

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**42. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '21

**Vrnjačka Banja
12 - 15. oktobar 2021.**



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

42. Međunarodna konferencija
VODOVOD I KANALIZACIJA '21

Zbornik radova

Vrnjačka Banja, 12 – 15. oktobar 2021.

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

Mr Bogdan Vlahović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Milovan Živković, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković,
prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Rada Petrović, dr Mirjana Stojanović,
dr Zorica Lopičić, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Jovan Despotović,
prof. dr Radomir Kapor, Dušan Đurić, prof. dr Darko Vuksanović,
prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, mr Olivera Doklešić,
prof. dr Goran Orašanin, prof. dr Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), mr Zoran Pendić, Gvozden
Perković, Nebojša Jakovljević, dr Dragana Randelović, dr Tatjana
Šoštarić, Dalibor Joknić, Nikica Ivić, mr Dragan Grujičić, Zoran
Nikolić, Zoran Dimitrijević, Saša Ilić, Milan Đorđević Marijana
Mihajlović, Olivera Ćosović i Olja Jovičić

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Milovan Živković, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Ćosović

Tehnički urednik:

Olja Jovičić

Štampa:

Akademski izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Zlatarsko jezero, Srbija

Godina izdavanja: 2021

Tiraž: 200 primeraka

Organizator:
Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:
**ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina, Beograd**
**Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju,
biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad**
**Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neogransku
hemijsku tehnologiju, Beograd**
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd
Inženjerska akademija Srbije, Beograd
**IPIN Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering,
Bijeljina**

Uz podršku
Inženjerske komore Srbije, Beograd
Pod pokroviteljstvom
**Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Republike Srbije**

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација (42 ; 2021 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova / 42. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '21, Vrnjačka Banja, 12 -15. oktobar 2021. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ; [glavni i odgovorni urednik Bogdan Vlahović]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2021 (Zemun : Akademska izdanja). - 363 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na više jezika. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-47-6

а) Водовод -- Зборници б) Канализација -- Зборници в) Отпадне воде -- Зборници г) Водозахвати -- Зборници

COBISS.SR-ID 47151113

MIKROPLASTIKA U OTPADNIM VODAMA

MICROPLASTICS IN WASTEWATER

ANGELINA MITROVIĆ¹, TATJANA ĐURKIĆ², DANIJELA PROKIĆ³
JELENA LUKIĆ⁴, DUŠAN MILOJKOV⁵, DANIJELA SMILJANIĆ⁶

Rezime: Masovna upotreba plastike u konzumerističkom životnom stilu prouzrokovala je problem koji izumitelji ovih polimera nisu mogli predvideti. Otkriće mikroplastike kao polutanta prisutnog u životnoj sredini postalo je globalna briga i rezultiralo intenzivnom istraživanju u ovoj oblasti. Mikroplastika je definisana kao bilo koji deo plastike sa prečnikom od 100 nm do 5 mm. Mikroplastika je svuda oko nas, ima je u kozmetičkim proizvodima, vlaknima odeće, vodi i hrani, a pronađena je čak i u artičkom ledu. U ovom preglednom radu biće opisano zašto se sumnja da su postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) značajni tačkasti izvori ispuštanja mikroplastike u vodenu sredinu.

Ključne reči: mikroplastika, otpadne vode, polutant, PPOV

Abstract: The frequent usage of plastics in the consumer lifestyle has caused a problem that inventors of these polymers could not have foreseen. The discovery of microplastics as a pollutant present in the environment has become a global concern and has resulted in intensive research in this area. Microplastic is defined as any part of plastic with a diameter of 100 nm to 5 mm. Microplastics are all around us, in cosmetics, fibers of our clothes, water, and food, and it is even found in arctic ice. This review will describe why wastewater treatment plants (WWTPs) are suspected to be significant point sources of microplastic discharges into the aquatic environment.

Key words: microplastic, wastewater, pollutant, WWTP

¹ Angelina Mitrović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franša d'Eperea 86, Beograd

² Tatjana Đurkić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd

³ Danijela Prokić, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Karnegijeva 4, Beograd

⁴ Jelena Lukić, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Karnegijeva 4, Beograd

⁵ Dušan Milojkov, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franša d'Eperea 86, Beograd

⁶ Danijela Smiljanić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franša d'Eperea 86, Beograd

