

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за преглед и оцену докторске дисертације **Иване Д. Микавица**, мастер хемичара

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета одржаној 9. октобра 2025. године изабрани смо у Комисију за преглед и оцену докторске дисертације Иване Д. Микавица, мастер хемичара, под насловом:

„Утицај микропластике у земљишту на мобилност макро- и микроелемената у систему земљиште-лековита биљка *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.”

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на својој седници одржаној дана 26. јануара 2023. године, на захтев Хемијског факултета, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (евиденциони број 61206-5023/4-22).

Комисија је докторску дисертацију прегледала и Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. ПРИКАЗ САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Иване Д. Микавица написана је на српском језику, на 179 страна А4 формата (фонт Times New Roman величине 12 pt, проред 1, маргине 2 cm) и садржи 67 слика, 44 табеле, 23 математичких једначина и 341 литературни навод. Дисертација се састоји из 7 поглавља: *Увод* (3 стране), *Општи део* (28 страна), *Експериментални део* (15 страна), *Резултати и дискусија* (91 страна), *Закључак* (2 стране), *Литература* (19 страна), *Прилози* (25 страна). Поред тога, дисертација садржи: *Изводе* на енглеском и српском језику, *Садржај*, *Биографију кандидаткиње* на српском језику, *Списак објављених радова*, *Изјаву о ауторству*, *Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада* и *Изјаву о коришћењу*. Дисертација је по својој структури и садржају у потпуности у складу са стандардима прописаним од стране Универзитета у Београду.

УВОД пружа свеобухватан преглед актуелности и значаја проучавања микропластике (МП) у копненим екосистемима, као једног од најизазовнијих еколошких проблема савременог доба. Истакнут је глобални пораст производње пластике и последично формирање честица микропластике, које се услед своје постојаности и широке дистрибуције акумулирају у различитим типовима земљишта. Посебан акценат стављен је на микропластику на бази полистирена као доминантан тип у урбаним срединама, њену улогу у модификацији физичко-хемијских својстава земљишта и потенцијал да делује као вектор различитих загађујућих материја, попут потенцијално токсичних елемената. У оквиру овог поглавља наглашена је и важност методолошки поуздане екстракције и квантификације микропластике из земљишта, с обзиром на комплексност земљишног матрикса и потребу за стандардизацијом аналитичких поступака.

Посебно је образложен избор лековите биљке *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. као модел-биљке, због њене способности акумулације метала и еколошке релевантности. Кроз овај концептуални оквир дефинисани су циљеви истраживања усмерени на разумевање утицаја микропластике на својства земљишта, мобилност елемената у систему земљиште-лековита биљка и потенцијалне ризике по здравље људи.

ТЕОРИЈСКИ ДЕО дисертације обухвата више тематских целина које систематски разматрају проблематику пластике, микропластике и њихов утицај на систем земљиште–биљка. У делу *Пластика у савременом друштву: пут ка микропластици* дат је историјски и технолошки развој пластике, од открића првих синтетичких полимера до савремене масовне производње. Посебно је истакнут значај полистирена као једног од најраспрострањенијих термопластичних материјала, уз детаљно описане његове физичко-хемијске особине, индустријску примену и ограничења рециклаже која доприносе његовој акумулацији у животној средини. Следећа целина, *Извори микропластике*, бави се појавом и последицама формирања микропластике, дефинисане као чврсте полимерне честице мање од 5 mm. Дискутовани су механизми настанка примарне и секундарне микропластике у воденим, копненим и атмосферским системима. Посебна пажња посвећена је урбаним земљиштима, која представљају највеће резервоаре микропластике услед интензивних антропогених активности, индустријских емисија и саобраћаја. У оквиру треће целине, *Квантификација микропластике у земљишту*, приказане су методе за изоловање, идентификацију и квантификовање честица микропластике у земљишту. Описани су поступци узорковања, припреме узорака, екстракције на бази густине и дигестије органске материје, уз критичку анализу њихових предности и ограничења. Целина *Утицај микропластике на систем земљиште-биљка* посвећена је утицајима микропластике на физичко-хемијске земљишта, биодоступност макро- и микроелемената у земљишту и усвајање од стране биљке. Дат је и приказ утицаја микропластике на систем земљиште–биљка, са нагласком на биолошке одговоре и механизме акумулације контаминаната. Описани су ефекти микропластике на способност биљака да усвајају и акумулирају елементе, уз посебно разматрање последичних ризика по здравље људи. У оквиру засебне целине представљена је врста *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., широко распрострањена лековита и рудерална биљка, са фармаколошким својствима и дугом историјом употребе. Истакнуте су њене морфолошке карактеристике, адаптивност и способност акумулације токсичних елемената, што је чини погодним модел-биљком за испитивање утицаја микропластике и метала у систему земљиште–биљка. На основу своје честе присутности у урбаним екосистемима и изражене толеранције на контаминанте, ова врста је оправдано изабрана за процену промена у биодоступности и усвајања елемената под утицајем микропластике. На тај начин теоријски део пружа јасну и свеобухватну научну основу за експериментални део дисертације и дефинисане истраживачке циљеве.

