



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXII

Број: 7/2017

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXII

Свеска: 7

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета техничких Наука у Новом Саду

**Уредништво:**

Проф. др Раде Дорословачки

Проф. др Драгиша Вилотић

Проф. др Срђан Колаковић

Проф. др Владимир Катић

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Миодраг Хаџистевић

Проф. др Растислав Шостаков

Доц. др Мирослав Кљајић

Доц. др Бојан Лалић

Доц. др Дејан Убавин

Проф. др Никола Јорговановић

Доц. др Борис Думнић

Проф. др Дарко Реба

Проф. др Ђорђе Лађиновић

Проф. др Драган Јовановић

Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић

Проф. др Драгољуб Новаковић

**Редакција:**

Проф. др Владимир Катић, главни  
уредник

Проф. др Жељен Трповски, технички  
уредник

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Драгољуб Новаковић

Др Иван Пинћер

Бисерка Милетић

**Језичка редакција:**

Бисерка Милетић, лектор

Софија Рацков, коректор

Марина Катић, преводилац

**Издавачки савет:**

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,  
проф. др Радош Радивојевић, председник.

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад

СIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)

62

**ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука** / главни и одговорни уредник  
Раде Дорословачки. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови Сад :  
Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке науке –  
зборници)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је седма овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових дипломских-мастер докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широј јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а ([www.ftn.uns.ac.rs](http://www.ftn.uns.ac.rs)) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.06.2017. до 23.09.2017. год., а који се промовишу 19.12.2017. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа. Њихови радови нису штампани у Зборнику радова.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у две свеске.

У овој свесци, са редним бројем 7., објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине,
- мехатронике,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- планирања и управљања регионалним развојем и
- инжењерства информационих система.

У свесци са редним бројем 6. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства и
- графичког инжењерства и дизајна.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**

## SADRŽAJ

### STRANA

#### Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Tatjana Tošić,  
ПРИМЕНА ИЗЛОЖЕНОСТИ И РИЗИКА У БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА ..... 1181-1184
2. Đorđe Dupor,  
MRP KONCEPT: OSNOVE SA TEORIJSKIM PRIMERIMA ..... 1185-1188
3. Nikola Dimitrijević, Gordana Stojić,  
МОДЕЛИРАЊЕ КАПАЦИТЕТА ЗА ПРИЈЕМ АУТОБУСА АУТОБУСКЕ СТАНИЦЕ  
„КАВИМ ЈЕДИНСТВО“ – ВРАЊЕ ..... 1189-1192
4. Miloš Spasić,  
PRIPREMA PODATAKA ZA MODELOVANJE U LOGISTICI ..... 1193-1196
5. Marijana Devčić,  
UNAPREĐENJE RADA DISTRIBUTIVNOG CENTRA KROZ RACIONALIZACIJU  
SKLADIŠNIH PROCESA ..... 1197-1200
6. Milan Lazarević,  
ANALIZA POSTOJEĆIH MODELA ZA PRORAČUN SUDARNE BRZINE VOZILA U  
SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA TIPA VOZILA – PJEŠAK ..... 1201-1204
7. Predrag Popov,  
PRIMENA MOBILNE APLIKACIJE U KURIRSKIM PREDUZEĆIMA ..... 1205-1208
8. Nenad Žebeljan, Milica Miličić,  
САОБРАЋАЈНА ПОЛИТИКА ..... 1209-1212

#### Radovi iz oblasti: Arhitektura

1. Milica Tegeltija,  
REVITALIZACIJA INDUSTRIJSKE HALE "AGROHEM" U NOVOM SADU  
U KREATIVNI INKUBATOR ..... 1213-1216
2. Aleksandar Davidović,  
TRANSFORMACIJA GRADA AKTIVNOM PARTICIPACIJOM STANOVNIŠTVA  
U PROCES ARHITEKTONSKOG PROJEKTOVANJA ..... 1217-1220
3. Marijana Davidović,  
USPOSTAVLJANJE BRENDA OPŠTINE BAČKA PALANKA KROZ DEFINISANJE  
STRATEGIJE RAZVOJA ETNO I NAUTIČKOG TURIZMA NEŠTINA ..... 1221-1224

	<b>STRANA</b>
4. Vesna Jandrić, TRANSFORMACIJA AGROHEM HALE U NOVOM SADU U KOMPLEKS MEŠOVITE NAMENE .....	1225-1228
5. Tatjana Milutinović, Milena Krklješ, ARHITEKTONSKA STUDIJA BOLNICE ALTERNATIVNE MEDICINE .....	1229-1232
6. Đurđa Vujić, Milena Krklješ, MUZIČKA ZONA U GORNJEM MILANOVCU .....	1233-1236
7. Jovana Kovačević, Bojan Tepavčević, PRINCIPI PRIMENE UNIVERZALNE ESTETIKE FRAKTALA PRIMENJENI NA DIZAJNU INTERAKTIVNE FASADE .....	1237-1240
8. Aleksandar Mišić, Dragana Konstantinović, SAMOODRŽIVA FABRIKA HRANE BRASINA .....	1241-1244
9. Maja Papić, Ivana Miškeljin, POP-UP CENTAR U NOVOM SADU .....	1245-1248
10. Ljubica Kapor, Jelena Atanacković-Jeličić, Milena Krklješ, ARHITEKTONSKA STUDIJA STAMBENE ARHITEKTURE NA PROSTORU HERCEGOVINE ...	1249-1251
11. Dunja Palček, SERIJA NAMEŠTAJA OD DRVETA I KANAPA .....	1252-1255
12. Ida Dimitrijević, PROJEKAT ENTERIJERA DŽEZ BARA .....	1256-1259

