

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

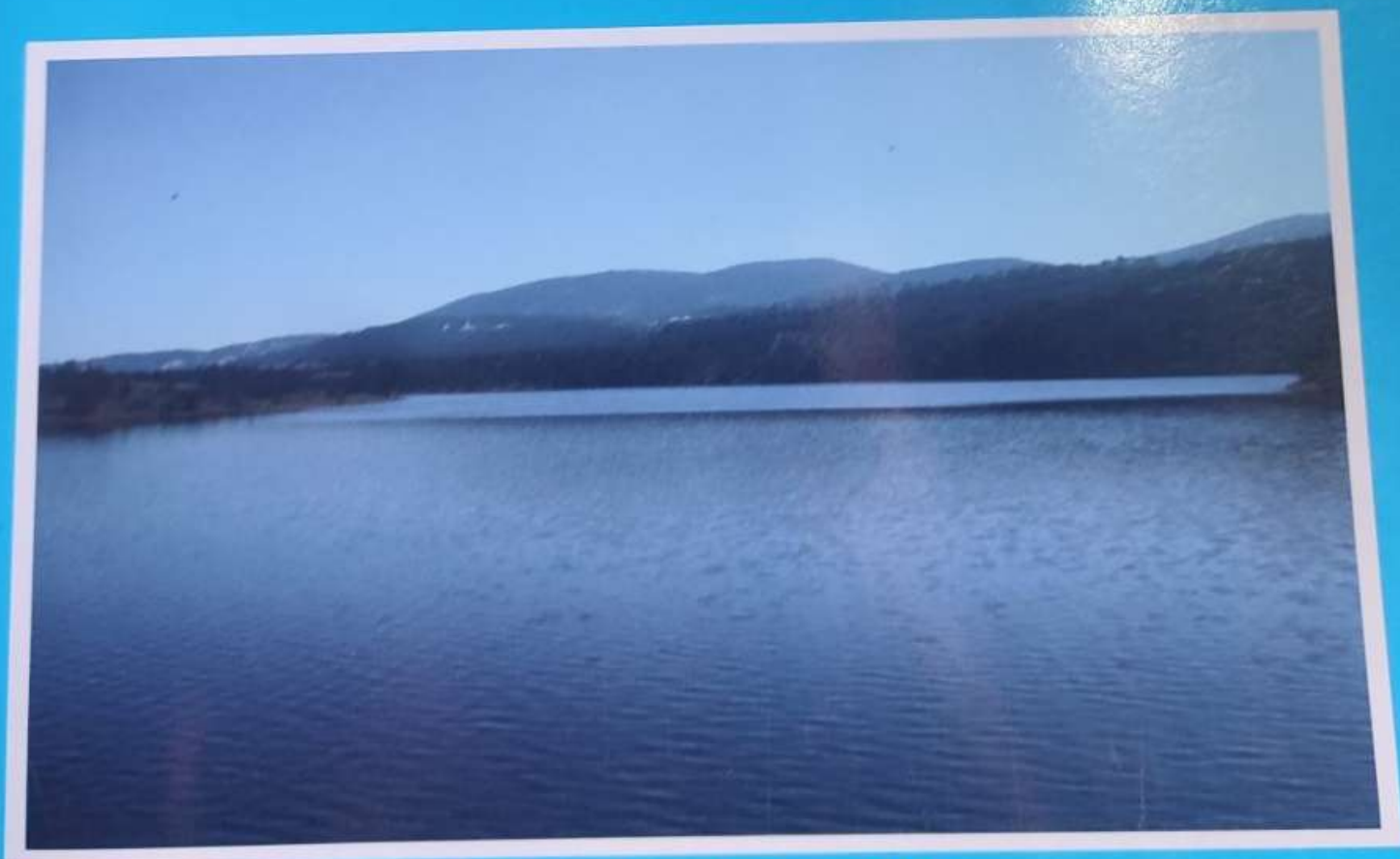
48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2019

The 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2019

Conference Proceedings



Zlatibor, 4. – 6. jun 2019.

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

uz podršku

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

ZBORNİK RADOVA

48. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

VODA 2019

*48th ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2019"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Zlatibor, 4. - 6. jun 2019.

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

250 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2019

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082) 556.11(082) 628.3(082) 628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (48; 2019; Златибор)
Voda 2019 = Water 2019 : zbornik radova 48. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Zlatibor, 4. - 6. jun 2019. = Conference Proceedings 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd [i JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina]; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2019 (Zemun : Akademska izdanja). - X, [367] str. : Ilustr. ; 25 cm

Tekst ćir. i lat. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 250. - Str. X: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-5-6

1. Српско друштво за заштиту вода (Београд) 2. Институт за водопривреду "Јарослав Черни" (Београд) 3. ЈКП Водовод Златибор (Чаетина)

a) Воде - Зборници b) Отпадне воде - Зборници c) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 276709644

IV

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):
Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd), u saradnji sa
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) i
JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

KOPREDSIEDNICI: Rade JOVANOVIĆ, dipl.inž.el., Čajetina
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

ČLANOVI:

