



**PETI NAUČNO-STRUČNI  
SKUP POLITEHNIKA**

# **ZBORNİK RADOVA**



**BEOGRADSKA  
POLITEHNIKA**



Beograd, 13. decembar 2019. godine

## GENERALNI SPONZOR

**GAMA**  
digital centar

## GLAVNI SPONZORI



## SPONZORI





PETI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

**ZBORNİK RADOVA**

**Izdavač**

Beogradska politehnika  
Brankova 17, Beograd  
[www.politehnika.edu.rs](http://www.politehnika.edu.rs)

**Za izdavača**

prof. dr Vojkan Lučanin

**Urednici sekcija:**

dr Jelena Drobac  
dr Ivana Matić Bujagić  
dr Svetozar Sofijanić  
dr Aleksandra Nastasić  
dr Nenad Đorđević

**Tehnička priprema i dizajn korica**

Tim Beogradske politehnike

**Dizajn logoa Skupa**

Dušan Borović



PETI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

---

# ZBORNİK RADOVA

---

DIZAJN  
ŽIVOTNA SREDINA I ODRŽIVI RAZVOJ  
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU  
MENADŽMENT KVALITETOM  
GRAFIČKO INŽENJERSTVO

Beograd, 2019. godine

**Skup su podržali:**

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije

Grad Beograd - Sekretarijat za kulturu

Konferencija akademija strukovnih studija Srbije

Uprava za bezbednost i zdravlje na radu

Inženjerska akademija Srbije

Privredna komora Srbije

Društvo arhitekata Beograda

Centar za promociju nauke

Institut za standardizaciju Srbije

## PROGRAMSKI ODBOR:

dr Dejan Blagojević, Visoka tehnička škola, Niš, predsednik  
prof. dr Vojkan Lučanin, Mašinski fakultet, v.d. direktor Beogradske politehnike, Beograd  
prof. dr Petar Uskoković, dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd  
Radmila Šerović, Ministarstvo zaštite životne sredine, Beograd  
Marina Furtula, v.d. direktor Uprave za bezbednost i zdravlje na radu, Beograd  
dr Branko Savić, predsednik Konferencije akademija strukovnih studija Srbije, Beograd  
prof. dr Miško Šuvaković, dekan Fakulteta za medije i komunikacije, Beograd  
prof. dr Momir Prašćević, dekan Fakulteta zaštite na radu, Niš  
prof. emeritus dr Ilija Ćosić, predsednik Inženjerske akademije Srbije, Beograd  
dr Vera Petrović, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd  
prof. dr Aleksandar Jovović, Mašinski fakultet, Beograd  
doc. dr Filip Kokalj, Mašinski fakultet, Univerzitet u Mariboru, Maribor, Slovenija  
doc. dr Dimitrios Tzetzis, International Hellenic University, Grčka  
dr Aurimas Gaizauskas, Vilnius College of Design, Litvanija  
dr Jelena Ivanović Vojvodić, Društvo arhitekata Beograda-BINA, Beograd  
prof. dr Dragan Mlađan, Kriminalističko-policijski univerzitet, Beograd  
dr Darko Ljubić, McMaster University, Hamilton, Kanada  
vanr. prof. dr Svetlana Grujić, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
prof. dr Slaviša Putić, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
Tatjana Bojanić, direktor Instituta za standardizaciju Srbije, Beograd  
Srđan Markotić, Privredna komora Srbije, Beograd  
Dragan Stevanović, Privredna komora Srbije, Beograd  
vanr. prof. dr Predrag Živković, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
vanr. prof. dr Darko Radosavljević, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Vladimir Pavićević, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
dr Radoslav Raković, Energoprojekt ENTEL a.d., Beograd  
dr Miloš Jelić, Istraživačko-razvojni centar "Alfatec", Niš  
dr Marina Stamenović, Beogradska politehnika, Beograd  
dr Dragoslav Ugarak, Beogradska politehnika, Beograd  
dr Aleksandra Nastasić, Beogradska politehnika, Beograd  
mr Aleksandra Šaranović, Beogradska politehnika, Beograd  
mr Duško Trifunović, Beogradska politehnika, Beograd  
dr Nenad Đorđević, Beogradska politehnika, Beograd  
dr Ivana Matić Bujagić, Beogradska politehnika, Beograd  
mr Vesna Alivojvodić, Beogradska politehnika, Beograd  
mr Rade Pejović, Beogradska politehnika, Beograd  
Aleksandar Kutrički, Beogradska politehnika, Beograd