У оквиру поглавља **ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО**, детаљно су описане све фазе истраживања које обухватају теренско узорковање урбаних земљишта и биљног материјала, као и лабораторијске експерименте у контролисаним условима. Наведене су локације и процедуре узорковања, као и поступци припреме земљишта, биљака и микропластике за анализу. Наведене су анализе физичко-хемијских параметара земљишта, протоколи за одређивање псеудо-укупних и биодоступних концентрација елемената, као и BCR секвенцијална екстракција. Описана је оптимизација и примена методе за изоловање и идентификацију микропластике, укључујући „recovery“ тест и припрему примарне микропластике. Посебно су представљене инструменталне анализе: индуковано спрегнуте плазме са оптичко емисионом спектрометријом (ICP-OES), инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR) и скенирајуће електронске микроскопије (SEM). Представљен је и експериментални дизајн којим су испитани ефекти познатих концентрација полистирена и никла на систем земљиште–биљка. Поглавље обухвата и преглед примењених статистичких метода и приступа процени некарциногених и карциногених ризика.

Поглавље **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА** обухвата више целина у којима су интегрисани

резултати теренског и лабораторијског истраживања са графичким приказима и статистичким анализама. У првој целини приказани су резултати одређивања присуства микропластике у урбаним земљиштима Србије, што представља прво систематично квантитативно истраживање ове врсте контаминација у националном контексту. Истакнуто је да су утврђене значајне концентрације честица микропластике, као и да њихово присуство корелише са физичко-хемијским својствима земљишта, укључујући рН, редокс потенцијал, садржај органске материје и гранулометријски састав. У наставку, у оквиру анализе мобилности и биодоступности потенцијално токсичних елемената, представљени су односи између укупних и доступних концентрација метала у земљишту и њиховог усвајања у биљци *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. Посебно је наглашено да присуство микропластике потенцијално може изменити фракционисање потенцијално токсичних елемената, и имати инхибиторни или стимулативни ефекат. Резултати указују на сложене интеракције које се одвијају у ризосферној зони, као и на осетљивост биљака на промене у расподели и доступности елемената.

Лабораторијски део истраживања обухватао је инкубациони експеримент са микропластиком на бази полистирена и различитим нивоима контаминације никлом. Представљене су промене у физичко-хемијским параметрима земљишта, расподели макро- и микроелемената по фракцијама, као и акумулацији у корену и надземним деловима биљке. Установљено је да додаток полистирена доводи до промена у рН вредностима, садржају органске материје, редокс-потенцијалу, кондуктивитету, капацитету катјонске измене, садржају песка, глине и праха. Испитан је и утицај додатка полистирена на прераспodelу никла у оквиру BCR фракција, са фокусом на биодоступнији садржај (F1+F2). FTIR анализом су испитане интеракције између површине полистирена и никла у земљишту. Посебну целину чине мултиваријантне анализе података, укључујући PCA, Mantel тест и PLS-SEM модел, које су омогућиле дубље разумевање међусобно повезаних утицаја микропластике, својстава земљишта и садржаја елемената у биљци. Корелационом анализом су испитане везе између микропластике, физичко-хемијских параметара земљишта и мобилности елемената, чиме је потврђена комплексност система земљиште–биљка под утицајем микропластике. Моделовање структурних једначина методом парцијалних најмањих квадрата (PLS-SEM) пружило је информације о кључним механизмима који воде ка акумулацији у корену и надземном делу *Capsella bursa-pastoris*. У оквиру процене ризика приказани су резултати детерминистичке и пробабилистичке методе, којима су обухваћени различити путеви потенцијалне изложености контаминираним земљишту и биљном материјалу. Овако структуриран приступ пружио је свеобухватну интерпретацију резултата и одговор на постављене циљеве дисертације.

