

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/219
(Број захтева)
29. 8. 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 (Радиша) Обрадовић**

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: **Инжењерство заштите животне средине**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

**Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских
супстанци на суспендованим честицама у ваздуху**

из научне области: **Инжењерство заштите животне
средине**

Универзитет је дана 21. 10. 2024. својим актом под бр. 61206-3847/2-24 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације
која је гласила:

**Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских
супстанци на суспендованим честицама у ваздуху**

Име и презиме ментора: др **Антоније Оџија**, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултетИме и презиме ментора 2: др **Славица Ражић**, редовни професор Универзитета у Београду, Фармацеутски факултет

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 27. 5. 2025.
одлуком факултета под бр. 35/125, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александра Перић-Грујић	редовни професор	Контрола квалитета	ТМФ
2.	Др Маја Ђолић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
3.	Др Данка Стојановић	виши научни сарадник	Хемија	Институт за нуклеарне науке "Винча"

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 18. 6. 2025.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на
седници одржаној дана 28. 8. 2025.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **28. 8. 2025.**

одлуком факултета под бр. 35/219, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александра Перић-Грујић	редовни професор	Контрола квалитета	ТМФ
2.	Др Маја Ђолић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
3.	Др Данка Стојановић	виши научни сарадник	Хемија	Институт за нуклеарне науке "Винча"

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

Студент је уписан на докторске студије школске 2021/2022. 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

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 28. 8. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја о оцени докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије у саставу: др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Данка Стојановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке "Винча", Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“** коју је поднела **Јелена Обрадовић**, дипломирани професор биологије и хемије 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 Обрадовић, под називом **„Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“** Одлуком број: 61206-3847/2-24 од 21. 10. 2024. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21a+:

1. **Jelena Obradović**, Jelena Vesković, Milena Jovašević-Stojanović, Milan Obradović, Antonije Onjia. (2025). Two-dimensional Monte Carlo simulation of source-specific risks from PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor school environments. *Building and Environment* Vol 279, p. 113050. (IF(2023)= 7,1) (ISSN 0360-1323) (<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113050>)
2. **Jelena Obradović**, Milena Jovašević-Stojanović, Milan Obradović, Antonije Onjia. (2025). Source-specific probabilistic exposure to PM_{2.5}-bound trace elements in a school environment. *Building and Environment*, Vol 270, p. 112509. (IF(2023)= 7,1) (ISSN 0360-1323), (<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112509>)

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 28. 8. 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 Обрадовић**, дипломирани професор биологије и хемије, са темом под називом „**Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху**“, у саставу:

1. Др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Данка Стојановић, виши научни сарадник 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: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Јелене Р. Обрадовић

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду бр. 35/125 од 27. маја 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Јелене Р. Обрадовић под насловом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“.

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

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Јелена Р. Обрадовић, дипломирани професор биологије и хемије, уписала је школске 2021/2022. године докторске академске студије на студијском програму Инжењерство заштите животне средине на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду.

19. августа 2024. године, под бр. 21/115 кандидат Јелена Обрадовић, пријавила је тему докторске дисертације под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“.

28. августа 2024. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, донета је одлука број 35/208 о именовању Комисије за оцену подобности теме кандидата Јелене Обрадовић за израду докторске дисертације под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“.

19. септембра 2024. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, донета је одлука број 35/254 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Обрадовић за израду докторске дисертације под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“. За ментора ове докторске дисертације именовани су др Антоније Оњиа, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Славица Ражић, редовни професор Фармацеутског факултета, Универзитета у Београду.

21. октобра 2024. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука бр. 02-61206-3847/2-24 о давању сагласности на одлуку Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета о прихватању теме докторске дисертације Јелене Обрадовић, под називом: „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“ и одређивању др Антонија Оњие, редовног професора Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Славице Ражић, редовног професора Фармацеутског факултета, Универзитета у Београду за менторе.

