

Симпозијум:

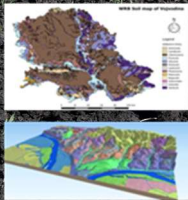
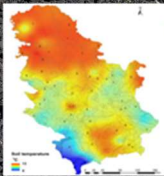
## „Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих технологија”

16-17. јун 2022.  
Пољопривредни факултет Нови Сад

Уредници:

Владимир Ђирић  
Ксенија Мачкић  
Срђан Шеремешкић

# ЗБОРНИК РАДОВА



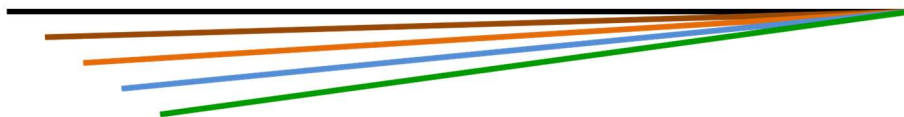
Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду  
Српско друштво за проучавање земљишта  
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

## Зборник радова

са  
Симпозијума

**„Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих  
технологија”**

SoilAgroIT 2022



16-17. јун 2022.  
Пољопривредни факултет Нови Сад

Нови Сад, 2022.

## Зборник радова

Симпозијум:

„Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих технологија”

***Издавач:***

Пољопривредни факултет Нови Сад

***Уредници:***

*Владимир Тирић*

*Ксенија Мачкић*

*Срђан Шеремешић*

***Штампа:***

Перинс инжењеринг, Нови Сад

***Организатори скупа:***

Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду

Српско друштво за проучавање земљишта

Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

ISBN 978-86-7520-569-2

**Скуп су подржали:**

- 1. Министарство просвете, науке и технолошког развоја*
- 2. Покрајински секретаријат за високо образовање и научноистраживачку делатност*
- 3. Пољопривредни факултет Нови Сад*
- 4. Институт за низијско шумарство и животну средину*
- 5. Corteva Agriscience SRB d.o.o.*
- 6. Megra d.o.o.*
- 7. d.o.o. BB Minaqua Novi Sad*

## Научни одбор

1. Проф. др Бошко Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија – председник Научног одбора
2. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
3. Prof. dr Boris Đurđević, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Croatia
4. Проф. др Велибор Спалевић, Биотехнички факултет Црне Горе
5. Доц. др Мирко Кнежевић, Биотехнички факултет Црне Горе
6. Проф. др Миле Маркоски, Факултет за пољопривредно-прехранбене науке у Скопљу, Македонија
7. Проф. др Павел Чермак, Институт за ратарство, Праг, Чешка
8. Prof. dr Simona Vignani, Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Italy
9. Др Тихомир Предић, Универзитет у Бањој Луци, Пољопривредни институт Републике Српске, БиХ
10. Проф. др Михајло Марковић, Универзитет у Бањој Луци, Пољопривредни факултет, БиХ
11. Др Борут Вршцај, Пољопривредни институт Словеније, Љубљана, Словенија
12. Др Драгоја Радановић, Институт за проучавање лековитог биља "Др Јосиф Панчић", Београд, Србија
13. Др Саша Пекеч, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, Србија
14. Др Зоран Галић, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, Србија
15. Проф. др Горан Дугалић, Универзитет у Крагујевцу, Аграрски факултет у Чачку, Србија
16. Др Драган Чакмак, Универзитет у Београду, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Србија
17. Др Павле Павловић, Универзитет у Београду, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Србија
18. Проф. др Сара Лукић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
19. Проф. др Јелена Белоица, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
20. Проф. др Оливера Кошанин, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
21. Др Весна Мрвић, Институт за земљиште, Београд, Србија
22. Др Биљана Сикирић, Институт за земљиште, Београд, Србија
23. Др Владан Угреновић, Институт за земљиште, Београд, Србија
24. Др Бранка Кресовић, Институт Земун поље, Београд, Србија
25. Проф. др Гордана Матовић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
26. Проф. др Невенка Ђуровић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
27. Проф. др Ружица Стричевић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
28. Проф. др Светлана Антић-Младеновић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
29. Проф. др Борђе Крстић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
30. Проф. др Драгана Латковић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
31. Проф. др Александар Седлар, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
32. Проф. др Тимеа Хојнал-Јафари, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
33. Доц. др Драгана Стаменов, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
34. Др Миодраг Толмић, Институт за кукуруз, Земун поље, Београд, Србија
35. Проф. др Гордана Рашић, Универзитет Едуконс, Сремска Каменица, Србија
36. Проф. др Мира Пуцаревић, Универзитет Едуконс, Сремска Каменица, Србија
37. Проф. др Миролуб Аксић, Универзитет у Приштини, Пољопривредни Факултет Лешак, Србија
38. Др Вера Поповић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
39. Др Станко Милић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
40. Др Снежана Јакшић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
41. Др Јелена Маринковић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
42. Др Драгана Бјелић, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија

