

**Rezultat projekta TR 20131A
(2008-2010)**

Tehničko rešenje M₈₁

**Naziv: »PROIZVODNI MOBILNI BIOREAKTOR I DOBIJANJE
BIOMASE MIKROORGANIZAMA ZA BIOREMEDIJACIJU«**

**Autori: Miroslav M. Vrvić, Gordana Gojgić-Cvijović, Dragica
Jakovljević, Snežana Spasić, Milanka Radulović, Vladimir Beškoski,
Mila Ilić, Jelena Milić, Srđan Miletić i Danica Bajić**

Beograd, 2010

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje je iz oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom. Tehničko rešenje se odnosi na prečišćavanje zemljišta kontaminiranog naftom i njenim derivatima i njegovo ponovno iskorišćenje u postupku sanacije i rekultivacije degradiranih prostora.

2. Problem koji tehničko rešenje rešava

Nagomilavanja različitih organskih hemikalija u životnoj sredini, naročito u zemljištu, od značaja su zbog njihove toksičnosti, uključujući i kancerogenost, kao i zbog potencijala za bioakumulaciju u živim sistemima (Ward & Singh, 2004). Sirova nafta i njeni derivati štetno deluju na živi svet, strukturu, kompoziciju i funkcionisanje ekoloških zajednica i ekosistema zato što sadrže jedinjenja koja imaju mutageni i kancerogeni efekat. Negativno dejstvo nafte na floru ogleda se u smanjenju količine kiseonika, visokom sadržaju soli i rastvorenih ugljovodonika.

Široka rasprostranjenost proizvodnje, prerađe i manipulacije naftom i njenim derivatima uzrokuje ozbiljna zagadenja životne sredine sa širokim spektrom rizičnih i toksičnih ugljovodonika. Povećanje industrijskih procesa povezanih sa proizvodnjom energije (hidroelektrane, rafinerije nafte) i hemikalija (hemiska industrija) dovode do kontaminacije zemljišta mnogih industrijskih područja.

Bez obzira kako dospevaju u životnu sredinu, ugljovodonici poreklom iz nafte prenose se na sve organizme. Ponašanje kontaminanta zavisi kako od njegove gustine, rastvorljivosti i viskoznosti, tako i od vrste zemljišta, njegove poroznosti, veličine čestica, sadržaja vlage, organskih materija, klimatskih uslova (temperatura i padavine igraju značajnu ulogu).

Bioremedijacija je savremena metoda u kojoj se prirodna aktivnost mikoorganizama koristi za smanjenje koncentracije različitih hemijskih supstanci kao što su naftni derivati, industrijski rastvarači, bazne organske sirovine, pesticidi, metali i metaloidi. Zahvaljujući metaboličkim sposobnostima mikroorganizama, jedinjenja koja ulaze u sastav nafte predstavljaju hranu za mikroorganizme. Metaboličkim aktivnostima mikroorganizama nafta i njeni derivati se uklanjuju ili razlažu na komponente koje nisu štetne po životnu sredinu i čoveka [1].

Bioremedijacionim tehnikama se stimuliše rast mikroorganizama i optimizuje proces degradacije što do vodi do ubrzavanja prirodnih procesa ozdravljenja životne sredine.

Tehničko rešenje Mobilni bioreaktor za dobijanje imobilisanih mikroorganizama za bioremedijaciju, se odnosi na nov i ekonomičan postupak u tehnologiji bioremedijacije zemljišta zagadenih organskim supstancama, prvenstveno naftom i naftnim derivatima. Ovom tehnologijom se rešava problem izlivene nafte, njenih derivata i pratećih zagadjivača pomoću mikroorganizama sa lica mesta na samom mestu zagadenja. Mobilni bioreaktor je pokretan tako da se na samom mestu kontaminacije umnožava tj. proizvodi velika količina specifičnih mikroorganizama prirodno prisutnih u tom

ekosistemu koji zagadjujući supstancu razlažu i koriste kao hranu. U bioreaktoru se ti mikroorganizmi dodatno optimizuju za konkretno zagadjenje.

U cilju obezbeđivanja visokog stepena zaštite životne sredine i poboljšanja kvaliteta životne sredine Republika Srbija je 2009. godine usvojila paket zakona koji uredjuju ovu oblast, a u okviru koga je i trenutno važeći Zakon o upravljanju otpadom. Takođe, usvojena je i Nacionalna strategija upravljanja otpadom gde su implementirani osnovni principi Evropske Unije u oblasti upravljanja otpadom. Ovakav regulatorni okvir primorava industriju da primenjuje adekvatne postupke za kontrolu, skladištenje u uklanjanje toksičnih supstanci.

Kako se se postupkom bioremedijacije ne generiše novi otpad koji će završiti na komunalnoj deponiji, već se omogućava ponovna upotreba dekontaminiranog zemljišta, odnosno njegova reciklaža, ovaj postupak predstavlja najoptimalniju opciju za prečišćavanje životne sredine i ispunjava prvo načelo definisano Zakonom o upravljanju otpadom (*Načelo izbora najoptimalnije opcije za životnu sredinu*).

Upotreba Mobilnog bioreaktora za dobijanje imobilisanih mikroorganizama za bioremedijaciju omogućava pripremu mikrobne biomase na mestu kontaminacije što povećava efikasnost, smanjuje se troškovi postupka i ispunjava drugo načelo definisano Zakonom o upravljanju otpadom (*Načelo blizine i regionalnog pristupa upravljanju otpadom*).

Ovim putem se omogućava dobijanje mikroorganizama specifičnih za svako pojedinačno zagadjenje tj. mikroorganizama dizajniranih za svaku pojedinačnu potrebu i korisnika.

