



Srpsko hemijsko društvo  
Serbian Chemical Society



Sekcija za hemiju i zaštitu životne sredine  
Chemistry and Environmental Protection Division



*6. simpozijum*  
**Hemija i zaštita**  
**životne sredine**  
**EnviroChem 2013**

sa međunarodnim učešćem

*6<sup>th</sup> Symposium*  
**Chemistry and Environmental**  
**Protection EnviroChem 2013**  
*with international participation*

**KNJIGA IZVODA**  
**BOOK OF ABSTRACTS**

**Vršac, Srbija**  
**21 - 24. maj 2013.**

**6. simpozijum**  
**Hemija i zaštita životne sredine**  
sa međunarodnim učešćem

---

*6<sup>th</sup> Symposium*  
***Chemistry and Environmental Protection***  
*with international participation*

**KNJIGA IZVODA**  
**BOOK OF ABSTRACTS**

*Vršac, Srbija*  
*21 - 24. maj 2013.*

Naslov

*Title*

**KNJIGA IZVODA**

**6. simpozijum Hemija i zaštita životne sredine**

**BOOK OF ABSTRACTS**

*6<sup>th</sup> Symposium Chemistry and Environmental Protection*

Izdavač

*Publisher*

**Srpsko hemijsko društvo**

**Karnegijeva 4/III, Beograd, Srbija**

*The Serbian chemical society*

*Karnegijeva 4/III, Beograd, Srbija*

Za izdavača

*For the publisher*

**Živoslav Tešić, predsednik Društva**

*Živoslav Tešić, president of the Society*

Urednici

*Editors*

**Ivan Gržetić, Bojan Radak, Vladimir P. Beškoski**

Tehnički urednik

*Technical assistance*

**Dubravka Milovanović**

Prelom i priprema

*Design and prepress*

**Atelje, Beograd**

**www.atelje.rs**

Štampa

*Printed by*

**Dosije studio, Beograd**

**www.dosije.rs**

Tiraž

*Circulation*

**200 primeraka**

*200 copies*

ISBN

**978-86-7132-052-8**

©copyright by SHD

This publication was prepared within the TEMPUS project "Modernisation of Post-Graduated Studies in Chemistry and Chemistry Related Programmes" ([www.tempus-mchem.ac.rs](http://www.tempus-mchem.ac.rs)) funded with support from the European Commission.

This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

# ODBORI

## COMMITTEES

---

### POČASNI ODBOR

#### HONORARY COMMITTEE

---

Dragan Veselinović  
Petar Pfenđt  
Nada Miljević  
Mirjana Vojinović Miloradov  
Dragan Marković

### NAUČNI ODBOR

#### SCIENTIFIC COMMITTEE

---

Ivan Gržetić, predsednik  
Ivana Ivančev-Tumbas, potpredsednik  
Marko Anđelković  
Tatjana Anđelković  
Mališa Antić  
Milan D. Antonijević  
Vladimir P. Beškoski  
Ilija Brčeski  
Olga Cvetković  
Božo Dalmacija  
Dragana Đorđević  
Branimir Jovančičević  
Mila Laušević  
Dragan Manojlović  
Zoran Matović  
Olivera Novitović  
Srđan Petrović  
Aleksandar Popović  
Bojan Radak  
Goran Roglić  
Biljana Škrbić  
Mirjana Tasić  
Maja Turk-Sekulić  
Ljubiša Ignjatović  
Anatoly K. Golovko

### ORGANIZACIONI ODBOR

#### ORGANIZING COMMITTEE

---

Bojan Radak, predsednik  
Vladimir P. Beškoski, potpredsednik  
Dubravka Milovanović, izvršni sekretar  
Milan D. Antonijević  
Anka Cvetković  
Snežana Dragović  
Dragana Đorđević  
Milena Jovašević Stojanović  
Miodrag Lazić  
Valentina Mart  
Snežana Matić-Besarabić  
Antonije Onjia  
Pavle Pavlović  
Srđan Petrović  
Ivanka Popović  
Jelena Radonić  
Jasminka Randelović  
Zoran Todorović  
Amalija Tripković  
Maja Turk-Sekulić  
Vlada Veljković  
Branka Žarković  
Aleksandra Žujić  
Svetlana Radojković  
Nikola Oluić  
Srđan Miletić  
Sandra Petković  
Ljubiša Ignjatović  
Tatjana Šolević Knudsen