## Програмски одбор

1. др Јовица Васин, научни саветник, Институт за Ратарство и повртарство - председник одбора
2. Проф. др Маја Манојловић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
3. Проф. др Боривој Пејић, р Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
4. Проф. др Срђан Шеремешкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
5. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
6. Проф. др Ксенија Мачкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
7. Проф. др Ранко Чабилоски, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
8. др Јордана Нинков, виши научни сарадник, Институт за Ратарство и повртарство
9. Проф. др Марко Костић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
10. Проф. др Павел Бенка, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
11. Доц. др Љубомир Животић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
12. Проф. др Снежана Белановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет
13. др Оскар Марко, научни сарадник, Универзитет у Новом Саду, Институт БиоСенс
14. др Радмила Пивић, научни саветник, Институт за земљиште, Београд
15. Проф. др Симонида Ђурић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
16. Проф. др Весна Тунгуз, Пољопривредни факултет Истично Сарајево
17. др Марко Јосиповић, научни саветник, Пољопривредни Институт Осиек
18. Проф. др Татјана Миткова, Универзитет светог Ђирила и Методија, Факултет пољопривредних наука и хране, Скопље

## Организациони одбор

1. Проф. др Владимир Ђирић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија – председник Организационог одбора
2. Проф. др Срђан Шеремешкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
3. Проф. др Ксенија Мачкић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
4. Проф. др Бошко Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
5. Проф. др Марија Ћосић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
6. Доц. др Лазар Калуђеровић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
7. Др Предраг Миљковић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
8. Др Вукашин Милчановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
9. Јанко Љубичић, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
10. Александар Баумгертел, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија
11. Др Елмира Саљников, Институт за земљиште, Београд, Србија
12. Др Дарко Јарамаз, Институт за земљиште, Београд, Србија
13. Доц. др Светлана Вујић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
14. Драган Радовановић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
15. Драгана Маринковић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
16. Бојан Војнов, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
17. Јелена Богосављевић, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
18. Алекса Липовац, маг. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
19. Милорад Живанов, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
20. Доц. др Клара Петковић, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
21. Драган Ковачевић, маг. инж. пољ., Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
22. Др Владимир Вишацки, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија
23. Душана Бањац, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
24. Надежда Стојанов, маг. инж. пољ., Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија
25. Војислав Лазовић, дипл. инж. пољ., Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија
26. Катарина Гајић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија

## ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА МИКРОПЛАСТИКОМ НА ПОДРУЧЈУ ЗАСАВИЦЕ

Ивана Микавица<sup>1\*</sup>, Драгана Ранђеловић<sup>1</sup>, Јовица Стојановић<sup>1</sup>, Јелена Мутић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт за Технологију Нуклеарних и других Минералних Сировина, Булевар Франше Д'Епера, Београд, Србија

<sup>2</sup>Универзитет у Београду, Хемијски факултет, Студентски трг 12 - 16, 11158, Београд, Србија

\*аутор за контакт: [i.mikavica@itnms.ac.rs](mailto:i.mikavica@itnms.ac.rs)

### САЖЕТАК

**УВОД и ЦИЉЕВИ:** Услед високих нивоа производње и употребе пластике узрокованих индустријским развојем, копнена околина садржи алармантне количине одбачених отпадних пластичних материјала. Једном када доспеју у природу, они подлежу деградационим процесима, разлажући се на микроскопске фрагменте, познатије као микропластике (МП). МП се дефинишу као пластични остаци мале величине (< 5 mm) који потичу из различитих извора као што су производи за личну негу, хабање гума, различите пољопривредне активности, таложење атмосферских честица, клизишта итд. Земљишна станишта последично постају једно од доминантних басена за депоновање МП. Токсични ефекти присуства МП у животној средини су бројни. Штавише, захваљујући јаком капацитету адсорпције, МП би могле коегзистирати са другим загађивачима као што су тешки метали и органске честице, што представља нови еколошки ризик. Присуство МП је откривено у екосистемима у којима готово да нема људске активности - дивљим областима Северне Америке, планинским шумама Пиринеја, па чак и на врху Монт Евереста. Овај рад је имао за циљ да истражи садржај микропластике у земљишту које окружује Специјални резерват природе Засавица, указујући на значај овог свеprisутног загађивача који негативно утиче на квалитет земљишта, живи свет и ланац исхране.