27. маја 2025. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, донета је одлука број 35/125 о именовању Комисије за оцену докторске

дисертације кандидата Јелене Обрадовић под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“ у саставу др Александра Перић-Грујић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, др Маја Ђолић, доцент Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Данка Стојановић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке ”Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Ова докторска дисертација припада научној области Инжењерство заштите животне средине за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду. За менторе су одређени др Антоније Оњиа, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Славица Ражић, редовни професор Фармацеутског факултета, Универзитета у Београду који на основу досадашњег научно-истраживачког рада и броја објављених радова испуњавају све неопходне услове да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Р. Обрадовић, дипломирани професор биологије и хемије, рођена је 01.09.1983. године у Јагодини. Основну школу „Јован Јовановић Змај“ завршила је у Свилајнцу као носилац дипломе „Вук Караџић“, док је средњу медицинску школу „Дулић др Војислав“ завршила у Пожаревцу. Биолошки факултет, смер професор биологије и хемије, Универзитета у Београду, уписала је 2002. године, а завршила 2007. године са просечном оценом 8,68, одбранивши дипломски рад под називом: “Ученичка постигнућа из области неметали и њихова једињења” са оценом 10. Докторске студије на Технолошко-металуршком факултету на студијском програму Инжењерство заштите животне средине уписала је 2021/2022. године. У оквиру докторских академских студија Јелена Обрадовић је положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,18. Завршни испит на докторским академским студијама под називом „Анализа просторне и временске дистрибуције загађујућих материја у амбијенталном ваздуху” одбранила је 26.09.2023. године, са оценом 10.

Јелена Обрадовић је од 2007. године до данас радила као наставник биологије и хемије у више основних школа, и као наставник стручних предмета у средњој школи Ваздухопловна академија у Београду. Од 2019. ради као наставник билингвалне наставе на предмету Опасне материје у школи Ваздухопловна академија. У октобру 2021. године запослена је у својству сарадника у настави, а потом у априлу 2024. године изабрана у звање асистента на предмету Екологија и заштита животне средине у Високој школи струковних студија Ваздухопловна академија у Београду. Од септембра 2023. до фебруара 2025. године обављала је функцију помоћника директора за наставу у Високој школи струковних студија Ваздухопловна академија, а од априла 2025. обавља функцију помоћника директора у Ваздухопловној академији. У сарадњи са Заводом за вредновање квалитета образовања и васпитања Београд, била је ангажована на 4 пројекта припреме и писања задатака за полагање завршног испита у основном образовању, за област хемија, 3 пројекта унапређења квалитета образовања кроз увођење испита на крају средњег образовања и 3 пројекта у оквиру којих је водила обуке запослених у образовању за остваривање образовних стандарда и вредновање знања. Од 2023. године ангажована је на два међународна Erasmus+ пројекта (Ecology and Meteorology Meteorology – Cooperation Partnership (EAC/A10/2022) и Erasmus Mundus Design Measures project (101128169 MBAA)). Похађала је више стручних курсева и радионица. Члан је Српског хемијског друштва од 2014. године.

Научно-истраживачки рад Јелене Обрадовић усмерен је на област инжењерства заштите животне средине, и то на пољу испитивања загађења ваздуха. Из досадашњих истраживања публиковала је два рада у међународном часопису изузетних вредности (M21a+), један научни рад у међународном часопису (M23) и четири саопштења са међународних и националних скупова, од чега једно из категорије M33, два саопштења из категорије M34 и једно саопштење из категорије M64. Такође, аутор (за област хемија) је на дванаест издања „Збирке задатака из биологије, географије, историје, физике и хемије” за полагање завршног испита на крају основног образовања и васпитања. Говори и пише енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јелене Обрадовић под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“ написана је на 96 страна куцаног текста формата А4, прореда 1 и фонта Times New Roman (величина 12) и садржи 33 слике, 25 табела и 213 литературних навода. Докторска дисертација садржи следећа поглавља: Увод, Циљ истраживања, Теоријски део, Материјал и методе, Резултати и дискусија, Закључак и Литература. Дисертација садржи и Резиме на српском и енглеском језику, Списак скраћеница, Списак слика, Списак табела и Садржај. Такође, на крају дисертације дати су Биографија, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјава о коришћењу и Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. По својој структури и садржају, ова дисертација задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводном делу дат је сажет осврт на проблем загађења ваздуха и изворе загађења који су у највећој мери повезани са активностима човека. Укратко је образложен штетан утицај финих честица ($PM_{2.5}$; енг. *Fine Particulate Matter*) суспендованих у ваздуху, у чијем се саставу могу налазити токсични елементи и полициклични ароматични угљоводоници (РАН; енг. *Polycyclic aromatic hydrocarbon*), на здравље људи. Посебно је истакнут значај загађења ваздуха у школама, имајући у виду да лош квалитет ваздуха не само да негативно утиче на когнитивне способности, већ може имати и дугорочне штетне ефекте на здравље деце. Дат је приказ статистичких метода које се користе за анализу и идентификацију потенцијалних извора токсичних елемената и РАН у ваздуху, као и метода процене здравственог ризика. Осим тога, указано је на претходна сазнања из области процене квалитета ваздуха у школама, као и на бројне празнине у знању које би требало разјаснити. Предмет истраживања ове докторске дисертације приказан је на крају уводног дела.