У поглављу **ЗАКЉУЧАК** дата је синтеза кључних налаза добијених током израде дисертације и формулисани су одговарајући закључци који произилазе из спроведених истраживања.

Наведена **ЛИТЕРАТУРА**, која обухвата укупно 341 извор, обједињује релевантне радове и књиге из области истраживања и покрива све тематске целине дисертације.

У поглављу **ПРИЛОЗИ** дати су допунски експериментални подаци и табеле који допуњују резултате представљене у поглављу **Резултати и дискусија**, укључујући статистичке тестове и карактеризацију материјала.

Б. КРАТАК ОПИС ПОСТИГНУТИХ РЕЗУЛТАТА

У оквиру ове докторске дисертације спроведено је интегрисано истраживање усмерено на разумевање присуства, понашања и утицаја микропластике у земљишту, као и њене интеракције са макро- и микроелементима, са посебним нагласком на потенцијално токсичне елементе (арсен, кадмијум, олово и никл) и микропластику на бази полистирена. Истраживање је обухватило развој аналитичких поступака, теренско узорковање, лабораторијске експерименте, карактеризацију

полимера и контаминаната, анализу биљака и процену здравствених ризика, што у целини представља први свеобухватни приступ оваквог типа у националном контексту.

У првом делу рада развијен је, оптимизован и валидиран поступак за изоловање и идентификацију микропластике из сложеног земљишног матрикса. Оптимизација протокола обухватила је примену различитих техника за дигестију органске материје и флотацију честица, уз процену ефикасности издвајања на стандартизованим материјалима. Протокол је успешно примењен на урбаним локацијама у Србији, где је утврђено присуство различитих типова микропластике. Анализом је показано да се концентрације микропластике разликују између локација различитог степена урбанизације, а посебно је наглашено да количина микропластике корелише са променама у рН, садржају органске материје, гранулометријском саставу земљишта. Ови резултати указују на утицај МП на физичко-хемијска својства земљишта и потврђују да земљишта представљају значајан резервоар овог загађивача.

Други сегмент истраживања односио се на анализу укупних и био-доступних концентрација потенцијално токсичних елемената у урбаним земљиштима, као и њиховог усвајања у лековитој биљци *Capsella bursa-pastoris*. Утврђено је да садржај As, Cd и Pb у земљишту варира у зависности од локације, а уочене су и статистички значајне везе између појединих физичко-хемијских особина земљишта и концентрација метала у биљним ткивима. Посебно је значајно што је присуство микропластике у земљишту показало потенцијал да измени усвајање појединих елемената у биљци, што указује на могући синергизам микропластике и елемената у природним условима.

Засебан део дисертације представља лабораторијски експеримент дизајниран ради испитивања утицаја честица полистирена на земљиште и биљку под контролисаним условима. Примењене су различите концентрације микропластике, са и без додатка никла, како би се симулирали различити сценарији загађења. Резултати су показали да полистирен може значајно изменити физичко-хемијске особине земљишта, укључујући рН, електрични кондуктивитет, садржај органске материје, редокс потенцијал, капацитет катјонске измене и гранулометријски састав. Посебно је важан резултат да је додаток полистирена при умереном загађењу никлом довео до повећања потенцијално биодоступних фракција Ni, што је било најизраженије у измењивој и редуцибилној BCR фази, указујући на прелазак Ni из стабилнијих ка мобилнијим облицима. FTIR анализа је потврдила ове резултате, показујући да микропластика маскира везивна места на минералним компонентама земљишта, услед чега се Ni делимично везује и на површину PS, где формира слабије интеркције (π -metal или електростатичке), што омогућава лакшу десорпцију и повећану мобилност метала у земљишту.

