



**INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO
INSTITUTE OF FIELD AND VEGETABLE CROPS**

Novi Sad
Odeljenje za soju i agroekologiju,
Laboratorija za zemljište i agroekologiju



**MONITORING KVALITETA ZEMLJIŠTA U
BLIZINI BENZINSKE PUMPE**

NOVI SAD, 06.2007.



SRBIJA – 21000 Novi Sad, Maksima Gorkog 30 • t +381 21 48 98 100 • fax +381 21 66 21 212 • www.ifvcns.co.yu • e-mail:institut@ifvcns.ns.ac.yu
Sud.R.broj: Fi.48/07 • ERSTE BANK a.d. Novi Sad, br: 340-29545-50 • PIB: 101705343

MONITORING KVALITETA ZEMLJIŠTA U BLIZINI BENZINSKE PUMPE

Autori:

Dr Mira Pucarević
Mr Jordana Ninkov
Mr Jovica Vasin
Mr Tijana Zeremski Škorić
Dipl. Hem. Marija Baranjoš
Dipl. Hem. Nada Ostojić

Direktor Instituta

Prof. dr Petar Sekulić

NOVI SAD, jun 2007.

SADRŽAJ

	Strana
1. Uvod	4
2. Metodika istraživanja	8
2.1. Terenski radovi	8
2.2. Laboratorijska ispitivanja	8
2.3. Materijal i metod rada	8
3. Rezultati ispitivanja	10
3.1. Terenska ispitivanja	10
3.2. Laboratorijska ispitivanja	12
3.2.1. Zemljište	12
3.2.1.1. Isparljiva organska jedinjenja	12
3.2.1.2. Mehanički sastav i osnovna hemijska svojstva zemljišta	17
3.2.2. Voda	21
3.2.2.1. Isparljiva organska jedinjenja	21
4. Zaključak	23
5. Literatura	24
6. Prilog	-

1. UVOD

Na osnovu Ugovora br. 08-96/5328, 404-00286/2006-05 između Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad i Sekretarijata za zaštitu životne sredine i održivi razvoj AP Institut za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada izvršio je terenska i laboratorijska ispitivanja zemljišta na osnovu kojih je izrađen ovaj elaborat.

Oznaka BTEX predstavlja akronim za: eng. Benzene, Toluene, Ethylbenzene i Xylenes, supstance koje imaju sledeće zajedničke karakteristike:

- to su mnoaromatični ugljovodonici
- pripadaju grupi isparljivih ugljovodonika (eng. VOHs Volatile Organic Hydrocarbons)
- nalaze se zajedno u sirovoj nafti i naftnim produktima
- opasni su po ljudsko zdravlje i životnu sredinu

BTEX supstance su ozbiljni zagađivači podzemne vode i poslednjih godina im se pridaje velik značaj u okviru nacionalnih programa. Obično se susreću blizu objekata za eksploataciju nafte i prirodnog gasa i benzinskih pumpi kao i svih drugih lokacija koja poseduju rezervoare za čuvanje naftnih proizvoda, bilo da su oni podzemni (eng. USTs Underground Storage Tanks) ili nadzemni (eng. ASTs Above-ground Storage Tanks). Do sada je zabeležen veliki broj slučajeva zagađenja životne sredine usled curenja ovih tankova, i izlivanja pored benzinskih pumpi, naftnih bušotina, rafinerija i naftovoda (Fries et al., 1994). Prema proračunima iz 1997. (Harwood et al.), procenjeno je da u SAD curi 35% ili 1.4 miliona tankova za čuvanje goriva.

Drugi veliki izvor BTEX-a u životnoj sredini je i njihova industrijska primena kao rastvarača i sirovine za proizvodnju pesticida i sintetičkih vlakana, godišnje se u SAD proizvodi količina reda megatona ovih hemikalija (Harwood et al., 1997).

Benzen se koristi u industriji: gume, plastike, najlona, insekticida, boja i smola kao i u industriji kozmetike. On je označen kao najopasnija komponenta BTEX, budući da je dokazano kancerogen.

Toluen se prirodno nalazi u mnogim naftnim derivatima. Toluen se još koristi i kao rastvarač za boje i lakove.

Etilbenzen se najviše koristi kao gorivo i aditiv avionskog goriva. Takođe, može biti prisutan i u bojama, mastilu, plastici i pesticidima.

Ksilen se u oznaci BTEX odnosi na sumu koncentracija tri izomera: orto, meta i para ksilena. Orto ksilen je jedina prirodna komponenta naftnih derivata, dok su druga dva izomera veštačkog porekla. Ksilen se koristi kao gorivo i rastvarač u štampi, kožnoj i industriji gume.

BTEX supstance koji se nađu u životnoj sredini curenjem iz rezervoara, mogu da:

- evaporišu (ispare),
- rastvore se u vodenoj fazi zemljišta
- adsorbuju se za čestice zemljišta
- biološki se razgrade

Isparavanjem iz tečnog u gasovito stanje BTEX supstance dospevaju u vazduh. Karakterističan miris tokom pretakanja goriva potiče delom i od BTEX supstanci. Isparavanje BTEX komponenti može se odvijati i u zemljišnim porama ispunjenim vazduhom. BTEX supstance se dobro rastvaraju u vodi i vodenoj fazi zemljišta i tim putem mogu dospeti u podzemne vode. BTEX adsorbovan na čestice zemljišta takođe može dospeti u podzemne vode. Zahvaljujući svojoj relativno hidrofilnoj prirodi, BTEX supstance se ne zadržavaju dugo na zemljišnim česticama i mogu se rasprostranjivati kapilarnim putevima na veoma velike udaljenosti od izvora zagađenja, čak i do nekoliko kilometara. Ako u zemljištu postoji dovoljna količina kiseonika, BTEX se može biološki razgraditi, najčešće se ovaj spontani proces odvija veoma sporo, pogotovo kada zagađenje već dospe u podzemne vode koje su siromašne kiseonikom.

BTEX supstance najčešće dospevaju u ljudski organizam ingestijom (konzumiranjem kontaminirane vode), inhalacijom (tokom pretakanja goriva), ili apsorpcijom kroz kožu (kupanjem u kontaminiranoj vodi). Akutna izlaganja visokim koncentracijama izazivaju iritaciju kože, utiču na centralni nervni sistem i respiratorni

sistem. Ovakve visoke koncentracije se ne mogu sresti u pijaćoj vodi, međutim dugo izlaganje niskim koncentracijama ovih kontaminanata takođe izaziva niz ozbiljnih efekata na kardiovaskularni sistem, bubrege i jetru. Benzen je najopasnija komponenta BTEX po ljudsko zdravlje jer je dokazana njegova kancerogenost.

