно праћење присуства и концентрација UV филтера и има потенцијалну примену у области мониторинга квалитета вода и процени еколошког и здравственог ризика.

Подаци добијени приликом анализе узорка са Савског језера доприносе бољем разумевању просторне и временске дистрибуције ових супстанци, као и њиховом потенцијалном утицају на акватичне организме. Места узорковања Савског језера су одабрана тако да резултати испитивања сагледају утицај рекреативних активности која се одвијају на језеру на концентрацију и дисперзију UV филтера у води.

Развијена метода за припрему узорка и анализу UV филтера у козметичким производима има потенцијалну примену у контроли квалитета козметичких производа, омогућавајући прецизну детекцију концентрација UV филтера и процену потенцијалних ризика које они могу представљати по здравље потрошача.

Резултати истраживања ове докторске дисертације верификовани су од стране светске научне јавности, објављивањем у међународним часописима, као и презентовањем добијених резултата на међународним конференцијама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације, кандидаткиња Јелена Д. Стојаковић, мастер инжењер технологије, показала је посвећеност научно-истраживачком раду, самосталност у планирању и спровођењу експеримената, стручност приликом извођења инструменталних метода анализе, као и при обради и тумачењу добијених резултата. На основу досадашњег залагања и постигнутих резултата, Комисија је мишљења да кандидаткиња поседује све квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси ове дисертације су:

- Развијена је и валидирана нова, брза и осетљива аналитичка метода базирана на екстракцији на чврстој фази и течној хроматографији у спреси са тандем масеном спектрометријом за истовремено одређивање трагова 11 UV филтера, који припадају 7 различитих хемијских група, у узорцима воде.
- Развијена је и валидирана метода за анализу UV филтера у козметичким производима за заштиту од Сунчевог зрачења, базирана на дисперзивној течно-течној микроекстракцији и течној хроматографији високих перформанси са детектором диодног низа.
- Применом хеометријских метода оптимизоване су методе екстракције на чврстој фази и дисперзивне течно-течне микроекстракције за припрему узорка површинских вода и козметичких производа, респективно. Том приликом идентификовани су параметри

који имају највећи утицај на ефикасност екстракције и подешени услови за ефикасну екстракцију UV филтера из узорака воде и козметичких производа.

- Извршена је анализа садржаја UV филтера у 23 козметичка производа за заштиту од Сунчевог зрачења и установљено да је садржај UV филтера у 3 производа изнад дозвољених вредности.
- У циљу процене здравственог ризика примењена је Монте Карло симулација, која омогућава реалистичнију процену изложености и потенцијалног утицаја. Резултати су указали на потенцијалну безбедносну забринутост за потрошаче који примењују више различитих производа са UV филтерима.
- Извршена је анализа 28 узорака Савског језера, чиме су први пут добијени подаци о степену загађености органским UV филтерима једног водног тела са купалиштима у Републици Србији.
- На основу добијених резултата и токсиколошких података процењен је еколошки и здравствени ризик услед присуства UV филтера у Савском језеру. На 25% испитиваних места узорковања утврђен је висок еколошки ризик услед присуства UV филтера, док је здравствени ризик занемарљив.
- Геостатистичком анализом дистрибуције UV филтера у воденом екосистемима идентификована су критична подручја са повећаним ризиком и утврђено је да су то места са високим интензитетом људских активности.
- Успостављен је методолошки оквир који се може применити у будућим истраживањима емергентних загађујућих супстанци, укључујући примену у мониторингу, процени ризика и контроли квалитета производа.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати добијени у оквиру ових истраживања представљају значајан допринос у области анализе емергентних загађујућих материја и процене еколошког и здравственог ризика. Акценат је стављен на UV филтере, који су све присутнији у животној средини услед интензивне употребе у козметичким производима. Вредност овог истраживања огледа се, између осталог, у развоју и примени високо-осетљивих и селективних аналитичких метода, међу којима се истиче LC–MS/MS. Ова метода омогућава идентификацију и квантификацију UV филтера присутних у изузетно ниским концентрацијама, што је од кључне важности за анализу трагова из узорака животне средине. Такође, развијена је и HPLC–DAD метода за анализу UV филтера у узорцима козметичких производа за заштиту од Сунчевог зрачења, која има перформансе упоредиве са стандардном методом, уз мањи утрошак органских растварача.

Поред напредних аналитичких метода, значајно место у овој дисертацији заузима хеометријски приступ оптимизацији метода припреме узорака. Применом статистичких алата као што су Плакет-Бурман и Бокс-Бенкен дизајн, развијене су и оптимизоване методе дисперзивне течно-течне микроекстракције и екстракције на чврстој фази, за анализу козметичких производа и водених узорака, респективно. Ове методе омогућавају високу ефикасност издвајања циљаних једињења, уз значајно смањење потрошње органских растварача и времена потребног за припрему узорака, чиме се повећава одрживост и ефикасност лабораторијских процеса.

Приликом испитивања садржаја UV филтера у узорцима козметичких производа за заштиту од Сунчевог зрачења, испитивана једињења су детектована у појединим узорцима у концентрацијама изнад максимално дозвољених. Процењом здравственог ризика применом Монте Карло симулације указан је могућ здравствен ризик за потрошаче који користе више различитих производа са UV филтерима.