## **ORGANIZACIONI ODBOR:**

dr Predrag Maksić, predsednik  
dr Jelena Drobac, zamenica predsednika  
dr Dragana Gardašević  
mr Vesna Alivojvodić  
Nebojša Ćurčić  
Novak Milošević  
Srđan Trajković  
Ana Cvijanović

## **RECENZENTI:**

dr Aleksandra Nastasić, dr Aleksandra Božić, dr Darko Radosavljević, dr Dragutin Jovanović,  
dr Dragoslav Ugarak, dr Dominik Brkić, dr Dragana Gardašević, dr Ivana Matić Bujagić,  
mr Jelena Zdravković, dr Koviljka Banjević, dr Ljubomir Maširević, dr Miloš Jelić, dr Marina  
Stamenović, dr Natalija Simeonović, dr Nenad Đorđević, dr Olivera Jovanović, dr Predrag  
Živković, dr Predrag Maksić, dr Radoslav Raković, dr Saša Marković, dr Svetozar Sofijanić,  
mr Vesna Alivojvodić, dr Vitomir Miladinović





## ODREĐIVANJE VEŠTAČKOG ZASLAĐIVAČA SAHARINA U UZORCIMA OTPADNE VODE

*Eleonora Gvozdić<sup>1</sup>, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu  
Ivana Matić Bujagić<sup>2</sup>, VŠSS Beogradska politehnika  
Tatjana Đurkić<sup>3</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Svetlana Grujić<sup>4</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu*

**Apstrakt:** Široka primena veštačkih zaslađivača u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji počela je početkom osamdesetih godina prošlog veka. Većina ovih jedinjenja se ne metaboliše u ljudskom telu i izlučuje se uglavnom nepromenjena. Glavni izvor veštačkih zaslađivača u životnoj sredini predstavljaju komunalne otpadne vode. Zbog ograničenih podataka o njihovoj ekotoksičnosti i ponašanju u životnoj sredini, svrstani su u klasu emergentnih zagađujućih materija. Dosadašnja istraživanja su pokazala široku rasprostranjenost ovih jedinjenja u površinskim i podzemnim vodama. U ovom radu je razvijena i optimizovana metoda pripreme uzoraka otpadne vode ekstrakcijom na čvrstoj fazi za analizu veštačkog zaslađivača saharina. Izvršen je odabir optimalnog sorbenta, pH vrednosti i zapremine uzorka vode, kao i rastvarača za eluiranje saharina sa pakovanja kolone. Dobijeni ekstrakti su analizirani metodom tečne hromatografije sa tandem masenom spektrometrijom. Razvijena metoda je primenjena na uzorke otpadnih voda iz tri kanalizaciona ispusta u Beogradu i okolini. Detektovane koncentracije saharina su bile u opsegu od  $2,9 \mu\text{g L}^{-1}$  do  $13,5 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Ključne reči:** veštački zaslađivači, otpadna voda, ekstrakcija na čvrstoj fazi, tečna hromatografija–tandem masena spektrometrija

## DETERMINATION OF ARTIFICIAL SWEETENER SACCHARIN IN WASTEWATER SAMPLES

**Abstract:** The widespread use of artificial sweeteners in the food and pharmaceutical industry started at the beginning of the 1980s. Most of these compounds are not metabolized in human body and are excreted mostly unchanged. Communal wastewater is the main source of artificial sweeteners in the environment. Due to limited data on their ecotoxicity and fate in the environment, they are classified as emerging pollutants. Previous research has shown the wide distribution of these compounds in surface and ground water. In this paper, the method of preparation of wastewater samples was developed and optimized using the solid-phase extraction for the analysis of artificial sweetener saccharin. The sorbent type, the pH and the volume of the water sample, as well as the elution solvent were tested in the sample preparation optimization. The obtained extracts were analyzed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. The developed method was applied to wastewater samples collected from three sewage discharges in Belgrade and the surroundings. The detected concentrations of saccharin were in the range from  $2.9 \mu\text{g L}^{-1}$  to  $13.5 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Keywords:** artificial sweeteners, wastewater, solid-phase extraction, liquid chromatography–tandem mass spectrometry