### IZVRŠNI ODBOR

#### EXECUTIVE COMMITTEE

---

Bojan Radak  
Vladimir P. Beškoski  
Dubravka Milovanović  
Maja Turk-Sekulić  
Ljubiša Ignjatović  
Jelena Radonić

## **Ispitivanje humifikacionih transformacija tokom bioremedijacije ugljovodonika na pilot postrojenju**

### **Humic Substances Transformation During Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons on Pilot Experiment**

Jelena Avdalović<sup>1</sup>, Latinka Slavković-Beškoski<sup>2</sup> Srđan Miletić<sup>3</sup>,  
Tanja Jednak<sup>4</sup>, Mila Ilić<sup>3</sup>, Gordana Gojgić Cvijović<sup>3</sup>, Vladimir P. Beškoski<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Srbija, <sup>2</sup>Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd, Srbija, j.avdalovic@itnms.ac.rs

<sup>3</sup>Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd

<sup>4</sup>Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

#### **Uvod**

U ovom radu, proučavana je mogućnost primene autohtonog zimogenog konzorcijuma mikroorganizama za bioremedijaciju naftnog zagađenja, kao i mogućnost nastanka huminskih supstanci tokom procesa bioremedijacije. Naime, neki istraživači (1) smatraju da tokom biorazgradnje policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) nastaju supstance slične huminskim, što je veoma značajno, s obzirom da huminske supstance predstavljaju jedan od ključnih elemenata kvaliteta zemljišta.

U cilju ispitivanja navedene hipoteze, dizajnirano je pilot postrojenje za bioremedijaciju, i praćenje promena u ugljovodoničnom sastavu, kao i promena u sastavu huminskih supstanci.

#### **Materijal i metode**

Pilot eksperiment bioremedijacije je realizovan u otvorenim sudovima od 1m<sup>3</sup> u količini od 0,6 m<sup>3</sup> u trajanju od 90 dana. Jedan sud predstavlja kontrolu i u njemu su umešani piljevina, pesak i otpadni mazut. Piljevina se dodaje u cilju povećanja retencionog vodnog kapaciteta, aeracije, ali i kao alternativni izvor ugljenika. U drugi sud su pored piljevine, peska i otpadnog mazuta dodati biostimulatori, izvori azota i fosfora (amonijum-nitrat i kalijum-difosfat) i biomasa.

Huminske supstance su ekstrahovane iz 40g uzorka sa 200 ml NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (2). Nakon odvajanja taloga, huminske kiseline precipitiraju iz supernatanta za-kišeljavanjem sa 6M hlorovodoničnom kiselinom do pH 1. U supernatantu se nalazi fulvo frakcija, koja se na DAX smoli razdvaja na frakciju fulvo kiselina i na frakciju nehuminskih supstanci (3).

Ukupni ugljovodonici nafte (TPH) su određivani prema ISO 16703 (4).

## Rezultati

Početna vrednost TPH u pilot postrojenju je iznosila 22 g/kg. Na kraju eksperimenta, ukupni ugljovodonici su smanjeni na 7 g/kg u sudu sa biomasom, dok je u kontrolnom sudu ta vrednost iznosila 19 g/kg. Sadržaj huminskih kiselina, u početnom uzorku ih je bilo 0,23%, na kraju eksperimenta u inokulisanom sudu sadržaj huminskih kiselina je porastao na 0,70%, dok je u kontrolnom sudu primećeno neznatno povećanje sa 0,23% na 0,27%.