Američka Agencija za zaštitu životne sredine U.S. EPA (Environmental Protection Agency) je donela zakon o maksimalno dozvoljenim koncentracijama MDK za BTEX u pijaćoj vodi (Tabela br. 1). Pri donošenju ovog MDK uzete su u obzir neke prosečne vrednosti: prosečna težina odraslog čoveka od 70 kg, prosečno dnevno unošenje vode od oko 2L tokom dužine života od 70 god. Prema ovoj postavci i izlaganju ovom MDK, prema proračuno ne bi smelo da bude zabeleženo više od 1 do 100 (zavisno od supstance) slučajeva kancera u milion ljudi.

Tabela br.1: Maksimalno dozvoljene koncentracije BTEX u pijaćoj vodi prema US EPA

Supstanca	MDK mg/L ppm
benzen	0.005
toluen	1
etilbenzen	0.7
ukupni ksilen	10

Nagli porast prodaje i korišćenja automobila nakon II svetskog rata, zahtevalo je izgradnju mreže miliona benzinskih pumpi u svetu. U tim benzinskim pumpama instalirani su podzemni čelični rezervoari za čuvanje goriva. Prosečni vek ovih čeličnih rezervoara je između 30 i 50 godina, zavisno od stepena korozije čelika. Početkom ranih 80-tih godina prošlog veka kao posledica korozije ovih čeličnih tankova, zabeležen je velik broj slučajeva zagađenja podzemnih voda BTEX supstancama, prema izveštaju za američki kongres CRS Report RS21201 iz 2007 80-tih je konstantovano da oko 2,2 miliona USTs u SAD curi. Budući da se približno polovina svih Amerikanaca snabdeva pijaćom vodom iz podzemnih izvora (CRS Report RS21201, 2007), ovo je postalo ozbiljni rizik po ljudsko zdravlje stanovništva SAD. Rezervaori za čuvanje goriva koji cure, takođe predstavljaju rizik i od eksplozije i požara, jer isparenja na više načina mogu dospeti i do obližnjih objekata.

Najveći broj podzemnih rezervoara sadrži naftne derivate (benzin, diesel, lož ulje, kerozin ...), ali i mnogo drugih toksičnih supstanci se takođe čuvaju u ovim cisternama (kao napr. kancerogeni MTBE). 17. oktobra 1986. u SAD je donet akt SARA (The Superfund Amendments and Reauthorization Act) kao deo CERCLA programa (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act) koji je imao za zadatak da se utvrde sve toksične supstance detektovane u životnoj sredini kao posledica curenja rezervoara. Rezervoari koji cure su označeni kao LUSTs (Leaking Underground Storage Tanks). Na osnovu ovih programa EPA je trebala da uspostavi tehničke standarde za proizvodnju novih tankova, operativna uputstva za njihovu ugradnju, preventivne i korektivne mere curenja, standardizaciju detekcije curenja i proceduru zatvaranja tj. zamene neispravnih tankova. Ceo ovaj posao je uglavnom urađen u periodu 1988 – 1993. godine i finansiran je iz EPA's LUST Trust fonda. Ovaj fond je osnovan tako što je određena dodatna taksa na grivo (0,1 cent na galon motornog goriva prema direktivi iz 1987.), za fond se trenutno izdvaja oko 70 miliona US dolara godišnje (CRS Report RS21201, 2007).

U Septembru 1999. US EPA je uspostavila monitoring na oko 370 000 LUST lokacija na kojima su promenjeni rezervoari, ali još uvek postoji zagađenje iz predhodnog perioda i odredila približno 21 000 lokaciju za čišćenje i remedijaciju.

U zemljama EU, kontaminirane BTEX lokacije se nalaze na prioritetnom mestu za remedijaciju, zbog prisustva kancerogenog benzena. Količina BTEX se prati u okviru nacionalnih programa.

U našoj zemlji BTEX se prati u okviru monitoringa vazduha od strana gradskih zavoda za zaštitu zdravlja. U Novom Sadu je detaljna studija sadržaja BTEX u zemljištu i podzemnoj vodi rađena u okviru niza projekata nakon NATO bombardovanja rafinerije 1999. godine na lokalitetu Ratno ostrvo koje je ujedno i izvoršte pitke vode za grad što daje poseban značaj ovim studijama (Dalmacija i sar., 2004).

2. METODIKA ISTRAŽIVANJA

Zemljište je ispitano u blizini benzinske pumpe Novi Sad 16 u cilju procene mogućeg uticaja ove pumpe na okolno zemljište. Na devet mesta uzeti su uzorci zemljišta do dubine od 5 m.

Istraživanje svojstava zemljišta sastojalo se iz terenskih i laboratorijskih radova.

2.1. Terenski radovi

Terensko ispitivanje zemljišta i vode prve izdani se odvijalo kroz nekoliko faza:

1) pripremna faza

- obuhvatala je pregled postojeće dokumentacije u vezi predmeta istraživanja

2) rekognosciranje terena

3) uzorkovanje zemljišta i vode prve izdani

- Uzorci zemljišta za potrebe analize mehaničkog sastava i osnovnih hemijskih svojstava su uzimani u narušenom stanju, svrdlastom sondom, do dubine od 5 m (sonde 2, 3 i 7), ili do betonske stope rezervoara (sonda 1) ili do podzemne vode (sonde 4, 5, 6, 8 i 9). Jedan uzorak zemljišta predstavlja sloj debljine 50 cm.

Rekognosciranje terena, i uzorkovanje zemljišta i podzemne vode 20. i 23. aprila 2007.

2.2. Laboratorijska ispitivanja

U Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Odeljenja za soju i agroekologiju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu izvršena su ispitivanja osnovnih hemijskih i mehaničkih svojstava zemljišta, kao i određivanje sadržaja lakoisparljivih organskih kontaminanata: benzena, etilbenzena, toluola i ksilola (BTEX).

2.3. Materijal i metod rada:

Sadržaj benzena, etilbenzena, toluola i ksilola određen je primenom USEPA metode 8260 za određivanje lakoisparljivih jedinjenja koja koristi »head space« tehniku za pripremu uzoraka i analizu pomoću GC/MS. Koršćen je uređaj Agilent 5975C sa CTC »head space« samplerom. Za razdvajanje je korišćena kolona srednje

polarnosti HP-5MS Agilent 19091S-433, dužine 30 m, prečnika 250 µm i debljine filma stacionarne faze od 0,25 µm.

Uzorci zemljišta i vode uzeti na terenu u hermetičke »head space« bočice, čuvani su do analize na temperaturi od +4°C.

Kao standard za kvantifikaciju korišćen je certifikovani referentni materijal (CRM) zemljište sa poznatim sadržajem BTEX. Proizvođač CRM-a je Resource Technology Corporation. Kataloški broj standarda je CRM306-030, Lot No: LI306.