Dušan DOBRIČIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr Nebojša VELJKOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Goran PUZOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Slavko VRNDŽIĆ, dipl.inž.građ., Novi Sad
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Mr Dragan ĐORĐEVIĆ, dipl.ecc, Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ. Beograd
Dušan KOSTIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Mileta RADIŠIĆ, dipl.inž., Čajetina
Dušanka ŽILOVIĆ, dipl.inž.građ., Čajetina
Marija VILOTIJEVIĆ, dipl.inž.tehn. Čajetina
Zoran JEČMENICA, dipl.inž., Čajetina
Dragan MAKSIMOVIĆ, dipl.inž.građ., Kladovo
Dragoljub KOSTIĆ, dipl.inž.el., Užice
Mr Olivera DOKLESTIĆ, dipl.inž.građ., H. Novi, Crna Gora
Dr Mirko ĐUROVIĆ, dipl.biol., Dobrota, Kotor, Crna Gora
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje, R.Srpska-BiH
Duško VUJOVIĆ, dipl.inž.građ., Trebinje, R.Srpska-BiH
Sanja ČUČKOVIĆ, Trebinje, R.Srpska-BiH
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.tehn. Bijeljina, R.Srpska-BiH

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije,
Republička direkcija za vode

Slika na koricama: Ribnička akumulacija na Zlatiboru

SADRŽAJ

CONTENTS

1. TEMATSKA GRUPA: VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

1. S. Prohaska, P. Pekarova, A. Ilić (Beograd, Bratislava-Slovačka, Niš)
ISTORIJSKE POPLAVE DUŽ DUNAVA SA ASPEKTA KLIMATSKIH PROMENA 1
2. Momir Paunović, Petar Smiljanić Nikola Marinković, Jelena Čanak Atlagić, Stefan Andus, Jelena Đuknić, Nataša Popović, Maja Raković (Beograd)
NOVI KONCEPT ZAJEDNIČKIH ISTRAŽIVANJA REKE DUNAV – JDS4 PRISTUP 3
3. Z. Srdjević, P. Benka, B. Srdjević, T. Savić Šljivić (Novi Sad, Beograd)
NOVI PRISTUP SMANJENJU RIZIKA I UTICAJA SUŠE U REGIONU DUNAVA:
PROJEKAT DRIDANUBE 5
4. M. Tomić, M. Milanović, D. Radojičić, M. Marjanović, B. Ilić, S. Vukašinić
(Lazarevac, Beograd)
PRAĆENJE I ANALIZA DUGOROČNIH PROMENA MORFOLOGIJE POVRŠINSKIH
VODA KAO POSLEDICE POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA 11
5. S. Čučković, M. Kalajdžić, B. Milišić (Trebinje - R.Srpska – BiH)
PRIMER DOBRE PRAKSE UNAPREDJENJA SISTEMA HIDROELEKTRANA TREBINJE
1 i TREBINJE 2 U CILJU ZAŠTITE POVRŠINSKIH VODA OD POTENCIJALNIH
ZAGADJENJA NASTALIH U TOKU RADA POSTROJENJA 21
6. Z. Bijelić, D. Pavlović, B. Milanović (Novi Sad, Čačak)
MODEL UPRAVLJANJA ENERGIJOM I EKOLOGIJOM NA BAZI ZNANJA O
RAZVOJNIM PROMENAMA..... 29
7. B. Milišić, S. Čučković, M. Kalajdžić (Trebinje – R.Srpska – BiH)
IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKE APLIKACIJE HYDRAS 3 U CILJU PRAĆENJA
PODATAKA SA AUTOMATSKIH STANICA NA SLIVU RIJEKE TREBIŠNICE 37
8. B. Batinić, D. Pavlović, A. Randjelović (Beograd)
VELIKE VODE I HIDROTEHNIČKA BEZBEDNOST ISPUNJENIH JALoviŠTA 45
9. S. Prohaska, P. Marjanović, J. Nikolić (Beograd)
METODOLOGIJA ZA OPTIMIZACIJU BROJA PROTIVGRADNIH RAKETA NA
LANSIRANE STANICE U SISTEMU ZA ODBRANU OD GRADA NA TERITORIJI
REPUBLIKE SRBIJE 51
10. O. Doklestić, M. Stojanović, D. Vlatković (Herceg Novi - Crna Gora)
UPRAVLJANJE VODOVODNIM SISTEMOM – ASPEKT BRZINA I KVALITET
POPRAVKI 61
11. B. Ristanović, B. Miljanović, M. Cimbalević, Đ. Miljković, M. Živković, A. Popović
(Novi Sad, Šid)
TEHNIČKO-HIDROLOŠKI OBJEKTI ZA ZAŠTITU BUJIČNIH POPLAVA U SLIVU
LIKODRE – RADJEVINA /ZAPADNA SRBIJA/ 69