Humifikacija je praćena kvantifikacijom i monitoringom nastanka huminskih supstanci. Parametri koji mere razvoj huminskih supstanci su: stepen ekstrakcije ( $TE = C_{HS}/C$ ), odnos huminskih prema fulvo kiselinama ( $C_{HA}/C_{FA}$ ), indeks polimerizacije ( $IP = C_{FF}/C_{HS}$ ) (5).

$C_{HA}$ ,  $C_{HS}$ ,  $C_{FF}$ ,  $C_{FA}$  i C predstavljaju rastvoreni organski ugljenik redom u huminskim kiselinama, u huminskim supstancama, u fulvo frakciji, u fulvo kiselinama i ukupni organski ugljenik u čvrstom uzorku.

U Tabeli 1. su prikazani parametri koji opisuju i kvantifikuju procese humifikacije, na početku eksperimenta i na kraju eksperimenta.

**Tabela 1.** Sadržaj ugljenika u čvrsoj frakciji, rastvorni ugljenik u huminskim frakcijama i parametri humifikacije

	C mg/g	C <sub>HS</sub> mg/g	C <sub>HA</sub> mg/g	C <sub>FA</sub> mg/g	C <sub>FF</sub> mg/g	C <sub>HA</sub> /C <sub>FA</sub>	IP	TE
Početni uzorak	49,5	6,05	3,40	2,04	3,17	1,67	0,52	0,12
Kontrola	48,8	6,28	3,61	1,91	3,1	1,89	0,49	0,13
Sud sa biomasom	42,2	7,9	4,82	1,16	2,5	4,15	0,31	0,19

IP:CFF/CHS; TE:CHS/C; FF: fulvo frakcija (fulvo kiseline+nehuminske supstance)

Dobijeni rezultati pokazuju da je procenat huminskih kiselina tokom procesa bioremedijacije porastao više od tri puta, što je potvrđeno i povećanjem sadržaja C u huminskim kiselinama u odnosu na početni uzorak, dok je C koji pripada fulvo kiselinama opao za 44%. Može se pretpostaviti da je biodegradacija ili transformacija u huminske kiseline uzrok navedenog smanjenja.

## Zaključak

*Dobijeni rezultati ukazuju na nastanak huminskih supstanci tokom eksperimenta, potvrđujući hipotezu o simultanom procesu bioremedijacije i humifikacije, što je veoma važno sa aspekta ozdravljenja zemljišta.*

## Literatura

1. B. P. Ressler, Applied Microbiology and Biotechnology, Vol 53 (1999) p.85
2. ISO 5073, Brown coals and lignites — Determination of humic acids (1999).
3. www.humicsustances.org - International Humic Substances Society
4. ISO 16703, Soil quality-Determination of content of hydrocarbon in the range C10-C40 by gas chromatography
5. M. Domeizel, A. Khalil, P. Prudent, Bioresource Technology 94 (2004) p.177

---

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

**CIP**

54(048)  
502/504(048)  
577.1(048)  
66(048)

СИМПОЗИЈУМ Хемија и заштита животне средине  
са међународним учешћем (6 ; 2013 ; Вршац)

Knjiga izvoda = Book of Abstracts / 6.  
simpozijum Hemija i zaštita životne sredine  
sa međunarodnim učešćem, Vršac, Srbija,  
21-24. maj 2013. = 6th Symposium Chemistry  
and Environmental Protection with  
International Participation ; [urednici,  
editors Ivan Gržetić, Bojan Radak, Vladimir  
Beškoski]. - Beograd : Srpsko hemijsko  
društvo = Serbian Chemical Society, 2013  
(Beograd : Dosije studio). - 421 str. :  
ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Tekst na srp. i engl. jeziku. -  
Registar.

