



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE



Maja Đogo

**NIVOI KONCENTRACIJA I
UPRAVLJANJE PERZISTENTNIM
ORGANSKIM POLUTANTIMA U
HETEROGENOM SISTEMU
DEPONIJAMA KOMUNALNOG OTPADA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
dr. Jelena Radonić, vanr. prof.

Novi Sad, 2017. godine

Zahvalnica...

Zahvaljujem se mom mentoru, profesorici dr Jeleni Radonić koja me je u stopu pratila i nesebično podržavala u ovoj dugoj i zanimljivoj avanturi izrade doktorske disertacije. Draga moja profesorka, ukazali ste mi na to koliko je značajno biti požrtvovan i istrajan, i podsetili me koliko je važno i lepo negovati timski rad.

Izuzetnu zahvalnost dugujem mojoj profesorki, dr Mirjani Vojinović Miloradov koja me je nakon završetka master studija primila u svoje naučno-istraživačko jato, nesebično ulagala svoja znanja i životne kvalitete u razvoj moje ličnosti i čvrsto verovala u mene do samog kraja izrade disertacije. Profesorka, Vaši entuzijizam, požrtvovanost, naučni rad i ljubav koju nesebično delite će mi biti uzor i večita inspiracija u daljem životu i radu.

Veliko hvala dugujem i mom profesoru dr Goranu Vujiću čiji me je rad u oblasti upravljanja otpadom inspirisao da se uključim u izazovno istraživačko polje heterogenog sistema deponija, što mi je pomogao da realizujem istraživanje i uvek me podsticao.

Htela bih da izrazim zahvalnost i svim članovima komisije koji su svojim stručnim znanjem i izuzetnim trudom učinili da ova disertacija dobije finalni oblik i da se njome ponosim.

Posebno zahvaljujem mojim kolegama Mladenki Novaković, Borisu Obrovskom, Nikoli Maodušu, Slobodanu Bačličiću, Sabolč Papu, Dušanu Milovanoviću, dr Bojanu Batiniću i dr Dejanu Ubavinu na svesrdnoj pomoći oko realizacije sprovedenog monitoringa na deponijama, naučno-tehničkoj podršci i izuzetno vrednim komentarima.

Zahvaljujem i mojim koleginicama Zorici Mirosavljević, Maji Sremački, Mileni Stošić i dr Dragani Štrbac na satima razgovora, predivnoj saradnji i ogromnoj podršci u prethodnom periodu.

Ogromno HVALA mojoj kolegini, sada već i drugarici, dr Ivani Mihajlović, koja mi je nesebično pomagala, konstantno me podsticala i imala vere u mene kada i sama nisam.

Podrška mojih divnih roditelja, Mirjane i Zorana i mog brata Marka bila je neprocenjiva. Fantastično je znati da ste uvek na mojoj strani. Vaša bezgranična ljubav i razumevanje su učinili da i ovo finalizujemo. Volim vas beskrajno.

I na samom kraju želim da zahvalim njemu, mom Aleksandru. Zaslužuješ i više od ogromne zahvalnosti za neverovatno strpljenje, podršku i ljubav tokom proteklog perioda.

Laboratorisjka istraživanja u okviru doktorske disertacije realizovana su u dve laboratorije, akreditovanoj Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha, Fakulteta tehničkih nauka na koju sam izuzetno ponosna, jer sam deo tima koji je izgrađuje i laboratorijama RECETOX centra izvrsnosti u Brnu. Moji boravci u ovoj instituciji su bili od izuzetne važnosti za kreiranje naučne misli i sticanje dobre laboratorijske prakse. Iskreno se zahvaljujem dr Jani Klanovoj, dr Petri Ružičkovej i dr Jitki Bečanovoj na pomoći prilikom definisanja predmeta istraživanja, idejama, korisnim sugestijama, podršci u laboratorijskom radu i gostoprimstvu tokom mog boravka.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:															
Идентификациони број, ИБР:															
Тип документације, ТД:	Монографска публикација														
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал														
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација														
Аутор, АУ:	МСц. Маја Ђого														
Ментор, МН:	др Јелена Радонић, ванр. професор														
Наслов рада, НР:	Нивои концентрација и управљање перзистентним органским полутантима у хетерогеном систему депонија комуналног отпада														
Језик публикације, ЈП:	Српски (латиница)														
Језик извода, ЈИ:	Српски/енглески														
Земља публикавања, ЗП:	Србија														
Уже географско подручје, УГП:	Војводина														
Година, ГО:	2017. година														
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт														
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6														
Физички опис рада, ФО:	Поглавља 6 / Страница 221 / Слика 32 / Дијаграма 41 / Табела 20 / Референци 139 / Прилога 4														
Научна област, НО:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду														
Научна дисциплина, НД:	Инжењерство заштите животне средине														
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Перзистентни органски полутанти, депоније комуналног отпада, PCA, CA, HERA, истраживачки мониторинг														
УДК															
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука, Нови Сад														
Важна напомена, ВН:	Нема														
Извод, ИЗ:	<p>Истраживање у оквиру докторске дисертације обухвата репрезентативан избор тачака узорковања на депонијским локалитетима Бечеј, Суботица, Сомбор, Зрењанин, Панчево, Бачка Паланка, Врбас, Темерин, Нови Сад и Рума, примену савремених методологија узорковања, припрему и анализу узорака најновијим методама детерминације органских полутаната, статистичку обраду података, процену утицаја на хуману популацију и кључне компарimente животне средине и развој методологије креирања будућег истраживачког и контролног мониторинг програма. Добијени резултати обрађени су применом методе анализа главних компоненти и хијерархијске кластер анализе. Процена утицаја контаминаната и статуса животне средине спроведена је применом једне од методологија европске комисије за процену и предикцију различитих ефеката на хуману популацију и животну средину дејством токсичних хемијских супстанци. На основу експерименталних резултата и стечених техничко-инжењерских искустава развијена је Методологија креирања будућег истраживачког и контролног мониторинг програма хетерогеног медијума депонијских тела са циљем унапређења управљања фракцијама комуналног отпада који генерише ПОП.</p>														
Датум прихватања теме, ДП:	08.09.2016.														
Датум одбране, ДО:															
Чланови комисије, КО:	<table border="1"><tr><td>Председник:</td><td>др Мирјана Војиновић Милорадов, проф. емеритус</td><td rowspan="5">Потпис ментора</td></tr><tr><td>Члан:</td><td>др Дејан Убавин, доцент</td></tr><tr><td>Члан:</td><td>др Миљана Грица, ванр. професор</td></tr><tr><td>Члан:</td><td>др Татјана Шолевић Кнудсен, виши научни сарадник</td></tr><tr><td>Члан:</td><td>др Маја Турк Секулић, ванр. професор</td></tr><tr><td>Члан, ментор:</td><td>др Јелена Радонић, ванр. професор</td><td></td></tr></table>	Председник:	др Мирјана Војиновић Милорадов, проф. емеритус	Потпис ментора	Члан:	др Дејан Убавин, доцент	Члан:	др Миљана Грица, ванр. професор	Члан:	др Татјана Шолевић Кнудсен, виши научни сарадник	Члан:	др Маја Турк Секулић, ванр. професор	Члан, ментор:	др Јелена Радонић, ванр. професор	
Председник:	др Мирјана Војиновић Милорадов, проф. емеритус	Потпис ментора													
Члан:	др Дејан Убавин, доцент														
Члан:	др Миљана Грица, ванр. професор														
Члан:	др Татјана Шолевић Кнудсен, виши научни сарадник														
Члан:	др Маја Турк Секулић, ванр. професор														
Члан, ментор:	др Јелена Радонић, ванр. професор														



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph documentation
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	PhD Thesis
Author, AU :	Maja Đogo, MSc
Mentor, MN :	Assoc. Prof. Jelena Radonić, PhD
Title, TI :	Concentration levels of persistent organic pollutants and management of POP in heterogeneous system of municipal waste landfills
Language of text, LT :	Serbian (Latin)
Language of abstract, LA :	Serbian/English
Country of publication, CP :	Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2017
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD :	Chapters 11 / Pages 221 / Pictures 32 / Figures 41 / Tables 20 / Beatures and sources 139 / Supplements 4
Scientific field, SF :	Environmental Engineering and Occupational safety and health
Scientific discipline, SD :	Environmental Engineering
Subject/Key words, S/KW :	Persistent organic pollutants, municipal solid waste landfills, health/environmental risk assessment HERA, research monitoring
UC	
Holding data, HD :	The library of the Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
Note, N :	None
Abstract, AB :	<p>The selection of representative municipal solid waste landfill locations (Bečej, Subotica, Sombor, Zrenjanin, Pančevo, Bačka Palanka, Vrbas, Temerin, Novi Sad and Ruma), the application of contemporary sampling methodologies, preparation, extraction and analyses of samples using modern analytical methods and techniques, statistical data evaluation, human and environment risk assessment, HERA, and the development of methodology for designig of future research and control monitoring programmes have been conducted within doctoral dissertation. Obtained results for POPs and PAHs were evaluated applying principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (CA). HERA was conducted using recommended EPA methodology for assessment and prediction of hazard effectes of toxic chemical substances on human population and environment. On the basis of experimental results and the levels of obtained technico-engineering experience Methodology for designig of future research and control monitoring programmes for landfilld heterogeneous system was developed in order to improve the POP waste management practice.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	08.09.2016.
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Prof. emeritus Mirjana Vojinović Miloradov, PhD
	Member: Ass. Prof. Dejan Ubavin, PhD
	Member: Assoc. Prof. Miljana Prica, PhD
	Member: Senior research assoc. Tatjana Šolević Knudsen, PhD
	Member: Assoc. Prof. Maja Turk Sekulić, PhD
	Member, Mentor: Assoc. Prof. Jelena Radonić, PhD
	Menthor's sign

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKE OSNOVE	5
2.1 Zajedničke i opšte karakteristike POP u životnoj sredini	5
2.2 Zakonska regulativa i međunarodne za POP supstance	8
2.3 Specifične fizičko-hemijske karakteristike POP/PAH.....	11
2.4 POP/PAH obuhvaćeni istraživanjem u okviru doktorske disertacije.....	28
2.4.1 Policiklični aromatični ugljovodonic i	28
2.4.2 Polihlorovani bifenili	29
2.4.3 Pentahlorbenzen i heksahlorbenzen.....	30
2.4.4 Heksahlocikloheksan	31
2.4.5 DDT/metaboliti.....	32
2.4.6 Polibromovani difenil etri.....	33
2.4.7 Dioksini i furani.....	34
2.5 Presek stanja upravljanja POP u Srbiji.....	35
2.6 Praksa upravljanja otpadom u AP Vojvodini, Srbija	37
3. MATERIJAL I METODE	40
3.1 Odabir lokaliteta uzorkovanja	40
3.2 Uzorkovanje	68
3.3 Analiza osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara	69
3.4 Analiza organskih polutanata	69
3.5 Statističke metode obrade rezultata.....	77
3.5.1 Analiza glavnih komponenti.....	77
3.5.2 Klaster analiza	77
3.6 Procena rizika na zdravlje humane populacije u blizini deponija komunalnog otpada	78
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA.....	81
4.1 Osnovni fizičko-hemijski i neorganski parametri u procednim vodama	81
4.2 Procena nivoa kontaminacije selektovanih lokaliteta organskim polutantima	87
4.2.1 Policiklični aromatični ugljovodonic i	87
4.2.2 Polihlorovani bifenili	92
4.2.3 Pentahlorbenzen i heksabromciklobenzen.....	97

4.2.4 Heksahlorcikloheksan.....	102
4.2.5 Dihlor-difenil-trihloretni i metaboliti.....	107
4.2.6 Polibromovani difenil etri.....	112
4.2.7 Polihlorovani dibenzo-p-dioksini i dibenzo furani.....	117
4.3 Procena izvora emisije neorganskih polutanata na deponijama komunalnog otpada	119
4.3.1 Analiza glavnih komponenti i klaster analiza – neorganski parametri.....	119
4.4 Procena izvora emisije organskih polutanata na deponijama komunalnog otpada.....	123
4.4.1 Analiza glavnih komponenti i klaster analiza – organski polutanti.....	123
4.5 Klasifikacija detektovanih POP i PAH prema stepenu kancerogenosti i procena uticaja na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine	127
4.5.1 Klasifikacija detektovanih POP i PAH prema stepenu kancerogenosti	127
4.5.2 Procena rizika po zdravlje humane populacije u blizini deponija komunalnog otpada	129
4.6 Razvoj metodologije kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela.....	133
5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA.....	141
6. LITERATURA	146
PRILOG I.....	157
PRILOG II	232
PRILOG III	234
PRILOG IV	237

1. UVOD

Razvoj i implementacija dobre prakse upravljanja otpadom kao obavezne rezidue svake privredne i industrijske delatnosti i ljudske aktivnosti, predstavljaju imperativ održivog razvoja savremenog društva.

Odlaganje otpada na deponije trenutno je najzastupljeniji metod upravljanja otpadom na globalnom nivou. Nacionalna strategija integralnog upravljanja otpadom za period od 2010. do 2019. godine predstavlja osnovni dokument kojim se obezbeđuju uslovi za racionalno i održivo upravljanje otpadom. Najvažniji ciljevi strategije su sigurnost i zdravlje ljudi kao i zaštita i unapređenje kvaliteta životne sredine. Proces pridruživanja Evropskoj uniji i harmonizacija domaćeg i evropskog zakonodavstva podrazumevaju poboljšanje sistema upravljanja otpadom i sprovođenje kontinualnog monitoringa zagađenja na deponijama komunalnog otpada.

Neadekvatno deponovanje otpada dovodi do kontaminacije svih medijuma životne sredine (vode, vazduha, zemljišta i biote). Voda koja perkolira kroz masu tela deponovanog otpada, rastvara različite materije koje horizontalnom i vertikalnom migracijom dospevaju i do podzemnih voda. Dodatni problem predstavlja kontaminacija ambijentalnog vazduha i zemljišta u okolini deponija, usled raznošenja otpada vetrom, nekontrolisanog paljenja otpada i isparavanja komponenti organskog porekla.

Kompleksnim fizičkim procesima, hemijskim i biohemijskim reakcijama u telu deponije generišu se brojne toksične i opasne organske i neorganske materije, i smeše nepoznatog sastava sa mogućnošću daljih složenih interakcija. Eksterni uslovi, kao što su temperatura, vlažnost, pritisak, brzina vetra i ruže vetrova utiču na tok i brzinu hemijskih i biohemijskih reakcija i posledično, generisanja različitih toksičnih supstanci. U zavisnosti od vrste otpada koji se odlaže, u medijumima životne sredine, u neposrednoj okolini deponija, sa velikom izveznošću, registruju se i identifikuju opasne i toksične supstance iz grupe organskih polutanata.

U okviru prethodnih istraživanja, u telu i okolnoj sredini deponija, pored deponijskih gasova metana (CH_4), ugljen-dioksida (CO_2), ugljen-monoksida (CO) i vodonik-sulfida (H_2S), identifikovani su i katjoni toksičnih teških metala, kadmijuma, olova, žive, bakra, gvožđa i drugih metala i semimetala, kao i anjonskih vrsta NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , SO_4^{2-} i drugih (Christensen i dr., 1994; Chu i dr., 1994; Kjeldsen i Christophersen, 2001; Kjeldsen i dr., 2010; Stanisavljević i dr., 2012; Vujić i dr., 2010).

Tokom druge polovine dvadesetog veka, atmosfersko zagađenje organskim supstancama koje se svakodnevno koriste ili se formiraju kao nusprodukti u industrijskoj proizvodnji i procesima sagorevanja, fokusira istraživanja na detekciju i kvantifikaciju perzistentnih organskih polutanata POP (eng. *Persistent Organic Pollutants*) u osnovnim medijumima životne sredine (Gavrilescu, 2005; Klanova i dr., 2007; Weber i dr., 2011; Lammel i dr., 2015).

Prethodne studije potvrdile su prisustvo organskih komponenti koje su bile obuhvaćene istraživanjem u okviru doktorske disertacije, policiklični aromatični ugljovodonici, PAH (eng.

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), polihlorovani bifenili, PCB (eng. *Polychlorinated Byfenils*), pentahlorbenzen, PeCB (eng. *Pentachlorbenzene*), heksahlorbenzen, HCB (eng. *Hexachlorbenzene*), heksahlocikloheksan, HCH (eng. *Hexachlorcyclohexane*), dihlor-difenil-trihloetan, DDT (eng. *Dichlorodiphenyltrichloroethane*), dihlor-difenil-dihloretilen, DDE (eng. *Dichlorodiphenyldichloroethylene*), dihlor-difenil-dihloetan, DDD (eng. *Dichlorodiphenyldichloroethane*), polibromovani difenil etri, PBDE (eng. *Polybrominated Diphenyl Ether*), dioksini i furani, PCDD/F (eng. *polychlorobenzodioxin, polychlorodibenzofuran*), u svim medijumima životne sredine, predstavljajući rizik po zdravlje ljudi i stabilnost ekosistema (Lohman i dr., 1998; El-Shahawi i dr., 2010; Lee i dr., 2010; Weber i dr., 2011; Shahpoury i dr., 2015).

Kontinualna emisija POP, u životnu sredinu, bez mogućnosti oštrije kontrole, često je povezivana sa otpadom koji se generiše industrijskom delatnošću, dok je danas poznato da su značajne količine hlorovanih, bromovanih i fluorovanih POP, kao deo predmeta opšte upotrebe, godinama nekontrolisano odlagane na deponijama komunalnog otpada (Chrysikou i dr., 2008; Weber i dr., 2011; Lou i dr., 2016).

Iskustva razvijenih zemalja (Allen, 2000; Baibergenova i dr., 2003; Brunner i dr., 2007; Carpenter i dr., 2008) i zemalja u razvoju potvrdile su da deponije komunalnog otpada predstavljaju značajne izvore emisije POP koji utiču na zagađenje površinskih i podzemnih vodenih tokova, ambijentalnog vazduha, zemljišta i imaju negativan uticaj na zdravlje ljudi (Minh i dr., 2006; Someya i dr., 2010). Merenje emisije i utvrđivanje načina rasprostiranja polutanata sa deponija komunalnog otpada predstavljaju ključne elemente istraživačkog i naučnog postupka u identifikaciji prisustva zagađujućih materija i stanja delova životne sredine koji se nalaze u okolini tela deponija (Weber i dr., 2008).

Podaci o koncentracionim nivoima perzistentnih organskih polutanata na području Centralne i Istočne Evrope su, u ovom trenutku, malobrojni, nepotpuni i nedovoljni za adekvatnu procenu stepena kontaminacije svih medijuma životne sredine i potencijalnih akcidenata. U zemljama regiona je prisutno "istorijsko" zagađenje koje potiče od prethodnih industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti kao što je teška industrija (rudarstvo, metalurgija, industrija čelika, elektrane), proizvodnja POP, ekstenzivna poljoprivredna proizvodnja i neadekvatno upravljanje otpadom. Podaci o proizvodnji, uvozu, izvozu i eksploataciji POP su, do skora, bili ograničeni, ali su u zemljama potpisnicama Stokholmske konvencije (eng. *Stocholm Convention*) o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama, zahvaljujući razvoju Nacionalnog registra, značajno upotpunjeni u poslednjih nekoliko godina.

Istraživanje u okviru doktorske disertacije bilo je posebno motivisano podacima dobijenim u okviru IV faze projekta „Monitoring perzistentnih organskih polutanata u ambijentalnom vazduhu Centralne i Istočne Evrope, MONET CEECs-POPs“ (eng. *Monitoring of persistant organic pollutants (POPs) in ambient air of the Central and Eastern Europe (CEE)*), koji je bio rezultat potrebe za razvojem globalnog monitoring plana za perzistentne organske polutante u regionu Centralne i Istočne Evrope, u saglasnosti sa zahtevima Stokholmske konvencije (MONET Report,

2008). Istraživanja sprovedena na teritoriji Republike Srbije, u okviru istraživačke grupe Vojinović Miloradov i dr., u periodu nakon 1999. godine, ukazuju na kontaminaciju ambijentalnog vazduha i zemljišta pojedinim supstancama iz grupe POP kao i na neophodnost daljih ispitivanja i uspostavljanja dugoročnog, široko prostornog i sveobuhvatnog monitoring programa POP u svim medijumima životne sredine (Klanova i dr., 2007; Turk i dr., 2007; Radonić i dr., 2011).

Rezultati eksperimentalnog određivanja organskih polutanata u medijumima životne sredine, na deponijama komunalnog otpada Centralne i Istočne Evrope, su malobrojni ili ne postoje usled izuzetno složene, zahtevne i osetljive metodologije kvantifikacije brojnih hazardnih hemijskih specija. Usled nedostatka adekvatnih analitičkih tehnika i opreme za dugotrajna uzorkovanja, Republika Srbija je samo delimično u mogućnosti da kvantifikuje niske vrednosti koncentracionih nivoa POP u životnoj sredini.

Sadašnji sistem monitoringa i prikupljanja podataka nije adekvatan, sistematičan i efikasan i zahteva istraživački pristup jer ne omogućava pravovremeno informisanje o prisustvu i izvorima POP u životnoj sredini i biološkim uzorcima. Kvantifikacija i pravilna procena zagađenja medijuma životne sredine nastala usled nekontrolisanog odlaganja otpada predstavlja važan polazni aspekt za kreiranje održivog monitoring programa i unapređenje prakse upravljanja različitim frakcijama otpada koji utiču na generisanje POP.

Zakonska regulativa Republike Srbije podržava osnovu za praćenje nivoa koncentracija POP u životnoj sredini, hrani i biološkim matriksima, ali je neophodno donošenje seta podzakonskih akata koji bi jasno opisali sistem monitoringa, godišnje obime merenja i granične vrednosti, gde je primenjivo.

Usled pojave sve većeg broja supstanci koje predstavljaju potencijalnu opasnost po sigurnost i zdravlje ljudi i životnu sredinu, neadekvatnog odlaganja otpada na nesanitarnim deponijama kao i potreba za razvojem i implementacijom metodologija za planiranje, uzorkovanje i kvantifikaciju kompleksnih organskih komponenti predmet istraživanja doktorske disertacije bila je detekcija i kvantifikacija poluisparljivih perzistentnih toksičnih supstanci u uzorcima procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta na deset nesanitarnih deponija komunalnog otpada u Republici Srbiji.

Globalni cilj doktorske disertacije bio je da se prikupe podaci o nivoima koncentracije poluisparljivih, perzistentnih, toksičnih organskih polutanata u medijumima životne sredine (procedne vode, ambijentalni vazduh, zemljište), na deponijama komunalnog otpada kako bi se dobijene vrednosti uporedile sa rezultatima istraživanja u drugim zemaljama, utvrdili potencijalni izvori emisije ispitivanih POP, istražila zavisnost koncentracionih nivoa od raspoloživih podataka o sastavu otpada, procenio uticaj sistema upravljanja otpadom na prisustvo POP i sprovedla procena rizika na zdravlje okolnog stanovništva.

Opisano istraživanje je po prvi put sprovedeno na deponijama, na teritoriji Republike Srbije, primenom savremenih metoda uzorkovanja i analize uzoraka. Rezultati istraživanja, biće prvi

prezentovani rezultati o prisustvu poluisparljivih organskih polutanata na deponijama komunalnog otpada u Republici Srbiji.

Sprovođenjem istraživanja u ovoj oblasti pruža se podrška u sprovođenju Nacionalnog plana za implementaciju Stokholmske konvencije i ispunjavanju zahteva Okvirne direktive o vodama EU, WFD (eng. *Water Frame Directive*) kojima je utvrđena potreba za opsežnim istraživanjima u ovoj oblasti.

Realizacijom istraživanja u okviru doktorske disertacije očekuje se razvoj metodologije tehničko-tehnološkog i inženjerskog projektovanja monitoringa heterogenog medijuma deponijskog tela integrisanog sa postupkom praćenja količine i sastava otpada u cilju unapređenja sistema upravljanja otpadom i zaštitom životne sredine.

2. TEORIJSKE OSNOVE

2.1 Zajedničke i opšte karakteristike POP u životnoj sredini

Perzistentni organski polutanti su grupa organskih jedinjenja različitog porekla sličnih fizičko-hemijskih karakteristika sa izraženim afinitetom ka atmosferskom transportu na velike udaljenosti. Klasifikuju se kao perzistentne, bioakumulativne i toksične supstance (eng. *persistante, bioaccumulative, toxic - PBT*) i perzistentne toksične supstance (eng. *persistant toxic substances - PTS*).

POP su otporni na fotolitičku, hemijsku i biološku degradaciju, što omogućava da u životnoj sredini perzistiraju nepromenjeni dugi vremenski period. POP hemikalije su slabo rastvorne u vodi, dok u lipidima imaju visoku rastvorljivost i na taj način postižu intenzivnu bioakumulaciju u masnom tkivu i biomagnifikaciju kroz trofičke lance ishrane. POP su poluisparljivi, što podržava atmosferski transport, kao slobodnih gasnih molekula ili sorbovanih na čvrste čestice, na velike udaljenosti od izvora emisije i primene (Lerche i dr., 2002; El-Shahawi i dr., 2010; Weber i dr., 2011).

Brojni perzistentni organski polutanti pripadaju grupi organohalogenih jedinjenja među kojima su najzastupljenije hlorovane supstance. Stabilnost prema degradaciji je veća sa porastom stepena hlorinacije, usled snažne i energetske bogate veze ugljenik-hlor u reakcijama hidrolize. Organohlorna jedinjenja (dioksini, furani, polihlorovani bifenili, heksahlorbenzen, hlordan, hlordekon, lindan, heptahlor, dieldrin, aldrin, toksafen, mireks i DDT) su najrasprostranjenija grupacija perzistentnih organskih polutanata. Zajedničke i opšte osobine POP navedene su u nastavku.

Perzistentnost

Perzistentnost je jedan od najvažnijih kriterijuma procene rizika prisutnosti supstance u životnoj sredini i definiše se kao kinetički fenomen uklanjanja ili mitigacije supstance fizičkim, hemijskim i mikrobiološkim procesima uklanjanja i definisana je brzinom transformacije, k_t/h , odnosno vremenom poluživota supstance, $t_{1/2}$. Brzina transformacije polutanata u životnoj sredini je dobro aproksimirana jednačinom prvog reda. POP su stabilni na hemijske i mikrobiološke degradacije/transformacije (Smaranda i Gavrilesco, 2008). Perzistentni organski polutanti su prisutni u različitim kategorijama proizvoda (prehrambeni, farmaceutski, petrohemijski, plastični materijali, stabilizatori, aditivi, organski agensi i drugi) koji se na kraju životnog ciklusa odlažu na deponije. Naime u životnoj sredini dolazi do kumulovanja POP u površinskim i podzemnim vodnim tokovima, ambijentalnom vazduhu, zemljištu i bioti (Forster, 2006; Heinisch i dr., 2007).

Bioakumulacija

Bioakumulacija je sposobnost kumulovanja supstance u organizmima, u koncentracijama višim od koncentracija u životnoj sredini (Wahlström, B., 1998). Ako se proces kumulovanja odvija u akvatičnoj sredini definiše se kao biokoncentracija. POP putem složenih lanaca ishrane dospevaju u žive organizme i s obzirom na to da se slabo rastvaraju u vodi, a veoma dobro u mastima, lako penetriraju kroz polupropusljive fosfolipidne strukture bioloških membrana, i deponuju se i skladište u masnim tkivima živih organizama viših trofičkih lanca ishrane (ribe, ptice grabljivice, sisari i ljudi) (Smaranda i Gavrilescu, 2008). Složen i dugotrajan proces bioakumulacije i biomagnifikacije izaziva pojavu hronične intoksikacije, poremećaje endokrinog i reproduktivnog sistema, mutagenezu i nastanak kaceranih malformacija.

Toksičnost

Toksičnost je efekat stepena i nivoa oštećenja organizma toksičnom, hazardnom supstancom. Toksičnost supstance zavisi od stereochemijskih karakteristika, hemijske strukture i toksofornih grupa – atoma koji amplificiraju toksičnost supstance. POP kao dugotrajne organske zagađujuće supstance toksične su po humanu populaciju i biološke organizme i imaju mutagene, teratogene i kancerogene efekte (Lerche i dr., 2002; Minh i dr., 2006.; Someya i dr., 2010). Prema međunarodnoj agenciji za istraživanje raka određene supstance iz grupe POP identifikovane su kao potencijalni kancerogeni.

Transport

POP se lako transportuju i prenose na velike udaljenosti kao posledica specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika dinamičkog procesa isparavanja koje se reflektuju na visoke atmosferske koncentracije, što rezultuje lokalnom, regionalnom i globalnom redistribucijom (Jakšić, 2006). Do ranih 80-tih godina povišena koncentracija POP (DDT i PCB) bila je karakteristična za zemlje severne hemisfere, kao što su Japan, zemlje Severne Amerike i Evrope, usled intenzivne proizvodnje i učestale upotrebe. Danas je akumulacija POP najznačajnija u polarnim regijama, zahvaljujući temperaturnom gradijentu – transportu iz toplijih regiona u hladnije, u kojima se procesima suve i vlažne depozicije sedimentiraju i deponuju (Breivik i dr., 2002; Gavrilescu, 2005).

Detekcija POP hemikalija u širokim prostornim koordinatama je specifična jer su registrovani u regionima i oblastima gde nikada nisu bili korišćeni i ne postoje mogući izvori zagađenja što je dominantna posledica koncentracionih gradijenata na prostorima. Transport POP započinje osnovnim procesom remisije, kruženja distribucije i particije horizontalnih i vertikalnih tokova u okviru i između osnovnih medijuma životne sredine.

Poreklo POP u životnoj sredini

Perzistentni organski polutanti pored prirodnih izvora, dominantno su rezultat sveukupnih antropogenih aktivnosti zagađivanja kao što su proizvodnja i upotreba specifičnih organskih hemikalija, industrijska proizvodnja, procesi sagorevanja otpada i materija organskog porekla, sagorevanje drveta, nafte, izduvni gasovi automobila i drugo (Palm i dr., 2002; Harner i dr., 2006).

Industrijska proizvodnja i upotreba POP datira još iz dvadesetih godina prošlog veka. Veliki broj hemikalija iz ove grupe polutanata se proizvodio namenski (pesticidi, polihlorovani bifenili), dok su ostala jedinjenja nastajala kao sporedni proizvodi koji su se, pri različitim tehnološkim procesima i akcidentima, oslobađali u životnu sredinu. Grupi perzistentnih organskih polutanata iz antropogenih izvora kontaminacije, pripadaju PCB koji su se intezivno upotrebljavali u industriji, DDT i metaboliti DDE i DDD koji se i danas koriste kao insekticidi. Dioksini, furani, HCB, PeCB, PBDE i PAH nastaju kao sekundarni produkti u industrijskim procesima i pri svim procesima sagorevanja, posebno, nepotpunog sagorevanja (Weber i dr., 2008; Weber i dr., 2011).

Iako je upotreba POP zakonom ograničena šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka, mnoge hemikalije danas multiplificiraju kontaminaciju životne sredine usled perzistentnosti i usporene degradacije/transformacije u prirodnim uslovima.

2.2 Zakonska regulativa i međunarodne za POP supstance

Veliki broj naučnih istraživanja i praktičnih analiza sa kraja dvadesetog veka ukazuje na štetnost upotrebe POP, što je i uzrokovalo definisanje i usvajanje velikog broja konvencija i zakonskih regulativa, koje treba da regulišu proizvodnju, primenu i ispuštanje ove grupe polutanata u životnu sredinu.

Zbog specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika POP kao i njihove prisutnosti i rasprostranjenosti u svim oblastima, u svetu se ubrzano razvija globalni sistem kontrole i upravljanja toksičnim supstancama i otpadom. Različite međunarodne konvencije, uredbe i protokoli, koji regulišu pojedinosti vezane, neposredno ili posredno, za POP su uspostavljene: Stokholmska konvencija, Uredba 850/2004/EC o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama, Arhuska konvencija o dostupnosti informacija, Protokol o Registru ispuštanja i prenosa zagađujućih supstanci, Roterdamska konvencija o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini, Bazelska konvencija o kontroli prekograničnog kretanja opasnog otpada i njegovom odlaganju.

Stokholmska konvencija o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama je usvojena 2001. godine u Stokholmu pod koordinacijom Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine, UNEP (eng. *United Nation Environment Program*). Konvencija je stupila na snagu 17. maja 2004. godine. i predstavlja prvi globalni i pravno obligacioni instrument koji je zasnovan na naučnim kriterijumima. Osnovni cilj Stokholmske konvencije je da zabrani ili ograniči proizvodnju, upotrebu, emisiju, uvoz i izvoz toksičnih hazardnih supstanci, koje pripadaju grupi dugotrajnih organskih zagađujućih polutanata u cilju zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Kriterijumi za prioritizaciju polutanata bili su koncentracioni nivoi kao i specifične fizičko-hemijske karakteristike, perzistentnost, bioakumulativni potencijal, toksičnost i potencijal za transport na velike udaljenosti, LRT (eng. *Long Range Transport*) i drugo.

Usvajanjem Zakona o ratifikaciji Stokholmske konvencije Srbija se obavezala da ispunjava sve odredbe Stokholmske konvencije uključujući i usaglašavanje nacionalnog zakonodavstva u svim segmentima koji imaju veze sa POP. U sklopu svih aktivnosti neophodno je da se identifikuju i uspostave norme za emisiju i nivoe zagađujućih supstanci iz grupe POP. Planirano je da se kontrola sprovedenih mera sprovodi izradom registra POP, akcionih planova upravljanja i uništavanja, kao i sistematskim monitoringom POP u različitim medijumima životne sredine. Hemikalije sa liste Stokholmske konvencije prikazane su u Aneksima Konvencije (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 Hemikalije sa liste Stokholmske Konvencije (Stokholmska konvencija, 2017)

Supstanca	Aneks	Upotreba
2001		
Aldrin	A	Δ
Endrin	A	Δ
Dieldrin	A	Δ
Hlordan	A	Δ
Mireks	A	Δ
Toksafen	A	Δ
Heptahlor	A	Δ
Heksahlorbenzen (HCB)	A, C	Δ/■
Polihlorovani Bifenili (PCB)	A, C	●/■
Dihlor-Difenil-Trihloetan (DDT)	B	Δ
Polihlorovani Dibezodioksini (PCDD)	C	■
Polihlorovani Dibenzo Furani (PCDF)	C	■
2009		
Alfa-heksahlorcikloheksan (A-HCH)	A	Δ/●
Beta-heksahlorcikloheksan (B-HCH)	A	Δ/●
Hlordekon	A	Δ
Tehnički endosulfan i njegovi izomeri	A	Δ
Heksabromciklododekan (HBCD)	A	●
Heksabrombifenil (HBB)	A	●
Heksahlorbutadien (HCBd)	A	●
Heksabromdifeniletar (HeksaBDE) i heptabromdifeniletar (Hepta BDE)	A	●
Lindan	A	Δ
Pentahlorbenzen (PeCB)	A, C	Δ/●/■
Pentahlorfenol i njegove soli i estri	A	Δ
Perfluoroktansulfonska kiselina (PFOS), njegove soli i Perfluorooktan sulfonil fluorid (PFOSF)	B	●
Polihlorovani naftaleni	A, C	●/■
Tetrabromdifenil Etar (TetraBDE) i pentabromdifenil etar (Penta BDE)	A	●
Dekabromdifenil etar (komercijalna mešavina, c-DecaBDE)	A	●
Hlorovani parafini (SCCP)	A	●
Δ - pesticidi, ● – industrijski POP, ■ – nenamerno proizvedeni POP		

Bazelska konvencija je međunarodni multilateralni ugovor iz marta 1989. godine kojim se regulišu kriterijumi za upravljanje otpadom na način usaglašen sa zahtevima zaštite i unapređenja životne sredine, kao i postupci prekograničnog kretanja opasnog i drugog otpada. Bazelskim amandmanom je od 1995. godine zabranjen izvoz opasnog otpada u zemlje koje nemaju odobrene kapacitete za postupanje sa ovom vrstom otpada, tj. u zemlje van Evropske Unije. Srbija je potpisala Bazelsku konvenciju 1989. godine, a ratifikacijom postala i član 2000. godine.

Roterdamska Konvencija o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini ima za cilj promovisanje podeljene odgovornosti i saradnje na polju međunarodne trgovine određenim opasnim hemikalijama u cilju zaštite zdravlja ljudi i kvaliteta životne sredine. Zakon o potvrđivanju Roterdamske konvencije o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini donet je u Službenom glasniku RS, Međunarodni ugovori, br. 38/2009.

2.3 Specifične fizičko-hemijske karakteristike POP/PAH

Difuzioni i kinetički procesi (distribucija, particija, transport), sudbina i ponašanje POP/PAH supstanci u životnoj sredini zavise od fizičko-hemijskih karakteristika same supstance i sredine u kojoj se posmatrana supstanca nalazi. U osnovne fizičko-hemijske karakteristike POP se ubrajaju rastvorljivost u vodi, napon pare, Henrijeva konstanta, koeficijent raspodele za sistem oktanol/voda, K_{ow} , koeficijent raspodele za sistem voda/vazduh, K_{wa} , koeficijent raspodele za sistem organski ugljenik/voda, K_{oc} , kao i perzistentnost u životnoj sredini. Osnovne fizičko-hemijske karakteristike 16 prioriternih PAH i POP ispitivanih u okviru doktorske disertacije prikazani su u Tabeli 2.2.

Za opis procesa dinamičko ravnotežne raspodele supstanci i transporta potrebno je da se definiše distribucija između različitih medijuma životne sredine. Raspodela supstanci u heterogenom sistemu definiše se koeficijentima raspodele supstance između gasne i tečne faze, gasne i čvrste faze, organske supstance i vode, organske supstance i zemljišta. Koeficijent raspodele, K , predstavlja ravnotežnu raspodelu supstance između dve faze koje se ne mešaju i mera je razlike rastvorljivosti između dve faze heterogenog sistema. K može da se predstavi kao odnos ravnotežnih koncentracija supstance u dve faze heterogenog sistema i aproksimira se odnosom rastvorljivosti supstance u obe faze:

$$K_{i,j} = \frac{c_i}{c_j} \cong \frac{S_i}{S_j} \quad (2.1)$$

gde su:

c_i, c_j – ravnotežne koncentracije supstance u fazama i i j (mol/m^3);

S_i, S_j – maksimalna rastvorljivosti supstance u fazama i i j (mol/m^3).

Rastvorljivost supstance u vodi, S , ima vitalnu ulogu u kontroli raspodele supstance između vazduha, vode, zemljišta i biotskog matriksa.

Koeficijent raspodele vazduh-voda, K_{AW} , se može izraziti kao odnos koncentracija supstance u vazduhu i vodi, c_a/c_w ili preko Henrijeve (Hanry) konstante, H [$\text{Pa m}^3/\text{mol}$], koja predstavlja odnos parcijalnog pritiska supstance u vazduhu i koncentracije supstance u vodenom rastvoru, p_g/c_w . Koeficijent raspodele vazduh-voda opisuje se relacijom:

$$K_{AW} = \frac{c_A}{c_W} = \frac{p_g}{c_w RT} = \frac{H}{RT} \quad (2.2)$$

gde su:

R – univerzalna gasna konstanta ($8,3145 \text{ Pa m}^3/\text{mol K}$);

T – temperatura, [K].

Supstance sa visokom Henrijevom konstantom ($> 10^{-4}$) lako isparavaju u atmosferu i kao slobodne gasne molekule i/ili sorbovane na suspendovane čestice transportuju se na velike udaljenosti.

Particioni koeficijent za sistem 1-oktanol-voda, K_{OW} , je jedan od ključnih i najčešće korišćenih pokazatelja za predikciju tipa i vrste hemijske supstance i hemijskih procesa u životnoj sredini. Monohidroksilni normalni n-oktanol, je izabran kao surogat za organsku lipidnu frakciju jer ima približan odnos ugljenika i kiseonika kao većina lipida, veoma se malo rastvara u vodi i lako je dostupan u čistoj formi (Vojinović Miloradov i dr., 2014). Koeficijent particije oktanol-voda opisuje raspodelu supstance između lipidne faze (organske supstance) i vode:

$$K_{OW} = \frac{c_o}{c_w} \quad (2.3)$$

gde su:

c_o – ravnotežna koncentracija supstance u 1-oktanolu [mol/l];

c_w – ravnotežna koncentracija supstance u vodi [mol/l].

Za procenu hidrofilnosti odnosno hidrofobnosti zagađujuće supstance prihvaćeno je da ako je vrednost $\log K_{OW} > 4,5$ supstanca je hidrofobna, a manje od 4,5 supstanca je hidrofilna uz linearnu proporcionalnost.

K_{OW} , odnosno $\log K_{OW}$, je relativna i jednostavna mera hidrofobnosti organskih supstanci. Uz logičan sled poznavanja osnovnih fizičko-hemijskih parametara supstance može se zaključiti da što je supstanca više hidrofobna $\log K_{OW}$ je veće i supstanca je manje rastvorljiva u vodi, ali je veća verovatnoća da će se polutant sorbovati na čestice sa visokim sadržajem organskog ugljenika u zemljištu ili suspendovane čvrste čestice u vodi i vazduhu. Vrednosti koeficijenta K_{OW} su najčešće bezdimenzione, pošto su koncentracije supstanci u oktanolu (C_o) i vodi (C_w) date u istim jedinicama (na primer, mol/l). Eksperimentalno određene K_{OW} vrednosti su dostupne za veliki broj organskih polutanata (Mackay i dr., 2006).

Koeficijent raspodele oktanol-voda se pokazao vrlo korisnim, pri predikciji particije između vode i zemljišta i vode i sedimenta, potencijala adsorpcije zemljišta, biološkog unosa, biomagnifikacije i ekotoksičnosti.

Koeficijent raspodele 1-oktanol-vazduh, K_{OA} , se upotrebljava za predikciju particije nepolarnih organskih supstanci između vazduha i organske faze zemljišta, biotskog materijala i aerosola:

$$K_{OA} = \frac{c_o}{c_A} = \frac{c_o RT}{p_g} \quad (2.4)$$

gde su:

c_o – ravnotežna koncentracija supstance u 1-oktanolu [mol/l];

c_A – ravnotežna koncentracija supstance u vazduhu [mol/l].

Iako su eksperimentalno dobijene vrednosti za K_{OA} dostupne za relativno veliki broj supstanci, u pojedinim slučajevima, neophodno je eksperimentalno odrediti i izračunati koeficijent particije:

$$K_{OA} = \frac{K_{OW} RT}{H} \quad (2.5)$$

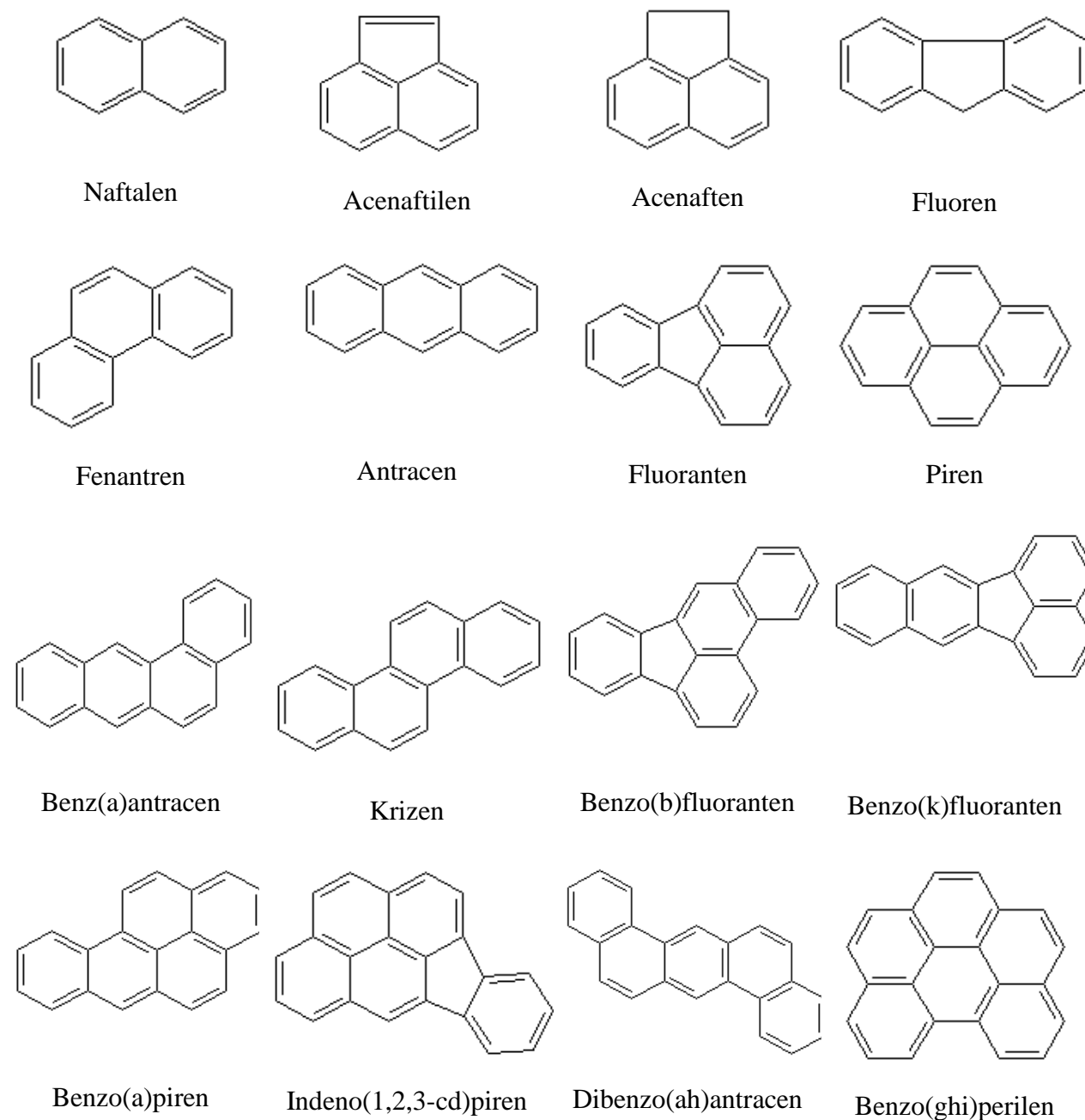
Tabela 2.2 Osnovne fizičko-hemijske karakteristike POP/PAH (Mackay i dr., 2006)

Supstanca	Rastvorljivost na 25°C [mg/l]	Napon pare na 25°C [Pa]	log K _{ow}
Naftalen	31	10	3,37
Acenaftilen	16,1	9·10 ⁻¹	4,07
Acenaften	3,8	3·10 ⁻¹	3,92
Fluoren	1,9	5·10 ⁻¹	4,18
Fenantren	1,1	8·10 ⁻²	4,46
Antracen	4,5·10 ⁻²	7·10 ⁻²	4,45
Fluoranten	2,6·10 ⁻¹	6·10 ⁻³	5,22
Piren	1,3·10 ⁻¹	5·10 ⁻⁴	4,90
Benz(a)antracen	1,1·10 ⁻²	5·10 ⁻⁴	5,61
Krizen	2·10 ⁻³	1,7·10 ⁻⁴	5,79
Benzo(b)fluoranten	1,5·10 ⁻³	1·10 ⁻⁶	5,78
Benzo(k)fluoranten	8·10 ⁻³	1·10 ⁻⁶	6,84
Benzo(a)piren	3,8·10 ⁻³	3·10 ⁻⁶	6,04
Indeno(1,2,3-cd)piren	1,9·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁹	6,72
Dibenz(ah)antracen	6·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁸	6,50
Benzo(ghi)perilen	2,6·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁸	7,10
PCB	9·10 ⁻⁴ –5,8·10 ⁻²	6,5·10 ⁻² –7,7·10 ⁻⁵	6,29–8,7
HCB (PeCB)	4·10 ⁻³ –6·10 ⁻³	2,3·10 ⁻⁴	5,5–6,1
HCH izomeri	2·10 ⁻¹ –10	1,2·10 ⁻³ –2,1·10 ⁻⁵	3,5–3,7
DDT/metaboliti	2,5·10 ⁻² –1,2·10 ⁻¹	2,1·10 ⁻⁵ –8·10 ⁻⁴	6,02–6,91
PBDE	2·10 ⁻² –3·10 ⁻²	3·10 ⁻³ –5·10 ⁻⁶	4,8–10
PCDD/F	7,9–317	2,17·10 ⁻⁵ –9,8·10 ⁻⁸	6,64–7,02

2.4 POP/PAH obuhvaćeni istraživanjem u okviru doktorske disertacije

2.4.1 Policiklični aromatični ugljovodonici

Policiklični aromatični ugljovodonici (Slika 2.1) su grupa kompleksnih organskih jedinjenja, planarne strukture, komponovani od ugljenika i vodonika organizovanih u prstenastu strukturu sa najmanje dva aromatična prstena.