**МАТЕРИЈАЛ и МЕТОД:** Узорци земљишта су прикупљани помоћу лопате од нерђајућег челика и текстилних врећа, на травнатој површини у близини Специјалног резервата природе Засавица, на дубини од 0-20 cm. Узорци су сушени на ваздуху две недеље и просејани кроз сито од 2 mm. Након просејавања, узорци су сушени на 60°C у пећи до константне тежине, а затим су мерена три реплика од укупно 15 g узорка за анализу. На почетку је земљиште третирано са 60 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> како би се разорила органска материја земљишта. Како би се постигла боља екстракција МП, суспензија је подвргнута ултразвучном третману у трајању од 10 минута, имајући у виду да МП имају тенденцију да буду инкорпорирани у агрегате земљишта. Након тога, дигестија је настављена на 60°C током 24h. Изолација МП извршена је методом раздвајања по густини. Суви остатак земљишта који је остао након дигестије прекривен је засићеним раствором NaCl. Густина раствора NaCl била је 1,2 g cm<sup>-1</sup>. Суспензија је стављена у ултразвучно купатило на 15 минута и остављена преко ноћи како би се честице могле редистрибуирати по густини. Горњи слој супернатанта је филтриран кроз Whatman стаклени филтер (величина пора 1,6 μm, пречник 25 mm). МП су посматране и пребројане помоћу поларизационог микроскопа (Carl Zeiss Jena Pol-U).

**РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧЦИ:** У складу с резултатима, узорци земљишта су садржали 800 честица по kg земљишта, односно у измерених 5 g земљишта у просеку смо нашли 4 честице. Преовлађујући облици МП били су фрагменти, док је величина била у распону од 50-500 μm. Боја честица је била бела/провидна. Претпостављени доминантни извори остатака МП на овом подручју, које се сматра незагађеним, могли би бити производи за свакодневну употребу, као што су амбалажа за храну и пиће, козметички производи, текстил, гуме итд. Претпоставља се да индустрија и пољопривреда не доприносе у значајној мери доказаном присуству МП. Метода која користи засићени раствор NaCl даје информације само о честицама полимера са густином мањом од 1,2 g cm<sup>-1</sup>. Стога се очекује да ће екстраховане честице бити остаци полимера као што су LDPE и HDPE (полиетилен ниске и високе густине), PP (полипропилен), ABS (акрилонитрил бутадиен стирен), PC (поликарбонат), HIPS (полистирен високог утицаја), или PA (полиамид). Јасан увид у утицај МП на екосистем тек треба да се испита. Будућа истраживања биће усмерена на утицај МП на важна физичко-хемијска својства земљишта и живи свет, одређивање типа и карактеризација МП и њеног главног извора порекла на проучаваном подручју, како би се у будућности примениле одговарајуће мере за смањење загађења пластиком.

**КЉУЧНЕ РЕЧИ:** микропластика; честице; земљиште; дигестија; екстракција

## УВОД

Савремени свет и живот уопште је готово немогуће замислити без пластике и синтетичких полимера. Захваљујући бројним карактеристикама, као што су хемијска стабилност, лако обликовање и обрада, некорозивност и механичка отпорност, пластика је постала доминантни материјал у индустрији паковања, грађевинарства, аутомобилској, електро и електронској индустрији и пољопривреди. Глобална производња и општа употреба пластике датирају из средине XX века, 1950. (Geyer и сар., 2017). Од тада, потрошња пластике је расла готово експоненцијално. Пропорционално се увећавао и удео пластичног отпада у загађењу животне средине. Производња пластике на глобалном нивоу 2019. године достигла је вредност од 368 милиона тона (Tian и сар., 2022). Особине пластике које су је учиниле пожељном сировином за употребу, истовремено су омогућиле лако доспевање у животну средину, чак и у најудаљеније крајеве планете.

Истраживања су показала да се пластика доспела у животну средину, постепеним разлагањем под утицајем различитих процеса који се дешавају у природи дефрагментирани до микрочестица, тзв. микропластике. Деградација пластике се може догодити као последица изложености високим температурама, фотооксидацији, корозији (хемијска деградација), као и утицајем ерозије, абразије, и рада таласа (механичка деградација) или пак, активношћу микроба (биодеградација) (Lwanga и сар., 2022). Дефинисано је да микропластику представљају честице пластике мање од 5 mm (Zhang и сар., 2022). Од самог открића њеног присуства и акумулације у океанима од стране Томпсона 2004. године, микропластика је у значајној мери скретала пажњу како научне заједнице и регулаторних тела, тако и медија и шире јавности. Данас знамо да се микропластика може пронаћи у живим организмима - глистама (Lahive и сар., 2022), шкољкама (Nap и сар., 2022), и у људској крви (Leslie и сар., 2022), у поднебљима готово без људске активности, као што су Антарктик (Aves и сар., 2022) и Монт Еверест (Napper и сар., 2020), у свим компонентама екосистема, а да је земљиште доминантно подручје за њено депоновање (Wang и сар., 2022).