Ostale korišćene metode za ispitivanje zemljišta su :

- mehanički sastav određen je pipet metodom sa pripremom uzorka za analizu sa Na - pirofosfatom i klasifikacija teksturnih klasa po Tommstrup-u
- pH vrednost određena u suspenziji zemljišta sa vodom, suspenziji zemljišta sa 1n KCl i vodom saturisanom zemljišnoj pasti - potenciometrijski
- sadržaj CaCO₃ određen volumetrijski - kalcimetrom po Scheibler-u
- sadržaj humusa - metodom po Tjurin-u
- ukupan sadržaj azota - CHNSO aparatom
- lakopristupačan fosfor - AL-metodom
- lakopristupačan kalijum - AL-metodom

Za ispitivanje podzemne vode korištena je sledeća metoda:

- Sadržaj benzena, etilbenzena, toluola i ksilola određen je pomoću »head space« sistema za uzorkovanje iz parne faze. Uzorak vode je na terenu neposredno nakon uzorkovanja ubačen u hermetičku tariranu bočicu koja je pre analize mućkana 10 minuta na temperaturi od 60°C. Lakoisparljiva jedinjenja isparavaju u gornji prostor iznad tečnosti koji se ubacuje u GC/MS i analizira.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

3.1. Terenska ispitivanja

Ispitivano zemljište nalazi se na teritoriji opštine Novi Sad.

Položaj benzinske stanice Novi Sad 16 i mesta uzorkovanja zemljišta i podzemne vode prve izdani prikazani su na skici 1 i 2 u prilogu.

GPS koordinate parcele određene su pomoću uređaja GARMIN Eltrex Venture sa sledećim parametrom: *Datum: WGS84*

Lokalitet benzinske pumpe Novi Sad 16 pripada geomorfološkoj celini aluvijalna ravan Dunava. Autohtono zemljište na ovom lokalitetu je pripadalo redu hidromorfni zemljišta, tipu aluvijalnog zemljišta (fluvisol) ili fluvijalno livadskog zemljišta (humofluvisol). Kako je u izgradnji benzinske stanice nasipanjem materijala i izgradnjom građevinskih objekata došlo do narušavanja prirodnih osobina zemljišta ono se sada svrstava u tip zemljišta deposol, odnosno urbisol.

Sonda 1

Na udaljenosti od 5,9 m od najbližeg površinskog šahta podzemnog rezervoara od 50 m³ (videti skicu 1).

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 19,4 ''	45 ° 16 ' 32,3 ''

Zapažanja: na dubini 45 cm čist pesak; na 325 cm betonska stopa podzemnog rezervoara.

Sonda 2

Na udaljenosti od 5,0 m od najbližeg šahta indirektnog punjenja i 4,4 m od sonde 1.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 19,4 ''	45 ° 16 ' 32,5 ''

Zapažanja: na dubini 45 cm čist pesak; na dubini 275 cm u sloju moćnosti 75 cm pogrebena zemlja; od dubine 415 cm vlažan oglejen (sekundarna oksidacija i redukcija) pesak.

Sonda 3

Na udaljenosti od 6,95 m od površinskog šahta iza bušenog bunara i 2,3 m od praznog kanala.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 18,4 ''	45 ° 16 ' 31,6 ''

Zapažanja: do dubine od 150 cm sitni ostaci građevinskog materijala; na dubini od 275 cm čist pesak; na dubini 325 cm vlažan pesak.

Sonda 4

Na udaljenosti od 14,3 m od površinskog šahta iza bušenog bunara.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 19,5 ''	45 ° 16 ' 31,7 ''

Zapažanja: od površine mešavina peska i zemljišta; na dubini od 390 cm podzemna voda prve izdani.

Sonda 5

Naspram spoljnog (prema autoputu) pumpnog automata za DIZEL D2; na udaljenosti od 7,8 m od visokog NIS-ovog znaka uz autoput u smeru Novog Sada.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 17,9 ''	45 ° 16 ' 33,9 ''

Zapažanja: na dubini od 200 cm oglejenost (sekundarna oksidacija); na dubini od 300 cm oglejenost (redukcija) i težak mehanički sastav; na dubini od 460 cm podzemna voda prve izdani.

Sonda 6

Naspram spoljnog (prema autoputu) pumpnog automata za EURODIZEL; na udaljenosti od 10,6 m od visokog NIS-ovog znaka uz autoput u smeru Beograda.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 18,8 ''	45 ° 16 ' 33,6 ''

Zapažanja: na dubini od 50 cm pesak žute boje; na dubini od 160 cm oglejenost; na dubini od 360 cm povećana vlažnost; na dubini od 450 cm podzemna voda prve izdani.

Sonda 7

Naspram šahta indirektnog punjenja (u čijoj je blizini sonda 2); na udaljenosti od 4,5 m od ivice bankine zelenog pojasa prema benz.stanici.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 19,8 ''	45 ° 16 ' 33,4 ''

Zapažanja: na dubini od 50 cm pesak žute boje; na dubini od 150 cm oglejenost; na dubini od 400 cm povećana vlažnost.

Sonda 8

U međuprostoru između dve kolovozne trake autoputa Novi Sad - Beograd, a naspram visokog znaka NIS-a .

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 18,6 ''	45 ° 16 ' 34,4 ''

Zapažanja: na 20 cm pesak; na dubini od 390 cm podzemna voda prve izdani.

Sonda 9

U autohtonom obradivom poljoprivrednom zemljištu pod lucerkom, na udaljenosti od 21 m od ograde autoputa sa druge strane od benzinske stanice, a naspram visokog znaka NIS-a.

GPS lokacija:

Easting	Northing
019 ° 55 ' 19,2 ''	45 ° 16 ' 35,7 ''

Zapažanja: na dubini do 240 cm ilovasti mehanički sastav; od 24 cm gina vrlo tamne boje; na dubini od 280 cm oglejenost i povećana vlažnost; na dubini od 390 cm podzemna voda prve izdani.

3.2. Laboratorijska ispitivanja

3.2.1. ZEMLJIŠTE

3.2.1.1. ISPARLJIVA ORGANSKA JEDINJENJA

U tabeli 2. su prikazani rezultati ispitivanja prisustva benzena, etilbenzena, toluena i ksilola u zemljištu u neposrednoj blizini podzemnih cisterni za benzin na lokalitetu benzinske pumpe Novi Sad 16.

Detektovana su sva četiri jedinjenja. Benzen je zastupljen u 100 % ispitanih uzoraka, toluen i ksilol u 99 % uzoraka, a etilbenzen u 71 % uzoraka.

