

*Originalan naučni rad
Original scientific paper*

UDC: 502.521:631.461

DOI: 10.5825/afts.2011.0305.071S

MIKROBIOLOŠKO PREČIŠĆAVANJE KONTAMINIRANOG TLA UZ BENZINSKE PUMPE

Šabović A.¹, Baraković A.², Isabegović J.³

^{1,3}Rudarski institut d.d. Tuzla, E.mail: rituzla2@bih.net.ba

²Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Tuzla

REZIME

U radu su prikazani procesi zagađenja tla uzrokovanog fizičkim uništavanjem tla, a koji se manifestuje u promjeni hemijskih, bioloških i fizičkih svojstava tla, što utiče na smanjenje plodnosti tla i na prinos i kvalitet poljoprivrednih proizvoda, kao i postupci sanacije uklanjanjem izvora štetnih tvari, te tehnike i tehnologije prečišćavanja kontaminiranog tla. Najčešći zagađivači tla su na bazi petroleja. Ugljikovodici iz dizel goriva i benzina su rasprostranjeni problemi kao što su i poliaromatski ugljikovodici. Ovdje je dat i slučaj prečišćavanje javnog objekta, benzinske stanice i način prečišćavanja kontaminiranog tla u njejoj blizini.

Ključne riječi: *kontaminirano tlo, procesi zagađenja tla, tehnike prečišćavanja tla, sistem prečišćavanja*

MICROBIOLOGICAL TREATMENT OF CONTAMINATED SOIL BESIDE THE PETROL PUMP

ABSTRACT

The paper presents the processes of soil pollution caused by physical destruction of the soil, which is manifested in the change of chemical, biological and physical properties of soil, which affects the loss of soil fertility and yield and quality of agricultural products, as well as methods remediation by removing the sources of pollutants, and techniques and technologies purification of contaminated soil. The most common soil contaminants are based on petroleum. Hydrocarbons from diesel fuel and gasoline are widespread problems such as the polyaromatic hydrocarbons. Here is presented a case of treatment of a public facility, gas station and method of cleaning contaminated soil in its vicinity.

Key words: *contaminated soil, the processes of soil pollution, soil cleaning techniques, cleaning system*