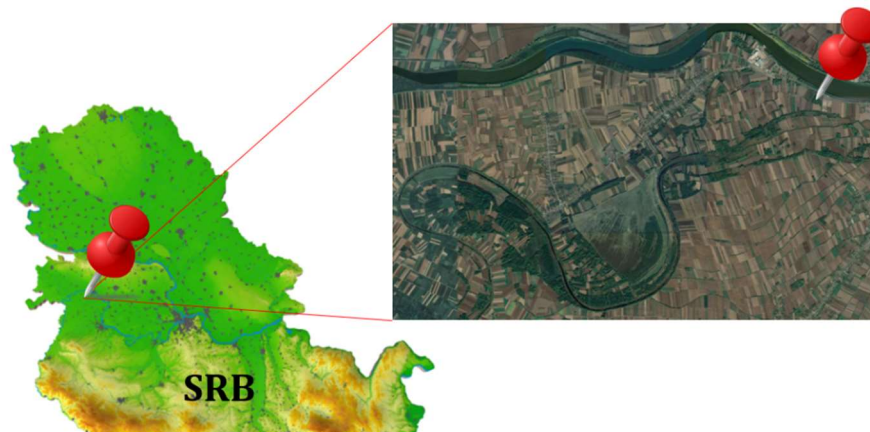
Токсични ефекти микропластике су бројни. До сада је установљено да микропластика утиче на физичко-хемијска својства земљишта – капацитет задржавања воде, специфичну густину, стабилност структурних агрегата, расподелу величине пора, као и на плодност земљишта (Zhang и сар., 2020). Веза између садржаја микропластике и земљишта, механизам деловања и степен утицаја на живи свет захтевају даља истраживања. Захваљујући великој специфичној површини, насталој као резултат деловања спољних утицаја, површину честица микропластике карактерише велики потенцијал адсорпције. Из тог разлога се микропластика сматра висококапацитетним носачем патогених микроорганизама, али и других полутаната – пестицида, тешких метала, органских загађујућих супстанци, итд. (Qian и сар., 2018). Микропластика на тај начин представља потенцијални вектор за патогене и контаминанте присутне у земљишту (Chia и сар., 2021). Земљишни организми имају отворен приступ микропластици у земљишту, те се последично ингестијом омогућава њен транспорт и увођење у ланац исхране, а одређени број честица пластике завршава и у систему подземних вода, представљајући претњу за животну средину, биљни и животињски свет, као и људско здравље.

Спознајом да се у земљиштима акумулира значајна количина микропластике, јавила се потреба за њеном квантификацијом. До сада је развијено више метода за изоловање микропластике из земљишта, од којих је највећу примену нашла екстракција на бази разлике у густини у засићеним растворима соли (He и сар., 2018). Компоненте земљишта поседују већу густину од честица микропластике, те у раствору под утицајем гравитације падају на дно, док честице микропластике као лакше испливавају и задржавају се на површини супернатанта. Поменути метод је оптимизован и коришћен и у нашем истраживању.

Предмет досадашњих испитивања садржаја микропластике у копненим подручјима, претежно су била земљишта под високим антропогеним утицајем, као што су урбана, пољопривредна и индустријска земљишта, у којим се проналазак микропластике може очекивати. Мањи број студија бавио се мање загађеним областима. Предмет нашег испитивања било је субурбано земљиште из околине Специјалног резервата Засавица, лоцираног у северној Мачви. Реч је о 1825 хектара поплавних ливада и шума, уз реку Засавицу; ова територија је под заштитом државе као природно добро од изузетног значаја од 1977. године. Циљ ове студије били су изоловање и квантификација честица микропластике у земљишту из околине резервата природе Засавица, уз преглед истраживања спроведених на ову тему, и осврт на постојеће разлике у коришћеним методама.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Узорци земљишта су прикупљени на травнатој површини, на територији близу обода резервата природе, субурбаној зони Сремске Митровице (Слика 1). Узоркован је и анализиран горњи слој земљишта, дубине 0-20 cm, помоћу ашова од нерђајућег челика, како би се избегла контаминација.



Слика 1. Специјални резерват природе Засавица и место узорковања

Земљиште је сушено 2 недеље на собној температури, просејано кроз сито од 2 mm, а потом сушено поново у сушници на 60°C до константе масе. Одмерено је укупно 15 g земљишта, а анализе су рађене у трипликату. Све наредне етапе протокола вршене су у ламинарној комори. Како је густина органске материје у опсегу густине пластичних материјала (0.85 – 2.30 g cm<sup>-3</sup>), наредни корак је подразумевао дигестију органске материје (ОМ), пре раздвајања на бази густине (Шема 1). Разарање органске материје вршено је водоник пероксидом концентрације 30% у трајању од 24h. Услед бурне реакције оксидације, 30 ml водоник пероксида је додавано најпре у инкрементима од по 1 ml, а потом је суспензији додата преостала количина од 30 ml. Температура је контролисана и одржавана у уском опсегу око 60°C, имајући у виду да се већина гравивних полимера пластике под утицајем 30%-тног H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> разлаже већ на температурама од око 70°C.