### **Radovi iz oblasti: Industrijsko inženjerstvo i menadžment**

1. Ljubomir Šijačić, Veselin Perović, STRATEGIJE KORPORACIJE KAO POLAZNE PRETPOSTAVKE NJENOG RASTA I RAZVOJA .....	1260-1263
2. Aleksandra Pantić, ULOGA MEDIJA U PROMOCIJI PREDUZETNIŠTVA .....	1264-1267
3. Norbert Čorba, Dragoljub Šević, 5S I VIZUELNI MENADŽMENT U PREDUZEĆU „PANŠPED“ NOVI SAD .....	1268-1271
4. Dušan Bajatović, UNAPREĐENJE TOKOVA PRIRODNOG GASA U REPUBLICI SRBIJI .....	1272-1275
5. Mohammed Dilkash, PRVA KANCELARIJA ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA: STUDIJA SLUČAJA USPEŠNOG USPOSTAVLJANJA .....	1276-1279
6. Jelena Radivojša, UPOREDNA ANALIZA DONOŠENJA ODLUKA U ORGANIZACIJI .....	1280-1283
7. Miloš Ubović, OSNOVNI OKVIR POSLOVANJA, MISIJA, VIZIJA, VREDNOSTI I CILJEVI .....	1284-1287
8. Slađana Delić, Veselin Perović, ZNAČAJ IZVORA FINANSIRANJA ZA POSLOVANJE MALIH I SREDNJIH PREDUZETNIKA ..	1288-1291
9. Toni NocMartini, Veselin Perović, ZNAČAJ KONTROLING IZVEŠTAVANJA ZA POSLOVANJE SREDNIH PREDUZEĆA .....	1292-1295
10. Dragana Salatović, UPRAVLJANJE VREMENOM U ORGANIZACIJI .....	1296-1299
11. Nikola Janić, ANALIZA I UNAPREĐENJE POSLOVANJA U PREDUZEĆU „RUMATRANS“ .....	1300-1303
12. Vojkan Prugić, KOMPARATIVNA ANALIZA POSLOVANJA DRŽAVNIH REVIZORSKIH INSTITUCIJA REPUBLIKE SRBIJE I REPUBLIKE HRVATSKE .....	1304-1306

	<b>STRANA</b>
13. Jovana Terek, ANALIZA UTVRĐIVANJA I PRIKUPLJANJA POREZA NA DODATU VREDNOST OD STRANE MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U REPUBLICI SRBIJI .....	1307-1310
14. Marina Žižakov, UNAPREĐENJE INTEGRISANOG SISTEMA MENADŽMENTA U PREDUZEĆU „AGRIUM“ doo .....	1311-1314
15. Marina Sladojević, KOMPARATIVNA ANALIZA STILA VOĐENJA U ORGANIZACIJAMA .....	1315-1318
16. Jakša Popović, ANALIZA MOGUĆNOSTI FINANSIRANJA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U SRBIJI .....	1319-1322
17. Valentina Kokotović, ANALIZA PROJEKATA JAVNOG I PRIVATNOG PARTNERSTVA .....	1323-1326
18. Marija Stojković, ULOGA MEDIJA U PRAKSI ZDRAVSTVENE KOMUNIKACIJE .....	1327-1330
19. Milorad Erbes, Ljubica Duđak, POREĐENJE DVA PRISTUPA PROCESA REGRUTOVANJA I SELEKCIJE U ORGANIZACIJI: LINKEDIN NASUPROT TRADICIONALNOG .....	1331-1334

### **Radovi iz oblasti: Inženjerstvo zaštite životne sredine**

1. Katarina Antić, Szabolcs Pap, Jelena Radonić, TRETMAN PROCEDNIH VODA DEPONIJE METODOM FITOREMEDIJACIJE PRIMENOM EICHHORNIA CRASSIPES .....	1335-1338
2. Sanja Knežević, Dejan Ubavin, UTVRĐIVANJE OPTIMALNIH OPCIJA ZA UPRAVLJANJE DEPONIJSKIM GASOM NA DEPONIJU U NOVOM SADU .....	1339-1342

### **Radovi iz oblasti: Mehatronika**

1. Teodora Kresojević, IMPLEMENTACIJA TEHNIČKOG INFORMACIONOG SISTEMA U LAFARGE BEOČINSKOJ FABRICI CEMENTA .....	1343-1346
2. Igor Stefanjuk, ANALIZA STANJA I NAČINI POBOLJŠANJA ERGONOMIJE RADNIH MESTA U SPECIJALNOM VOZILU ZA ELEKTRO-KAROTAŽNA MERENJA .....	1347-1350
3. Nenad Peleš, PREDLOG REŠENJA POLUAUTONOMNOG UPRAVLJANJA NA ADAS PLATFORMI .....	1351-1354
4. Milan Manić, AUTOMATIZACIJA TESTIRANJA UREĐAJA SA EKRANIMA OSETLJIVIM NA DODIR POMOĆU JEDNOSTAVNE ROBOTSKE RUKE I ARDUINO PLATFORME .....	1355-1358
5. Duško Grbić, DETEKCIJA SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA I SVETLOSNE SIGNALIZACIJE PRIMENOM NAPREDNIH SISTEMA ZA POMOĆ VOZAČU .....	1359-1362