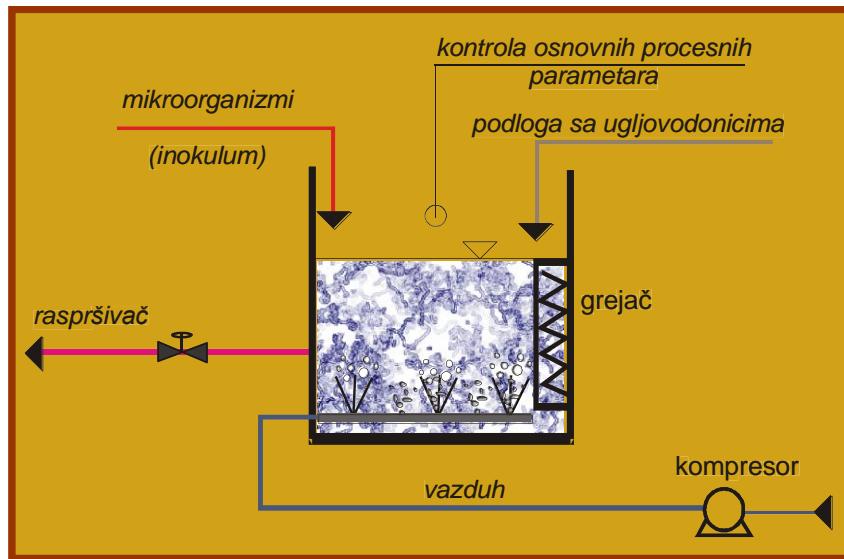
3. Stanje rešenosti problema u svetu

Sadašnje rešenje problema predstavlja na prvom mestu odlaganje i skladištenje, odnosno delokalizaciju otpada i kontaminiranog zemljišta što predstavlja samo trenutno rešenje problema. Postojeća rešenja koji su u upotrebi su:

- 1)** hemijske metode tipa solidifikacije (prevodjenje u čvrsto-inertno stanje) kojima se generišu nove količine otpada koja se potom transportuje i skladišti na komunalnoj deponiji;
- 2)** otpad se alternativno izvozi u inostranstvo gde se obradjuje fizičkim putem-spaljivanjem (spaljivanje zahteva i dodatnu energiju). Ovakav pristup je, zasada, najefikasniji, ali i najskuplji; S obzirom da za spaljivanje opasnog otpada kod nas ne postoji postrojenje otpad izvozi po veoma visokoj ceni.
- 3)** Treći postupak koji se primenjuje je pranje zauljenih površina i posebno skladištenje preostale zauljene vode što, kao i prethodni postupci, kreira novi otpad na nekoj drugoj lokaciji.

4. Objasnjenje suštine tehničkog rešenja i detaljan opis sa karakteristikama (ilustracije, tehnički crteži)

Karakteristike mobilnog bioreaktora za proizvodnju biomase mikroorganizama za bioremedijaciju: Na slici 4.1. dat je šematski prikaz mobilnog bioreaktora za proizvodnju biomase mikroorganizama za bioremedijaciju.



Slika 4.1. Šematski prikaz mobilnog bioreaktora

Mobilni bioreaktor (Slika 4.2.) dobijen je prenamenom kontejnera od 1000L za transport tečnosti i ugradnjom neophodnih dodataka: sistema za grejanje, sistema za hladjenje, sistema za aeraciju i mešanje. Sistem za aeraciju koji je ujedno i sistem za mešanje izgradjen je od dve plastične cevi (Slika 4.3.) perforirane po dužini koje su jednim krajem spojene sa kompresorom (Slika 4.4.) a smeštene su na dnu Mobilnog bioreaktora. Sistem za grejanje čini štapni grejač sa prohromskom oplatom snage 2,5kW ugradjen direktno u bioreaktor (Slika 4.5.) Sistem za hladjenje čini prohromska U cev (Slika 4.6.), gde hladna voda ulazi sa jedne strane U cevi preuzima deo toplotnog sadržaja bioreaktora i izlazi van (Slika 4.7.). Maksimalni kapacitet bioreaktora je 1000L a efikasni i radni 900L.



Slika 4.2. Mobilni višenamenski bioreaktor

Slika 4.3. Sistem za aeraciju i mešanje

Slika 4.4. Kompresor



Slika 4.5. Sistem za grejanje

Slika 4.6. Sistem za hladjenje

Slika 4.7. Spoljašnja strana sistema za grejanje i hladjenje

4.1. Određivanje tehničkih karakteristika mobilnog bioreaktora

U cilju obezbeđivanja optimalnih uslova okoline za umnožavanje mikroorganizama, prilikom projektovanja bioreaktora posebno je vodjeno računa o upravljanju kontrolom

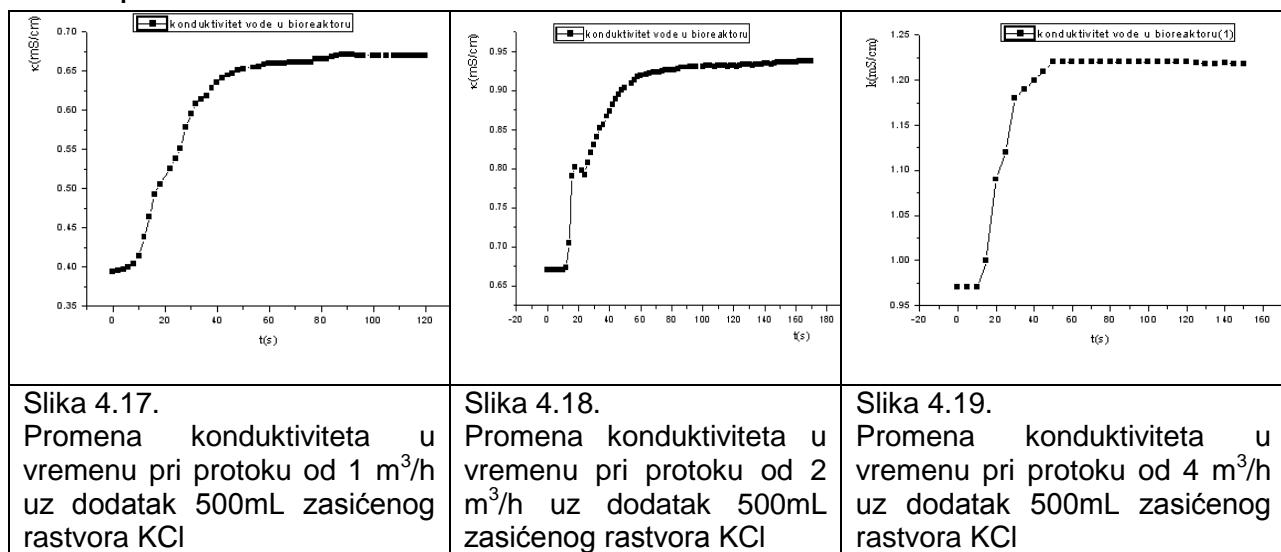
transportnih procesa svih komponenti koje učestvuju u procesu biološke konverzije supstanci, a najznačajniji su: **vreme mešanja** (odredjeno promenom pH i provodljivosti), efikasno odvodjenje toplote nastale reakcijom (održavanje optimalne temperature bioloških procesa) tj. **prenos topline** i dovod važnih jedinjenja, odnosno **prenos mase kiseonika** iz gasa u tečnost i određivanje brzine mešanja.