Prosečan sadržaj benzena je 9,7 ng/kg apsolutno suvog zemljišta (a.s.z.) i kreće se u intervalu od 1,5 ng/kg a.s.z. do 36,7 ng/kg a.s.z.

Prosečan sadržaj toluena je 1,9 ng/kg a.s.z. i kreće se u intervalu od 0,2 ng/kg a.s.z. do 12,2 ng/kg a.s.z.

Prosečan sadržaj etilbenzena je 2,3 ng/kg a.s.z. i kreće se u intervalu od 0,3 ng/kg a.s.z. do 9,1 ng/kg a.s.z.

Prosečan sadržaj ksilola (računatog kao zbir orto i para ksilola) je 1,1 ng/kg a.s.z. i kreće se u intervalu od 0,1 ng/kg a.s.z. do 8,9 ng/kg a.s.z.

Tab. 2 - Sadržaj benzena, etilbenzena, toluena i ksilola u zemljištu

r.b.	dubina	Benzen	Toluen	Etilbenzen	Ksilol	
		Prosek dva ponavljanja, ng/kg a.s.z.				
1	Sonda 1	0-50	10,0	3,1	3,2	2,6
2		50-100	8,4	2,6	2,1	1,7
3		100-150	2,8	0,8	0,8	0,6
4		150-200	2,6	n.d.	0,4	0,6
5		200-250	1,5	0,3	0,4	0,2
6		250-300	1,9	0,3	0,5	0,3
7		300-350	18,8	1,1	0,8	0,4
8	Sonda 2	0-50	6,4	1,1	1,3	0,7
9		50-100	3,2	0,4	n.d.	0,3
10		100-150	1,7	0,2	n.d.	0,1
11		150-200	2,0	0,3	n.d.	0,1
12		200-250	4,5	0,8	0,6	0,5
13		250-300	2,2	0,4	0,4	0,3
14		300-350	6,5	0,4	0,4	0,3
15		350-400	5,2	1,2	n.d.	0,5
16		400-450	12,8	0,2	0,4	0,4
17		450-500	26,9	0,8	0,6	0,9
18	Sonda 3	0-50	36,7	6,2	9,1	1,6
19		50-100	3,2	1,6	8,3	2,0
20		100-150	34,8	1,8	2,6	1,0
21		150-200	14,7	2,2	3,3	1,4
22		200-250	3,8	1,0	1,2	0,8
23		250-300	6,1	1,0	1,1	1,0
24		300-350	5,7	0,8	0,6	0,6
25		350-400	3,6	0,6	1,0	0,5
26		400-450	11,9	1,6	2,7	1,2
27		450-500	7,9	0,8	1,2	0,6
28	Sonda 4	0-50	3,5	0,4	n.d.	0,2
29		50-100	5,6	0,6	0,9	0,4
30		100-150	6,4	0,4	n.d.	0,3

31		150-200	3,6	0,3	0,3	0,2
32		200-250	3,3	0,3	n.d.	0,2
33		250-300	6,2	0,5	n.d.	0,1
34		300-350	4,7	0,3	n.d.	0,1
35		350-400	4,1	0,3	n.d.	0,1
36	Sonda 5	0-50	9,6	2,4	n.d.	0,9
37		50-100	13,1	2,3	2,2	1,5
38		100-150	5,6	0,6	n.d.	0,4
39		150-200	8,4	0,6	0,5	0,3
40		200-250	4,1	0,3	n.d.	0,2
41		250-300	5,2	0,4	n.d.	0,3
42		300-350	6,7	1,0	1,3	0,5
43		350-400	7,7	0,7	n.d.	0,2
44		400-450	5,7	0,4	n.d.	0,3
45	Sonda 6	0-50	10,3	0,7	1,5	0,4
46		50-100	16,0	1,2	n.d.	0,5
47		100-150	20,8	5,1	2,9	1,8
48		150-200	8,0	0,6	n.d.	0,3
49		200-250	6,7	0,6	n.d.	n.d.
50		250-300	9,7	1,7	n.d.	0,2
51		300-350	5,1	1,0	2,3	2,5
52		350-400	10,3	1,0	n.d.	1,1
53		400-450	3,2	0,5	n.d.	8,9
54	Sonda 7	0-50	8,4	1,2	1,2	0,8
55		50-100	15,1	5,1	4,0	1,9
56		100-150	2,8	0,6	0,9	0,4
57		150-200	4,6	1,1	1,2	0,7
58		200-250	4,4	0,6	0,6	0,5
59		250-300	12,3	5,4	n.d.	4,6
60		300-350	9,4	1,1	1,7	0,8
61		350-400	6,3	0,8	1,2	0,6
62		400-450	13,7	5,7	5,0	3,7
63	450-500	5,1	0,9	1,0	0,5	
64	Sonda 8	0-50	7,0	1,3	1,0	1,0
65		50-100	22,3	7,6	4,8	2,7
66		100-150	11,4	2,8	2,4	1,3
67		150-200	23,0	12,2	7,1	4,7
68		200-250	7,5	0,9	1,2	0,7
69		250-300	9,1	1,6	1,4	0,8
70		300-350	9,9	3,2	3,3	1,7
71		350-400	21,9	4,1	3,4	2,0

72	Sonda 9	0-50	12,6	4,4	3,5	2,1
73		50-100	16,5	5,3	3,5	2,1
74		100-150	24,5	6,6	6,4	2,5
75		150-200	18,9	4,2	3,5	1,8
76		200-250	21,1	4,6	3,3	2,1
77		250-300	11,9	3,0	2,5	1,3
78		300-350	17,4	5,0	5,6	3,1
79		350-400	13,3	2,8	2,1	1,2
prosek			9,7	1,9	2,3	1,1
min			1,5	0,2	0,3	0,1
max			36,7	12,2	9,1	8,9
LOD, ng/kg a.s.z.			0,5	0,2	0,3	0,1