2. TEMATSKA GRUPA: KVALITET VODA I PROCESI U PRIRODNIM VODAMA

2.1. Površinske vode i sedimenti

12. M. Domanović, Lj. Denić, Z. Stojanović, T. Dopuda Glišić, N. Veljković, V. Cibulić (Beograd)
HEMIJSKI ASPEKT KVALITETA VODE AKUMULACIJE VRUTCI 77
13. D. Žarić, S. Čađo, A. Đurković, Z. Stojanović (Beograd)
FITOPLANKTON AKUMULACIJE VRUTCI 85
14. S. Čađo, A. Đurković, D. Žarić, Z. Stojanović (Beograd)
FITOPLANKTON AKUMULACIONOG JEZERA GRLIŠTE 93
15. A. Đurković, S. Čađo, B. Novaković, D. Žarić, Z. Stojanović (Beograd)
EKOLOŠKI POTENCIJAL AKUMULACIJE GRLIŠTE 101
16. M. Nedović, Lj. Kurćubić, A. Brdar, J. Stanojlović, Lj. Bukvić (Kragujevac)
TROFIČKI STATUS AKUMULACIONOG JEZERA GRUŽA 109
17. G. Đelić, M. Topuzović, S. Branković, M. Novaković (Kragujevac)
UPOREDNA ANALIZA DIVERZITETA MAKROFITA AKUMULACIJA GRUŽA I
MEDJUVRŠJE 117
18. S. Branković, R. Glišić, M. Topuzović, G. Đelić, F. Grbović, V. Đekić, M. Marin (Kragujevac, Beograd)
PASOŠ INDIKATORA – VODENE MAKROFITE KAO INDIKATORI ZAGAĐENJA
VODE 125
19. P. Đurašković (Podgorica - Crna Gora)
STANJE I DISTRIBUCIJA NUTRIJENATA U VODI SKADARSKOG JEZERA 133
20. B. Damnjanović, S. Ilić (Šabac)
PRAĆENJE KVALITETA VODE TABANOVAČKE ŠLJUNKARE PRIMENOM SERBIAN
WATER QUALITY INDEX-a 141
21. V. Ćirković, A. Uzelac, I. Klun, O. Đurković Đaković (Beograd)
POVRŠINSKE VODE KAO REZERVOAR PROTOZOA GIARDIA LAMBLIA,
CRYPTOSPORIDIUM SPP. I TOXOPLASMA GONDII: NALAZ U NEKIM REKAMA
SRBIJE 147
22. Z. Repac, M. Živković, B. Miljanović, A. Andjelković, M. Novković, B. Damnjanović,
A. Bajić, S. Radulović (Novi Sad)
EKOLOŠKI STATUS REKE KARAŠ 153
23. A. Bajić, B. Ristanović, Š. Šipoš, N. Pankov, M. Živković, S. Pogrmić, T. Jurca, I. Mijić,
B. Miljanović (Novi Sad)
EKOLOŠKI STATUS VODOTOKA NERA SA POSEBNIM OSVRTOM NA IHTIOFAUNU 155
24. R. Tomić, N. Grba, M. Dubovina, M. Grgić, V. Pešić, S. Maletić, D. Krčmar (Novi Sad)
KVALITET VODE I SEDIMENTA KANALA BEGEJ 165
25. G. Babić, M. Vuković, D. Voza, I. Mladenović Ranisavljević (Bor, Leskovac)
TRENDOVI PROMENA PARAMETARA KVALITETA VODE REKE TISE U PERIODU
OD 2011. DO 2016. GODINE 173

26. S. Polavder, M. Radosavljević, K. Pantović Spajić, M. Grubišić, A. Adamović (Beograd)
HEMIJSKI I EKOLOŠKI STATUS VODA NA PRIMERU BEZIMENOG POTOKA, JI SRBIJA 181
27. D. Veličković, M. Krivokapić, G. Babić (Podgorica - Crna Gora, Bor - Srbija)
ANALIZA ZAGADJENJA RIJEKE LIM, KLASE KVALITETA, SAPROBNOST 187
28. G. Marković (Čačak)
EKSPANZIJA ALOHTONIH VRSTA RIBA U SLIVU ZAPADNE MORAVE 193
29. V. Đikanović, S. Skorić, M. Nikčević, B. Mičković (Beograd)
ZNAČAJ OČUVANJA MALIH PLANINSKIH VODOTOKOVA; PRIMER TEKUĆICA NA PODRUČJU REZERVATA "UVAC" 199
30. S. Lolić, D. Golub, R. Dekić, M. Manojlović, J. Paspalj (Banjaluka - R.Srpska - BiH)
KVALITET VODE NEKIH PRITOKA RIJEKE DRINE U REPUBLICI SRPSKOJ /BIH/: MIKROBIOLOŠKA I IHTIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA 205
31. M. Kragulj Isakovski, T. Apostolović, S. Maletić, J. Tričković, A. Tubić, J. Molnar Jazić, J. Agbaba (Novi Sad)
ISPITIVANJE MEHANIZMA SORPCIJE ODABRANIH ORGANOFOSFORNIH PESTICIDA NA SEDIMENTU DUNAVA 2015
32. V. Đikanović, S. Skorić (Beograd)
KVALITET SEDIMENATA AKUMULACIJE MEDJUVRŠJE 217
- 2.2. Podzemne vode i vode u karstu**
33. S. Kovačević, N. Živančev, D. Mitrinović, M. Perović, A. Čalenić, M. Dimkić (Novi Sad, Beograd)
TRANSPORT I SMANJENJE KONCENTRACIJE ODABRANIH FARMACEUTKA U ALUVIJALNIM AKVITERIMA 225
34. J. Zarić, D. Mitrinović, O. Andjelković, M. Perović, M. Dimkić (Beograd, Novi Sad)
FORMIRANJE POLICIKLIČNIH SLOJEVA DUŽ PROFILA IZMEDJU BUNARA Rb-1 m I Rb-36 NA BEOGRADSKOM IZVORIŠTU, SA OSVRTOM NA LOKALNU TEKTONIKU 231
35. D. Krčmar, S. Tenodi, V. Pešić, J. Agbaba, A. Tubić, B. Dalmacija (Novi Sad)
PROCENA RIZIKA NA PODZEMNE VODE POD UTICAJEM DEPONIJE KOMUNALNOG OTPADA 243
36. S. Mrazovac Kurilić, V. Cibulić, V. Presburger Ulniković, N. Staletović, M. Trifunović, L. Stamenković (Beograd)
PODZEMNE VODE VOJVODINE I NJIHOVA PRIMENA ZA NAVODNJAVANJE 249
37. D. Grubač, A. Verigo (Herceg Novi, Igalo - Crna Gora)
DOPRINOS ANALIZI PRITISAKA I UTICAJA NA PODZEMNU AKUMUACIJU OPAČICA U HERCEG NOVOM 257
38. Lj. Grujičić Tešić, J. Kovačević (Ruma, Beograd)
KARSTNE VODE PEŠTERA 261