Slika 2.1 Strukturne formule 16 prioriternih PAH (Radonić, 2009)

Iako se fizičko-hemijske karakteristike svakog pojedinačnog predstavnika znatno razlikuju, zajednička osobina, polu ili laka isparljivost, čini PAH visoko mobilnim kroz životnu sredinu (Radonić, 2009) distribuirajući PAH u sve medijume životne sredine uz slične procese particije, transporta i relativno kratke perzistencije u životnoj sredini.

Policiklični aromatični ugljovodonici su često klasifikovani kao perzistentni organski polutanti iako se po određenim osobinama razlikuju od POP. Spontani procesi degradacije u životnoj sredini mogu da utiču na smanjenje nivoa koncentracije PAH, zbog čega se ne nalaze na listi Stokholmske konvencije zajedno sa ostalim poluisparljivim organskim polutantima. Najčešći globalni način razgradnje policikličnih aromatičnih ugljovodonika sorbovanih na čvrstim česticama u atmosferi je proces fotolize. U odsustvu posebnih lokalnih izvora emisije, koncentracija PAH u atmosferi isključivo zavisi od sezonskih varijacija.

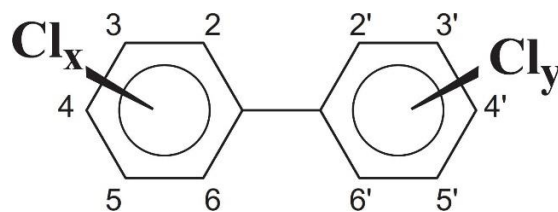
Izvori PAH su i prirodnog i antropogenog porekla. Prirodni izvori PAH su požari i vulkanske erupcije. Sagorevanje drveta je najznačajniji antropogeni izvor emisije PAH u atmosferu. Ostali antropogeni izvori PAH su procesi sagorevanja fosilnih goriva, saobraćaj, proizvodnja električne energije, grejanje, industrija, spaljivanje otpada organskog porekla, požari i drugo (Ravindra i dr., 2008). Deponije koje su izložene nekontrolisanom spaljivanju otpada predstavljaju značajne izvore ove grupe polutanata (Weber i dr., 2008).

Policiklični aromatični ugljovodonici su kontaminanti čiji se koncentracioni nivoi i ponašanje u životnoj sredini u poslednjem periodu proučavaju zbog pseudoperzistencije, dugoročnog transporta, globalne distribucije i visoke toksičnosti nekih predstavnika (Prevedouros i dr., 2004; Vojinović Miloradov i dr., 2005; Radonić i dr., 2009; Vojinović Miloradov i dr., 2008).

Većina jedinjenja iz grupe PAH imaju mutagene i kancerogene karakteristike (Ravindra i dr., 2008). PAH sa četiri ili više prstenova, tj. PAH veće molekulske mase se, pri normalnim uslovima, ne pojavljuju samostalno, već sorbovani na čestice čađi, prašine i pepela. PAH manje molekulske mase, kao što je fenantren, su uglavnom u gasovitoj fazi i za njih je karakteristična mogućnost transporta na velike udaljenosti (Wania i dr., 1996). Koncentracioni nivoi PAH su viši u blizini industrijskih kapaciteta, deponija otpada, saobraćajnica kao i naselja koja se greju čvrstim gorivima (Ravindra i dr., 2008).

2.4.2 Polihlorovani bifenili

PCB su familija organskih jedinjenja koje karakteriše visoka lipofilnost, perzistentnost sa poluživotom, $t_{1/2}$, i do 30 godina, značajna toksičnost i visok stepen rezistencije na degradacione procese u medijumima životne sredine. Imaju visoku termičku i foto stabilnost i nizak reakcioni potencijal. Iako se sorbuju na čestice i površinu zemljišta. Sa povećanjem broja supstituenata hlora povećava se otpornost na fotohemijske reakcije i biološku razgradnju kao i tendencija ka bioakumulaciji i biomagnifikaciji u masnom tkivu (Turk Sekulić, 2009). Opšta strukturna formula polihlorovanih bifenila prikazana je na Slici 2.2.



Slika 2.2 Opšta strukturalna formula PCB (Stokholmska konvencija)

Iako je bilo poznato da ne postoje prirodni izvori PCB najnoviji istraživački podaci dokazuju da određena grupa mikroorganizama u strukturalnoj ćelijskoj mreži sadrži sekvencijalne komponente polihlorovanih bifenila. U životnu sredinu, PCB se unose na različite načine, nekontrolisano i nenamerno ispuštanje iz uređaja u radu, uništavanje opreme sa piralenskim fluidima, akcidentalnim događajima. Značajne količine PCB su upotrebljavane kao aditivi u industrijama plastičnih materijala, polimera, premaza, boja i drugih materijala.

Okvirno od 1,3 do 2 miliona tona PCB je proizvedeno u svetu, u periodu od 1930. do 1993. godine, od čega je više od 30% emitovano u životnu sredinu. Mali procenat proizvedenih PCB je tretiran ili uništen, dok je oko 15% još uvek u upotrebi u zatvorenim sistemima transformatora i kondenzatora, dok su najveće količine piralena odložene na deponije komunalnog otpada, odakle se različitim procesima isparavanja, kondenzacije i sedimentiranja transportuju u tri osnovna abiotska medijuma životne sredine i na velike udaljenosti (Weber i dr., 2011).

Visoki koncentracioni nivoi PCB su identifikovani u blizini starih skladišta, zemljišta sa istorijskim zagađenjem, na mestima nekadašnjih hemijskih industrija (*brownfiled* aerali) i u velikim industrijskim centrima (Klanova i dr., 2008).

PCB su privukli posebnu pažnju i istraživački interes usled povećanog zagađenja reka i jezera u industrijskim oblastima, intoksikacije akvatičnih organizama (ribe i osetljive akvatične specije), kumulovanja u masnom tkivu ljudske populacije i biološkim tečnostima (humano mleko) i negativnog impakta na čoveka i sveukupne životne sredine (Estrellan i Lino, 2010; Weber i dr., 2011; Lou i dr., 2016).

2.4.3 Pentahlorbenzen i heksahlorbenzen

Pentahlorbenzen (C_6HCl_5) i heksahlorbenzen (C_6Cl_6) pripadaju grupi nenamerno proizvedenih POP hemikalija koje se u životnu sredinu oslobađaju iz antropogenih izvora.

Fizičko-hemijske karakteristike PeCB, rastvorljivost, napon pare i Henrijeva konstanta ukazuju na visoku hidrofobnost i transport na velike udaljenosti od izvora emisije i primene. Pentahlorbenzen u ambijentalnom vazduhu reaguje sa hidrosilnim (OH) radikalima i lako podleže foto-oksidaciji.

Pentahlorobenzen se koristi u komercijalne svrhe, kao hemijski intermedijer u sintezi fungicida, a može se naći i kao nečistoća u pojedinim vrstama herbicida i pesticida. Potencijalni izvori oslobađanja ovog arilnog halida su polihlorovani bifenili. Međutim, pentahlorbenzen u najvećoj meri nastaje u procesima spaljivanja materija organskog porekla (komunalni i hazardni otpad) u prisustvu hlora, koji doprinose više od 50% od ukupnog godišnjeg unosa PeCB u životnu sredinu.

HCB je hlorovano monociklično aromatično jedinjenje u kojem je benzenov prsten u potpunosti supstituisan atomima hlora. Heksahlorbenzen je bela kristalna čvrsta supstanca veoma slabo rastvorljiva u vodi koju karakteriše visok koeficijent raspodele oktanol/voda, nizak napon pare i slaba zapaljivost. Zbog specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika HCB se dominantno nalazi kao slobodne molekule sa niskim procentom sorbovanja na suspendovanim čvrstim česticama u vazduhu (Cortes i dr., 1998).

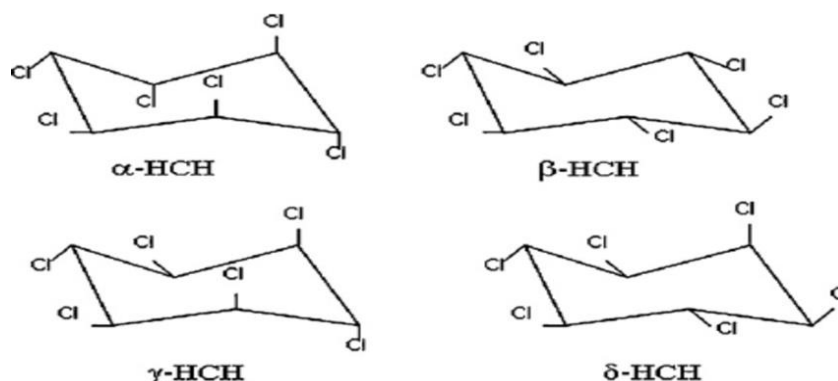
HCB je prvi put proizveden 1945. godine i upotrebljavan je kao fungicid i sporedni proizvod za proizvodnju drugih hemikalija (na primer PeCB). Upotreba i primena HCB registruje se u procesima zaštite drveta, impregnacije papira, proizvodnji grafitnih elektroda i vojnih pirotehničkih proizvoda, a javlja se i kao nečistoća u velikom broju hlorovanih supstanci, rastvarača i pojedinih pesticida.

Zagađenje životne sredine PeCB i HCB posledica su direktne upotrebe, isparavanja i naknadnog sedimentiranja, spiranja sa useva, oticanja sa površine zemljišta, industrijske proizvodnje, poljoprivredne aktivnosti i spaljivanja ambalažnog otpada pesticidnih i drugih hemikalija na deponijama (Klanova i dr., 2007).

PeCB i HCB imaju značajan negativan efekat na ekosistem zbog izrazite toksičnosti, moguće akumulacije u trofičkim lancima ishrane, stabilnosti i rezistencije jer im je u prirodnim uslovima potrebno nekoliko godina za hemijske transformacione i degradacione procese.

2.4.4 Heksahlocikloheksan

Heksahlorcikloheksan ima osam izomera od kojih se samo četiri (α -HCH, β -HCH, γ -HCH i δ -HCH) koriste u komercijalne svrhe. Stereohemijske formule četiri izomera HCH prikazane su na Slici 2.3.



Slika 2.3 Stereohemijske formule 4 izomera HCH (Srivastava i dr., 2010)

Tehnički heksahlorcikloheksan je smeša nekoliko izomera koja sadrži od 65 – 70% α -HCH, 7 – 10% β -HCH, 14 – 15% γ -HCH i oko 10% ostalih izomera i komponenti (Srivastava i dr., 2010), koji se nalaze u dinamičkoj ravnoteži u zavisnosti od eksternih, posebno temperaturnih, parametara okoline. Komercijalni preparat lindan sadrži više od 90% γ -HCH koji predstavlja osnovnu visoko toksičnu supstancu izomera HCH. Gama stereohemija lindana fituje se u osetljive prostorne

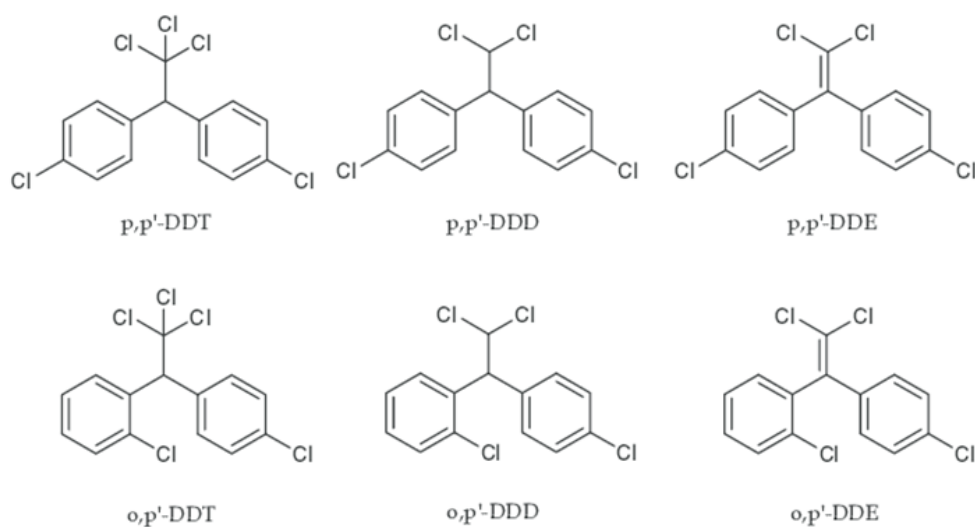
nanostrukturne kapilarne prostore enzimskih sistema remeteći normalnu funkcionalnost i izazivajući visoku toksičnost u biljnim i insekticidnim sistemima, pa i u čoveku. HCH se u vodi, zemljištu i sedimentima razgrađuju na manje toksične izomere.

Gama izomer koji je sorbovan na čestice zemljišta, u atmosferu dospeva na dva načina – erozijom površinskog sloja zemljišta pod dejstvom vetra ili isparavanjem. Koncentracioni nivoi γ -HCH u vazduhu zavise od temperature ambijentalnog vazduha. γ -HCH se iz vazduha uklanja atmosferilijama tj. vlažnom i suvom depozicijom, pri čemu dolazi do kontaminacije površinskog sloja zemljišta kao i voda u oblastima koje nisu direktno izložene primeni i dejstvu lindana (Weber i dr., 2011). Lindan je široko rasprostranjen insekticid koji je u zemljama EU povučen iz upotrebe 2000. godine, a u Srbiji se i danas koristi kao preparat za uklanjanje insekata iz *Phthiraptera*, koji se javljaju u nehygijenskim uslovima gde zajedno boravi veliki broj ljudi i dece.

Tehnički heksahlorcikloheksan i lindan su najčešće korišćeni organohlorni pesticidi sve do 1990. godine i njihova proizvodnja i primena rezultovale su kontaminacijom životne sredine (Willet, 1998). Heksahlorcikloheksan u atmosferu dospeva procesima proizvodnje, korišćenja, skladištenja i transporta. HCH u atmosferi perzistiraju u gasovitom obliku ili sorbovani na čvrste čestice.

2.4.5 DDT/metaboliti

Tehnički proizveden DDT, kao insekticid je smešaa i do 14 različitih orto, meta i para položajnih izomera. Specifično aktivna komponenta je para-p,p'-DDT – p,p' dihlor-difenil-trihloetan, koji čini 80% smeše DDT. Strukturne formule izomera DDT i metabolita DDD (dihlor-difenil-dihloretran, Rotan) i DDE (dihlor-difenil-dihloretilen) prikazane su Slici 2.4.



Slika 2.4 Strukturne formule izomera DDT i metabolita (Kang i dr., 2008)

DDT i metaboliti su poluisparljiva jedinjenja (odgovarajućih vrednosti napona pare). Vrednost koeficijenta raspodele K_{ow} implicira slabu rastvorljivost u vodi, i dobru rastvorljivost u većini organskih rastvarača. Vrednosti koeficijenta raspodele, K_{oc} , za DDT/metaboliti ukazuju na snažnu

sorpciju na čestice zemljišta i sedimenata. Fizičko-hemijske karakteristike DDT utiču na visoku perzistenciju ($t_{1/2} > 27$ godina) i visok stepen otpornosti prema degradaciji.

Produkti degradacije DDT su DDE i DDD, čije su karakteristike veoma slične karakteristikama DDT i kao visoko lipofilna jedinjenja pokazuju afinitet ka bioakumulaciji i perzistenciji u biotskom materijalu. Lipofilni metabolički polutanti su u atmosferi uglavnom sorbovani na suspendovane čvrste čestice i nisu podložni fotooksidaciji ali ih karakteriše transport na velike udaljenosti (LRT).

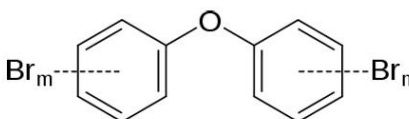
DDA (2,2-bis(4-chlorofenil)-sirćetna kiselina jedini je visoko hidrofilni metabolit koji se iz organizma ekskretuje urinom i fecesom.

Upotreba DDT je bila široko rasprostranjena za vreme II svetskog rata za potrebe zaštite od tifusa i malarije. Godine 1946. DDT je u SAD, po prvi put upotrebljen u poljoprivredne svrhe, za zaštitu u proizvodnji pamuka, žitarica, krompira i drugih poljoprivrednih kultura. U Republici Srbiji, DDT je primenjivan u periodu od 1944. do 1989. godine, a proizvodio se od 1947. do 1960. godine (NIP, 2010).

Najnovija istraživanja ukazuju na neočekivan visok trend rasta DDT i metabolita DDD koji čini sastavnu aktivnu komponentu insekticida rotana, a koji u prirodnim uslovima može da se transformiše u DDT i *vice versa*.

2.4.6 Polibromovani difenil etri

PBDE su aditivne supstance koje pripadaju grupi bromovanih usporivača gorenja, BFR (eng. *Brominated Flame Retardants*) koje se ugrađuju u materijale da bi se smanjilo ili vremenski sprečilo gorenje plamenom i produžio period bezbednosti evakuacije u slučaju požara za do 30 minuta (de Wit, 2002). Opšta strukturna formula polibromovanih difenil etara prikazana je na Slici 2.5.



Slika 2.5 Opšta strukturna formula PBDE (de Wit, 2002)

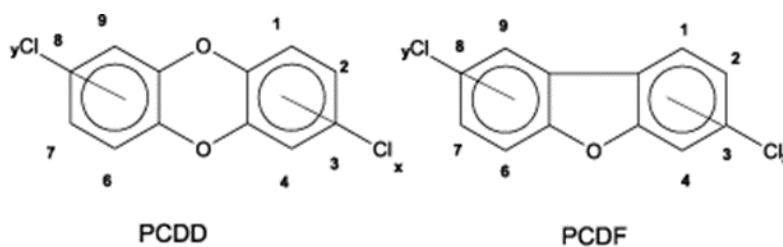
PBDE pripadaju novijoj grupi organskih polutanata sa liste Stokholmske konvencije. Odlikuje ih mala rastvorljivost u vodi i mala isparljivost (de Wit i dr., 2010). Osnovne komponente tehničke smeše su penta-, okta- i deka-BDE. Koriste se prilikom proizvodnje plastičnih masa, podnih obloga, materijala za tapaciranje, poliostara, poliuretanske pene, elektronskih uređaja, tekstila, automobila, transportnih sredstava i drugih. Najčešće korišćeni Deko-BDE se posebno upotrebljava u svim polimernim sintetskim materijalima.

PBDE su veoma stabilna, lipofilna jedinjenja, niskog napona pare i izraženog afiniteta sorpcije na zemljištu i sedimentu (Birnbbaum i dr., 2004; Stieger i dr., 2014). Ne reaguju sa kiselinama i bazama i otporni su na fotooksidaciju.

Istraživanja su pokazala da su deponije komunalnog otpada značajni izvori emisije kongenera PBDE kao i da ispušteni BDE imaju negativni impakt na čoveka i kvalitet životne sredine (Sinkkonen i dr., 2004; de Wit i dr., 2010; Weber i dr., 2011).

2.4.7 Dioksini i furani

Dioksini i furani predstavljaju grupe perzistentnih, poluisparljivih i toksikološki značajnih organskih jedinjenja (Lohmman i Jones, 1998). Simplificirane strukturne formule dioksina i furana prikazane su na Slici 2.6.



Slika 2.6 Opšte strukturne formule PCDD/F (de Souza Pereira, 2004)

Sintetisano je 75 supstanci koje pripadaju grupi dioksina i 135 iz grupe furana. Visoko toksičan TCDD (2,3,7,8 tetrahlor-dibenzodioxin) opisan je 1957. godine, a nakon velikog hemijskog akcidenta i ekološke katastrofe 1976. godine u Seveso, dobio je naziv i Seveso-Dioksin.

PCDD/F pripadaju grupi nenamerno proizvedenih polutanata koji nastaju pri procesu nepotpunog sagorevanja i industrijske proizvodnje organohlornih hemikalija (Alcock i Jones, 1996). Dioksini i furani se detektuju kao slobodne gasne molekule i sorbovane na čestičnoj fazi u vazduhu. Obe grupe karakteriše slaba rastvorljivost u vodi i visok koeficijent raspodele oktanol-voda. 2,3,7,8-supstituisani kongeneri su izrazito toksični sa zahtevom izračunavanja toksičnog ekvivalent faktora, TEF (eng. *Toxicity Equivalent Factor*) (Kutz i dr., 1990). Nekoliko međunarodnih organizacija klasifikovale su 2,3,7,8- TCDD u grupu humanih kancerogena.

Od svih 210 supstanci koje pripadaju porodici dioksina i furana 17 ima dokazano negativne efekte po zdravlje ljudske i animalne populacije.

U cilju procene kumulativne toksičnosti smeše dioksina i furana, Svetska zdravstvena organizacija definisala je toksični ekvivalent faktor, TEF (eng. *Toxic Equivalency Factor*) svakoj supstanci koja ima sličnu toksičnost kao i 2,3,7,8-TCDD. TEF vrednosti su rezultat naučne procene na osnovu dostupnih podataka i množe se sa koncentracijama supstanci. Sabiranjem svih proizvoda dobija se toksični ekvivalent smeše, TEQ (eng. *Toxic Equivalency*).

2.5 Presek stanja upravljanja POP u Srbiji

Republika Srbija je potpisnica Stokholmske konvencije o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama (POP). Narodna skupština Republike Srbije usvojila je 2009. godine Zakon o potvrđivanju Stokholmske konvencije („*Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori*”, broj 42/09), a iste godine je Vlada Republike Srbije usvojila i Nacionalni implementacioni plan za sprovođenje Stokholmske konvencije o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama (NIP). NIP je pripremljen u saradnji sa Programom UN za životnu sredinu (UNEP) u okviru projekta „Izrada plana za implementaciju Stokholmske konvencije o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama“. Izrađeni su preliminarni registri POP hemikalija i pesticida na osnovu kojih su definisane mere potrebne za monitoring POP, kao i eliminaciju odnosno smanjenje rizika od izloženosti POP.

U periodu od 2009. do 2014. godine, u Srbiji su usvojeni zakoni koji su omogućili sprovođenje Stokholmske konvencije, kao što su Zakon o hemikalijama („*Službeni glasnik RS*“, broj 36/09, 88/10, 92/11, 93/12 i 25/15), Zakon o upravljanju otpadom („*Službeni glasnik RS*“, broj 36/2009, 88/2010 i 14/2016) i Zakon o potvrđivanju Protokola o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama uz Konvenciju o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima iz 1979. („*Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori*“, broj 1/12), uključujući i Priručnik za identifikaciju, vođenje evidencije i sigurno rukovanje PCB uređajima i opremom, kojima su se stekli uslovi za primenu mera potrebnih za praćenje i upravljanje perzistentnim organskim polutantima. Agencija za zaštitu životne sredine nadležna je za monitoring POP u medijumima životne sredine i vođenje Registra uređaja koji su u upotrebi, a koji sadrže PCB. POP su u Evropskoj uniji (EU) regulisani Uredbom o POP br. 850/2004 koju je Republika Srbija transponovala u periodu od 2010. do 2014. godine.

Posle ratnog konflikta i uništavanja fabričkih postrojenja, skladišta plohlorovanih bifenila i drugih delova proizvodnih prostora 1999. godine, pažnja javnosti bila je usmerena ka proceni zagađenja životne sredine i mogućim posledicama po zdravlje ljudi, posebno u Kragujevcu, Boru, Pančevu i Novom Sadu kroz nekoliko domaćih i međunarodnih projekata. Količina dostupnih podataka o nivoima koncentracije i potencijalnim izvorima POP u medijumima životne sredine, još uvek je relativno skromna i nepotpuna. Sistematski monitoring i procena uticaja na zdravlje ljudi se još uvek ne sprovode.

Emitovanje PAH u životnu sredinu potiče od industrije metala, crne metalurgije, topionice gvožđa, hemijske industrije, sagorevanja uglja, industrijskih kotlarnica, drumskog saobraćaja, nekontrolisanog spaljivanja otpada, šumskih požara, spaljivanja poljoprivrednog zemljišta i slično. Emisija u vazduh izdvojena je kao dominantna, čemu doprinosi nedovoljan broj pouzdanih emisionih faktora za više kategorija izvora. Najveći izvor emisije PAH u Republici Srbiji je drumski saobraćaj kao posledica upotrebe velikog broja starih vozila i goriva lošeg kaliteta (NIP, 2010).

U slučaju emisije PCB, kao potencijalni izvori izdvojeni su rafinerije nafte, hemijska industrija, cementna industrija, industrijske kotlarnice, proizvodnja kreča, sagorevanje tečnog goriva, sagorevanje uglja i drveta u domaćinstvima, sagorevanje otpada na deponijama, krematorijumi animalnog otpada, insineracija medicinskog otpada, sagorevanje tečnih fosilnih goriva i slično. Dominanti izvor zagađenja vazduha su i termoenergetska postrojenja koja koriste domaći lignitni ugalj. Na osnovu preliminarnog inventara rađenog za potrebe Nacionalnog implementacionog plana za sprovođenje Stokholmske konvencije utvrđeno je da se PCB kao fluidno lubrikantno i izolaciono sredstvo nikada nije proizvodio u Republici Srbiji i da su značajne količine fluida na bazi PCB uvezene sa uređajima i elektro opremom (transformatorima, kondenzatorima i manjim aparatima). U Srbiji se proizvodila oprema koja sadrži PCB, u Mladenovcu i Ripnju, do 1986. godine.

U Republici Srbiji, heksahlorbenzen je bio u prometu i primeni od 1962. do 1980. godine. Nacionalnim implementacionim planom je utvrđeno da su izvori koji doprinose emisiji HCB u životnu sredinu, u Republici Srbiji, industrija metala, hemijska industrija, sagorevanje uglja u domaćinstvima, drumski saobraćaj, industrijske kotlarnice, cementna industrija, insineracija medicinskog otpada i otpadnog drveta. Kao dominantni izvori emisije izdvojene su topionice obojenih metala i crna metalurgija kao i istorijske zalihe. (NIP, 2010).

Proizvodnja POP pesticida obuhvatala je samo proizvodnju DDT, počev od 1947. godine. Pored DDT, na teritoriji Republike Srbije upotrebljavani su aldrin, dieldrin, endrin koji su importovani iz Slovenije i Hrvatske, a lindan i heptahlor iz Makedonije. Upotreba lindana u Srbiji je zabranjena 2007. godine (NIP, 2010).

Tokom 60 – tih godina prošlog veka, u Republici Srbiji izgrađen je niz savremenih postrojenja za proizvodnju hemijskih đubriva i pesticida. Centri proizvodnje pesticida bili su Subotica, Ruma, Novi Sad, Zrenjanin Kruševac i Šabac. Danas, proizvodnja pesticida postoji u dvadesetak domaćih kompanija u Novom Sadu, Zrenjaninu, Subotici, Beogradu, Vršcu, Nišu, Leskovcu, Šapcu, Kruševcu i Boru. Preliminarnim istraživanjima količina POP i napuštenih skladišta i kompanija za proizvodnju pesticida (*brownfield* prostori) utvrđeno je da postoji 216 t otpada sa značajnim udelom supstanci iz grupe POP pesticida (NIP, 2010).

Nacionalnim planom za implementaciju Stokholmske konvencije utvrđeno je da su izvori dioksina i furana u Republici Srbiji procesi insineracije otpada, proizvodnje termalne električne i toplotne energije, nekontrolisani procesi sagorevanja i proizvodnja hemikalija. Kao dominantni izvori emisije izdvojeni su požari na deponijama, industrijske aktivnosti, paljenje poljoprivrednog zemljišta i šumski požari. Iako u Srbiji ne postoje insineratori komunalnog i opasnog otpada, procesi tretmana medicinskog otpada i otpadne biomase u zastarelim postrojenjima za spaljivanje značajno doprinose emisiji PCDD/F u životnu sredinu.

2.6 Praksa upravljanja otpadom u AP Vojvodini, Srbija

Odlaganje otpada na deponije je već dugi niz godina dominantan metod upravljanja otpadom u Republici Srbiji. Iako je usvojena Nacionalna strategija upravljanja otpadom za period od 2010. do 2019. godine kojom se obezbeđuju uslovi za racionalno i održivo upravljanje otpadom, praksa upravljanja otpadom u Srbiji je nerazvijena i predstavlja opasnost po bezbednost i zdravlje ljudske populacije i kvalitet životne sredine.

Do 2000. godine, gotovo sav prikupljeni otpad je odlagan na nekontrolisane, „divlje“, deponije ili smetlišta. Nagli porast broja deponija ovog tipa može se uporediti sa stanjem u mnogim zemaljama Zapadne Evrope pre 40 godina (Stanisavljević i dr., 2012).

Većina deponija komunalnog otpada u Republici Srbiji ne ispunjava osnovne higijenske i tehničko-tehnološke uslove, a kapaciteti su, u većini opština, iscrpljeni. U Srbiji postoji samo 7 sanitarnih deponija komunalnog otpada, od kojih je jedna u AP Vojvodini.

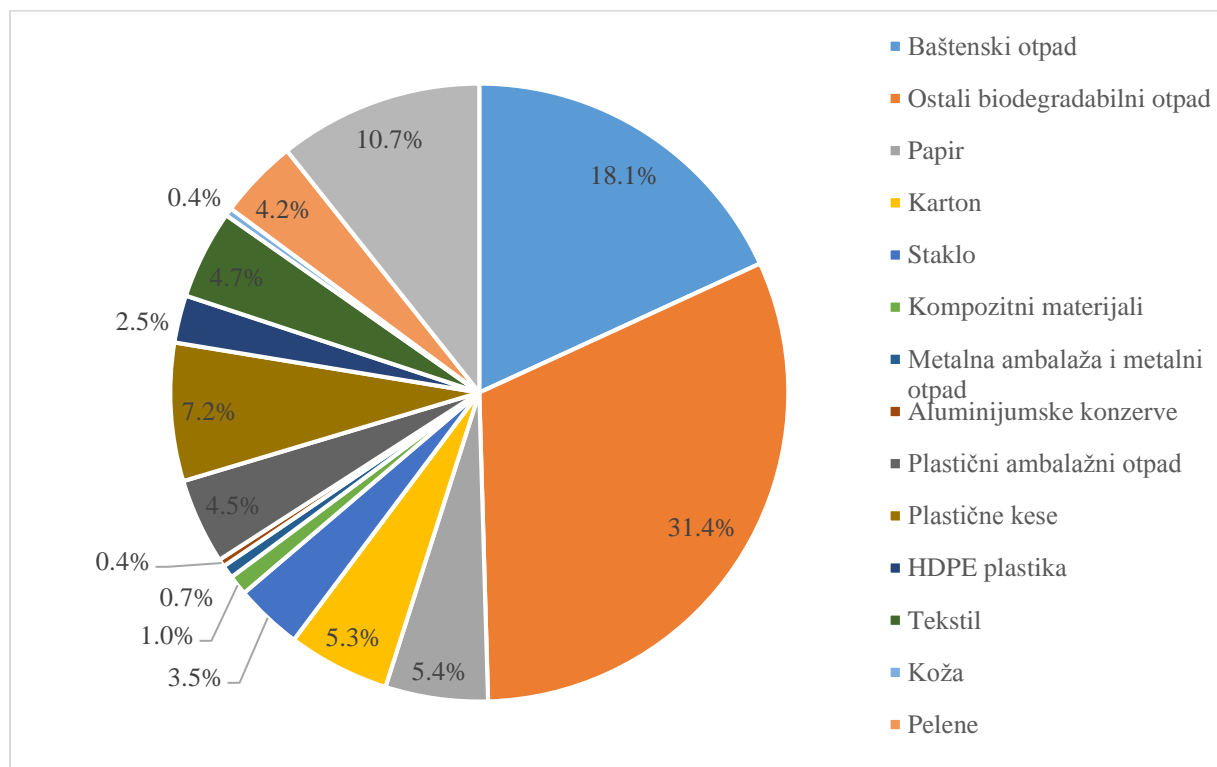
Svih deset deponija obuhvaćenih istraživanjem u okviru doktorske disertacije pripadaju kategoriji kontrolisanih deponija komunalnog otpada koje karakteriše delimična ili potpuna kontrola pristupa i ograđenost tela deponije. Pojedine deponije raspolažu opremom za merenje količine otpada koji se odlaze, sistemom za pasivno odvođenje deponijskog gasa, kao i obodnim kanalima za prikupljanje atmosferskih i procednih voda (Vujić i dr., 2010).

Projekat „Utvrdjivanje sastava otpada i procena količina u cilju definisanja strategije upravljanja sekundarnim sirovinama u sklopu održivog razvoja Republike Srbije” koji je realizovan u periodu od 2008. do 2009. godine ima značajan doprinos u procesu identifikacije količina i sastava komunalnog otpada na deponijama u Srbiji. Projektom je dobijeno polazište za budući rad na uspostavljanju sistema prikupljanja podataka o komunalnom otpadu u Republici Srbiji, kao i količine generisanog komunalnog otpada, koje se mogu aproksimirati na područje cele Srbije.

Novija istraživanja u oblasti ispitivanja količina i sastava komunalnog otpada u Republici Srbiji sprovedena su tokom 2015. godine u okviru IMG projekta „Quantities and morphological composition of waste for representative municipalities in Serbia“. Podaci o broju stanovnika obuhvaćenih sistemom prikupljanja otpada u ispitivanim opštinama, kao i količinama i sastavu otpada, koji su dobijeni realizacijom projekta, korišćeni su u okviru doktorske disertacije.

Rezultati istraživanja dobijeni u okviru projekta izdvojili su baštenski (zeleni) i prehrambeni otpad, kao dominantu frakciju sastava komunalnog otpada, sa udelom od oko 45% do 55%. Ukupna količina reciklabilnog otpada iznosila je oko 30% od ukupne količine, sa najvećim udelom papira i kartona (oko 10%). Udeo stakla i PET ambalaže kretao se u opsegu od 3% do 5%, dok je udeo plastičnih kesa bio relativno visok i iznosio je oko 7%. Osim kategorija koje se mogu reciklirati, detektovane su i značajne količine fino usitnjenih frakcija, sa učešćem od 10% do 15%. Kategorije kao što su elektronski otpad, medicinski otpad, hazardne hemikalije, tekstil, koža, drvo i slično uglavnom nisu prelazile 1% prisutnosti.

Ukupna godišnja količina generisanog komunalnog otpada iznosi 2.464.133 t, odnosno 343 kg po glavi stanovnika godišnje ili 0,94 kg na dnevnom nivou. U poređenju sa prethodnom studijom baziranoj na istom principu identifikacije količine i sastava otpada, ukupna produkcija otpada je porasla za 3,8%. Rezultati određivanja sastava otpada projektovani su na celu Srbiju, a dobijeni podaci su prikazani na Slici 2.7.



Slika 2.7 Morfološki sastav komunalnog otpada u Republici Srbiji (Report on Waste Generation Study in Serbia, 2015)

Biodegradabilna frakcija je dominantna sa ukupnim udelom od 49,5%. Potencijalno reciklabilne kategorije otpada imaju ukupan udeo od 35,2%, pri čemu najveći doprinos imaju plastične kese (7,2%), potom papir i karton sa udelom od 5,3%. Plastični ambalažni otpad ima udeo od oko 4,5%, dok je maseni udeo stakla oko 3,5%. Takođe, utvrđen je i značajan udeo finih elemenata sa udelom od 10,7%.

Uredbom o odlaganju otpada na deponije ("Sl. Glasnik RS", br. 92/10) propisuju se uslovi i kriterijumi za određivanje lokacije, tehničko-tehnološki uslovi za projektovanje, izgradnju i rad deponija, vrste otpada čije je odlaganje na deponijama zabranjeno, količine biorazgradivog otpada koje se mogu odložiti, kriterijumi i procedure za odlaganje otpada, način i procedure rada i zatvaranja deponija, sadržaj i način monitoringa rada deponije, kao i zahtevi naknadnog održavanja posle zatvaranja deponije.

Uredba propisuje i dinamiku sprovođenja monitoringa pojedinih medijuma životne sredine na i u telu deponije, u toku aktivne i pasivne faze hemijskog i mikrobiološkog interreagovanja (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 Dinamika monitoringa površinskih, procednih i podzemnih voda i deponijskih gasova

		Aktivna faza	Pasivna faza
Monitoring površinskih voda	Sastav površinske vode	Prvih godinu dana jedanput mesečno, a nakon toga jedanput u 3 meseca.	Prvih pet godina na svakih 6 meseci, a kasnije jedanput godišnje.
		Stalni monitoring u toku eksploatacije vrši se jedanput u 15 dana u deponijskoj laboratoriji.	
Monitoring procednih voda	Sastav procedne vode	Jedanput mesečno u toku eksploatacije.	Jedanput u 6 meseci (prvih 5 godina), a zatim jedanput godišnje do odumiranja deponije.
Monitoring podzemnih voda	Sastav podzemne vode	Jedanput u 15 dana (prvih 6 meseci) potrebno je vršiti skraćene hemijske i bakteriološke analize, a kasnije, učestalost zavisi od specifičnosti terena.	Učestalost zavisi od specifičnosti terena.
	Nivo podzemne vode	Jedanput u 6 meseci.	Jedanput u 6 meseci.
Monitoring deponijskih gasova	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ i O ₂	Jedanput mesečno u toku eksploatacije.	Po prestanku aktivne faze prvih 10 godina, a zatim svake 2 godine do odumiranja deponije.

Uredba ne definiše fizičko-hemijske i mikrobiološke parametre koje je potrebno pratiti u površinskim, procednim i podzemnim vodama. Deponije komunalnog otpada obuhvaćene istraživanjem u okviru doktorske disertacije, ne poseduju „deponijske“ laboratorije u kojima bi se sprovodio kontinualni monitoring osnovnih parametara.

Praksa i učestalost sprovođenja kontrolinih monitoringa površinskih, procednih i podzemnih voda i deponijskih gasova nisu usklađeni sa zahtevima zakonske regulative i Direktiva Evropske unije iz oblasti upravljanja otpadom.

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Odabir lokaliteta uzorkovanja

Odlaganje otpada na deponije je najzastupljeniji vid odlaganja otpada u Srbiji. Realizacijom projekta Identifikacija divljih deponija na teritoriji Republike Srbije, koji je realizovan 2008. godine, utvrđeno je da se na teritoriji 157 opština Republike Srbije nalazi preko 3.500 deponija. Najveći broj deponija koji se koristi za odlaganje komunalnog otpada ne zadovoljava tehničko-tehnološke i sanitarne uslove, što utiče na zagađenje svih medijuma životne sredine.

Uzorkovanje procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta sprovedeno je na 10 kontrolisanih deponija komunalnog otpada, na području AP Vojvodine, koje ne zadovoljavaju uslove potrebne za sprečavanje zagađenja podzemnih i površinskih voda, vazduha i zemljišta i koje ne obezbeđuju kontrolisano upravljanje procednim vodama i izdvojenim gasovima. Ispitivane deponije komunalnog otpada ne poseduju projektovane mere zaštite i sprečavanja zagađenja životne sredine, osim u slučaju deponija u Novom Sadu i Temerinu. Na svim ispitivanim deponijama komunalnog otpada dolazi do povremenog paljenja otpada i pojave požara.

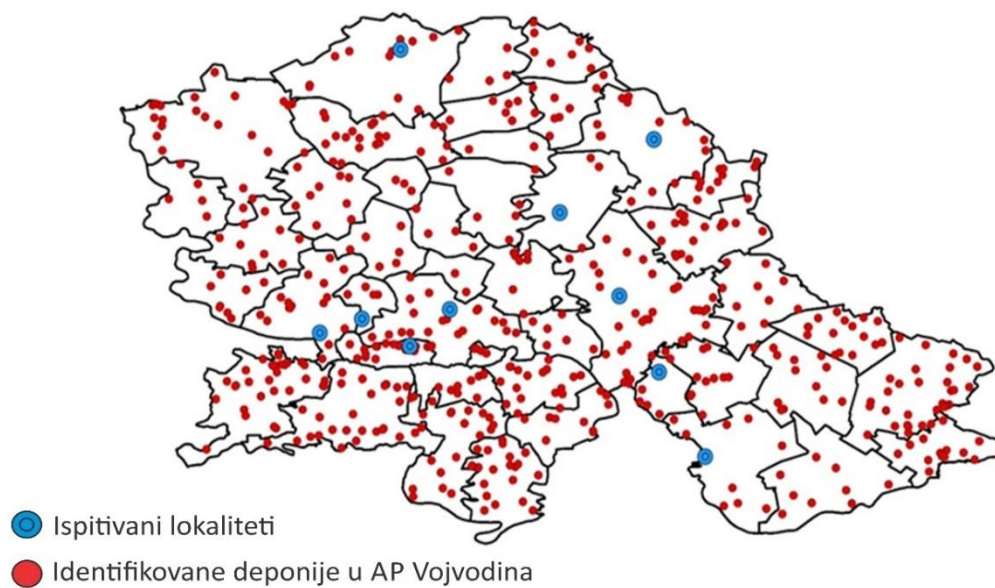
Sve lokalitete, ispitivane u okviru doktorske disertacije, karakteriše nesistematičan i neuređen sistem upravljanja posebnim tokovima otpada kojima pripadaju istrošene baterije i akumulatori, otpadna ulja, otpadne gume, električni i elektronski otpad, otpadne fluorescentne cevi koje sadrže metalnu živu, otpad koji sadrži PCB, otpad kontaminiran perzistentnim organskim supstancama, otpad koji sadrži azbest, otpadna vozila, otpad iz proizvodnje titan-dioksida i ambalažni otpad. Podaci o količinama posebnih tokova otpada koji su odlagani na ispitivanim lokalitetima nisu poznati.

Ispitivani lokaliteti prikazani su na Slici 3.1. Lokacije uzorkovanja su definisane na osnovu uvida u tehničku izvodljivost postavljanja pasivnih uzorkivača ambijentalnog vazduha u dužem vremenskom periodu i uzimajući u obzir blizinu deponije lokalnom stanovništvu.

Oznake i GPS koordinate ispitivanih lokaliteta predstavljene su u Tabeli 3.1. Osnovni podaci o ispitivanim deponijama komunalnog otpada prikazani su u Tabeli 3.2. Meteorološki uslovi u periodu kampanje monitoringa dobijeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda i prikazani su u Tabeli 3.3. Izmerene i izračunate vrednosti količina generisanog otpada na svim ispitivanim lokalitetima prikazane su u Tabeli 3.4 (Report on Waste Generation Study in Serbia, 2015).

Tabela 3.1 Oznake i GPS koordinate lokaliteta uzorkovanja

Opština (tip uzorka)	Oznaka lokaliteta	GPS koordinate	
Bečej (zemljište i vazduh)	BČ	20° 2' 51,284" E	45° 35' 32,540" N
Bečej (procedna voda)		20° 2' 51,469" E	45° 35' 33,821" N
Subotica (zemljište i vazduh)	SU	19° 41' 11,991" E	46° 4' 51,784" N
Subotica (procedna voda)		19° 41' 12,624" E	46° 4' 51,514" N
Sombor (zemljište i vazduh)	SO	19° 7' 7,823" E	45° 51' 41,641" N
Sombor (procedna voda)		19° 7' 0,409" E	45° 51' 39,224" N
Zrenjanin (zemljište i vazduh)	ZR	20° 22' 2,419" E	45° 21' 14,595" N
Zrenjanin (procedna voda)		20° 21' 48,470" E	45° 21' 7,113" N
Pančevo (zemljište i vazduh)	PA	20° 37' 25,668" E	44° 53' 7,683" N
Pančevo (procedna voda)		20° 37' 24,052" E	44° 53' 7,824" N
Bačka Palanka (zemljište i vazduh)	BP	19° 26' 19,589" E	45° 14' 38,588" N
Bačka Palanka (procedna voda)		19° 26' 20,228" E	45° 14' 42,188" N
Vrbas (zemljište i vazduh)	VS	19° 41' 16,645" E	45° 33' 46,689" N
Vrbas (procedna voda)		19° 41' 18,062" E	45° 33' 46,441" N
Temerin (zemljište i vazduh)	TE	19° 51' 14,973" E	45° 25' 28,115" N
Temerin (procedna voda)		19° 51' 24,408" E	45° 25' 27,625" N
Novi Sad (zemljište i vazduh)	NS	19° 50' 42,987" E	45° 18' 39,503" N
Novi Sad (procedna voda)		19° 50' 43,013" E	45° 18' 39,241" N
Ruma (zemljište i vazduh)	RU	19° 50' 50,695" E	45° 0' 54,714" N
Ruma (procedna voda)		19° 51' 4,457" E	45° 0' 53,683" N



Slika 3.1 Prikaz položaja ispitivanih lokaliteta

Tabela 3.2 Osnovni podaci o ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Deponija	Ukupna zapremina tela deponije [m ³]	Dubina otpada [m]	Površina deponije [ha]	Početak eksploatacije	Prekrivanje otpada	Drenažni sistem	Broj biotrnova i pijezometara	Blizina naseljenog područja [km]
Bečej	72000	1,5	4,8	više od 30 godina	Povremeno	nema	0 biotrnova 0 pijezometara	0,3
Subotica	868800	6	14,48	1978	Povremeno	nema	20 biotrnova 5 pijezometara	2
Sombor	431400	3	14,38	1991	Povremeno	nema	0 biotrnova 4 pijezometara	0,5
Zrenjanin	268400	4	6,71	1995	Povremeno	nema	31 biotrnova 3 pijezometara	1,7
Pančevo	225200	2	11,26	1967	Povremeno	nema	20 biotrnova 3 pijezometara	0,1
Bačka Palanka	122250	2,5	4,89	2005	Povremeno	nema	10 biotrnova 0 pijezometara	2
Vrbas	99750	1,5	6,65	1980	Povremeno	nema	60 biotrnova 0 pijezometara	0,4
Temerin	74000	2	3,7	1983	Povremeno	nema	0 biotrnova 3 pijezometara	2
Novi Sad	1967700	7	28,11	1983	Povremeno	otvoren	96 biotrnova 6 pijezometara	0,7
Ruma	234000	3	7,8	1984	Povremeno	nema	10 biotrnova 3 pijezometara	0,5

Tabela 3.3 Meteorološki podaci za period kampanje uzorkovanja

Deponija	Srednja godišnja temperature ambijentalnog vazduha [°C]	Srednja temperatura tokom januara 2013 [°C]	Srednja temperatura tokom jula 2013 [°C]	Godišnja količina padavina [mm]
Bečej	11,3	1,5	21,6	621
Subotica	11,4	-5,0	21,0	491,3
Sombor	10,7	-0,9	21,2	589,7
Zrenjanin	11,4	1,2	21,4	611
Pančevo	11,3	-0,4	21,8	643
Bačka Palanka	11,5	-2,0	23,5	590
Vrbas	10,8	-1,8	21,7	634
Temerin	11,2	-1,2	21,4	611
Novi Sad	10,9	-2,0	21,3	610
Ruma	11,3	-2,0	21,2	609

Tabela 3.4 Količine generisanog otpada (Report on Waste Generation Study in Serbia, 2015)

Lokalitet	Broj stanovnika u opštini (2011)	Generisana količina otpada (kg/st/god)	Generisana količina otpada (kg/st/dan)	Generisana količina otpada (t/god)	Izmerena/Izračunata vrednost
Bečej	37.351	337,7	0,93	12.612	Izračunata
Subotica	141.554	392,3	1,07	55.530	Izmerena
Sombor	85.903	324,0	0,89	27.836	Izračunata
Zrenjanin	123.362	341,4	0,94	42.116	Izračunata
Pančevo	123.414	382,1	1,05	47.153	Izmerena
Bačka Palanka	55.528	344,1	0,94	19.108	Izračunata
Vrbas	42.092	333,4	0,91	14.034	Izračunata
Temerin	28.287	355,7	0,97	10.062	Izračunata
Novi Sad	341.625	392,1	1,07	133.939	Izmerena
Ruma	54.339	326,0	0,89	17.714	Izračunata

Bečej

Opština Bečej se nalazi u južno-bačkom okrugu AP Vojvodine (Slika 3.1). Nalazi se na raskršću železničkih i drumskih puteva, na veštačkim kanalima i reci Tisi. Centar opštine je naselje Bečej. Opština Bečej se sastoji od 5 naselja, jednog gradskog (Bečej) i 4 seoska (Bačko Gradište, Bačko Petrovo Selo, Mileševo, Radičević). U pogledu geološkog i mineraloškog sastava na prostoru Bečejske opštine zastupljeni su peskovita glina, pesak i šljunak.