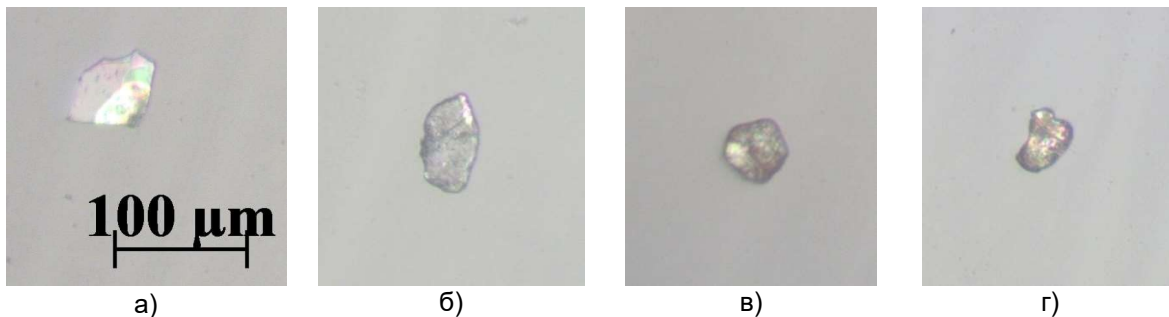
Шема 1. Протокол за изоловање микропластике из земљишта

Како честице микропластике имају тенденцију инкорпорирања у земљишне агрегате, суспензија је подвргнута ултразвучном третману у трајању од 10 минута, у циљу постизања бољих резултата раздвајања. Суви остатак земљишта, остао након дигестије је прекривен zasiћеним раствором NaCl, густине 1.2 g cm<sup>-3</sup>. Добијена суспензија је промешана и постављена у ултразвучно купатило током 15 минута, и остављена преко ноћи у циљу расподеле честица у зависности од густине. Горњи слој супернатанта, око 30 ml, је профилиран кроз стаклени филтер (пречника 25 mm и порозности 1.6 μm, Whatman). Идентификација и квантификација честица микропластике је вршена помоћу поларизационог микроскопа (Carl Zeiss Jena Pol-U).

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Локација узорковања налази се у субурбаној зони Сремске Митровице, на граници резервата Засавица. У 5 g узоркованог земљишта, колико је одмерено за анализу по једној проби, изоловане су у просеку 4 честице, тј. детектовано је 800 честица по kg. Све изоловане честице биле су беле до транспаренте боје, величине испод и око 100 μm (Слика 2). Доминантан, тј. готово једини примећени морфолошки облик био је фрагмент. Облик једне честице (Слика 2а) се може посматрати и као филм судећи по површини снимљеној поларизационим микроскопом, док с друге стране, посматрајући ивице, честица има фрагментални облик.