2.3. Priobalne vode Jadranskog mora

39. A. Joksimović, J. Dulčić, O. Marković, M. Đurović, Z. Ikica (Kotor - Crna Gora, Split - Hrvatska)
INVAZIVNE VRSTE RIBA I RAKOVA U JADRANU – IMA LI RAZLOGA ZA ZABRINUTOST 269
40. A. Castelli, D. Joksimović, A. Jovičić, M. Mitrić, R. Martinović, A. Perošević, V. Vuković (Kotor - Crna Gora)
MERENJE I PRAĆENJE TERMOHALINSKIH SVOJSTAVA MORSKE VODE U OBALNOM MORU CRNE GORE 275
41. S. Petović, N. Đorđević (Kotor - Crna Gora)
KARAKTERISTIKE BENTONSKIH ZAJEDNICA U LUČKIM AKVATORIJUMIMA CRNOGORSKOG PRIMORJA 281
42. D. Joksimović, D. Drakulović, R. Martinović, A. Castelli, M. Mitrić, A. Perošević, M. Peković (Kotor - Crna Gora)
ODREĐIVANJE STEPENA TROFIČNOSTI NA STANIŠTIMA PINNA NOBILIS 287
43. R. Martinović, S. Petović, A. Castelli, M. Mitrić, N. Đorđević, M. Mandić, D. Joksimović, (Kotor - Crna Gora)
EKSPERIMENTALNI UZGOJ PALASTURE PINNA NOBILIS U BOKOKOTORSKOM ZALIVU 295
44. S. Jokanović, S. Orlić, S. Perović (Kotor - Crna Gora, Zagreb - Hrvatska)
PROUČAVANJE BAKTERIJSKIH ZAJEDNICA U SEDIMENTU CRNOGORSKOG PRIMORJA 301

3. TEMATSKA GRUPA: SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA

3.1. Uticaji otpadnih voda na vodoprijemnike

45. A. Randjelović, N. Rosić, A. Ruvidić, B. Lekić (Beograd)
UTICAJ STEPENA PREČIŠĆAVANJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA NA KVALITET RECIPIJENATA – CASE STUDY: REKA DRINA U ZONI LOZNICE I BANJE KOVILJAČE 307
46. V. Cibulić, S. Mrazovac Kurilić, N. Staletović, V. Presburger Ulniković, M. Trifunović (Beograd)
PROCENA I UPRAVLJANJE HEMIJSKIM RIZIKOMU PROCESIMA ELEKTROLIZE 315

3.2. Savremene metode prečišćavanja otpadnih voda i obrade mulja

47. V. Presburger Ulniković, N. Jakimov, S. Mrazovac Kurilić, V. Cibulić, L. Stamenković (Beograd, Bosilegrad, Vranje)
SAVREMENE OPCIJE TRETMANA OTPADNIH VODA SA BRODOVA 321
48. I. Milojković (Beograd)
UPOREDNA ANALIZA PREČIŠĆAVANJA INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA HE "ĐERDAP 1" METODAMA VIKOR I PROMETHEE 329