### **Radovi iz oblasti: Matematika u tehnici**

1. Simona Kašterović, KRIPKEOVE SEMANTIKE ZA INTUICIONISTIČKU LOGIKU I LAMBDA RAČUN .....	1363-1366
--	-----------

	STRANA
2. Andreja Kolesar, ALGEBARSKI ASPEKTI REVERZIBILNOG LOGIČKOG DIZAJNA .....	1367-1370

### **Radovi iz oblasti: Geodezija i geomatika**

1. Dejan Ivanišević, AZIMUTNE KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE I NJIHOVA PRIMENA NA PODRUČJU VOJVODINE.....	1371-1374
2. Vanja Pavlović, IZRADA 3D MODELA GRADOVA IZ OBLAKA TAČAKA .....	1375-1378
3. Миљана Пљеваљчић, Александар Ристић, Милан Вртунск, АНАЛИЗА МЕТОДА ЗА МЕРЕЊЕ ВЕРТИКАЛНИХ ПОМЕРАЈА У СИСТЕМИМА ЗА ПЕРМАНЕНТНИ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЈА .....	1379-1382
4. Srđan Tešić, PRIMENA GNSS TEHNOLOGIJE ZA MONITORING VISOKIH OBJEKATA .....	1383-1386

### **Radovi iz oblasti: Planiranje i upravljanje regionalnim razvojem**

1. Nađa Krasić, Dejana Nedučin, NELEGALNA GRADNJA STAMBENIH OBJEKATA U SRBIJI I POSTUPAK LEGALIZACIJE .....	1387-1390
--	-----------

### **Radovi iz oblasti: Inženjerstvo informacionih sistema**

1. Milan Sekulić, SISTEM ZA AUTOMATIZACIJU POSLOVANJA STUDENTSKE SLUŽBE BAZIRAN NA SERVISNO ORIJENTISANOJ ARHITEKTURI .....	1391-1394
2. Vasilija Ivošević, SISTEM ZA AUTOMATIZACIJU UPRAVLJANJA SMEŠTAJNIM RESURSIMA RAZVIJEN U ASP.NET TEHNOLOGIJI .....	1395-1398
3. Tanja Radeta, SOFTVERSKO REŠENJE ZA PODRŠKU PRAĆENJU POSLOVNIH PROCESA I AKTIVNOSTI PREDUZEĆA ZA SERVISIRANJE KLIMA UREĐAJA .....	1399-1402
4. Dejana Račić, PRIVATNOST I BEZBEDNOST KORISNIKA NA INTERNETU .....	1403-1406



**TRETMAN PROCEDNIH VODA DEPONIJE METODOM FITOREMEDIJACIJE  
PRIMENOM *EICHHORNIA CRASSIPES*****PHYTOREMEDIATION OF LANDFILL LEACHATES USING *EICHHORNIA CRASSIPES***

Katarina Antić, Szabolcs Pap, Jelena Radonić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE I ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada biće prikazani rezultati tretmana procednih voda deponije metodom fitoremedijacija primenom *Eichhornia crassipes*. Tokom istraživanja praćena je efikasnost uklanjanja četiri teška metala, hroma, kadmijuma, nikla i cinka, koncentracioni trendovi sulfatnih jona i amonijačnog azota, kao i varijacije konduktivnosti i pH vrednosti u procednoj vodi deponije.

**Abstract** - The results of landfill leachate phytoremediation using *Eichhornia crassipes* will be presented in the paper. During the study, removal efficiency of four heavy metals, chromium, cadmium, nickel and zinc, concentration trends of sulfate ions and ammonium nitrogen, as well as variation of conductivity and pH values in landfill leachate were monitored.

**Ključne reči:** Tretman procednih voda komunalnih deponija čvrstog otpada, fitoremedijacija procednih voda, *Eichhornia crassipes*

**1. UVOD**

Procedne vode predstavljaju entitet na koji utiče kompleks činilaca, kako unutar samog tela deponije (starost deponije, morfološki sastav otpada, temperatura i sadržaj vlage, migracioni tok tečnosti, tehnologije tretmana otpada pre odlaganja, debljina tela deponije, faze dekompozicije otpada), tako i van nje (meteorološki parametri, sa akcentom na godišnje količine padavina, smena godišnjih doba, sezonski opseg temperatura). Proces formiranja deponijskog filtrata obuhvata rastvaranje čvrstih supstanci u vodi koja se proceduje kroz telo deponije i izdvajanje rastvorenih ili suspendovanih materija nastalih biološkim i hemijskim procesima koji se neminovno odigravaju unutar tela deponije. Kompleksan hemijski sastav i kontinualna produkcija procednih voda tokom životnog veka deponija, kao i nakon njihovog zatvaranja, zahtevaju primenu optimalnog sistema upravljanja procednim vodama. Uspostavljanje optimalnog sistema upravljanja procednim vodama deponija komunalnog čvrstog otpada, pored kontrole procednih voda unutar tela deponije, doprinosi i očuvanju zdravlja ljudi i zaštiti životne sredine. Benefit uspostavljanja navedenog sistema predstavlja i smanjenje potencijalne kontaminacije podzemnih i površinskih voda preduzimanjem adekvatnih mera u cilju postizanja propisanih emisionih standarda za ispuštanje prečišćenih procednih voda u vodoprijemnike.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Radonić, van. prof.**