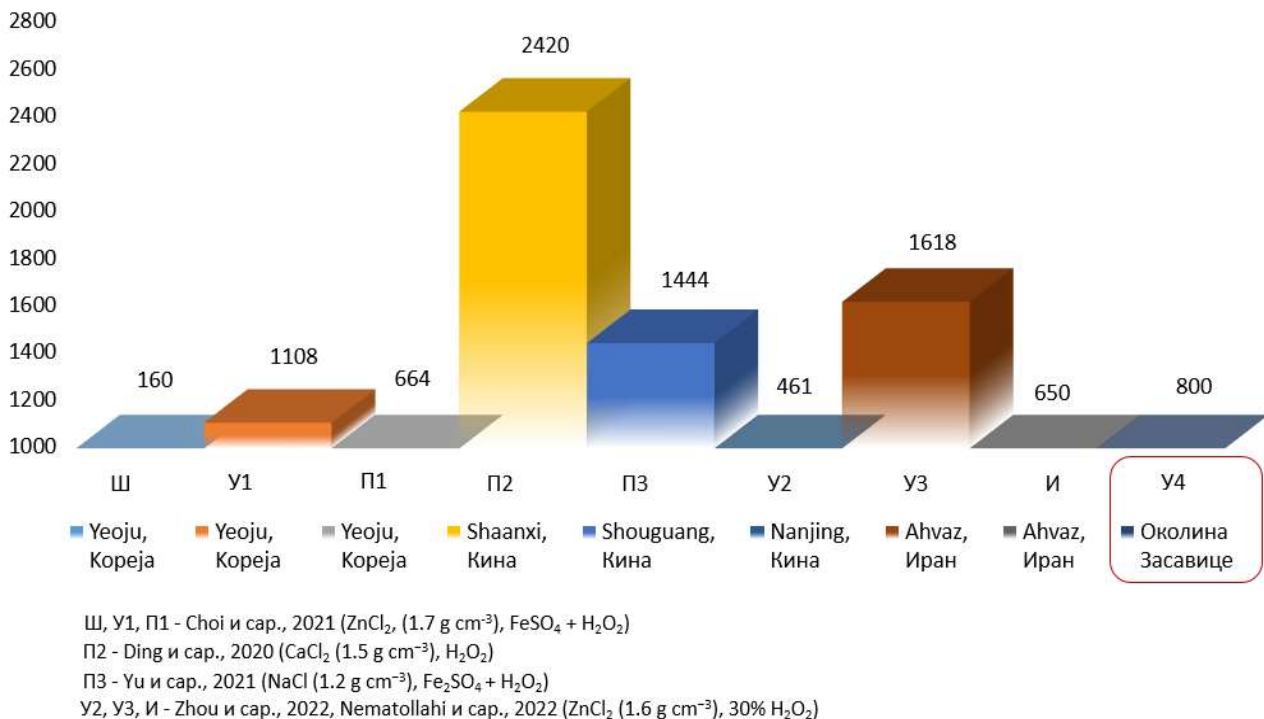


**Слика 2.** Изоловане честице микропластике, а), в) и г)  $< 100 \mu\text{m}$  и б)  $\geq 100 \mu\text{m}$

Добијени резултат умногоме одговара опсегу објављених вредности за градска и приградска земљишта. Резултати појединих студија налазе се на Слици 3. Приметно је да концентрације микропластике у различитим областима значајно варирају, што свакако има везе са степеном урбанизације, привредним делатостима саме области, густини насељености становништва и применом регулаторних и превентивних мера.

Коцентрација микропластике у земљишту у околини Засавице је мања од исте у урбаном земљишту града Уеоју, у провинцији Gyeonggi у Јужној Кореји, где је пронађено у просеку 1108 честица по килограму, док је у истом граду шумско земљиште садржало 160 честица  $\text{kg}^{-1}$  - значајно мање у поређењу са овде одређеном вредношћу. Пољопривредно земљиште у овој области садржало је 664 честице по килограму. Изоловане честице биле су доминантно црни фрагменти, осим шумског земљишта у ком су преовладавале жуте честице пластике. Метод коришћен за изоловање подразумевао је екстракцију засићеним раствором  $\text{ZnCl}_2$ , густине  $1.7 \text{ g cm}^{-3}$ , и дигестију органске материје уз употребу Фентоновог реагенса (Слика 3). Већа густина раствора у овом случају омогућава виши степен екстракције, обухватајући и полимере веће густине. Како је густина засићеног раствора  $\text{NaCl}$  који је коришћен у овом раду  $1.2 \text{ g cm}^{-3}$ , честице микропластике веће густине остају неекстраховане, што доводи до нижих резултата од оних које би дала метода с  $\text{ZnCl}_2$  чија густина може ићи до  $1.9 \text{ g cm}^{-3}$ .

Кина је највећи светски произвођач пластике, са уделом од 24.8% од укупне глобалне производње у 2020. години, те су високе концентрације микропластике у земљишту очекиване (Zhou и сар., 2022). У оквиру истраживања спроведених у различитим градовима Кине, пријављен је широк распон концентрација – од 461 честица  $\text{kg}^{-1}$ , колико је пронађено у зеленим травнатим површинама града Nanjing, у кинеској покрајини Jiangsu, до 22002 честице по  $\text{kg}$ , детектоване у градском земљишту у Пекингу (Zhou и сар., 2022, Zhang и сар., 2022). Коришћене методе се нису разликовале значајно. Оба аутора су екстракцију честица вршила засићеним раствором  $\text{ZnCl}_2$  уз минималне разлике у густини истог ( $1.5$  и  $1.6 \text{ g cm}^{-3}$ ), док је за дигестију органске материје коришћен Фентонов реагенс и  $\text{H}_2\text{O}_2$ , редоследно (Слика 3). Честице изоловане у поменутих студијама биле су доминантно беле до транспалентне боје, величине испод  $500$  и  $250 \mu\text{m}$ . У највећој мери било реч је о влакнима, за разлику од фрагмената пронађених у околини Засавице, тј. близини Сремске Митровице. Концентрације добијене анализом пољопривредних земљишта у провинцији Shaanxi и граду Shouguang (1430-3410, и 1444, редоследно) ниже су од поменутих концентрација у градским областима, а свакако знатно више од концентрације добијене у овом раду. Екстракциона средства коришћена за анализе били су засићен раствор  $\text{CaCl}_2$  ( $1.5 \text{ g cm}^{-3}$ ) и  $\text{NaCl}$  ( $1.2 \text{ g cm}^{-3}$ ), а средство коришћено за оксидацију органске материје Фентонов реагенс и  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Слика 3). Величина изолованих честица била је испод  $500 \mu\text{m}$ . Земљиште из провинције Shaanxi претежно је садржало пластична влакна, док су у граду Shouguang у највећој мери били заступљени бели фрагменти.