Prema podacima iz 2011. godine broj stanovnika u opštini Bečej iznosi 37.351, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena matematičkim modelom predikcije, iznosi **12.612 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Primarna delatnost opštine je poljoprivredna proizvodnja, prerada poljoprivrednih proizvoda i stočarstvo. Zastupljeni su i prehrambena industrija, proizvodnja građevinskog materijala, metaloprerađivačka delatnost, proizvodnja gume, naftna industrija, drvno-prerađivačka i tekstilna industrija. Najvažnije privredne subjekte i industrijske sisteme u opštini Bečej predstavljaju Sojaprotein (fabrika za preradu soje), PIK Bečej (proizvodnja ratarskih i povrtarskih proizvoda), Linde Gas (proizvodnja tehničkih, medicinskih i specijalnih gasova), BAG (fabrika za preradu povrća), FIT-FS (proizvodnja građevinskog materijala), KNOTT Autoflex (proizvodnja torzionih osovina, blatobrana i šasija za prikolice), NIS-Naftagas.

Komunalni otpad se deponuje na opštinskoj deponiji u Bečeju, udaljenoj oko 300 m od poslednjih kuća u naselju i 1,3 km od reke Tise (Slika 3.2).



Slika 3.2 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Bečeju

Deponija je delimično ograđena žičanom ogradom koja doprinosi smanjenju količine otpada koji raznose vazdušne struje i životinje, i otežava pristup neovlašćenim licima. Iako je deponija ograđena, u toku sprovođenja kampanje uzorkovanja, na lokaciji je zatican manji broj lica koja sakupljaju sekundarne sirovine, kao i manji broj životinja. Na deponiji ne postoji kontrola odlaganja otpada, pa se otpad odlaže bez prethodne obrade ili selekcije, a pored komunalnog, odlažu se i druge vrste otpada. Otpad je na lokaciji izmešan sa zemljom i periodično se, pomoću mehanizacije, razgrée i gura ka obodima deponije. Iako se na teritoriji opštine Bečeju sakupljaju sekundarne sirovine (PET), još uvek ne postoji razvijeno tržište sekundarnih sirovina.

Monitoring procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Bečeju, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.3.





Slika 3.3 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Bečeju u letnjem i zimskom periodu

Subotica

Subotica je grad na severu AP Vojvodina i nalazi se na 10 kilometara od srpsko-mađarske granice (Slika 3.1). U blizini grada i same deponije nalazi se autoput E-75 koji Suboticu povezuje sa Mađarskom na severu i Južnom Evropom, preko Beograda, na jugu. U opštini Subotica dominantna su automorfna zemljišta (černozem).

Subotica je drugi grad po broju stanovnika u AP Vojvodini i prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 141.554, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena merenjem, iznosi **45.779 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Primarna delatnost opštine je industrijska proizvodnja. Pored prehrambene industrije, zastupljene su elektromašinska, hemijska, prerada plastičnih masa, proizvodnja tekstila, prerada kože i građevinarstvo. Od ukupne površine Subotice, 90% čine poljoprivredne površine, što utiče na veliku zastupljenost poljoprivrednih aktivnosti. Najvažnije privredne kompanije u opštini Subotica predstavljaju Fidelinka (proizvodnja brašna), Mlekara Subotica (proizvodnja mleka i mlečnih proizvoda), Pionir (proizvodnja konditorskih proizvoda), Chemos (fabrika za preradu plastičnih masa), Livnica gvožđa i čelika, Fabrika 8. mart (tekstilna industrija), Aurometal (proizvodnja srebrnih kontakata za elektroindustriju), Zorka Klotild Agrotehnohem (proizvodnja sredstava za zaštitu bilja), Elektroremont (proizvodnja i remont električnih mašina i uređaja) Loher Elektro Subotica (proizvodnja generatora).

Deponija komunalnog otpada opštine Subotica "Aleksandrovačka bara" locirana je na degradiranom zemljištu bivšeg močvarnog korita Aleksandrovačke bare, na najnižem delu grada

u prirodnoj depresiji udaljenoj oko 2 km južno od centra Subotice u neposrednoj blizini gradske bolnice, železničke pruge Subotica-Beograd i privrednih subjekata naročito iz oblasti prehrambene industrije (Slika 3.4). Iako je ulaz u deponiju kontrolisan, na deponiji ne postoji kontrola odlaganja otpada, pa se otpad odlaže bez prethodne obrade ili selekcije, a pored komunalnog, odlažu se i kućni aparati, delovi nameštaja, olupine vozila i građevinski šut. Na deponiji se mogu registrovati otpad animalnog porekla, hemijska sredstva za zaštitu u poljoprivredi kojima je istekao rok trajanja i druge vrste hazardnog otpada. Otpad je na lokaciji izmešan sa zemljom i periodično se, pomoću mehanizacije, razgrće i gura ka obodima deponije.



Slika 3.4 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Subotici

Značajni koraci u postupku selekcije otpada pri prikupljanju učinjeni su kroz akciju „Očistimo Srbiju”. Osim recikliranja na deponiji, u Subotici postoji reciklažni centar Intercord koji se bavi sakupljanjem, odlaganjem i primarnom reciklažom svih sekundarnih sirovina.

Monitoring ambijentalnog vazduha i zemljišta na telu deponije ranije nije sproveden, dok su preliminarna ispitivanja fizičkih i neorganskih hemijskih parametara procednih voda realizovana u okviru projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Subotici, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.5.



Mesto uzorkovanja
procednih voda



Slika 3.5 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Subotici u letnjem i zimskom periodu

Sombor

Sombor se nalazi u severo-zapadnom delu AP Vojvodine (Slika 3.1) i predstavlja regionalni centar koji u okviru svoje teritorije obuhvata 15 naseljenih mesta. Pripada grupi većih gradskih centara sa razvijenom strukturom delatnosti i usluga. Geološka građa somborskog prostora je veoma raznovrsna. Na površini terena je sedimentna stena eolskog porekla, les.

Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 85.903, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena modelovanjem, iznosi **27.836 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Privredna aktivnost je uglavnom usmeravana ka poljoprivredi. Intezivnijem razvoju privrede doprinela je izgradanja Velikog bačkog kanala kojim je Sombor povezan sa Dunavom. Industrija se, u Somborskoj opštini, počela relativno kasno da razvija. Poljoprivreda je imala ključnu ulogu do 60-tih godina. Izuzev tekstilne industrije, druge industrije gotovo i da nije bilo ili je imala mali zanatsko industrijski karakter iz kojega su se počeli razvijati industrijski kapaciteti. Industrijske grane koje su razvijene u Somboru su fabrika obuće, proizvodnja nameštaja, fabrika boja i lakova, industrija plastičnih proizvoda, proizvodnja tekstila, prehrambena industrija, fabrika ulja i biljnih masti, mlinska industrija, proizvodnja baterija i prehrambena industrija. Najvažnije privredne subjekte u opštini Sombor predstavljaju: Boreli (fabrika obuće), Fiorano (tekstilna industrija), Fabrika akumulatora Sombor, Sunce (proizvodnja ulja i biljnih masti), Somboled (proizvodnja mleka i mlečnih proizvoda), Proteinka (prerada i konzervisanje proizvoda od mesa), GRP Centar (proizvodnja plastičnih masa).

Ukupan prikupljeni otpad sa teritorije grada Sombora odlaže se na gradsku deponiju "Rančevo". udaljenoj oko 500 m od kuća u naselju (Slika 3.6). Deponija je ograđena žičanom ogradom koja doprinosi smanjenju raznošenja otpada i otežava pristup neovlašćenim licima. Iako je deponija ograđena, u toku sprovođenja kampanje uzorkovanja, na lokaciji je zatican manji broj lica koja sakupljaju sekundarne sirovine, kao i manji broj životinja. Iako je ulaz u deponiju kontrolisan, na deponiji ne postoji kontrola odlaganja otpada, pa se otpad odlaže bez prethodne obrade ili selekcije, a pored komunalnog, odlažu se i izvesne količine industrijskog otpada bez prethodnog ispitivanja karakterizacije i kategorizacije, sterilisani i usitnjeni medicinski otpad i građevinski otpad. Otpad je na lokaciji izmešan sa zemljom i periodično se, pomoću mehanizacije, razgrće i gura ka obodima deponije.

Ambalažni otpad podleže određenom tretmanu. PET ambalaža, plastične gajbe, stolovi, stolice, burad, folija, papir, karton, staklo i tetrapak se otkupljuju u reciklažnom centru. Reciklažni centar u Somboru pušten je u rad 2012. godine i u njemu se separiraju i pakuju navedene kategorije otpada. Do otvaranja reciklažnog centra, ukupan otpad ovog porekla završavao je na deponiji komunalnog otpada. Na teritoriji Grada Sombora već dugi niz godina radi fabrika "Proteinka" koja se bavi bezbednim zbrinjavanjem otpada životinjskog porekla i konfiskata. Ovo preduzeće preuzima sav otpad animalnog porekla sa teritorije cele opštine, pa i šire, i time se sprečava stvaranje zaraze.

Monitoring ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden. Preliminarna ispitivanje fizičkih i neorganskih hemijskih karakteristika procednih voda sprovedena su u okviru projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Somboru, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.7.



Slika 3.6 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Somboru



Slika 3.7 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Somboru u letnjem i zimskom periodu

Zrenjanin

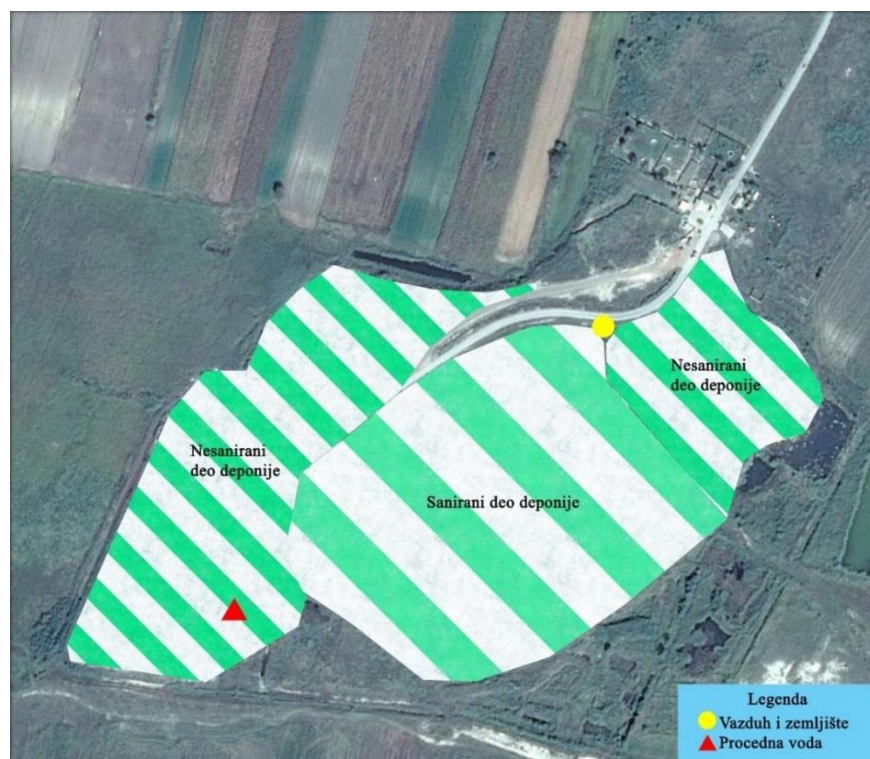
Zrenjanin se nalazi na teritoriji središnjeg Banata (Slika 3.1), na obalama reke Begej i Tisa. Zrenjanin predstavlja raskrnicu dve magistrale. Kroz grad prolazi železnička pruga, a u blizini grada Zrenjanina nalazi se aerodrom i ribnjak Ečka. Pedološka podloga se sastoji pretežno od aluvijalnog zemljišta različitog mehaničkog sastava, a delimično i od ritske crnice.

Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 123.362, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena modelovanjem, iznosi **42.116 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Zrenjanin je jedan od većih agroindustrijskih centara u Srbiji. Najrazvijeniji deo privrede je industrija. Najvažnije industrijske grane su prehrambena, tekstilna, metalna i hemijska industrija, proizvodnja nafte i prirodnog gasa, proizvodnja srednje i niskonaponskih transformatora i elektropostrojenja, proizvodnja lekova, proizvodnja perlita i termoizolacionih materijala, proizvodnja i prerada drveta i plastičnih masa, proizvodnja kožne konfekcije, proizvodnja vojne opreme. Najvažniji privredni subjekti u opštini Zrenjanin su NIS-Naftagas, Mlekoprodukt (proizvodnja mleka i mlečnih proizvoda), Žitoprodukt (prerada žitarica), Dijamant (proizvodnja jestivih ulja, margarina, biljnih masti, majoneza i sirovina za druge prehrambene industrije), Radijator (proizvodnja odlivaka od sivog i nodularnog liva), Termika (proizvodnja termoizolacionih, lakoagregatnih perlitnih maltera, betona i kriogenog perlita), ABS Minel Fepo (proizvodnja elektropostrojenja i opreme), Kolpa (proizvodnja i prerada plastičnih masa), Kompako (proizvodnja obuće), Natron (proizvodnja natron vreća), Proizvodnja Mile Dragić (proizvodnja zaštitnih balističkih proizvoda), Jugoremedija (nekadašnja proizvodnja lekova), Neimar (proizvodnja cigle).

Prikupljeni otpad se odlaže na deponiju koja je smeštena na jugo-zapadnoj strani grada Zrenjanin, udaljenoj svega 5 km od centra i 1,7 km od poslednjih kuća (Slika 3.8). Iako je deponija delimično ograđena, u toku sprovođenja kampanje uzorkovanja, na lokaciji je zatican manji broj lica koja sakupljaju sekundarne sirovine, kao i manji broj životinja. Otpad je izmešan sa zemljom i povremeno se prekriva slojem inertnog materijala što formira uslove da vazdušne struje i lokalne životinje raznose otpad. Sanacija deponije započeta je 2011. godine.

Na deponiji se uglavnom odlaže komunalni, građevinski i neopasni medicinski otpad. PET ambalaža se selektuje na mestu nastanka, dok se građevinski otpad izdvaja na ulazu u deponiju. Otpadne baterije i akumulatore delimično sakupljaju preduzeća za promet sekundarnih sirovina i neregistrovani sakupljači otpada. Otpadna motorna ulja se skladište u metalnim buradima koja se dalje transportuju i prodaju Rafineriji Beograd ili Petrohemiji Pančevo.



Slika 3.8 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Zrenjaninu

Monitoring ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden. Preliminarna ispitivanja fizičkih i neorganskih hemijskih parametara u procednim vodama sprovedena su u okviru projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Zrenjaninu, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.9.



Slika 3.9 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Zrenjaninu u letnjem i zimskom periodu

Pančevo

Pančevo se nalazi na obalama Tamiša i Dunava, u južnom delu Banata (Slika 3.1) i četvrti je grad po veličini u Vojvodini, prema broju stanovnika. Pančevo se nalazi na obodu lesne terase i aluvijalne ravni. Grad je na granici između planinskog i brdovitog predela na jugu i ravničarskog na severu, u južnom delu Panonske nizije, na ušću Tamiša u Dunav.

Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 123.414, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena merenjem, iznosi **47.153 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Pretežna aktivnost u prvoj fazi razvoja Pančeva bila je poljoprivreda. Pančevo je poznat i po hemijskoj i prehrambenoj industriji, fabrici sijalica, fabrici stakla i proizvodnji aviona. Kao posledica sveukupnog industrijskog razvoja za pančevački lokalitet karakteristično je zagađenje koje potiče iz ranijih godina dvadesetog veka.

Industrijski kompleksi u Pančevu bili su meta NATO alijanse tokom 1999. godine. Fabrike Rafinerije nafte, Petrohemije i postrojenja za proizvodnju veštačkog đubriva HIP Azotare, doživeli su velike štete, a zagađenje ambijentalnog vazduha je bilo znatno više od maksimalno dozvoljenog, posebno PCB, PCDD/F, PAH i drugih hazardnih toksičnih polutanata.

Najvažniji industrijski sistemi grada Pančevo su: UTVA (avioindustrija), Industrija stakla, Azotara (proizvodnja azotnih i kompleksnih đubriva), HIP Petrohemija (proizvodnja petrohemijskih proizvoda, sirovina i hemikalija), NIS Petrol rafinerija nafte (proizvodnja tečnih naftnih gasova), Messer Tehnogas (proizvodnja industrijskih, medicinskih i specijalnih gasova).

Na teritoriji grada Pančevo otpad se odlaže na komunalnu deponiju koja je projektovana bez prethodne izrade projektne dokumentacije i bez građevinske dozvole. Deponija se nalazi u naseljenom delu grada, na udaljenosti od 2 km od samog centra grada, u poplavnom području. Reka Tamiš protiče na 5 m od deponije, a prve kuće su na udaljenosti od 100 m (Slika 3.10).

Na deponiju se odlaže komunalni otpad, metalni otpad, upotrebljeni ambalažni materijal, poljoprivredni otpad, životinjski otpad, zeleni otpad, građevinski otpad, elektronski otpad, otpadne gume, medicinski otpad. Putem primarne selekcije, koja je još uvek u fazi razvoja, odvajaju se reciklabilne komponente, građevinski otpad i baštenski otpad. Odloženi otpad se ravna, sabija i povremeno prekriva inertnim materijalom, zemljom i šutom.

Monitoring ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden. Preliminarna ispitivanja kvaliteta procednih voda sprovedena su u okviru projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine.

U periodu sprovođenja kampanje uzorkovanja nije bilo odobreno fotografisanje samog postupka uzorkovanja.



Slika 3.10 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Pančevu

Bačka Palanka

Bačka Palanka zahvata prostranu površinu jugo-zapadne Bačke (Slika 3.1) i jedna je od najrazvijenijih opština u Vojvodini. Na području opštine Bačka Palanka postoje tri vida saobraćaja: drumski saobraćaj, železnički i vodni. Osnovnu geološku kompozitnu strukturu područja čine stene paleozojske i mezozojske starosti kao i kvartarne tvorevine. Neogeni sedimenti prisutni su na čitavom prostoru, a predstavljaju ga breče, konglomerati i peskovite gline.

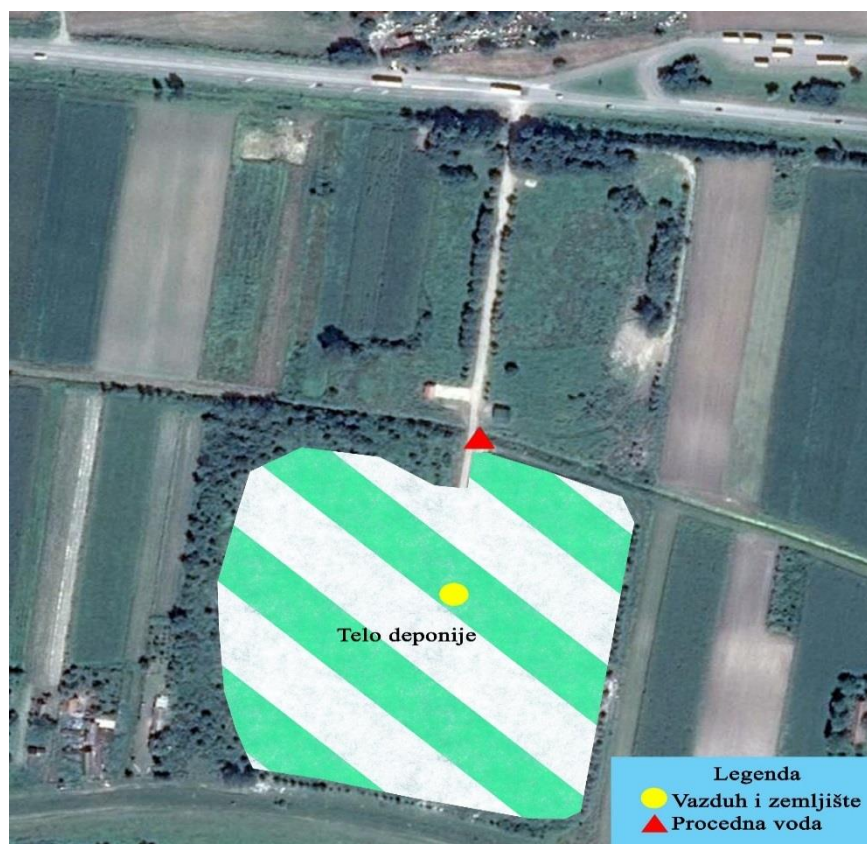
Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 55.528, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena modelovanjem, iznosi **19.108 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Bačka Palanka se ubraja među 10 najrazvijenijih opština u Vojvodini. U opštini ima trenutno preko 700 preduzeća, među kojima su najveći Sintelon, jedan od najuglednijih međunarodnih proizvođača PVC podnih obloga i tepiha u Evropi, proizvodnja hrane, proizvodnja i obrada duvana, proizvodnja mašina i alatki, poljoprivrednih mašina i pumpnih automata, elektroinstalacionog materijala, metalne galanterije. Poljoprivreda predstavlja značajan potencijal ovog područja. Najvažnije privredne subjekte predstavljaju Tarkett (proizvodnja podnih obloga i sportskih površina), AIK Bačka Palanka (prehrambena i poljoprivredna industrija), PIK Podunavlje (proizvodnja cigle), Majeвица (proizvodnja odlivaka za alatne i poljoprivredne mašine, kanalizacioni i trgovački liv), Nopal (proizvodnja elektroinstalacionog materijala), Jedinstvo (proizvodnja lima), Merkur (proizvodnja kožne galanterije).

Glavna deponija u Bačkoj Palanci se nalazi na udaljenosti od 2 km istočno od prvih kuća u naselju i od oko 500 m od reke Dunav (Slika 3.11). Na deponiji ne postoji kontrola odlaganja otpada, te se na lokaciji može naći otpad animalnog porekla kao i ostaci industrijskog otpada. Otpad se povremeno razgrće i sabija pomoću mašine ult i povremeno prekriva inertnim materijalom.

Monitoring ambijentalnog vazduha, procednih voda i zemljišta ranije nije sproveden.

Uzorkovanje ambijentalnog vazduha, procednih voda i zemljišta realizovano je u neposrednoj blizini tela deponije, na udaljenosti od 300 m od tela deponije, u krugu kompanije koja nije odobrila fotografisanje samog postupka uzorkovanja.



Slika 3.11 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Bačkoj Palanci

Vrbas

Vrbas pripada južno-bačkom okrugu (Slika 3.1) i jedan je od najznačajnijih saobraćajnih čvorova na teritoriji Bačke. Teritoriju preseca nekoliko prometnih kopnenih saobraćajnica i tri plovna kanala. Najzastupljenije zemljište u ataru opštine Vrbas je livadska karbonatna crnica

Prema podacima iz 2011.godine, broj stanovnika iznosi 42.092, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena modelovanjem, iznosi **14.034 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Istorijski, poljoprivreda je bila primarna delatnost u opštini Vrbas. Važniji industrijski kapaciteti u opštini Vrbas su proizvodnja mesa i mesnih preradevina, proizvodnja ulja, prehrambena

industrija. Najvažnije privredne subjekte predstavljaju Carnex (proizvodnja mesa i proizvoda od mesa), Vital (proizvodnja ulja i biljnih masti), Mirotin (proizvodnja poljoprivrednih proizvoda), Medela (proizvodnja konditorskih proizvoda), Mepol (proizvodnja ambalaže od plastičnih masa).

Gradska deponija locirana je istočno od grada, pored puta Novi Sad – Vrbas (Slika 3.12). Nalazi se na udaljenosti od 400 m od poslednjih kuća u naselju. Po obodu deponije nalazi se kanal koji se spaja sa Velikom Bačkim kanalom u koji se ulivaju deponijske procedne vode. Usled nepostojanja zaštitne ograde oko tela deponije omogućen je pristup životinjama koje raznose otpad po okolini.



Slika 3.12 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Vrbasu

Na deponiji ne postoji kontrola odlaganja otpada, pa se na deponiji može naći i otpad animalnog porekla, klanični otpad i druge vrste hazardnog otpada. Otpad se povremeno prekriva inertnim materijalom. Na teritoriji Vrbasa ne postoji razvijeno tržište sekundarnih sirovina i otpad se ne razdvaja na mestu nastajanja.

Monitoring ambijentalnog vazduha, procednih voda i zemljišta ranije nije sproveden.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Vrbasu, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.13.



Slika 3.13 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Vrbasu u letnjem i zimskom periodu

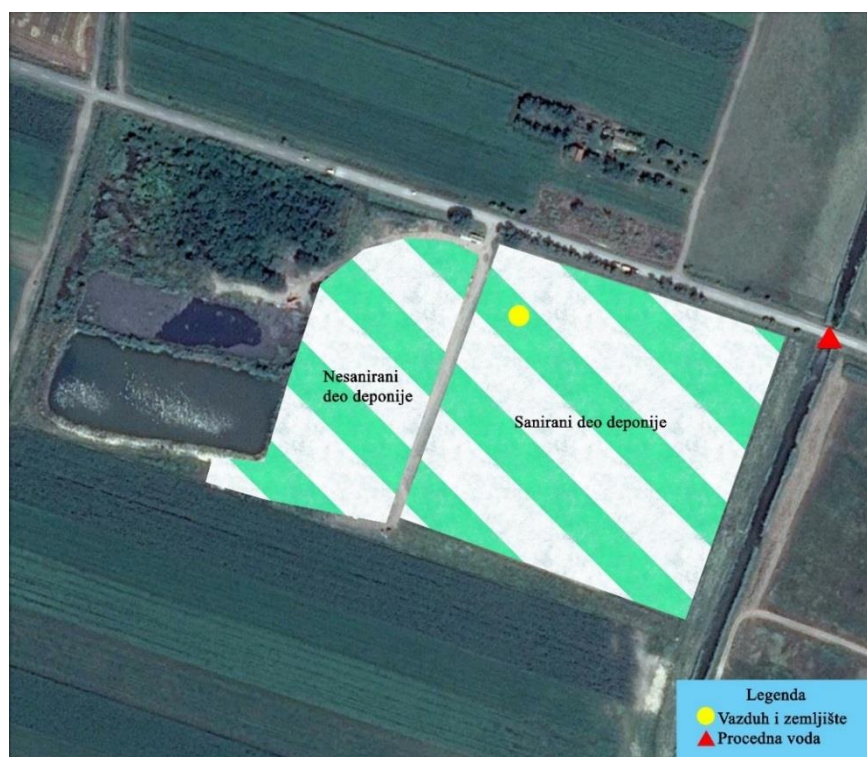
Temerin

Temerin je naselje koje se nalazi u južno-bačkom okrugu AP Vojvodine (Slika 3.1). Teritorija opštine Temerin se u površinskom delu odlikuje vrlo jednostavnom geološkom strukturom koja je izgrađena od kvartarnih sedimenta, koje karakteriše humus, les, peskovite i šljunkovite gline i pesak.

Prema podacima iz 2011., broj stanovnika iznosi 28.287, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena modelovanjem, iznosi **10.062 t/godišnje** (Tabela 3.4)

U najznačajnije privredne delatnosti ubrajaju se poljoprivreda, metaloprerađivačka industrija, tekstilna industrija i industrija građevinskog materijala. Najznačajniji privredni i industrijski sistemu su Petefi (proizvodnja poljoprivrednih proizvoda i farma svinja), FKL (proizvodnja kotrljajućih ležajeva i kardanskih vratila za potrebe industrije poljoprivrednih mašina, građevinske mehanizacije, rudarske opreme, procesne industrije, transportnih sredstava i drugih), Neptun (proizvodnja radne i zaštitne odeće za industriju, bolnice i ugostiteljstvo).

Sav otpad, osim opasnog i industrijskog otpada, koji se sakupi na teritoriji opštine Temerin transportuje se i odlaže na glavnoj deponiji (Slika 3.14). Deponija opštine Temerin se nalazi na regionalnom putu Odžaci-Žabalj, na deonici Sirig-Temerin, i na svega 2 km udaljenosti od poslednjih kuća u Temerinu.



Slika 3.14 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Temerinu

Deponija je sanirana 2012. godine čime su otklonjeni negativni uticaji na životnu sredinu i omogućeno je odlaganje otpada u skladu sa važećim zakonskim aktima Republike Srbije. Telo deponije je hidroizolovano tako da je sprečeno zagađenje podzemnih voda procednim vodama iz odloženog smeća. Prilikom sanacije izvršena je ugradnja biotrnova za oslobađanje deponijskog gasa što je doprinelo smanjenju rizika od pojave eksplozija i požara na samoj deponiji. Odlaganje otpada je kontrolisano pri čemu je dozvoljeno odlaganje komunalnog čvrstog otpada, otpada iz domaćinstva, komercijalnog otpada, papira, kartona, tekstila, plastike, baštenskog otpada,

biodegradabilnog kuhinjskog otpada, građevinskog otpada. Monitoring ambijentalnog vazduha, procednih voda i zemljišta ranije nije sproveden.

Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Temerinu, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.15.



Slika 3.15 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Temerinu u letnjem i zimskom periodu

Novi Sad

Novi Sad je najveći grad Autonomne Pokrajine Vojvodine, severne pokrajine Republike Srbije, kao i kulturni, univerzitetski, ekonomski i medicinski centar Južnobačkog okruga. Grad se nalazi na granici Bačke i Srema, većim delom u Južnoj Bačkoj, na obalama Dunava i Malog bačkog kanala, u Panonskoj ravnici i na severnim obroncima Fruške gore (Slika 3.1).

Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 341.625, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena merenjem, iznosi **133.939 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Dominantne industrijske grane su rafinerija, mesna industrija, hemijska industrija i metalurgija. Najznačajniji privredni subjekti u Novom Sadu su Naftna industrija Srbije, Rafinerija, Jugoalat-Tools (proizvodnja alata, pribora za mašine i rezervnih delova za mašine), Termoeletrana-toplana Novi Sad, Messer Tehnogas (proizvodnja industrijskih, medicinskih i specijalnih gasova), Novkabel (proizvodnja kablovskih proizvoda), Limprodukt (proizvodnja metalne ambalaže), Neoplanta (proizvodnja mesa i mesnih prerađevina), Agrohem (proizvodnja mešanih i kompleksnih đubriva).

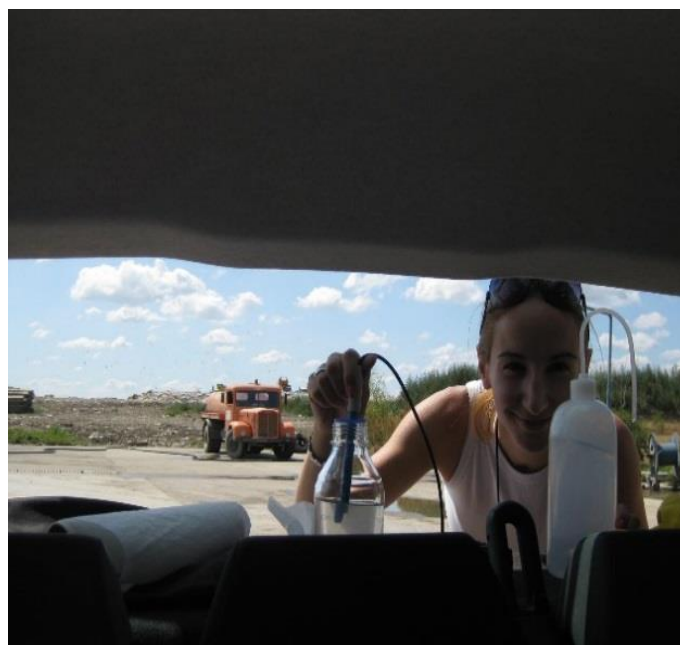
Deponija komunalnog otpada nalazi se na udaljenosti od oko 6 km severno od centra Novog Sada, u neposrednoj blizini raskrsnice autoputa Beograd – Novi Sad – Subotica i magistralnog puta Novi Sad – Temerin – Bečej i svega 700 m od naseljenog dela grada (Slika 3.16).

Sanacija postojeće deponije izvršena je u periodu od 2000. do 2001. godine. U okviru sanacije primenjene su neophodne mere zaštite životne sredine koje obuhvataju postavljanje ograde radi sprečavanja nekontrolisanog ulaska ljudi i životinja, vraćanje otpada u granice deponije, izmeštanje trase melioracionog kanala zatrpanog otpadom, izgradnju mreže internih saobraćajnica za dopremanje otpada do mesta odlaganja, izgradnju sistema obodnih i putnih kanala za evakuaciju procednog filtrata i površinske vode sa tla deponije, izgradnju dva taložna bazena u kojima se obavlja taloženje prikupljene vode, pre ispuštanja u obližnji melioracioni kanal, postavljanje niza degazatora za evakuaciju gasa iz tela deponije i prekrivanje deponovanog otpada internim materijalom.



Slika 3.16 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu

Monitoring ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden. Preliminarna ispitivanja fizičkih i neorganskih hemijskih karakteristika procednih voda sprovedena su u okviru projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine. Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.17.



Slika 3.17 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu u letnjem i zimskom periodu

Ruma

Opština Ruma se prostire na delu srednjeg i južnog Srema u AP Vojvodini (Slika 3.1). Smeštena je između Dunava i Save, u podnožju Fruške Gore. Naslanja se na magistralnu prugu Beograd-Zagreb i na magistralni put.

Prema podacima iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 54.339, a ukupna godišnja količina generisanog otpada, dobijena merenjem, iznosi **17.714 t/godišnje** (Tabela 3.4).

Rumska opština je uglavnom poljoprivredni kraj. Industrijski potencijali su fabrika kože, plastike, gume, građevinskog materijala, konfekcije, trikotaže, obuće, metalna, grafička, drvena i prehrambena industrija. Najznačajniji privredni subjekti i industrijski sistemi su Fabrika kože, Trijumf (proizvodnja proizvoda od gume), Rumaplast (proizvodnja PVC cevi), Žitopromet (proizvodnja pšeničnog brašna i testenina), Sremput (proizvodnja betonske smeše i proizvoda od betona i gipsa), Andrijašević (proizvodnja dušeka i tapaciranih kreveta), Frigožika (proizvodnja rashladnih vitrina).

Otpad se organizovano odlaže na gradsku deponiju, lociranu u blizini autoputa (Slika 3.18). Odlaganje otpada na ovoj lokaciji je bez prethodne selekcije i sa povremenim prekrivanjem otpada internim materijalom. Na lokaciji deponije u Rumi ne postoji ograda koja bi sprečila nekontrolisan ulaz ljudi.



Slika 3.18 Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Rumi

Na deponiji se pored čvrstog komunalnog otpada poreklom iz domaćinstva, nekontrolisano odlaže i drugi otpad različitog porekla.

Monitoring procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta ranije nije sproveden. Fotografije sa uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Rumi, u letnjem i zimskom periodu, prikazane su na Slici 3.19.



Slika 3.19 Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Rumi u letnjem i zimskom periodu

3.2 Uzorkovanje

Uzorkovanje procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta sprovedeno je na osnovu protokola koji definiše:

Postupke za identifikaciju ciljeva uzorkovanja;

Postupke za izradu plana uzorkovanja;

Osnovne principe uzorkovanja;

Preporučene metode uzorkovanja;

Broj uzoraka;

Uputstvo za pakovanje, skladištenje, obezbeđivanje, transport i prijem uzoraka;

Sadržaj zapisnika o uzorkovanju;

Uzorkovanje vode

Uzorci procednih voda na 10 ispitivanih lokaliteta kolektovani su iz perifernih kanala ili obližnjih vodenih tokova. Uzorci vode u kojima su određivane fizičke i neorganske hemijske karakteristike procednih voda kolektovani su u dve flaše od po 1 l, plastičnoj i staklenoj. Uzorak vode u staklenoj boci je na licu mesta stabilizovan dodavanjem azotne kiseline, do postizanja pH vrednosti manje od 2. Uzorci vode iz kojih je određivan sadržaj POP kolektovani su u tamnim staklenim bocama od 2 l, bez primene stabilizacije. Svi uzorci procednih voda predstvaljaju dvočasovni kompozitni uzorak koji se sastoji od osam slučajnih uzoraka uzetih u toku dva časa, u intervalima od po 15 min, sa dubine od oko 1 m od površine. Uzorci su transportovani i čuvani na 4°C do analize. Dobijeni rezultati izraženi su ng/l uzorkovane vode.

Uzorkovanje vazduha

Za potrebe uzorkovanja ambijentalnog vazduha, u okviru doktorske disertacije, korišćeni su pasivni uzorkivači ambijentalnog vazduha. Pasivno uzorkovanje vazduha predstavlja ekonomski isplativu metodu, veoma pogodnu za potrebe sprovođenja dugoročnih monitoring programa, zbog čega se koriste kao skrining metoda za polu-kvantitativnu komparaciju kvaliteta vazduha na različitim lokalitetima (Harner i dr., 2006; Melymuk i dr., 2014). Pasivni uzorkivači vazduha sa filterima od poliuretanske pene (*polyurethane foam - PUF*) su pogodni za uzorkovanje gasovite faze vazduha i često predstavljaju jedini način kolektovanja uzoraka vazduha u ruralnim i udaljenim područjima, bez električnog napajanja. Mogu se koristiti kao vrlo pouzdan alat za uzorkovanje ambijentalnog vazduha u cilju dobijanja informacija u okviru naučno-istraživačkih postupaka (Gouin i dr., 2005; Klanova i dr., 2006; Pozo i dr., 2012). Pasivni uzorkivači korišćeni u okviru doktorske disertacije, bili su sastavljeni od diska od poliuretanske pene (prečnika 15 cm, debljine 1,5 cm i gustine 0.030 g/cm³, tip N 3038; Gumotek Bržeclav, Češka) koji je bio smešten između dve zaštitne kalote. Pre uzorkovanja PUF filteri su prečišćeni Sokshlet ekstrakcijom sa vrućim rastvaračem u dva nivoa. Prvi nivo obuhvata ekstrakciju acetonom u trajanju od 8h, a drugi ekstrakovanje sa dihlormetanom u trajanju od dodatnih 8h. Posle ekstrakcije, filteri su osušeni.

Filteri su zatim uvijeni u dva sloja aluminijumske folije i odloženi u polietilenske kese (Prybilova i dr., 2012). Tako pripremljeni PUF diskovi su čuvani u zamrzivaču do upotrebe.

Svi PUF diskovi bili su postavljeni na samom telu deponije, na visini od 1,5 – 2 m. PUF diskovi iz kojih su određivani koncentracioni nivoi PAH, PCB, PeCB, HCB, HCH, DDT i PBDE bili su izloženi spontanom i slobodnom strujanju vazduha u trajanju od 28 dana (4 nedelje), a diskovi iz kojih su određivani PCDD/F, 84 dana (12 nedelja). Prosečan protok vazduha za ovaj tip uzorkivača i metodu uzorkovanja iznosi 3,5 - 7 m³/dan (100 – 200 m³/ za četiri nedelje uzorkovanja) (Klanova i dr., 2008; Prybilova i dr., 2012). Korišćeni PUF diskovi su bili pakovani u dva sloja aluminijumske folije i polietilensku vrećicu, obeleženi, i transportovani u ručnim frižiderima na 5°C. PUF diskovi sa uzorcima vazduha su čuvani u zamrzivaču, na -18°C, do analize. Rezultati dobijeni analizom ambijentalnog vazduha izraženi su kao sadžaj supstance na medijumu uzorkovanja (ng/filter).

Uzorkovanje zemljišta

Na svakom ispitivanom lokalitetu uzimana su po dva uzorka površinskog sloja zemljišta u neposrednoj blizini pasivnih uzorkivača vazduha. Uzorkovanje zemljišta realizovano je kolektovanjem 5 - 10 uzoraka sa površine od 25 m x 25 m i dubine od 10 cm, na svakom od ispitivanih lokaliteta. Uzorci su se, nakon toga, mešali i homogenizovali. Do laboratorije su transportovani u tamnim polietilenskim vrećama, nakon čega su sušeni na sobnoj temperaturi (2 nedelje) i potom prosejani. Dobijeni rezultati izraženi su µg/kg zemljišta.

3.3 Analiza osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara

Uzorci procednih voda u kojima su određivani fizički i neorganski hemijski parametri pripremljeni su i analizirani u akreditovanoj Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha na Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Analiza pH vrednosti i sadržaja rastvorenog kiseonika urađena je nakon pripreme homogenizovanog uzorka, na samom lokalitetu, primenom multiparametraskog uređaja *Multi 340i*. Vrednost HPK određivana je standardnom EPA metodom korišćenjem UV-VIS spektrofotometra, *HACH DR5000*. Sadržaj metala u uzorcima vode se nakon digestije uzoraka određivao primenom atomskog apsorpcionog spektrometra *S2Series+VP 100 Thermo Scientific*.

3.4 Analiza organskih polutanata

Priprema uzoraka za analizu organskih polutanata

Uzorci procednih voda, vazduha i zemljišta iz kojih su određivani koncentracioni nivoi POP/PAH pripremljeni su u laboratorijama RECETOX centra izvrsnosti, Univerzitet Masarik, Brno, Republika Češka.

Za pripremu uzoraka korišćena je sledeća laboratorijska oprema:

Automatski ekstraktor Büchi B-811 (*Büchi Labortechnik AG*, Švajcarska)

Automatske pipete (50 mL; 100 - 1000 mL) (*Nichiryo*, Japan)

Automatske pipete (10 - 100 mL) (*Eppendorf Research Plus*, Češka Republika)

Špric od 2 mL (*BIBraun*, Nemačka)

Koncentrator uzoraka EVATERM (*Labicom*, Češka Republika)

Uređaj za SPE ekstrakciju pod sniženim pritiskom (*Manifold*, SAD)

Kolona, dužine 25 cm, unutrašnjeg prečnika 15 mm (*Fisher & Porter Co.*, SAD)

SPE ketridži (*Oasis WAX*, SAD)

SPE diskovi (*Bakerbond C18 SpeedDisk TM*, SAD)

MP05-0.1 peć za žarenje (*Martinek*, Češka Republika)

Ultrazvučna kada PS03000A (*Powersonic*, SAD)

Vortex (*VELP Scientific*, Italija)

Ultrazvučna kada Bandelin Sonorex RK 106 (*Bandelin electronic*, Nemačka)

Hemikalije, potrošni materijal i standardi

Toluen, čistoće p.a. 99.5% (*Lach-Ner*, Češka Republika)

Dihlormetan, analitičke čistoće 99.8% (*Lach-Ner*, Češka Republika)

Silika gel (*Merck*, Nemačka)

Pasterove pipete (*Hirschmann Laborgeräte*, Nemačka)

Poliuretanska pena, gustine 0.030 g cm⁻³, tip N3038 (*Gumotex*, Češka Republika)

n-heksan 95% (*Lach-Ner*, Češka Republika)

96% sumporna kiselina (*Lach-Ner*, Češka Republika)

29 PAH standardni rastvor (*LGC Standards*, Poljska)

Azot tehničke čistoće 4,7 (*SIAD TP*, Češka Republika)

Silika Gel 60 (*Merck*, Nemačka)

Anhidrovani natrijum sulfat (*Penta*, Češka Republika)

Metanol (*Sigma Aldrich*, Nemačka)

Amonijum acetat (*Sigma Aldrich*, Nemačka)

Interni set standarda 13C12 BDE: 28, 47, 77, 99, 100, 138, 153, 154, 183, 209 (*Wellington*, Kanada)

Interni 13C BDE standardi 77 and 138 (*Wellington*, Kanada)

Standard D-43 PAH (*Wellington, Kanada*)

Interni standardni rastvor, PCB 185 i PCB 30 (*Ultra Scientific, SAD*)

Interni PCB 121 standardni rastvor (*Absolute Standards, SAD*)

Redestilovana voda

n-nonan 96% (*Acros Organics, Belgija*)

Ekstrakcija

Priprema uzoraka je obuhvatala transport uzoraka, stabilizaciju i čuvanje do analize, nakon čega je usledila ekstrakcija analita iz uzorka. Zbog koekstrakcije i drugih supstanci koje se nalaze u matriksu zajedno sa ispitivanim analitima, bilo je neophodno dodatno tretirati uzorke nakon ekstrakcije, primenom kolonske hromatografije, i izvršiti prekoncentrisanje uzoraka pre analitičkog određivanja.

Ekstrakcija uzoraka vode

Analiti iz tečnih uzoraka se najčešće ekstrahuju na čvrstoj fazi. Metoda ekstrakcije na čvrstoj fazi se zasniva na ravnotežnoj raspodeli analita između vode i čvrste faze. Proces ekstrakcije na čvrstoj fazi se sastoji iz sledećih postupaka:

kondicioniranje kolone (aktivacija sorbenta),

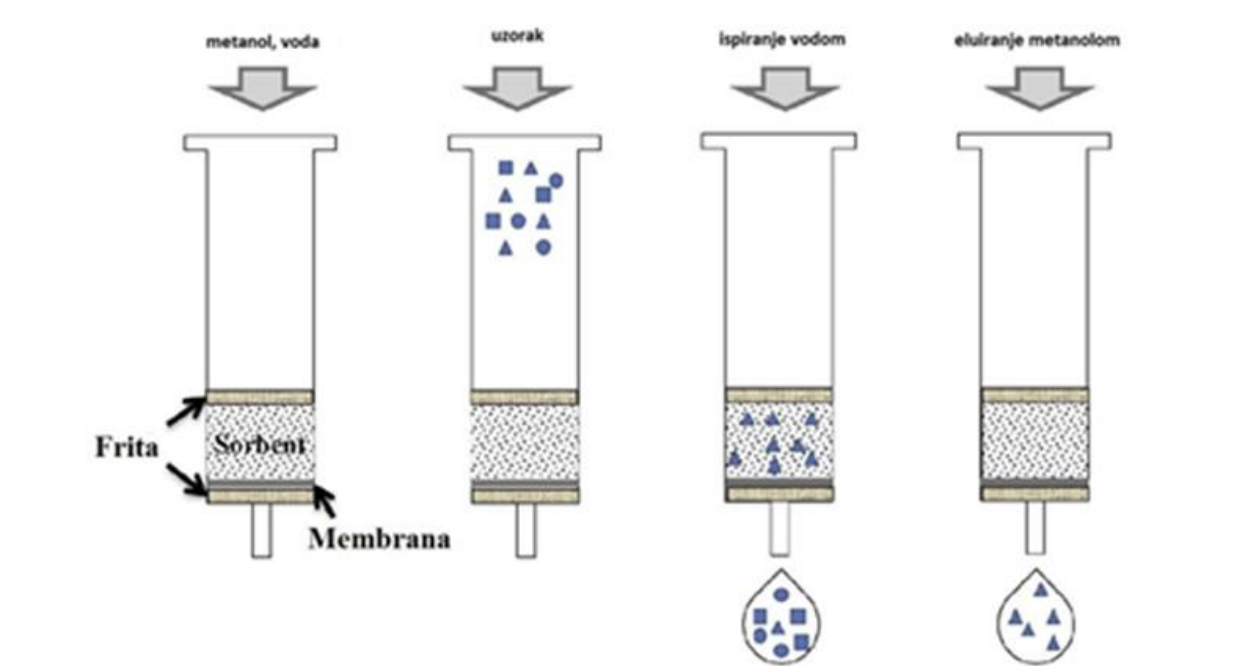
unošenje uzorka,

ispiranje sorbenta (uklanjanje interferencija),

eluiranje (desorpcija sorbenta rastvaračem ili toplotom),

regeneracija sorbenta.