Испитивањем лековите биљке *Capsella bursa-pastoris* утврђено је да комбинација полистирена и Ni доводи до значајних промена у акумулацији у корену и надземним деловима биљке. Добијене вредности коефицијената биоконцентрације (BCF) и транслокације (TF) указују да присуство PS при умереном загађењу никлом може повећати усвајање Ni у корену биљке, представљајући потенцијални ризик по здравље људи.

Мултиваријантним статистичким приступом, укључујући PCA, Mantel тест и моделовање методом PLS-SEM, омогућен је дубински увид у међусобне односе између микропластике, параметара земљишта, расподеле метала и одговора биљке. Анализа главних компоненти (PCA) и моделовање структурних једначина (PLS-SEM) потврдили су да присуство полистирена значајно утиче на особине земљишта, мобилност никла и његов транспорт у биљци, при чему је посебно истакнут значај промена у фракционисању Ni услед присуства микропластике као медијатора ових процеса.

Последњи сегмент истраживања односио се на процену карциногених и некарциногених ризика који произилазе из потенцијалне изложености контаминираним земљишту и биљном материјалу. Добијени индекси ризика показују да присуство микропластике и измене у понашању метала могу

утицати на процену укупног ризика, посебно када се примене пробабилистички модели који уважавају варијабилност концентрација и путева изложености. Ови резултати нагласили су значај интегрисаног и мултидисциплинарног приступа у савременој процени ризика по здравље људи.

В. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА КАНДИДАТА СА РЕЗУЛТАТИМА ИЗ ЛИТЕРАТУРЕ

Резултати ове докторске дисертације сагласни су са савременим истраживањима која указују на то да је микропластика постала један од најзначајнијих емергентних загађивача у копненим екосистемима, посебно у урбаним подручјима. Детектоване концентрације микропластике у урбаним земљиштима Србије, са највишим вредностима у индустријским зонама Бора и Вршца, упоредиве су са литературним подацима за сличне индустријске и високо-урбанизоване регионе широм света, где се вредности крећу од неколико десетина до више хиљада честица по килограму [1-3]. Заступљеност полистирена као доминантног полимера такође је у складу са студијама које указују да је полистирен међу најчешћим типовима микропластике у градским земљиштима, нарочито у срединама са интензивним саобраћајним и грађевинским активностима [4].

У многим истраживањима забележена је повезаност између присуства микропластике и пораста биодоступних фракција потенцијално токсичних елемената, међу којима су најчешће истакнути кадмијум, олово и арсен [5]. Добијене корелације у овој дисертацији потврђују ове резултате и додатно указују на снажну интеракцију између микропластике и потенцијално токсичних елемената. Слични трендови пријављени су у радовима који показују да микропластика, нарочито полистирен и полиетилен, могу утицати на миграцију елемената због своје специфичне површине, наелектрисања и склоности ка адсорпцији јона макро- и микроелемената [6]. У литератури је такође потврђено да микропластика може деловати као секундарни извор или вектор метала, олакшавајући њихово кретање ка биодоступним фракцијама земљишта [7] што је у потпуној сагласности са резултатима BCR секвенцијалне екстракције спроведене у оквиру ове дисертације.

Истраживања која обухватају интеракцију микропластике и никла у земљишту су изузетно ограничена, посебно у контексту модела биљака које имају фитотерапијску примену. Резултати лабораторијског експеримента, у којем је полистирен подстакао трансформацију никла у лабилније фракције и повећао биодоступност, представљају значајан и оригиналан допринос овој области. Слични трендови делимично су описани у неколико радова који се односе на кадмијум и олово, док су подаци о никлу врло оскудни. Запажене промене у фракционисању Ni уклапају се у постојеће механистичке моделе који описују улогу микропластике у модификовању површинских реакција између метала и компоненти земљишта [6]. Хемијска карактеризација површине полистирена FTIR анализом потврђује механизме адсорпције и интеракција описане у литератури, укључујући модификацију површинских функционалних група након контакта са металима.

У погледу утицаја микропластике на биљке, резултати дисертације доследни су бројним студијама које указују да микропластика може повећати акумулацију макро- и микроелемената у биљкама, нарочито у корену [8]. Добијене корелације између садржаја микропластике у земљишту и концентрацијама елемената у корену и надземном делу биљке *Capsella bursa-pastoris* у складу су са резултатима о повећаној акумулацији и транспорту метала у присуству микропластике. Међутим, истраживања која укључују медицински значајне врсте, попут *Capsella bursa-pastoris*, готово да не постоје у доступној литератури, а подаци о синергистичком ефекту полистирена и никла на ову врсту нису претходно објављени, што додатно наглашава оригиналност и научни допринос овог рада.