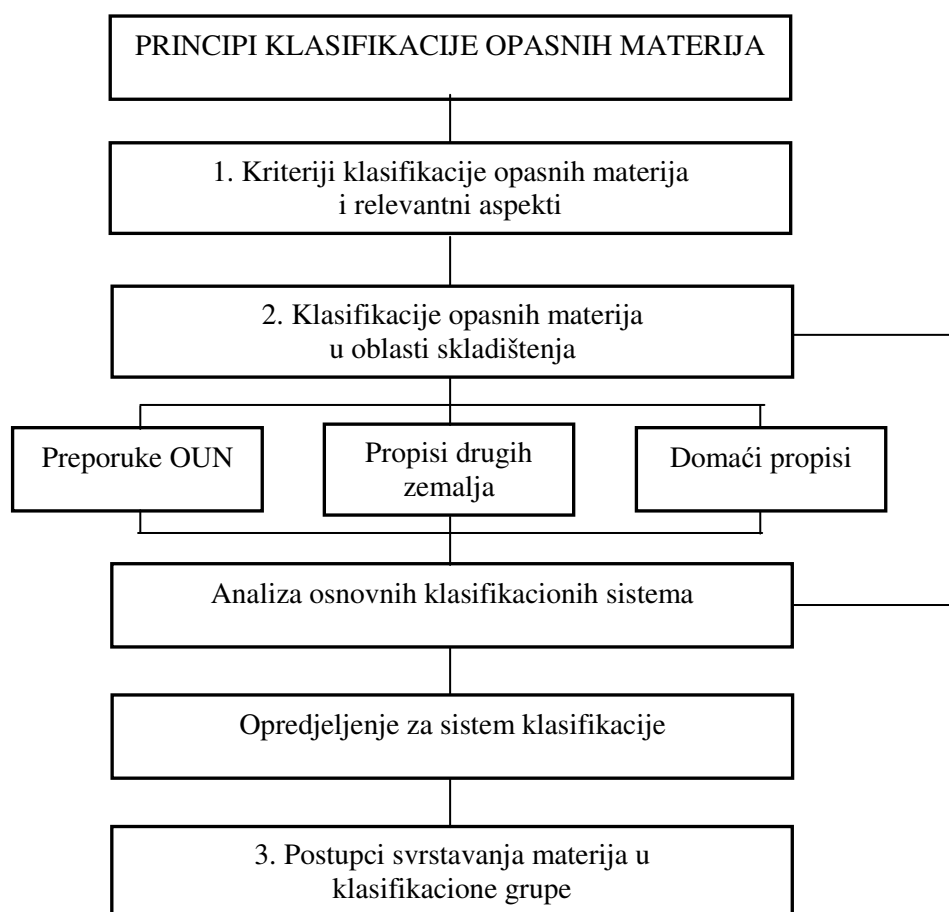
UVOD

Način života savremenog čovjeka i proizvodne tehnologije dovode postepeno do sveobuhvatnog zagađivanja Zemlje. Zagađenje u jednoj sredini spontano se prebacuje u druge, doprinoseći daljem širenju zagađenja. Životna sredina je jedinstven sistem na planeti Zemlji koji omogućava i podržava nastajanje i trajanje žive materije u različito organizovanim oblicima. To je istovremeno sistem sa neograničenim brojem međusobno zavisnih procesa koji se neprekidno odvijaju. Najčešći zagađivači

tla su na bazi petroleja. Ugljikovodici iz dizel goriva i benzina su rasprostranjeni problemi kao što su i poliaromatski ugljikovodici (PAH). Jedan od osnovnih zahtjeva u zaštiti životne sredine jeste racionalno korištenje prirodnih izvora energetske sirovine.

OPASNE MATERIJE

Klasifikacija opasnih materija se sprovodi u cilju definisanja odgovarajućih mjera zaštite od štetnog dejstva ovih materija na čovjeka i njegovu prirodnu sredinu. To podrazumjeva precizno definisanje svih relevantnih karakteristika opasnih materija, sagledavanje uslova pod kojim dolazi do nastanka štetnog dejstva, kao i načina na koji se ono manifestuje. Klasifikacija opasnih materija koju su usvojile UN i preporučile svim zemljama, predstavlja polaznu i vrlo značajnu kariku u rješavanju problema rada sa opasnim materijama, šema 1.



Šema 1. Principi klasifikacije opasnih materija
Scheme 1 Principles of classification of dangerous substances

Posebno značajan aspekt rada sa opasnim materijama predstavlja njihova kompatibilnost u procesima skladištenja. Velika zastupljenost nafte i naftnih derivata u svakodnevnom životu ukazuje na neophodnost njenog prisustva, a istovremeno predstavlja i jedan od osnovnih zagađivača životne sredine. Korištenje nafte i naftnih derivata dovodi do degradacije životne sredine od pojedinačnog do opšteg značaja, od zagađivanja tla, izvora pitke vode do globalnog zagrijavanja zemlje. Nafta po hemijskom sastavu predstavlja složenu smjesu ugljikovodika, čvrstog, tečnog i gasovitog agregatnog stanja sa malim primjesama azota, kiseonika i sumpora.

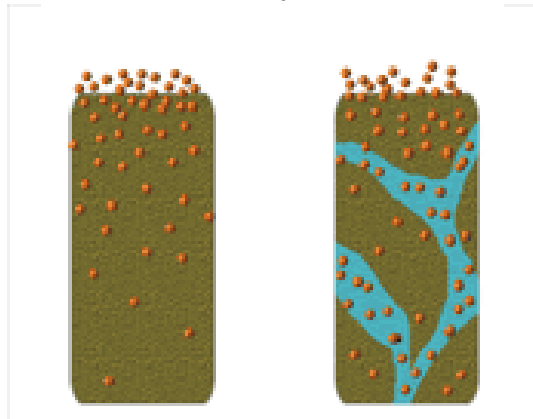
Ispitivanjima provedenim u toplom – ljetnom periodu oko objekata benzinskih stanica utvrđeno je:

- Prisustvo oko 80 vrsta ugljikovodika u zraku neposredne okoline benzinske stanice. Najčešće su to ugljikovodici od C_5 do C_{10} uz povremeno javljanje C_{12} .
- U fazi transporta i skladištenja goriva najznačajnija je emisija ugljikovodika u atmosferu pri pretakanju goriva iz specijalnih vozila u skladišne rezervoare i pri punjenju rezervoara vozila na automatima za punjenje tih rezervoara.
- Nivo koncentracije ugljikovodika u atmosferi zavisi od prometa goriva na objektu benzinske stanice. Dominantni ugljikovodici od svih izdvojenih su:
 - a) predstavnici alifatskih ugljikovodika: 2 - metilbutan (C_5H_{12}), n - pentan (C_5H_{12}), n - heksan (C_6H_{14}), n - heptan (C_7H_{16}),
 - b) predstavnici aromatskih ugljikovodika: benzen (C_6H_6), toluen (C_7H_8), o - p - m - ksilen (C_8H_{10}) i n - propilbenzen (C_9H_{12}).
- Varijacije u koncentraciji lakih (alifatskih) ugljikohidrata u atmosferi su veće od varijacija težih (aromatskih) ugljikovodika.

PROCESI ZAGAĐENJA TLA

Zagađenje tla najčešće je uzrokovano kontaminacijom i fizičkim uništavanjem tla. Kontaminacija tla je veoma česta pojava u industrijskim područjima i uz frekventnije saobraćajnice, a manifestuje se u promjeni hemijskih, bioloških i fizičkih svojstava tla. To utiče na smanjenje plodnosti tla i na prinos i kvalitet poljoprivrednih proizvoda. Često jedan postupak ne zadovoljava sve postavljene zahtjeve te ponekad kombinacija različitih postupaka dopušta bolju prilagodbu specifičnim uslovima i time značajno povećava učinkovitost. Zato je za jedan određen slučaj sanacije moguće zamisliti i više mogućih rješenja, ali pod jednim vodećem i dominantnim postupkom. Time se proširuju okviri za primjenu pojedinih mjera, a istodobno rastu očekivanja prema kvalificiranosti proizvođača.

Najčešći zagađivači tla su na bazi petroleja. Ugljikovodici iz dizel goriva i benzina su rasprostranjeni problemi kao što su i poliaromatski ugljikovodici (polyaromatic hydrocarbons - PAH). Mnogi PAH su poznati kao kancerogeni i za druge se smatra da su problematične hemikalije i da ih treba čuvati da ne zagađuju pitku vodu. Hemikalije se šire kroz tlo difuzijom i prenošenjem, slika 1. Difuzija je molekularni transport koji dolazi zbog razlika u koncentraciji. Prenosjenje je način molekularnog kretanja gdje je vučna sila neki fluid, kao što su kiša i vjetar.



Slika 1. Proces i zagađivanje tla
Figure 1 The processes of soil

POSTUPCI SANACIJE UKLANJANJEM IZVORA ŠTETNIH TVARI

Postupci sanacije starih onečišćenja tla se dijele u dvije grupe:

- sanacija uklanjanjem izvora štetnih tvari
- sanacija sprečavanjem širenja štetnih tvari

Učinkovitost mjera sanacije može se opisati optimalnom kada kao rezultat preostaje tlo koje je posve očišćeno od štetnih tvari i koje se kao takvo može predati na neograničenu primjenu. Postizanju maksimalnog cilja teži se od preduzimanja prvih mjera sanacije starih onečišćenja.

Uklanjanje izvora štetnih tvari obuhvata tri osnovne grupe i to:

- In-situ postupci
- On- site postupci
- Off - site postupci

In – situ postupci

In-situ postupci važe za najpoželjnije varijante svake potencijalne sanacije. Osnova za to leži u najpotrebnijim skupim i velikim prostorima za deponovanje otpadnog materijala, odnosno troškovima vađenja onečišćenog materijala, njegovog prevoza i mjera opreza koje je nužno preduzeti u tim slučajevima. Tlo se u pravilu odvija istjerivanjem štetnih tvari pomoću transportnog medija (voda,plin).

Nedostatak je nužna naknadna obrada, odnosno čišćenje transportnog medija čime nastaju visokokoncentrisane otpadne tvari koje je potrebno zbrinuti uz povećanje troškova. Također je moguće da infiltracijom ili injektiranjem transportnog medija ili kao posljedica njegovog djelovanja dođe čak do proširenja onečišćenja u podzemne vode. Tada se mora posegnuti za kombinovanim postupcima kako bi se spriječile veće posljedice.