1. Uvod

Eksponencijalni rast antropogenih aktivnosti, poput upotrebe sintetisanih materijala radi olakšavanja svakodnevnog života, doveo je do poremećaja ekološke ravnoteže i sve većeg stvaranja specifičnih otpadnih materijala poput plastične ambalaže. Konzumeristički životni stil rezultirao je u velikoj upotrebi plastike. Inženjeri koji su prvi sintetisali ovaj polimer nisu mogli predvideti problem koji će nastati u relativno kratkom periodu korišćenja ovih materijala. Naime, podatak iz 2018. godine govori da je od 1950. godine proizvedeno 8,3 milijardi tona plastike. Samo 9% proizvedene plastike se reciklira, a 60% biva deponovano ili ispušteno u životnu sredinu [1]. Mikroplastika je definisana kao bilo koji deo plastike sa prečnikom veličine od 100 nm do 5 mm, a čestice veličine manje od 100 nm predstavljaju nanoplastiku [2]. Pronađena je u tlu, površinskim vodama, lagunama i estuarima, priobalju, bentosnim regijama mora, arktičkoj slatkoj vodi, ledu i okeanu. Mikroplastika se u životnoj sredini može naći u najraznolikijim oblicima npr. u obliku kuglica, nepravilnih fragmenata ili vlakana [3]. Može se podeliti na primarnu i sekundarnu mikroplastiku [4]. Sintetički plastični peleti, perle, vlakna i praškovi proizvedeni u komercijalne svrhe poznati su kao primarna mikroplastika [5]. Sekundarna mikroplastika je nastala razgradnjom plastičnih ostataka pod dejstvom različitih fizičkih, hemijskih i bioloških faktora [6]. Shodno ovoj podeli mogu se uočiti potencijalni izvori, a samim tim i identifikovati moguće mere smanjenja njihovog dospevanja u životnu sredinu [7]. Mikroplastika može dospeti u otpadne vode iz domaćinstava npr. pranjem sintetičke garderobe vlakna mikroplastike zaostaju u otpadnim vodama, zatim kroz proizvode za ličnu negu i higijenu, kao i iz industrije – industrijskim abrazivima i sirovinama za proizvodnju plastike [8].

Mikroplastika trenutno važi za polutanta koji se samo delimično može ukloniti iz otpadnih voda. Mikroplastika, koju tretmani otpadnih voda ne uklanjaju, predstavlja opasnost za vodeni svet i ljudsko zdravlje [9]. Vodeni organizmi mešaju mikroplastiku sa hranom, te je mogu progutati. Ona na taj način ulazi u njihove organizme i u njima se taloži. Taj proces se naziva bioakumulacija. Plastika se, takođe, može transportovati kroz lanac ishrane procesom biomagnifikacije.

2. Mikroplastika u otpadnim vodama

Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) su u obavezi da tretiraju otpadne vode iz domaćinstava pre ponovne upotrebe ili ispuštanja u recipijente. Studije su pokazale da su PPOV značajni izvori ispuštanja mikroplastike u životnu sredinu. Na primer, na osnovu ukupne proizvodnje mulja procenjeno je da se približno $4,6 \cdot 10^8$ čestica mikroplastike dnevno ispuštalo iz PPOV dnevnog protoka 10 000 m³/danu u Finskoj [10]. O uspešnosti uklanjanja mikroplastike u PPOV trenutno se ne zna mnogo. Prijavljene koncentracije mikroplastike u otpadnim vodama i mulju značajno su varirale u različitim postrojenjima. Zbog relativno male gustine veliki deo čestica mikroplastike pluta na vodenoj površini te se može ukloniti dodatkom hibridnih silika gelova procesom flotacije [11]. Primarno prečišćavanje podrazumeva uklanjanje makroplastike, ostalih plutajućih materijala i masti i ulja. Što

se tiče polimernih vlakna koja predstavljaju dominantan tip mikroplastike ona uglavnom ostaju u otpadnim vodama nakon primarnog tretmana [12]. Količina mikroplastike postepeno se smanjuje od primarnog ka sekundarnom tretmanu [13]. Tokom sekundarnog tretmana, mikroorganizmi uklanjaju rastvorene i suspendovane organske supstance iz otpadnih voda u velikim aeracionim bazenima ili lagunskim sistemima. Primećeno je da je prisustvo mikroplastike u mulju iz primarnog tretmana veće nego u mulju iz sekundarnog tretmana zbog toga što plastika nije biorazgradiva, te se u sekundarnom tretmanu ne uklanja, pa samim tim ne zaostaje u mulju iz sekundarnog tretmana. Za dalje uklanjanje polutanata koristi se tercijalni tretman koji uključuje procese oksidacije i membranske filtracije. Tercijalni tretman se pokazao kao relativno efikasan kada je u pitanju uklanjanje mikroplastike. Nakon tercijalnog tretmana, količina mikroplastike se dalje smanjila u većini istraženih PPOV (85,71%) [13]. U tabeli 1. iz literature prikazane su količine mikroplastike u otpadnim vodama na različitim lokacijama pre i posle tretmana. Jedinica za količinu u influentu i efluentu je čestica/l.

Tabela 1. Koncentracije mikroplastike

Lokacija	Tretman	Influent (č/l)	Efluent (č/l)	Ref.
Švedska	Prim. i sek.	15,1	0,00825	[14]
Francuska	Prim. i sek.	293	35	[15]
SAD	Prim. i sek.	133	5,9	[16]
Škotska	Prim. i sek.	15,7	0,25	[17]
Holandija	Prim. i sek.	68-910	55-81	[18]
Danska	Prim. i sek.	2223-10044	29-447	[19]
Finska	Prim, sek. i terc.	57,6	0,4	[20]

Prilikom postupka odlaganja mulja višak aktivnog mulja i organske materije odvajaju se od otpadnih voda i transportuju u mulj iz različitih faza obrade [21]. Ponovno iskorišćenje mulja je prethodnih godina predmet interesovanja mnogih država i koristi u većini slučajeva se kao đubrivo tj. u poljoprivredne svrhe. Iz tog razloga je prisustvo mikroplastike u mulju veoma nepoželjno jer može ući u lanac ishrane putem kontaminiranog zemljišta.