Za sorpciju neisparljivih organskih jedinjenja iz vode koriste se hidrofobni adsorbensi (aktivni ugalj, silika gel) ili jonski izmenjivači. Proces ekstrakcije je prikazan na Slici 3.20. Eluent se sakuplja u čiste kivete i uparava azotom. Uzorak slepe probe se tretira na isti način kao i uzorci vode.



Slika 3.20 Proces ekstrakcije čvrstom fazom (Ganán i dr., 2013)

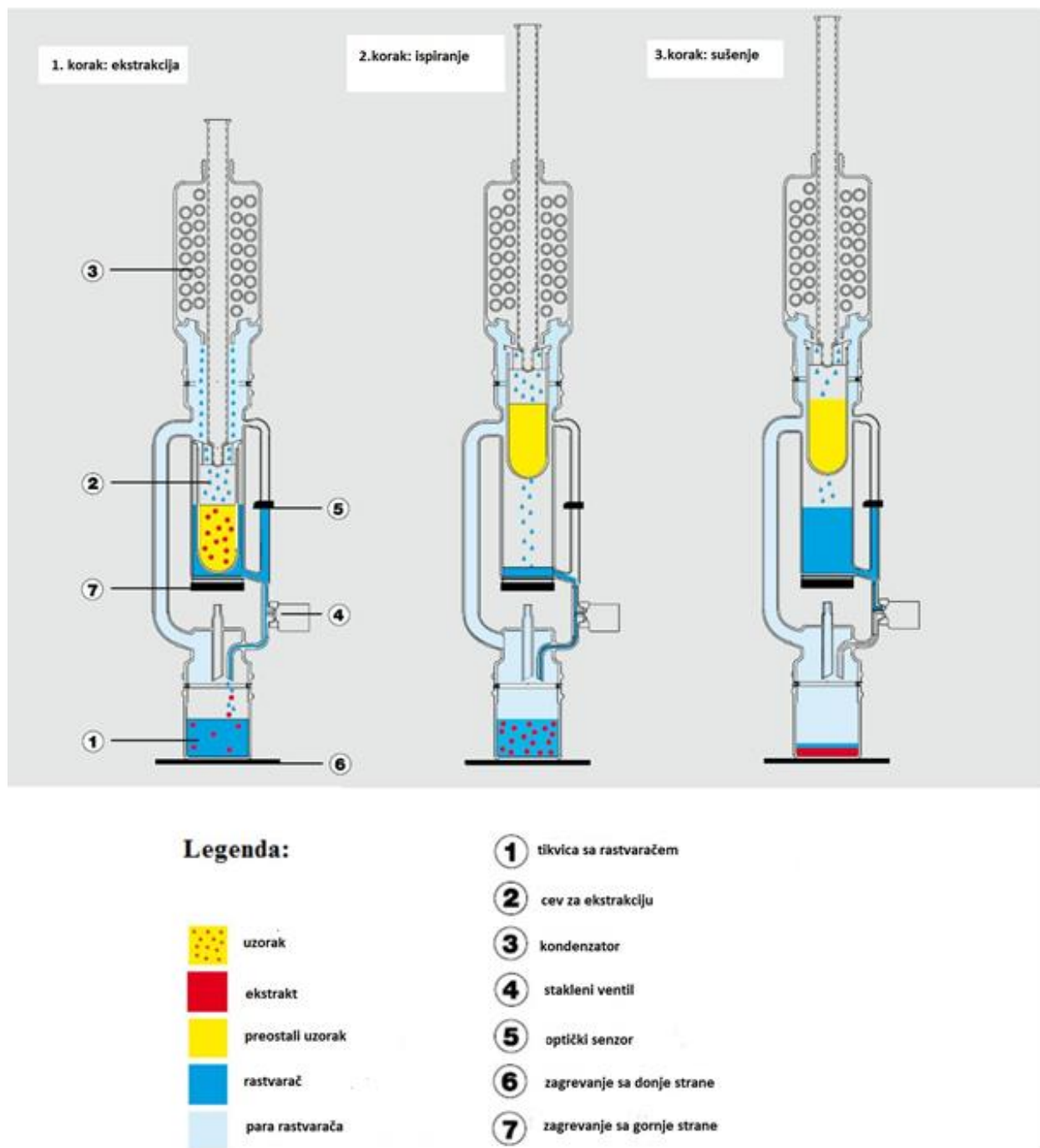
Uzorci vode spajkovani su sa standardnim rastvorima D - 43 PAH, PCB 185, PCB 30 i 13C12 - PBDE, i ekstrahovani upotrebom diskova *Bakerbond C18 SpeedDisk TM* pod vakuumom. Diskovi su prethodno kondicionirani sa destilovanom vodom i metanolom. Nakon sorpcije čestične faze, uzorci su eluirani sa 40 ml smeše dihlormetan-heksan (1:1), pod vakuumom, u trajanju od 5 min. Nakon toga su upareni, podeljeni u odnosu 1:9, i sušeni sa anhidrovanim natrijum sulfatom.

Ekstrakcija suspendovanih čestica

Filteri za separaciju suspendovanih čestica kojima su dodati standardni rastvori D - 43 PAH, PCB 185, PCB 30 i 13C12 - PBDE, su ekstrahovani u automatskom ekstraktoru Büchi B-811. Ekstrakti su, pre koncentrovanja u struji azota, podeljeni u odnosu 1: 9 (PAH : BFR, PCB, OCP) u vijale zapremine 20 mL.

Ekstrakcija PUF

Za čvrste uzorke se najčešće koristi Sokshlet ekstrakcija. Metoda se zasniva na upotrebi vrućeg rastvarača. U eksperimentalnom delu se koristi automatska ekstrakcija sa vrućim rastvaračem korišćenjem sistema Büchi B-811. Pojedinačni postupci su prikazani na Slici 3.21. Sistem omogućava ekstrakciju i uklanjanje rastvarača u najkraćem mogućem vremenu kako bi se dobio veoma koncentrovan ekstrakt za dalju analizu.



Slika 3.21 Ekstrakcija sa vrućim rastvaračem – sistem Büchi B-811

Izloženi poliuretanski filteri, spajkovani su sa standardnim rastvorima D - 43 PAH, PCB 185, PCB 30 i 13C12 – PBDE i postavljeni u automatski ekstraktor Büchi, B-811. Ekstrakti su preneti u vijale i koncentrovani u struji, na 30°C do krajnje zapremine od 0,5 ml ili 1 ml.

Ekstrakcija zemljišta

Za ekstrakciju iz čvrstog medijuma (zemljište) koristi se ekstrakcija sonikacijom i filtracija, ekstrakcija pomoću fluida pod visokim pritiskom (eng. *Pressurised Fluid Extraction - PFE*), superkritična ekstrakcija fluida (eng. *Supercritical Fluid Extraction - SFE*), ubrzana ekstrakcija rastvaračem (eng. *Accelerated Solvent Extraction - ASE*), ekstrakcija na čvrstoj fazi (eng. *Solid Phase Extraction - SPE*), mikroekstrakcija na čvrstoj fazi (eng. *Solid Phase Microextraction - SPME*), Sokshlet ekstrakcija ili se koriste različiti organski rastvarači (heksan, aceton, dihlorometan, toluen).

Količina od 5 g zemljišta je homogenizovana i ekstrahovana sa dihlormetanom u automatskom ekstraktoru Büchi B-811. Ekstrakti su pre koncentrovanja u struji azota podeljeni u odnosu 1: 9 (PAH: BFR, PCB, OCP) u vijale zapremine 20 mL.

Prečišćavanje uzoraka

Navedene ekstrakcione metode su veoma efikasne i optimalne i za ekstrakciju analita i drugih polutanata iz matriksa. Dobijeni ekstrakt je zato veoma složen mix i sastoji se od velikog broja različitih organskih jedinjenja.

Kolonska hromatografija je korišćena za prečišćavanje ekstrakta i kasniju analizu PAH, PCB, OCP i PBDE. Uzorak je uparen u struji azota do zapremine od 0,5 ml i kvantitativno prebačen u označene vijale. Uzorak je koncentrovan do konačne zapremine od 50 ml i dodato je 50 ml n-nonana i 50 ml standarda (za određivanje PAH - terfenil, za određivanje PCB i OCP - PCB 121, za određivanje BFR - 13C BDE 77 i 138).

Uzorci procednih voda, vazduha i zemljišta iz kojih su određivani koncentracioni nivoi POP analizirani su u laboratorijama RECETOX centra izvrsnosti, Univerzitet Masarik, Brno, Republika Češka.

Oprema korišćena za analitička određivanja koncentracionih nivoa PAH, PCB, OCP i PBDE navedena je u nastavku teksta.

Gasna hromatografija

a) PAH

Gasni hromatograf HP 6890N (*Agilent Technologies*, Nemačka)

DB-5MS kolona 60 m × 0,25 mm unutrašnjeg prečnika × 0,25 mikrometara debljine stacionarne faze (*J & W, Agilent Technologies*, SAD)

Maseni spektrometar XL 5972 sa selektivnim detektorom (*Agilent Technologies*, SAD)

b) PCB, OCP

Gasni hromatograf Agilent 7890 GC (*Agilent Technologies*, SAD)

HT8 SGE kolona 60 m × 0.25 unutrašnjeg prečnika × 0.25 mikrometara (*J & W, Agilent Technologies*, SAD)

Autospec maseni spektrometar visoke rezolucije Premier (*Micromass*, VB)

c) BFR

Gasni Hromatograf Agilent 7890 GC (*Agilent Technologies*, USA)

Kolona Restek RTX-1614 15 m × 0.25 mm × 0.10 micrometara (*J & W, Agilent Technologies*, SAD)

Autospec maseni spektrometar visoke rezolucije Premier (*Micromass*, VB)

Visoka kompleksnost medijuma životne sredine i niske koncentracije analita izazivaju teškoće u razvoju analitičkih metoda za određivanje POP.

Određivanje PAH

Najčešće korišćena metoda za određivanje PAH je gasna hromatografija sa masenom spektrometrijom (GC-MS), pri čemu se helijum koristi kao noseći gas. Maseni detektor se koristi u modu elektronske jonizacije od 70 eV i u SIM modu (eng. *Selective ion monitoring*). Takođe, može da se koristi i gasni hromatograf snabdeven detektorom sa jonizacijom u plamenu (FID - GC). PAH se mogu odrediti i pomoću tečnog hromatografa visoke moći razlaganja sa fluorescentnim detektorom (HPLC-FLD), ili masenom spektrometrijom ili tečnom hromatografijom sa reverznom fazom gde se koristi nepolarna stacionarna faza i polarni eluent. Kao detektor se koristi fotometrijski i spektrofotometrijski detektor.

Koncentracije PAH u uzorcima su određene korišćenjem gasnog hromatografa HP 6890N GC sa masenim spektrometrom (XL 5972). Za odvajanje analita korišćena je kolona DB-5MS 60 m × 0.25 mm (i.d.) × 0.25 μm (stacionarna faza). Rezultujući hromatografi su analizirani korišćenjem softvera MSD ChemStation.

Određivanje PCB i OCP

Univerzalna analitička metoda za određivanje koncentracije POP je gasna hromatografija sa masenom spektrometrijom (GC-MS). Za PCB je takođe moguće određivanje pomoću gasnog hromatografa sa detektorom sa zahvatom elektrona (GC-ECD), međutim današnji trend je upotreba gasnog hromatografa visoke rezolucije sa masenim spektrometrom visoke rezolucije (HRGC-HRMS).

Koncentracije PCB kongenera i OCP su određene gasnom hromatografijom (*Agilent 7890 GC*) sa tandem masenom spektrometrijom (*GC-MS / MS*). Gasni hromatograf ima efikasnu kolonu za odvajanje (*SGE HT-8*), koja jasno odvaja individualne kongenere PCB i OCP u smeši.

Određivanje BFR

Pri određivanju BFR dolazi do analitičkih interferencija između dioksina, furana i polibromovanih difenil etara (PBDE) za vreme analize tragova. Iz tog razloga bi trebalo da se dva ili tri puta sprovede proces čišćenja u koloni i frakcionisanje. Za analizu BFR se obično koristi gasna hromatografija sa masenom spektroskopijom visoke rezolucije (GC-HRMS). Maseni detektor u kombinaciji magnetnog i električnog polja se koristi kao izvor jona u elektronskoj jonizaciji.

Koncentracije PBDE kongenera su određene gasnom hromatografijom sa masenim spektrometrom visoke rezolucije. Gasni hromatograf *Agilent 7890 GC* je opremljen kolonom za odvajanje (*Restek RTX-1614*), koja jasno odvaja pojedinačne kongenere iz PBDE smeše. Kongeneri su izdvojeni pomoću Autospec masenog spektrometra *Premier* pod dejstvom jonizacije elektrona.

Određivanje PCDD/F

Koncentracije dioksina i furana određivane su u akreditovanoj laboratoriji RECETOX Centra izvrsnosti korišćenjem razvijenih validovanih metoda ispitivanja na akreditovanoj opremi, usled čega nije bilo moguće dobiti metodu analitičkog određivanja.

U cilju kontrole moguće kontaminacije uzoraka, uzorci slepe probe su takodje analizirani. Koncentracije analita su određene pomoću kalibracionih krivih individualnih standarda analita ili pomoću smeše standarda koja sadrži određivanu supstancu i internog standarda.

3.5 Statističke metode obrade rezultata

3.5.1 Analiza glavnih komponenti

Analiza glavnih komponenti, PCA (eng. *Principal Component Analysis*) najčešće je korišćena multivarijaciona statistička metoda koja se koristi za opisivanje kompleksnih odnosa prisutnosti, ponašanja i sudbine zagađujućih supstanci u životnoj sredini. PCA metoda smanjuje broj varijabli potrebnih za opis sistema uz minimalni gubitak informacija transformacijom prvobitnog skupa promenljivih u manji skup linearnih kombinacija koje čine najveći deo varijanse originalnog skupa (Jovčić i dr., 2013). Selektovane varijable su, na osnovu sličnih karakteristika, raspoređene u više faktora. Originalni set varijabli je transformisan u novi set redukovanih varijabli. Za efikasnu primenu faktorske analize potrebno je da postoji minimalna količina redundancije varijabli, odnosno da se varijable barem malo preklapaju u svom značenju. Bez obzira koji je krajnji cilj faktorske analize, treba voditi računa o tome kakve se varijable koriste u postupku. Faktorska analiza identifikuje samo zajedničke faktore (Hair i dr., 2010). Statistička obrada rezultata u okviru doktorske disertacije izvedena je korišćenjem IBM SPSS Statistic 20.

3.5.2 Klaster analiza

Klaster analiza, CA (eng. *Cluster Analysis*) vrši grupisanje jedinica posmatranja u grupe ili klase tako da se slične jedinice nađu u istoj klasi (klasteru). Grupisanje se sprovodi na osnovu rezultata koji se izračunava na osnovu vrednosti obeležja po svim varijablama, za svaku jedinicu posmatranja posebno. Metod koji se koristi za klasifikaciju mora biti potpuno numerički, a broj klasa se unapred obično ne zna (Hair i dr., 2010).

Hijerarhijski metod klaster analize za krajnji rezultat ima dendogram. To je grafički prikaz klastera (grupa) u obliku stabla povezivanja. Prvo se vrše izračunavanja udaljenosti svih jedinica međusobno, a zatim se grupe formiraju putem tehnika spajanja ili razdvajanja. Tehnika spajanja (aglomerativni, hijerarhijski metod) polazi od toga da je svaka jedinica sama u grupi od jednog člana. Bliske grupe se postepeno spajaju dok se na kraju, sve jedinice ne nađu u jednoj grupi (Hair i dr., 2010).

3.6 Procena rizika na zdravlje humane populacije u blizini deponija komunalnog otpada

Procena rizika po zdravlje ljudske populacije i kvalitet životne sredinu, HERA (eng. *Human/Environmental Risk Assessment*) zahteva multidisciplinarni i interdisciplinarni pristup i obuhvata niz akcija: 1) određivanje koncentracionih nivoa zagađujućih supstanci sprovođenjem opsežnih monitoring programa medijuma životne sredine, 2) identifikacija hazarda, 3) određivanje nivoa primljene koncentracije polutanta, 4) procena efekata, 5) identifikacija negativnih efekata, 6) procena reakcije na intoksikaciju, 7) procena rizika i 8) karakterizacija rizika (Gržetić i Ghariani, 2008).

Prema Američkoj agenciji za zaštitu životnu sredine (eng. *United States Environmental Protection Agency*), izloženost ljudske populacije supstancama prisutnim u ambijentalnom vazduhu zavisi od hroničnog dnevnog unosa (*Chronic Daily Intake*, CDI) supstance putem inhalacije. CDI se može definisati i kao prosečna dnevna doza u toku života (*Life Averaged Daily Dose*, LADD) i izražava se u mg/kg·dan, a određuje se korišćenjem relacije 3.1 (EPA, 1992; EPA, 1996):

$$CDI = CA \cdot IF \quad 3.1$$

gde su:

CA – koncentracija zagađujuće materije, (mg/m³);

IF – stepen izloženosti, (m³/kg·dan).

Stepen izloženosti dobija se primenom relacije 3.2:

$$IF = \frac{IR-A \cdot EF \cdot ED \cdot ET}{BW \cdot AT} \quad 3.2$$

gde su:

IR-A – stepen inhalacije, (m³/h);

EF – učestalost izlaganja, (broj dana izlaganja/god);

ED – trajanje izloženosti, (broj godina);

ET – vreme izlaganja, (broj sati/dan);

BW – telesna težina receptora, (kg);

AT – prosečno vreme izloženosti – vremenski period na koji se odnosi izračunavanje (35.500 dana za izloženost kancerogenim materijama).

Vrednosti pomenutih parametara pruzeti su od EPA (EPA,1998) i iznose: IR-A = 20 m³/dan, EF = 365 dana, ED = 70 godina, ET = 24 h/dan, BW = 70 kg.

Rizik po zdravlje ljudi kao posledica izloženosti kontaminiranom ambijentalnom vazduhu zavisi od trajanja izloženosti i toksičnih svojstava zagađujuće supstance. Rizici specifičnih supstanci računaju se korišćenjem relacije za izračunavanje rizika od kancerogenih oboljenja (3.3):

$$Rizik = LADD \cdot SF \quad 3.3$$

gde je:

SF – faktor preračunavanja, $((\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{dan}))^{-1}$;

LADD – prosečna dnevna doza u toku života, $(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{dan})$

Faktor preračunavanja predstavlja granicu verovatnoće pojave kancerogenih oboljenja pri unosu hemikalije tokom životnog perioda jedinke. SF se upotrebljava za procenu verovatnoće pojave kancera kao rezultata izloženosti određenoj koncentraciji hazardne supstance. Faktori izloženosti putem inhalacije predstavljeni preko inhalacionog jediničnog rizika, IUR (eng. *Inhalation Unit Risk*), preuzeti su od EPA i OEHHA (eng. *Office of Environmental Health Hazard Assessment*). IUR vrednosti korišćene za proračun u okviru doktorske disertacije prikazani su u Tabeli 3.5 (OEHHA, 2002; EPA, 2003).

Konačne SF vrednosti preračunate su primenom jednačine 3.4:

$$SF \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}\cdot\text{dan}} \right]^{-1} = \frac{IUR \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right]^{-1} \cdot 70[\text{kg}] \cdot 1000 \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{mg}} \right]}{20 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{dan}} \right]} \quad 3.4$$

Kumulativni rizik po zdravlje ljudi za svaki ispitivani lokalitet izračunat je kao suma pojedinačnih rizika za svaku supstancu. Granična vrednost za izloženost ljudske populacije tokom životnog veka iznosi $1\text{E}-6$ (EPA, 2003). Izloženost pri kojoj faktor rizika prevazilazi $1\text{E}-6$ (npr. 1 slučaj u milion ljudi) označen je kao značajan.

Tabela 3.5 IUR vrednosti selektovanih supstanci ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$) (OEHHA, 2002; EPA, 2003)

Supstanca	IUR
Naftalen	3,40E-05
Acenaftilen	1,10E-06
Acenaften	1,10E-06
Fluoren	1,10E-06
Fenantren	1,10E-06
Antracen	1,10E-05
Fluoranten	1,10E-06
Piren	1,10E-06
Benzo(a)antracen	1,10E-04
Krizen	1,10E-05
Benzo(b)fluoranten	1,10E-04
Benzo(k)fluoranten	1,10E-04
Benzo(a)piren	1,10E-03
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,10E-04
Dibenzo(a,h)antracen	1,10E-03
Benzo(ghi)perilen	1,10E-05
PCB 28	1,00E-04
PCB 52	1,00E-04
PCB 101	1,00E-04
PCB 118	1,00E-04
PCB 153	1,00E-04
PCB 138	1,00E-04
PCB 180	1,00E-04
HCB	4,60E-04
alfaHCH	1,80E-03
betaHCH	5,30E-03
gamaHCH	3,10E-04
ppDDE	9,70E-05
ppDDD	6,90E-05
ppDDT	9,70E-05

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

4.1 Osnovni fizičko-hemijski i neorganski parametri u procednim vodama

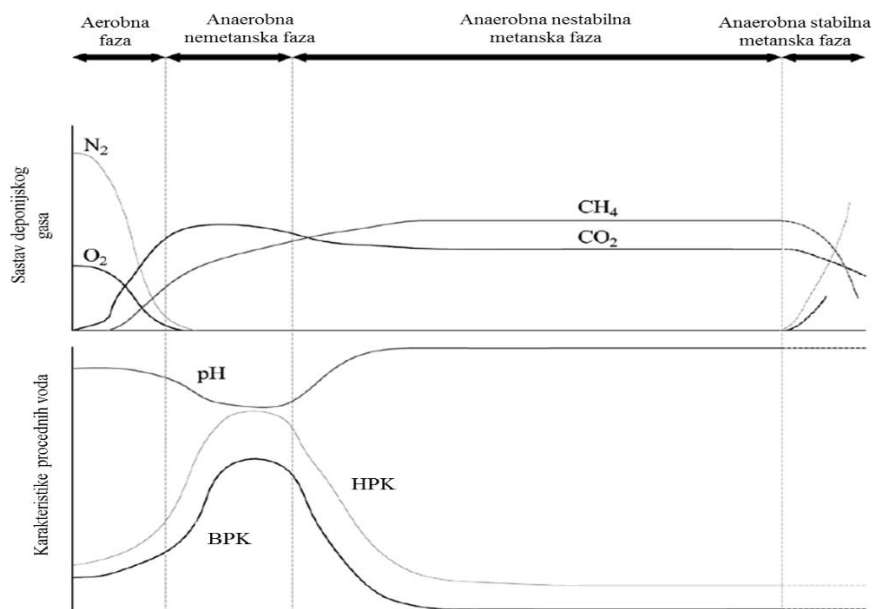
Procena nivoa kontaminacije medijuma životne sredine predstavlja značajnu polaznu osnovu za utvrđivanje uticaja zagađenja na životnu sredinu i zdravlje ljudi. U ovom poglavlju biće prikazane i diskutovane vrednosti osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara u procednoj vodi sa 10 deponija komunalnog otpada u AP Vojvodini, Srbija.

Voda koja se infiltrira u telo deponije vodi poreklo od vlage sadržane u otpadu, atmosferskih padavina, infiltrirane vode sa okolnih zemljišta, vode nastale kao proizvod hemijskih reakcija u deponovanom materijalu i recirkulisane procedne vode. Voda koja izlazi iz tela deponije uslovljena je procesom evapotranspiracije (isparavanje sa površine zemlje) i isticanjem procednih voda. Količina generisanih procednih voda može se utvrditi jednačinom kontinuiteta kojom se prikazuje da je masa vode koja se infiltrira u zapreminu tela deponije jednaka zbiru mase vode koja ističe iz deponijskog tela i mase vode koja se zadržava u telu deponije (Salem i dr. 2008).

Faktori koji utiču na sastav procednih voda deponija su sastav otpada, prisustvo vlage, gustina otpada, hidrologija terena, klimatski uslovi, starost deponije, procesi biodegradacije i karakteristike lokaliteta (Leckie i dr., 1979; Kouzeli-Katsiri i dr., 1999). Polje deponije se može naći u različitim fazama procesa transformacije i razlaganja u isto vreme, u zavisnosti od vremena i mesta odlaganja otpada na deponiji (Slomczynska i Slomczyński, 2004), što značajno doprinosi razlikama u sastavu procednih voda na različitim lokalitetima. Samo je nekolicina autora istraživala sastav procednih voda za vreme eksploatacije deponije (El-Fadel i dr., 2002; Statom i dr., 2004).

Proces razgradnje otpada u telu deponije je u direktnoj korelaciji sa sastavom procednih voda i starošću deponije. Proces razgradnje odvijaju se pomoću bakterija u četiri (Slika 4.1) (Christensen i dr., 1994).

Prvu inicijalnu fazu karakterišu aerobni procesi razgradnje organskih materija od strane aerobnih bakterija. Aerobna faza razgradnje je kratka i traje oko mesec dana. Druga, anaerobna, nemetanska faza traje nekoliko meseci i karakteriše je nastajanje organskih kiselina i alkohola. Ova faza predstavlja fazu hidrolize i acidogeneze. Anaerobna, nestabilna metanska faza je treća faza razgradnje otpada koja traje od nekoliko meseci do godinu dana. U ovoj fazi dolazi do početka formiranja metana. Hemijska struktura otpada se stabilizuje, a kao produkti nastaju acetati i vodonik. Četvrta, anaerobna stabilna metanska faza traje godinama. U ovoj fazi izraženo je dejstvo metanogenih bakterija koje egzistiraju pri pH vrednost oko 7. U okviru četvrte faze dominantno je generisanje metana i ugljendioksida (Christensen i dr., 1994).



Slika 4.1 Faze procesa degradacije otpada (Townsend i dr., 2015)

Rezultati analize osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara prikazani su u Tabeli 4.1.

Odnos petodnevne biološke potrošnje kiseonika (BPK_5) i hemijske potrošnje kiseonika (HPK) u procednim vodama deponijskih tela, BPK_5/HPK , ukazuje na stepen biodegradacije otpada i pruža informacije o starosti deponije (Salem i dr., 2008). Studije su pokazale da u slučaju deponija koje su eksploatisane manje od 5 godina, odnos BPK_5 i HPK u proseku iznosi 0,54, krećući se u opsegu od 0,22 do 0,8. U slučaju deponija na koje je otpad odlagan duže od 5 godina, odnos BPK_5 i HPK u proseku iznosi 0,31, sa vrednostima koje variraju od 0,08 do 0,8 (Salem i dr., 2008; Slomczyńska i Slomczyński, 2004).

Sve deponije obuhvaćene istraživanjem eksploatišu se duže od 5 godina, što je u skladu sa dobijenim vrednostima odnosa BPK_5 i HPK (0,1–0,8) i što ukazuje na relativno nizak nivo oksidne sfere na svih 10 ispitivanih deponija komunalnog otpada. Može se zaključiti da se ispitivani lokaliteti nalaze u metanogenoj fazi koju karakteriše spora dinamička biološka razgradnja organskih materija i relativno nizak nivo BPK_5 i HPK vrednosti.

Procedne vode mlađih deponija (do 5 godina) karakteriše pH vrednost u opsegu 3,7 – 6,5, što ukazuje na prisustvo karboksilnih kiselina i bikarbonatnih anjona, HCO_3^- (Slomczyńska i Slomczyński, 2004). Vremenom, procedne vode postaju neutralne ili slabo bazne, sa pH vrednostima u opsegu 7,0–7,6, dok deponije koje su eksploatisane duži vremenski period karakterišu alkalne procedne vode, sa pH vrednostima u opsegu od 8,0 do 8,5. U slučaju ispitivanih deponija komunalnog otpada, na osnovu dobijenih pH vrednosti može se zaključiti da sve procedne vode imaju bazni karakter i pripadaju deponijama koje se eksploatišu duži vremenski period. pH vrednosti analiziranih procednih voda su se kretale od 7,39 (koliko je iznosila pH vrednost izmerena na deponiji u Subotici) do 8,66 u Somboru, ne prelazeći pri tom granične

vrednosti emisije (GVE), definisane Uredbom o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016).

Prisustvo amonijaka u procednim vodama potiče od procesa dekompozicije proteina. Procedne vode starijih deponija karakterišu niži koncentracini nivoi amonijaka (Aziz i dr., 2011). Perkolacija generisane vode kroz telo deponije predstavlja jedini mehanizam kojim se koncentracioni nivoi amonijaka mogu umanjiti, tokom dekompozicije otpada, na deponiji u metanogenoj fazi (Robinson i Grantham, 1988). Koncentracioni nivoi amonijaka u ispitivanim procednim vodama su se kretali u opsegu od 2,5 mg/l u Novom Sadu do 35,9 mg/l u Pančevu. Na deponijama u Bečeju, Somboru, Bačkoj Palanci, Vrbasu i Temerinu koncentracija amonijaka bila je ispod limita detekcije (<2,5 mg/l).

Nivoi koncentracije ukupnog fosfora u procednim vodama ispitivanih deponija bile su relativno niske i nisu prevazilazile GVE definisane Uredbom o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016).

Koncentracija teških metala je u pozitivnoj korelaciji sa pH vrednosti, protokom i koncentracijom kompleksnih jedinjenja. Sa povećanjem pH vrednosti rastvorljivost metala u vodi opada (Hunce i dr., 2012). Svega 0,02% ukupnog sadržaja teških metala u otpadu se procedi u periodu od 30 godina, što utiče na relativno niske koncentracione nivoe katjona metala u procednim vodama deponija u metanogenoj fazi (Aziz i dr., 2004; Bikash i Khanal, 2015). Izmerene koncentracije jona metala ukazuju na povećane nivoe gvožđa od 0,68 mg/l u Temerinu do 5,95 mg/l u Somboru, koji mogu da budu posledica geologije zemljišta kao i sastava odloženog otpada. Koncentracioni nivoi cinka kretali su se u opsegu od 0,12 mg/l u Rumi do 0,31 mg/l u Subotici. Kadmijum i nikel su na svim deponijama bili ispod limita detekcije, <0,05 mg/l i <0,3 mg/l, respektivno.

Tabela 4.1 Osnovne fizičko-hemijske karakteristike procednih voda ispitivanih lokaliteta

Deponija	BČ	SU	SO	ZR	PA	BP	VS	TE	NS	RU	GVE*
Datum uzorkovanja	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13	
mg/L											
Temperatura	22,2	21	29,8	26,4	25,3	26,9	25,1	23,2	18,1	21,7	30
pH vrednost	7,83	7,39	8,66	7,78	7,57	8,46	7,67	8,22	8,08	7,95	6.5-9
Elektroprovodljivost	617	2550	4450	1233	1055	1666	525	722	1213	1263	
Rastvoreni kiseonik	4,42	1,85	6,25	2,49	0,21	5,13	3,8	7,93	1,56	0,69	
Nitrati	<0,5	0,3	0,5	<0,5	<0,5	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Nitriti	<0,01	0,02	0,04	0,07	0,03	0,91	0,15	<0,01	<0,01	0,04	
Amonijak	<2,5	18,8	<2,5	2,7	35,9	<2,5	<2,5	<2,5	2,5	11,2	
Ukupan fosfor	1,69	1,36	1,57	1,57	1,49	0,13	0,17	0,99	0,09	1,62	3
HPK	58,2	267	274	48,2	383	126	30,6	40,3	160	105,3	200
BPK ₅	34	130	36	30	256	21	24	34	56	64	20
Sulfati	103	<2	374	39	44	90	42	15	<2	57	
Suspendovane materije	121	348	<4	<4	57	<4	8	<4	790	<4	35
Rastvorene materije	1453	1540	3053	777	626	1163	361	823	931	783	
Ukupan suvi ostatak	1410	1800	1963	733	237	538	474	447	3385	1822	
Ortofosfati	<0,01	0,03	0,24	0,03	0,18	0,04	0,01	<0,01	<0,01	0,19	
Bor	1,1	0,3	1,4	0,7	0,2	0,3	0,6	0,1	0,9	0,5	
Aluminijum	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Olovo	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	
Gvožđe	2,99	4,56	5,95	0,84	1,77	2,21	1,07	0,68	2,08	1,09	
Kadmijum	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Nikl	<0,3	<0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
Cink	0,19	0,31	0,14	0,12	0,17	0,13	0,14	0,14	0,25	0,12	
BPK ₅ /HPK	0,6	0,5	0,1	0,6	0,7	0,2	0,7	0,8	0,4	0,6	

**Sl. Glasnik RS*", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016

Procena zagađenja procednih voda, kao i njihovog uticaja na kvalitet životne sredine može se izraziti preko različitih indeksa zagađenja (Matešić i dr., 2016). Jedan od najčešće upotrebljivanih indeksa je indeks kontaminacije procednih voda, LPI (eng. *Leachate Pollution Index*) (Dalkey, 1968). Detaljan opis metodologije proračuna LPI dat je u radu autora Kumar i Alapat (2005). LPI može imati vrednosti od 5 do 100 jedinica koje opisuju potencijal kontaminacije procednih voda. Kada je vrednost indeksa kontaminacije veći od 35 procedna voda je veoma lošeg kvaliteta sa značajnim uticajem na životnu sredinu (Kumar i Alapat; 2005; Singh i dr., 2016).

Za proračun LPI neophodno je 18 parametara (Tabela 4.2) definisanih od Kumar i Alapat (2005). U slučaju kada za ispitivanu procednu vodu nisu dostupni podaci za svih 18 parametara kalkulacija se vrši pomoću formule 4.1.

$$LPI = \frac{\sum_{i=1}^m w_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (4.1)$$

gde je:

w_i – težinski faktor i -tog parametra;

p_i – vrednost sub-indeksa i -tog parametra;

m – broj parametara za koje su dostupne vrednosti koncentracija.

Vrednosti težinskih faktora i sub-indeksa za svih 18 parametara prikazane su u Tabeli 4.2.

U okviru istraživanja za potrebe doktorske disertacije, za proračun LPI korišćeno je 7 parametara (pH, ukupne rastvorene materije, BPK₅, HPK, gvožđe, cink i olovo) što utiče na smanjenje vrednosti ukupnog indeksa kontaminacije procednih voda. Rezultati ispitivanja za amonijak i nikel nisu obuhvaćeni proračunom jer su dobijene vrednosti bile ispod limita detekcije.

Dobijene vrednosti LPI su se kretale u opsegu od 5,96 (Vrbas) do 8,48 (Pančevo) (Tabela 4.3) i slične su rezultatu dobijenom sa Bikarac deponije u Hrvatskoj (8,53) (Matešić i dr., 2016). Rezultati LPI ukazuju na nizak potencijal zagađenja procednih voda (Kumar i Alapat, 2005), kao i na relativno stabilizovano i konstantno stanje nivoa kontaminacije analiziranih procednih voda.

Međutim, kako su vrednosti dobijene za BPK₅ iznad graničnih vrednosti kao i usled česte promene sastava procednih voda zbog nekontrolisanog i nesistematizovanog odlaganja otpada, dobijeni rezultati ne isključuju potrebu za projektovanjem postrojenja za prečišćavanje otpadnih procednih voda.

Prilikom budućih istraživačkih monitoring programa procednih voda deponijskih tela neophodno je analizirati svih 18 preporučenih parametara u cilju dobijanja sveukupne vrednosti indeksa kontaminacije.

Tabela 4.2 Vrednosti težinskih faktora (w_i) i p_i vrednosti 18 parametara

Parametar	Značajnost	Težinski faktor (w_i)	BČ	SU	SO	ZR	PA	BP	VS	TE	NS	RU
			p_i									
pH	3,509	0,055	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ukupne rastvorene materije	3,196	0,050	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5
BPK ₅	3,902	0,061	6	8	6	6	10	5	5	6	7	8
HPK	3,963	0,062	8	10	10	8	15	10	6	7	9	8
Ukapan azot	3,367	0,053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amonijak	3,250	0,051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gvožđe	2,830	0,045	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bakar	3,170	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nikl	3,321	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cink	3,585	0,056	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Olovo	4,019	0,063	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5
Ukupan hrom	4,057	0,064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Živa	3,923	0,062	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	3,885	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenoli	3,627	0,057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hloridi	3,078	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cijanidi	3,694	0,058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukupne koliformne bakterije	3,289	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ w_i		0,342										

Tabela 4.3 Proračun LPI za 10 ispitivanih lokaliteta

Parametar	$p_i w_i$										
	BČ	SU	SO	ZR	PA	BP	VS	TE	NS	RU	
pH	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
Ukupne rastvorene materije	0,25	0,25	0,4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
BPK ₅	0,37	0,49	0,37	0,37	0,61	0,31	0,31	0,37	0,43	0,49	
HPK	0,5	0,62	0,62	0,5	0,93	0,62	0,37	0,43	0,56	0,5	
Gvožđe	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Cink	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
Olovo	0,38	0,32	0,38	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
Σ $p_i w_i$	2,28	2,47	2,56	2,23	2,9	2,29	2,04	2,16	2,35	2,06	
LPI	6,67	7,23	7,49	6,52	8,48	6,69	5,96	6,32	6,87	6,02	

4.2 Procena nivoa kontaminacije selektovanih lokaliteta organskim polutantima

U nastavku teksta biće prikazane i diskutovane koncentracije organskih polutanata u procednoj vodi, vazduhu i zemljištu na svih 10 lokaliteta.

Na lokaciji deponije u Subotici, pasivni uzorkivač vazduha je u jesenjem periodu kampanje (oktobar – novembar 2012) ukraden zbog čega su vrednosti za PAH, PCB, PeCB, HCB, HCH i , DDT/metabolita, u oktobru 2012. godine označene nulom (Tabela 7 – 8, Prilog I).

Polihlorovani dibenzo-p-dioksini i dibenzo furani zbog svojih specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika određivani su samo u uzorcima ambijentalnog vazduha ispitivanih lokaliteta, dva puta u toku jednogodišnje kampanje monitoringa.

Rezultati analize POP u uzorcima zemljišta kolektvanih tokom 2012. godine neće biti diskutovani usled delimične degradacije ispitivanih jedinjenja zbog dugog i neadekvatnog čuvanja uzoraka zemljišta.

4.2.1 Policiklični aromatični ugljovodonici

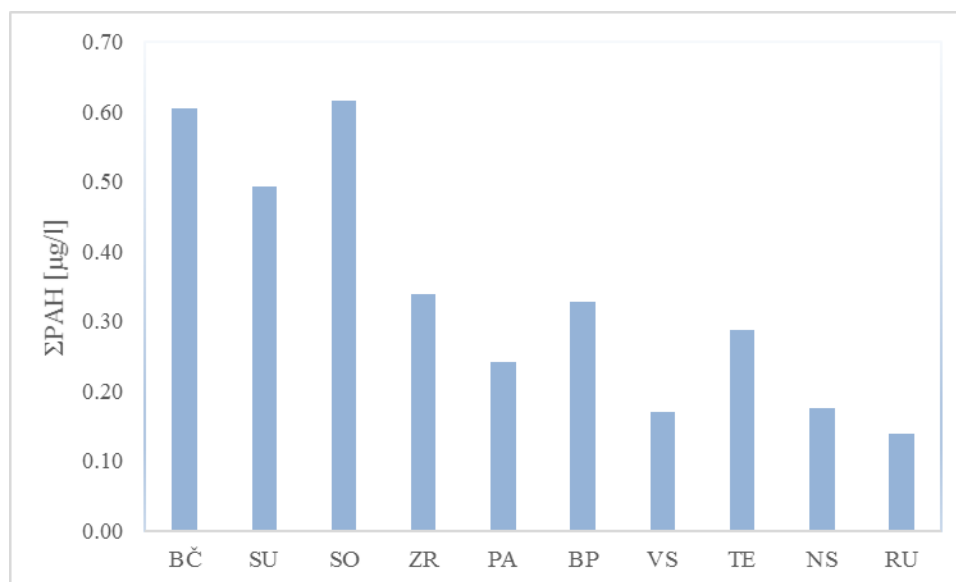
Procedne vode

Koncentracioni nivoi policikličnih aromatičnih ugljovodonika u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 1 i 2 (Prilog I).

Vrednosti koncentracija u okviru diskusije izražene su u jedinici $\mu\text{g/l}$ radi pojednostavljenog prikaza dobijenih rezultata i lakše komparacije sa rezultatima ranijih istraživanja.

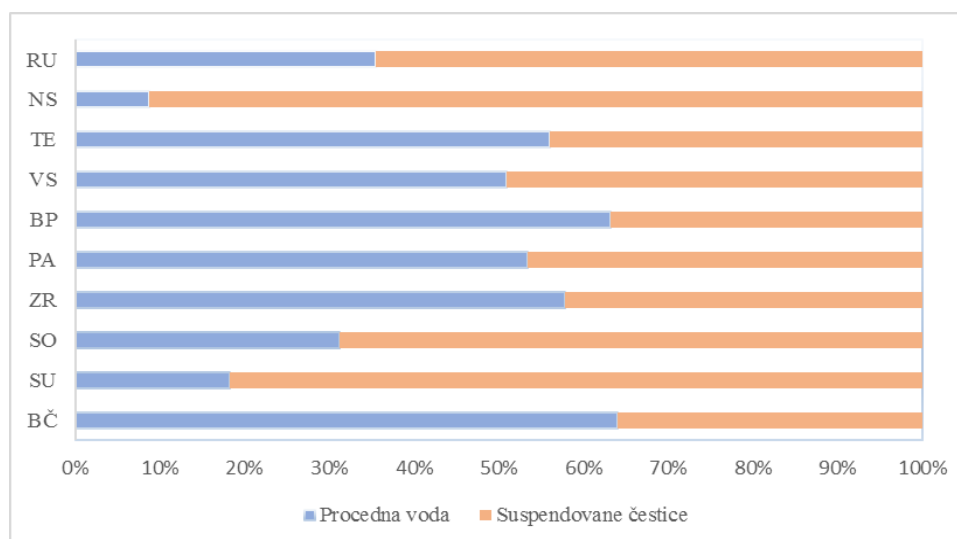
Prostorni trend policikličnih aromatičnih ugljovodonika u procednoj vodi na ispitivanim lokalitetima prikazan je na Dijagramu 4.1. Sume 29 PAH u procednim vodama sa svih 10 lokaliteta bile su istog reda veličine. Najveći ukupan sadržaj PAH zabeležen je u Somboru (0,62 $\mu\text{g/l}$), Bečeju (0,61 $\mu\text{g/l}$) i Subotici (0,49 $\mu\text{g/l}$), dok je najniža vrednost sume PAH detektovana u uzorku procedne vode sa deponije komunalnog otpada u Rumi (0,14 $\mu\text{g/l}$).

U poređenju sa rezultatima istraživanja sprovedenog na deponiji komunalnog otpada u Litvaniji iste starosti i sa istom praksom upravljanja otpadom, dobijene vrednosti su, na svih 10 lokaliteta, bile veće i po 10 puta, a niže u odnosu na rezultate istraživanja u Poljskoj, gde je ukupan sadržaj PAH u procednim vodama iznosio 1,97 $\mu\text{g/l}$ (Kulikowska i Klimiuk, 2004). Varijabilnost nivoa koncentracija PAH u procednim vodama ispitivanih deponija, primarno, je uzrokovana perkolacijom kroz heterogenu strukturu odloženog otpada.



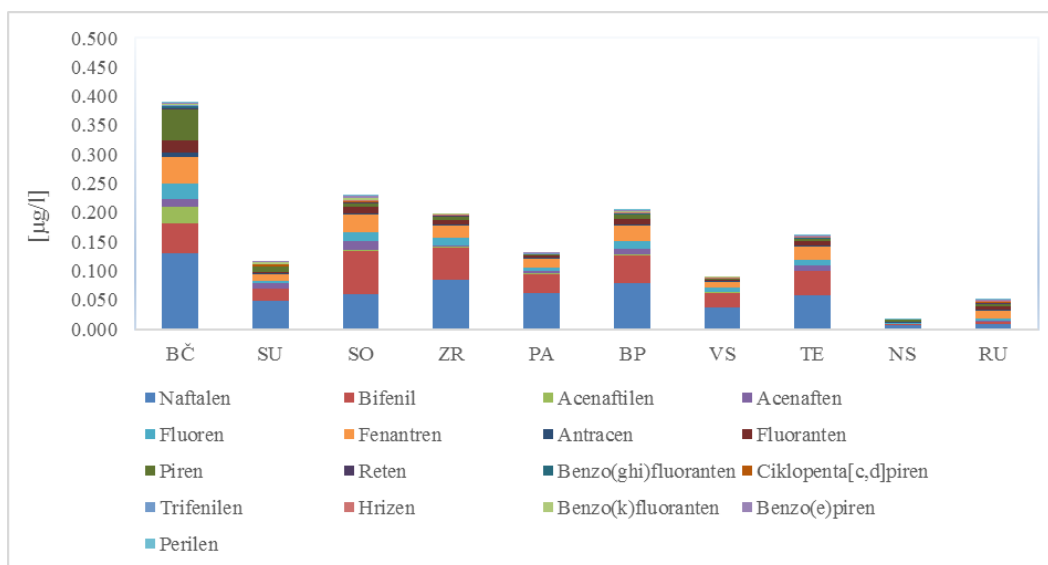
Dijagram 4.1 Ukupan sadržaj PAH u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Koncentracioni nivoi PAH detektovani u suspendovanim česticama bili su skoro dva puta veći u odnosu na tečnu fazu što je u skladu sa vrednostima ključnih fizičko-hemijskih karakteristika ove grupe supstanci (Dijagram 4.2).



Dijagram 4.2 Raspodela PAH između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

U tečnoj fazi uzoraka procedne vode detektovana je povećana koncentracija naftalena (0,1 µg/l), fenantrena (0,026 µg/l) i pirena (0,054 µg/l) u Bečeju, u poređenju sa ostalim lokalitetima (Dijagram 4.3), što se može objasniti malom udaljenošću lokacije od saobraćajnice, kao i čestim nekontrolisanim požarima na samom telu deponije.



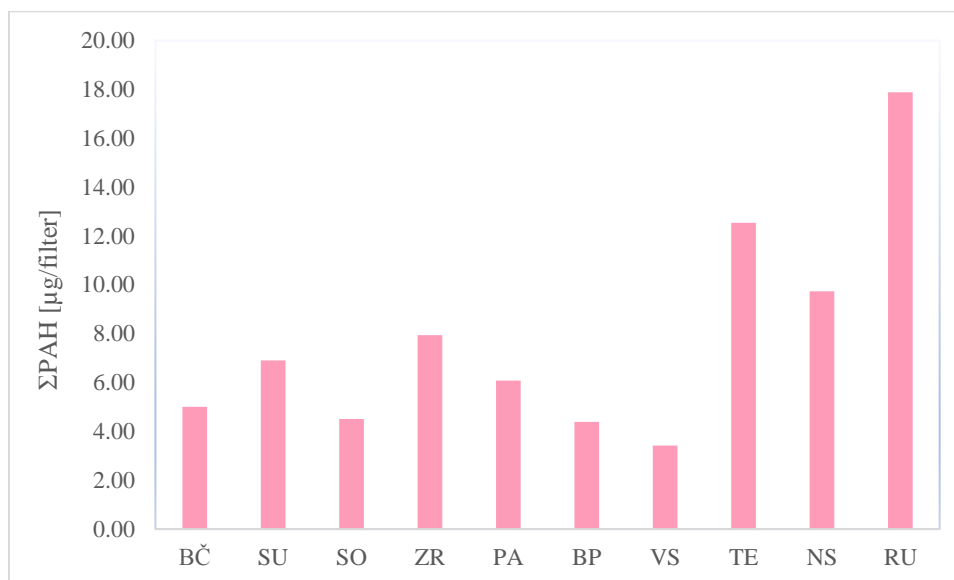
Dijagram 4.3 Koncentracioni nivoi PAH u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) definiše prosečne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) prioriternih supstanci ili grupe prioriternih supstanci u površinskim vodama. Za grupu prioriternih supstanci PAH odgovarajuće PGK i MDK u vodi odnose se na koncentraciju benzo(a)pirena (B(a)P). Za B(a)P vrednost PGK i MDK iznose $1,7 \cdot 10^{-4} \mu\text{g/l}$ i $0,27 \mu\text{g/l}$, respektivno. Koncentracije B(a)P u svim uzorcima procednih voda, sa 10 ispitivanih lokaliteta, bile su ispod granice detekcije ($<0,0000625 \mu\text{g/l}$) koja je daleko manja od vrednosti definisanih zakonskim aktima.