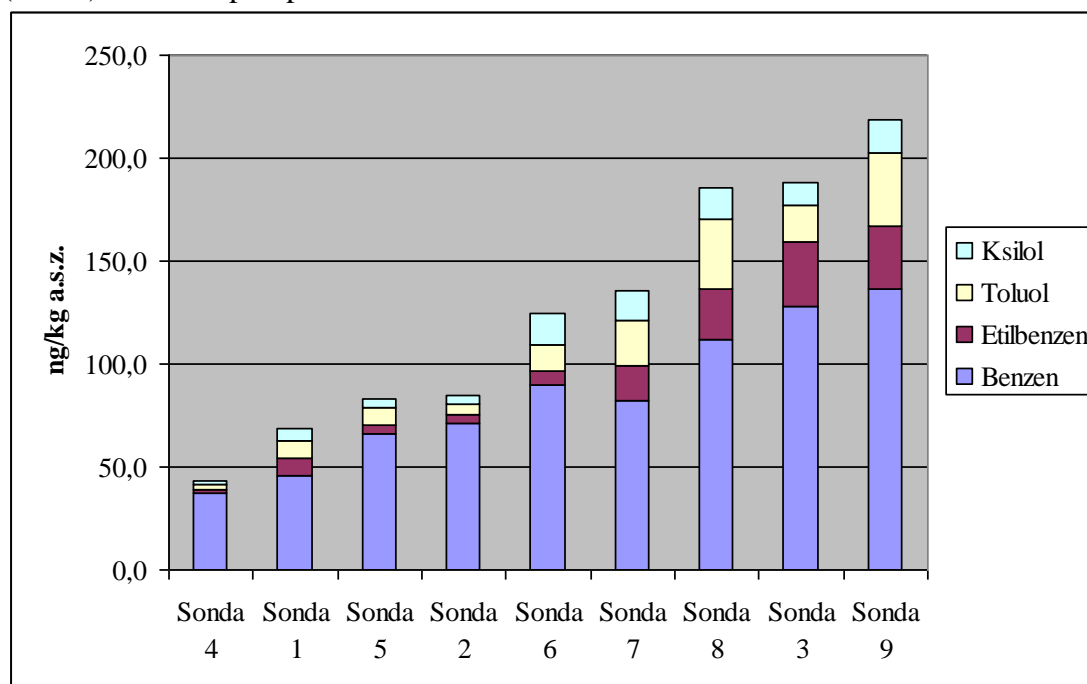
Zbirni sadržaj benzena, toluena, etilbenzena i ksilola za svaku sondu (lokalitet) se kreće od 43,4 ng/kg a.s.z. do 218,9 ng/kg a.s.z. Najniži je ukupan sadržaj je kod sonde 4, a najviši je kod sonde 9, tabela 3.

Grafički prikaz ukazuje na to da postoji trend prostiranja ovih jedinjenja u ispitanom fragmentu profila zemljišta na kojem je postavljena pumpa Grafik1.

Tab. 3 - Sadržaj benzena, toluena, etilbenzena i ksilola za svaki ispitanu lokalitet (sondu) u blizini pumpe.

Supstanca	Sonda								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ng/kg a.s.z.								
Benzen	46,0	71,5	128,3	37,4	66,2	90,2	82,1	112,2	136,4
Etilbenzen	8,3	3,6	31,2	1,2	4,1	6,7	16,8	24,6	30,5
Toluen	8,2	5,7	17,6	3,2	8,7	12,4	22,5	33,7	35,9
Ksilol	6,4	4,0	10,7	1,6	4,5	15,6	14,6	14,9	16,2
Zbir BTEX	69,0	84,7	187,8	43,4	83,5	125,0	135,9	185,4	218,9

Grafik 1 - Sadržaj benzena, toluena, etilbenzena i ksilola za svaki ispitanu lokalitet (sondu) u blizini pumpe



Dobijeni rezultati ukazuju da postoji prisustvo ovih jedinjenja u zemljištu međutim dobijene koncentracije su znatno niže od koncentracija koje bi bile razlog remedijacije. Tipičan nivo koji zahteva remedijaciju je u zemljištu 100 mg/kg za zbir BTEX (Mississippi Department of Environmental Quality-Underground Storage Tank Branch). Najviša nađena koncentracija zbira BTEX je kod sonde 9 i iznosi 218,9 ng/kg a.s.z. što je 0,2189 µg/kg as.z. odnosno 0,0002189 mg/kg a.s.z. i ne predstavlja koncentraciju koja bi trebalo da dovede do remedijacije zemljišta.

Korišćena vrlo osetljiva nova oprema (GC/MS) omogućuje detektovanje veoma niskih koncentracija kontaminanata u životnoj sredini, što je veoma značajno jer stalnim praćenjem životne sredine, moguće je uočiti trendove porasta kontaminanata i na vreme reagovati odgovarajućim merama za sprečavanje daljeg njihovog širenja u životnoj sredini.

3.2.1.2. MEHANIČKI SASTAV I OSNOVNA HEMIJSKA SVOJSTVA ZEMLJIŠTA

Tab. 4 - Mehanički sastav ispitivanog zemljišta

Red. broj	Broj sonde	Dubina (cm)	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa
1	Sonda 1	0 - 50	2,9	31,02	41,18	24,90	glinovita ilovača
2		50 - 100	74,9	18,46	2,64	4,00	ilovasti krupni pesak
3		100 - 150	78,7	15,62	1,84	3,84	ilovasti krupni pesak
4		150 - 200	88,1	5,94	2,00	3,96	ilovasti krupni pesak
5		200 - 250	87,4	6,68	1,84	4,08	ilovasti krupni pesak
6		250 - 300	78,5	15,18	3,08	3,24	ilovasti krupni pesak
7		300 - 330	80,0	14,08	2,48	3,44	ilovasti krupni pesak
8	Sonda 2	0 - 50	14,3	30,50	33,64	24,56	glinovita ilovača
9		50 - 100	80,5	13,11	2,44	4,40	ilovasti krupni pesak
10		100 - 150	81,3	13,34	1,64	3,72	ilovasti krupni pesak
11		150 - 200	82,9	11,70	1,48	3,92	ilovasti krupni pesak
12		200 - 250	81,4	13,04	1,20	4,36	ilovasti krupni pesak
13		250 - 300	78,2	15,92	1,04	4,84	ilovasti krupni pesak
14		300 - 350	45,6	31,48	11,76	11,16	krup.-peskovita ilovača
15		350 - 400	23,0	43,96	18,72	14,32	sitno peskovita ilovača
16		400 - 450	22,3	59,10	9,76	8,84	sitno peskovita ilovača
17	450 - 500	30,1	46,06	14,48	9,36	sitno peskovita ilovača	
18	Sonda 3	0 - 50	3,3	77,70	9,92	9,08	sitno peskovita ilovača
19		50 - 100	0,7	81,62	8,24	9,44	sitno peskovita ilovača
20		100 - 150	2,3	77,06	10,28	10,36	sitno peskovita ilovača
21		150 - 200	1,6	67,08	15,04	15,56	pesk.-glinovita ilovača
22		200 - 250	0,6	60,28	20,84	18,28	glinovita ilovača
23		250 - 300	1,8	68,72	15,76	13,72	sitno peskovita ilovača
24		300 - 350	1,7	76,46	10,60	11,24	sitno peskovita ilovača
25		350 - 400	0,9	78,22	10,72	10,16	sitno peskovita ilovača
26		400 - 450	26,9	57,46	7,64	8,00	sitno peskovita ilovača
27		450 - 500	8,0	72,64	10,04	9,32	sitno peskovita ilovača
28	Sonda 4	0 - 50	10,7	73,50	7,76	8,04	sitno peskovita ilovača
29		50 - 100	9,6	74,76	7,24	8,40	sitno peskovita ilovača
30		100 - 150	5,1	69,66	12,24	13,00	sitno peskovita ilovača
31		150 - 200	0,4	69,04	15,56	15,00	pesk.-glinovita ilovača
32		200 - 250	0,5	65,26	18,44	15,80	pesk.-glinovita ilovača
33		250 - 300	0,7	37,78	36,60	24,92	glinovita ilovača
34		300 - 350	0,9	49,34	29,40	20,36	glinovita ilovača
35		350 - 400	1,3	79,86	9,92	8,92	sitno peskovita ilovača
36	Sonda 5	0 - 50	3,0	71,48	10,96	15,56	sitno peskovita ilovača
37		50 - 100	1,9	77,30	11,16	9,64	sitno peskovita ilovača
38		100 - 150	22,2	65,40	5,16	7,24	ilovasti sitni pesak
39		150 - 200	7,5	77,98	6,92	7,60	ilovasti sitni pesak
40		200 - 250	4,0	83,28	5,28	7,44	ilovasti sitni pesak
41		250 - 300	4,0	79,16	8,24	8,60	sitno peskovita ilovača
42		300 - 350	0,4	41,52	34,44	23,64	glinovita ilovača
43		350 - 400	0,6	24,04	48,08	27,28	praškasta glina