4.1.1. Određivanje vremena mešanja provodljivosti i pH

Vreme mešanja je jedna od glavnih karakteristika bioraktora pri aerobnim procesima. Od vremena mešanja zavisi rast mikroorganizama, jer se mešanjem obezbeđuje homogen raspored hranljivih komponenti, biomase ali i proizvoda metabolizma mikroorganizama.

Promena konduktiviteta u zavisnosti od brzine protoka

Vreme potrebno da se uspostavi ravnoteža u rastvoru	Protok	Dodatak zasićenog rastvora KCl
80 s	1 m ³ /h	500 mL
75 s	2 m ³ /h	500 mL
60 s	4 m ³ /h	500 mL

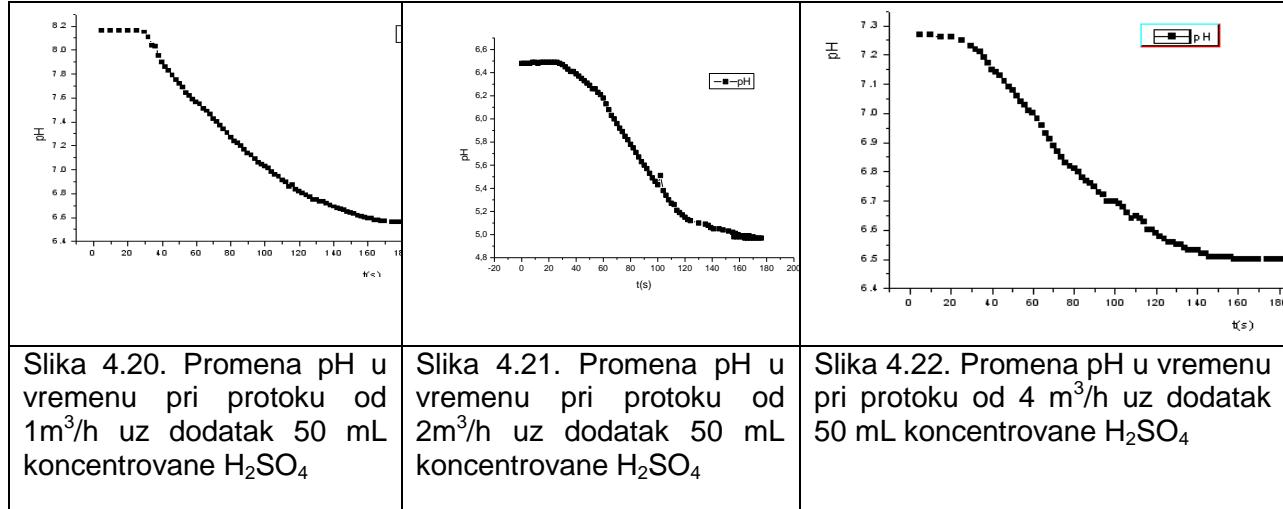


Nagib dela krive u kome se dešava promena je najveći za najbrži protok, što takođe ukazuje da najbrži protok omogućava i najbolje mešanje.

Promena pH vrednosti u zavisnosti od brzine protoka

Vreme potrebno da se uspostavi ravnoteža u rastvoru	Protok	Dodatak koncentrovane H_2SO_4

180 s	$1\text{m}^3/\text{h}$	50 mL
160 s	$2\text{m}^3/\text{h}$	50 mL
150 s	$4 \text{ m}^3/\text{h}$	50 mL



Može se uočiti da je vreme u kome se ne dešava nikakva promena oko 15-20s u zavisnosti od brzine uvođenja vazduha tj. mešanja u bioreaktoru. Kako je dužina cevi za uzorkovanje iz sredine suda 1000 mm, a prečnik 8 mm u samoj cevi se uvek nalazi 201 mL vodenog rastvora. Kako je protok kroz spoljnu petlju 800 L/h tj. 222 mL u sekundi, jasno je da svež uzorak stiže na elektrodu posle 3 sekunde obzirom da je zapremina spoljne petlje 500 mL a da je za mešanje uzorka upotrebljena magnetna mešalica. Kako su te tri sekunde zajedničke za sva odredjivanja one, podjednako i utiču na njih. Može se uočiti da je vreme početka smanjenja pH vrednosti najbrže pri najvećem protoku od $4\text{m}^3/\text{h}$ (oko 10 sekundi), a da je zadrška najveća pri najmanjem protoku (skoro 40 sekundi).

Kao posledica različite koncentracije tj. aktiviteta dodatih jonskih vrsta brže se uspostavlja ravnoteža pri merenju konduktiviteta, nego pH, obzirom da je dodavano 500 mL zasićenog rastvora KCl i 50 mL koncentrovane H_2SO_4 .