Ambijentalni vazduh

Sadržaj policikličnih aromatičnih ugljovodonika u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 7 (Prilog I). Diskutovane vrednosti izražene su u jedinici $\mu\text{g/filter}$.

U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PAH, izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Rumi ($17,9 \mu\text{g/filter}$), Temerinu ($12,5 \mu\text{g/filter}$) i Novom Sadu ($9,7 \mu\text{g/filter}$) (Dijagram 4.4), što je rezultat učestale pojave požara u letnjim i jesenjim mesecima, kao i blizine saobraćajnica i domaćinstava koja koriste čvrsta goriva.

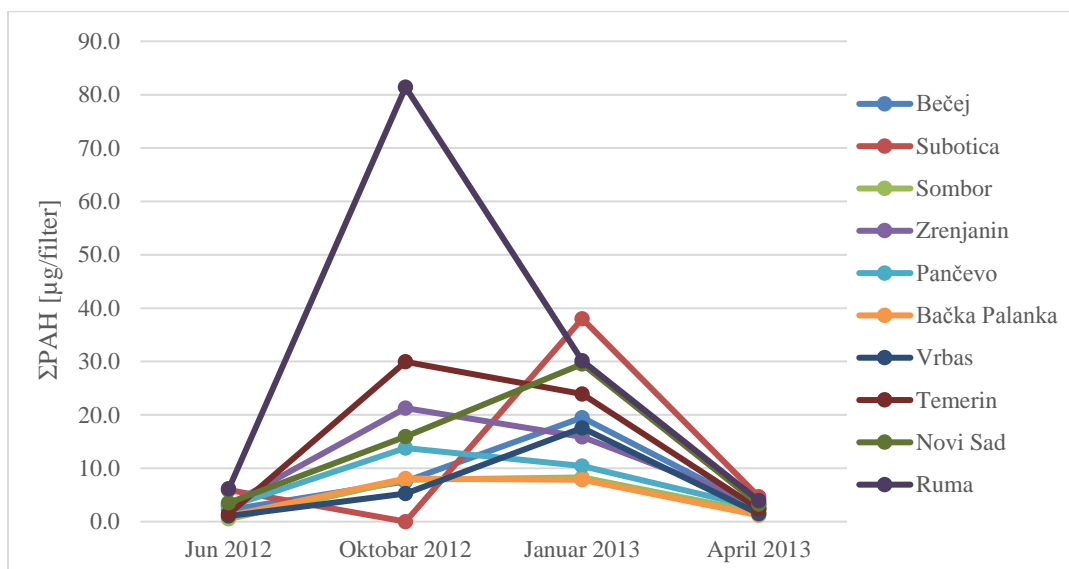


Dijagram 4.4 Ukupan sadržaj PAH u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

PAH jedinjenja sa 3 i manje aromatična prstena su češće prisutna u gasovitoj fazi uzoraka ambijentalnog vazduha, za razliku od PAH supstanci sa 4 ili više prstena koje imaju tendenciju sorbovanja na čestičnu fazu, što dokazuju rezultati ispitivanja na svih 10 lokaliteta (Tabela 7, Prilog I).

Najviši koncentracioni nivoi detektovani su za fenantren, posebno u Rumi (3,7 µg/filter), tokom oktobra 2012. godine, što se može objasniti učestalom pojavom požara na ovoj deponiji, u letnjim i jesenjim mesecima. Uticaj na povećan sadržaj PAH, posebno onih sa manjom molekulskom masom, imaju i izvori zagrevanja i pripreme hrane u domaćinstvima.

Na deponijama komunalnog otpada ispitivanim u okviru disertacije vremenski trend PAH bio je prilično ujednačen. U jesenjem periodu uzorkovanja (oktobar - novembar 2012) zabeležene su maksimalne vrednosti ukupnog sadržaja PAH na lokalitetima u Zrenjaninu, Pančevu i Rumi (Dijagram 4.5). Na deponijama komunalnog otpada u Rumi i Zrenjaninu u letnjem i jesenjem periodu dolazi do učestalog paljenja otpada od strane lica koja prikupljaju sekundarne sirovine što objašnjava povećan sadržaj PAH u ovoj kampanji uzorkovanja. Sa druge strane, deponija u Pančevu, za koju je karakterističan isti trend vremenske raspodele PAH, nalazi se u blizini velikih industrijskih kompleksa koji predstavljaju potencijalni izvor PAH. Najveći ukupni sadržaj PAH u zimskom periodu (januar - februar 2013) zabeležen je u ambijentalnom vazduhu deponija u Novom Sadu, Bečeju i Vrbasu za koje je karakteristična blizina domaćinstava koja se greju na čvrsta goriva (Bečej i Vrbas), kao i blizina autoputa i industrijskog kompleksa Rimski Šančevi (Novi Sad). Ukupan sadržaj PAH na svim ispitivanim lokalitetima, bio je značajno niži tokom prolećnih i letnjih meseci (Dijagram 4.5).



Dijagram 4.5 Vremenski trend PAH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

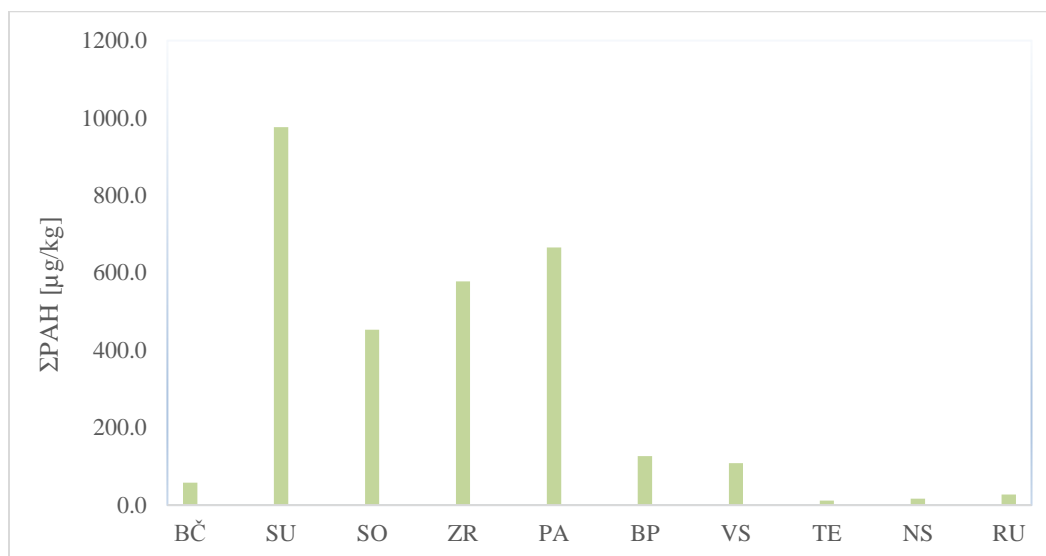
Ukupan sadržaj PAH supstanci u ambijentalnom vazduhu sa svih 10 ispitivanih lokaliteta iznosio je u proseku 11,2 µg/filter, što je u saglasnosti sa prosečnom vrednošću ukupnog sadržaja PAH u ambijentalnom vazduhu (16,1 µg/filter), sa 7 lokacija u Srbiji (centar grada, industrija, ruralni i referentni lokalitet) obuhvaćenih istraživanjem u 2008. godini, u okviru Globalnog Monitoring Plana, GMP za POP (eng. *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants*) (Holoubek i dr., 2008).

U okviru prvih studija određivanja PAH jedinjenja u ambijentalnom vazduhu evropskih zemalja, tokom 2002. godine, najmanji sadržaj PAH zabeležen je u Norveškoj, Irskoj i Islandu (0,04 µg/filter), dok je najveći sadržaj određen u Rusiji (7 µg/filter) (Jaward i dr., 2004). Maksimalne detektovane vrednosti PAH u ambijentalnom vazduhu navedenih studija niže su od maksimalnih vrednosti PAH određenih u ambijentalnom vazduhu deponija u AP Vojvodini, Srbija. Rezultati objavljeni u okviru pilot studije za razvoj monitoring mreže u zemljama Centralne i Istočne Evrope, MONET_CEEC (eng. *Pilot study for development of the monitoring network in Central and Eastern Europe*) iz 2007. godine, pokazali su da je najveći sadržaj policikličnih aromatičnih ugljovodonika u letnjem periodu zabeležen u Rumuniji (170 µg/filter), dok je u zimskom periodu bio i do 2 puta viši (Klanova i dr., 2007).

Zemljište

Koncentracioni nivoi policikličnih aromatičnih ugljovodonika u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 12 (Prilog I).

U uzorcima zemljišta prikupljenim tokom jula 2013. godine, najviši koncentracioni nivoi sume 29 PAH detektovani su na lokacijama deponija komunalnog otpada u Subotici (976,7 µg/kg), Pančevu (665,2 µg/kg), Zrenjaninu (577,9 µg/kg) i Somboru (453,4 µg/kg) koje predstavljaju velike industrijske centre u Vojvodini, sa razvijenom poljoprivrednom aktivnošću (Dijagram 4.6).



Dijagram 4.6 Ukupan sadržaj PAH u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010) definiše granične vrednosti (GV) koje označavaju nivo pri kom je dostignut održiv kvalitet zemljišta kao i remedijacione vrednosti (RV) koje ukazuju da su osnovne funkcije zemljišta ugrožene ili ozbiljno narušene i zahtevaju remedijacione, sanacione i ostale mere. Uredba definiše GV od 1 mg/kg i RV od 40 mg/kg za sumu 10 policikličnih aromatičnih ugljovodonika (antracen, benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, krizen, fenantren, fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren, naftalen i benzo(ghi)perilen).

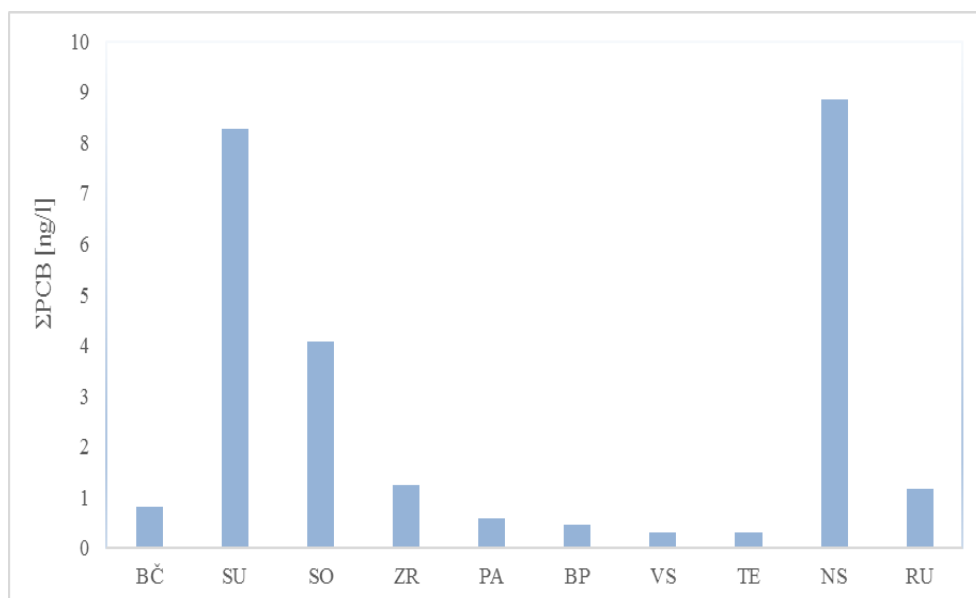
Sume navedenih PAH u 2013. godini, kretale su se u opsegu od 7 μg/kg (0,007 mg/kg) u Temerinu do 430 μg/kg (0,43 mg/kg) u Subotici, čime je utvrđeno da koncentracije dobijene u okviru istraživanja ne prelaze nijednu od definisanih vrednosti.

4.2.2 Polihlorovani bifenili

Procedne vode

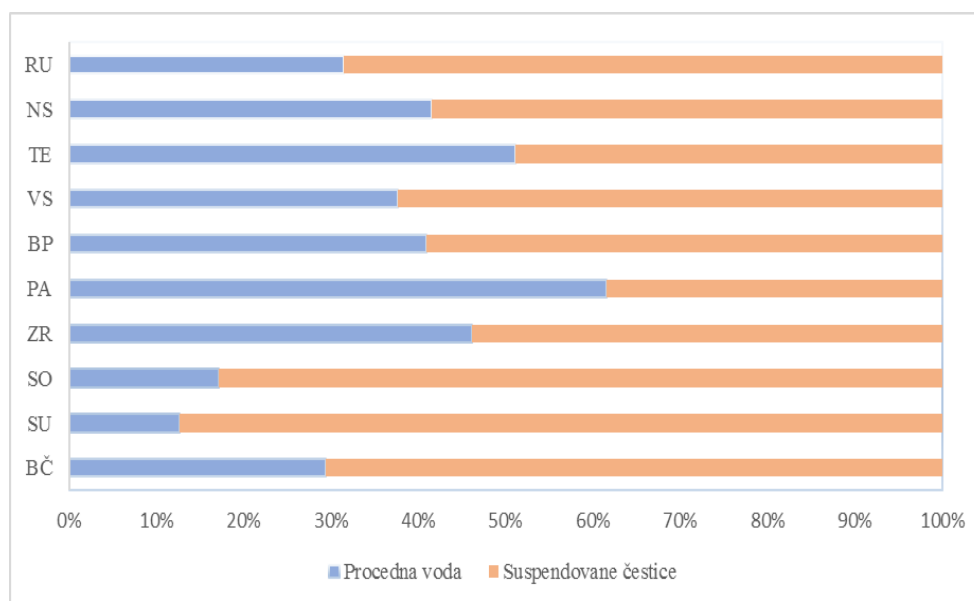
Koncentracioni nivoi polihlorovanih bifenila u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 3 i 4 (Prilog I).

Prostorni trend PCB u procednoj vodi na ispitivanim lokalitetima prikazan je na Dijagramu 4.7. Najviši koncentracioni nivoi PCB detektovani su na deponijama najrazvijenijih industrijskih centara u AP Vojvodini, Novom Sadu (8,0 ng/l) i Subotici (2,0 ng/l), što je posledica i danas aktivne industrijske aktivnosti amplificirane istorijskim zagađenjem odloženog industrijskog otpada na deponije u prošlosti.



Dijagram 4.7 Ukupan sadržaj PCB u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

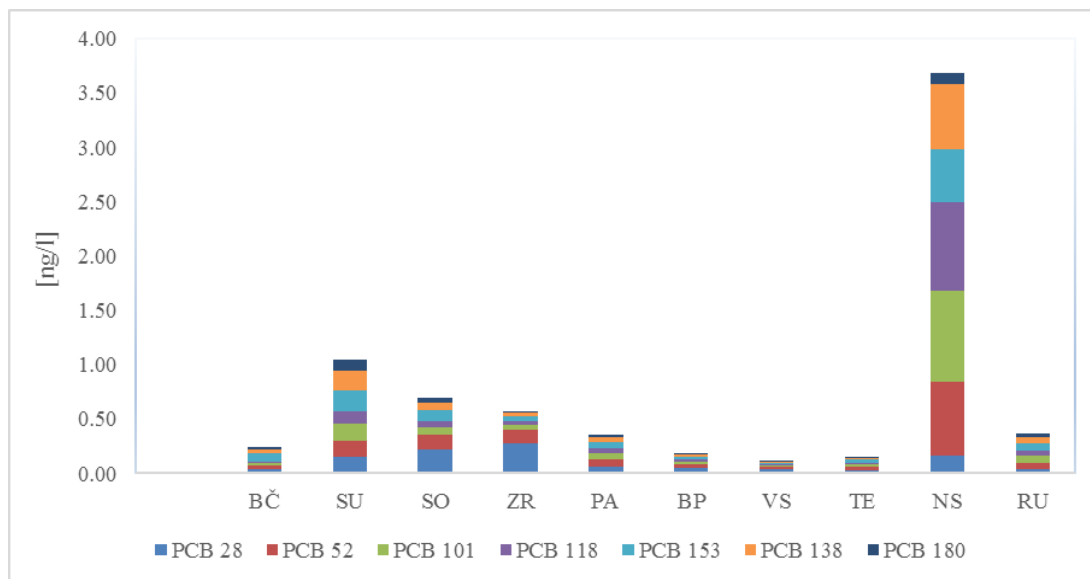
U slučaju raspodele između tečne i čvrste faze procednih voda jasno se uočava veći udeo PCB u čestičnoj fazi, osim u slučaju deponija u Pančevu i Temerinu (Dijagram 4.8), što potvrđuje činjenicu da ova grupa supstanci, u skladu sa visokim vrednostima koeficijenta raspodele K_{ow} , ima tendenciju sorbovanja na čestice suspendovane u vodi i sedimentu.



Dijagram 4.8 Raspodela PCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

U analiziranim uzorcima procedne vode detektovana je povećana koncentracija svih kongenera PCB na lokalitetu u Novom Sadu (4,0 ng/l). Najzastupljeniji kongeneri u uzorcima procednih voda

bili su PCB 52 (0,1 ng/l) u Zrenjaninu i PCB 118 (0,8 ng/l) u Novom Sadu (Dijagram 4.9). Koncentracije na drugim lokalitetima bile su i do deset puta niže. Niski koncentracijski nivoi PCB kongenera na ispitivanim lokalitetima mogu se objasniti malom rastvorljivošću ove grupe supstanci u vodi.



Dijagram 4.9 Koncentracijski nivoi PCB u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada

Slična istraživanja sprovedena su na deponiji komunalnog otpada u Litvaniji, gde su se vrednosti PCB kretale u opsegu od 0,1 do 4,4 ng/l (Katkeviciute i dr., 2006). Koncentracije kongenera PCB 28, PCB 47 i PCB 52 na deponiji u Litvaniji bile su više u uzorcima vode u odnosu na kongenere veće molekulske mase, što potvrđuju i rezultati istraživanja na 10 deponija komunalnog otpada u okviru kog su PCB manje molekulske mase imali više koncentracione vrednosti (na primer PCB 52 - 1,3 ng/l) u odnosu na PCB veće molekulske mase, (na primer PCB 138 - 0,7 ng/l).

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) i Direktiva 2013/39/EU ne definišu PGK i MDK za polihlorovane bifenile u površinskim vodama.

US EPA definiše maksimalno dozvoljene koncentracije ukupnih PCB za površinske vode (14 ng/l), u poređenju sa kojom uzorci vode sa ispitivanih lokaliteta ne prelaze definisanu graničnu vrednost. Studija u okviru koje je koncentracija PCB prekoračila US EPA MDK za površinske vode, sprovedena je u Kini (Gaobeidian jezero). Ukupna koncentracija PCB iznosila je 20,8 ng/l (Li i dr., 2008), što je značajno iznad koncentracije polihlorovanih bifenila u procednim vodama ispitivanih lokaliteta

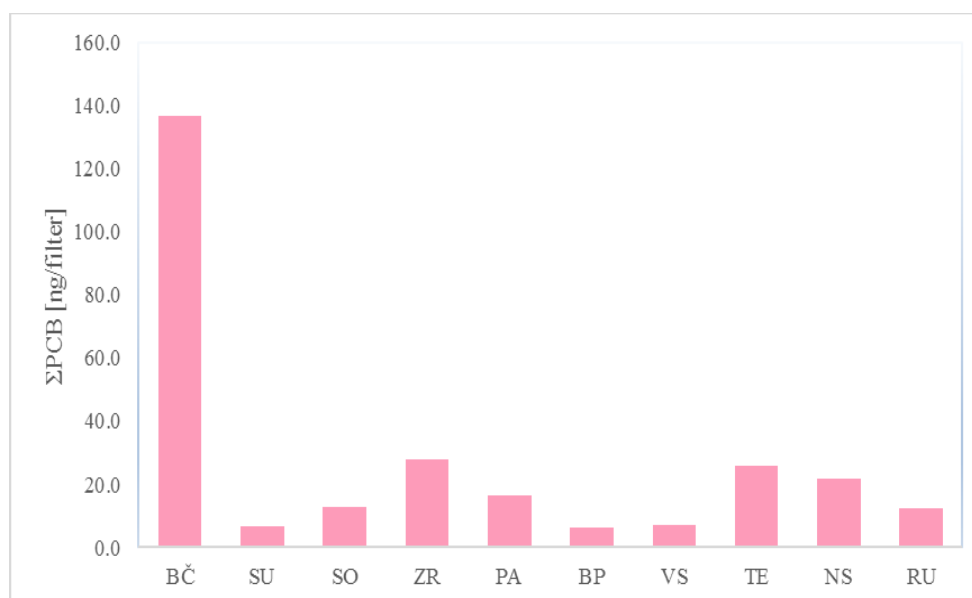
Ambijentalni vazduh

Sadržaj polihlorovanih bifenila u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 8 (Prilog I).

U ispitivanim uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj PCB izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Bečeju (136,8 ng/filter). Na preostalim ispitivanim lokalitetima sadržaj PCB bio je i do 5 puta manji (Dijagram 4.10).

Uzroci povišenih koncentracionih nivoa PCB u ambijentalnom vazduhu deponije u Bečeju su morfološka struktura otpada odlaganog u prošlosti, učestali požari na samoj deponiji, industrija specifičnog tipa i evaporacija kongenera piralenskog tipa iz kontaminiranog zemljišta.

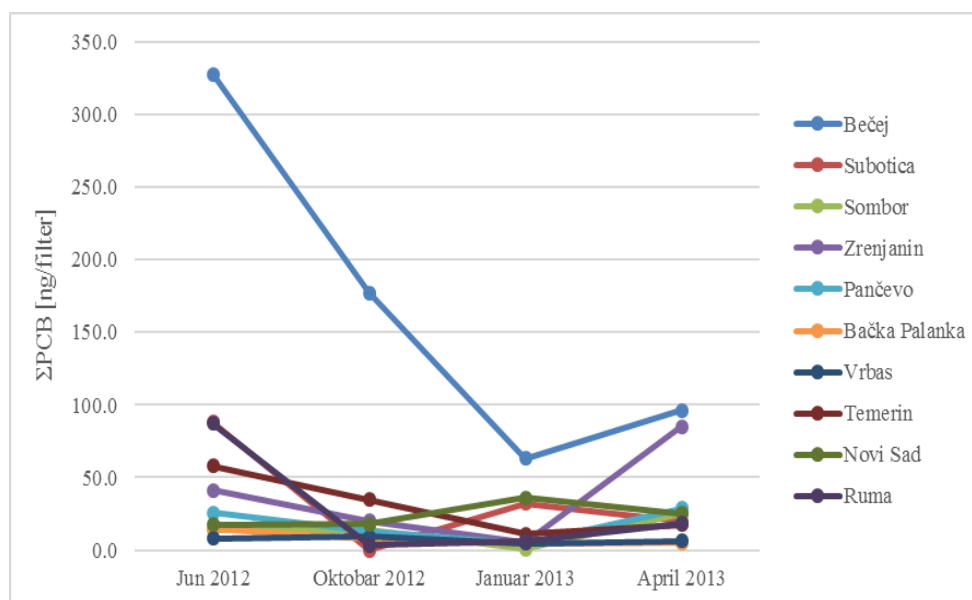
Iako se danas PCB više ne proizvode, najveći deo nekada proizvedenih PCB je ispušten u životnu sredinu. Potencijalni izvori PCB su kanalizacioni mulj, paljenje industrijskog i komunalnog otpada i curenje iz opreme koja sadrže ovu grupu supstanci (Weber i dr., 2011). Uprkos tome što je sadržaj PCB u komunalnom otpadu relativno nizak (0,4 mg/kg), godišnja količina PCB u odloženom komunalnom otpadu iznosi i do 87 t, usled čega se deponije komunalnog otpada mogu smatrati rezervoarom i kontinualnim izvorom emisije PCB u ambijentalni vazduh putem evaporacije sa kontaminiranih površina i požara na deponijama (Breivik i dr., 2002).



Dijagram 4.10 Ukupan sadržaj PCB u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Maksimalan sadržaj PCB kongenera u ambijentalnom vazduhu velikih industrijskih centara Subotice, Pančeva, Zrenjanina, Temerina, Bačke Palanke, ali i manjih suburbanih lokaliteta kakav je Bečej, detektovan je tokom letnje kampanje uzorkovanja (jun - jul 2012). Uzrok pojave povišenog sadržaja PCB tokom letnjeg perioda može biti povećanje temperature ambijentalnog vazduha koje doprinosi evaporaciji supstanci kumulovanih u zemljištu. Izuzetak je deponija u

Novom Sadu, gde su maksimalne vrednosti dobijene u zimskom periodu (januar – februar 2013) što ukazuje na lokalne izvore emisije PCB i istorijsko zagađenje (Dijagram 4.11).



Dijagram 4.11 Vremenski trend PCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

Ukupan sadržaj PCB u ambijentalnom vazduhu sa svih 10 ispitivanih lokaliteta iznosio je u proseku 36,8 ng/filter što je u saglasnosti sa prosečnom vrednošću ukupnog sadržaja PCB u ambijentalnom vazduhu (38,6 ng/filter) sa 7 lokacija u Srbiji (centar grada, industrija, ruralni i referentni lokalitet) obuhvaćenih istraživanjem u 2006. godini, u okviru GMP za POP (Holoubek i dr., 2008).

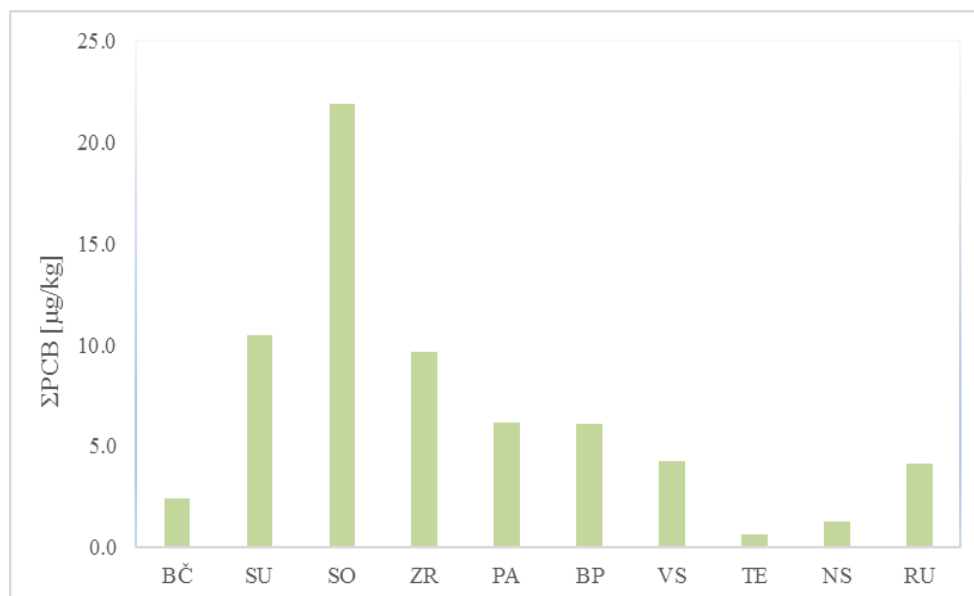
U okviru projekta MONET_CEEC iz 2007. godine, povećan sadržaj PCB u ambijentalnom vazduhu (50 ng/filter) dobijen je u gusto naseljenim delovima Evrope i bivšim republikama Sovjetskog Saveza (Kazahstan, Rusija i Rumunija), što korespondira sa rezultatima dobijenim na deponijama komunalnog otpada u AP Vojvodini, Srbija (Klanova i dr., 2007).

Zemljište

Koncentracioni nivoi polihlorovanih bifenila u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 13 (Prilog I).

Polihlorovani bifenili, usled specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika imaju tendenciju da se vezuju za organske komponente zemljišta, aerosoli, sedimenta, biološka tkiva, kao i rastvorene i suspendovane organske materije u vodenim ekosistemima. U zemljištu uzorkovanom tokom jula 2013. godine, najviši koncentracioni nivoi sume 7 kongenera PCB detektovani su na deponijama u Somboru (21,9 µg/kg), Subotici (10,5 µg/kg) i Zrenjaninu (9,7 µg/kg) (Dijagram 4.12). Navedene deponijske lokacije pripadaju industrijskim centrima u kojima su smeše kongenera PCB, kao izolaciona transformatorska i kondezatorska ulja i lubrikanti, bili korišćeni u prošlosti.

Odlaganje i sagorevanje otpada sa sadržajem PCB su visoko potencijalni izvori toksičnih kongenera.



Dijagram 4.12 Ukupan sadržaj PCB u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

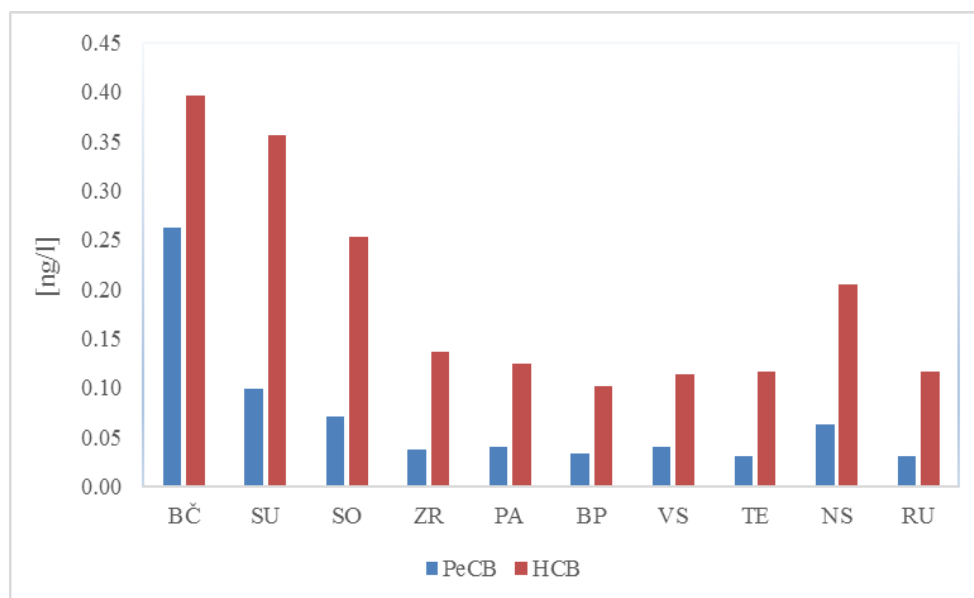
Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010) definiše GV i RV za sumu 7 kongenera PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 i PCB180), koje iznose 0,02 mg/kg i 1 mg/kg, respektivno. Sume navedenih PCB, u 2013. godini kretale su se u opsegu od 0,6 μg/kg (0,0006 mg/kg) u Temerinu do 21,9 μg/kg (0,022 mg/kg) u Somboru, čime je utvrđeno da rezultati dobijeni u okviru istraživanja ne prelaze nijednu od definisanih vrednosti, osim na lokaciji u Somboru, gde vrednost sume 7 kongenera prevazilazi nivo na kom je dostignut održiv kvalitet zemljišta.

4.2.3 Pentahlorbenzen i heksabromciklobenzen

Procedne vode

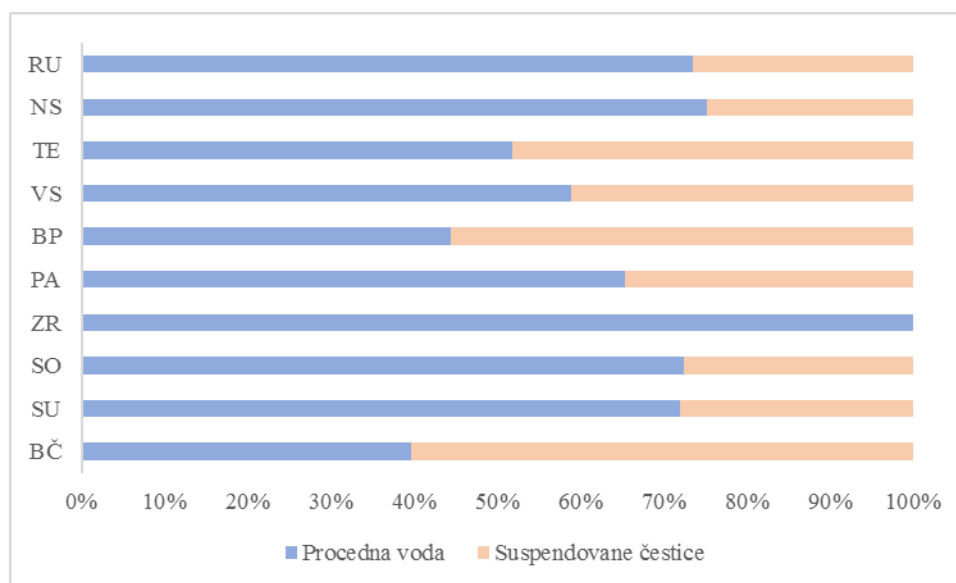
Koncentracioni nivoi PeCB i HCB u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 3 i 4 (Prilog I).

Najviši koncentracioni nivoi PeCB i HCB detektovani su u Bečeju i Subotici, kao posledica intezivne poljoprivredne aktivnosti u blizini oba deponijska lokaliteta kao i odlaganja posebno pesticidnog ambalažnog otpada i drugih različitih hemikalija u prošlosti. U Bečeju su dobijene vrednosti za PeCB i HCB iznosile 0,26 ng/l i 0,40 ng/l, respektivno, a u Subotici 0,10 ng/l i 0,36 ng/l, respektivno (Dijagram 4.13).

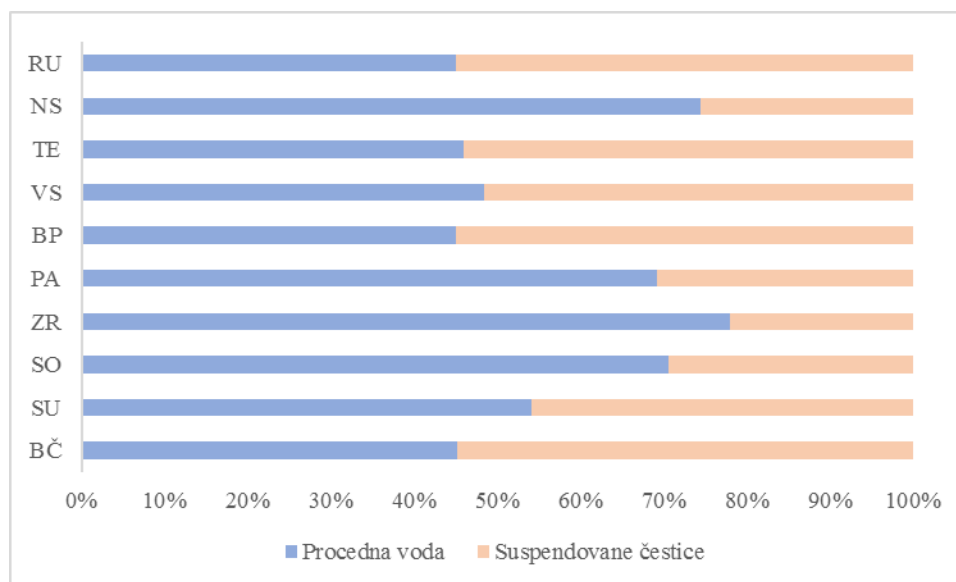


Dijagram 4.13 Koncentracioni nivoi PeCB i HCB u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

U slučaju raspodele između tečne i čvrste faze procednih voda uočava se dominantno učešće PeCB (Dijagram 4.14) i HCB (Dijagram 4.15) u tečnoj fazi na lokacijama velikih industrijskih centara (Novi Sad, Pančevo, Subotica, Sombor i Zrenjanin).



Dijagram 4.14 Raspodela PeCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada



Dijagram 4.15 Raspodela HCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) definiše PGK za pentahlorbenzen ($0,07 \mu\text{g/l}$) i MDK za HCB u površinskim vodama ($0,025 \mu\text{g/l}$). Koncentracioni nivoi PeCB u procednim vodama ispitivanih lokaliteta kretali su se u opsegu od $0,03 \text{ ng/l}$ do $0,26 \text{ ng/l}$, na osnovu čega se može zaključiti da dobijeni rezultati za PeCB ne prelaze definisanu PGK. Koncentracioni nivoi HCB u procednim vodama sa ispitivanih deponija kretali su se u opsegu od $0,10 \text{ ng/l}$ do $0,40 \text{ ng/l}$, na osnovu čega se može zaključiti da dobijene vrednosti za HCB ne prelaze preporučenu MDK.

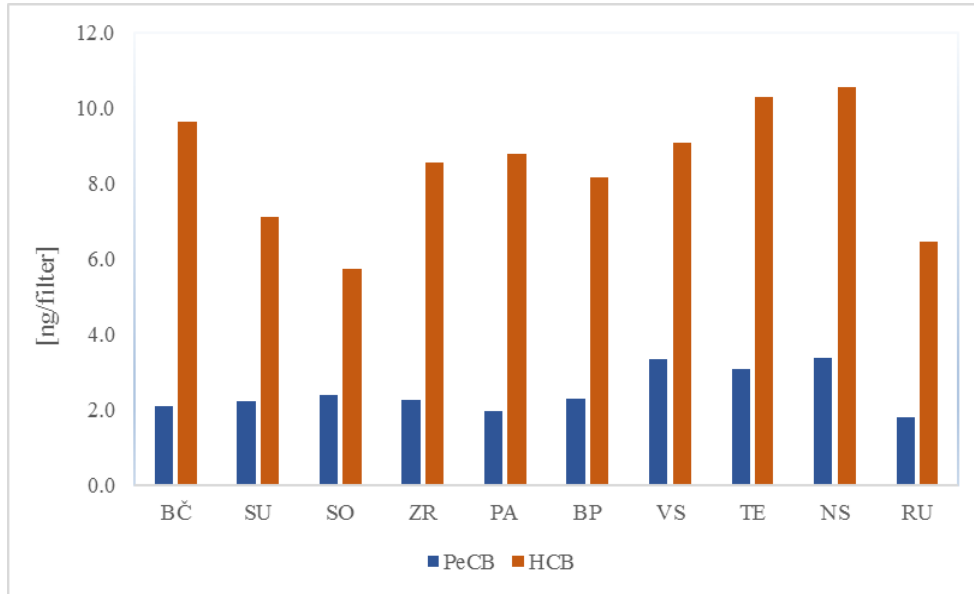
Ambijentalni vazduh

Sadržaj PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 8 (Prilog I).

U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PeCB izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je Novom Sadu ($3,4 \text{ ng/filter}$), Vrbasu ($3,3 \text{ ng/filter}$) i Temerinu ($3,1 \text{ ng/filter}$). Na ostalim ispitivanim lokalitetima sadržaj PeCB kretao se u opsegu od $1,8 \text{ ng/filter}$ u Rumi do $2,4 \text{ ng/filter}$ u Somboru (Dijagram 4.16).

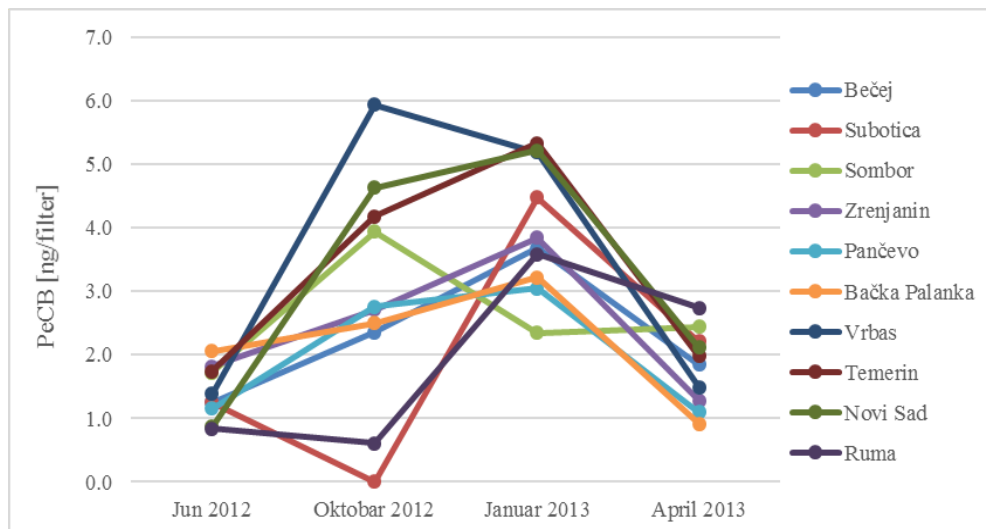
Najveći sadržaj HCB dobijen je analizom uzoraka ambijentalnog vazduha sa deponije u Novom Sadu ($10,6 \text{ ng/filter}$) i Temerinu ($10,3 \text{ ng/filter}$) dok se na ostalim lokalitetima kretao u opsegu od $5,7 \text{ ng/filter}$ u Somboru do $9,6 \text{ ng/filter}$ u Bečeju.

Povišeno prisustvo PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu može se objasniti specifičnim fizičko-hemijskim karakteristikama, a posebno relativno visokim vrednostima isparljivosti.



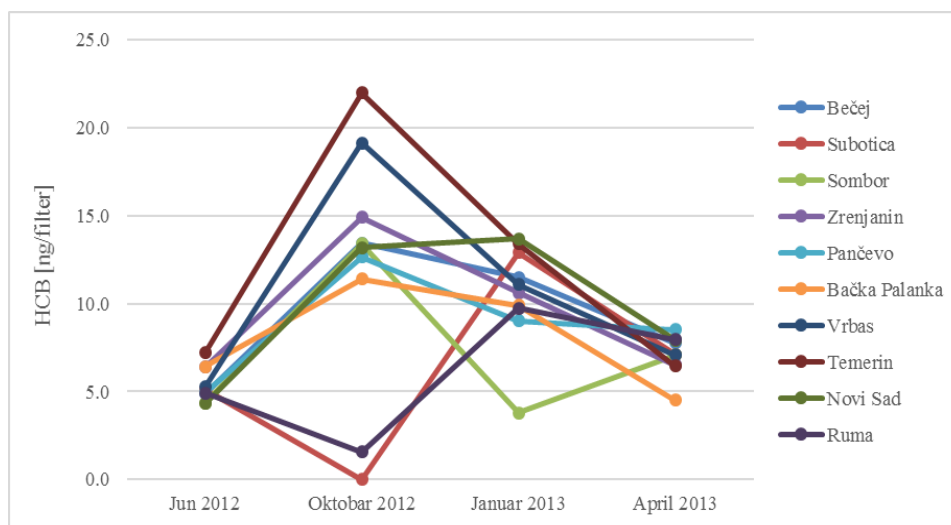
Dijagram 4.16 Sadržaj PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Vremenski trend koncentracija PeCB bio je ujednačen na 8 ispitivanih lokaliteta (Dijagram 4.17), dostižući maksimalne vrednosti tokom zimskog perioda uzorkovanja (Januar – Februar 2013). Niže vrednosti PeCB, u najvećem broju slučajeva, detektovane su tokom letnje (Jun – Jul 2012) i prolećne kampanje (April-Maj 2013).



Dijagram 4.17 Vremenski trend PeCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

Vremenski trend koncentracija HCB takođe je bio ujednačen na 8 ispitivanih lokaliteta (Dijagram 4.18), dostižući maksimalne vrednosti tokom jesenjeg perioda uzorkovanja (Oktobar – Novembar 2012). Niže vrednosti HCB, u najvećem broju slučajeva, detektovane su tokom letnje kampanje (Jun – Jul 2012).



Dijagram 4.18 Vremenski trend HCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

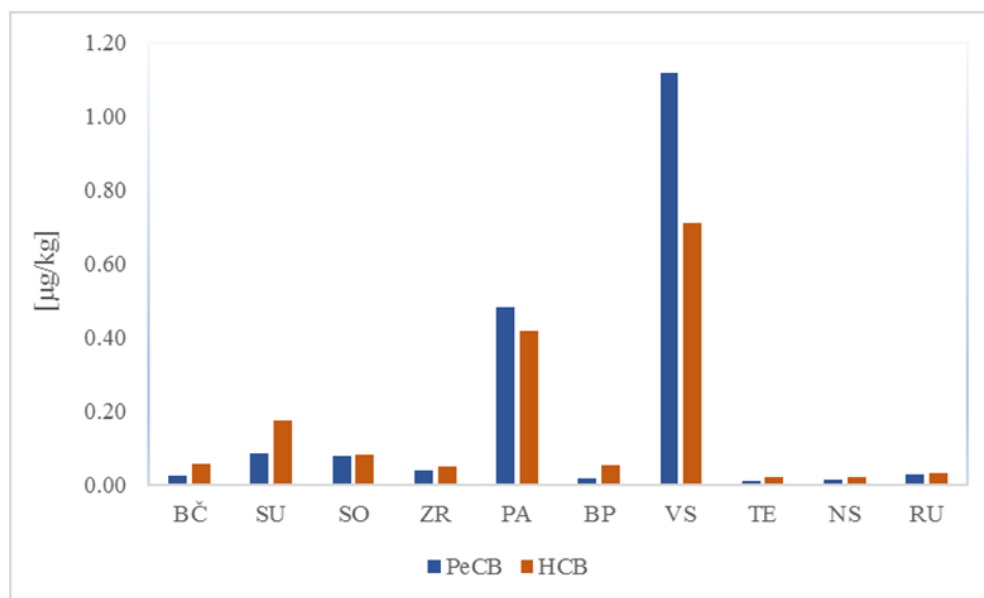
Prosečna vrednost HCB u ambijentalnom vazduhu sa 10 ispitivanih lokaliteta iznosila je 11,2 ng/filter što je više od prosečne vrednosti HCB u ambijentalnom vazduhu (6,7 ng/filter) sa 7 lokacija u Srbiji (centar grada, industrija, ruralni i referentni lokalitet) obuhvaćenih istraživanjem u okviru GMP (Holoubek i dr., 2008). PeCB nije bio obuhvaćen ovim istraživanjem.

Zemljište

Koncentracioni nivoi PeCB i HCB u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 13 (Prilog I).

U zemljištu uzorkovanom tokom jula 2013. godine najviši koncentracioni nivoi PeCB detektovani su u uzorcima zemljišta sa deponija u Vrbasu (1,12 $\mu\text{g}/\text{kg}$) i Pančevu (0,48 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Dijagram 4.19). Najviši koncentracioni nivoi HCB, su takođe detektovani na deponijama u Vrbasu i Pančevu i iznosili su 0,71 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i 0,42 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respektivno.

Kontaminacija zemljišta u Vrbasu i Pančevu posledica su su industrijske proizvodnje, direktne upotrebe u poljoprivredi, procesa isparavanja, kondezacije, vlažne i suve depozicije na zemljište, kao i povremenih požara na deponijama.