44		400 - 450	0,9	56,54	25,28	17,28	glinovita ilovača
45	Sonda 6	0 - 50	2,2	67,60	15,52	14,68	sitno peskovita ilovača
46		50 - 100	0,9	73,66	13,20	12,24	sitno peskovita ilovača
47		100 - 150	16,0	71,52	4,44	8,04	ilovasti sitni pesak
48		150 - 200	7,5	78,62	6,80	7,08	ilovasti sitni pesak
49		200 - 250	2,6	84,44	5,16	7,80	ilovasti sitni pesak
50		250 - 300	1,8	78,24	10,04	9,92	sitno peskovita ilovača
51		300 - 350	1,2	36,16	38,08	24,56	pesk.-glinovita ilovača
52		350 - 400	0,9	25,22	45,60	28,28	praškasta glina
53		400 - 450	0,9	41,14	36,60	21,36	glinovita ilovača
54	Sonda 7	0 - 50	2,0	73,96	11,92	12,12	sitno peskovita ilovača
55		50 - 100	1,3	76,18	11,52	11,00	sitno peskovita ilovača
56		100 - 150	30,2	58,16	3,48	8,16	ilovasti sitni pesak
57		150 - 200	6,1	77,14	7,36	9,40	sitno peskovita ilovača
58		200 - 250	1,6	78,96	9,28	10,16	sitno peskovita ilovača
59		250 - 300	0,5	74,22	13,60	11,68	sitno peskovita ilovača
60		300 - 350	0,5	31,42	40,60	27,48	ilovasta glina
61		350 - 400	1,4	46,64	32,48	19,48	glinovita ilovača
62		400 - 450	0,8	59,84	23,36	16,00	glinovita ilovača
63	450 - 500	1,9	80,98	8,92	8,20	sitno peskovita ilovača	
64	Sonda 8	0 - 50	5,8	49,84	25,12	19,24	glinovita ilovača
65		50 - 100	2,2	73,12	13,32	11,36	sitno peskovita ilovača
66		100 - 150	1,0	71,04	15,24	12,72	sitno peskovita ilovača
67		150 - 200	5,8	83,96	3,64	6,60	ilovasti sitni pesak
68		200 - 250	1,2	87,00	4,56	7,24	ilovasti sitni pesak
69		250 - 300	1,3	77,94	11,40	9,32	sitno peskovita ilovača
70		300 - 350	0,6	24,96	45,80	28,64	praškasta glina
71		350 - 400	0,8	29,24	42,52	27,44	ilovasta glina
72	Sonda 9	0 - 50	21,7	65,82	6,68	5,80	ilovasti sitni pesak
73		50 - 100	23,1	66,58	4,24	6,08	ilovasti sitni pesak
74		100 - 150	2,2	82,20	7,28	8,32	sitno peskovita ilovača
75		150 - 200	0,6	79,68	11,00	8,72	sitno peskovita ilovača
76		200 - 250	1,4	23,12	49,36	26,12	praškasta glina
77		250 - 300	1,0	17,88	58,20	22,92	praskasto glinovita ilov.
78		300 - 350	0,4	21,20	56,24	22,16	praskasto glinovita ilov.
79		350 - 400	0,5	26,10	54,02	19,36	praskasto glinovita ilov.

Kako je i autohtono zemljište i naneti materijal prilikom izgradnje benzinske stanice uglavnom sličnog mehaničkog sastava celom dubinom uzorkovanja sondom, može se zaključiti da je frakcija najsitnijeg mehaničkog elementa gline zastupljena u vrlo maloj meri, dok dominiraju najkrupnije frakcije krupnog i sitnog peska.

Ova osobina zemljišta ima uticaj i na ostale osobine kao što su fizičke (vodopropustljivost, retencija vlage, strukturnost) i hemijske osobine (kapacitet adsorpcije, pufrena sposobnost zemljišta ...).

Ostupanja od navedene teksture zapažaju se u dubljim slojevima koji reprezentuju autohtono zemljište pre nasipanja pri izgradnji, što je u skladu sa tipskim

karakteristikama fluvisola. Naime, fluvisol se odlikuje diferenciranošću, tj sa izraženom slojevitošću usled taloženja raličitih materijala koje je reka Dunav nanosila.