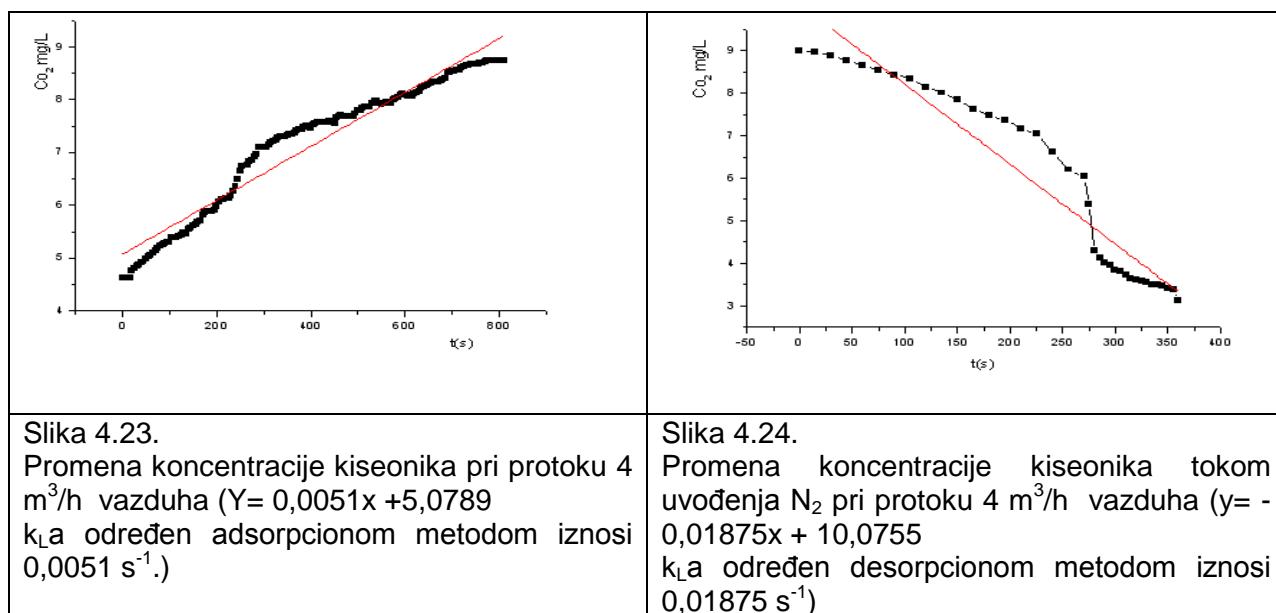
4.1.2. Prenos mase kiseonika (Određivanje k_L a za bioreaktor)

Limitirajući faktor u podešavanju optimalnih uslova sredine mikroorganizmima u aerobnim uslovima je prenos mase kiseonika, zbog posledice slabog rastvaranja kiseonika u vodi, odnosno, u mikrobiološkoj podlozi. Efikasnost prenosa mase kiseonika

iz gasne u tečnu fazu, se najbolje opisuje preko vrednosti zapreminskog koeficijenta prenosa mase k_{La} [1–3].

Za praćenje brzine uvodjenja vazduha i azota u eksperimentu određivanje brzine prenosa mase kiseonika u mobilnom bioreaktoru postavljeni je rotometar kapaciteta od 0,5 do 5 m^3/h . Merenja brzine mešanja promenom pH i provodljivosti su vršena pri protoku od 4 m^3/h . Uzorci vode iz bioreaktora u kojima je praćena promena ovih parametara uzorkovani su sa polovine visine tečnosti u reaktoru, iz sredine suda. Uzorci su uzorkovani akvarijumskom potapajućom pumpom Atman At-103 sa maksimalnim protokom od 1300 L/h i efikasnim protokom od ≈ 800 L/h na dubini od 0,5 m i prebacivani u spoljnu petlju u kojoj su vršena sva merenja.

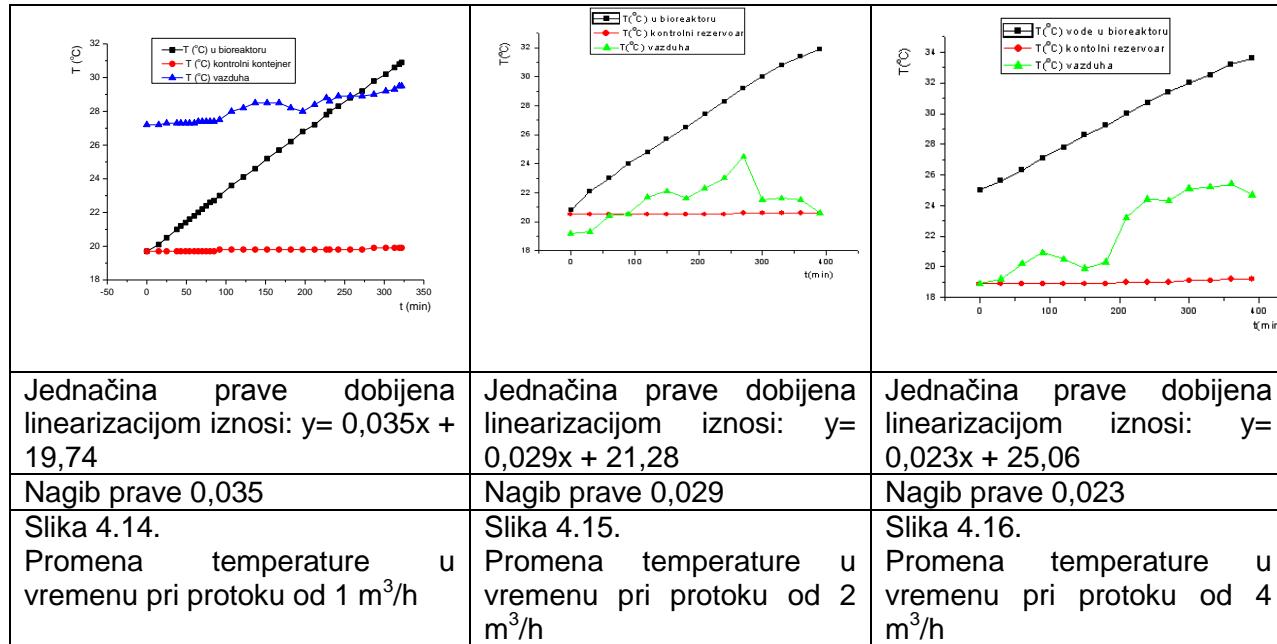
Vrednosti zapreminskog koeficijenta prenosa mase kiseonika azota u Mobilnom bioreaktoru, mereno adsorpcionom metodom, iznose $0,0051\text{ s}^{-1}$ za kiseonik, odnosno $0,01875\text{ s}^{-1}$ za azot.