У делу Циљ истраживања приказан је циљ истраживања ове докторске дисертације са јасно дефинисаним и прегледно представљеним истраживачким задацима.

Теоријски део подељен је на пет тематских целина. Прва целина *Загађење ваздуха* описује штетан утицај загађеног ваздуха на здравље људи. Такође, у овом делу су приказани подаци из литературе који се односе на ниво аерозагађења, као и узајамну повезаност аерозагађења и стопе морталитета у различитим регионима света. Обрађени су извори загађења ваздуха и главне компоненте загађеног ваздуха које штетно утичу на здравље. У другој целини *Фине честице ($PM_{2.5}$) суспендоване у ваздуху и утицај на здравље* детаљно су приказане основне карактеристике $PM_{2.5}$, начин формирања, просторна и временска дистрибуција, као и аналитички приступи у изучавању њихове дистрибуције. Посебно је обрађен утицај $PM_{2.5}$ на здравље са представљеним подацима из различитих епидемиолошких и токсиколошких студија. У трећој целини *Елементи у траговима у амбијенталном ваздуху* представљен је детаљан приказ порекла токсичних елемената у ваздуху који улазе у састав $PM_{2.5}$, као и различитих фактора који утичу на концентрацију и дистрибуцију елемената у атмосфери. Такође, обрађен је штетан утицај елемената у траговима на здравље, пре свега тешких метала, као и методологија процене неканцерогеног и канцерогеног ризика код људи. Четврта целина под називом *Полициклични ароматични угљоводоници у амбијенталном ваздуху* се бави физичко-хемијским својствима РАН, њиховим пореклом, начином настанка и дистрибуцијом у ваздуху, као и њиховом расподелом између гасне и честичне фазе у ваздуху. Детаљно је приказан штетан утицај РАН адсорбованих на $PM_{2.5}$ на здравље људи и методе процене здравственог ризика, као што су канцерогени ризик који представља еквивалент токсичности у односу на бензо(а)пирен, као и ризик од карцинома плућа током живота. У петој целини под називом *Загађење ваздуха у школама* обрађени су подаци који се односе на загађење ваздуха у унутрашњем простору у школама, узајамну повезаност између унутрашњег и спољашњег аерозагађења и процену здравственог ризика ученика.

Експериментални део се састоји из девет целина. Прве две целине описују место узорковања и поступак узорковања $PM_{2.5}$. Дат је детаљан опис локације школе и карактеристике зграде и учионице,