Osnovni instrument za ostvarivanje aspiracija u pogledu dostizanja emisionih standarda za ispuštanje prečišćenih procednih voda u vodoprijemnike, predstavlja adekvatna zakonska regulativa u oblasti upravljanja procednim vodama. U okviru zakonske regulative uspostavljene su optimalne mere, standardi i propisi, usled čijeg pridržavanja je moguće postići zadovoljavajući status u oblasti upravljanja procednim vodama komunalnih deponija.

**1.1. Zakonska regulativa Evropske Unije u oblasti  
upravljanja procednim vodama deponija  
komunalnog čvrstog otpada**

Zakonska regulativa Evropske Unije u oblasti upravljanja procednim vodama deponija komunalnog čvrstog otpada nije strogo definisana, već se odlikuje integrativnim pristupom. Primenom zakonske regulative iz oblasti upravljanja otpadom i upravljanja vodama formira se celovita slika upravljanja procednim vodama. Relevantna zakonska regulativa u oblasti upravljanja procednim vodama komunalnih deponija čvrstog otpada obuhvata sledeće zakonske akte:

- Okvirnu direktivu o otpadu (2008/98/EC);
- Direktivu o deponijama (1999/31/EC);
- Okvirnu direktivu o vodama (2000/60/EC);
- Direktivu o prečišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC);
- Direktivu o dopunama Direktive (91/271/EEC) na određene zahteve uspostavljene u njenom Aneksu I;
- Direktivu o prikupljanju podataka, formiranju BAT referentnih dokumenata i obezbeđenju njihovog kvaliteta (2012/119/EC).

**1.2. Zakonska regulativa Republike Srbije u oblasti  
upravljanja procednim vodama komunalnih  
deponija čvrstog otpada**

Kao i u slučaju Evropske Unije, zakonska regulativa Republike Srbije u oblasti upravljanja procednim vodama deponija komunalnog čvrstog otpada nije strogo definisana, već je zasnovana na integrativnom pristupu. Sistematizacija zakonske regulative u navedenoj oblasti postiže se primenom relevantnih zakonskih akata iz oblasti upravljanja otpadom i iz oblasti upravljanja vodama:

- Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl.glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009,36/2009 – dr.zakon, 72/2009 – dr.zakon, 43/2011- odluka US i 14/2016);
- Zakon o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016);
- Uredba o odlaganju otpada na deponije ("Sl.glasnik RS", br. 92/2010);

- Zakon o vodama ("Sl.glasnik RS", br. 30/2010);
- Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine ("Sl.glasnik RS", br. 135/2004);
- Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. glasnik RS", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016);
- Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovi za njihovo dostizanje ("Sl.glasnik RS", br. 35/2011).

### 1.3. Kontrola zagađenja voda u Republici Srbiji

Kontrola zagađenja voda u Republici Srbiji do 2011. God. zasnivala se na primeni imisionih standarda. Međutim, donošenjem Uredbe o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. glasnik RS", 67/2011, 48/2012 i 1/2016), od 2011. godine kontrola zagađenja vode temelji se na primeni emisionih standarda, odnosno graničnih vrednosti emisije.

### 1.4. Tretman procednih voda komunalnih deponija čvrstog otpada

Rasprostranjena praksa obrade procednih voda u slučaju kontrolisanih, odnosno sanitarnih komunalnih deponija čvrstog otpada, sastoji se u primeni sistema za sakupljanje i uklanjanje procednih voda, nakon čega se sprovodi njihovo odvođenje u postrojenje za prečišćavanje, koje se najčešće nalazi u sklopu deponijskog kompleksa. Postrojenje za prečišćavanje procednih voda predstavlja sistemsku jedinicu u okviru koje se sprovode fizičko-hemijski i biološki tretmani sa ciljem redukcije parametara ili uklanjanja zagađujućih supstanci, koje je neophodno regulisati do nivoa koji je određen kvalitetom vode vodoprijemnika [1]. Tretmani prečišćavanja procednih voda se, prema tipu primenjene metode, mogu klasifikovati na:

- Fizičko-hemijski tretman;
- Biološki tretman;
- Kombinacija fizičko-hemijskog predtretmana i biološkog tretmana u okviru jednog sistema;
- Napredni tretman.

Uprkos brojnim prednostima primene, navedeni tretmani praćeni su visokim kapitalnim i operativnim troškovima. Usled toga, evidentna je potreba za primenom napredne metode sa visokom efikasnošću uklanjanja teških metala i potencijalnih hazardnih komponenata, praćenom niskim kapitalnim i operativnim troškovima, naročito u zemljama u razvoju, sa ciljem smanjenja negativnih posledica po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Intezivan razvoj i usavršavanje metode fitoremedijacije procednih voda, čini metodu konkurentnom konvencionalnim tretmanima i sve šire primenjivom u oblasti tretmana procednih voda deponija komunalnog čvrstog otpada.