Резултати мониторинга садржаја UV филтера у Савском језеру пружили су свеобухватну слику о присуству и дистрибуцији ових једињења, која су детектована у

значајним концентрацијама. Просторна анализа показала је постојање критичних тачака са повећаним концентрацијама UV филтера, нарочито у зонама са највећом фреквенцијом купача. Поређење добијених резултата са анализом садржаја UV филтера у козметичким производима показало је да су најчешће детектовани филтери у води истовремено били присутни у највећим концентрацијама у производима за заштиту од Сунчевог зрачења, што потврђује узрочно-последичну везу између људских активности и присуства ових једињења у воденој средини.

Процена еколошког ризика је показала да се у одређеним деловима Савског језера UV филтери налазе у концентрацијама које представљају висок еколошки ризик, што може имати значајне дугорочне последице по водени екосистем. Потребно је наставити мониторинг и спровести додатне студије о потенцијалној токсичности ових једињења, посебно у контексту њихове биоакумулације и ефеката на различите трофичке нивое.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати истраживања ове докторске дисертације су објављени у међународним и домаћим часописима и саопштени на конференцијама од међународног значаја. Из дисертације су проистекли: један рад објављен у врхунском међународном часопису (M21), један рад објављен у међународном часопису (M23), два саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33), једно саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34) и један рад у водећем часопису националног значаја (M51).

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

J. Lukić, J. Radulović, M. Lučić, T. Đurkić, A. Onjia "Chemometric optimization of solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry and probabilistic risk assessment of UV filters in an urban recreational lake", *Frontiers in Environmental Science*, 10, 916916, 2022. (IF 2022 = 6.7) (ISSN: 2296-665X) (DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.916916>)

Рад у међународном часопису (M23)

J. Lukić, T. Đurkić, A. Onjia "Dispersive liquid-liquid microextraction and Monte Carlo simulation of margin of safety for octocrylene, EHMC, 2ES, and homosalate in sunscreens", *Biomedical Chromatography*, 37, e5590, 2023. (IF 2023 = 1.8) (ISSN: 0269-3879) (DOI: <https://doi.org/10.1002/bmc.5590>)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

J. Lukić, T. Đurkić, T. Bakić, J. Radulović, A. Onjia, "Procena ekološkog rizika usled prisustva benzofenona-4 u otpadnim vodama" 34. Međunarodni kongres o procesnoj industriji Procesing '21, 3. i 4. jun 2021, Novi Sad, Zbornik radova, 34(1), 119-122. (ISBN: 978-86-85535-08-6) (DOI: <https://doi.org/10.24094/ptk.021.34.1.119>)

J. Lukić, T. Đurkić, J. Radulović, T. Bakić, A. Onjia, "Screening Design of Experiment Applied to Dispersive Liquid-Liquid Microextraction of UV Filters from Water", 4th International Conference on Technology, Engineering and Science (IConTES), Antalya, Turkey, October 29 - November 1 2020, *Proceedings Book*, 11, 1-4. (ISSN: 2602-3199)

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

J. Lukić, Z. Đuraš, T. Đurkić, A. Onjia, "Optimization of solid-phase extraction for determination of isoamyl 4-methoxycinnamate in water", Chem2Change - 2nd Online ACE Seminar on Chemistry and the Environment, Mart 15-16. 2022, Book of Abstracts, 32. (ISBN: 978-80-7560-406-4)

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

J. Lukić, S. Rvović, T. Đurkić, A. Onjia, "Procena ekološkog rizika usled prisustva organskih UV filtera u vodi i sedimentima", Ecologica 28, 325-330, 2021. (ISSN: 0354-3285) (DOI: <https://doi.org/10.18485/ecologica.2021.28.102.26>)

4.4. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност ове докторске дисертације је проверена на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду. Коришћењем програма „iThenticate“ извршена је провера оригиналности докторске дисертације Јелене Д. Стојаковић под називом „Развој и примена LC/MS-MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“ и утврђено је да количина подударања текста износи 17%. Наведени степен подударности последица је општих места и података, као што су називи једињења, метода и уређаја и стручни термини типични за област у коју спада дисертација, као и претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изложеног, Комисија сматра да је докторска дисертација Јелене Д. Стојаковић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног Комисија сматра да докторска дисертација Јелене Д. Стојаковић, мастер инжењера технологије, под насловом: „Развој и примена LC/MS-MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим матрицама“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што је потврђено објављивањем радова у међународним и домаћим часописима и презентовањем резултата на скуповима међународног значаја. Комисија је установила да су предмет и циљеви докторске дисертације постављени у пријави теме у потпуности остварени и да докторска дисертација испуњава све захтеване критеријуме.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом: „Развој и примена LC/MS-MS методе за анализу органских UV филтера и процена ризика услед њиховог присуства у различитим

матрицама“ кандидаткиње Јелене Д. Стојаковић, мастер инжењера технологије, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 20.03.2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Маја Ђолић, доцент,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Владимир Павићевић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Татјана Тртић-Петровић, научни саветник,
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке ”Винча”