Анализа главних компоненти (PCA) и моделовање структурних једначина методом парцијалних најмањих квадрата (PLS-SEM), спроведена у дисертацији, потврдили су да присуство микропластике значајно утиче на особине земљишта, мобилност елемената и његов транспорт у биљци. Доследност ових резултата са глобалним трендовима указује с једне стране на универзалан механизам интеракције микропластика-елементи-биљка, али и сугерише да се специфичности утицаја разликују у зависности од типа полимера, концентрације метала и карактеристика земљишта.

Процена здравствених ризика спроведена у оквиру ове дисертације доприноси актуелним истраживањима која указују да присуство микропластике у земљишту може индиректно повећати ризик по људско здравље услед повећане акумулације потенцијално токсичних елемената у биљкама које се користе у исхрани или медицини. Резултати ове дисертације који су указали на повећање карциногеног ризика у условима присуства микропластике представљају један од ретких примера детаљне квантитативне анализе ефеката присуства микропластике, уз одвојену евалуацију за децу и одраслу популацију.

У целини, резултати дисертације су у високом степену усаглашени са савременим научним сазнањима, али истовремено доносе изузетно значајне нове информације. Оригинални допринос огледа се у првој, свеобухватној квантификацији микропластике у урбаним земљиштима Србије, детаљној анализи синергистичких ефеката микропластике и елемената у земљишту, примени *S. bursa-pastoris* као медицински релевантног биоиндикатора, доказаној модификацији биодоступности и ризика под утицајем микропластике, и интегрисаном приступу уз примену више метода које повезују физичко-хемијске, токсиколошке и статистичке параметре. Тиме ово истраживање даје јединствен допринос актуелним глобалним напорима усмереним ка разумевању импликација микропластике у копненим екосистемима и процени њених ризика по животну средину и здравље људи.

Литература

- [1] Cohen, Q.M., Glaese, M., Meng, K., Geissen, V., Huerta-Lwanga, E., 2021. Parks i Recreational Areas as Sinks of Plastic Debris in Urban Sites: The Case of Light-Density Microplastics in the City of Amsterdam, The Netherlis. *Environments* 9, 5., <https://doi.org/10.3390/environments9010005>
- [2] Nematollahi, M.J., Keshavarzi, B., Mohit, F., Moore, F., Busquets, R., 2022. Microplastic occurrence in urban and industrial soils of Ahvaz metropolis: A city with a sustained record of air pollution. *Sci. Total Environ.* 819, 152051, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152051>
- [3] Zhou, Y., Wang, J., Zou, M., Yin, Q., Qiu, Y., Li, C., Ye, B., Guo, T., Jia, Z., Li, Y., Wang, C., Zhou, S., 2022. Microplastics in urban soils of Nanjing in eastern China: Occurrence, relationships, and sources. *Chemosphere* 303, 134999. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2022.134999](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134999)
- [4] Yang, H., Yumeng, Y., Yu, Y., Yinglin, H., Fu, B., Wang, J., 2022. Distribution, sources, migration, influence and analytical methods of microplastics in soil ecosystems. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 243, 114009. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2022.114009](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114009)
- [5] Abbasi, S., Moore, F., Keshavarzi, B., Hopke, P.K., Naidu, R., Rahman, M.M., Oleszczuk, P., Karimi, J., 2020. PET-microplastics as a vector for heavy metals in a simulated plant rhizosphere zone. *Sci. Total Environ.* 750, 141811. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.141811](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141811)

Environ. 744, 140984. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.140984](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140984)

[6] Tang, Y., Xing, Y., Wang, X., Ya, H., Zhang, T., Lv, M., Wang, J., Zhang, H., Dai, W., Zhang, D., Zheng, R., Jiang, B., 2024. PET microplastics influenced microbial community and heavy metal speciation in heavy-metal contaminated soils. Appl. Soil Ecol. 201, 105488. DOI: [10.1016/j.apsoil.2024.105488](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105488)