као и узорковање и гравиметријско одређивање масене концентрације $PM_{2.5}$. У трећој и четвртој целини се детаљно описује одређивање концентрације елемената адсорбованих на $PM_{2.5}$ помоћу масене спектрометрије са индуковано спрегнутом плазмом и концентрације РАН адсорбованих на $PM_{2.5}$ помоћу гасне хроматографије у комбинацији са масеном спектрометријом. У петој целини приказана је контрола квалитета примењена током свих експерименталних поступака. У шестој целини описане су методе прикупљања метеоролошких параметра и одређивања концентрације $PM_{2.5}$, угљен-диоксида (CO_2), формалдехида ($HCHO$) и укупних испарљивих органских једињења (TVOC) применом континуалних детектора. У целинама седам, осам и девет детаљно су описане мултиваријантне статистичке методе које су коришћене за интерпретацију резултата, као што су дистрибуција аерозагађења у унутрашњем и спољашњем простору, одређивање потенцијалних извора елемената и РАН и процена ризика по здравље услед изложености елементима и РАН адсорбованим на $PM_{2.5}$. У ту сврху употребљене су корелациона анализа, факторизације позитивне матрице (PMF) и индекси процене здравственог ризика.

У делу Резултати и дискусија приказани су и дискутовани резултати истраживања ове докторске дисертације који су подељени у седам тематских целина. У првој целини приказани су резултати концентрација $PM_{2.5}$ у унутрашњем и спољашњем простору и извршена је упоредна анализа просечних 24 часовних концентрација $PM_{2.5}$ са резултатима добијеним у студијама спроведеним у школама широм света. Такође, урађена је анализа динамике $PM_{2.5}$ између унутрашњег и спољашњег простора. У ту сврху анализиран је и утицај метеоролошких услова на дистрибуцију $PM_{2.5}$. У другој целини урађена је упоредна и корелациона анализа концентрација токсичних елемената присутних на $PM_{2.5}$ у учионици и школском дворишту, са посебним освртом на утицај сезонских промена на садржај елемената на $PM_{2.5}$. У трећој целини приказани су основни статистички показатељи дистрибуције РАН адсорбованих на $PM_{2.5}$ у унутрашњем и спољашњем простору, као и упоредна и корелациона анализа дистрибуције. Извршена је анализа дистрибуције појединачних и укупних РАН, као и анализа на основу броја прстенова у грејном и негрејном периоду. У наредној целини приказани су резултати анализе сатних, дневних и месечних концентрација $PM_{2.5}$, CO_2 , $HCHO$ и TVOC у унутрашњем простору и спољашњој средини. Објашњен је утицај активности ученика и наставника, као и проветравање учионице на дистрибуцију аерозагађења у унутрашњем простору. У петој целини приказани су и објашњени резултати анализе потенцијалних извора елемената адсорбованих на $PM_{2.5}$ применом PMF модела. У шестој целини анализирани су потенцијални извори РАН адсорбованих на $PM_{2.5}$ применом дијагностичких односа и PMF модела. У последњој целини обрађени су резултати процене здравственог ризика од токсичних елемената и РАН адсорбованих на $PM_{2.5}$. Анализиран је здравствени ризик од токсичних елемената на основу резултата неканцерогеног и канцерогеног ризика. Ризик по здравље услед изложености РАН одређен је анализом резултата еквивалента токсичности у односу на бензо(а)пирен, као и ризика од карцинома плућа током живота. Резултати детерминистичког и пробабилистичког модела процене здравственог ризика анализирани су како би се урадила процена здравственог ризика специфичног за сваки појединачни извор, применом PMF модела и Монте Карло симулације.

Закључак садржи сумиране и прегледно наведене резултате проистекле из истраживања у оквиру ове докторске дисертације, као и предложене стратегије за ублажавање загађења ваздуха у школама.

Литература садржи укупно 213 навода који су цитирани 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

Загађење ваздуха представља један од највећих еколошких проблема. Поред гасовитих загађујућих супстанци, од посебног токсиколошког значаја истичу се $PM_{2.5}$ у чијем саставу се налазе токсични елементи и РАН. Лош квалитет амбијенталног ваздуха не само да негативно утиче на когнитивне способности ученика у школама, већ може имати и дугорочне штетне ефекте на здравље. Деца су нарочито осетљива на штетне ефекте загађеног ваздуха, имајући у виду време које проводе у школама, бржи метаболизам, већи број удисаја у минути и интензиван развој свих система у организму. На квалитет ваздуха у школи могу да утичу различити унутрашњи фактори, укључујући карактеристике

зграде и материјале у учионици, употребу хемикалија и друге људске активности. Међутим, доминантан утицај на квалитет ваздуха у учионици имају спољашњи извори загађења. Имајући у виду да сваки извор токсичних елемената и РАН додатно повећава њихову концентрацију у $PM_{2.5}$, одређивање специфичних извора емисије је од великог значаја јер доприноси разумевању дистрибуције токсичних елемената и РАН у ваздуху.