On- site postupci

Nasuprot in-situ postupcima, on-site postupci počivaju na ideji iskopa, dekontaminacije i ponovne neposredne ugradnje očišćenog tla na isto mjesto. To znači da je na raspolaganju postupak koji je površinski intezivan, ali preispitan i nakon čega zaostatak štetnih tvari u tlu može biti isključen. Dekontaminacija tla može se sprovesti slijedećim postupcima:

- termičkim
- hmijskim
- ekstrativnim
- mikrobiološkim
- imobilizacijskim

Off – site postupci

Off- site postupci se razlikuju od on-site postupaka samo po tome što se iskopani materijal, umjesto na mjestu, obrađuje na stacionarnim postrojenjima za obradu tla koja mogu biti udaljena kilometrima od mjesta onečišćenja. Njihov značajan nedostatak je u povećanim troškovima prevoza onečišćenog materijala do mjesta obrade i odvoza obrađenog materijala na mjesto konačnog odlaganja.

STRATEGIJA PREČIŠĆAVANJA TLA

Tehnike prečišćavanja - praktičan pristup

Konvencionalni pristupi projektima otklanjanja kontaminacije tla tipično uključuju skupa istraživanja i planove prečišćavanja koji su često iznad ili ispod planiranih, efikasno ne funkcionišu, skupi su za rad i održavanje ili su planirani na tehnički nedostižnim ciljevima čišćenja.

Prečišćavanja tla koja su se na terenu pokazala i proširila u modularu u konvencijalnu upotrebu nude industriji mogućnost da kontroliše troškove prečišćavanja, minimizira skupe studije istraživanja, usmjerava više sredstava na mjesto prečišćavanja i razvija bazu podataka ekološke usklađenosti.

Slučaj prečišćavanje javnog objekta, benzinske stanice, odnosno izgradnju objekta zaustavile su državne vatrogasne službe kada je tokom radova otkrivena kontaminacija sa benzinom (početna procjena preko 250000 galona (950000 litara)). Karakteristike i količine ugljikovodika petroleja u tlu i podzemnoj vodi krajnje je teško prognozirati u trošnim i ispucalim granitnim škriljcima.

Tako je mobilizirana grupa i oprema za obradu tla i podzemne vode i počeo rad na crpljenju koristeći postojeće bunare za osmatranje. Slobodan proizvod bio je raspoređen u pukotinama osnovnog gorja na kontaktu sa podzemnom vodom i nije bio raširen po čitavom prostoru. Povezanost vodonosnog sloja pokazala se u toku ranih radova crpljenja ukazujući da bunari za obnovu i vađenje podzemne vode mogu biti korišteni da održe i uklone benzin.

Temelji, donji pod i sistemi membrane u okvirima elevatora planirani su da spriječe migraciju para. Konstruisana je mreža ventilacije ispod podova da se izvuku pare. Instalirano je šesnaest bunara od 4 cola (100 mm) za crpljenje da izvlače pare i benzin iz temelja objekta. Pumpe na pogon zrakom sa duplom dijafragmom izgrađene su za stvaranje depresionog lijevka i da uklone slobodan proizvod i pare bez složenog nivoa prekidača i senzora ugljikovodika. U toku aktivnosti izgradnje trag benzina bio je ograničen samo na podzemno područje objekta. Sistem prečišćavanja koji je Remtech konstruisao smanjio je nivo para i debljinu slobodnog proizvoda i pokazao nadležnima za zaštitu od požara da se opasnosti od požara i eksplozije mogu kontrolisati što je olakšalo izdavanje dozvola za gradnju i korištenje.