## 2. FITOREMEDIJACIJA

Fitoremedijacija predstavlja jeftin i jednostavan proces koji se definiše kao projektovana primena zelenih biljaka u cilju ekstrakcije, akumulacije i stabilizacije zagađujućih materija.

Sistemi bazirani na biljkama isplativiji su od konvencionalnih metoda remedijacije, te sve širu primenu u praksi pronalaze u okviru tretmana otpadnih voda. Veštački konstruisane močvare sa ostrvcima, formiranim sa ciljem uzgoja adekvatnih biljnih vrsta kao što su vodeni zumbuli, predstavljaju primer jednostavnog sistema fitoremedijacije sa dugom tradicijom primene u praksi. Navedena biljna vrsta primenjuje se sa ciljem efikasnog uklanjanja zagađujućih supstanci, kao što su joni metala ili nitrati, iz gradskih i industrijskih otpadnih voda [2].

## 3. EKSPERIMENTALNI DEO

### 3.1. Pribor i hemikalije

#### 3.1.1. Uzorkovanje procednih voda

Procedne vode korišćene u okviru istraživanja kolektovane su sa Gradske deponije u Novom Sadu. Za potrebe eksperimenta uzorkovano je 15 l procedne vode iz lagune u okviru deponijskog lokaliteta. Uzorkovana procedna voda je skladištena u tri balona od 6,25 l koji su izrađeni od materijala za komercijalnu upotrebu (polivinil-hlorida). Zbog varijabilnosti i podložnosti dejstvu spoljnih uticaja, merenje dva parametra, konduktivnosti i pH vrednosti, realizovano je in-situ primenom multiparametarskog mobilnog terenskog laboratorijskog uređaja za merenje temperature, pH vrednosti, konduktivnosti i količine razblaženog kiseonika, „Multi340i“ proizvođača WTW GmbH. Nakon izvršene procedure, uzorci su u dva prenosna frižidera, pojedinačnog kapaciteta od 10 l, transportovani u akreditovanu Laboratoriju za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha Fakulteta tehničkih nauka, gde je eksperiment sproveden u vremenskom intervalu od 14 dana.

#### 3.1.2. Nabavka vodenih zumbula

Za potrebe eksperimenta, 1.500 g biomase vodenih zumbula dostavljeno je iz Rasadnika cveća i četinarica iz Ugrinovaca. Vodeni zumbuli su u Rasadniku odgajani u sanitarnim lagunama u vremenskom intervalu od 14 dana, pri opsegu temperature od 15 do 25°C. Dostavljena biomasa bila je zapakovana u kesu od polivinil-hlorida, koja je, nakon zatvaranja, dodatno osigurana slojem tanke polietilenske folije sa ciljem minimalnog odvijanja evapotranspiracije i ostvarenja kružnog ciklusa vode u paketu, nakon čega je paket smešten u kartonsku kutiju radi prevencije od lomljenja.

#### 3.1.3. Postavljanje eksperimenta

Uoči postavljanja eksperimenta, izvršena je priprema uzorkovane procedne vode sa ciljem prilagođavanja parametara, kao što su pH vrednost i koncentracija teških metala, neophodnim uslovima. Prilikom in-situ merenja vrednosti parametara, nakon uzorkovanja procedne vode, vrednost konduktivnosti iznosila je 2,94 mS cm<sup>-1</sup>, dok je izmerena pH vrednost iznosila 8,95. Podešavanje pH na vrednost 6,37 sprovedeno je sa ciljem prilagođavanja navedenog parametra karakterističnim vrednostima „mladih“ procednih voda, radi pospešivanja procesa fitoekstrakcije teških metala od strane prisutnih biljaka. Prilagođavanje pH vrednosti uzorka procedne vode sprovedeno je u buretu od 15 l, izrađenom od polietilena visoke gustine, primenom razblažene hlorovodonične kiseline (HCl 1%) i razblaženog amonijum-hidroksida (NH<sub>4</sub>OH 1%), pri čemu je praćenje

kretanja vrednosti navedenog parametra sprovedeno primenom multipara–metarskog prenosnog aparata „Multi 340i“ proizvođača WTW GmbH. Osnovni zadatak eksperimenta bio je praćenje efikasnosti metode fitoremedijacije uzorka procedne vode upotrebom *Eichhornia crassipes*, sa aspekta fitoekstrakcije četiri teška metala, kadmijuma, hroma, nikla i cinka, kao i uticaja primenjene metode na koncentraciju sulfatnih jona i amonijačnog azota. Zbog niskih koncentracija teških metala u inicijalnom uzorku, kao i definisanog limita detekcije plamenog atomskog apsorpcionog spektrofotometra „Thermo Scientific S Series“ proizvođača ThermoFisher Scientific koji za kadmijum iznosi  $0,0015 \text{ mg l}^{-1}$ , za hrom  $0,006 \text{ mg l}^{-1}$ , za nikl  $0,01 \text{ mg l}^{-1}$  i za cink  $0,001 \text{ mg l}^{-1}$ , izvršeno je spajkovanje. Proces spajkovanja je realizovan nakon podešavanja pH vrednosti, dodavanjem po  $2 \text{ mg l}^{-1}$  standardnog rastvora kadmijuma, hroma, nikla i cinka početnih koncentracija  $1.000 \text{ mg l}^{-1}$ , proizvođača Proanalytica. Nakon prilagođavanja parametara, 15 l procedne vode je presuto u plastično korito izrađeno od polietilena visoke gustine, dimenzija  $54 \times 23,5 \times 38,5 \text{ cm}$ . Naposljetku, u plastično korito sa uzorkom procedne vode postavljeno je 1.500 g biomase vodenih zumbula.