Tab. 5 - Osnovna hemijska svojstva zemljišta

Red. broj	Broj sonde	Dubina (cm)	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Uk. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
			u KCl	u H ₂ O					
1	Sonda 1	0 - 50	7,59	8,68	8,36	2,31	0,172	3,80	14,10
2		50 - 100	8,59	8,82	6,27	0,27	0,029	2,40	2,00
3		100 - 150	8,64	8,82	4,18	0,42	0,044	2,50	2,00
4		150 - 200	8,67	8,81	6,27	0,34	0,036	2,60	2,00
5		200 - 250	8,53	8,78	5,85	0,31	0,033	2,50	2,30
6		250 - 300	8,61	8,73	3,34	0,32	0,034	3,20	2,30
7		300 - 330	8,69	8,79	5,85	0,37	0,039	2,50	2,30
8	Sonda 2	0 - 50	7,78	8,35	10,45	1,90	0,164	2,30	12,30
9		50 - 100	8,60	8,70	5,85	0,25	0,026	2,40	2,30
10		100 - 150	8,64	8,76	5,85	0,20	0,021	2,50	1,50
11		150 - 200	8,47	8,68	7,52	0,23	0,024	2,50	2,00
12		200 - 250	8,60	8,74	6,27	0,27	0,029	2,10	2,00
13		250 - 300	8,52	8,69	6,69	0,29	0,031	2,80	2,00
14		300 - 350	8,03	8,73	12,95	0,51	0,054	3,60	3,50
15		350 - 400	7,85	8,51	17,13	0,76	0,080	3,30	3,00
16		400 - 450	8,12	8,70	20,47	0,45	0,048	2,80	2,00
17		450 - 500	7,96	8,40	18,80	0,58	0,061	2,90	3,50
18	Sonda 3	0 - 50	7,80	8,41	20,06	1,28	0,110	9,00	11,80
19		50 - 100	7,91	8,52	20,89	0,78	0,082	4,90	4,00
20		100 - 150	7,68	8,19	17,55	1,71	0,147	7,10	4,00
21		150 - 200	7,60	8,08	18,39	1,57	0,135	6,70	6,80
22		200 - 250	7,64	8,17	20,89	0,96	0,101	4,50	6,40
23		250 - 300	7,75	8,35	21,31	0,62	0,066	5,20	6,40
24		300 - 350	7,87	8,42	24,24	0,52	0,055	3,30	5,00
25		350 - 400	7,89	8,61	21,73	0,58	0,061	3,40	4,70
26		400 - 450	8,03	8,30	38,02	0,58	0,061	3,30	3,50
27		450 - 500	7,80	8,22	17,13	0,62	0,066	4,40	5,50
28	Sonda 4	0 - 50	7,81	8,35	20,06	1,09	0,094	5,00	5,90
29		50 - 100	7,80	8,37	19,64	0,82	0,087	6,10	4,20
30		100 - 150	7,70	8,30	18,39	1,14	0,098	8,30	5,00
31		150 - 200	7,55	8,30	20,47	1,01	0,087	8,80	5,00
32		200 - 250	7,61	8,38	27,58	0,90	0,095	4,10	5,00
33		250 - 300	7,33	8,29	18,80	1,46	0,126	6,80	8,60
34		300 - 350	7,45	8,35	25,91	1,01	0,087	3,90	5,50
35		350 - 400	7,74	8,44	21,31	0,53	0,056	2,60	3,00
36	Sonda 5	0 - 50	7,47	8,19	16,71	1,39	0,120	12,70	9,10
37		50 - 100	7,79	8,48	17,13	0,34	0,036	3,00	3,50
38		100 - 150	8,10	8,65	15,88	0,21	0,022	2,60	3,00
39		150 - 200	7,98	8,85	17,13	0,31	0,033	2,90	3,00
40		200 - 250	7,94	8,89	17,13	0,26	0,027	2,40	3,00
41		250 - 300	7,83	8,91	20,06	0,39	0,041	2,10	2,30

42		300 - 350	7,39	8,30	18,39	2,03	0,151	5,70	5,50
43		350 - 400	7,39	8,36	22,98	1,26	0,108	3,40	5,00
44		400 - 450	7,62	8,41	25,07	0,86	0,091	3,10	3,50
45	Sonda 6	0 - 50	7,57	8,34	17,97	0,99	0,105	8,50	8,20
46		50 - 100	7,67	8,64	20,89	0,65	0,069	2,70	4,00
47		100 - 150	8,07	8,73	17,13	0,24	0,025	2,50	3,00
48		150 - 200	7,77	8,60	19,22	0,52	0,055	3,00	3,00
49		200 - 250	7,81	8,67	20,89	0,32	0,034	2,20	2,30
50		250 - 300	7,72	8,63	22,15	0,40	0,042	2,70	3,00
51		300 - 350	7,39	8,34	19,22	2,80	0,208	7,00	6,80
52		350 - 400	7,43	8,30	22,98	2,63	0,195	6,00	6,40
53		400 - 450	7,68	8,37	29,25	2,46	0,183	4,30	4,70
54	Sonda 7	0 - 50	7,80	8,61	19,22	2,29	0,170	4,70	5,50
55		50 - 100	7,82	8,87	21,73	0,50	0,053	2,60	3,50
56		100 - 150	8,25	9,00	13,79	0,28	0,030	2,60	3,00
57		150 - 200	7,98	8,83	33,85	0,45	0,048	3,60	4,70
58		200 - 250	7,95	8,91	21,73	0,40	0,042	2,50	3,00
59		250 - 300	7,67	8,50	22,56	0,56	0,059	3,00	3,00
60		300 - 350	7,34	8,38	19,64	1,54	0,133	5,10	4,70
61		350 - 400	7,62	8,53	27,16	0,76	0,080	2,50	3,50
62		400 - 450	7,62	8,35	27,58	0,64	0,068	2,00	3,00
63	450 - 500	7,88	8,21	22,98	0,52	0,055	2,30	2,30	
64	Sonda 8	0 - 50	7,41	8,23	17,55	2,20	0,163	5,70	7,70
65		50 - 100	7,80	8,44	20,89	0,56	0,059	2,70	3,00
66		100 - 150	7,77	8,23	20,89	0,51	0,054	2,70	4,00
67		150 - 200	8,11	8,31	17,55	0,10	0,011	2,10	2,30
68		200 - 250	7,99	8,17	22,15	0,37	0,039	2,00	2,00
69		250 - 300	7,81	8,16	22,15	0,58	0,061	2,40	2,30
70		300 - 350	7,43	8,08	22,98	2,21	0,164	5,30	6,40
71	350 - 400	7,29	8,02	18,81	2,70	0,201	5,30	7,30	
72	Sonda 9	0 - 50	7,86	8,20	17,13	0,56	0,059	5,50	4,00
73		50 - 100	7,99	8,29	19,64	0,25	0,026	2,30	3,00
74		100 - 150	7,80	8,26	21,31	0,35	0,037	2,40	3,00
75		150 - 200	7,72	8,20	21,73	0,46	0,049	2,70	3,00
76		200 - 250	7,19	7,91	16,72	3,19	0,219	6,10	6,40
77		250 - 300	7,53	8,03	19,22	1,48	0,127	5,20	4,70
78		300 - 350	7,52	8,07	27,16	1,48	0,127	4,30	4,20
79	350 - 400	7,59	8,08	29,25	1,39	0,120	4,40	4,20	

Uzorci zemljišta iz svih slojeva ispitivanih sondi se karakterišu izraženom alkalnošću, tj. visokim vrednostima pH (reakcije sredine). U ovakvim uslovima rastvorljivost i pristupačnost metala biljkama je na niskom nivou.