4.1.3. Određivanje prenosa topline u mobilnom bioreaktoru

U svakom biotehnološkom procesu, pa tako i u metaboličkim procesima koji se dešavaju u Mobilnom bioreaktoru, vrši se razmena topline. U najvećem broju bioprosesa brzina razvijanja topline je veća od brzine kojom se ona gubi u okolinu, pa se mikrobiološka podloga mora hladiti (za razliku od anaerobnih procesa, poput anaerobne digestije na 60 °C, kada se toplota mora dovoditi u sistem).

Prenos topline u mobilnom bioreaktoru je određen pri protocima od $1 \text{ m}^3/\text{h}$, $2 \text{ m}^3/\text{h}$ i $4 \text{ m}^3/\text{h}$.



Sa grafika možemo uočiti da je promena temperature linearna, tako da uz pomoć jednačine prave možemo odrediti i vreme za koje bi se voda u bioreaktoru zagrejala do određene temperature (npr 37°C , optimalne temperatura za rast pojedinih mikroorganizama).

Poređenjem nagiba prave za sva tri merenja, može se zaključiti da je najveći nagib određen pri protoku vazduha od $1 \text{ m}^3/\text{h}$, a najmanji kada je vazduh kompresorom uvođen pri $4 \text{ m}^3/\text{h}$, što ukazuje da temperatura najbrže raste i da je grejač najefikasnije iskorišćen pri najmanjem protoku vazduha. Iako je mešanje najveće pri protoku vazduha od $4 \text{ m}^3/\text{h}$, tada su i topotni gubici najveći, obzirom da vazduh preuzima deo topotnog sadržaja vode u bioreaktoru. Kako je snaga grejača $2,5 \text{ kW}$ pri najmanjem protoku vazduha 2500W se rasporedjuje na 900L vode i $1 \text{ m}^3/\text{h}$ vazduha u toku 1 časa, a pri najvećem na 900L vode i $4 \text{ m}^3/\text{h}$ vazduha. Kako je specifični topotni kapacitet vode i vazduha u oba slučaja isti a jedino se volumen jedne od faza menja, izvesno je da je efikasnost grejača za zagrevanje vode u bioreaktoru najveća pri najmanjem protoku vazduha i da su tada topotni gubici najmanji. Promena temperature vode u kontrolnom reaktoru je zanemarljiva za vreme u kome je merenje vršeno. Nakon 17 h temperatura se u bioreaktoru smanjila za $7,3^\circ\text{C}$ kada smo isključili grejač što govori o dobrom topotnom kapacitetu bioreaktora (prosečan gubitak $0,4^\circ\text{C}/\text{h}$).

5. Realizacija i primena (mogućnost primene)

Velika industrijska postrojenja u krugovima fabrika za proizvodnju i preradu nafte i njenih derivata, deponije opasnog otpada kao i transport na deponije ovih opasnih materijala su medju najvećim uzročnicima zagadjivanja okoline naftom i njenim derivatima u Srbiji, a vlasnici ovih kompanija i država se suočavaju sa problemom saniranja i očišćenja kontaminiranih lokacija na područjima fabrika.

Bioremedijacija je proces u kome se koriste mikroorganizmi ili njihovi enzimi za vraćanje narušene životne sredine u originalno stanje, a ono što je posebno interesantno kod ovakvog načina prečišćavanja jeste potpuna degradacija ili transformacija opasnih organskih zagađivača u bezopasne proizvode. Mobilni bioreaktor je inovativna ideja za konstrukciju bioreaktora koji na mestu zagađenja umnožava konzorcijum mikroorganizama, koji je sposoban za brzo i efikasno razlaganje naftnih ugljovodonika.

Mobilni bioreaktor je deo jedinstvenog bioremedijacionog postupka pri kome se koriste mikroorganizmi izolovani iz njihovog prirodnog staništa – zagađene zemlje, što ih čini drastično efikasnijim od komercijanih mikroorganizama imajući u vidu da su već adaptirani na zagadjujuće supstance a time i otporniji na uslove iz date sredine.

Iz zagađene sredine se prvo izoluju i selektuju najsposobniji mikroorganizmi, potom sledi njihovo umnožavanje u mobilnom bioreaktoru, na samom mestu daljeg dejstva ovih mikroorganizama. Dobijeni mikroorganizmi-aktivna biomasa nakon umnožavanja i dodatnog tretmana ojačavanja u Mobilnom biorekatoru vraćaju nazad na kontaminirani teren da u nekoliko meseci ili nedelja razgrade ono za šta bi u prirodnim uslovima trebalo nekoliko desetina godina. Ovakav postupak omogućava prirodniji proces prečišćavanja, sa minimalnim uticajem na okružujuću sredinu.

Prikazani inovativni pristup pruža veliki broj prednosti i rezultira brzim i ekonomski isplativim čišćenjem okoline. Mobilnost bioreaktora omogućava veću efikasnost, jer se u skladu sa promenama na terenu, ali i u slučaju incidenata može brzo reagovati. Budući da je ovaj bioreaktor napravljen od lakih materijala, njegovo prenošenje na mesto zagađenja nije problematično i skupo. Ovim je postignuta velika prednost nad jednim od klasičnih pristupa koji uključuje odnošenje kontaminiranog zemljišta u skladišta, gde se prečišćava, a zatim se vraća na prvo bitnu lokaciju. Bioremedijacioni postupci ovog tipa su veoma skupi zbog transporta zemlje, njenog skladištenja u posebne objekte i dobijanja specijalnih dozvola za ovakav proces.

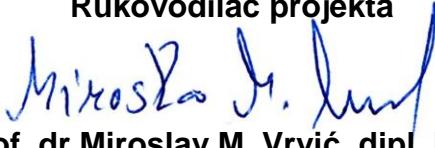
Pored toga u dobijenom zemljištu nakon bioremedijacije mikroorganizmi su proizveli i korisne supstance poput huminskih kiselina i drugih jedinjenja koje će stimulisati povećanje mikrobne raznovrsnosti u samom zemljištu ali i rast biljaka na njemu. Tako

sanirano (izlečeno) zemljište se u fabric generator zagadjenja može upotrebiti čak i za uredjenje kruga fabrike.