4. TEMATSKA GRUPA: VODOSNABDEVANJE NASELJA

4.1. Zaštita izvorišta vodosnabdevanja

49. I. Joksimović, D. Đurović (Podgorica - Crna Gora)
BRZA PROCENA RIZIKA OD ZAGAĐENJA VODOZAHVATA (RADWQ-SZO) 339

4.2. Savremeni postupci tretmana prirodnih voda u cilju dobijanja vode za piće

50. J. Molnar Lazić, T. Đurkić, A. Tubić, M. Kragulj Isakovski, D. Krčmar, B. Dalmacija, J. Agbaba (Novi Sad)
UKLANJANJE PRIRODNIH ORGANSKIH MATERIJAMA IZ VODE PRIMENOM UNAPREDJENIH OKSIDACIONIH PROCESA 345
51. M. Kojić, S. Stanković, M. Petrović, J. Petrović, Z. Lapičić, N. Petrović, M. Koprivica (Beograd)
HIDROČAĐ DOBIJENA OD SUPSTRATA ZA GAJENJE GLJIVA KAO ADSORBENT BAKRA IZ VODENIH RASTVORA 351
52. M. Petrović, T. Šoštarić, J. Petrović, M. Kojić, M. Koprivica, J. Milojković, S. Stanković (Beograd)
UKLANJANJE KADMIJUMA BIOSORBENTOM NA BAZI KUKURUZNE SVILE IZ VODENIH RASTVORA 357

4.3. Kvalitet vode isporučene potrošačima

53. T. Stamenković, O. Doklešić, M. Simović, I. Radosavljević (Herceg Novi - Crna Gora)
ISPRAVNOST VODE SA TUŠEVA HERCEGOVSKIH KUPALIŠTA TOKOM LETA 2018. GODINE 363

UKLANJANJE KADMIJUMA BIOSORBENTOM NA BAZI KUKURUZNE SVILE IZ VODENIH RASTVORA

Marija Petrović*, Tatjana Šošćarić*, Jelena Petrović*,
Marija Kojić*, Marija Koprivica*, Jelena Milojković*,
Slavka Stanković**

* *Institut za Tehnologiju Nuklearnih i drugih Mineralnih Sirovina, Franše
d'Eperea 86, Beograd, Srbija, m.petrovic@itnms.ac.rs*

** *Tehnološko metalurški fakultet, Univerzitet u Bogradu, Karnegijeva 4,
Beograd, Srbija*

REZIME

U ovom radu ispitana je upotreba kukuruzne svile za uklanjanje kadmijuma iz vodenih rastvora i to: sintetičkih rastvora i kontaminirane otpadne vode koja nastaje nakon procesa analize na Atomskom Apsorpcionom Spektrofotometru (AAS). Biosorpcioni eksperimenti su vršeni u šaržnom sistemu. Karakterizacija kukuruzne svile pre i nakon procesa biosorpcije kadmijuma vršena je ATR-FTIR i TGA/DTA tehnikama. Eksperimentalni rezultati ukazuju da kukuruzna svila ima dobre adsorpcione karakteristike u odnosu na kadmijum. Primena kukuruzne svile za uklanjanje kadmijuma i drugih teških metala iz realne AAS otpadne vode potvrđuje da se ovaj materijal može koristiti kao efikasan i jeftin biosorbent.

KLJUČNE REČI: kukuruzna svila, biosorpcija, teški metali, vodeni rastvori i otpadne vode

CORN SILK AS BIOSORBENT FOR CADMIUM REMOVAL FROM WATER SOLUTIONS

ABSTRACT

In this study corn silk was investigated for the cadmium removal from water solutions: synthetic water and real laboratory wastewater. Biosorption experiments were done in batch system. Corn silk was characterized by two instrumental techniques: Attenuated Total Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) and Thermal Analysis (TGA/DTA). Characterization of corn silk was done before and after cadmium biosorption. Experimental results showed that corn silk has good biosorption characteristic for cadmium removal. The application of corn silk for removal of heavy metals ions from real AAS drained water revealed that corn silk can be used as effective and low cost biosorbent.

KEY WORDS: corn silk, biosorption, heavy metals, characterization, water and wastewater solutions

UVOD

Različite grane industrije kao što su rudarstvo, proizvodnja baterija, galvanska, naftna i tekstilna industrija kao i mnoge druge predstavljaju glavne izvore zagađenja životne okoline različitim polutanima kao što su teški metali, organske komponente, pesticidi i dr. Otpadne vode i izduvni gasovi iz ovih industrija su najčešći putevi kojima polutanti dospevaju u životnu sredinu. Ukoliko se teški metali u prirodi nađu u višim koncentracijama u odnosu na njihove maksimalno dozvoljene koncentracije njihovo prisustvo može izazvati različita štetna dejstva na živi organizam. Samim tim se sve više pažnje posvećuje istraživanjima u oblasti ekologije i zaštite životne sredine kako bi se našlo adekvatno rešenje za smanjenje ili potpuno uklanjanje ovih polutanata iz životne okoline. Kadmijum je jedan od teških metala koji je dosta korišćen u pomenutim industrijama pa samim tim lako dospeva u životnu sredinu. Povišene koncentracije ovog metala mogu izazvati trovanje, mučninu kao i oštećenja različitih organa kod ljudi a čak može izazvati i uginuće biljaka. Stoga je neohodno sprečiti zagađenje životne sredine kadmijumom.