#### 4. PRIMENJENE METODE

##### 4.1. Određivanje pH vrednosti i konduktivnosti primenom multiparametarskog prenosnog aparata „Multi 340i“

Određivanje pH vrednosti se vrši metodom direktne potenciometrije. Za merenje pH vrednosti koristi se par elektorda, indikatroska (staklena) i referentna (kalome–lova ili srebro/srebro–hlordna). Određivanje konduktivnosti sprovodi se primenom konduktometrijskih senzora. Postoje dva tipa konduktometrijskih senzora: kontaktni i induktivni. Kontaktni senzori sa elektrodama mogu imati dve, tri ili čak četiri elektrode od inertnih metala. Prilikom određivanja pH vrednosti i konduktivnosti u okviru eksperimenta korišćen je multiparametarski mobilni terenski uređaj „Multi 340i“ proizvođača WTW GmbH.

##### 4.2. UV/VIS spektrofotometrija

Spektrofotometrija predstavlja apsorpcionu metodu zasnovanu na praćenju zavisnosti apsorbanace od talasne dužine zračenja koje je prošlo kroz analiziran rastvor. Apsorpcija se može pratiti u ultraljubičastoj, vidljivoj, mikrotalasnoj i radiofrekventnoj oblasti. Navedena metoda obuhvata kvalitativnu i kvantitativnu analizu. Za spektrofotometrijska određivanja koncentracije sulfatnih i amonijum jona u okviru eksperimenta, korišćen je instrument UV/VIS spektrofotometar, model DR 5000 proizvođača Hach–Lange.

##### 4.3. Plamena atomska apsorpciona spektroskopija

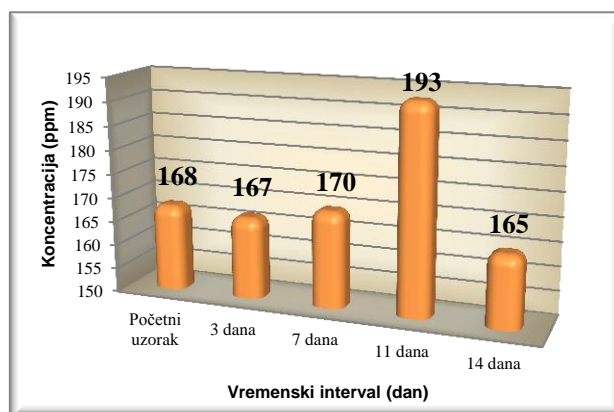
Početni korak metode jeste dobijanje atoma sa sposobnošću apsorpcije svetlosti iz ispitivanog uzorka. Raspršivanjem, uzorak se uvodi u plamenu komoru gde se u vidu aerosola meša sa oksidirajućim gasovima. Nakon faze raspršivanja sledi desolvacija kojom se uklanja rastvor, odnosno dovođenjem toplote dolazi do rastapanja i isparavanja uzorka. Dalje zagrevanje dovodi do disocijacije molekula na individualne atome sa sposobnošću apsorpcije svetlosti. Prema tome, temperatura predstavlja izuzetno važan

parametar u plamenoj atomskoj apsorpcionoj spektroskopiji, te se u praksi, za formiranje plamena, najčešće primenjuju smeša vazduh/acetilen ili  $\text{N}_2\text{O}$ /acetilen. Plameni atomski apsorpcioni spektrometar “Thermo S Series” sa plamenom na bazi vazduha sa acetilenom, proizvođača ThermoFisher Scientific, primenjen je u okviru eksperimenta za određivanje koncentracija četiri analizirana teška metala u okviru procedne vode uzorkovane tokom eksperimenta, trećeg, sedmog, jedanaestog i četrnaestog dana.

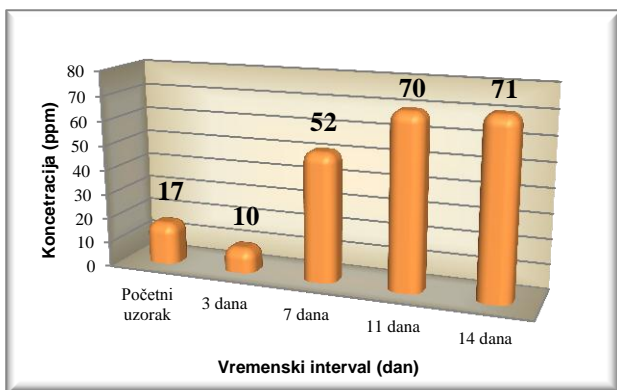
#### 5. REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti da je maksimalna efikasnost fitoekstrakcije metala iz procedne vode deponije korišćenjem vodenih zumbula, kao i optimalne vrednosti konduktivnosti i pH, ostvarena trećeg dana realizacije eksperimenta. Prilikom kolektovanja uzorka tretirane procedne vode trećeg dana realizacije eksperimenta uočeno je prisustvo legla pijavica (*Hirudinea*). Degradacioni mehanizam biomase vodenih zumbula, koji predstavlja neminovnu posledicu procesa fitoekstrakcije prisutnih teških metala, odnosno njihove akumulacije u korenovom sistemu, kao i alokacije u izdanke i lišće biljne vrste, dodatno je ubrzan prisustvom biomase pijavica koje koriste biljnu vrstu kao hranu. U skladu sa navedenim, pojava postepene degradacije biomase vodenih zumbula uočava se od četvrtog dana istraživanja. Kontinualni rast koncentracija sulfatnih i amonijum jona (Slika 1 i Slika 2), kao i vrednosti konduktivnosti koja je u direktnoj vezi sa prisustvom jona u tretiranoj procednoj vodi i pH vrednosti tokom vremenskog intervala realizacije eksperimenta, predstavlja posledicu degradacije vodenih zumbula, kao i oslobađanja i rastvaranja njihovih konstitutivnih elementata usled primene biljne vrste u svrhu ishrane prisutne biote. Sniženje vrednosti koncentracije amonijum jona četrnaestog dana realizacije eksperimenta ispod vrednosti u inicijalnom uzorku, uzrokovan je potpunom degradacijom biomase, kao i uginućem i razgradnjom tkiva zastupljenih makrobentoskih invertebrata usled nedostatka hranjivih materija.