Mobilni bioreaktor je u 2010. godini osvojio drugo mesto na takmičenju „Najbolja tehnološka inovacija“ u kategoriji realizovanih inovacija. Ovaj projekat je svoj kvalitet potvrdio i na 15. evropskom forumu mladih inovacionih firmi, sajmu *Innovact*, održanom marta 2011. u Remsu, na kome je učestvovalo preko 250 start-up kompanija. *BREM GROUP* je bila jedna od četiri kompanije koje su izabrane da javno predstave svoj projekat u okviru takmičenja „Preduzetnički minut“.

6. Reference

- [1] M.Y. Chisti, Airlift Bioreactors, Elsevier Applied Science, London, 198.
- [2] J.C. Merchuk, M.H. Siegel, Airlift reactors in chemical and biological technology, J. Chem. Technol. Biotechnol. 41 (1988) 105–120.
- [3] F. Benyhaia, L. Jones, D. Plantaz, Mass transfer studies in pneumatic reactors, Chem. Eng. Technol. 19 (1996) 425–431.

Rukovodilac projekta

Prof. dr Miroslav M. Vrvić, dipl. hem.

Beograd, 27. 12. 2010.

BREM GROUP doo
11001 Beograd, Njegoševa 12, P.f. 473
Tel.: 063392841 & (011)2637273. Faks: (011)3564204 & (011)2636061
E-mail: mmvchem@sezampro.rs
www.bremgroup.com

Broj: 31/11

Beograd, 21. 03. 2011.

**Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije
Sektor za tehnološki razvoj, transfer tehnologija i inovacioni
sistemi
11000 Beograd, Nemanjina 22-26**

MIŠLJENJE PARTICIPANTA ZA PROJEKAT TR-20131A

„BREM GROUP“ doo, odnosno „NRK INŽENJERING“ doo, kao jedan od osnivača, sa uspehom saradjuje na više polja sa NU IHTM-Centar za hemiju, već skoro 20 godina. Participacija u novcu, opremi i radu na više projekata finansiranih od strane resornog ministarstva je jedan od permanentnih i najuspešnijih obostrano korisnih aktivnosti, koje su se u SVIM slučajevima realizacije okončale novom tehnologijom ili sirovinom u primeni ili proizvodom na tržištu, odnosno integralnim procesom od proizvodnje sirovine do formulacije jednog ili više preparata!

Projekat „PROIZVODNI MOBILNI BIOREAKTOR I DOBIJANJE BIOMASE MIKROORGANIZAMA ZA BIOREMEDIJACIJU“ (E.br.: 20131A), čija je realizacija završena krajem 2010. godine, podržan je od strane „BREM GROUP“ od početka realizacije 01. 04. 2008. godine sa ukupno preko 7.000.000.- RSD, od čega je jedna trećina bila u novcu.

Ukupna saradnja na ovom projektu je, kao uvek do sada, izvanredna u svim domenima, a iznad svega u primeni rezultata istraživačkog rada, tako da biomasu konzorcijuma zimogenih mikroorganizama za potrebe bioremedijacije na našem *ex situ* postrojenju sada proizvodimo u mobilnom bioreaktoru, što znači da su rezultati u primeni, odnosno da je u potpunosti ostvarena aplikacija ove nove tehnologije, što je prema klasifikaciji tehničkih rešenja u kategoriji M-81. Radi se i o novom proizvodu (mobilni bioreaktor) i o novoj tehnologiji dobijanja aktivnog konzorcijuma mikroorganizama za potrebe bioremedijacije, upotrebom zimogenih sojeva, koje sami izolujemo i pripremamo za umnožavanje u proizvodnom bioreaktoru.



Za „BREM GROUP“ doo

Milan RADULović, dipl. ing. maš.

Matični broj: 20188090

PIB: 104552627

Šifra delatnosti: 3900



ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ ХИДРОЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

,ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ ЂЕРДАП“ д.о.о.

19320 Кладово, Трг Краља Петра 1
тел.: 019/801-224, 801-651, 011/3810-167; факс: 019/801-646, 801-659, 011/3809-802
www.djerdap.rs



Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије
Сектор за технолошки развој, трансфер технологија и иновациони систем
11000 Београд, Немањина 22-26

ПРЕДМЕТ: Мишљење партнера за пројекат TP-20131A.

Привредно друштво „Хидроелектране Ђердап“ д.о.о. Кладово се као паптиципант за пројекат „ПРОИЗВОДНИ МОБИЛНИ БИОРЕАКТОР И ДОБИЈАЊЕ БИОМАСЕ МИКРООРГАНИЗАМА ЗА БИОРЕМЕДИЈАЦИЈУ“ (Е. бр.: ТР-20131А), прикључио у последњих девет месеци реализације пројекта (01. 04. - 31. 12. 2010.), а практично од јула прошле године, са потписивањем Уговора о томе.

И поред техничких немогућности да се део пројекта у целости реализује, сарадња са истраживачима и руководиоцем пројекта је била у сваком погледу коректна и обострано корисна и састојала се у размени података и стручним дискусијама у ХЕ „Ђердап 2“ и у Београду. Сарадници Хемијског факултета и Центра за хемију ИХТМ из Београда урадили су физичко-хемијска, хемијска и микробиолошка испитивања угљоводоничних отпадних материјала, ускладиштених на локацији ХЕ „Ђердап 2“ у Кусјаку, која су неопходна за дефинисање услова биоремедијације. Такође, током више заједничких састанака, као и са сарадницима другог партнера „БРЕМ ГРУП“ д.о.о. из Београда, дискутовано је о примени биоремедијације на отпад који се налази на простору објекта за производњу хидроелектричне енергије.

Руководилац Центра за заштиту радне и животне средине у „ХЕ Ђердап“ д.о.о., мр Милан Степановић је упознат са свим резултатима и дометима резултата урађеног пројекта.

Сопствена технологија биоремедијације, која је кључни резултат предметног пројекта, је применљива за отпадне материјале који садрже угљоводонике и као таква може бити примењена на одређене категорије опасног отпада који се генерише у Привредном друштву „ХЕ Ђердап“ д.о.о. Кладово.

Очекујемо да ће и током активности у оквиру новог пројекта („Симултана биоремедијација и соилификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа“-III 43004) у периоду 2011. - 2014. година, који је подржао ЈП ЕПС као један од партнера, бити контаката и заједничких активности.