<sup>1</sup> [egvozdic@tmf.bg.ac.rs](mailto:egvozdic@tmf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> [imatic@tmf.bg.ac.rs](mailto:imatic@tmf.bg.ac.rs) ; [imatic@politehnika.edu.rs](mailto:imatic@politehnika.edu.rs)

<sup>3</sup> [tanjav@tmf.bg.ac.rs](mailto:tanjav@tmf.bg.ac.rs)

<sup>4</sup> [svetlana.grujic@tmf.bg.ac.rs](mailto:svetlana.grujic@tmf.bg.ac.rs)

## 1. UVOD

Veštački zaslađivači se koriste kao zamena za šećer ili kao poboljšivači ukusa u prehrambenim i farmaceutskim proizvodima. Upotreba ovih supstanci u Republici Srbiji je definisana Pravilnikom o prehrambenim aditivima [1]. U protekloj deceniji, mnoge studije su potvrdile njihovo prisustvo u prirodnim vodama, u koncentracijama do nekoliko  $\mu\text{g L}^{-1}$  [2,3,4]. Najvažniji izvor ovih jedinjenja u vodenoj sredini su efluenti iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ili netretirane komunalne otpadne vode. Zbog nepoznatog ponašanja u životnoj sredini i uticaja na akvatični ekosistem, veštački zaslađivači su svrstani u klasu emergentnih zagađujućih materija [2]. Jedan od najčešće korišćenih veštačkih zaslađivača u Evropi je saharin. Saharin je najstariji niskokalorični zaslađivač koji je sintetisan 1878. godine. Oko 300 puta je slađi od šećera i nema kalorijsku vrednost. Prolazi kroz ljudsko telo nepromenjen i izlučuje se putem urina [5]. U Republici Srbiji, saharin je dozvoljen za upotrebu u stočnoj hrani, koja može predstavljati dodatni izvor ovog zaslađivača [6]. Takođe, ovo jedinjenje može da bude degradacioni produkt sulfonilurea herbicida [7]. Životinje izlučuju saharin u velikoj meri, pa se može naći u đubrivu u visokim koncentracijama (do  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ) [8]. Kao rezultat korišćenja đubriva u poljoprivredi, velika je verovatnoća da će se saharin, putem spiranja sa poljoprivrednog zemljišta, naći u podzemnim vodama. Takođe, saharin predstavlja pogodan indikator zagađenja otpadnim vodama koje se desilo u relativno bliskom vremenskom periodu, pošto se brzo razgrađuje u životnoj sredini [3].

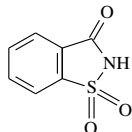
U ovom radu je razvijena i optimizovana metoda pripreme uzoraka komunalne otpadne vode ekstrakcijom na čvrstoj fazi (eng. solid-phase extraction, SPE) za analizu veštačkog zaslađivača saharina. Izvršen je odabir optimalnog sorbenta, pH vrednosti i zapremine uzorka vode, kao i rastvarača za eluiranje saharina sa pakovanja kolone. Dobijeni ekstrakti su analizirani metodom tečne hromatografije–tandem masene spektrometrije (eng. liquid chromatography–tandem mass spectrometry, LC–MS/MS). Razvijena metoda je primenjena na uzorke netretiranih otpadnih voda iz kanalizacionih ispusta u Beogradu i okolini.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

### 2.1 Hemikalije i reagensi

Analitički standard saharina visoke čistoće ( $\geq 98\%$ ) je nabavljen od proizvođača Sigma-Aldrich (Sent Luis, SAD). Hemijska struktura i fizičko-hemijska svojstva saharina su prikazani u tabeli 1. Metanol je kupljen od proizvođača VWR Chemical (Brijar, Francuska), a acetonitril od proizvođača Sigma-Aldrich (Sent Luis, SAD). Amonijum-acetat je nabavljen od proizvođača Fisher Chemical (Lafboro, Velika Britanija). Za podešavanje pH vrednosti uzoraka vode korišćena je koncentrovana sirćetna kiselina. Svi rastvarači su bili HPLC stepena čistoće.