ISBN 978-86-7132-052-8

a) Хемија - Апстракти b) Животна средина  
- Заштита - Апстракти c) Биохемија -  
Апстракти d) Биотехнологија - Апстракти  
COBISS.SR-ID 198328844

---

Jelena Avdalović<sup>1</sup>, Latinka Slavković- Beškoski<sup>2</sup> Srdjan Miletić<sup>3</sup>, Tanja Jednak<sup>4</sup>, Mila Ilić<sup>3</sup>, Gordana Gojgić Cvijović<sup>3</sup>, Vladimir Beškoski<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Srbija, <sup>2</sup>Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd

<sup>4</sup>Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

## Uvod

U ovom radu, proučavana je mogućnost primene autohtonog zimogenog konzorcijuma mikroorganizama za bioremedijaciju naftnog zagađenja, kao i mogućnost nastanka huminskih supstanci tokom procesa bioremedijacije. Naime, neki istraživači (1) smatraju da tokom biorazgradnje policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) nastaju supstance slične huminskim, što je veoma značajno, s' obzirom da huminske supstance predstavljaju jedan od ključnih elemenata kvaliteta zemljišta.

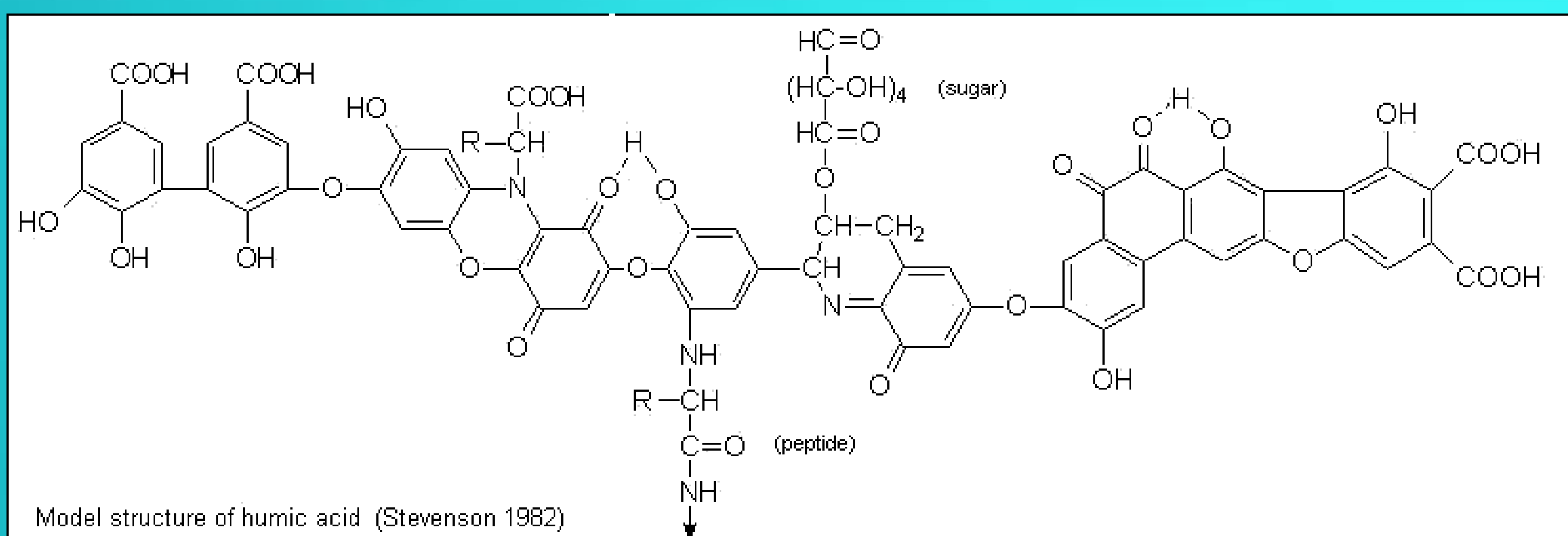
U cilju ispitivanja navedene hipoteze, dizajnirano je pilot postrojenje za bioremedijaciju, i praćenje promena u ugljovodoničnom sastavu, kao i promena u sastavu huminskih supstanci.