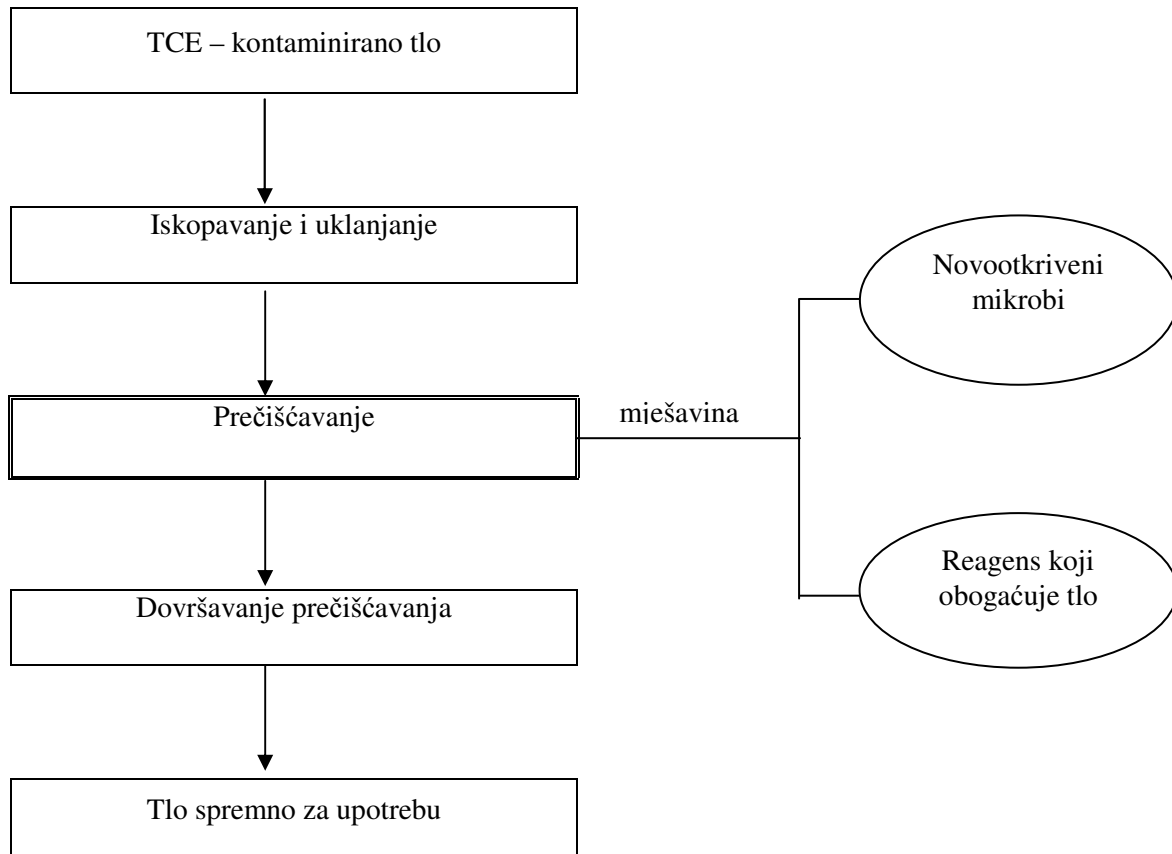
Obayashi, Toyota - Razvijanje tehnologije prečišćavanja tla

Postoje razne konvencionalne tehnologije za prečišćavanje kontaminiranog tla sa TCE ili drugim supstancama, svaka od njih međutim traži dug period prečišćavanja sa relativno visokim troškovima i sadrži mnoge probleme kao što su oni vezani za sigurnost od upotrebljenih hemikalija. Zato je bila potreba za tehnologijom prečišćavanja koja brzo djeluje, niskog troška i koja je sigurna. Tako su Obayashi korporacija i Toyota motors objavili da su zajednički razvili tehnologiju prečišćavanja tla. Obayashi korporacija i Toyota motors objavili su da su zajednički razvili tehnologiju prečišćavanja tla koja koristi mikrobe za obradu tla kontaminiranog zagađivačima kao što je tipičan zagađivač tla trihloretlen (TCE). Iz razloga rasta zagađenja tla u prošlim godinama Obayashi je preduzeo pojačanu aktivnost u oblasti prečišćavanja tla i ima jak dokaz za mikrobiološko prečišćavanje tla, uključujući biotretman naftom zagađenog tla u Kuwaitu.

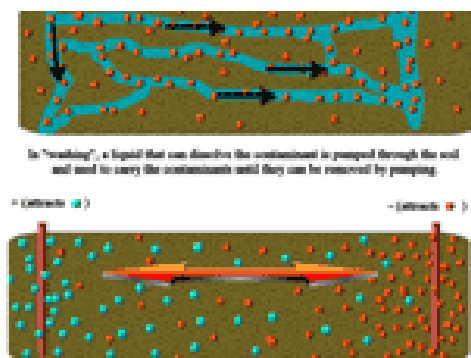
Obayashi je takođe unapređivao razvoj efikasnih tehnologija vezanih za ekologiju za prečišćavanje kontaminiranog tla sa TCE. Od svog osnivanja Toyota je nastojala doprinosti društvu praveći stvari i praveći automobile. U novije vrijeme kako preduzima širom kompanije pojačanu akciju po ekološkim pitanjima, TMC je preduzeo istraživanja i razvoj zasnovane na biotehnologiji s ciljem da se postigne društveno koristan rezultat. Kako TMC smatra efikasnu upotrebu mikroba važnom on je nastavio istraživanja u TCE degradaciji mikrobima. Da bi se ostvario razvoj tehnologije koja je danas objavljena veliki sistem bioprečišćavanja – dvije kompanije su udružile svoje odgovarajuće tehnologije, TMC otkriće mikroba TCE degradacije i tehnologije razvoja kulture, dok je Obayashi preuzeo inženjerske tehnike primjene mikroba. Razvijena nova tehnologija uključuje miješanje u kontaminirano tlo mikroba sa visokim učinkom TCE degradacije i reagensa koji obogaćuje tlo da poboljša sredinu djelovanja mikroba, šema 2, slika 2.