Број: 10 - 1304
29. 03. 2011. године
Кладово



PROIZVODNI MOBILNI BIOREAKTOR I DOBIJANJE BIOMASE MIKROORGANIZAMA ZA BIOREMEDIJACIJU

Evidencioni broj: TR 20131A(B)

Rukovodilac projekta: Prof. dr Miroslav M. VRVIĆ, dipl. hem.

Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Kontakt – Rukovodilac projekta: mmvchem@sezampro.rs

Period realizacije projekta: 01. 04. 2008.-31. 12. 2010.

ORGANIZACIJE UČESNICI

1. NU Institut za hemiju, tehnologiju metalurgiju-Centar za hemiju, Univerzitet u Beogradu
2. Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

PARTICIPANTI

1. „BREM GROUP“ doo, Beograd
2. PD „Hidroelektrane Đerdap“ doo, Kladovo

OPŠTI CILJ PROJEKTA

Cilj je ustanavljanje protokola za dobijanje aktivnog zimogenog konzorcijuma mikroorganizama (MO) za bioremedijaciju i izrada i testiranje mobilnog proizvodnog bioreaktora za dobijanje biomase za bioremedijaciju, ukupne zapremine 1 m³.

PLAN

Ispitivanje dinamike promene sastava i udela pojedinih MO u aktivnom bioremedijacionom konzorcijumu, a u zavisnosti od vrste i nivoa zagađenja derivata naftе; ustanavljanje protokola i algoritma za dobijanje aktivnog zimogenog konzorcijuma MO za bioremedijaciju na osnovu korelacije aktivnosti i sastava biomase i vrste i nivoa kontaminacije i stepena bioremedijacije, kako bi se dobili svi neophodni pokazatelji za projektovanje i izradu industrijskog mobilnog bioreaktora.

REALIZACIJA PLANIRANIH AKTIVNOSTI

Izrada, dizajniranje i optimizacija bioremedijacionog procesa pomoću biomase dobijene u proizvodnom mobilnom bioreaktoru ukupne zapremine 1 m³, sopstvene konstrukcije

Bioremedijacija je savremena metoda kojom se optimizuju uslovi za rast mikroorganizama prisutnih u ekosistemu da bi se povećala brzina biološke razgradnje ugljovodonika. Mobilni bioreaktor omogućava pripremu mikrobne biomase („biološki agensi“) na mestu zagađenja i time se povećava efikasnost i brzina razgradnje zagadjujućih supstanci a istovremeno se smanjuju troškovi postupka.

Jedinstvenost mobilnog bioreaktora je u tome što omogućava dobijanje biomase mikroorganizama specifičnih za svaku pojedinačno zagađenje, dizajniranih za svaku pojedinačnu potrebu i korisnika. Postupak i koraci koji omogućavaju uspešnu bioremedijaciju uz upotrebu mobilnog bioreaktora su prikazani na slici 1. Iz zagađene sredine se prvo izolju i selekcionisu konzorcijumi aktivnih MO. Sledi njihovo umnožavanje u mobilnom bioreaktoru na mestu zagađenja. Dobijena biomasa se aplicira na kontaminiranu sredinu, *ex situ* ili *in situ*. Proces bioremedijacije se stimuliše dodatkom hranljivih komponenti i aeracijom, mešanjem, za dominantne aerobne procese.





Ključni rezultati istraživanja

Na osnovu laboratorijskih i pilot eksperimenata i pripreme inokuluma biomase izolovanih, selekcionisanih i adaptiranih zimogenih mikroorganizama u primeni je mobilni proizvodni aerobni bioreaktor **SOPSTVENE KONSTRUKCIJE I IZRade**, ukupne zapremine 1 m³ za dobijanje biomase aktivnih zimogenih konzorcijuma MO za *ex situ* i *in situ* bioremedijaciju uključujući i postupak za dobijanje biomase radnih konzorcijuma.

**Publikovani i saopšteni rezultati
(ukupno ostvareno 44 rezultata i 89,7 poena, a planirano 15 i 53 poena!)**

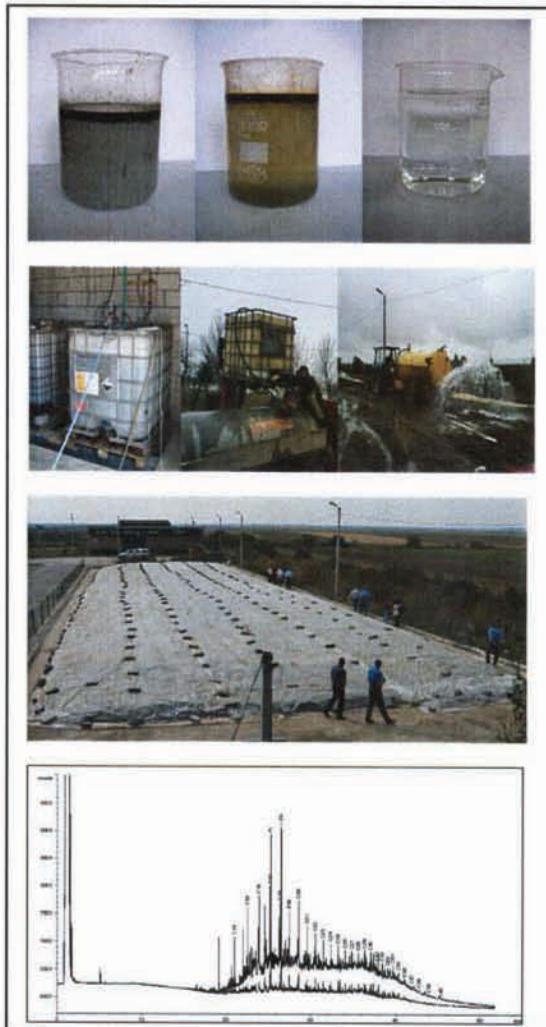
- 2 x M₂₁
- 3 x M₂₂
- 8 x M₂₃
- 3 x M₃₁
- 1 x M₃₂
- 5 x M₃₃
- 16 x M₃₄
- 1 x M₆₂
- 2 x M₆₃
- 6 x M₆₄
- 1 x M₈₁