**Tabela 1.** Hemijska struktura i fizičko-hemijska svojstva saharina:  $M$  – molarna masa,  $K_{ow}$  – koeficijent raspodele između oktanola i vode,  $K_a$  – konstanta kiselosti,  $R$  – rastvorljivost u vodi

| Analit   | Hemijska struktura  | $M$<br>( $\text{g mol}^{-1}$ ) | $\log K_{ow}^a$ | $\text{p}K_a^b$ | $R^a$<br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) |
|--|---|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|
| Saharin<br>( $\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_3\text{S}$ ) |  | 183,1                          | 0,45            | 1,3             | 789,2                           |

<sup>a</sup> ChemSpider baza podataka; <http://www.chemspider.com/>

<sup>b</sup> PubChem baza podataka; <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

## 2.2 LC–MS/MS analiza

LC–MS/MS analiza saharina izvršena je na Dionex UltiMate® 3000 HPLC sistemu u sprezi sa LTQ XL linearnim jonskim trapom kao masenim spektrometrom, od proizvođača Thermo Fisher Scientific (Voltam, SAD). Kao jonizaciona tehnika korišćena je elektrosprej jonizacija u negativnom režimu rada. Za hromatografsko razdvajanje korišćena je reverzno-fazna kolona: Luna C8 (3,0 mm x 150 mm x 3 µm), od proizvođača Phenomenex (Torans, SAD). Mobilna faza se sastojala od 84% vode (A), 15% metanola (B) i 1% rastvora amonijum-acetata (C) pri konstantnom protoku od 0,33 mL min<sup>-1</sup>. Kao prekursor jon odabran je deprotonovani molekul *m/z* 182 koji je dalje fragmentisan uz optimizaciju kolizione energije. Na osnovu rezultata MS<sup>n</sup> analize, odabrane su karakteristične reakcije fragmentacije za kvantitativno određivanje (*m/z* 182 → *m/z* 106) i potvrdu prisustva (*m/z* 182 → *m/z* 96) saharina u realnim uzorcima.

## 2.3. Optimizacija metode pripreme uzoraka

Prilikom optimizacije metode ekstrakcije na čvrstoj fazi testirani su sledeći parametri: vrsta sorbenta, pH vrednost i zapremina uzorka vode, kao i vrsta rastvarača za eluiranje. Ispitivana je pogodnost jono-izmenjivačkih, polimernih, C18 i ugljeničnih sorbenata za ekstrakciju saharina. Testirano je pet SPE kertridža različitih proizvođača: Supelclean LC-SAX (500 mg/3 mL), Supelclean ENVI-18 (500 mg/6 mL), Supelclean ENVI-Carb (500 mg/6 mL) od proizvođača Supelco (Belfont, SAD); Oasis HLB (200 mg/6 mL) od proizvođača Waters (Milford, SAD) i Strata X (200 mg/6 mL) od proizvođača Phenomenex (Torans, SAD).

Standardni rastvor saharina dodat je u odgovarajuću zapreminu dejonizovane vode tako da početna koncentracija u uzorku bude 5 ng mL<sup>-1</sup>. Kertridži su kondicionirani sa 5 mL metanola, a zatim sa 5 mL dejonizovane vode, bez podešavanja pH. Uzorci vode su nanošeni na SPE kolonu, nakon čega su sušeni na vakuumu 10 min. Eluiranje saharina je izvršeno sa 10 mL metanola. Dobijeni ekstrakti su uparavani i rekonstituisani do zapremine od 1 mL pomoću metanola. Nakon toga, finalni ekstrakti su filtrirani kroz 0,45 µm poli(viniliden-fluorid) filtere (PVDF), od proizvođača Roth (Karlsruhe, Nemačka).

Nakon izbora odgovarajućeg sorbenta, ispitivana je optimalna pH vrednost uzorka vode koja omogućava bolju ekstrakciju saharina. Testirane su sledeće vrednosti: 2,0, 3,0, 4,0 i 6,0. Navedeni eksperimenti su izvedeni na isti način kao u prethodnom ispitivanju optimalnog sorbenta. U cilju određivanja kapaciteta sorbenta za ekstrakciju analita i sprečavanja ispiranja saharina sa kolone, u sledećem koraku SPE optimizacije testirana je zapremina uzorka vode koja se nanosi na kertridž, i to: 50 mL, 100 mL i 250 mL. Eksperimenti su izvedeni na isti način kao u prethodnom koraku optimizacije, uz podešavanje pH uzorka na optimalnu vrednost. Konačno, kao rastvarači za eluiranje saharina sa pakovanja kolone testirani su metanol i acetonitril. Oba navedena eksperimenta su izvedena pod istim uslovima, a za ekstrakciju ovog zaslađivača korišćena je zapremina eluenta od 10 mL.