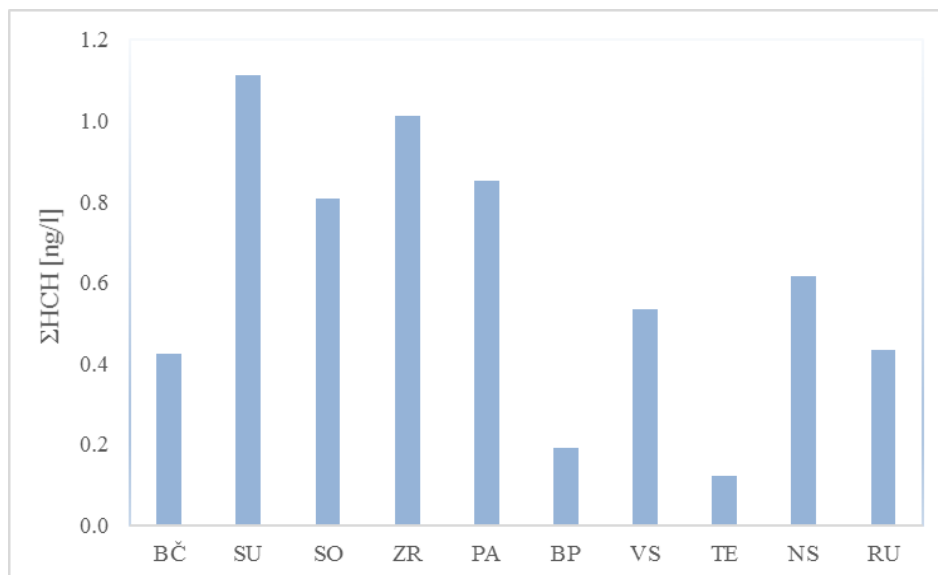
Dijagram 4.19 Sadržaj PeCB i HCB u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010) definiše GV i RV za hlorbenzene uključujući mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, i heksahlorbenzen. S obzirom na to da analitičkim postupkom koji je sproveden u okviru istraživanja nije bilo predviđeno određivanje mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, i heksahlorbenzena, nije bilo moguće uporediti dobijene rezultate sa zahtevima Uredbe.

4.2.4 Heksahlorcikloheksan

Procedne vode

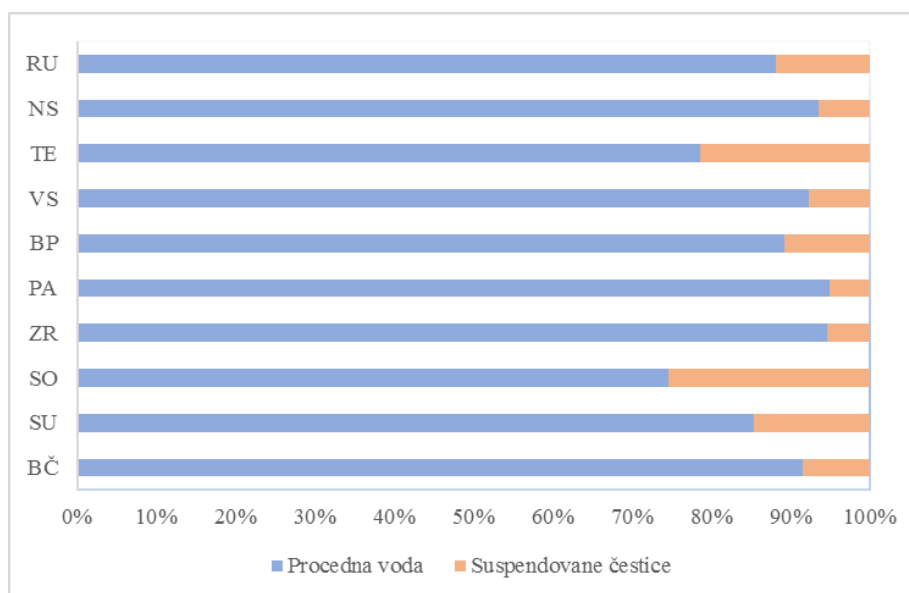
Koncentracioni nivoi HCH izomera u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 3 i 4 (Prilog I).

Prostorni trend sume svih izomera HCH u procednoj vodi na ispitivanim lokalitetima prikazan je na Dijagramu 4.20. Najveći ukupan sadržaj HCH zabeležen je u procednim vodama deponija industrijskih centara, Subotica (1,1 ng/l), Zrenjanin (1,0 ng/l) i Pančevo (0,8 ng/l), dok je najniža vrednost HCH detektovana u uzorku procedne vode sa deponije komunalnog otpada u Temerinu (0,01 ng/l). Složeni sastav deponijskog tela opterećen organskim supstancama, a posebno široko korišćenim tehničkih smeša HCH je evidentno rezultirao relativno visokim sadržajem ove grupe supstanci u filtratnim vodama deponija.



Dijagram 4.20 Ukupan sadržaj HCH u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

U slučaju raspodele između tečne i čvrste faze procednih voda uočava se dominantni udeo ukupnog HCH u tečnoj fazi, na svim ispitivanim lokalitetima (Dijagram 4.21) što je posledica uklanjanja HCH supstanci iz vazduha putem padavina ili suve depozicije.

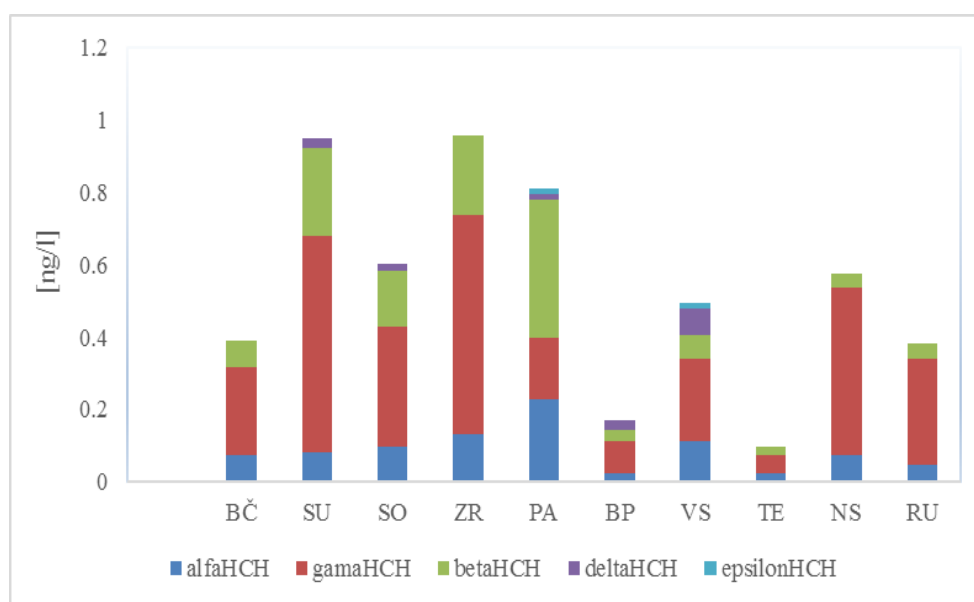


Dijagram 4.21 Raspodela HCH između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

Izomeri heksahlorcikloheksana se u životnu sredinu oslobađaju upotrebom tehničkog heksahlorcikloheksana (55-80% alfa-HCH, 5-14% beta-HCH, 12-14% gama-HCH, 2-10% delta-HCH i oko 3-5% ostalih izomera) (Gao i dr., 2008; Qiu i dr., 2004), i lindana koji sadrži 99%

gama-HCH (Liu i dr., 2008). Prva tri izomera, koji su i najzastupljeniji u smeši tehničkog HCH, detektovani su u uzorcima procedne vode kolektovanim na deponijama komunalnog otpada u AP Vojvodini, Srbija, iako je proizvodnja i upotreba ove smeše zabranjena još 2009. godine odredbama Stokholmske Konvencije.

U analiziranim uzorcima najveća koncentracija izomera gama-HCH izmerena je na deponijama u Subotici (0,6 ng/l), Zrenjaninu (0,5 ng/l) i Novom Sadu (0,4 ng/l). Najveća koncentracija beta-HCH izomera, koga karakteriše najveća rastvorljivost u vodi, detektovana je u Pančevu (0,3 ng/l) (Dijagram 4.22)



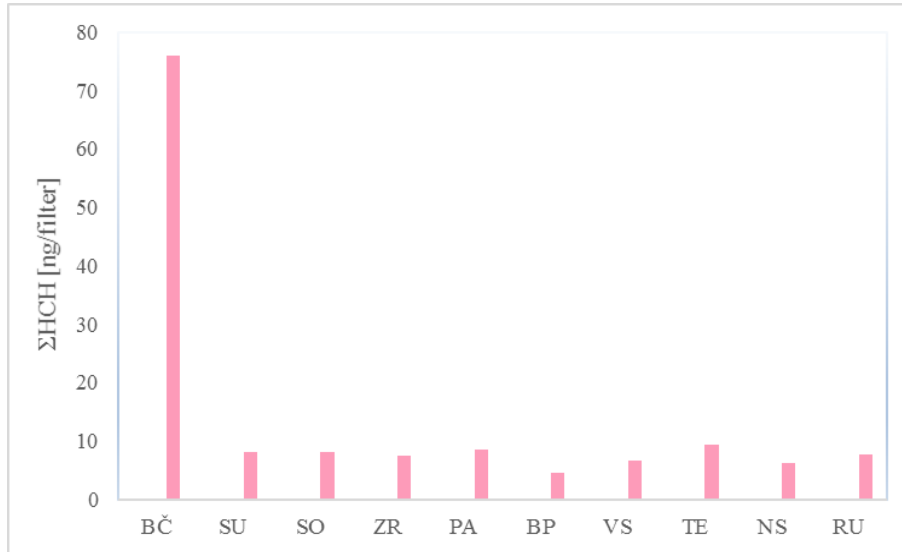
Dijagram 4.22 Koncentracioni nivoi HCH u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) definiše PGK, 0,02 µg/l (20 ng/l) i MDK, 0,04 µg/l (40 ng/l), za HCH u površinskim vodama. Na svim ispitivanim lokalitetima ukupne vrednosti HCH bile su niže od definisanih graničnih vrednosti.

U poređenju sa ispitivanjima sprovedenim na jezeru u Kini, gde je ukupni sadržaj HCH iznosio 18 ng/l (Li i dr., 2008), rezultati dobijeni u okviru istraživanja na deponijama u AP Vojvodini, Srbija bili su i do 100 puta manji.

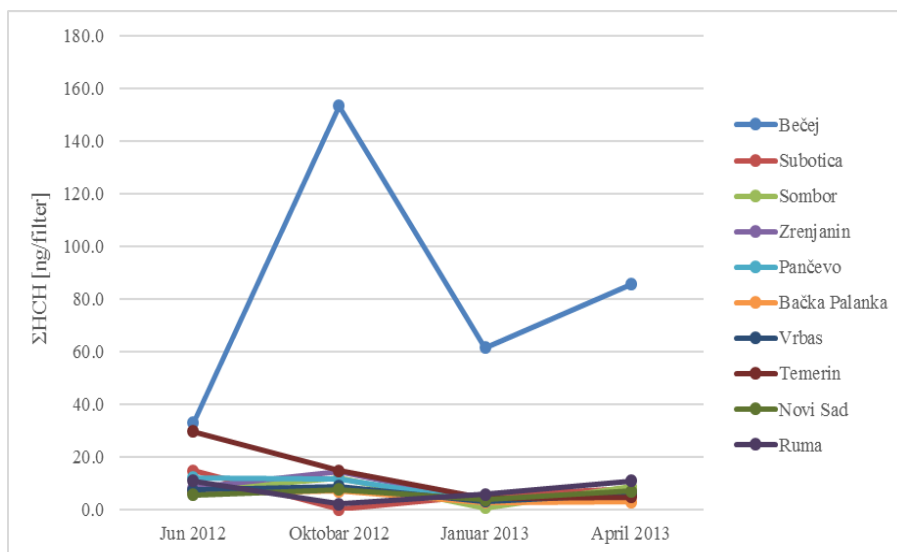
Ambijentalni vazduh

Sadržaj HCH izomera u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 8 (Prilog I). U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj HCH izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Bečeju (76 ng/filter). Na ostalim ispitivanim lokalitetima rezultati su bili ujednačeni i do 10 puta niži (Dijagram 4.23).



Dijagram 4.23 Ukupan sadržaj HCH u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Maksimalan sadržaj sume HCH izomera u ambijentalnom vazduhu deponija u Bečeju, Somboru, Zrenjaninu, Pančevu, Bačkoj Palaci, Vrbasu i Novom Sadu izmeren je tokom jesenje kampanje uzorkovanja (oktobar - novembar 2012), osim u slučaju deponija u Temerinu i Rumi gde je najveći sadržaj detektovan u letnjoj kampanji uzorkovanja ambijentalnog vazduha (jun – jul 2012) (Dijagram 4.24).



Dijagram 4.24 Vremenski trend HCH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

Količnik koncentracije alfa-HCH i gama-HCH ukazuje na vremenski okvir emisije lindana u ambijentalni vazduh (Haugen i dr., 1998). Vrednost indeksa odnosa medijane koncentracija izomera alfa- i gama-, dobijenih kroz četiri kampanje uzorkovanja, iznosio je od 0,15 u Bečeju do 0,70 u Zrenjaninu što ukazuje na nove emisije gama-HCH (Lindan). Slični rezultati dobijeni su analizom ambijentalnog vazduha na dve lokacije u centru Zagreba, Hrvatska gde su se vrednosti odnosa ova dva izomera kretale u opsegu od 0,50 do 0,60 (Herceg Romanić i Krauthacker, 2003).

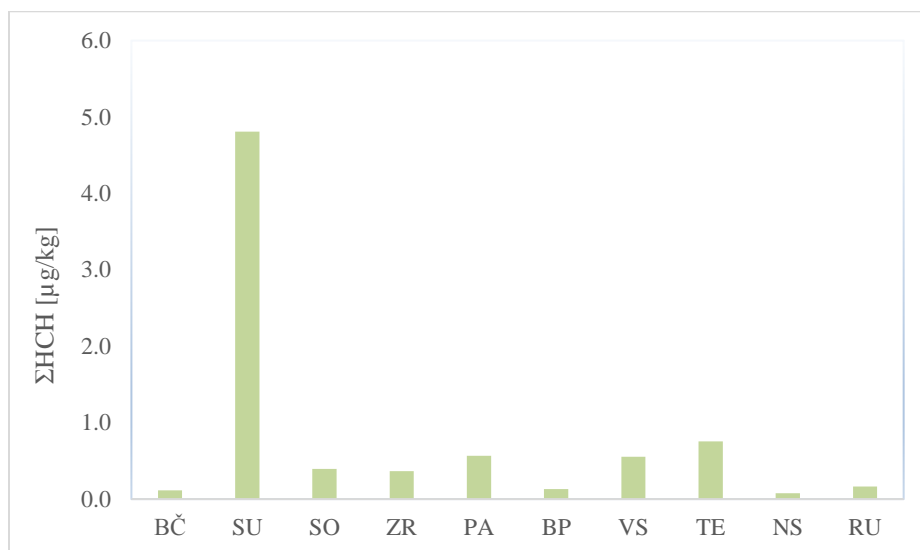
U toku istraživanja u okviru MONET-CEEC projekta određen je povećan sadržaj alfa- i gama-HCH (50 ng/filter) u ambijentalnom vazduhu Srbije, Kazakhstana, Makedonije, Rusije i Rumunije. Ukupan sadržaj HCH u ambijentalnom vazduhu svih 10 ispitivanih lokaliteta iznosio je u proseku 15,2 ng/filter, što je značajno niže od prosečne vrednosti ukupnog sadržaja HCH u ambijentalnom vazduhu (87,7 ng/filter) sa 7 lokacija u Srbiji (centar grada, industrija, ruralni i referentni lokalitet) obuhvaćenih istraživanjem GMP (Klanova i dr., 2007).

Zemljište

Koncentracioni nivoi izomera HCH u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 13 (Prilog I).

Najviši nivo koncentracija sume izomera HCH dobijen je analizom zemljišta uzorkovanog tokom jula 2013. godine na deponiji u Subotici (4,8 µg/kg), dok su koncentracioni nivoi sume HCH na ostalim lokalitetima bili značajno niži (Dijagram 4.25). Najviši nivo koncentracija sume izomera HCH dobijen je u zemljištu deponije u Subotici. Uzimajući u obzir da značajan procenat ukupne površine Subotice čine poljoprivredne površine, istorijsku i staru proizvodnju pesticida u gradu, kao i to da je deponija komunalnog otpada locirana na degradiranom zemljištu močvarnog korita i *brown field* lokaciji, može se zaključiti da emisiju HCH generišu intenzivne poljoprivredne i industrijske aktivnosti, kao i struktura tela deponije, uključujući i istorijsko opterećenje okoline Subotice dugogodišnjom upotrebom HCH.

Rezultati studije spovedene na obalama reke poljoprivrednog područja u Kini 2009. godine, su pokazali da neobrađivano zemljište sadrži i po nekoliko hiljada nanograma HCH po gramu zemljišta (Zhang, J. i dr., 2012), što potvrđuje činjenicu da izvor kontaminacije zemljišta, pored deponije, predstavlja i dugogodišnja poljoprivredna proizvodnja.



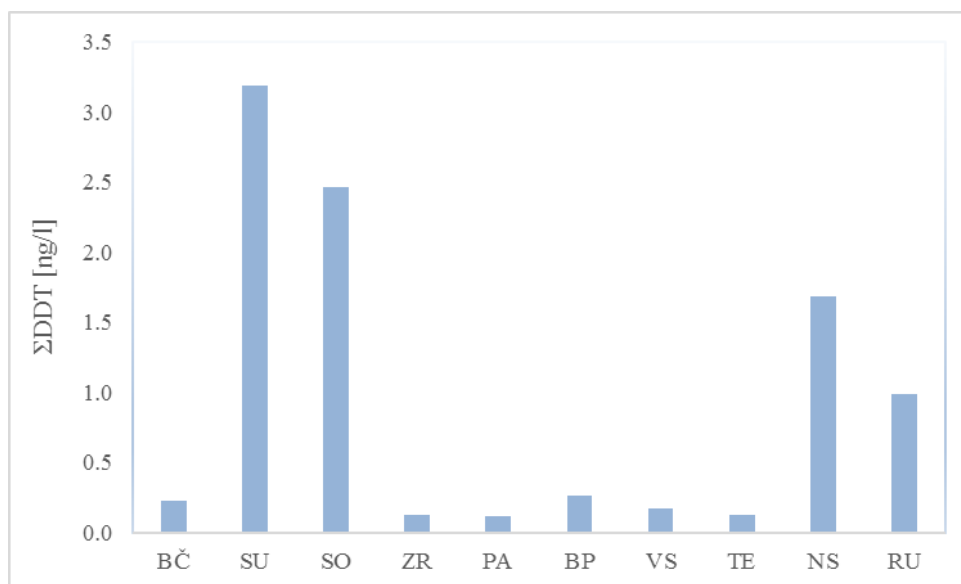
Dijagram 4.25 Ukupan sadržaj HCH u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010) definiše GV za izomere alfa-HCH, 0,003 mg/kg (3 μg/kg), beta-HCH, 0,009 mg/kg (9 μg/kg), i gama-HCH, 0,00005 mg/kg (0,5 μg/kg). Vrednosti navedenih izomera u 2013. godini kretale su se u opsezima od 0,01 – 0,12 μg/kg (alfa-HCH), 0,01 - 3,92 μg/kg (beta-HCH) i 0,03 – 0,50 μg/kg (gama-HCH), na osnovu čega se može zaključiti da se zemljište na lokalitetu u Subotici nalazi na samoj granici održivosti kvaliteta, dok su koncentracije posmatranih izomera na ostalim lokalitetima bile u okviru dozvoljenih vrednosti.

4.2.5 Dihlor-difenil-trihloreтан i metaboliti

Procedne vode

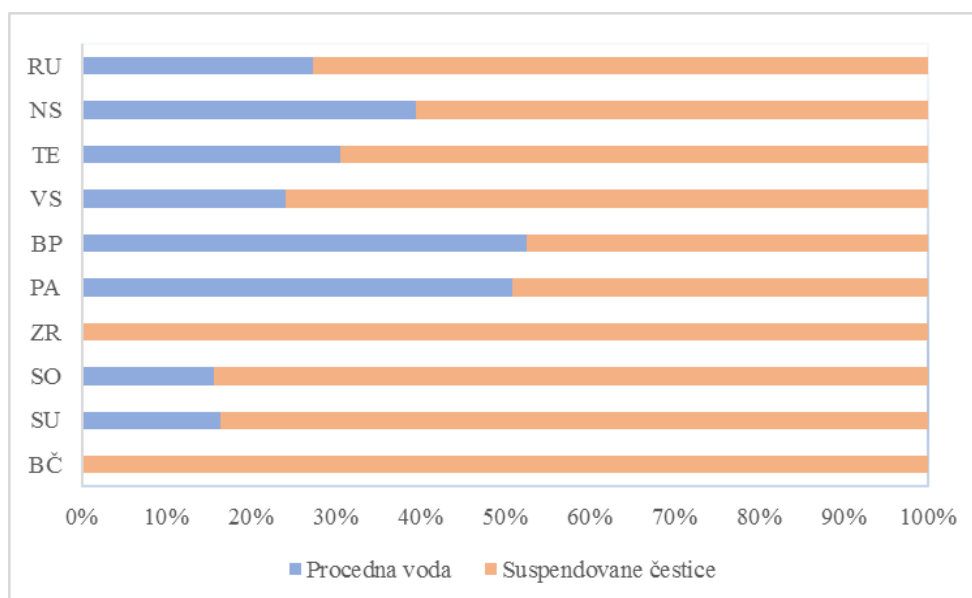
Koncentracioni nivoi DDT (DDT + DDD + DDE), u daljem tekstu suma DDT, u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 3 i 4 (Prilog I).

Prostorni trend DDT u procednoj vodi sa ispitivanih lokaliteta prikazan je na Dijagramu 4.26. Najviši koncentracioni nivoi sume DDT detektovani su u uzorcima procedne vode iz Subotice (3,2 ng/l), Sombora (2,5 ng/l) i Novog Sada (1,7 ng/l), koji predstavljaju velike industrijske centre sa razvijenom poljoprivrednom aktivnošću u suburbanom delu. Rezultati ukazuju na sveže izvore DDT. Najniže vrednosti koncentracije određene su u uzorcima procedne vode sa deponija u Pančevu (0,1 ng/l) i Zrenjaninu (0,1 ng/l).



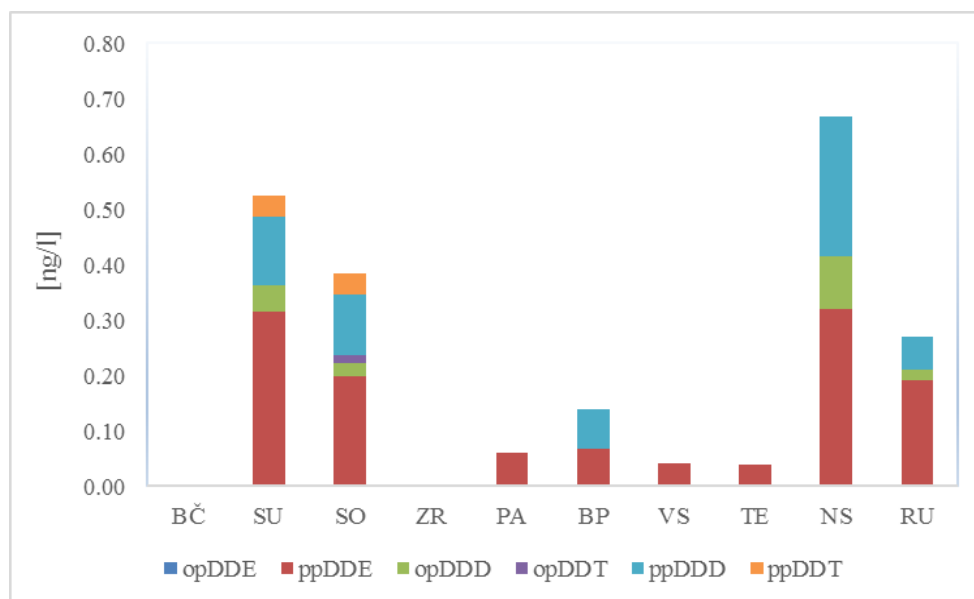
Dijagram 4.26 Ukupan sadržaj DDT u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

U slučaju raspodele između tečne i čvrste faze procednih voda uočava se dominantno učešće ukupnog DDT u čvrstim česticama suspendovanim u vodi, sa izuzetkom deponije u Bačkoj Palanci (Dijagram 4.27). DDT podleže hemijskoj ili biohemijskoj dekompoziciji i njegovi metaboliti (DDD i DDE) su veoma stabilni, lipofilni, slabo isparljivi i sa izraženom tendencijom ka akumulaciji u živim organizmima i čvrstoj fazi, što objašnjava raspodelu dobijenu u okviru istraživanja.



Dijagram 4.27 Raspodela DDT između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

Jedini izomer koji je detektovan na svim ispitivanim lokalitetima bio je pp'DDE (Dijagram 4.28), sa najvišom koncentracijom na deponiji u Novom Sadu (0,32 ng/L).



Dijagram 4.28 Koncentracioni nivoi DDT u u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) definiše PGK vrednosti za ukupni DDT, 0,025 $\mu\text{g/l}$ (25 ng/l), i pp'DDE, 0,01 $\mu\text{g/l}$ (10 ng/l) u površinskim vodama. Na svim ispitivanim lokalitetima sume DDT bile su značajno niže od definisanih vrednosti, dok je pp'DDE bio ispod limita detekcije (0,04 ng/l).

U poređenju sa istraživanjima sprovedenim u Norveškoj gde je koncentracija ukupnih DDT u podzemnoj vodi sa deponije komunalnog otpada iznosila 0,52 $\mu\text{g/l}$ (520 ng/l) (Haarstad, 2008), vrednosti dobijene u procednim vodama sa deponija u AP Vojvodini bile su značajno manje.

Ambijentalni vazduh

Sadržaj DDT/metaboliti u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 8 (Prilog I).

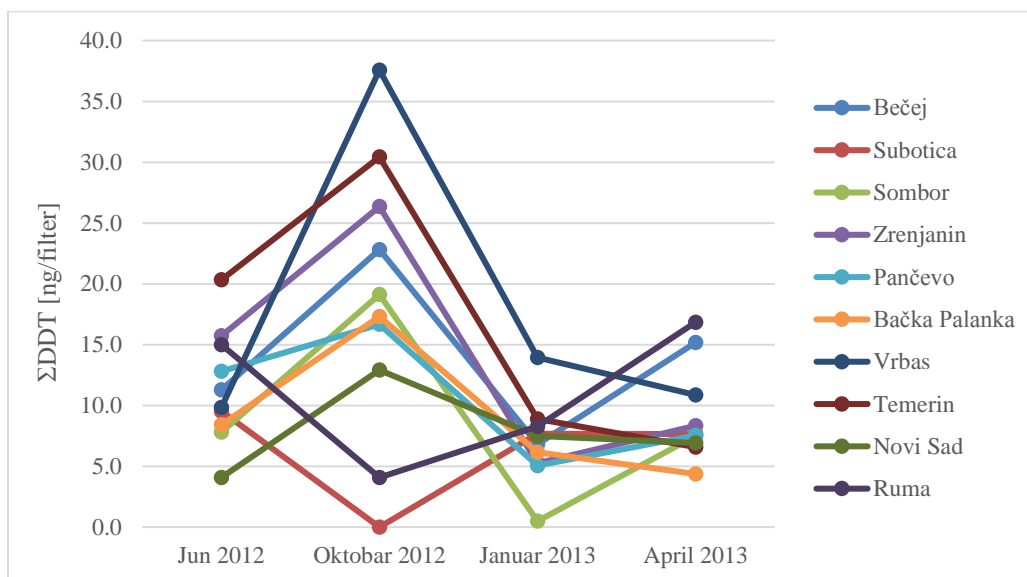
U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj ukupnog DDT izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Vrbasu (12,8 ng/filter), Bečeju (12,3 ng/filter), Zrenjaninu (11,5 ng/filter) i Rumi (11,3 ng/filter) čemu doprinosi blizina poljoprivrednih obradivih površina, relativno razvijena industrijska aktivnost i česti nekontrolisani požari sa nepotpunim sagorevanjem deponijskog otpada različitog porekla i sastava. Na ostalim ispitivanim lokalitetima sadržaj DDT kretao su se u opsegu od 1,8 ng/filter u Temerinu do 9,7 ng/filter u Pančevu (Dijagram 4.29).



Dijagram 4.29 Ukupan sadržaj DDT u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Više vrednosti pp'DDE metabolita u odnosu na dobijene vrednosti za pp'DDT (Tabela 8, Prilog I) ukazuju na intenzivnu upotrebu DDT u prošlosti. DDT pod uticajem sunčeve svetlosti podleže dekompoziciji. Vreme poluživota u atmosferi je svega dva dana, a zbog niske isparljivosti primarno je vezan za čestice zemljišta.

Vremenski trendovi koncentracija ukupnog DDT bili su ujednačeni na 9 ispitivanih lokaliteta (Dijagram 4.30). Maksimalan sadržaj DDT, u ambijentalnom vazduhu na svih 9 lokacija detektovan je tokom jesenje kampanje uzorkovanja (oktobar - novembar 2012), sa najvećom vrednošću izmerenom u Vrbasu (37,6 ng/filter). Ovi rezultati su interesantni s obzirom na to da su u periodu kolektovanja uzoraka temperature bile niže u odnosu na letnji period uzorkovanja (jun – jul 2012) kada je ukupan sadržaj DDT u ambijentalnom vazduhu deponija bio i do 4 puta manji, što može da se objasni intenzivnijom upotrebom ispitivane grupe pesticida u bliskoj prošlosti kao i evaporacijom iz drugih izvora emisije u toku toplijih perioda.



Dijagram 4.30 Vremenski trend DDT u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

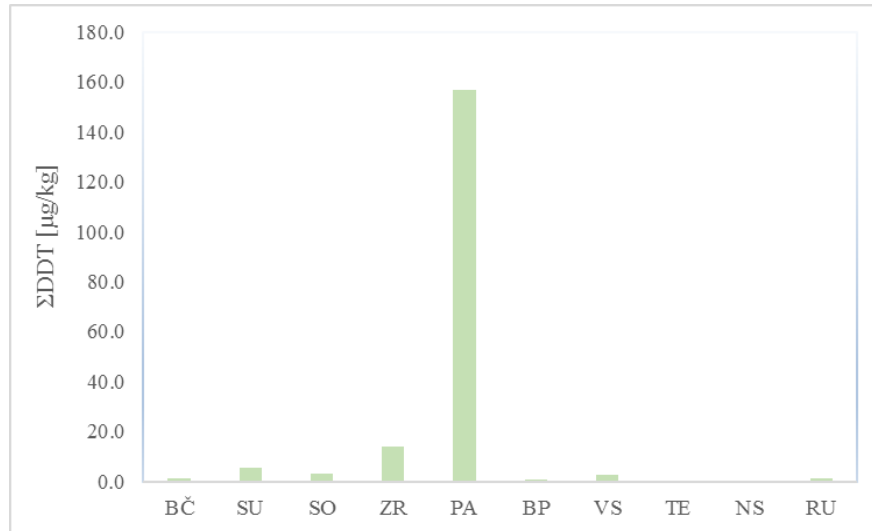
Rezultati istraživanja sprovedenih u okviru projekta MONET-CEEC pokazali su da je u zemljama Centralne i Istočne Evrope sadržaj ukupnog DDT u ambijentalnom vazduhu veći u poređenju sa zemljama Zapadne i Severne Evrope (Klanova i dr., 2007). U Rusiji, Ukrajini i Rumuniji detektovane su vrednosti iznad 40 ng/filter, što je znatno više u odnosu na rezultate dobijene na deponijama u AP Vojvodini.

Ukupan sadržaj DDT u ambijentalnom vazduhu sa 10 ispitivanih lokaliteta iznosio je u proseku 11,6 ng/filter, što je 2 puta manje od prosečne vrednosti ukupnog sadržaja DDT u ambijentalnom vazduhu (22,6 ng/filter) sa 7 lokacija u Srbiji (centar grada, industrija, ruralni i referentni lokalitet) obuhvaćenih istraživanjem u okviru GMP (Holoubek i dr., 2008).

Zemljište

Koncentracioni nivoi izomera DDT/metaboliti u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 13 (Prilog I).

Najviši koncentracioni nivo ukupnog DDT dobijen je analizom zemljišta uzorkovanog tokom jula 2013. godine na deponiji u Pančevu (157 $\mu\text{g}/\text{kg}$), što je posledica ranijeg istorijskog zagađenja, kao i nove kontaminacije što potvrđuje matematički odnos metabolita DDT i DDE koji ukazuje da su transformacioni metabolitički procesi u zemljištu još u toku. Koncentracioni nivoi sume DDT na ostalim lokalitetima bili značajno niži (Dijagram 4.31).



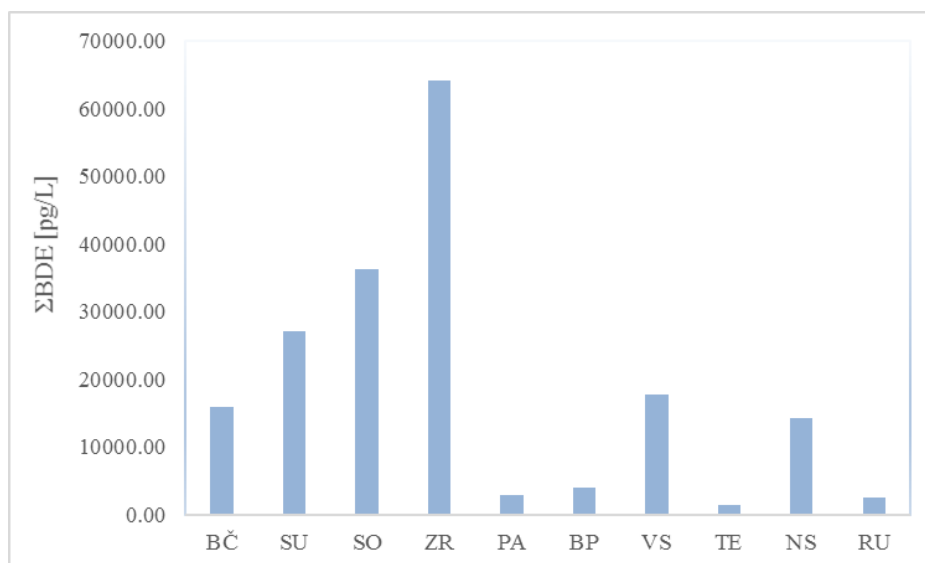
Dijagram 4.31 Ukupan sadržaj DDT u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010) definiše GV i RV za ukupni DDT koje iznose 0,01 mg/kg (10 μg/kg) i 4 mg/kg (4000 μg/kg), respektivno. Vrednosti ukupnog DDT dobijene u okviru istraživanja kretale su se u opsegu od 0,2 do 157 μg/kg, a prekoračene su GV u slučaju deponija u Zrenjaninu (13,7 μg/kg) i Pančevu (157 μg/kg) na osnovu čega se može zaključiti da su zemljišta sa navedenih lokaliteta prešla granicu održivosti kvaliteta.

4.2.6 Polibromovani difenil etri

Procedne vode

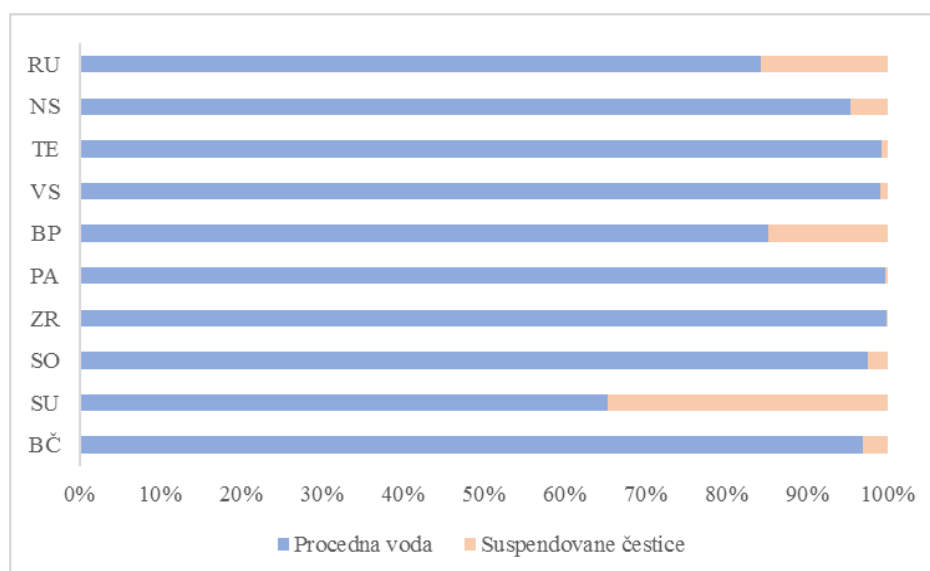
Koncentracioni nivoi kongenera PBDE u procednim vodama kolektovanim u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabelama 5 i 6 (Prilog I).

Prostorni trend BDE u procednoj vodi sa ispitivanih lokaliteta prikazan je na Dijagramu 4.32. Najviši koncentracioni nivo sume BDE detektovan je u uzorku procedne vode iz Zrenjanina (64,1 pg/l), dok je najniža vrednost dobijena analizom procedne vode u Temerinu (1,4 pg/l). Sadržaj polibromovanih difenil etara u uzorcima procednih voda bio je detektabilan ali veoma nizak, u pg/l. Veoma niske vrednosti nivoa koncentracije BDE u procednim vodama na deponijama su posledica slabe rastvorljivosti ove grupe hemikalija u vodi.



Dijagram 4.32 Ukupan sadržaj BDE u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

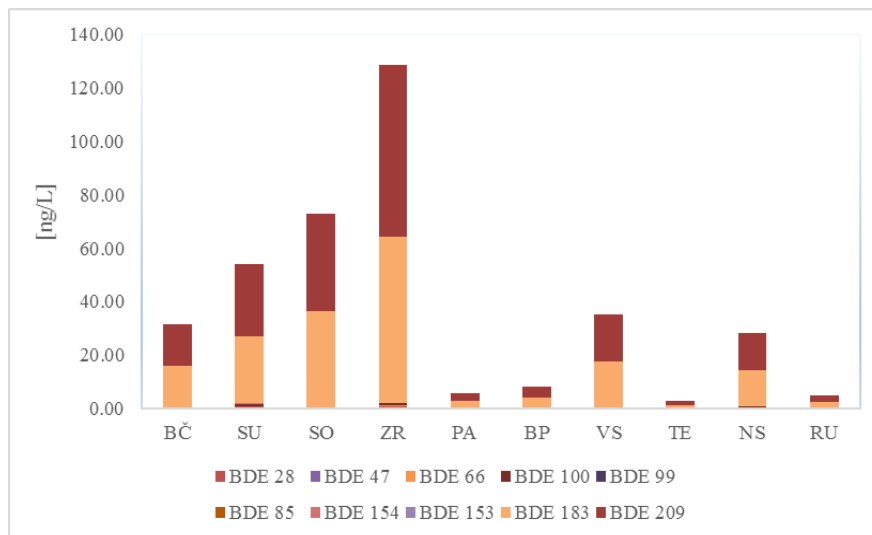
U slučaju raspodele između tečne i čvrste faze procedne vode jasno se uočava dominantno učešće ukupnih BDE u tečnoj fazi (Dijagram 4.33).



Dijagram 4.33 Raspodela BDE između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada

Koncentracioni nivoi kongenera polibromovanih difenil etara u analiziranim uzorcima procednih voda prikazani su na Dijagramu 4.34. Najveći koncentracioni nivoi su detektovani za kongenere zastupljene u komercijalnom PentaBDE, na deponijskom lokalitetu u Zrenjaninu (64,1 ng/l), poznatom centru proizvodnje plastičnih masa u koje se kao aditivi dodaju inhibitori i usporivači gorenja.

Agencija za zaštitu životne sredine Japana je sproveda istraživanje u okviru kog je ispitivala koncentracione nivoe ove grupe POP u procednim vodama deponije, u periodu od 1987 do 1996. godine. Koncentracioni nivoi kongenera BDE 209 kretali su se u opsegu od 50 do 200 ng/L što korespondira sa rezultatima dobijenim analizom ambijentalnog vazduha u Zrenjaninu.



Dijagram 4.34 Koncentracioni nivoi BDE u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Uredba o graničnim vrednostima prioritetnih i prioritetnih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 24/2014) ne definiše GV i MDK ispitivane kongenere BDE.

Ambijentalni vazduh

Sadržaj BDE kongenera u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 9 (Prilog I).

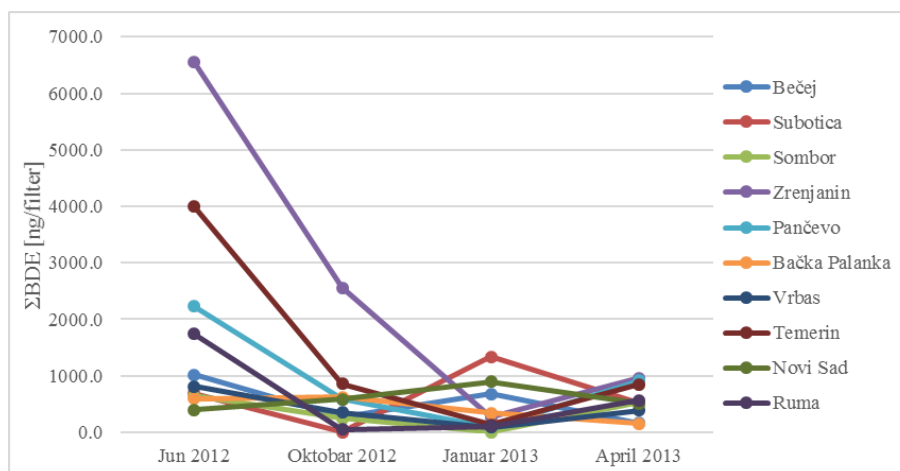
U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj ukupnih BDE, izraženih preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Zrenjaninu (1,8 µg/filter) što je posledica neadekvatnog i nekontrolisanog zbrinjavanja različitih kategorija organskog bromovanog otpada koji sadrži inhibitorne molekule gorenja kao i učestalih požara na lokalitetu deponije. Na ostalim ispitivanim lokalitetima sadržaj BDE bio je sličnog reda veličine i kretao su u opsegu od 0,3 µg/filter u Somboru do 0,8 µg/filter u Pančevu (Dijagram 4.35).



Dijagram 4.35 Sadržaj BDE u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Najveći koncentracioni nivo kongenera BDE 209 detektovan je u ambijentalnom vazduhu deponije u Zrenjaninu tokom juna 2012. godine i iznosio je 5,1 $\mu\text{g}/\text{filter}$ (Dijagram 9, Prilog I). Drugi najzastupljeniji kongener bio je BDE 47 čija je najviša vrednost detektovana u Temerinu (0,8 $\mu\text{g}/\text{filter}$) (Tabela 9, Prilog I). Dominantna zastupljenost kongenera BDE 209, potvrđuje činjenicu da su na ispitivanim deponijama komunalnog otpada odlagani električni uređaji u kojima je DekabDE komercijalni miks najdominantniji.

Vremenski trend distribucije ukupnih BDE bio je ujednačen na 7 ispitivanih lokaliteta (Dijagram 4.36). Koncentracioni nivoi svih kongenera BDE bili su viši u letnjem periodu u odnosu na jesenji i zimski što bi se moglo objasniti procesom evaporacije ovih supstanci pri višim temperaturama.

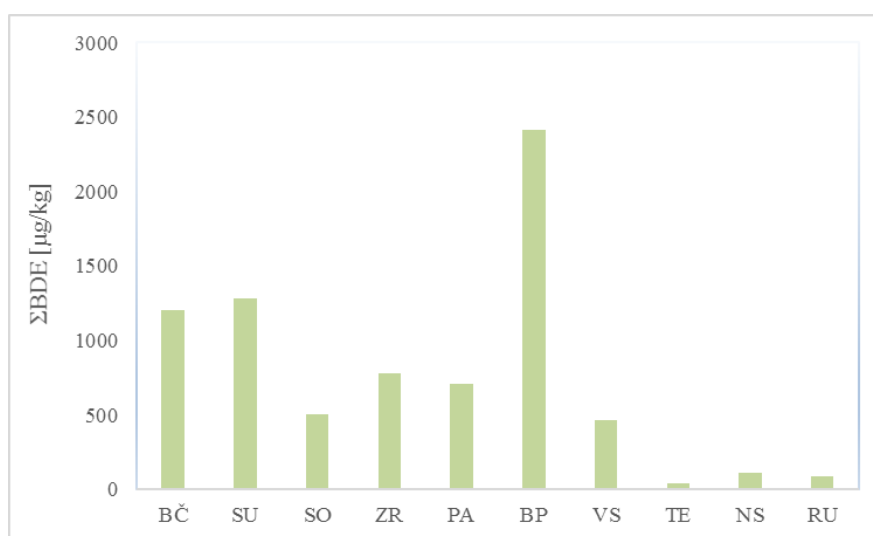


Dijagram 4.36 Vremenski trend BDE u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada

Zemljište

Koncentracioni nivoi BDE u uzorcima zemljišta kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 14 (Prilog I).

Najviši koncentracioni nivo ukupnih BDE dobijen je analizom zemljišta uzorkovanog tokom jula 2013. godine na deponiji u Bačkoj Palanci (2.143,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), dok su koncentracioni nivoi BDE na ostalim lokalitetima bili niži (Dijagram 4.37). Bromovani difenil etri pripadaju grupi visoko lipofilnih supstanci sa afinitetom ka sorpciji na čvrste čestice, što objašnjava povišenu koncentraciju BDE u zemljištu u odnosu na atmosferu i akvatični medijum. S obzirom na to da se u Bačkoj Palanci od šezdesetih godina prošlog veka proizvode podne obloge i sportske površine, povećan sadržaj BDE na lokalitetu u Bačkoj Palanci je očigledna posledica intenzivne industrijske aktivnosti na bazi BDE i odlaganja otpada sa visokim sadržajem BDE.



Dijagram 4.37 Ukupan sadržaj BDE u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada U okviru ranijih studija sprovedenih na evropskim referentnim lokalitetima dobijene ukupne vrednosti koncentracija 7 kongenera (izuzev BDE 209) u zemljištu iznosio je 0,1 - 12 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Najveće koncentracije određene su u uzorcima zemljišta koje je tretirano muljem (840 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Hassanin i dr., 2004).

Koncentracije 7 kongenera BDE koje su dobijene u uzorcima zemljišta iz jula 2013. godine, korespondiraju rezultatima dobijenim za zemljište na kom se odlaže mulj, kao i za zemljište u okolini deponija. Najviši koncentracioni nivoi kongenera BDE 209 i BDE 47 iznosili su 2.003,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ u Bačkoj Palanci i 173,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ u Bečeju, što je značajno više u odnosu na rezultate iz gore pomenute studije.

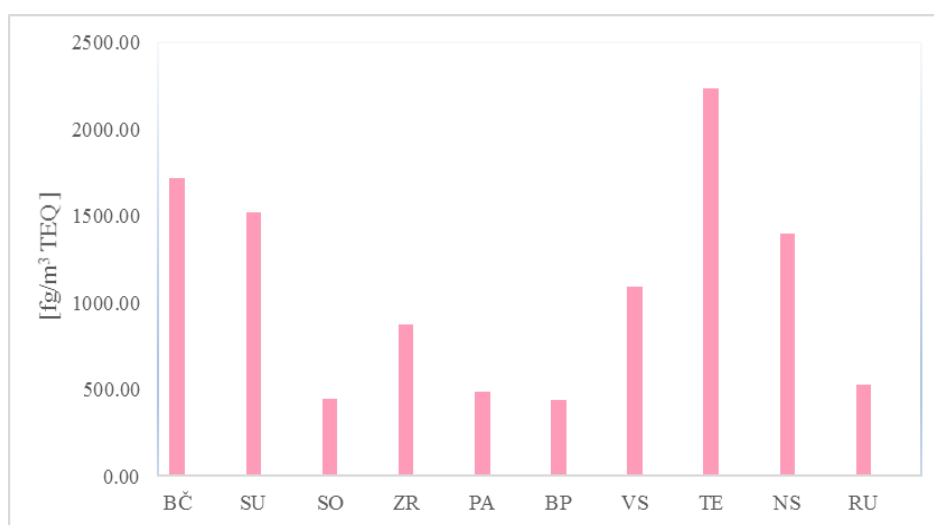
Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 88/2010) ne definiše GV i RV za BDE.