Za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda uveliko se koriste različite tradicionalne metode kao što su taloženje, jonska izmena, uparavanje, oksidacija i membranska filtracija (Yao et al., 2010; Wang and Qin, 2005; Ajmal et al., 1998). Pored prednosti ove tehnologije imaju i mane kao što je na primer ekonomska isplativost. Kao alternativna metoda 90-ih godina prošlog veka počinje da se razvija biosorpcija. Ovu tehniku odlikuju visoka efikasnost, ekonomska isplativost kao i ekološki prihvatljivost kada je u pitanju uklanjanje teških metala. Naime, koriste se lako dostupni, jeftini i otpadni materijali organskog porekla koji zahvaljujući svojim fizičko-hemijskim karakteristikama imaju afinitet ka vezivanju polutanta na svoju površinu (Kotrba et al., 2011; Gadd 2010).

Literaturni podaci ukazuju da se poljoprivredni otpad veoma često ispituje kao biosorbent za uklanjanje teških metala. Za istraživanja je korišćen širok spektar ovih materijala kao što su: pirinčane ljuske, ljuske oraha, lešnika, badema, nus proizvodi iz industrije za preradu šećera, lišće agave, kore različitih drveća kao i mnogi drugi (Gadd 2010). Prikazani rezultati ukazuju na to da su ovi materijali veoma efikasni za uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora. Budući da je kukuruz kultura koja se dosta gaji kako u Srbiji tako i širom planete, za potrebe naših istraživanja odabrana je kukuruzna svila.

Cilj ovog rada je bio da istraži mogućnost uklanjanja kadmijuma iz vodenog rastvora. Kako bi se ispitaio afinitet kukuruzne svile ka ispitivanom metalu, karakterizacija kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma je izvršena ATR-FTIR i TGA/DTA tehnikama. Takođe, cilj ovog rada je da promoviše mogućnost upotrebe kukuruzne svile za tretman realnih otpadnih voda. U istraživanju su prikazani rezultati dobijeni primenom kukuruzne svile za uklanjanje Pb, Fe, Cu, Zn, Cd, Ni i Cr iz realne laboratorijske AAS otpadne vode.

MATERIJAL I METODE

Kukuruzna svila je prikupljena na kukuruznom polju nakon berbe kukuruza u okolini Beograda. Prikupljeni material je ispran u vodi i osušen. Osušena kukuruzna svila je samlevena i korišćena za biosorpcione eksperimente.

Karakterizacija kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma je izvršena termalnom analizom (TGA/DTA) upotrebom uređaja using Netzsch STA 409 EP (Selb, Germany). Približno 5 mg kukuruzne svile je izlagano različitim temperaturama u temperaturnom intervalu od 20 do 800°C.

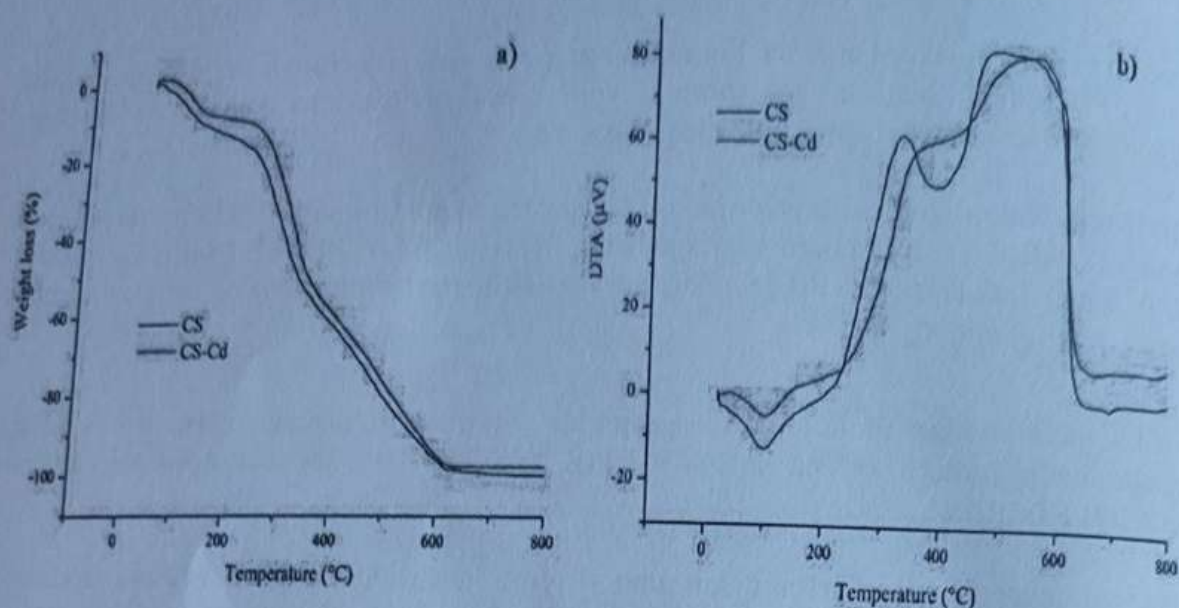
Identifikacija i analiza funkcionalnih grupa na površini kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma izvršena je ATR-FTIR analizom na spektrofotometru Thermo Nicolet 6700 FT-IR.