Како би се извршила процена здравственог ризика услед изложености токсичним елементима и РАН развијени су различити индекси. Овај тип процене омогућава утврђивање могућих неканцерогених и канцерогених ефеката токсичних елемената и РАН на здравље људи. Методом PMF могуће је утврдити расподелу и међусобну зависност испитиваних токсичних елемената и РАН, укључујући и одређивање извора емисије. Комбинацијом метода процене здравственог ризика и PMF могуће је проценити ризик специфичан за сваки извор загађења. Такође примена пробабилистичког приступа употребом Монте Карло симулације омогућава боље разумевање утицаја параметара ризика на резултате процене.

У оквиру докторске дисертације кандидата Јелене Обрадовић, под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“ по први пут је примењена комбинација детерминистичког и пробабилистичког приступа у процени здравственог ризика ученика у школама услед изложености елементима и РАН адсорбованим на $PM_{2.5}$, специфичног за сваки појединачни извор загађења. Поред квалитативне и квантитативне анализе елемената и РАН присутних на $PM_{2.5}$, такође су применом PMF модела идентификовани извори токсичних елемената и РАН. Такође, по први пут је примењена дводимензионална Монте Карло симулација у процени здравственог ризика, чиме је додатно побољшана прецизност и тачност стандардне (једнодимензионалне) Монте Карло симулације. Истраживања приказана у овој докторској дисертацији представљају унапређење савремених метода процене ризика услед изложености елементима и РАН адсорбованим на $PM_{2.5}$. Применом адекватне и савремене методологије утврђен је ниво загађења ваздуха у школи и дворишту школе.

Примењене научне методе, заједно са резултатима ове докторске дисертације су у складу са трендовима и најновијим достигнућима из области испитивања квалитета ваздуха у школама што потврђује значај и оригиналност спроведених истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У овој докторској дисертацији коришћена су 213 литературна навода који у потпуности одговарају теми истраживања. Референтна литература највећим делом садржи научне радове новијег датума, публиковане у међународним часописима, што указује на актуелност истраживања у свету из области испитивања квалитета ваздуха у школама. Наведене референце биле су основ за планирање експеримената, тумачење и дискусију добијених резултата, као и за извођење закључака. Из прегледа литературе која је коришћена у истраживању може се закључити да кандидат познаје области истраживања, као и актуелно стање истраживања у овој области у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Сакупљање $PM_{2.5}$ одрађено је у спољашњој средини и у учионици школе коришћењем референтних узоркивача, док је масена концентрација $PM_{2.5}$ одређивана гравиметријском методом. Детекција и квантификација елемената адсорбованих на $PM_{2.5}$ урађена је применом масене спектрометрије са индиковано спрегнутом плазмом (ICP-MS), док је концентрација РАН одређена методом гасне хроматографије у комбинацији са масеним детектором (GC-MS). Концентрације $PM_{2.5}$, CO_2 , $HCHO$ и $TVOG$ одређене су применом континуалних детектора. Подаци о метеоролошким параметрима преузети са локалних референтних станица и анализирани применом „*Openair*“ пакета, ради ширег сагледавања дистрибуције аерозагађења на потенцијални здравствени ризик ученика. Анализа и обрада добијених резултата извршена је применом неколико метода мултиваријантне статистичке анализе и то корелационе анализе, дијагностичких односа и PMF модела. На овај начин утврђена је дистрибуција елемената и РАН у унутрашњем простору и спољашњој средини, сезонска динамика елемената и РАН, као и главни извори токсичних елемената и РАН. Одређивање утицаја токсичних елемената и РАН на здравље деце у школи урађена је применом детерминистичког здравственог ризика. Добијени резултати неканцерогеног и канцерогеног ризика елемената и РАН анализирани су у унутрашњем простору и спољашњој средини, као и у грејном и негрејном периоду. Такође, примењен је

пробабилистички метод процене ризика применом Монте Карло симулације. Комбинацијом детерминистичког и пробабилистичког приступа одрађена је процена ризика специфична за сваки појединачни извор загађења.