Nadalje, TCE koji prelazi u paru u toku miješanja i drugih faza postupka prečišćavanja se hvata i obrađuje tako da u atmosferu ne odlaze nikakvi polutanti. Period prečišćavanja od 1 do 4 sedmice sa konvencionalnom tehnologijom skraćuje se na približno 24 sata. Pored toga, kako se prečišćavanje može izvršiti jednostavno slaganjem u slojeve tla sa mikrobima pomiješanim u njega troškovi se mogu smanjiti na približno 70% onih kada se koristi konvencionalna tehnologija. Korišteni mikrobi izabrani su iz prirode bez uključenja rekombinacije gena. Sigurnost je potvrđena u raznovrsnim testovima. Obzirom da se u postupku prečišćavanja ne koristi ni jedna hemijska supstanca nema uticaja na okolinu.

Nova tehnologija prečišćavanja tako ima prednosti, sigurnosti i povoljnosti za okolinu a takođe i postiže vrijeme skraćenja perioda prečišćavanja i smanjenja troškova. Njena efikasnost takođe je potvrđena u punoj mjeri provedenih testova 2004 godine.



Šema 2. Priprema kontaminiranog tla za upotrebu
Scheme 2 Preparation of contaminated soil for use



Slika 2. Prečišćavanje zagađenog tla
Figure 2 Purification of polluted soil

Upotrebu nove razvijene tehnologije u TCE kontaminiranom tlu potvrdile su mnoge zemlje u svijetu. Karakteristike sistema prečišćavanja su slijedeće:

1. Tehnologija prečišćavanja je sigurna i ekološki povoljna.

Budući da je prečišćavanje zasnovano samo na mikrobiološkoj degradaciji ne koriste se hemikalije koje predstavljaju rizik za sekundarnu kontaminaciju. Sigurnost korištenih mikroba potvrđena je u raznovrsnim testovima a takođe je i potvrđeno odsustvo bilo kakvog uticaja na ekologiju tla. Degradacija supstance polutanta takođe ne ostavlja zaostale nus proizvode i sav plin koji se stvara iz polutanta tokom postupka prečišćavanja rješava se aktiviranom apsorpcijom ugljika. Nakon prečišćavanja tlo se može ponovno koristiti, npr. vraćajući ga na njegovo prvobitno mjesto.

2. Moguće je brzo prečišćavanje.

Budući da tehnologija koristi mikrobe sa viokom sposobnošću degradacije, period prečišćavanja je kraći nego kod konvencionalne tehnologije. Postupak prečišćavanja sastoji se samo od mješanja i aktiviranja kontaminiranog tla, mikroba i obogaćivanja reagensom nakon obrade. Period obrade može se takođe završiti u 24 sata, tabela 1. Sistem može tako obraditi više stotina kubika dnevno i ostvariti značajno skraćenje perioda procesa.

3. Nizak trošak metoda prečišćavanja.

Obrada iskopanog kontaminiranog tla sastoji se samo od mješanja i aktiviranja mikroba i obogaćenja reagensom nakon obrade tako da se troškovi prečišćavanja uveliko samnjuju. Količina mikroba se podešava zavisno od stepena kontaminacije, a količina reagensa za obogaćivanje zavisi od kvaliteta tla.

4. Primjenjiv za sve kvalitete tla

Reagens za obogaćivanje tla može se koristiti za stvaranje optimalnih uslova za mikrobiološku degradaciju u različitim kvalitetima tla, tako da je prečišćavanje moguće za tlo gline i sa visokim sadržajem vlage koje je ranije bilo teško obraditi mikrobima. Pored TCE, tehnologija se može primjeniti na kontaminaciju sa slijedećim hemijskim supstancama:

- Supstance regulisane ekološkim standardima tla i Cis – 1,2 – dihloretlen, 1,1 – dihloretlen, 1,3 – dihlorpropan, benzol.
- Druge spojeve koji sadrže ove supstance: Trans – 1,2 dihloretlen, toluen, fenol, krezol i td.