## 2.4. Realni uzorci

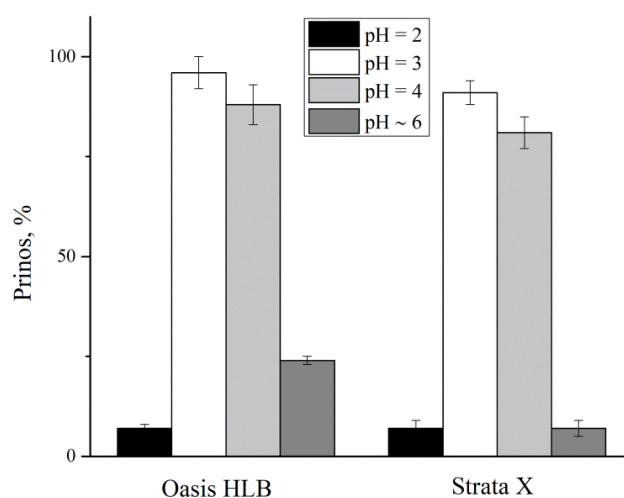
Razvijena metoda je primenjena na uzorke otpadnih voda iz kanizacionog ispusta u Beogradu koji se uliva direktno u reku Savu (uzorak OTP1), kao i iz dva ispusta u okolini Beograda (uzorci OTP2 i OTP3). Uzorci vode su sakupljeni u plastične boce od 1 L i čuvani u zamrzivaču bez dodatka konzervansa. Pre ekstrakcije na čvrstoj fazi, uzorci su odmrznuti i filtrirani kroz filtere od staklenih vlakana veličine 1–3 µm (Whatman GmbH, Dassel, Nemačka).

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati odabira optimalnog sorbenta su pokazali da se određeni stepen ekstrakcije saharina postiže jedino primenom polimernih Strata X (7%) i Oasis HLB kertridža (24%). Ovi kertridži sadrže

kopolimer *N*-vinilpirolidona sa divinilbenzenom, što im daje istovremeno i hidrofилна (*N*-vinilpirolidon) i lipofilna (divinilbenzen) svojstva, omogućavajući ekstrakciju analita različitih polarnosti. Slični rezultati su zabeleženi u drugoj studiji, u kojoj su takođe dobijeni niski prinosi za saharin u prvim koracima SPE optimizacije [8]. Na osnovu navedenih rezultata, Oasis HLB i Strata X kertridži su odabrani za dalji razvoj SPE metode.

Prilikom optimizacije pH vrednosti uzorka vode, potvrđena je značajnost ovog parametra za povećanje efikasnosti ekstrakcije. Oba sorbenta su pokazala značajno veću efikasnost vezivanja saharina kada je pH vrednost uzorka vode bila podešena na 3,0 i 4,0 pri čemu je najveći prinos metode (96%) zabeležen kada je primenjen Oasis HLB sorbent pri pH = 3,0 (slika 1). S druge strane, na višoj (6,0) i nižoj (2,0) pH vrednosti, prinosi su bili veoma niski za oba sorbenta. Zbog toga su pH vrednost 3,0 za uzorak vode i Oasis HLB kertridž izabrani za dalje eksperimente SPE optimizacije (slika 1).



**Slika 1.** Optimizacija pH vrednosti uzorka otpadne vode pri korišćenju Oasis HLB i Strata X sorbenata

Pri odabiru optimalne zapremine uzorka vode zaključeno je da zapremina od 100 mL obezbeđuje dovoljno visok faktor predkoncentrisanja uz kraće vreme eksperimenta. U daljim eksperimentima, prilikom testiranja rastvarača za eluiranje, postignuta je slična efikasnost ekstrakcije primenom metanola (92%) i acetonitrila (91%). Ovakvi rezultati pokazuju dobru rastvorljivost saharina u oba rastvarača. Konačno, kao optimalan rastvarač je odabran metanol. Takođe, utvrđeno je da je zapremina od 10 mL metanola dovoljna da se saharin potpuno eluira sa pakovanja kolone.