Biosorpcioni eksperiment je vršen u šaržnom sistemu. U Erlenbmajer od 100 mL dodato je 0,05 g kukuruzne svile i 50 mL rastvora kadmijuma koncentracije 100 mg/L. Suspenzija je mešana na orbitalnom šejkeru tokom 2 h (250rpm) nakon čega je profiltrirana kroz plavu filter hartiju. Kukuruzna svila koja je zaostala na filter hartiji je osušena i korišćena za karakterizaciju dok je zaostali sadržaj kadmijuma u filtratu analiziran na Atomskom Apсорpcionom Spektrofotometru (AAS; Perkin Elmer, AAS Analyst 300).

REZULTATI I DISKUSIJA

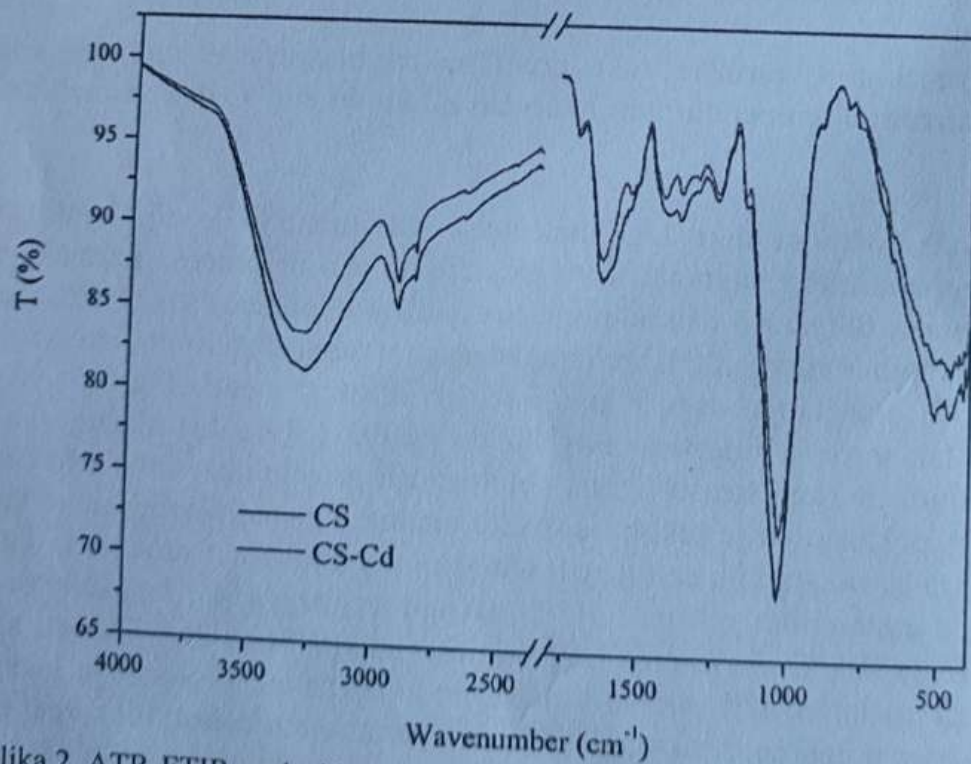
Termička degradacija kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma ispitana je TGA/DTA analizom u temperaturnom intervalu od 20 do 800°C dok su rezultati prikazani na slici 1.

Kao što se može uočiti sa slike 1 gubitak mase kukuruzne svile nije kontinualan tokom ispitivanog temperaturnog intervala. Ovo ukazuje da tokom procesa termičke degradacije ispitivanih uzoraka dolazi do degradiranja različitih komponenti što ukazuje na složenost structure ispitivanih materijala. U prvom koraku, u temperaturnom intervalu od 20 do 200°C dolazi do otpuštanja vlage i lako isparljivih komponenti (Petrović et al., 2016a). Značajan gubitak mase u intervalu od 200 do 600°C (Slika 1a) ukazuje na razgradnju organskih komponenti kao što su lignin, celuloza i hemiceluloza. Gracia-Maraver 2013 sa saradnicima, je pokazao da je tokom termičke analize lignoceluloznih materijala potrebna viša temperatura za razgradnju celuloze u odnosu na lignin. Na osnovu ovih saznanja može se zaključiti da egzotermni pik na 331°C ukazuje na razgradnju hemiceluloze dok drugi egzotermni pik na 508°C ukazuje na razgradnju celuloze (Slika 2b). Takođe, sa slike 2b se može uočiti da su intenziteti pikova kukuruzne svile nakon biosorpcije kadmijuma niži. Ova pojava kao i pomeranje pikova ka višim temperaturama nakon biosorpcije kadmijuma ukazuju da su više temperature potrebne za degradaciju ovakvog materijala što potvrđuje da se jon kadmijuma vezao za kukuruznu svilu pri čemu se dobio material složenije structure (Milojković et al., 2016).



Slika 1. TGA (a) i DTA (b) krive kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma
 Figure 1. TGA (a) and DTA (b) curves of the corn silk before and after cadmium biosorption

U cilju ispitivanja funkcionalnih grupa kao i praćenja njihovih promena, izvršena je karakterizacija kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma ATR-FTIR analizom, u opsegu talasnih dužina od 4000 do 400 cm^{-1} . ATR-FTIR spektri su prikazani na slici 2.