S vrednostima pH u vezi je i sadržaj CaCO_3 u zemljištu koji je na vrlo visokom nivou.

Sadržaj humusa je u površinskim uzorcima na nivou slabo humozne klase zemljišta, dok je već u sledećem i ostalim uzorcima zemljišta po dubini značajno niži i nalazi se na nivou vrlo slabo humozne klase zemljišta.

Ovakve vrednosti sadržaja humusa, kao i sadržaja gline u zemljištu uslovljavaju i vrlo nizak kapacitet adsorpcije i puferna sposobnost zemljišta..

Posledica niskog sadržaja koloida gline i humusa u zemljištu, kao i pedogeneze samog zemljišta je i sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma koji je uglavnom na nivou siromašne i vrlo siromašne klase.

3.2.2. VODA

3.2.2.1. ISPARLJIVA ORGANSKA JEDINJENJA

Rezultati ispitivanja podzemne vode na lokalitetu benzinske pumpe Novi Sad 16 prikazani su u tabeli 6. Nađene koncentracije su u intervalu od 2,46 ng/dm³ do 45,33 ng/dm³ sa prosekom od 13,33 ng/dm³.

Detektovane su veoma niske koncentracije benzena, toluena, etilbenzena i ksilola koje ukazuju da kontaminacija podzemne vode postoji, ali nije prisutna u većoj meri. Ni jedan uzorak podzemne vode nema ukupan sadržaj BTEX-a viši od maksimalno dozvoljene vrednosti US EPA za pijaću vodu, tabela 1. Najviši nađen sadržaj BTEX je u uzorku podzemne vode V4 koji je uzet iz bušotine sonde broj 6. Pa se može zaključiti da se perjanica ugljovodnika prostire od pumpe ka pravcu

Tab. 6 – Koncentracije BTEX u podzemnoj vodi

Uzorak	ponav	Benzen	Toluen	Etilbenzen	Ksilol	Zbir	Prosek
		ng/dm ³ vode					
V 1	I	0,92	1,49	0,29	0,06	2,76	2,46
	II	0,92	1,13	0,06	0,04	2,15	
V 2	I	1,06	1,55	0,29	0,06	2,96	2,50
	II	0,94	1,06	n.d.	0,04	2,04	
V 3	I	13,36	21,67	2,50	5,50	43,03	45,33
	II	16,05	24,02	3,38	4,18	47,63	
V 4	I	3,00	13,82	3,67	2,73	23,22	13,21
	II	1,31	1,73	n.d.	0,15	3,19	
V 5	I	1,14	1,60	0,16	0,08	2,98	3,15
	II	1,04	1,85	0,35	0,08	3,32	
prosek		3,97	6,99	1,34	1,29		13,33
Min		0,92	1,06	0,06	0,04		2,46
Max		16,05	24,02	3,67	5,50		45,33

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati ukazuju da postoji prisustvo ovih jedinjenja u zemljištu međutim dobijene koncentracije su znatno niže od koncentracija koje bi zahtevale remedijaciju. Tipičan nivo koji zahteva remedijaciju je u zemljištu 100 mg/kg za zbir BTEX (Mississippi Department of Environmental Quality-Underground Storage Tank Branch). Najviša nađena koncentracija zbira BTEX je kod sonde 9 i iznosi 0,0002189 mg/kg a.s.z. i ne predstavlja koncentraciju koja bi trebalo da dovede do remedijacije zemljišta.

Grafički prikaz ukazuje na to da postoji trend prostiranja ovih jedinjenja u ispitanom fragmentu profila zemljišta na kojem je postavljena pumpa.

U podzemnoj vodi su detektovane veoma niske koncentracije benzena, toluena, etilbenzena i ksilola koje ukazuju da kontaminacija podzemne vode postoji, ali nije značajna. Prosečan sadržaj zbira BTEX svih ispitanih uzoraka podzemne vode je 13,33 ng/dm³. Ni jedan uzorak podzemne vode nema ukupan sadržaj BTEX-a viši od maksimalno dozvoljene vrednosti US EPA za pijaću vodu koja iznosi 5 µg/dm³.

Ova studija predstavlja dobar početak istraživanja sadržaja BTEX u zemljištu i podzemnoj vodi, bazirajući se na iskustvu drugih zemalja, ova istraživanja treba da budu prioritet u nacionalnom programu. Veoma je važno da se uspostavi program za monitoring na području čitave Pokrajine Vojvodine i Republike Srbije kako bi se, u što kraćem vremenu, utvrdilo trenutno stanje i preduzeli koraci sanacije i sve raspoložive preventivne mere. Uvođenjem preventivnih mera zaštite životne sredine od ove vrste zagađenja, na osnovu snimljenog stanja, bili bismo i korak bliže u integraciji EU. U okviru uspostavljanja monitoringa LUSTs lokacija u našoj zemlji, trebalo bi sa resornim Ministarstvima za energetiku utvrditi: broj i položaj svih benzinskih pumpi i ostalih sladišta goriva, karakteristike i vek trajanja cisterni koje su u upotrebi. U okviru LUSTs monitoringa, obavezno bi bilo pratiti i druge toksične supstance koje se nalaze u gorivu osim BTEX, kao što su: TPH (ukupni ugljovodonici), MTBE (metil terc butil etar), PAH (poliaromatični ugljovodonici), sadržaj olova i dr.

5. LITERATURA

CRS Report for Congress (2007): Leaking Underground Storage Tanks Prevention and Cleanup, RS21210, Mary Tiemann, 3 jan 2007.

Dalmacija B. ured.: Nafto zagađenje područja Ratno Ostrvo, mogućnost prirodne bioremedijacije. Univerzite u Novom Sadu. Prirodno-matematički fakultet. Novi Sad, 2004.

Fries M., Zhou J., Chee-Sanford J., Tiedje J. (1994): Isolation, Characterization, and Distribution of Denitrifying Toluene Degraders from Variety of Habitats. Applied and environmental Microbiology Vol. 60, No. 8, p. 2802-2810.

Harwood C. and Gibson J. (1997): Shedding Light on Anaerobic Benzene Ring Degradation: a Process Unique to Prokaryotes? Journal of Bacteriology, Vol. 179, No. 2, p. 301–309

Iturbe R., Flores R. and Torres L. (2003): Soil and water contamination levels in an out-of-service oil distribution and storage station in Michoacan, Mexico. Water, Air, and Soil Pollution 146: 261–281, 2003.

Iturbe R., Flores R. and Torres L. (2003): Subsoil contaminated by hydrocarbons in an out-of-service oil distribution and storage station in Zacatecas, Mexico. Environmental Geology (2003) 44:608–620

Oregon Department of Human Service, Drinking Water Section (1994): Health Effects Information BTEX, Technical bulletin, USA