3.4. Применљивост остварених резултата

Спроведена истраживања и добијени резултати у оквиру ове докторске дисертације имају велики значај у области процене загађења ваздуха у школама. Употребом различитих методолошких приступа и индекса за процену здравственог ризика доприноси бољем разумевању утицаја токсичних елементи и РАН адсорбованих на $PM_{2,5}$ на здравље ученика у школи. У овој докторској дисертацији урађена је процена здравственог ризика за ученике коришћењем детерминистичког и пробабилистичког приступа, комбинацијом метода PMF и Монте Карло симулације, чиме је омогућен бољи увид у потенцијално штетан утицај токсичних елемената и РАН који потичу из сваког појединачног извора загађења. Примењеном методологијом у овој докторској дисертацији показано је да на дистрибуцију $PM_{2,5}$ и елемената и РАН присутних на $PM_{2,5}$ у учионици доминантан утицај имају извори из спољашње средине, при чему је утврђено да саобраћај највише доприноси здравственом ризику код ученика у школи. Ова истраживања указују на потребу за циљаним стратегијама за ублажавања загађења ваздуха у школама које се налазе у близини фреквентних саобраћајница. Промовисање употребе чистих и алтернативних горива, боља регулација саобраћаја у циљу смањења саобраћајних гужви и повећање зелених тампон зона у околини школе, попут дрвећа и живих ограда представљају брзе и лако применљиве начине за побољшање квалитета ваздуха у школама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације, кандидат Јелена Обрадовић је показала изузетну посвећеност научно-истраживачком раду, способност и стручност у реализацији експеримената, креативност у коришћењу статистичких техника, као и анализи и обради резултата. Комисија сматра да на основу досадашњег научно-истраживачког рада и остварених научних резултата у току израде ове докторске дисертације, кандидат поседује све квалитете неопходне за самосталан научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси ове дисертације су:

- Утврђен је ниво загађења ваздуха у школи на основу компаративне анализе концентрација елемената и РАН присутних на $PM_{2,5}$ и других значајних загађујућих супстанци као што су CO_2 , $HCNO$ и $TVOC$, у унутрашњем простору и спољашњој средини у грејном и негрејном периоду године. Такође, урађена је упоредна анализа добијених концентрација елемената и РАН присутних на $PM_{2,5}$ у односу на препоручене вредности за унутрашњи простор и вредности за квалитет ваздуха у школама публиковане у студијама широм света.
- Утврђен је утицај метеоролошких услова и активности ученика на дистрибуцију $PM_{2,5}$ у унутрашњем простору и спољашњој средини у грејном и негрејном периоду године применом „*Openair*“ пакета и вредности односа унутар/споља.
- Идентификовани су извори елемената и РАН присутних на $PM_{2,5}$, као и повезаност загађења ваздуха у унутрашњем простору и спољашњој средини, у грејном и негрејном периоду године, применом корелационе анализе, дијагностичких односа и PMF модела.
- Одређен је здравствени ризик услед утицаја токсичних елемената и РАН присутних на $PM_{2,5}$ на здравље ученика специфичног за извор загађења, комбиновањем детерминистичког и пробабилистичког приступа, применом индекса здравственог ризика, PMF модела и Монте Карло симулације.