Slika 2. ATR-FTIR spektri kukuruzne svile pre i nakon biosorpcije kadmijuma
 Figure 2. The ATR-FTIR spectrum of CS before and after cadmium biosorption

Kao što se sa slike 2 može uočiti, intenziteti kao i položaj nekih pikova se menjaju nakon adsorpcije kadmijuma. Intenzitet svih pikova na površini kukuruzne svile se smanjuje nakon adsorpcije kadmijuma dok se neki pikovi pomeraju ka većim ili manjim talasnim dužinama. Najveće promene se uočavaju kod pikova na 3300, 2918, 2850, 1637, 1240-1150 i 1030 cm^{-1} . Pikovi koji se pojavljuju na navedenim talasnim dužinama pripadaju $-\text{OH}$, $-\text{CH}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{N}$ i $\text{C}-\text{O}$ grupama što ukazuje da su ove funkcionalne grupe u velikoj meri odgovorne za vezivanje kadmijuma na površinu kukuruzne svile (Petrović et al., 2016b).

Uzorak otpadne laboratorijske vode je prikupljen iz otpadne boce AAS-a. U tabeli 1 je prikazan sadržaj teških metala u ovom uzorku pre i nakon biosorpcije kukuruznom svilom.

Tabela 1. Koncentracija metala u otpadnoj AAS vodi pre i nakon biosorpcije kukuruznom svilom
Table 1. Metal concentration in AAS drained wastewater before and after biosorption with corn silk

Metal	koncentracija mg/L	
	pre biosorpcije	nakon biosorpcije
Pb	15.90	1.50
Fe	3.34	0.07
Cu	0.49	0.11
Zn	0.66	0.30
Cd	0.14	0.06
Ni	0.12	0.06
Cr	0.10	0.03

Nakon biosorpcionog eksperimenta sa kukuruznom svilom, koncentracija ispitivanih teških metala u uzorku laboratorijske otpadne vode značajno opada (Tabela 1). Rezultati ukazuju da je kukuruzna svila uklonila oko 90% Pb i Fe, više od 70% Cu i Cr i više od 50% Zn, Ni i Cd. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se kukuruzna svila može koristiti kao efikasan biosorbent za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda.

ZAKLJUČAK

Karakterizacija kukuruzna svile pre i nakon procesa biosorpcije kadmijuma je izvršena TGA/DTA i ATR-FTIR analizama. Rezultati ovih analiza su ukazali da kukuruzna svila ima afinitet ka vezivanju kadmijuma na svoju površinu i da funkcionalne grupe kao što su $-\text{OH}$, $-\text{CH}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{N}$ i $\text{C}-\text{O}$ učestvuju u vezivanju kadmijuma na površinu kukuruzne svile.

U ovom radu ispitana je potencijalna primena kukuruzne svile za uklanjanje teških metala iz laboratorijske otpadne vode. Rezultati ukazuju na visoku efikasnost kukuruzne svile. Razmatranje primene ovog materijala za tretman otpadnih voda bi bilo zanimljivo upravo zbog niske cene, ekološki prihvatljivog proizvoda i dostupnosti ovog materijala na svim kontinentima.

Zahvalnica

Autori rada se ovom prilikom zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je svojim finansiranjem kroz projekat br. TR 31003 pomoglo opisana istraživanja.

LITERATURA:

- Ajmal M., Khan A.H., Ahmad S., Ahmad A., C. Role of sawdust in the removal of copper(II) from industrial wastes. *Water Resources* (1998) 3085-3091
- Gadd G.M. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* (2009) 13-28.
- Garcia-Maraver A., Salvachua D., Martinez M.J., Diaz L.F., Zamorano M. Analysis of the relation between the cellulose, hemicellulose and lignin content and the thermal behavior of residual biomass from olive trees. *Waste Management* (2013) 2245-2249
- Kotrba P., Mackova M., Macek T. (2011) *Microbial biosorption of metals*, 1st ed., Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Milojković J., Pezo L., Stojanović M., Mihajlović M., Lopičić Z., Petrović J., Stanojević M., Kragović M. Selected heavy metal biosorption by compost of *Myriophyllum spicatum*—A chemometric approach. *Ecological Engineering* (2016) 112 – 119
- Petrović J., Perišić N., Dragišić Maksimović J., Maksimović V., Kragović M., Stojanović M., Laušević M., Mihajlović M. Hydrothermal conversion of grape pomace: Detailed characterization of obtained hydrochar and liquid phase. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* (2016a) 267-277.
- Petrović M., Šošarić T., Stojanović M., Milojković J., Mihajlović M., Stanojević M., Stanković S. Removal of Pb^{2+} ions by raw Corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent., *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* (2016b) 407-416
- Wang X.S., Qin Y. Equilibrium sorption isotherms for Cu^{2+} on rice bran. *Process Biochemistry* (2005) 677-680
- Yao Z.Y., Qi J.H., Wang L.H. Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the biosorption of Cu(II) onto chestnut shell. *Journal of Hazardous Materials* (2010) 137-143