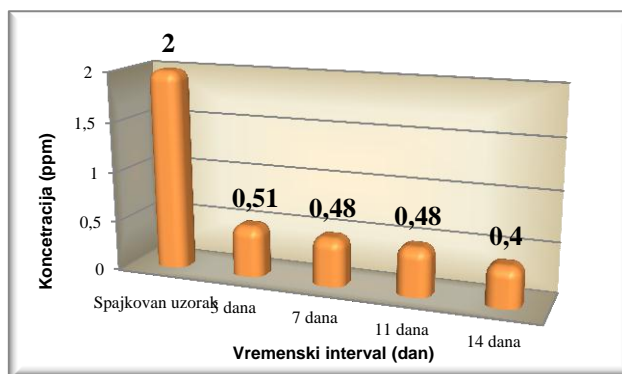
Uprkos prisustvu i metaboličkim procesima *Hirudinea*, kao i ubrzane degradacije primenjene biomase, ostvareno je značajno uklanjanje teških metala iz tretiranih procednih voda. Nakon završetka eksperimenta, utvrđeno je da efikasnost uklanjanja hroma iznosi 81%, kadmijuma 80%, nikla 62% i cinka 80% (Slika 3, Slika 4, Slika 5 i Slika 6).



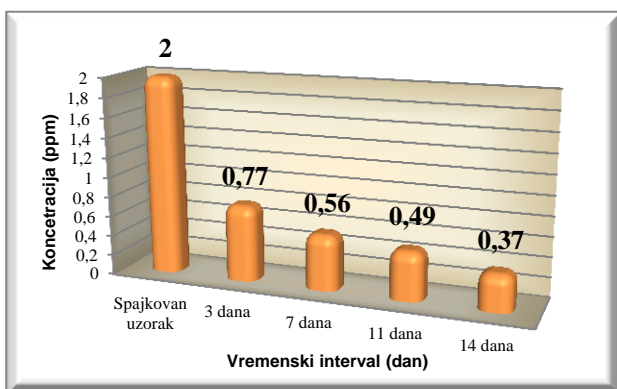
Slika 1. Izmerene koncentracije  $\text{NH}_4^+$  jona tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana



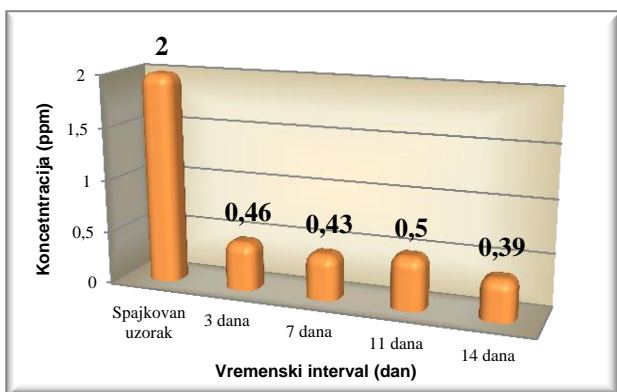
Slika 2. Izmerene koncentracije  $SO_4^{2-}$  jona tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana



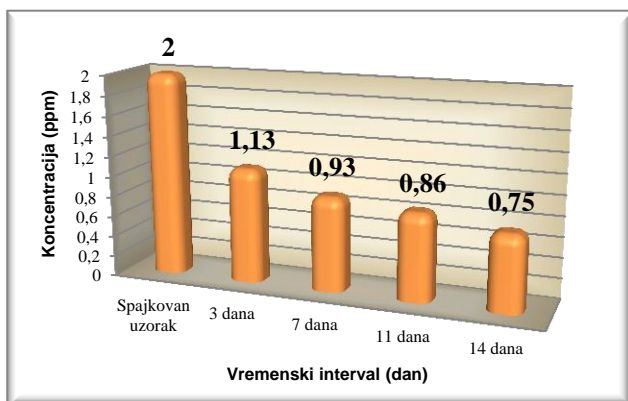
Slika 6. Izmerene koncentracija cinka tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana



Slika 3. Izmerene koncentracije hroma tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana



Slika 4. Izmerene koncentracije kadmijuma tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana



Slika 5. Izmerene koncentracija nikla tokom vremenskog intervala istraživanja od 14 dana

## 6. ZAKLJUČAK

Efikasnost metode fitoremedijacije proceđenih voda moguće je unaprediti primenom više različitih hiperakumulirajućih biljnih vrsta. U okviru navedene metode postiže se maksimalan efekat redukcije teških metala u kraćem vremenskom intervalu. Istraživanjem efikasnosti određenih biljnih vrsta u fitoremedijaciji proceđenih voda doprinosi se unapređenju postojećih znanja u navedenoj oblasti, kao i mogućnosti budućeg unapređenja fitoremedijacionih sistema.