4.2.7 Polihlorovani dibenzo-p-dioksini i dibenzo furani

Ambijentalni vazduh

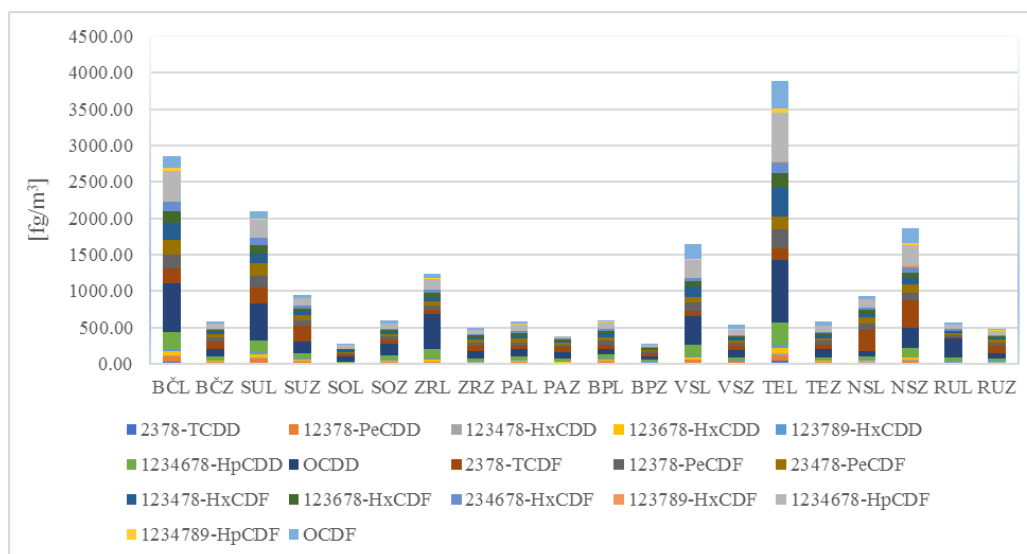
Koncentracioni nivoi 2,3,7,8 supstituisanih polihlorovanih dibenzo-p-dioksina i dibenzo furana u gasovitoj fazi uzoraka ambijentalnog vazduha kolektovanih u okviru istraživanja na 10 ispitivanih deponija izraženi su preko ekvivalenta toksičnosti, TEQ, u fg/m^3 (Tabela 10-11, Prilog I).

U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha, najviši koncentracioni nivoi PCDD/F, izraženi preko sume medijana vrednosti dobijenih kroz 2 kampanje uzorkovanja, detektovani su u Temerinu ($2.232,80 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$), Bečeju ($1.718,06 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$), Subotici ($1.520,21 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$), Novom Sadu ($1.398,95 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$) i Vrbasu ($1.090,35 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$). Svi lokaliteti predstavljaju velike industrijske centre i područja sa izraženim poljoprivrednim aktivnostima. Na ostalim ispitivanim lokalitetima koncentracije PCDD/F kretale su se u opsegu od $440,61 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$ u Bačkoj Palanci do $871,66 \text{ fg}/\text{m}^3 \text{ TEQ}$ u Zrenjaninu (Dijagram 4.38).



Dijagram 4.38 Koncentracioni nivoi PCDD/F u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Koncentracioni nivoi 17 toksičnih kongenera PCDD/F izraženih preko ekvivalenta toksičnosti TEQ prikazani su na Dijagramu 4.39. Koncentracija svih analiziranih kongenera bila je najviša na lokalitetu deponije komunalnog otpada u Temerinu, što može biti posledica intezivne industrijske proizvodnje kao i pojave povremenih požara na lokaciji deponije. Na svim ispitivanim lokalitetima povećane koncentracije dioksina i furana zabeležene su u letnjem periodu (L) sa dominantnim učešćem kongenera OCDD.



Dijagram 4.39 Koncentracioni nivoi kongenera PCDD/F u letnjem (L) i zimskom (Z) periodu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada

Prema Priručniku za kvalitet vazduha Svetske zdravstvene organizacije, AQG (eng. *Air Quality Guidelines*), koncentracioni nivoi PCDD/F veći od $0,3 \text{ pg/m}^3$ ukazuju na prisustvo lokalnih izvora emisije koje je neophodno identifikovati i kontrolisati (AQG WHO, 2000). Na lokalitetima deponija komunalnog otpada u Bečeju, Subotici, Vrbasu, Temerinu i Novom Sadu koncentracioni nivoi bili su viši od dozvoljene vrednosti i iznosili su $0,63 \text{ pg/m}^3$, $0,36 \text{ pg/m}^3$, $0,46 \text{ pg/m}^3$, $1,11 \text{ pg/m}^3$ i $0,51 \text{ pg/m}^3$, respektivno. Na svim lokalitetima granična vrednost prekoračena je tokom letnje kampanje uzorkovanja, sa izuzetkom deponije u Novom Sadu gde je povišena koncentracija ukupnih PCDD/F detektovana u zimskom periodu. Svih pet lokaliteta su aktivni industrijski centri i područja sa izraženim poljoprivrednim aktivnostima. Pojava požara manjih razmera karakteristična je za pet navedenih lokaliteta deponija komunalnog otpada. Ipak najviša koncentracija sume analiziranih kongenera bila je izmerena na lokalitetu deponije u Temerinu, što može biti posledica intenzivne metalne i mašinske industrijske proizvodnje, poljoprivrednih aktivnosti, kao i češće pojave povremenih požara na lokaciji deponije.

4.3 Procena izvora emisije neorganskih polutanata na deponijama komunalnog otpada

4.3.1 Analiza glavnih komponenti i klaster analiza – neorganski parametri

U okviru prethodnog istraživanja sprovedenog na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu sa ciljem utvrđivanja potencijalnih izvora emisije i optimizacije parametara za praćenje u okviru monitoring programa na deponiji komunalnog otpada, vrednosti osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara su obrađene primenom metode analize glavnih komponenti (PCA) (Đogo i dr., 2017).

U okviru istraživanja analizirani su parametri: temperatura, pH vrednost, elektroprovodljivost (EL), rastvoren kiseonik (RK), nitriti (NO₂-N), nitrati (NO₃-N), amonijum jon (NH₄-N), ukupan fosfor (P_{uk}), utrošak kalijum-permanganata (KMnO₄), hemijska potrošnja kiseonika (HPK), biološka potrošnja kiseonika (BPK₅), sulfati (SO₄²⁻), ukupan azot (N_{uk}), bor (B), kalcijum (Ca), magnezijum (Mg), natrijum (Na), kalijum (K), gvožđe (Fe) i nikal (Ni). Rezultati analize glavnih komponenti za dobijene vrednosti prikazani su u Tabeli 4.4.

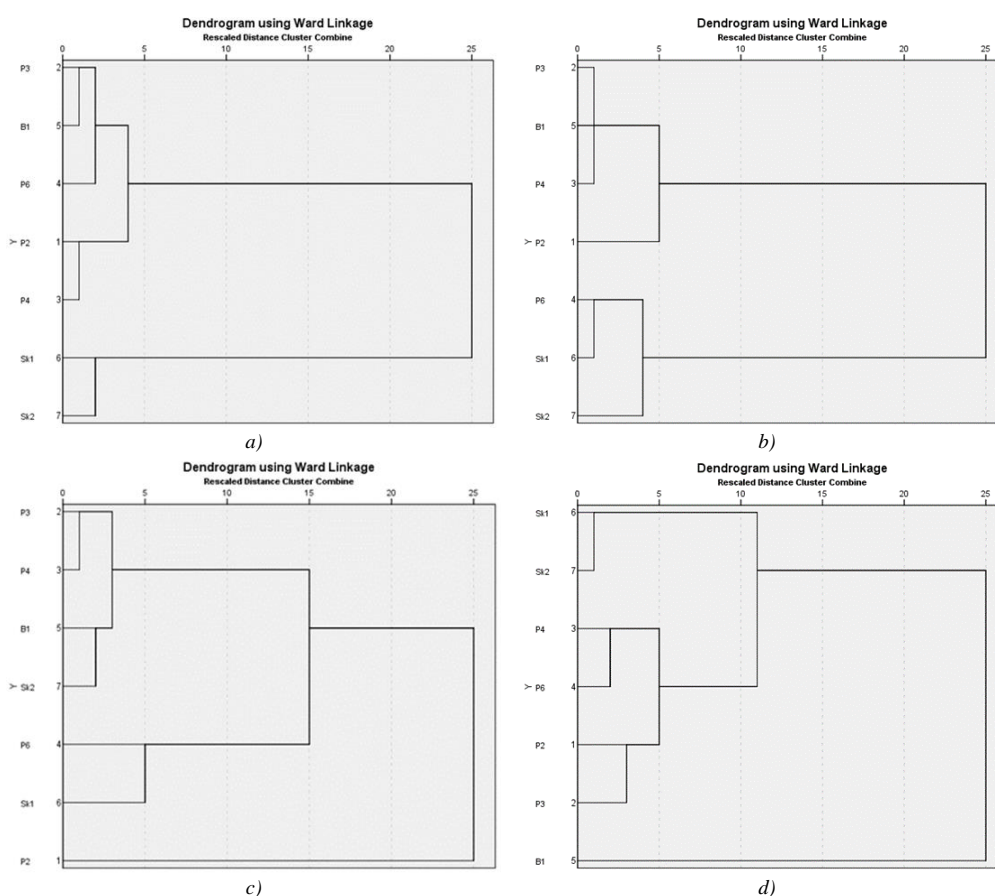
Tabela 4.4 Faktorska analiza rezultata analize osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara

Parametar	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Temperatura	-0,099	-0,016	0,380	0,879
pH	0,850	0,119	0,-340	-0,344
Elektroprovodljivost	0,901	-0,056	0,292	0,161
Rastvoreni kiseonik	-0,404	-0,465	-0,680	-0,239
NO ₂ -N	-0,380	-0,159	0,046	-0,898
NO ₃ -N	-0,344	-0,083	-0,838	0,213
NH ₄ - N	0,896	0,376	0,206	0,024
P _{uk}	0,736	0,617	-0,067	-0,062
KMnO ₄	0,940	0,275	-0,100	-0,074
HPK	0,902	0,300	0,270	0,045
BPK ₅	0,892	0,201	0,204	0,135
SO ₄ ²⁻	0,083	0,957	0,115	-0,237
N _{uk}	0,015	-0,397	0,291	0,773
B	-0,017	-0,390	0,821	0,302
Ca	-0,434	0,318	0,802	0,258
Mg	0,522	0,772	0,090	0,028
Na	0,924	-0,217	-0,100	-0,016
K	0,748	0,600	-0,180	0,139
Fe	-0,280	-0,510	-0,333	0,730
Zn	-0,036	-0,658	0,613	0,350
Karakterističan koren	7,768	4,015	3,634	3,342
Varijansa, %	38,842	20,076	18,171	16,712
Kumulativni procenat	38,842	58,919	77,090	93,802
Opterećenja glavnih komponenti koja su veća od 0,6 su obeležena				

Na osnovu dobijenih rezultata PCA analize izdvojena su četiri faktora koja ukazuju na potencijalne izvore emisije. Prvi faktor (PC 1) je definisan kao dekompozicija biodegradabilnog otpada zbog

visokog opterećenja za parametre $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{uk} , KMnO_4 , HPK, BPK_5 , Na i K. Faktor 2 (PC 2) je definisan kao proces precipitacije kroz masu deponovanog otpada i degradacije otpada koji sadrži toksične komponente, usled visokog opterećenja za P_{uk} , SO_4^{2-} , Mg, K i Zn. Treći faktor (PC 3) je definisan kao dekompozicija plastičnog i mineralnog otpada, usled visoko pozitivnog opterećenja za rastvoreni kiseonik, $\text{NO}_3\text{-N}$, B, Ca i Zn. Usled visokog opterećenja za parametre temperatura, $\text{NO}_2\text{-N}$, N_{uk} i Fe poslednji faktor (PC4) definiše proces degradacije građevinskog otpada, boja, hemijskih supstanci i električnih uređaja i dekompozicije otpada sa visokim sadržajem proteina,

Hijerarhijska klaster analiza koja koristi Vard (eng. *Ward*) metodu primenjena je na rezultate analize glavnih komponenti sa ciljem grupisanja lokacija prema sličnosti u sastavu ispitivanih podzemnih i procednih voda. Dobijeni dendrogrami na kojima su izdvojeni klasteri lokacija sa sličnim karakteristikama prikazani su na Slici 4.2.



Slika 4.2 Klaster dendrogrami ispitivanih lokacija na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu dobijeni komparacijom sa glavnim komponentama a) PC 1, b) PC 2, c) PC 3 i d) PC 4

S obzirom na to da nacionalna zakonska regulativa definiše granične vrednosti osnovnih fizičko-hemijskih parametara koje je neophodno kvartalno pratiti u procednim vodama deponija komunalnog otpada, u okviru istraživanja sprovedena je proširena analiza fizičko-hemijskih i neorganskih parametara na uzorcima procednih i podzemnih voda kako bi se upotrebom PCA i CA, definisao sveobuhvatan istraživački monitoring za svaku mernu tačku deponije. Rezultati odabira parametara za praćenje u okviru budućih istraživačkih monitoring programa na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu prikazani su u Tabeli 4.5.

Preliminarna analiza PCA i CA na nivoe koncentracija osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara sa istraživačkog pilot lokaliteta u Novom Sadu, pokazala je široku aplikativnost ovih statističkih alata i tehnika na deponije sličnog struktiranog sastava otpada i analogne prakse upravljanja otpadom.

Tabela 4.5 Odabir parametara za praćenje u okviru budućih istraživačkih monitoring programa na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu

	Tw	pH	EL	RK	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _{uk}	KMnO ₄	COD	BOD ₅	SO ₄ ²⁻	N	B	Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn
P2	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	x	x	x	/	/	x	/	x	x
P3	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	x	x	/	/	/	x	/	x	/
P4	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	x	/	/	/	/	x	/	x	/
P6	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	x	/	x	/	/	x	/	x	/
B1	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	x	/	/	/	/	x	/	x	/
SK1	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	/	x	/	/	/	/	/	/	x
SK2	x	x	x	/	x	x	x	x	/	x	x	/	x	/	/	/	/	/	x	/

4.4 Procena izvora emisije organskih polutanata na deponijama komunalnog otpada

4.4.1 Analiza glavnih komponenti i klaster analiza – organski polutanti

U okviru doktorske disertacije metoda analize glavnih komponenti je primenjena za identifikaciju potencijalnih izvora emisije organskih polutanata (PAH, PCB, PeCB, HCB, HCH, DDT i BDE) za ambijentalni vazduh na svim ispitivanim lokalitetima, sa ciljem utvrđivanja potencijalnih izvora emisije na deponijama komunalnog otpada u AP Vojvodini i procene uticaja morfološke strukture otpada na zagađenje. Klaster analiza dalje je korišćena u cilju grupisanja lokaliteta prema sličnosti u sastavu ambijentalnog vazduha.

Rezultati analize sadržaja dioksina i furana u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim lokalitetima nisu obuhvaćeni PCA i CA analizama, pošto su određivani samo dva puta u toku cele kampanje uzorkovanja.

Rezultati analize glavnih komponenti za podatke dobijene u okviru 4 kampanje pasivnog uzorkovanja vazduha na 10 ispitivanih lokaliteta prikazani su u Tabeli 4.6.

Tabela 4.6 Faktorska analiza rezultata analize perzistentnih organskih polutanata i policikličnih aromatičnih ugljovodonika

Parametar	PC 1	PC 2	PC 3
PAH	-0,242	-0,059	0,764
PCB	0,960	0,042	-0,022
PeCB	-0,242	0,918	-0,103
HCB	0,350	0,852	0,218
HCH	0,972	-0,009	-0,090
DDT	0,532	-0,028	0,709
BDE	-0,005	0,112	0,625
Karakterističan koren	2,390	1,587	1,545
Varijansa, %	34,146	22,670	22,077
Kumulativni procenat	34,146	56,816	78,893

Opterećenja glavnih komponenti koja su veća od 0,5 su obeležena

Na osnovu dobijenih rezultata PCA izdvojena su tri faktora koja ukazuju na potencijalne izvore emisije. Prvi faktor (PC 1) objašnjava 34,146% ukupne varijanse i, sa visokim opterećenjem za PCB, HCH i DDT, povezan je sa potencijalnim industrijskim aktivnostima, istorijskim zagađenjem od odlaganja industrijskog otpada, procesima evaporacije sa kontaminirano zemljišta, poljoprivrednim aktivnostima i procesima sagorevanja (Breivik i dr., 2002).

Drugi faktor (PC 2) objašnjava 22,670% ukupne varijanse i dominantno je opterećen sa PeCB i HCB. PC 2 je definisan kao proces evaporacije sa poljoprivrednog zemljišta i proces sagorevanja

otpada sa značajnim udelom različitih hemikalija uključujući tri- i tetra-hloretilen (perhloretilen), najčešće upotrebljavano sredstvo za hemijsko čišćenje (Prevedouros, 2004; Barber i dr., 2005; Weber i dr., 2011).

Poslednji, treći faktor (PC 3) opterećen sa PAH, DDT i BDE, objašnjava 22,077% ukupne varijanse, dominantno je opterećen sa PAH, DDT i BDE i označen je kao proces nepotpunog sagorevanja organske materije (drvo, ugalj, dizel) i odlaganje i nekontrolisano sagorevanje otpada koji sadrži aditive za usporavanje gorenja (sunderi iz nameštaja, plastika, tekstil, žice, elektronski i električni otpad) (Gotz i dr., 2007).

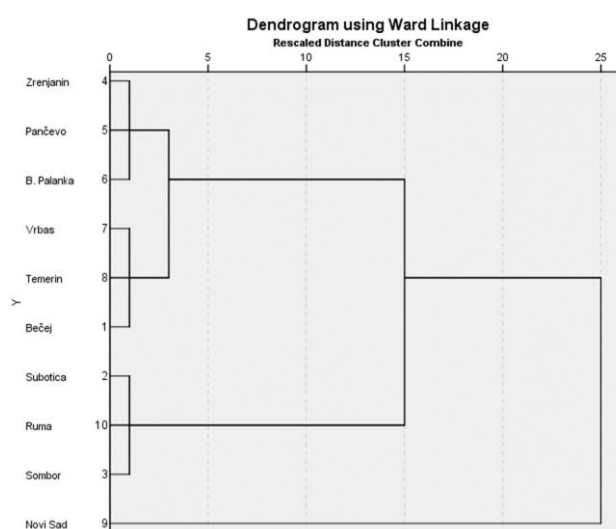
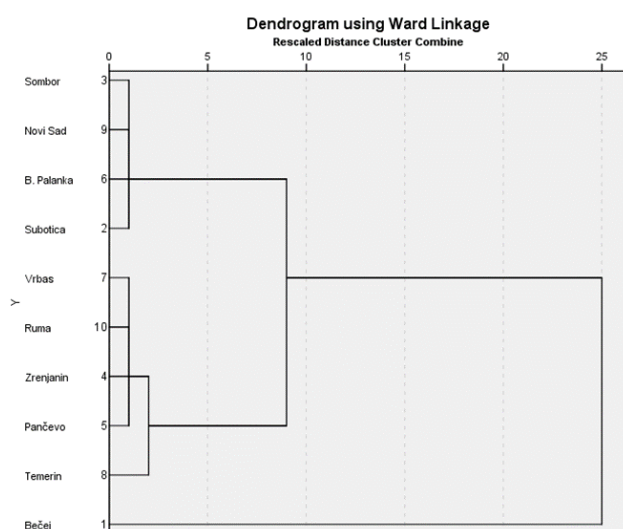
Hijerarhijska klaster analiza koja koristi Vard (eng. *Ward*) metodu primenjena je na rezultate analize glavnih komponenti u cilju grupisanja ispitivanih deponija komunalnog otpada prema sličnosti u sastavu ambijentalnog vazduha. Dobijeni dendogrami sa izdvojenim klasterima lokacija deponija komunalnog otpada prikazani su na Slici 4.3.

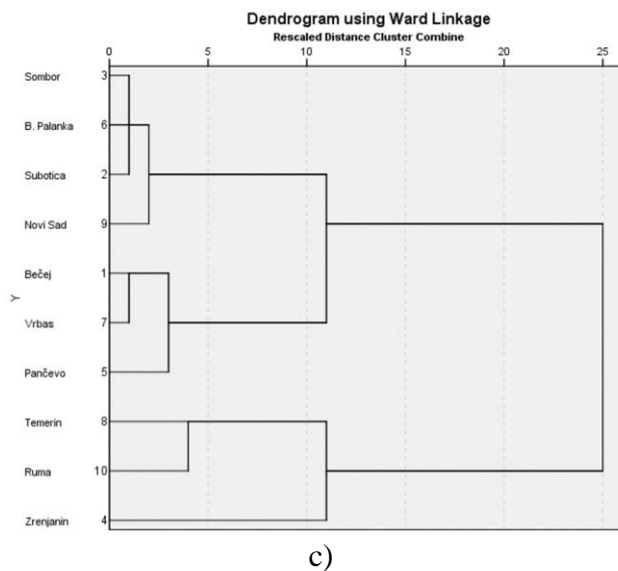
Na prvom dendogramu (Slika 4.3a) su se izdvojila 2 klastera. Prvi klaster se sastoji od dva podklastera, u prvom su grupisane deponije komunalnog otpada u Somboru, Novom Sadu, Bačkoj Palanci i Subotici, dok se u drugom nalaze deponije u Vrbasu, Rumi, Zrenjaninu, Pančevu i Temerinu. Drugi klaster se sastoji od samo jednog ispitivanog lokaliteta, deponija u Bečeju. Oba klastera karakteriše sličan trend varijacije parametara iz PC 1 (PCB, HCH i DDT), osim u slučaju rezultata dobijenih za ukupan sadržaj PCB i HCH u ambijentalnom vazduhu na deponiji komunalnog otpada u Bečeju. Vrednosti medijane rezultata za PCB i HCH dobijene u četiri kampanje uzorkovanja ambijentalnog vazduha deponije u Bečeju iznosile su 136,8 ng/filter i 73,3 ng/filter, respektivno, i bile su dominantno više u odnosu na vrednosti dobijene analizom vazduha ostalih lokaliteta. Razlika u medijanama dobijenih rezultata za prva dva podklastera bila je zanemarljiva. Potencijalni uticaj na ovakvo grupisanje ispitivanih lokaliteta i izdvajanje Bečeja kao najzagađenijeg može poticati od poljoprivrednih aktivnosti koje predstavljaju primarnu delatnost opštine Bečej kao i potencijalno odlaganje industrijskog otpada na samoj deponiji koja je delimično ograđena žičanom ogradom i na kojoj, od početka eksploatacije, ne postoji kontrola odlaganja otpada. Česti požari na deponiji značajno doprinose zagađenju i emisiji izdvojenih POP.

Drugi dendogram (Slika 4.3b) dobijen je u odnosu na PC 2 (HCB i PeCB) i izdvaja 2 klastera. Prvi klaster se sastoji od dva podklastera. U prvom podklasteru nalaze se deponije komunalnog otpada u Bečeju, Zrenjaninu, Pančevu i Bačkoj Palanci, Vrbasu i Temerinu, dok se u drugom nalaze deponije u Subotici, Somboru i Rumi. Razlika u vrednostima medijane dobijenih rezultata za obe supstance u prvom klasteru je zanemarljiva. Drugi klaster izdvaja Novi Sad kao najopterećeniji, usled razlike u vrednosti medijane dobijene za HCB (10,6 ng/filter) koja je neznatno viša u odnosu na ostale ispitivane lokalitete. Potencijalni uzrok mogu biti blizina poljoprivrednih obradivih površina, blizina industrijskog kompleksa Rimski šančevi i morfološka struktura odloženog otpada koja sadrži HCB (sredstva za čišćenje).

Na trećem dendogramu (Slika 4.3c) koji je dobijen u odnosu na PC 3 (PAH, DDT, BDE) izdvajaju se dva klastera. Prvi klaster, se kao i u prethodnim slučajevima, sastoji od dva podklastera. U prvom podklasteru grupisane su deponije komunalnog otpada u Subotici, Somboru, Bačkoj

Palanci i Novom Sadu dok se u drugom nalaze deponije u Bečeju, Vrbasu i Pančevu. Drugi klaster izdvaja dva podklastera, prvi, koga čine deponije u Temerinu i Rumi i drugi, koji sadrži samo deponiju u Zrenjaninu. Varijabilnost medijana rezultata analize u prvom klasteru ne pokazuje veliku značajnost, dok se unutar drugog klastera izdvojila deponija komunalnog otpada u Zrenjaninu usled dominantno veće medijane sadržaja BDE (1756,9 ng/filter) u odnosu na ostale lokalitete. Uzroke pojave ovakvog grupisanja ispitivanih lokaliteta mogu predstavljati česti požari na deponiji u Zrenjaninu, blizina poljoprivrednih obradivih površina, kao i domaćinstava koja se zagrevaju na čvrsta goriva i značajna industrijska aktivnost (metalna i hemijska industrija, proizvodnja nafte i prirodnog gasa, proizvodnja srednje i niskonaponskih transformatora i elektropostrojenja, proizvodnja lekova, proizvodnja perlita i termoizolacionih materijala, proizvodnja i prerada drveta i plastičnih masa, proizvodnja kožne konfekcije, proizvodnja vojne opreme). Višegodišnje nekontrolisano odlaganje različitih kategorija otpada (elektronski i električni otpad, otpadno ulje, tekstil, nameštaj), bez prethodne separacije, još jedan je od potencijalnih uzroka pojave ovih grupa POP supstanci u ambijentalnom vazduhu deponije u Zrenjaninu.





Slika 4.3 Klaster dendrogrami 10 ispitivanih deponija komunalnog otpada dobijeni komparacijom sa glavnim komponentama a) PC 1, b) PC 2, c) PC 3

Rezultati PCA i CA analize kao korisni statistički alati i programi, potvrdili su mogućnost divergentne primene za identifikaciju i interpretaciju izvora emisije organskih polutanata u ambijentalnom vazduhu deponija komunalnog otpada i grupisanje ispitivanih lokaliteta sa aspekta nivoa kontaminacije. Istraživački monitoring programi doprinose kreiranju nove baze podataka o zagađenju na osnovu koje bi, sa velikom sigurnošću, bila izvršena selekcija parametara i optimizacija kontrolnog monitoring programa na svakom pojedinačnom lokalitetu.

4.5 Klasifikacija detektovanih POP i PAH prema stepenu kancerogenosti i procena uticaja na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine

4.5.1 Klasifikacija detektovanih POP i PAH prema stepenu kancerogenosti

U okviru prethodnih istraživanja zaključeno je da prisustvo zagađujućih materija u ambijentalnom vazduhu utiče na pojavu različitih oboljenja, kao i na porast stope mortaliteta (Brunekreef i Holtage, 2002). Ekspozicija ljudi putem inhalacije može da rezultuje različitim efektima, od pojave poteškoća u disanju do razvoja raka pluća (Boffeta i Nyberg, 2003). Osim na respiratorni trakt, zagađenje ambijentalnog vazduha utiče i na funkcije drugih organa (Cohen i dr., 2005; Kunzli i Tager, 2005). S obzirom na to da ambijentalni vazduh predstavlja kompleksnu mešavinu hemijskih supstanci, različitih fizičko-hemijskih karakteristika i perzistentnosti, tendencije ka transportu na velike udaljenosti, toksičnosti i kancerogenosti, veoma je teško izvršiti preciznu kvantifikaciju njihovog hazardnog uticaja. Kontinualni monitoring programi koji za rezultat imaju koncentracione nivoe perzistentnih organskih polutanata predstavljaju značajan registar podataka za procenu štetnosti dugoročne izloženosti populacije ovim grupama supstanci (Bartoš i dr., 2009).

Za procenu rizika na osnovu koje se selektuju nove prioritetne susptance neophodni su visokokvalitetni podaci o praćenju nivoa supstanci u vazduhu kao i podaci o toksikološkim i ekotoksikološkim efektima. Iako su se dostupne analitičke tehnike značajno osavremenile tokom prethodnih deset godina, usled nedostataka tehničke i finansijske prirode nacionalnih laboratorija, podaci sa terena nisu uvek prikladni u pogledu kvaliteta i sveobuhvatnosti. Podaci o praćenju koncentracionih nivoa polutanata u vazduhu ne uključuju značajan broj "novih" zagađujućih supstanci, čiji bi rizik na zdravlje ljudi i kvalitet životne sredine trebalo proceniti i kojima bi trebalo upravljati na osnovu poznatih toksikoloških i ekotoksikoloških podataka.

Najčešće su tekući monitoring programi POP orjentisani na supstance obuhvaćene Stokholmskom konvencijom koja reguliše emisije jedinjenja poput PCB, PCDD/F i OCP. Kvantifikacija ostalih supstanci, posebno onih koji potiču iz mnogobrojnih izvora kao što su PAH, takođe je od velikog značaja jer njihove vrednosti u ambijentalnom vazduhu su i do nekoliko desetina puta više (na primer, dioksini i furani: pg/m^3 ili niže, polihlorovani bifenili i organohlorni pesticidi: nekoliko desetina do nekoliko hiljada pg/m^3 , policiklični aromatični ugljovodonici: nekoliko stotina ng/m^3) (Menichini i dr., 2007). Iako smanjenje izloženosti populacije predstavlja imperativ pri donošenju različitih zakona i pravilnika u oblasti zaštite životne sredine i zdravlja stanovništva, nedostatak raspoloživih podataka onemogućava regulatornim telima da preuzmu adekvatne aktivnosti.

Zemlje bivše Jugoslavije predstavljaju evropski region sa veoma ograničenim informacijama o nivoima perzistentnih organskih polutanata u ambijentalnom vazduhu. Usled oštećenja velikog broja industrijskih lokaliteta tokom 1999. godine, značajne količine hazardnih supstanci ispuštene su u životnu sredinu (Picer i Holoubek, 2003), a kontaminacija regiona bivše Jugoslavije predmet je mnogih studija (Melas i dr., 2000; Picer i Holoubek, 2003; Klanova i dr., 2007a,b; Ruzickova i dr., 2008). Prva studija koja je istraživala toksičnost vazduha u regionu bivše Jugoslavije utvrdila je signifikantno veće toksične efekte ambijentalnog vazduha industrijskih lokaliteta zagađenog

policikličnim aromatičnim ugljovodonicima u odnosu na vazduh sa lokacija označenih kao PCB hotspot (Skarek i dr., 2007).

Lista perzistentnih organskih polutanata, za koje je, u okviru doktorske disertacije, procenjen kumulativni rizik po zdravlje ljudi, kao i klasifikacija prema kancerogenosti u odnosu na Međunarodnu agenciju za istraživanje kancera, IARC (eng. *International Agency for Research on Cancer*) i Američku agenciju za zaštitu životne sredine, US EPA prikazani su Tabeli 4.7.

Tabela 4.7 Klasifikacija POP za koje je računat kumulativni rizik po zdravlje ljudi

Supstanca	Kancerogenost	
	IARC ¹	US EPA ²
Naftalen	2B	C
Acenaftilen	-	D
Acenaften	3	D
Fluoren	3	D
Fenantren	3	D
Antracen	3	D
Fluoranten	3	D
Piren	3	D
Benz(a)antracen	2B	B2
Krizen	2B	B2
Benzo(b)fluoranten	2B	B2
Benzo(k)fluoranten	2B	B2
Benzo(a)piren	1	B2
Indeno(123cd)piren	2B	B2
Dibenz(ah)antracen	2B	B2
Benzo(ghi)perilen	3	D
PCB	1	B2
HCB	2B	B2
HCH	2B	B2
alfa-HCH	-	B2
beta-HCH	-	C
gama-HCH	1	B2
DDT	2B	B2
pp' DDT	2A	B2
op' DDT	-	-
pp' DDE	2B	B2
op' DDE	-	-
pp' DDD	2B	B2
op' DDD	-	-

¹ IARC klasifikacija prema kancerogenosti (2016)
² EPA klasifikacija prema kancerogenosti (1986)

Objašnjenje klasifikacije supstanci prema IARC i US EPA prikazano je u Tabeli 4.8.

Tabela 4.8 Objašnjenje klasifikacija kancerogenih supstanci prema IARC i US EPA

IARC	
Grupa 1	Supstance koje imaju kancerogeno dejstvo na ljude
Grupa 2A	Supstance koje verovatno imaju kancerogeno dejstvo na ljude
Grupa 2B	Supstance za koje postoji mogućnost da imaju kancerogeno dejstvo na ljude – potencijalno kancerogene supstance
Grupa 3	Supstance koje se ne mogu klasifikovati kao kancerogene
Grupa 4	Supstance koje su verovatno nekancerogene za ljude
US EPA	
Grupa A	Supstance koje imaju kancerogeno dejstvo na ljude
Grupa B1	Supstance koje verovatno imaju kancerogeno dejstvo na ljude (ograničene informacije o kancerogenosti)
Grupa B2	Supstance koje verovatno imaju kancerogeno dejstvo na ljude (nedovoljno informacija o kancerogenosti)
Grupa C	Supstance za koje postoji mogućnost da imaju kancerogeno dejstvo na ljude – potencijalno kancerogene supstance
Grupa D	Ne mogu se klasifikovati u kancerogene
Grupa E	Dokazano nekancerogene

4.5.2 Procena rizika po zdravlje humane populacije u blizini deponija komunalnog otpada

Za procenu rizika na zdravlje ljudi u okolini ispitivanih deponija korišćeni su koncentracioni nivoi PAH, PCB, HCB, HCH i DDT u ambijentalnom vazduhu. Dobijene vrednosti u ng/filter su, za potrebe proračuna, konvertovane u mg/m³ (Tabele 1-2, Prilog II), uzimajući u obzir 2 scenarija. U skladu sa prvim scenarijom zapremina vazduha proteklog kroz PUF iznosila je 150 m³/28 dana, (prosečna vrednost pretpostavljenog protoka vazduha za period od 28 dana) (Klanova i dr., 2008; Prybilova i dr., 2012). U drugom scenariju, u cilju procene rizika po zdravlje ljudi korišćena je niža vrednost protoka vazduha, od 100 m³, kao manje povoljna opcija.

Iako je uticaj PBDE i PCDD/F na zdravlje ljudi ocenjen kao značajan, a u slučaju 2,3,7,8-TCDD kongenera dioksina i kao kancerogen (Rahman i dr., 2001; Weber i dr., 2011; Gotz i dr., 2013), koncentracioni nivoi PBDE i PCDD/F nisu bili obuhvaćeni proračunom. PBDE je isključen iz proračuna zbog nepostojanja adekvatnih ulaznih podataka, dok su dioksini i furani izostavljeni jer ne postoje preporučene vrednosti faktora izloženosti usled veoma niskog dnevnog unosa putem inhalacije (AQG WHO, 2000).

Vrednosti dobijenih kumulativnih rizika po zdravlje ljudi u skladu sa oba scenarija, za 10 ispitivanih deponija komunalnog otpada prikazani su u Tabelama 4.9 i 4.10.

Tabela 4.9 Kumulativni rizici po zdravlje ljudi na 10 ispitivanih lokaliteta – *Scenario 1*

Deponija	PAH	PCB	HCB	HCH	DDT	Σ Rizik
Bečej	1,45E-07	6,57E-08	2,12E-08	1,85E-07	7,22E-09	4,24E-07
Subotica	1,33E-07	1,24E-08	1,35E-08	2,51E-08	4,03E-09	1,88E-07
Sombor	1,20E-07	1,24E-08	1,26E-08	2,37E-08	4,10E-09	1,73E-07
Zrenjanin	2,15E-07	1,34E-08	1,89E-08	3,12E-08	7,94E-09	2,87E-07
Pančevo	1,47E-07	7,87E-09	1,94E-08	2,72E-08	5,80E-09	2,07E-07
Bačka Palanka	9,17E-08	3,12E-09	1,80E-08	1,70E-08	3,46E-09	1,33E-07
Vrbas	1,38E-07	3,43E-09	2,00E-08	2,56E-08	6,67E-09	1,94E-07
Temerin	3,41E-07	1,25E-08	2,27E-08	3,20E-08	7,10E-09	4,16E-07
Novi Sad	2,48E-07	1,04E-08	2,33E-08	2,28E-08	3,63E-09	3,08E-07
Ruma	3,50E-07	6,00E-09	1,42E-08	2,03E-08	6,26E-09	3,97E-07

Tabela 4.10 Kumulativni rizici po zdravlje ljudi na 10 ispitivanih lokaliteta – *Scenario 2*

Deponija	PAH	PCB	HCB	HCH	DDT	Σ Rizik
Bečej	2,17E-07	9,85E-08	3,19E-08	2,77E-07	1,08E-08	6,36E-07
Subotica	2,00E-07	1,86E-08	2,03E-08	2,51E-08	6,04E-09	2,70E-07
Sombor	1,80E-07	1,86E-08	1,89E-08	2,37E-08	6,15E-09	2,47E-07
Zrenjanin	3,23E-07	2,01E-08	2,83E-08	3,12E-08	1,19E-08	4,15E-07
Pančevo	2,20E-07	1,18E-08	2,90E-08	2,72E-08	8,71E-09	2,97E-07
Bačka Palanka	1,37E-07	4,68E-09	2,70E-08	1,70E-08	5,19E-09	1,91E-07
Vrbas	2,07E-07	5,15E-09	3,00E-08	2,56E-08	1,00E-08	2,78E-07
Temerin	5,12E-07	1,87E-08	3,41E-08	3,20E-08	1,06E-08	6,08E-07
Novi Sad	3,72E-07	1,56E-08	3,49E-08	2,28E-08	5,45E-09	4,51E-07
Ruma	5,25E-07	9,00E-09	2,13E-08	2,03E-08	9,39E-09	5,85E-07

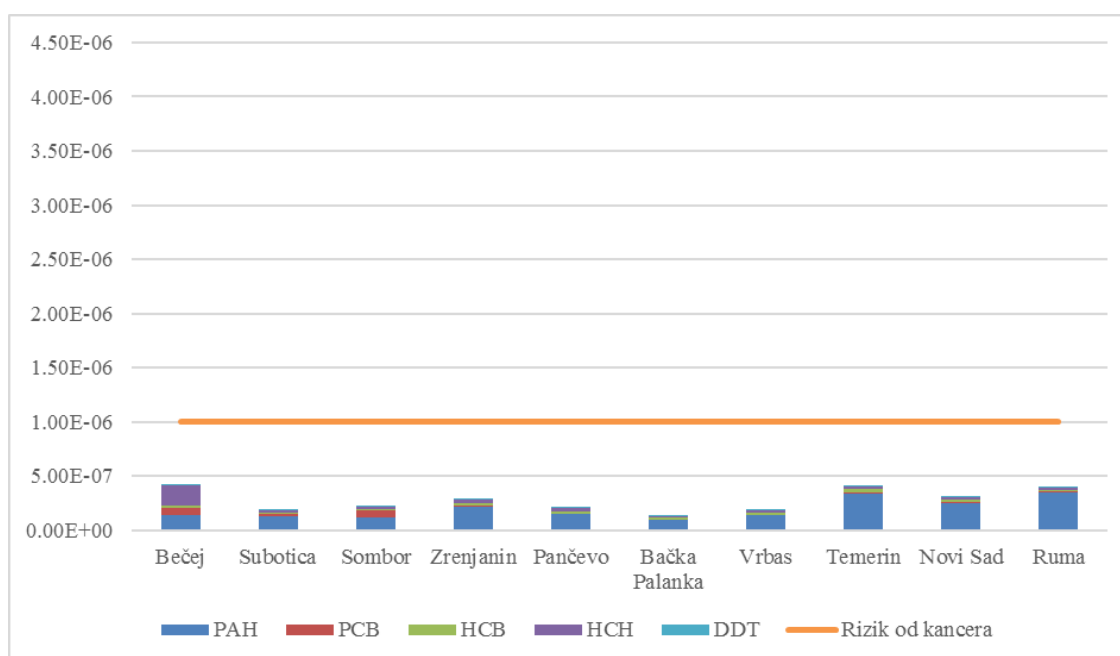
Izračunate vrednosti ukupnih rizika za sve ispitivane supstance prema oba scenarija, bile su manje od granične vrednosti definisane od strane EPA (1E-6) i ne mogu se oceniti kao značajne za ljudsku populaciju. Najveći ukupan rizik dobijen je za deponiju komunalnog otpada u Bečeju, gde je izračunata vrednost bila i do 3 puta veća u odnosu na ostale lokalitete.

Posmatrajući dobijene vrednosti za pojedinačne grupe supstanci može se zaključiti da je najveća vrednost faktora rizika za čak dve grupe supstanci, PCB i HCH, dobijena za deponiju komunalnog otpada u Bečeju. Dobijeni rezultati su najverovatnije posledica neadekvatne prakse upravljanja otpadom na deponiji u Bečeju, delimične kontrole pristupa samoj deponiji, istorijskog odlaganja otpada sa sadržajem PCB, kao i blizina poljoprivrednih obradivih površina i saobraćajnica. Vrednosti ukupnog rizika za PAH dobijene za deponiju komunalnog otpada u Rumi bile su i do tri puta veće u odnosu na preostale lokalitete, što se može objasniti učestalom pojavom požara na lokaciji, kao i blizinom autoputa i domaćinstava koja se zagrevaju korišćenjem čvrstih goriva. U Novom Sadu, najveći ukupan rizik dobijen je za HCB i može biti posledica istorijskog zagađenja i odlaganja otpada koji sadrži ovu grupu supstanci. Najveći ukupan rizik za DDT dobijen je za deponiju komunalnog otpada u Zrenjaninu, što je posledica dugoročne i široko rasprostranjene istorijske upotrebe DDT u poljoprivredne svrhe, ali i nekadašnjeg odlaganja ambalažnog otpada sa sadržajem pesticida.

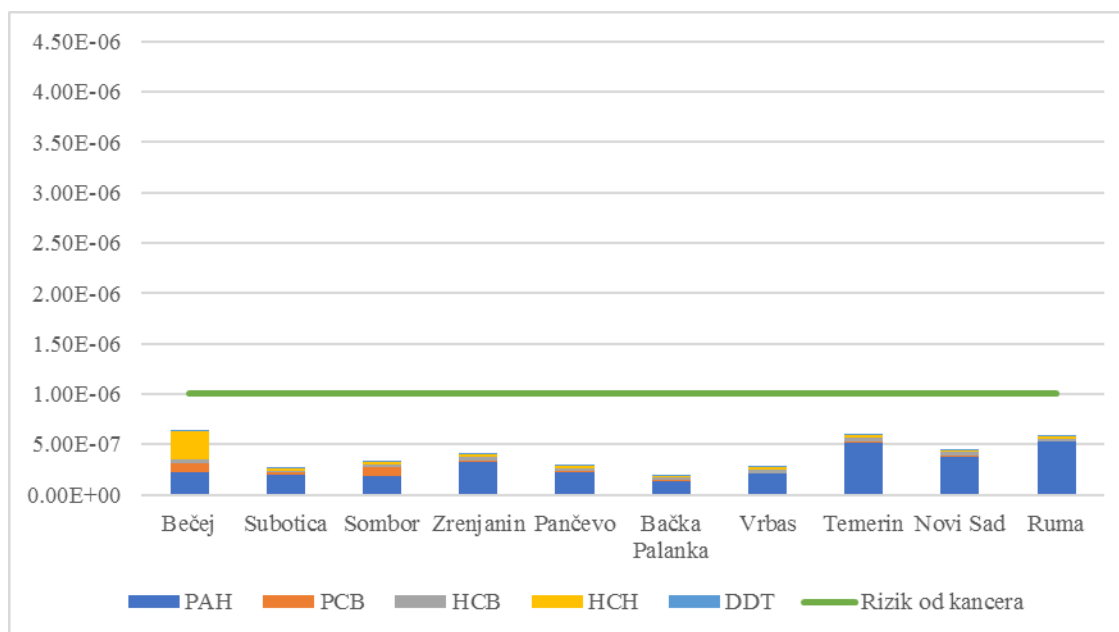
Prethodna istraživanja sprovedena su nakon ratnog konflikta 1999. godine na nekoliko lokacija u Novom Sadu, Pančevu i Kragujevcu. Metodom aktivnog uzorkovanja kolektovani su uzorci ambijentalnog vazduha i analizirani su na sadržaj PAH, PCB, HCH, DDT i HCB u čestičnoj i gasovitoj fazi. Dobijeni rezultati ukazali su na povećanu vrednost rizika od kancerogenih oboljenja jedino na industrijskom lokalitetu u Kragujevcu, gde je ukupni rizik, dobijen proračunom nivoa koncentracija PCB u gasovitoj fazi, bio i 4,5 puta veći od EPA predložene granične vrednosti. Povećani koncentracioni nivoi PCB u gasovitoj fazi ambijentalnog vazduha u Kragujevcu, bili su posledica izlivanja iz transformatora i doprineli su povećanju ukupnog zdravstvenog rizika na ovom lokalitetu (Bartoš i dr., 2009). Vrednosti ukupnih rizika dobijenih korišćenjem koncentracionih nivoa svih supstanci u gasovitoj fazi, na ostalim lokalitetima kretali su se u opsegu od $1,20E-07$ do $4,91E-07$ što je u saglasnosti sa rezultatima dobijenim u okviru doktorske disertacije, gde su se vrednosti ukupnih rizika kretale od $1,33E-07$ do $4,24E-07$, prema prvom scenariju, i od $1,91E-07$ do $6,36E-07$ u skladu sa nepovoljnijim scenarijom.

Prema Bartoš i dr. (2009), rezultati ukupnih rizika dobijenih korišćenjem koncentracionih nivoa ispitivanih supstanci u čestičnoj fazi bili su i do dva puta veći, što je u skladu sa specifičnim fizičko-hemijskim karakteristikama.

Udeo pojedinačnih supstanci u ukupnom izračunatom riziku prikazan je na Dijagramima 4.40 i 4.41 koji ukazuju na dominantan doprinos PAH na svim ispitivanim lokalitetima. Kako je poznato i da ova grupa supstanci doprinosi incidenci genotoksičnih i kancerogenih oboljenja, potrebno je posebnu pažnju obratiti na sadržaj policikličnih aromatičnih ugljovodonika pri kreiranju budućih monitoring programa.



Dijagram 4.40 Doprinos pojedinačnih grupa supstanci ukupnom riziku na ispitivanim lokalitetima (*Scenario 1*)



Dijagram 4.41 Doprinos pojedinačnih grupa supstanci ukupnom riziku na ispitivanim lokalitetima (*Scenario 2*)

Važno je napomenuti da dobijeni rezultati nisu konačne vrednosti i istaći nedostatke koje bi, u okviru budućih naučnih istraživanja, trebalo otkloniti:

Analizirana je samo gasovita faza ambijentalnog vazduha što utiče na rezultate proračuna ukupnog rizika u znatnoj meri, jer se mnoge od kancerogenih i suspektno kancerogenih supstanci dominantno vezuju za čestičnu fazu u vazduhu.

Rezultati koncentracionih nivoa supstanci u ambijentalnom vazduhu dobijeni su konvertovanjem vrednosti iz ng/filter u mg/m^3 , uzimajući u obzir samo procenjene vrednosti protoka vazduha za period uzorkovanja.

Neophodno je uzeti u obzir i druge modele procene rizika po zdravlje humane populacije koji bi u proračun uključili veći broj promenljivih.

4.6 Razvoj metodologije kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela

Kontinualni i sveobuhvatni programi monitoringa procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta na području zemalja Centralne i Istočne Evrope nisu ustanovljena i redovna praksa, posebno kada je u pitanju kvalitet životne sredine u okolini deponija komunalnog otpada. Broj dostupnih informacija o kvalitetu životne sredine na lokacijama deponija u Srbiji je mali ili uopšte ne postoji. Istovremeno praćenje stanja životne sredine i količine i sastava hazardnog otpada se ne sprovodi.