## Materijal i metode

Pilot eksperiment bioremedijacije je realizovan u otvorenim sudovima od 1m<sup>3</sup> u količini od 0,6 m<sup>3</sup> u trajanju od 90 dana. Jedan sud predstavlja kontrolu i u njemu su umešani piljevina, pesak i otpadni mazut. Piljevina se dodaje u cilju povećanja retencionog vodnog kapaciteta, aeracije, ali i kao alternativni izvor ugljenika. U drugi sud su pored piljevine, peska i otpadnog mazuta dodati biostimulatori, izvori azota i fosfora (amonijum-nitrat i kalijum-difosfat) i biomasa.

Huminske supstance su ekstrahovane iz 40g uzorka sa 200 ml NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (2). Nakon odvajanja taloga, huminske kiseline precipitiraju iz supernatanta zakišeljavanjem sa 6M hlorovodoničnom kiselinom do pH 1. U supernatantu se nalazi fulvo frakcija, koja se na DAX smoli razdvaja na frakciju fulvo kiselina i na frakciju nehuminskih supstanci (3).

Ukupni ugljovodonici nafte (TPH) su određivani prema ISO 16703 (4).



Na slici je prikazan hipotetički model strukture huminskih kiselina

## Rezultati

Početna vrednost TPH u pilot postrojenju je iznosila 22 g/kg. Na kraju eksperimenta, ukupni ugljovodonici su smanjeni na 7 g/kg u sudu sa biomasom, dok je u kontrolnom sudu ta vrednost iznosila 19 g/kg. Sadržaj huminskih kiselina, u početnom uzorku ih je bilo 0,23%, na kraju eksperimenta u inokulisanom sudu sadržaj huminskih kiselina je porastao na 0,70%, dok je u kontrolnom sudu primećeno nezatno povećanje sa 0,23% na 0,27%.

Humifikacija je praćena kvantifikacijom i monitoringom nastanka huminskih supstanci. Parametri koji mere razvoj huminskih supstanci su: stepen ekstrakcije ( $TE = C_{HS}/C$ ), odnos huminskih prema fulvo kiselinama ( $C_{HA}/C_{FA}$ ), indeks polimerizacije ( $IP = C_{FF}/C_{HS}$ ).

$C_{HA}$ ,  $C_{HS}$ ,  $C_{FF}$ ,  $C_{FA}$  i  $C$  predstavljaju rastvoreni organski ugljenik redom u huminskim kiselinama, u huminskim supstancama, u fulvo frakciji, u fulvo kiselinama i ukupni organski ugljenik u čvrstom uzorku.

Tabela 1. Sadržaj ugljenika u čvrsoj frakciji, rastvorni ugljenik u huminskim frakcijama i parametri humifikacije

Tabela 1. Sadržaj ugljenika u čvrsoj frakciji, rastvorni ugljenik u huminskim frakcijama i parametri humifikacije

	C	C <sub>HS</sub>	C <sub>HA</sub>	C <sub>FA</sub>	C <sub>FF</sub>	C <sub>HA</sub> /C <sub>FA</sub>	IP	TE
	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g			
Početni uzorak	49,5	6,05	3,40	2,04	3,17	1,67	0,52	0,12
Kontrola	48,8	6,28	3,61	1,91	3,1	1,89	0,49	0,13
Sud sa biomasom	42,2	7,9	4,82	1,16	2,5	4,15	0,31	0,19

IP: C<sub>FF</sub>/C<sub>HS</sub>; TE: C<sub>HS</sub>/C; FF: fulvo frakcija (fulvo kiseline+nehuminske supstance)

## Literatura

1. B. P. Ressler, Applied Microbiology and Biotechnology, Vol 53 (1999) p.85
2. ISO 5073, Brown coals and lignites — Determination of humic acids (1999).
3. www. humicsubstances.org - International Humic Substances Society
4. ISO 16703, Soil quality-Determination of content of hydrocarbon in the range C10-C40 by gas chromatography
5. M. Domeizel, A. Khalil, P. Prudent, Bioresource Technology 94 (2004) p.177

## Zaključak

Dobijeni rezultati ukazuju na nastanak huminskih supstanci tokom eksperimenta, potvrđujući hipotezu o simultanom procesu bioremedijacije i humifikacije, što je veoma važno sa aspekta ozdravljenja zemljišta.