**Слика 3.** Литературне вредности концентрације микропластике у различитим категоријама земљишта уз примену различитих метода за изоловање микропластике (Ш – шумско земљиште, У – урбано, П – пољопривредно, И – индустријско)

Nematollahi и сар., (2022) анализирали су земљиште у индустријском граду Ahvaz, у Ирану. Урбано земљиште садржало је 100–3135 честица по килограму, док је концентрација микропластике у узорцима индустријског земљишта била у опсегу 80-1220 честица kg<sup>-1</sup> (Слика 3). За екстракцију микропластике коришћен је засићен раствор ZnCl<sub>2</sub> (1.6 g cm<sup>-3</sup>), а за дигестију 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. ZnCl<sub>2</sub> представља релативно често коришћен реагенс, због високе густине која се може постићи његовим растварањем. Но, ова со је изразито корозивна, те с аспекта заштите животне средине није најподеснија за употребу. Додатни ограничавајући фактор је и цена ове хемикалије, разматрајући економичност методе. Насупрот томе, NaCl је хемикалија безбедна за околину, и уз то и јефтина, те је многи аутори сматрају погодном за анализу, макар као први корак за изоловање фракције полимера ниже густине. Разлика између индустријског и суб(урбаног) земљишта јавила се и у погледу величине честица. Индустријско земљиште садржало је честице 50-100 μm, док су у пољопривредном биле нешто веће – 100-250 μm. У обе категорије земљишта преовладала су бела влакна.

За разлику од претходно поменутих студија, за екстракцију микропластике у земљишту узоркованом у парковима Амстердама је коришћен раствор NaI (1.7 g cm<sup>-3</sup>). Циљ је била екстракције полимера мале густине, те је као први корак екстракције коришћена и дестилована вода. Просечна вредност садржаја микропластике била је 4825 честица kg<sup>-1</sup>, што је знатно мање од концентрације у Пекингу (Zhang и сар., 2022), али више од одговарајућих вредности за суб(урбана) земљишта у граду Ahvaz, у Ирану, и Yeoju, у Кореји, а вишеструко више у односу на град Nanjing, у Кини, и области у околини Засавице и Сремске Митровице, коју смо у овом раду анализирали. Величина честица била је у опсегу 190-400 μm. Важно је нагласити, да је униформна метода за изоловање неопходна за могућност адекватног поређења резултата, те је један од круцијалних праваца даљих истраживања, увођење стандардне методе за екстракцију микропластике из земљишта различитих матрикса.

Разноврсност у дистрибуцији, морфолошким облицима, а у неким случајевима и у величини указује на комплексност порекла микропластике у земљишту. Извори микропластике уско су везани

с антропогеним делатностима, било да је реч о привреди, или свакодневним активностима. Третман отпадних вода и употреба муљева у циљу побољшања квалитета земљишта сматрају се примарним извором загађења у агроекосистемима. Микропластика пронађена у индустријским подручјима може потицати од коришћене амбалаже за паковање и електронског отпада. Субурбана земљишта, какво је анализирано земљиште из околине Засавице, обилују честицама прашине од гума, услед близине путева, као и деловима пластичних материјала одложених на градским депонијама и на локалним местима за скупљање отпада (производи за личну употребу, паковања хране и пића, текстил, итд.). Карактеризација честица, тј. одређивање структуре градивног полимера пластике може дати значајне информације о пореклу честица, што је уједно и наредни корак планиран за даља истраживања.

## ЗАКЉУЧАК

Микропластика је свеprisутни загађивач пронађен чак и у ненасељеним областима, чији негативан утицај оставља дуготрајне последице по животну средину и здравље људи и других живих организама. Показало се да је земљиште једно од примарних подручја у којима се честице микропластике депонују. Концентрација од 800 честица по kg земљишта из околине специјалног резервата природе Засавица, установљена методом изоловања на бази густине уз засићени раствор NaCl, налази се у опсегу концентрација до сада евидентираних у литератури за субурбана земљишта. Одговарајуће вредности за пољопривредна и индустријска земљишта су знатно изнад добијене. Већина аутора за екстракцију користи засићен раствор ZnCl<sub>2</sub>, услед могућности постизања веће густине, а последично и виши степен екстракције. Могуће порекло микропластике у земљишту посматране области су највероватније производи за свакодневну употребу - паковања пића и хране, текстил, амбалажа производа за личну хигијену, и сл. У идентификацији потенцијалних извора загађења важну улогу игра тип полимера од ког су честице изграђене, те је планирана следећа фаза испитивања карактеризација изолованих честица.