3. Zaključak

Mikroplastika može dospeti u otpadne vode iz domaćinstava i industrije. Delimično se uklanja primarnim tretmanom, veoma slabo sekundarnim, jer nije biorazgradiva, a relativno dobro tercijalnim. Problem koji se prilikom tih tretmana javlja jeste zaostajanje mikroplastike u mulju što može imati negativne posledice po zdravlje ljudi i životnu sredinu ukoliko se taj mulj koristi u poljoprivredne svrhe.

4. Literatura

- [1] Global citizen, 10 Facts About Plastic Pollution You Need To Know, dostupno na: <https://givingcompass.org/article/10-facts-about-plastic-pollution-you-absolutely->

need-to-know/?-gclid=-CjwKCAjwmqKJBhAWEiwA-MvGt6J5pEqtxbFZ-9t-ZnSCWmZ19uV3609XCjX-FMMFBzoNPApobnJBhJRoCo8gQAvD_BwE

- [2] O. Alimi, J. Farner Budarz, L. Hernandez, N. Tufenkji, Microplastics and nano-plastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport, *Environmental Science & Technology*, 52, 1704–1724, 2018.
- [3] J. Wang, Z. Tan, J. Peng, Q. Qiu, M. Li, The behaviors of microplastics in the marine environment, *Marine Environmental Research*, 113, 7–17, 2016.
- [4] T. Gulliver, *Degradation of PHB and PE microbeads in aerobic and anaerobic biological wastewater treatment microcosms*, doktorska disertacija, Faculty and the Board of Trustees of the Colorado School of Mines, Kolorado, 2017.
- [5] A. Cincinelli, T. Martellini, C. Guerranti, C. Scopetani, D. Chelazzi, T. Giarrizzo, A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean Sea, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 321–326, 2018.
- [6] GESAMP, Sources, fate and effects of MP in the marine environment. *J. Ser. GESAMP Reports. Stud.*, 90, 98, 2015.
- [7] M. Lončarski, *Uticaj fizičko-hemijskih svojstava mikroplastike i odabranih perzistentnih organskih polutanata na interakcije u vodenom matriksu*, doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2020.
- [8] T. Rocha-Santos, A. C. Duarte, Characterization and analysis of microplastic, *Comprehensive Analytical Chemistry*, Elsevier, 75, 2017.
- [9] A. Oladejo. *Analysis of microplastics and their removal from water*, diplomski rad, University of Applied Sciences, Helsinki, 2017.
- [10] J. Sun, X. Dai, Q. Wang, M. van Loosdrecht, B. Ni, Microplastic in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal, *Water Research* 152, 21-37, 2019.
- [11] M. Mucha Torre, *Microplastics in Waste Water Treatment Plants and Separation Techniques*. BOKU Diploma Thesis. Universität für Bodenkultur Wien; 2015.
- [12] S. Raju, M. Carbery, A. Kuttykattil, K. Senathirajah, SR Subashchandrabose, G. Evans, P. Thavamani, Transport and fate of microplastics in wastewater treatment plants: implications to environmental health, *Rev Environ Sci Bio/Technology*, 17, 637–653, 2018.
- [13] L. Weiyi, Z. Jinlan, L. Hang, G. Xiaonan, Z. Xiyue, Y. Xiaolong, C. Zhiguo, Z. Tingting, A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms, *Environment International*, 146, 2021.
- [14] K. Magnusson, F. Norén, Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant, dostupno na: <https://www.diva-portal.org/sma-sh/get-diva2:773505/FULLTEXT01.pdf>, 2014,
- [15] R. Dris, J. Gasperi, V. Rocher, M. Saad, N. Renault, B. Tassin, Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris, *Environmental Chemistry*, 12(5), 592-599, 2015.
- [16] M. R. Michielssen, E. R. Michielssen, J. Ni, M. B. Duhaime, Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends

on unit processes employed, *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2(6), 1064-1073, 2016.

- [17] F. Murphy, C. Ewins, F. Carbonnier, B. Quinn, Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment, *Environmental science & technology*, 50(11), 5800-5808, 2016.
- [18] H.A. Leslie, S.H. Brandsma, M. J. Van Velzen, M. Vethaak, Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environment international*, 101, 133-142, 2017.
- [19] M. Simon, N. van Alst, J. Vollertsen, Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging. *Water research*, 142, 1-9, 2018.
- [20] M. Lares, M. C. Ncibi, M. Sillanpää, M. Sillanpää, Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water research*, 133, 236-246, 2018.
- [21] Ou H, Zeng EY, Occurrence and Fate of Microplastics in Wastewater Treatment Plants, *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, 317-338, 2018.