Tabela 1. Okvir sistema bioprečišćavanja gomile (u slučaju tla kontaminiranog sa TCE)
Table 1 The frame system bioprečišćavanja crowd (in the case of soil contaminated with TCE)

PREDMET	OPIS
Korišteni mikrobi	Nerekombinantni mikrobi
	Vrsta Janibakterija (veličina MO7)
Period obrade	Približno 24 sata za standardnu kontaminaciju
Volumen obrade u jedinici vremena	Zavisi od broja mašina i kvaliteta tla, ali sa jednom mašinom može se obraditi 25-80 m ³ /sat
Trošak obrade	Zavisi od volumena tla, koncentracije i trajanja obrade, ali oko 10 000 yen/toni

Primjenjiva koncentracija	30 puta veća nego standardno ekološko tlo
Uticao na sredinu	Kao osnovno pravilo mješanje i obrada vrše se u zatvorenom
	Vaporizovani kontaminant se skuplja i obrađuje
	Dodaci su ograničeni na mikrobe i reagens obogaćenja
	Nema dodavanja hemijskih supstanci
Primjenjiv kvalitet tla	Primjenjiv na sve kvalitete tla
Potrebni uređaji	Zgrada za obradu
	Moguće u zgradi koja će se rušiti
Prostor potreban za obradu	Potrebno dvorište za postupak
	Idealno najmanje 2000 m ²
Povrat tla nakon obrade	Moguć

ZAKLJUČAK

Jedan od osnovnih zahtjeva u zaštiti životne sredine jeste racionalno korištenje prirodnih izvora energetske sirovine. Nafta i naftni derivati su kao strateški prirodni resurs i dominantni nosilac energetsko-privrednog razvoja svake zemlje i neizbježni, osnovni činilac savremenog industrijskog svijeta. Korištenje nafte i naftnih derivata dovodi do degradacije životne sredine, od pojedinačnog do opšteg značaja, od zagađivanja tla, izvora pitke vode do globalnog zagrijavanja zemlje.

Postoje razne konvencionalne tehnologije za prečišćavanje kontaminiranog tla sa TCE ili drugim supstancama, svaka od njih međutim traži dug period prečišćavanja sa relativno visokim troškovima i sadrži mnoge probleme kao što su oni vezani za sigurnost od upotrebljenih hemikalija. Zato je bila potreba za tehnologijom prečišćavanja koja brzo djeluje, niskog troška i koja je sigurna. Takvu, sigurnu i efikasnu tehnologiju prečišćavanja razvile su Obayashi korporacija i Toyota motors koji koriste mikrobe za prečišćavanje kontaminiranog tla i koja se pokazala kao vrlo efikasna na više primjera.

LITERATURA

1. Bogdanović, D., Ubavić, M., Hadžić, V. (1997). Heavy metals in soil. Heavy metals in the environment. Research Institute of Field and Vegetable Crops. Novi Sad: Ed. R. Kastori, pp 95-152.
2. Goletić, Š. (1992). Uticaj teških metala na populacije nekih kulturnih i divljih biljnih vrsta na području Zenice. Magistarski rad. Prirod. mat. fak. Univerziteta u Sarajevu.
3. Ivetić, B. (1991). Sadržaj i dinamika teških metala i sumpora u tlu, vodi (drenažnoj) i biljkama na području opštine Zenica. Studija. Sarajevo: Zavod za agropedologiju Sarajevo.
4. Resulović, H. (1997). Uticaj tehnološkog razvoja na procese oštećenja zemljišta, mjere sanacije i zaštite. Tuzla: Zbornik radova sa Stručnog skupa "Zaštita okolice - Tuzla '97". 32-34.
5. Velagić, H. E., Šaćiragić, B., Lazarev, V. (1990). Preliminarno istraživanje uticaja emisija jedinjenja sumpora na zemljište i biljke opštine Visoko. Zaštita atmosfere 18 (1-2) 9-16.
6. Tuhtar, D. (1990): Zagađivanje zraka i vode. Sarajevo. Svjetlost.
7. Korištenje tla i vode u funkciji održivog razvoja i zaštite okoliša (1999). Sarajevo: Zbornik radova.