[7] Jiang, W., Wang, Z., Xiao, H., Abou-Elwafa, S.F., Alshehri, M.A., Wu, Y., Yu, H., Tan, W., 2024. Response of soil heavy metal forms and bioavailability to the application of microplastics across five years in different soil types. J. Hazard. Mater. 480, 136068. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2024.136068](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136068)

[8] Grifoni, M., Pellegrino, E., Arrighetti, L., Bronco, S., Pezzarossa, B., Ercoli, L., 2024. Interactive impacts of microplastics and arsenic on agricultural soil and plant traits. Sci. Total Environ. 912, 169058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169058>

Г. НАУЧНИ РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У МЕЂУНАРОДНИМ ЧАСОПИСИМА И САОПШТЕЊА СА СКУПОВА КОЈИ ЧИНЕ ДЕО ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Резултати испитивања у оквиру ове докторске дисертације објављени су у три научна рада. Два рада су објављена у међународним часописима изузетних вредности (M21a+ и M21a), а један рад у истакнутом међународном часопису (M22).

Рад објављен у међународном часопису изузетних вредности (M21a+)

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Jakovljević, K., Mišljenović, T., Sokić, M., Mutić, J., 2025. Polystyrene-Nickel Interactions in Soil: Implications for metal mobility, plant uptake, and human health. J. Hazard. Mater. 140494. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.140494>

Рад објављен у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Obradović, M., Stojanović, J., Mutić, J., 2024. Distribution of microplastics in (sub)urban soils of Serbia and Cd, As, and Pb uptake by *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. Chemosphere 363, 142891. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142891>

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22)

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Simić, M., Petrović, J., Koprivica, M., Mutić, J., 2025. Health Risk Assessment and Accumulation of Potentially Toxic Elements in *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. Processes 13, 2222. <https://doi.org/10.3390/pr13072222>

Радови објављени у водећем националном часопису (M51)

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Milojkov, D., Jovanović, A., Mišić, M., Mutić, J., 2025. Environmental Impacts of Microplastics in Contaminated Soils: Potential Implications for Cu, Mn, and Sr Phytoremediation. Metallurgical and Materials Data 3, pp 75-78. <https://doi.org/10.30544/MMD63>

Mikavica, I., Randelović, D., Mutić, J., 2023. Microplastic sources, reduction and remediation: current state and future trends. Metallurgical and Materials Data 1, pp 103-109. <https://doi.org/10.30544/MMD15>

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

Mikavica, I., Randelović, D., Obradović, M., Stojanović, J., Mutić, J., 2023. Microplastic textile fibers in urban soils of Serbia, 54th International October Conference On Mining and Metallurgy, Bor: University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Serbia. ISBN: 978-86-6305-140-9, pp 366-369

Mikavica, I., Randelović, D., Stojanović, J., Mutić J., 2022. Microplastic occurrence in urban and suburban soils of Bor, Eastern Serbia, 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research - EcoTER'22, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, Serbia. ISBN 978-86-6305-123-2, pp 319-324

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Milojkov, D., Jovanović, A., Mišić, M., Mutić, J., 2025. Potential effects of environmental microplastics on phytoremediation of Cu, Mn And Sr from serbian urban soils, 6th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, ISBN: 978-86-87183-34-6, pp125-125

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Petrović, J., Simić, M., Koprivica, M., Mutić, J., 2025. Potential effects of environmental microplastics on essential elements uptake by *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., 3rd European Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food, ISBN: 978-86-7834-453-4, pp 158-158

Mikavica, I., Ilić, M., Pantović Spajić, K., Jovanović, A., Milojkov, D., Dimitrijević, J., Mutić, J., 2025. Health risk assessment of As, Cd and Pb in infusions prepared from *Capsella bursa-pastoris* L. Medik., 3rd European Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food, ISBN: 978-86-7834-453-4, pp 159-159

Mikavica, I., Mutić J., Randelović, D., 2024. Effects of Microplastics and Nickel on Soil-Medicinal Plant System: Risks to Food Security and Human Health, Food Safety: Global and National Problems Abstracts of VI International scientific-practical conference, 2024, ISBN: 978-9910-9785-5-5, pp 309-310

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Mutić, J., 2024. Human health risk assessment of PTEs in *Capsella bursa-pastoris* and its extracts, 3rd International UNIfood Conference, ISBN: 978-86-7834-438-1, pp 142-142