## ЗАХВАЛНИЦА

Ово истраживање финансирано је од стране Министарства процвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Бројеви уговора 451-03-68/2022-14/200023 и 451-03-68/2022-14/200168).

## ЛИТЕРАТУРА

- Aves, A. R., Revell, L.E., Gaw, S., Ruffell, H., Schuddeboom, A., Wotherspoon, N. E., LaRue, M., & McDonald, A. J. (2022). First evidence of microplastics in Antarctic snow. *The Cryosphere*, 16(6), 2127–2145. <https://doi.org/10.5194/tc-16-2127-2022>
- Chia, R. W., Lee, J., Kim, H., & Jang, J. (2021). Microplastic pollution in soil and groundwater: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 4211–4224. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>
- Choi, Y. R., Kim, Y., Yoon, J., Dickinson, N., & Kim, K. (2021). Plastic contamination of forest, urban, and agricultural soils: a case study of Yeosu City in the Republic of Korea. *Journal of Soils and Sediments*, 21, pages1962–1973. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02759-0>
- Cohen, Q., Glaese, M., Meng, K., Geissen, V., & Huerta-Lwanga, E. (2021). Parks and Recreational Areas as Sinks of Plastic Debris in Urban Sites: The Case of Light-Density Microplastics in the City of Amsterdam, The Netherlands. *Environments* 2022, 9(1), 5. <https://doi.org/10.3390/environments9010005>
- Ding, L., Zhang, S., Wang, X., Yang, C., Zhang, C., Qi, Y., & Guo, X. (2020). The occurrence and distribution characteristics of microplastics in the agricultural soils of Shaanxi Province, in north-western China. *Science of The Total Environment*, 720, Article 137525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137525>
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Han, Z., Jiang, T., Xie, L., Zhang, R. (2022). Microplastics impact shell and pearl biomineralization of the

- pearl oyster *Pinctada fucata*. Environmental Pollution, 293, Article 118522. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118522>.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 109, 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Lahive, E., Cross, R., Saarloos, I., Horton, A. A., Svendsen, C., Hufenus, R., & Mitrano, D. (2022). Earthworms ingest microplastic fibres and nanoplastics with effects on egestion rate and long-term retention. Science of The Total Environment, 807(3), Article 151022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151022>
- Leslie, H. A., Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International, 163, Article 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Lwanga, E. H., Beriot, N., Corradini, F., Silva, V., Yang, X., Baartman, J., Rezaei, M., Schaik, L., Riksen, M., & Geissen, V. (2022). Review of microplastic sources, transport pathways and correlations with other soil stressors: a journey from agricultural sites into the environment. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 9, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00278-9>
- Napper, I. E., Davies, B. F. R., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H., Mayewski, P. A., Miner, K. R., Potocki, M., Elmore, A. C., Gajurel, A. P., & Tompson, R. C. (2020). Reaching New Heights in Plastic Pollution—Preliminary Findings of Microplastics on Mount Everest. One Earth, 3(5), 621-630. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.020>
- 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. Science of The Total Environment, 819, Article 152051, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152051>
- Qian, H., Zhang, M., Liu, G., Lu, T., Qu, Q., Du, B., & Pan, X. (2018). Effects of Soil Residual Plastic Film on Soil Microbial Community Structure and Fertility. Water, Air, & Soil Pollution, 229, Article 261. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3916-9>
- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., & Ma, Y. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. Current Opinion in Environmental Science & Health, 25, Article 100311. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100311>
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: Current knowledge and future perspectives. Journal of Hazardous Materials, 424(C), Article 127531. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127531>.
- Yeoju City in the Republic of Korea. Journal of Soils and Sediments, 21, 1962-1973. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02759-0>
- Yu, L., Zhang, J., Chen, L., Tao, S., & Liu, W., (2021). Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. Science of The Total Environment, 756, Article 143860, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143860>
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 95(8), 2052-2068. <https://doi.org/10.1002/jctb.6334>
- Zhang, M., Liu, L., Xu, D., Zhang, B., Li, J., & Gao, B. (2022). Small-sized microplastics (< 500 µm) in roadside soils of Beijing, China: Accumulation, stability, and human exposure risk. Environmental Pollution, 304, Article 11911, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119121>
- 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, Article 134999, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134999>