- Примењен је јединствен методолошки приступ у процени ризика услед изложености елементима и РАН присутним на $PM_{2.5}$ на здравље ученика специфичног за извор загађења, који се може применити и у другим областима изучавања квалитета ваздуха.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати добијени у оквиру ове докторске дисертације представљају унапређење постојећих научних знања из области загађења ваздуха у школама и процене здравственог ризика ученика елементима и РАН присутним на $PM_{2.5}$. Применом математичких модела за одређивање извора елемената и РАН, као и различитих методолошких приступа у процени здравственог ризика постигнут је значајан научни допринос у поређењу са досадашњим истраживањима показаним у доступној литератури. У овој докторској дисертацији по први пут је примењен интегрисан приступ испитивања састава и количине токсичних елемената и РАН присутних на $PM_{2.5}$ и њиховог утицај на здравље ученика кроз процену здравственог ризика специфичног за сваки појединачни извор, комбинацијом PMF модела и Монте Карло симулације. Такође, резултати су показали да су на дистрибуцију $PM_{2.5}$ и елемената и РАН присутних на $PM_{2.5}$ у учионици доминантан утицај имали извори из спољашње средине. Идентификовани су различити извори емисије елемента и РАН, при чему је саобраћај највише допринео здравственом ризику код ученика у школи. Иако је здравствени ризик услед изложености елементима и РАН присутним на $PM_{2.5}$ био у прихватљивим границама, резултати указују на потребу за циљаним стратегијама за ублажавања загађења ваздуха у школама које се налазе у урбаним центрима као што је Београд. У складу са тим предложене су брзе и лако применљиве мере за побољшање квалитета ваздуха у школама које укључују бољу регулацију саобраћаја у циљу смањења саобраћајних гужви, повећање зелених тампон зона, попут дрвећа и живих ограда и промовисање употребе чистих и алтернативних горива. Научни допринос ове докторске дисертација пружа могућности за даљи наставак истраживања у области изучавања квалитета ваздуха.

4.3. Верификација научних доприноса

Из истраживања у оквиру ове докторске дисертације Јелена Обрадовић је публиковала два научна рада у водећем међународном часопису (M21a+).

Категорија M21a+:

1. **Jelena Obradović**, Jelena Vesković, Milena Jovašević-Stojanović, Milan Obradović, Antonije Onjia. (2025). Two-dimensional Monte Carlo simulation of source-specific risks from $PM_{2.5}$ -bound polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor school environments. *Building and Environment* Vol 279, p. 113050. (IF(2023)= 7,1) (ISSN 0360-1323) (<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113050>)
2. **Jelena Obradović**, Milena Jovašević-Stojanović, Milan Obradović, Antonije Onjia. (2025). Source-specific probabilistic exposure to $PM_{2.5}$ -bound trace elements in a school environment. *Building and Environment*, Vol 270, p. 112509. (IF(2023)= 7,1) (ISSN 0360-1323), (<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112509>)

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22. јуна 2018. године), коришћењем програма iThenticate, 28. маја 2025. године, извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата Јелене Р. Обрадовић под називом „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“.

Утврђено је да подударање текста износи 12%. Неведени проценат подударности последица је коришћења стручне терминологије типичне за област истраживања коју обрађује ова докторска дисертација, пре свега стручних термина, назива једињења, метода као и објашњења појмова који се налазе у тези. Највећи проценат подударности односи се на претходно публиковане резултате

докторандових истраживања у овире ове докторске дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изложеног, Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата Јелене Р. Обрадовић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног Комисија сматра да докторска дисертације кандидата Јелене Р. Обрадовић представља значајан и оригиналан научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што потврђују радови објављени у међународним часописима и резултати презентовани на скуповима домаћег и међународног значаја. Комисија сматра да су предмет, циљеви и методе написани у складу са образложењем наведеним у пријави теме и да докторска дисертација садржи све релевантне елементе за овакву врсту научног рада. Ментори ове докторске дисертације су др Антоније Оџић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Славица Ражић, редовни професор Фармацеутског факултета, Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду да докторску дисертацију кандидата Јелене Р. Обрадовић под називом: „Процена ризика по здравље ученика школе у урбаној средини услед присуства штетних хемијских супстанци на суспендованим честицама у ваздуху“ прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се након завршетка процедуре кандидат позове на усмену одбрану докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 05. јун 2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Александра Перић-Грујић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

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

.....
Др Данка Стојановић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке "Винча" -
Институт од националног значаја за Републику Србију