Razvijena metoda je primenjena na uzorke otpadnih voda iz tri kanalizaciona ispusta u Beogradu i okolini. Saharin je detektovan u svim analiziranim uzorcima, pri sledećim koncentracijama:  $13,5 \mu\text{g L}^{-1}$  (uzorak OTP1),  $3,9 \mu\text{g L}^{-1}$  (uzorak OTP2) i  $2,9 \mu\text{g L}^{-1}$  (uzorak OTP3). Najviša vrednost saharina je detektovana u kanalizacionom ispustu u Beogradu (uzorak OTP1), što se može objasniti većom potrošnjom ovog zaslađivača srazmerno broju stanovnika.

#### 4. ZAKLJUČAK

U eksperimentima optimizacije pripreme uzorka otpadnih voda metodom ekstrakcije na čvrstoj fazi za određivanje saharina, odabrani su parametri koji utiču na visoku efikasnost ekstrakcije ovog zaslađivača. Konačno razvijena SPE metoda podrazumeva nanošenje 100 mL uzorka vode, kome je prethodno podešena pH vrednost na 3,0, na Oasis HLB sorbent, pri čemu se analiti eluiraju sa pakovanja kolone pomoću 10 mL metanola. Primenljivost metode je potvrđena analizom netretiranih komunalnih otpadnih voda iz ispusta u Beogradu i okolini. Dobijene vrednosti u koncentracijama do  $13,5 \mu\text{g L}^{-1}$  ukazuju na visoku primenu saharina u prehrambenoj industriji u Republici Srbiji, kao i potencijalnu ekotoksičnost na živi svet u vodi.

## **Zahvalnica**

*Izradu ovog rada je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (br. projekta ON 172007).*

## **LITERATURA**

- [1] Pravilnik o prehrambenim aditivima, "Službeni glasnik RS", br. 53/2018
- [2] Praveena, S.M., Cheema, M.S., Guo, H.-R.: Non-nutritive artificial sweeteners as an emerging contaminant in environment: A global review and risks perspectives, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, Vol. 170 (2019), pp. 699–707, ISSN 0147–6513
- [3] Tran, N.H., Hu, J., Li, J., Ong, S.L.: Suitability of artificial sweeteners as indicators of raw wastewater contamination in surface water and groundwater, *Water Res.*, Vol. 48 (2014), pp. 433–456, ISSN 0043–1354
- [4] Arbeláez, P., Borrull, F., Pocurull, E., Marcé, R.M.: Determination of high-intensity sweeteners in river water and wastewater by solid-phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *J. Chrom. A*, Vol. 1393 (2015), pp. 106–114, ISSN 0021–9673
- [5] Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I.C.F.R.: Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come, *Food Chem. Toxicol.*, Vol. 107 (2017), pp. 302–317, ISSN 0278–6915
- [6] Pravilnik o kvalitetu hrane za životinje, "Službeni glasnik RS", br. 4/2010, 113/2012, 27/2014, 25/2015, 39/2016 i 54/2017
- [7] Roberts, T., Hutson, D., Philip, W., Lee, P., Plimmer, J.: *Metabolic pathways of agrochemicals. Part 1: Herbicides and plant growth regulators*, The Royal Society of Chemistry, ISBN 978–1–62198–196–1, Cambridge, (1998)
- [8] Buerge, I.J., Keller, M., Buser, H.-R., Müller, M.D., Poiger, T.: Saccharin and other artificial sweeteners in soils: Estimated inputs from agriculture and households, degradation, and leaching to groundwater, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 45 (2011), pp. 615–621, ISSN 0013–936X

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

7.05(082)(0.034.2)

502/504(497.11)(082)(0.034.2)

331.45/.46(082)(0.034.2)

005.6(082)(0.034.2)

655(082)(0.034.2)

**NAUČNO-stručni skup Politehnika (5 ; 2019 ; Beograd)**

Zbornik radova [Elektronski izvor] / Peti naučno-stručni skup Politehnika 5, Beograd, 13. decembar 2019.godine ; [urednici Jelena Drobac ... [et al.]]. - Beograd : Beogradska politehnika, 2019 (Beograd : Beogradska politehnika). - 1 USB fleš memorija ; 1 x 6 x 9 cm

Sistemska zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7498-081-1

а) Дизајн -- Зборници б) Животна средина -- Заштита -- Зборници в) Заштита на раду -- Зборници г) Управљање квалитетом -- Зборници д) Графичка индустрија -- Зборници

COBISS.SR-ID 281626892



**BEOGRADSKA  
POLITEHNIKA**



ISBN: 978-86-7498-081-1



9 788674 980811