Mikavica, I., Randelović, D., Ilić, M., Obradović, M., Stojanović, J., Mutić, J., 2023. Microplastics in urban soils of Belgrade: Abundance and potential sources, Twenty-First Young Researchers' Conference - Materials Science and Engineering, ISBN: 978-86-80321-38-7, pp 50-50

Mikavica, I., Randelović, D., Mutić, J., 2022. Different approaches to microplastic extraction from soils, Young Researches Conference 2022, YOURS 2022, Abstract proceedings, ISBN 978-86-84231-50-7, pp 10-10

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M63)

Mikavica, I., Randelović, D., Mutić, J., 2023. Zagađenje mikroplastikom: izvori, redukcija i remedijacija, Industrija 4.0 u cirkularnoj ekonomiji i zaštiti i oporavku životne sredine, ISBN: 978-86-82563-26-6, pp 92-101

Mikavica, I., Randelović, D., Stojanović, J., Mutić, J., 2022. Zagađenje zemljišta mikroplastikom u području Zasavice, Simpozijum sa međunarodnim učešćem „Zemljište u doba precizne poljoprivrede i informacionih tehnologija”, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Srpsko društvo za proučavanje zemljišta i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, ISBN: 978-86-7520-556-2, pp 8-14

Д. 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 (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018). Помоћу програма iThenticate, утврђено је да количина подударана текста износи 6%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података коришћених у литератури, тзв. општих места и података у вези са темом дисертације, као и претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из дисертације, што је у складу са чланом 9. поменутог Правилника.

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

Е. ЗАКЉУЧАК

На основу увида у целокупну садржину докторске дисертације под насловом „Утицај микропластике у земљишту на мобилност макро- и микроелемената у систему земљиште-лековита биљка *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.”, као и свега наведеног у овом Извештају о прегледу и оцени дисертације, Комисија сматра да је кандидаткиња, мастер хемичар Иване Микавица, у потпуности и успешно одговорила на све постављене истраживачке задатке. Кандидаткиња је развила и валидирала поуздан аналитички поступак за изоловање и идентификацију микропластике из земљишта, испитала њену распрострањеност у урбаним земљиштима у Србији, као и њен утицај на физичко-хемијске параметре земљишта, фракционисање елемената и његову биодоступност. Детаљно су испитане и промене у усвајању и транслокацији елемената у врсти *Capsella bursa-pastoris*, чиме је омогућено сагледавање синергистичког деловања микропластике и макро- и микроелемената у систему земљиште–биљка. Комисија оцењује да добијени резултати представљају значајан и оригиналан научни допринос разумевању интеракција микропластике и есенцијалних и потенцијално токсичних елемената у копненим екосистемима и развоју методолошких приступа за њихову анализу.

Резултати истраживања проистекли из ове докторске дисертације објављени су у оквиру три научна рада, од чега су два рада објављена у међународним часописима изузетних вредности (M21a+ и M21a), и један у истакнутом међународном часопису (M22). Поред тога, резултати су представљени у више саопштења на научним скуповима међународног и националног значаја.

На основу свега изложеног, Комисија сматра да се ова дисертација у потпуности уклапа у савремене истраживачке токове из области развоја аналитичких метода, заштите животне средине, управљања отпадом и безбедности хране те на основу свега изложеног предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета да прихвати поднету докторску дисертацију Иване Д. Микавица под насловом: „Утицај микропластике у земљишту на мобилност макро- и микроелемената у систему земљиште-лековита биљка *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.” и одобри њену одбрану, чиме би били испуњени сви услови за стицање звања доктор хемијских наука.

У Београду, 21.11.2025.

Комисија:

Др. Драган Манојловић

редовни професор Универзитета у Београду –
Хемијског факултета, председник комисије

Др. Јелена Мутић

редовни професор Универзитета у Београду –
Хемијског факултета, члан

Др. Драгана Ранђеловић

виши научни сарадник Института за технологију
нуклеарних и других минералних сировина, члан

Др. Ксенија Јаковљевић

научни саветник Универзитета у Београду –
Института за биолошка истраживања „Синиша
Станковић“, Институт од националног значаја за
Републику Србију, члан