Ostali rezultati

- Na Takmičenju za najbolju tehnološku inovaciju u 2009. godini u kategorija Potencijali, naš tim „Bioreaktor 2009“ (V. Beškoski, G. Gojgić-Cvijović, M. Ilić, J. Milić, M.M. Vrvić) sa inovacijom **MOBILNI BIOREAKTOR ZA DOBIJANJE BIOMASE MIKROORGANIZAMA PRI BIOREMEDIJACIJI** je osvojio **PRVO MESTO!**
- Na Takmičenju za najbolju tehnološku inovaciju u 2010. godini u kategoriji Realizovane inovacije tim „Bioreaktor 2010“ (V. Beškoski, G. Gojgić Cvijović, M. Ilić, J. Milić, M.M. Vrvić) sa inovacijom **MOBILNI BIOREAKTOR ZA DOBIJANJE IMOBILISANE BIOMASE MIKROORGANIZAMA PRI BIOREMEDIJACIJI** je osvojio **drugo mesto!**

Statistika

- U realizaciji projekta učestvovalo je 9 istraživača sa ukupno 257 IM, odnosno 7,79 istraživača sa 12 IM godišnje!
- Prosječno ostvareni rezultati su 3,81 poen po „full time“ istraživaču, tj. ~0,32 poena/IM!





Mobilna tehnologija za prečišćavanje zemljišta



BREM GROUP je kompanija iz Beograda, koja je razvila jedinstveni mobilni bioreaktor kao deo postupka kojim se na najoptimalniji način prečišćava zemljište od zagađujućih naftnih ugljovodonika.

Zagađenje životne sredine naftom i njenim derivatima se dešava prilikom transporta, obrade i korišćenja goriva, pri čemu često dolazi do slučajnog prosipanja u životnu sredinu. Bioremedijacijom se ovakva vrsta zagađenja eliminiše pomoću bioloških mehanizama, kao što su biljke i mikroorganizmi, čime se ne ostavlja sekundarni otpad.

BREM GROUP se bavi razvojem novih pristupa u bioremedijacionoj metodi koja u procesu prečišćavanja, za razvoj i ojačavanje mikroorganizama, koristi bioreaktor. Članovi tima kompanije *BREM GROUP* su došli do inovativne ideje da konstruišu mobilni bioreaktor koji bi na mestu zagađenja umnožavao konzorcijum mikroorganizama, koji je sposoban za brzo i efikasno razlaganje naftnih ugljovodonika.

Mobilni bioreaktor je u 2010. godini osvojio drugo mesto na takmičenju „Najbolja tehnološka inovacija“ u kategoriji realizovanih inovacija. Ovaj projekat je svoj kvalitet potvrdio i na 15. evropskom forumu mladih inovacionih firmi, sajmu *Innovact*, održanom marta 2011. u Remsu, na kome je učestvovalo preko 250 start-up kompanija. *BREM GROUP* je bila jedna od četiri kompanije koje su izabrane da javno predstave svoj projekat u okviru takmičenja „Preduzetnički minut“.

Mobilni bioreaktor je zapravo deo jedinstvenog bioremedijacionog postupka, koji je u potpunosti razvijen od strane *BREM GROUP* i više puta uspešno primjenjen u praksi. Kompanija je trenutno u procesu podnošenja patentne prijave, a takođe ima u planu da u narednih godinu dana konstruiše nove mobilne bioreaktore.

Prednosti mobilnog bioreaktora



Bioremedijacija je proces u kome se koriste mikroorganizmi ili njihovi enzimi za vraćanje narušene životne sredine u originalno stanje, a ono što je posebno interesantno kod ovakvog načina prečišćavanja jeste potpuna degradacija ili transformacija opasnih organskih zagađivača u bezopasne proizvode. Mikroorganizmi koji se koriste u procesu prečišćavanja se mogu kupiti, međutim, oni nisu efikasni kao oni koji se već nalaze u zagađenom zemljištu i prečišćavaju ga prirodnim putem, ali malom brzinom jer ih nema u dovoljnem broju i nisu dovoljno otporni na uticaje sredine. *BREM GROUP* tim u svom radu koristi mikroorganizme izolovane iz njihovog prirodnog staništa – zagađene zemlje, čime se postupak prečišćavanja koji bi prirodnim putem trajao godinama, odvije za nekoliko meseci. Mikroorganizmi se izoluju, a zatim selekcionisu, adaptiraju i umnožavaju, čime se formira zajednica (konzorcijum) koja se nanosi na kontaminiranu lokaciju. Ovakav pristup omogućava prirodniji proces prečišćavanja, sa minimalnim uticajem na okružujuću sredinu.

U navedenom postupku bioremedijacije *BREM GROUP* koristi mobilni bioreaktor u kome se ojačavanje izolovanih mikroorganizama vrši direktno na lokaciji na kojoj se nalazi zagađeno zemljište. Ovakav inovativni pristup pruža veliki broj prednosti i rezultira brzim i ekonomski isplativim čišćenjem okoline. Mobilnost bioreaktora omogućava veću efikasnost, jer se u skladu sa promenama na terenu, ali i u slučaju incidenata može brzo reagovati. Budući da je ovaj bioreaktor napravljen od lakih materijala, njegovo prenošenje na mesto zagađenja nije problematično i skupo. Ovim je postignuta velika prednost nad jednim od klasičnih pristupa koji uključuje odnošenje kontaminiranog zemljišta u skladišta, gde se prečišćava, a zatim se vraća na prvobitnu lokaciju. Bioremedijacioni postupci ovog tipa su veoma skupi zbog transporta zemlje, njenog skladištenja u posebne objekte i dobijanja specijalnih dozvola za ovakav proces.

„Tehnologija koju smo razvili je zapravo postupak koji se priprema za svako zagađenje ponaosob. Mi smo se specijalizovali za prečišćavanje zemljišta od naftnih ugljovodonika, budući da je ovo veliki problem svuda u svetu. Bioremedijacione metode su raznolike i još uvek su u razvoju, a mi smo, našim pristupom i inovacijom koja se ogleda u mobilnom bioreaktoru, težili da postignemo brzo, jeftino, efikasno, jednostavno i najprirodnije rešenje“, kaže *BREM GROUP* tim.