## 7. LITERATURA

- [1] Abbas A. A, Jingsong G, Ping L.Z, Ya P.Y, Al-Rekabi W.S. 2009. Review on landfill leachate treatments. American Journal of Applied Sciences 6(4):672-684.
- [2] Pichtel J. 2007. Fundamentals of Site Remediation: For Metal and Hydrocarbon- Contaminated Soils. The Scarecrow Press, Inc, Lanham, Maryland, USA.

### Kratka biografija:



**Katarina Antić** rođena je u Novom Sadu 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine – Upravljanje proceđenim vodama komunalnih deponija čvrstog otpada, odbranila je 2016.god.



**Jelena Radonić** rođena je u Novom Sadu 1976. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., a od 2015 je u zvanju vandretnog profesora. Oblast interesovanja joj je Inženjerstvo zaštite životne sredine- Kvalitet voda i vazduha.

**U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2016. godine učestvovali su sledeći recenzenti:**

Aco Antić	Dušan Dobromirov	Milan Simeunović	Rastislav Šostakov
Aleksandar	Dušan Gvozdenac	Milan Trifković	Slavica Mitrović
Erdeljan	Dušan Kovačević	Milan Trivunić	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Dušan Uzelac	Milan Vidaković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Duško Bekut	Milena Krklješ	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đorđe Ćosić	Milica Kostreš	Slobodan Morača
Bogdan	Đorđe Lađinović	Milica Miličić	Sonja Ristić
Kuzmanović	Đorđe Obradović	Milinko Vasić	Srđan Kolaković
Bojan Batinić	Đorđe Vukelić	Miloš Slankamenac	Srđan Popov
Bojan Lalić	Đura Oros	Milovan Lazarević	Srđan Vukmirović
Bojan Tepavčević	Đurđica Stojanović	Miodrag	Staniša Dautović
Bojana Beronja	Filip Kulić	Hadžistević	Stevan Milisavljević
Branislav Atlagić	Goran Sladić	Miodrag Zuković	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Goran Švenda	Mirjana	Strahil Gušavac
Branislav Veselinov	Gordana	Damnjanović	Svetlana Nikoličić
Branislava Kostić	Milosavljević	Mirjana Malešev	Tanja Kočetov
Branislava	Gordana Ostojić	Mirjana Radeka	Tatjana Lončar
Novaković	Igor Budak	Mirko Borisov	Turukalo
Branka Nakomčić	Igor Dejanović	Miro Govedarica	Todor Bačkalić
Branko	Igor Karlović	Miroslav	Toša Ninkov
Milosavljević	Ivan Beker	Hajduković	Uroš Nedeljković
Branko Škorić	Ivana Katić	Miroslav Plančak	Valentina Basarić
Cvijan Krsmanović	Ivana Kovačić	Miroslav Popović	Velimir Čongradec
Damir Đaković	Jasmina Dražić	Mitar Jcanović	Velimir Todić
Danijela Lalić	Jelena Atanacković	Mladen Kovačević	Veljko Malbaša
Darko Čapko	Jeličić	Mladen Radišić	Veran Vasić
Darko Marčetić	Jelena Borocki	Momčilo Kujačić	Veselin Avdalović
Darko Reba	Jelena Kiurski	Nađa Kurtović	Veselin Perović
Dejan Ubavin	Jelena Radonić	Nebojša Pjevalica	Vladimir Katić
Dragan Ivanović	Jovan Petrović	Neda Pekarić Nađ	Vladimir
Dragan Ivetić	Jovan Vladić	Nemanja	Radenković
Dragan Jovanović	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vladimir Strezoski
Dragan Kukolj	Karl Mičkei	Nenad Katić	Vladimir Škiljajica
Dragan Mrkšić	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vlado Delić
Dragan Pejić	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Vlastimir
Dragan Šešlija	Laslo Nađ	Nikola	Radonjanin
Dragana Bajić	Leposava Grubić	Jorgovanović	Vuk Bogdanović
Dragana	Nešić	Nikola Radaković	Zdravko Tešić
Konstantinović	Livija Cvetičanin	Ninoslav Zuber	Zoran Anišić
Dragana Šarac	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Brujic
Dragana Štrbac	Ljiljana Cvetković	Pavel Kovač	Zoran Jeličić
Dragi Radomirović	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Zoran Mijatović
Dragiša Vilotić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Milojević
Dragoljub	Maša Bukurov	Predrag Šiđanin	Zoran Mitrović
Novaković	Matija Stipić	Radivoje Dinulović	Zoran Papić
Dragoljub Šević	Milan Rackov	Rado Maksimović	Željten Trpovski
Dubravka Bojanić	Milan Rapajić	Radovan Štulić	Željko Jakšić