Kontinualni monitoring svih medijuma životne sredine na sanitarnim deponijama komunalnog otpada je neophodan za ranu detekciju zagađenja i održivo upravljanje odlaganjem otpada. Kod kontrolisanih deponija komunalnog otpada koje ne zadovoljavaju osnovne tehničko-tehnološke uslove i kojima pripadaju deponije ispitivane u okviru doktorske disertacije, monitoring abiotskih medijuma, zajedno sa određivanjem količine i sastava hazardnog otpada koji sadrži POP supstance, predstavlja imperativ u cilju unapređenja upravljanja frakcijama komunalnog otpada koji generiše POP, kao i procene rizika na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine.

Pravilno projektovan sistem monitoringa može smanjiti troškove njegovog sprovođenja i omogućiti kreiranje baze podataka o kontaminaciji, kao podrške pri implementaciji nacionalne i međunarodne regulative i podloge za realizaciju integralnog i održivog upravljanja otpadom.

Iako je proces optimizacije monitoring programa, u cilju uštede finansijskih sredstava, imperativ savremenih društvenih sistema, opsežni, dugovremenski istraživački monitorinzi su neophodni za identifikaciju potencijalnih izvora emisije i procene uticaja neadekvatne prakse upravljanja otpadom na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine.

Metodologija kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela razvijena je sa ciljem unapređenja upravljanja frakcijama komunalnog otpada koji generiše POP. Metodologija treba da obezbedi potrebne smernice i pruži adekvatan metodološki pristup praćenju stanja životne sredine, kao i koordinaciju individualnih monitoringa u cilju efikasnog prikupljanja podataka i obezbeđenja poverenja u dobijene rezultate ispitivanja.

Pravilnici Republike Srbije koji se odnose na analizirane medijume životne sredine prikazani su u Tabeli 4.47.

Tabela 4.11 Pregled Pravilnika Republike Srbije koji definišu zahteve za praćenje stanja analiziranih medijuma životne sredine

PROCEDNE VODE		Nedostaci u odnosu na monitoring POP
Uredba o odlaganju otpada na deponije ("Sl. Glasnik RS", br. 92/2010)	Definiše dinamiku ispitivanja procednih, površinskih i podzemnih voda na deponijama.	Uredba ne definiše parametre koje je neophodno pratiti i primenjuje se u pojedinačnim slučajevima. Monitoring programi nisu ujednačeni i ne obuhvataju ispitivanje sadržaja organskih polutanata.
Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016)	Definiše granične vrednosti emisije na mestu ispuštanja u površinske vode (temperatura, pH, suspendovane materije, BPK ₅ , HPK, ukupni neorganski azot (NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N), ukupan fosfor, ugljovodonični indeks, azot od nitrita (NO ₂ -N), toksičnost za ribe (TF).	Monitoring voda nastalih kao posledica odlaganja otpada ne sprovodi se na mestu ispuštanja u površinske vodene tokove usled nedostupnosti lokacija.
AMBIJENTALNI VAZDUH		
Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha ("Sl. Glasnik RS", br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013)	Definiše potrebu za određivanjem benzo(a)pirena kao i koncentracije drugih značajnih policikličnih aromatičnih ugljovodonika, na malom broju mesta, tako da se mogu utvrditi prostorna varijacija i dugoročni trendovi. Kao minimum potrebno je pratiti koncentracije benzo(a)antracena, benzo(b)fluorantena, benzo(j)fluorantena, benzo(k)fluorantena, indeno(1,2,3-cd)pirena i dibenzo(a,h)antracena. Preporučena je metoda za određivanje ukupnih PAH na filterima sa sorbentom i analiza gasnom hromatografijom sa masenim detektorom (SRPS ISO 12884). Granična vrednost definisana je za benzo(a)piren i iznosi 1 ng/m ³ .	Uredba ne definiše potrebu za praćenjem kvaliteta ambijentalnog vazduha na lokacijama deponija komunalnog otpada niti u njihovoj neposrednoj blizini. Podaci o kvalitetu ambijentalnog vazduha na deponijama nisu dostupni.
ZEMLJIŠTE		
Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Sl. Glasnik RS", br. 88/2010)	Definiše granične i remedijacione vrednosti koncentracija opasnih i štetnih materija i vrednosti koje mogu ukazati na značajnu kontaminaciju zemljišta na različitim lokalitetima, u okviru kojih su navedena i odlagališta otpada. Granične i/ili remedijacione vrednosti preporučene su za PAH, PCB, HCH i DDT.	Podaci o kvalitetu zemljišta na lokacijama deponija komunalnog otpada nisu dostupni.

Metodologija kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela u cilju unapređenja upravljanja frakcijama komunalnog otpada koji generiše POP sastoji se iz nekoliko celina.

1) Definisane potrebe za monitoringom medijuma životne sredine u okolini deponija komunalnog otpada

Procedne vode – kontinualnim praćenjem količine sastava procednih voda na deponijama komunalnog otpada sa fokusom na određivanje koncentracionih nivoa POP, stvorili bi se uslovi za procenu uticaja na zagađenje površinskih i podzemnih vodenih tokova i zemljišta i kreirala bi se baza podataka neophodna za odabir metodologije tretmana procednih voda.

Ambijentalni vazduh – rezultati kontinualnog monitoringa POP supstanci u ambijentalnom vazduhu deponijskih lokaliteta poslužili bi za identifikaciju doprinosa deponija ukupnom zagađenju vazduha, pružili bi podršku implementaciji zahteva Stokholmske konvencije i obezbedili mogućnost procene uticaja na zdravlje humane populacije i kvaliteta životne sredine.

Zemljište – redovni monitoring zemljišta u okolini deponija komunalnog otpada obezbedio bi ocenu statusa zemljišta, utvrdio potencijalnu potrebu za remedijacijom i omogućio procenu uticaja zemljišta na kvalitet podzemnih voda, ambijentalnog vazduha i biote.

Utvrđivanje količine i morfološke strukture komunalnog otpada, sa fokusom na otpad koji generiše POP, primenom razvijenih metodologija, omogućilo bi dobijanje informacija za selekciju supstanci i optimizaciju monitoringa u cilju redukcije troškova i procene realnog uticaja ispitivanih deponija na kvalitet životne sredine. Kategorije otpada koje bi bile u fokusu ispitivanja prikazane su u Tabeli 4.48.

Tabela 4.12 Predlog separacije otpada prilikom primene metodologije za utvrđivanje količine i sastava

Kategorija otpada	Supstance koje se emituju u životnu sredinu usled neadekvatnog odlaganja	Supstance koje se emituju u životnu sredinu usled požara na deponijama
Plastična ambalaža od sredstava za kućnu upotrebu	PBDE	PAH, PCDD/F
Plastična ambalaža od industrijskih i poljoprivrednih hemikalija	PBDE, PeCB, HCH, DDT	PAH, PCDD/F
Televizori, fenovi, delovi automobila, tepisi, žice i kablovi, kućni aparati i sl.	PBDE	PAH, PCDD/F
Medicinski otpad	Organski rastvarači, teški metali	PAH, PCDD/F
Otpadne boje	Teški metali, pigmenti, rastvarači, različite grupe organskih jedinjenja	PAH, PCDD/F
Ulja i otpad kontaminiran uljem	Fenoli, PAH, PCB, PCDD/F	PAH, PCB, PCDD/F
Koža	Teški metali, organski rastvarači	PAH, PCDD/F
Tekstil	Teški metali, organohlorna jedinjenja	PAH, PCDD/F

2) Prikupljanje informacija o ispitivanom lokalitetu

Prvi korak koji će obezbediti definisanje odgovarajućeg i finasijski opravdanog istraživačkog i kontrolnog monitoringa podrazumeva prikupljanje informacija o lokalitetu koji će biti predmet ispitivanja. Informacije koje je neophodno prikupiti pre realizacije monitoringa su: početak eksploatacije deponije, ukupna površina deponije, veličina i prostorne koordinate zatvorenog dela deponije, veličina i prostorne koordinate aktivnog dela deponije, praksa odlaganja otpada (redosled odlaganja otpada po poljima deponije), praksa upravljanja otpadom u prošlosti (informacije o istorijskom odlaganju hazardnog otpada), broj i kategorija potencijalnih lokalnih izvora emisije.

3) Planiranje monitoringa

a) Selekcija supstanci koje će se ispitivati

Na osnovu evaluacije prikupljenih informacija i fizičko-hemijskih karakteristika supstanci neophodno je izvršiti selekciju parametara koje je potrebno pratiti u medijumima životne sredine.

b) Odabir metodologije za prikupljanje uzoraka i analizu

Metodologije uzorkovanja procednih voda i zemljišta koje su primenjene u okviru istraživanja obezbeđuju dobijanje pouzdanih i kvalitetnih rezultata koji se mogu primeniti u različitim matematičkim i statističkim modelima za obradu podataka.

Posebnu pažnju zahteva uzimanje uzoraka ambijentalnog vazduha za analizu POP usled zahtevnih metodologija kolektovanja uzoraka. Na lokacijama koje to dopuštaju trebalo bi razmotriti primenu aktivnog uzorkivača vazduha u cilju dobijanja koncentracionih nivoa POP u gasnoj i čestičnoj fazi. Aktivno uzorkovanje vazduha je ekonomski zahtevno, podrazumeva postojanje izvora električnog napajanja, ali pruža informacije o količini uzorkovanog vazduha i omogućava proračun koncentracije ispitivanih polutanata u jedinicama masa/zapremine vazduha. Vreme ekspozicije modula za uzorkovanje je kraće u odnosu na pasivne uzorkivače (24 - 48 h).

Pasivno uzorkovanje vazduha primenjeno u okviru doktorske disertacije pruža informacije o srednjoj vrednosti koncentracije polutanata u određenom vremenskom intervalu (uzorkovanje se sprovodi u trajanju od 28 do 86 dana), ekonomski je povoljnije i ne zahteva izvor električne energije. Nedostatak se ogleda u rezultatima koji su dobijeni samo za gasovitu fazu vazduha i informacijama o protoku vazduha, koji se procenjuju iz dostupnih meteoroloških podataka.

c) Utvrđivanje vremenskog okvira za sprovođenje monitoringa

Periodičnost i frekvencija kolektovanja uzoraka u najvećoj meri zavise od odabira metodologije uzorkovanja i ciljeva monitoringa (kontrolni ili istraživački).

Prilikom definisanja vremenskog okvira monitoringa posebnu pažnju treba posvetiti sezonskim varijacijama koje utiču na kvalitet medijuma životne sredine. Emisiju na telu deponija karakterišu značajne mesečne i godišnje fluktuacije usled sezonskih promena u količini i sastavu otpada (Batinić i dr., 2011), sadržaja vlage u telu deponije, kao i eventualnih promena u režimu rada pojedinih delova deponije (otvoreni i zatvoreni delovi deponije).

Različiti nivoi potencijalnog rizika na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine takođe imaju značajan uticaj prilikom definisanja vremenskog okvira za sprovođenje monitoringa.

4) Realizacija monitoringa

Prilikom kolektovanja uzoraka medijuma životne sredine neophodno je prikupljati podatke o meteorološkim uslovima za period uzorkovanja (temperatura ambijentalnog vazduha, količina padavina, temperaturna inverzija, ruža vetrova), kao i informacije o požarima ili drugim akcidentima u periodu sprovođenja monitoringa i, istovremeno, utvrđivati količine i sastav otpada i sprovesti merenje sastava deponijskih gasova.

Pored konvencionalnih laboratorijskih metoda analiza neophodno je uzeti u obzir i *in-situ* merenja i analize (merenje količina i određivanje sastava otpada, merenje sastava deponijskih gasova i analiza osnovnih fizičkih parametara u uzorcima procedne vode).

Prilikom realizacije monitoringa životne sredine neophodno je obezbediti i sprovesti kontrolu kvaliteta, QA/QC (eng. *Quality Assurance/Quality Control*) kolektovanih uzoraka sa ciljem dobijanja kvalitetnih i validnih rezultata ispitivanja. Razvoj i implementacija sopstvenih operativnih procedura zasnovanim na standardnim i razvijenim metodama, sa zapisnicima sa uzorkovanja (Prilog III), bili bi prvi korak u obezbeđenju ovog zahteva. Kolektovanje blankova tokom uzorkovanja drugi je važan korak u obezbeđenju i kontroli kvaliteta procesa uzorkovanja. Transport i čuvanje uzoraka prema zahtevima standarda i dobre laboratorijske prakse predstavljaju treći korak.

5) Laboratorijska analiza

Za analizu osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara preporuka je da se koriste standardne ISO ili EPA metode, zbog visoke preciznosti u analitičkoj hemiji životne sredine.

Za analizu POP, pored savremene, *state-of-the-art* opreme sa sofisticiranim masenim detektorima, neophodno je razviti, validovati i implementirati metode ispitivanja koje bi omogućile kvantifikaciju veoma niskih koncentracija organskih supstanci.

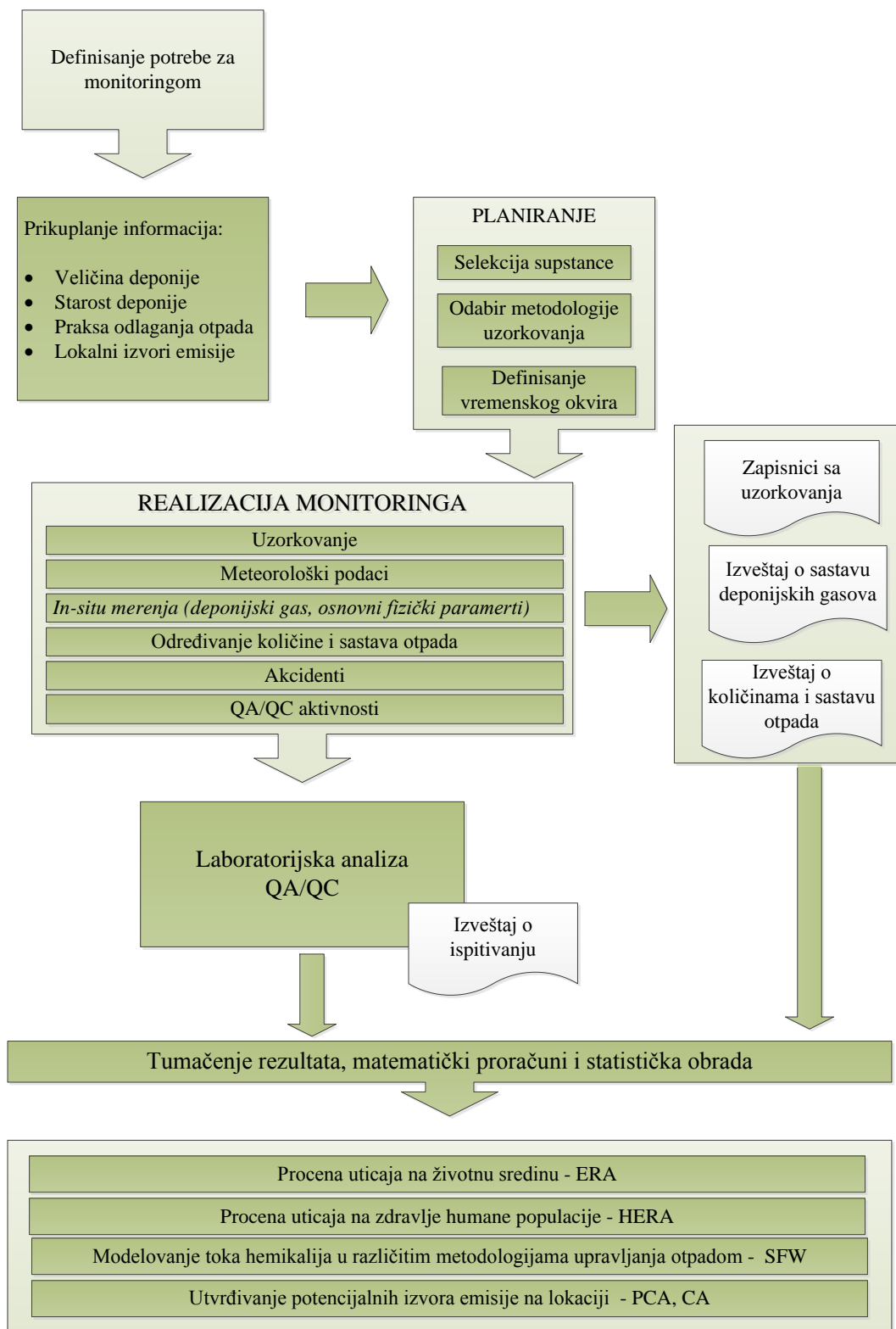
Prilikom sprovođenja laboratorijskih analiza neophodno je kontinuirano sprovesti kontrolu kvaliteta obavljenih ispitivanja koja se mora planirati i povremeno preispitivati. Kontrola kvaliteta realizacije laboratorijske analize obuhvata upotrebu sertifikovanih referentnih materijala CRM (eng. *Certificated Reference Materials*) i učešće u programima međulaboratorijskih poređenja ili programima ispitivanja osposobljenosti PT (eng. *Proficiency Testing*).

6) Matematički proračun i statistička obrada rezultata monitoringa

Rezultati koncentracionih nivoa zagađujućih supstanci sa deponijskih lokacija sa informacijama o količinama i sastavu odloženog otpada predstavljaju značajne ulazne podatke za različite matematičke i statističke proračune i procene uticaja supstanci na kvalitet životne sredine i zdravlje humane populacije, što je od posebnog značaja za urbane lokacije gde postoji mogućnost prisustva velikog broja lokalnih izvora emisije.

Rezultati opsežnih istraživačkih monitoringa na deponijama komunalnog otpada su neophodni za utvrđivanje potencijalnih izvora emisije i selekciju parametara u cilju optimizacije troškova budućih monitoring programa primenom PCA, CA i drugih statističkih alata, predikciju sudbine polutanata na deponijama sa različitom praksom upravljanja otpadom, karakterizaciju i utvrđivanje rizika po zdravlje humane populacije primenom usvojenih i aplikabilnih metodologija i definisanje efikasnih strategija za redukovanje toksičnih hemijskih specija primenom analize tokova supstanci, SFW (eng. *Substance Flow Analysis*).

Diagram toka Metodologije kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela prikazan je na Slici 4.4.



Slika 4.4 Dijagram toka metodologije kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoring heterogenog medijuma deponijskih tela

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA

U skladu sa definisanim zadacima i ciljevima doktorske disertacije, sprovedeno istraživanje uključilo je primenu savremenih metodologija uzorkovanja, pripreme i analize analita uzoraka, najnovijih metoda statističke obrade dobijenih eksperimentalnih podataka, procenu rizika izlaganju organskim polutantima i razvoj metodologije za kreiranje budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela u cilju unapređenja prakse upravljanja otpadom koji generiše POP.

Uzorkovanje i analiza procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta sprovedeni su na 10 reprezentativnih lokaliteta deponija komunalnog otpada, na području AP Vojvodine (Bečej, Subotica, Sombor, Zrenjanin, Pančevo, Bačka Palanka, Vrbas, Temerin, Novi Sad i Ruma). Sve lokalitete karakteriše nesistematičan i neuređen sistem upravljanja posebnim tokovima otpada. Podaci o količinama posebnih tokova otpada koji su odlagani na ispitivane lokalitete nisu poznati.

Uzorci procednih voda su prikupljeni iz obližnjih vodnih tokova i perifernih kanala deponija, tokom jula 2013. godine. Ambijentalni vazduh je kolektovan primenom pasivnih uzorkivača vazduha u periodu od juna 2012. do maja 2013. godine. Na svakom ispitivanom lokalitetu prikupljeni su uzorci površinskog sloja zemljišta u neposrednoj blizini pasivnih uzorkivača vazduha, tokom jula 2012. i jula 2013. godine.

Rezultati dobijeni analizom osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara u uzorcima procedne vode ukazuju na nizak nivo oksične sfere (0,21–7,93 mg/l) na praćenim deponijama komunalnog otpada. Ispitivani lokaliteti nalaze se u metanogenoj fazi koju karakteriše spora biološka razgradnja organskih materija i relativno nizak nivo BPK₅ i HPK vrednosti.

Dobijene vrednosti indeksa kontaminacije procednih voda, *LPI*, slične su rezultatima dobijenim na deponijama iz okruženja. Vrednosti *LPI* ukazuju na relativno stabilizovano i konstantno stanje nivoa kontaminacije analiziranih procednih voda.

Najveći sadržaj PAH u procednim vodama zabeležen je u Somboru, Bečeju i Subotici. Varijabilnost nivoa koncentracija PAH u procednim vodama ispitivanih deponija, primarno, je uzrokovana perkolacijom kroz heterogenu strukturu odloženog otpada.

U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PAH, izražen preko sume medijana vrednosti dobijenih u 4 kampanje uzorkovanja, detektovan je u Rumi, Temerinu i Novom Sadu što je rezultat učestale pojave požara u letnjim i jesenjim mesecima, kao i blizine saobraćajnica i domaćinstava koja koriste čvrsta goriva.

Najviši koncentracioni nivoi PAH u zemljištu detektovani su na deponiji u Novom Sadu, najvećem industrijskom centru u AP Vojvodini i drugom po veličini gradu u Srbiji. Vrednosti nivoa koncentracije PAH u zemljištu korespondiraju sa rezultatima dobijenim ispitivanjem sadržaja PAH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta.

Najviši koncentracioni nivoi PCB u procednim vodama detektovani su na deponijama u Novom Sadu i Subotici razvijenim industrijskim centarima AP Vojvodine, što je posledica i danas aktivne industrijske aktivnosti amplificirane istorijskim zagađenjem odloženog industrijskog otpada na deponije u prošlosti.

U ispitivanim uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PCB detektovan je u Bečeju. Uzroci povišenih nivoa koncentracije PCB su morfološka struktura otpada odlaganog u prošlosti, učestali požari na samoj deponiji, industrija specifičnog tipa i evaporacija kongenera piralenskog tipa iz kontaminiranog zemljišta.

U zemljištu uzorkovanom tokom jula 2013. godine, najviši koncentracioni nivoi sume 7 EPA PCB kongenera detektovani su na deponijama u Somboru, Subotici i Zrenjaninu. Navedene deponijske lokacije pripadaju industrijskim centrima u kojima su smeše kongenera PCB, kao izolaciona transformatorska i kondenzatorska ulja i lubrikanti, bili korišćeni u prošlosti. Odlaganje i sagorevanje otpada sa sadržajem PCB su visoko potencijalni izvori toksičnih kongenera.

Najviši koncentracioni nivoi PeCB i HCB u procednim vodama deponija detektovani su u Bečeju i Subotici, kao posledica intenzivne poljoprivredne aktivnosti u blizini oba deponijska lokaliteta kao i odlaganja posebno pesticidnog ambalažnog otpada i drugih različitih hemikalija u prošlosti.

U uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PeCB je detektovan u Novom Sadu, Vrbasu i Temerinu. Slično tome, najviši nivo koncentracije HCB dobijen je analizom uzoraka ambijentalnog vazduha deponija u Novom Sadu i Temerinu. Povišeno prisustvo PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu može se objasniti specifičnim fizičko-hemijskim karakteristikama, a posebno relativno visokim vrednostima isparljivosti.

Najviši koncentracioni nivoi PeCB i HCB detektovani su u uzorcima zemljišta sa deponija u Vrbasu i Pančevu i posledica su industrijske proizvodnje, direktne upotrebe u poljoprivredi, procesa isparavanja, kondezacije, vlažne i suve depozicije na zemljište, kao i povremenih požara na deponijama.

Najveći ukupan sadržaj HCH zabeležen je u procednim vodama deponija razvijenih industrijskih centara, Subotica, Zrenjanin i Pančevo. Složeni sastav deponijskog tela opterećen organskim supstancama, a posebno široko korišćenom tehničkom smešom HCH je evidentno rezultirao relativno visokim sadržajem ove grupe supstanci u filtratnim vodama deponija.

U uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj HCH detektovan je u Bečeju. Vrednost indeksa odnosa medijane koncentracija izomera alfa- i gama-, dobijenih kroz četiri kampanje uzorkovanja ukazuje na nove emisije gama-HCH (Lindan).

Najviši nivo koncentracija Σ izomera HCH dobijen je u zemljištu deponije u Subotici. Uzimajući u obzir da značajan procenat ukupne površine Subotice čine poljoprivredne površine, istorijsku i staru proizvodnju pesticida u gradu, kao i to da je deponija komunalnog otpada locirana na degradiranom zemljištu močvarnog korita i *brown field* lokaciji, može se zaključiti da emisiju

HCH generišu intenzivne poljoprivredne i industrijske aktivnosti, kao i struktura tela deponije, uključujući i istorijsko opterećenje okoline Subotice dugogodišnjom upotrebom HCH.

Najviši koncentracioni nivoi Σ DDT detektovani su u uzorcima procedne vode iz Subotice, Sombora i Novog Sada koji predstavljaju velike industrijske centre sa razvijenom poljoprivrednom aktivnošću u suburbanom delu. Rezultati ukazuju na sveže izvore DDT.

U uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj ukupnog DDT određen je na deponijama u Vrbasu, Bečeju, Zrenjaninu i Rumi čemu doprinosi blizina poljoprivrednih obradivih površina, relativno razvijena industrijska aktivnost i česti nekontrolisani požari sa nepotpunim sagorevanjem deponijskog otpada različitog porekla i sastava.

Najviši koncentracioni nivo ukupnog DDT dobijen je analizom zemljišta na deponiji u Pančevu, što je posledica ranijeg istorijskog zagađenja, kao i nove kontaminacije što potvrđuje matematički odnos metabolita DDT i DDE koji ukazuje da su transformacioni metabolički procesi u zemljištu još u toku.

Sadržaj polibromovanih difenil etara u uzorcima procednih voda bio je detektabilan ali veoma nizak, u pg/l. Veoma niske vrednosti nivoa koncentracije BDE u procednim vodama na deponijama su posledica slabe rastvorljivosti ove grupe hemikalija u vodi. Najveći koncentracioni nivoi su detektovani za kongenere zastupljene u komercijalnom PentaBDE, na deponijskom lokalitetu u Zrenjaninu, centru proizvodnje plastičnih masa u koje se kao aditivi dodaju inhibitori i usporivači gorenja.

U uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj ukupnih BDE detektovan je takođe u Zrenjaninu, što je posledica neadekvatnog i nekontrolisanog zbrinjavanja različitih kategorija organskog bromovanog otpada koji sadrži inhibitorne molekule gorenja, kao i učestalih požara na lokalitetu deponije.

Najviši koncentracioni nivo Σ BDE dobijen je analizom zemljišta uzorkovanog tokom jula 2013. godine na deponiji u Bačkoj Palanci. Bromovani difenil etri pripadaju grupi visoko lipofilnih supstanci sa afinitetom ka sorpciji na čvrste čestice, što objašnjava povišenu koncentraciju BDE u zemljištu u odnosu na atmosferu i akvatični medijum. S obzirom na to da se u Bačkoj Palanci od šezdesetih godina prošlog veka proizvode podne obloge i sportske površine, povećan sadržaj BDE na lokalitetu u Bačkoj Palanci je očigledna posledica intenzivne industrijske aktivnosti na bazi BDE i odlaganja otpada sa visokim sadržajem BDE.

U uzorcima ambijentalnog vazduha, najviši koncentracioni nivoi PCDD/F detektovani su u Temerinu, Bečeju, Subotici, Novom Sadu i Vrbasu koji su aktivni industrijski centri i područja sa izraženim poljoprivrednim aktivnostima. Pojava požara manjih razmera karakteristična je za pet navedenih lokaliteta deponija komunalnog otpada. Koncentracija Σ analiziranih kongenera bila je najviša na lokalitetu deponije u Temerinu, što može biti posledica intenzivne metalne i mašinske industrijske proizvodnje, poljoprivrednih aktivnosti, kao i češće pojave povremenih požara na lokaciji deponije.

Preliminarna analiza PCA i CA na nivoe koncentracija osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara sa istraživačkog pilot lokaliteta u Novom Sadu, pokazala je široku aplikativnost ovih statističkih alata i tehnika na deponije sličnog sastava otpada i analogne prakse upravljanja otpadom.

Na osnovu rezultata dobijenih primenom metode PCA analize za organske polutante, izdvojena su tri faktora koja ukazuju na potencijalne izvore emisije i uticaj morfološke strukture otpada. Prvi faktor (PC 1), sa visokim opterećenjem za PCB, HCH i DDT, povezan je sa industrijskim aktivnostima, istorijskim zagađenjem od odlaganja industrijskog otpada, procesima evaporacije sa kontaminiranog zemljišta, poljoprivrednim aktivnostima i procesima sagorevanja. Drugi faktor (PC 2), sa visokim opterećenjem za HCB i PeCB, ukazuje na procese evaporacije sa poljoprivrednog zemljišta i sagorevanja otpada sa značajnim udelom različitih hemikalija, kao izvore emisije. Poslednji, treći faktor (PC 3) koji je dominantno opterećen sa PAH, DDT i BDE definiše, kao izvore emisije ispitivanih jedinjenja, procese nepotpunog sagorevanja organske materije i odlaganje i nekontrolisano i nepotpuno sagorevanje otpada koji sadrži aditive tipa usporivača gorenja.

Hijerarhijska klaster analiza primenjena je na rezultate analize glavnih komponenti u cilju grupisanja ispitivanih deponija komunalnog otpada prema sličnosti sastava kontaminiranog ambijentalnog vazduha. Dobijena su tri dendograma koji su izdvojili Bečej kao najzagađeniji, što je posledica intezivnih poljoprivrednih aktivnosti i odlaganja organskog i građevinskog i drugog industrijskog otpada, Novi Sad za koji su, kao potencijalni izvori zagađenja, označeni blizina poljoprivredne obradive površine i industrijskih sistema, kao i različita kategorija istorijskog POP otpada i Zrenjanin usled dominantno većeg sadržaja BDE u odnosu na ostale lokalitete, zbog frekventnih požara na lokaciji deponije i prisustva značajnih količina otpada sa sadržajem BDE.

Rezultati PCA i CA analize kao korisni statistički alati i programi, potvrdili su mogućnost divergentne primene za identifikaciju i interpretaciju izvora emisije organskih polutanata u ambijentalnom vazduhu deponija komunalnog otpada i grupisanje ispitivanih lokaliteta sa aspekta nivoa kontaminacije. Istraživački monitoring programi doprinose kreiranju nove baze podataka o zagađenju na osnovu koje bi, sa velikom sigurnošću, bila izvršena selekcija parametara i optimizacija kontrolnog monitoring programa na svakom pojedinačnom lokalitetu.

Za procenu uticaja na zdravlje ljudi (HERA) u okolini ispitivanih deponija korišćeni su koncentracioni nivoi PAH, PCB, HCB, HCH i DDT u ambijentalnom vazduhu. Izračunate vrednosti ukupnih rizika za sve ispitivane supstance, prema dva različita scenarija, bile su manje od EPA prihvatljive vrednosti ($1E-6$) i ne mogu se oceniti kao signifikantne po zdravlje humane populacije. Najveći ukupan rizik dobijen je za deponiju komunalnog otpada u Bečeju, gde je izračunata vrednost bila i do 3 puta veća u odnosu na ostale lokalitete.

Sa ciljem obezbeđenja adekvatnog metodološkog pristupa praćenju stanja životne sredine, koordinacije individualnih monitoringa i unapređenja upravljanja frakcijama komunalnog otpada koji generiše POP, predložena je i razvijena Metodologija kreiranja budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa visoko složenog deponijskog reaktora. Primena razvijene metodologije za

dizajn budućih monitoring programa predstavlja osnovu za implementaciju i sprovođenje održivog i integralnog upravljanja otpadom, kontrolu kvaliteta životne sredine i procenu uticaja na zdravlje humane populacije (HERA).

Razvijena metodologija će omogućiti kreiranje specifičnih, *tailor made* monitoring programa za pojedninačne deponije komunalnog otpada i, na taj način, dodatno smanjiti finansijska ulaganja u sprovođenje kompleksnih analiza i unaprediti sistem upravljanja otpadom.

Pravilno projektovanje sistema monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela je imperativ savremenog i razvijenog društva i dirigujući faktor u planiranju politike zaštite životne sredine. Istraživački orijentisan monitoring može sa visokom sigurnošću da ukaže na potrebu za implementacijom principa i načela zaštite životne sredine u razvojne i strateške dokumente.

6. LITERATURA

Alcock RE, Jones KC (1996): Dioxins in the Environment: A Review of Trend Data. *Environmental Science and Technology* 30 (11), 3133–3143

Allen, A (2001) Containment landfills: the myth of sustainability. *Engineering geology* 60(1-4), 3-19.

Aziz HA, Ling TJ, Haque AAM, Umar M, Adlan MN (2011): Leachate treatment by swim-bed bio fringetechnology. *Desalination* 276, 278-286

Aziz HA, Yusoff MS, Adlan MN, Adnan NH, Alias S (2004): Physico-chemical removal of iron from semi-aerobic landfill leachate by limestone filter. *Waste Management* 24, 353-358.

Baibergenova A, Kudyakov R, Zdeb M, Carpenter DO (2003): Low birth weight and residential proximity to PCB-contaminated waste sites. *Environmental Health Perspectives* 111(10), 1352-1357

Barber JL, Sweetman AJ, van Wijk D, Jones KC (2005): Hexachlorobenzene in the global environment: emissions, levels, distribution, trends and processes. *Science of The Total Environment* 349, 1-44

Bartoš T, Čupr P, Klánová J, Holoubek I (2009): Which compounds are most responsible for elevated human health risks in the Western Balkans?. *Environment International* 35, 1066 - 1071

Batinic B, Vukmirovic S, Vujic G, Stanisavljevic N, Ubavin D, Vukmirovic G (2011): Using ANN model to determine future waste characteristics in order to achieve specific waste management targets -case study of Serbia. *Journal of Scientific & Industrial Research* 70, 513-518

Bikash A, Khanal SN (2015): Qualitative study of landfill leachate from different ages of landfill sites of various countries including Nepal. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 9(1), Forter 23-26

Birnbaum LS, Staskal DF (2004): Brominated Flame retardant: Cause for concern?. *Environmental Health Perspectives* 112, 9-17

Boffetta P, Nyberg, F (2003): Contribution of environmental factors to cancer risk. *British Medical Bulletin* 68(1), 71-94

Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM, Jones KC (2002): Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners--a mass balance approach. 2. Emissions. *Science of The Total Environment* 290, 199-224

Brunekreef B., Holgate, ST (2002): Air Pollution and Health. *The Lancet*, 360, 1233-1242

Brunner PH, Fellner J (2007): Setting priorities for waste management strategies in developing countries. *Waste Management and Research* 25, 234-240

- Carpenter DO, Ma J., Lessner L (2008): Asthma and infectious respiratory disease in relation to residence near hazardous waste sites. *Annals of the New York Academy of Science* 1140(1), 201-208
- Christensen TH, Kjeldsen P, Albrechtsen HJ, Heron G, Nielsen PH, Bjerg PL, Holm PE (1994): Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 24, 119–202
- Chrysikou L, Gemenetzi P, Kouras A, Manoli E, Terzi E, Samara C (2008): Distribution of persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in soil and vegetation following a large-scale landfill fire in northern Greece. *Environment International* 34, 210–225
- Chu LM, Cheung KC, Wong MH (1994): Variations in the chemical properties of landfill leachate. *Environmental Management* 18, 105–117
- Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Kunzli N (2005): The global burden of disease due to the outdoor air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 68(13-14), 1301-1307
- Cortes DR, Basu I, Sweet CW, Brice KA, Hoff RM, Hites RA (1998): Temporal trends in gas-phase concentrations of chlorinated pesticides measured at the shores of the Great Lakes. *Environmental Science and Technology*, 32, 1920–1927
- Dalkey NC (1968): DELPHI. The Rand Corporation, Santa Monica
- de Souza Pereira M (2004): Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB): main sources, environmental behaviour and risk to man and biota. *Quimica Nova* 27(6), 934-943
- de Wit CA (2002): An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere* 5, 583–624
- de Wit CA, Herzke D, Vorkamp K (2010): Brominated flame retardants in the Arctic environment- trends and new candidates. *Science of the Total Environment* 408, 2885-2918.
- Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council 2013 about priority substances in the field of water policy
- Djogo M, Radonic J, Mihajlovic I, Obrovski B, Ubavin D, Turk Sekulic M, Vojinovic Miloradov M (2017): Selection of optimal parameters for future research monitoring programmes on MSW landfill in Novi Sad, Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin* 26, 4867-4875
- El-Fadel M, Bou-Zeid E, Chahine W, Alayli B (2002): Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management* 22, 269–282

- El-Shahawi M, Hamza A, Bashammakh A, Al-Saggaf W (2010): An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants. *Talanta*, 80(5), 1587-1597
- EPA. Guidelines for exposure assessment, 1992
- EPA. Human health risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities, 1998
- EPA. Integrated risk information system, 2003
- EPA. National Recommended Water Quality Criteria, 1986
- EPA. Risk assessment guidance for superfund (RAGS) part A: chapter 7 (toxicity assessment) and 8 (risk characterization), 1996
- Estrellan CR, Iino F (2010): Toxic emissions from open burning. *Chemosphere* 80, 193-207
- Forster M (2006): Dioxin and dioxin-like compounds in chemical landfills of the Basel Chemical Industry. *Organohalogen Compounds* 68, 886-889
- Gañán J, Pérez-Quintanilla D, Morante-Zarcelero S, Sierra I (2013): Comparison of different mesoporous silicas for off-line solid phase extraction of 17-estradiol from waters and its determination by HPLC-DAD. *Journal of Hazardous Materials* 260, 609-617
- Gao F, Jia JY, Wang X (2008): Occurrence and ordination of dichlorodiphenyltrichloroethane and hexachlorocyclohexane in agricultural soils from Guangzhou, China. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54, 155–166
- Gavrilescu M. (2005): Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Engineering in Life Sciences* 5, 497-526
- Gotz CW, Scheringer M, MacLeod M, Roth C.M, Hungerbuhler K (2007): Alternative approaches for modeling gas-particle partitioning of semivolatile organic chemicals: model development and comparison. *Environmental Science & Technology* 41, 1272-1278
- Gotz V, Sokollek V, Weber R (2013) The dioxin/POPs legacy of pesticide production in Hamburg: Part 2—waste deposits and remediation of Georgswerder landfill. *Environmental Science and Pollution Research* 20(4), 1925-1936
- Gouin T, Harner T, Blanchard P, Mackay (2005b): Passive and active air samplers as complementary methods for investigating persistent organic pollutants in the Great Lakes basin. *Environmental Sciences and Technology* 39, 9115–9122.
- Gržetić I, Ghariani RHA (2008): Potential health risk assessment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia). *Journal of the Serbian Chemical Society* 73, 923–934
- Haarstad K (2008): Long-term leakage of DDT and other pesticides from a tree nursery landfill. *Ground Water Monitoring & Remediation* 28, 107–111

Hair J, Black W, Babin B, Anderson R, *Multivariate Data Analysis*, 2010. Seventh Edition, Pearson Prentice Hall

Harner T, Bartkow M, Holoubek I, Klanova J., Wania F, Gioia R, Moeckel C, Sweetman A, Jones K (2006): Passive air sampling for persistent organic pollutants: Introductory remarks for the special issue. *Environmental Pollution* 144, 361-364

Harner T, Pozo Gallardo K, Gouin T, Macdonald AM, Hung H, Cainey J, Peters A (2006): Global pilot study for persistent organic pollutants (POPs) using PUF disk passive air samplers. *Environmental Pollution* 144 (2), 445-452.

Hassanin A, Breivik K, Meijer SN, Steinnes E, Thomas GO, Jones KC (2004): PBDEs in European background soils: levels and factors controlling their distribution. *Environmental Science and Technology* 38, 738–745

Haugen JE, Wania F, Ritter N, Schlabach M (1998): Hexachlorocyclohexanes in air in Southern Norway. temporal variation, source allocation, and temperature dependence. *Environmental Science and Technology* 32, 217-224

Heinisch E, Kettrup A, Bergheim W, Wenzel S (2007): Persistent chlorinated hydrocarbons (PCHCs), source-oriented monitoring in aquatic media. 6. Strikingly high contaminated sites. *Fresenius Environmental Bulletin* 16(10), 1248-1273

Herceg Romanić S, Krauthacker B (2003): Comparison of ambient air levels of PCBs and organochlorine pesticides at two sites in Zagreb, Croatia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71, 1034-1041.

Holoubek I, Klanova J, Kocan A., Čupr P, Dudarev A, Boruvkova J, Chroma K: Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants Under Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation. First Regional Monitoring Report Central and Eastern European and Central Asian Region. RECETOX MU Brno. RECETOX-TOCOEN REPORTS 39, 2008, 294 sr.

Hunce SY, Akgul D, Demir G, Mertoglu B (2012) Solidification/stabilization of landfill leachate concentrate using different aggregate materials. *Waste Management* 32(7), 1394–1400

Jakšić J (2006): Koncentracioni nivoi perzistentnih organskih polutanata u vazduhu generisanih u toku ratnog akcidenta od 1992 - '99. Magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Jaward FM, Farrar NJ, Harner T, Sweetman AJ, Jones KC (2004): Passive air sampling of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated naphthalenes across Europe. *Environmental Chemistry* 23, 1355-1364

- Jovčić N, Radonić J, Turk Sekulić M, Vojinović Miloradov M, Popov S (2013): Identifikacija izvora emisije čestične frakcije policikličnih aromatičnih ugljovodonika u neposrednoj blizini industrijske zone Novog Sada. *Hemijska industrija* 67, 337-348
- Kang JH, Park H, Chang YS., Choi JW (2008): Distribution of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in human serum from urban areas in Korea. *Chemosphere* 73, 1625-1631
- Katkevičiute J, Bergqvist PA, Kauneliene V (2006): Persistent Organic Pollutants (POPs) Contamination in the Surroundings of Municipal Landfill in Lithuania. *Environmental Research, Engineering and Management* 37, 29-35
- Kjeldsen P, Barlaz MA, Rooker AP, Baun A, Ledin A, Christensen TH (2010): Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 32, 297-336
- Kjeldsen P, Christophersen M (2001): Composition of leachate from old landfills in Denmark. *Waste Management & Research* 19, 249–256
- Klanova J, Čupr P, Holoubek I, Boruvkova J, Pribylova P, Kareš R, Kohoutek J: Application of Passive Sampler for Monitoring of POPs in Ambient Air. Part V: Pilot study for development of monitoring network in the Central and Eastern Europe (MONET_CEEC), 2007. RECETOX MU Brno. RECETOX_TOCOEN REPORTS 341, 2008
- Klanova J, Čupr P, Kohoutek J, Harner T (2008): Assessing the influence of meteorological parameters on the performance of polyurethane foambased passive air samplers. *Environmental Science and Technology* 42, 550-555
- Klánová J, Kohoutek J, Čupr P, Holoubek I (2007): Are the residents of former Yugoslavia still exposed to elevated PCB levels due to the Balkan wars? Part 2: Passive air sampling network. *Environment International* 33, 727-735
- Klanova J, Kohoutek J, Hamplova L, Urbanova P, Holoubek I (2006): Passive air sampler as a tool for long-term air pollution monitoring: Part 1. Performance assessment for seasonal and spatial variations. *Environmental Pollution* 144, 393-405.
- Klánová J, Kohoutek J, Kostrhounová R, Holoubek I (2007): Are the residents of former Yugoslavia still exposed to elevated PCB levels due to the Balkan wars? Part 1: air sampling in Croatia, Serbia, Bosnia and Herzegovina. *Environment International* 33, 719 – 726
- Kouzeli-Katsiri A, Bodogianni A, Christoulas D (1999): Prediction of leachate quality from sanitary landfills. *ASCE Journal of Environmental Engineering* 125, 950–957
- Kulikowska D, Klimiuk E (2004): Removal of organics and nitrogen from municipal landfill leachate in two-stage SBR reactors. *Polish Journal of Environmental Studies* 4 (13), p389.
- Kumar D, Alappat B. (2005): Evaluating leachate potential of landfill sites using leachate pollution index. *Clean Technologies and Environmental Policy* 7, 190-197.

- Kunzli N, Tager IB (2005): Air pollution: from lung to heart. *Swiss Medical Weekly* 135, 697
- Kutz FW, Barnes DG, Bretthauer EW, Bottimore DP, Greim H (1990): The international toxicity equivalency factor (I-TEF) method for estimating risks associated with exposures to complex mixtures of dioxins and related compounds. *Toxicological and Environmental Chemistry* 26, 99-110.
- Lammel G, Audy O, Besis A, Efstathiou C, Eleftheriadis K, Kohoutek J, Kukucka P, Mulder MD, Pribylová P, Prokeš R, Rusina T, Samara C, Sofuoglu A, Sofuoglu S C, Tasdemir Y, Vassilatou V, Voutsas D, Vrana B (2015): Air and seawater pollution and air-sea exchange of persistent organic pollutants in the Aegean Sea: spatial trends of PAHs, PCBs, OCPs and PBDEs. *Environmental Science Pollution Research* 22, 11301–11313
- Leckie JO, Pacey JG, Halvadakis C (1979): Landfill management with moisture control. *ASCE Journal of Environmental Engineering* 105, 337–355
- Lee AH, Nikraz H, Hung YT (2010): Characterization of acetogenic and methanogenic leachates generated from a sanitary landfill site. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* 4, 184-189
- Lee AH, Nikraz H, Hung YT (2010): Influence of waste age on landfill leachate quality. *International Journal of Environmental Science and Development* 1, 347-350
- Lerche D, Plassche E, Schwegler A, Balk F (2002): Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. *Chemosphere* 47, 617–630
- Li X, Zhang Q, Dai J, Gan Y, Zhou J, Yang X, Cao H, Jiang G, Xu M (2008): Pesticide contamination profiles of water, sediment and aquatic organisms in the effluent of Gaobeidian wastewater treatment plant. *Chemosphere* 72, 1145–1151
- Li Y, Zhang Q, Ji D, Wang T, Wang Y, Wang P, Ding L, Jiang G (2009): Levels and vertical distributions of PCBs, PBDEs, and OCPs in the atmospheric boundary layer: observation from the Beijing 325-m meteorological tower. *Environmental Science and Technology* 43, 1030-1035
- Liu M, Cheng S B, Ou D N, Yang Y, Liu HL, Hou LJ, Gao L, Xu SY (2008): Organochlorine pesticides in surface sediments and suspended particulate matters from the Yangtze estuary, China. *Environment Pollution* 156, 168–173
- Lohmann R, Jones KC (1998): Dioxins and furans in air and deposition: A review of levels, behaviour and processes. *The Science of the Total Environment* 219, 53-81
- Lou Z, Li A, Tai J, Yuan W, Zhu N, Zhao Y (2016): Distribution pattern and the risks of OPCs, PHAs and PCBs in aged refuses from landfill. *Waste Management* 55, 330-335
- Ma J, Kouznestova M, Lessner, Carpenter DO (2007): Asthma and infectious respiratory disease in children-correlation to residence near hazardous waste sites. *Pediatric Respiratory Reviews* 8(4), 292-298

Mackay D, Shiu WY, Ma KC, Lee SC (2006): Handbook of Physical-Chemical Properties and environmental Fate for Organic Chemicals, Volume I, Introduction and Hydrocarbons. CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, USA

Matešić SS, Vukojević Medojević N, Ugrina M, Nuić I, Trgo M (2016): Landfill leachate quality evaluation through the landfill pollution index. *Technologica Acta* 9(1), 23-28

Melas D, Zerefos C, Rapsomanikis S, Tsangas N, Alexandropoulou A (2000): The war in Kosovo-evidence of pollution transport in the Balkans during operation "Allied Force" *Environmental Science and Pollution Research* 7, 97-104

Melymuk L, Bohlin P, Kukucka P, Klanov J (2014): Quantifying Sampling Artifacts for Semi-volatile Organic Contaminants (SVOCs) in Three Active Air Sampling Configurations and Assessing Inter-sampler Comparability. Poster Presentation. Society for Environmental Toxicology and Chemistry European Annual Meeting 2014, Basel, Switzerland, May 11-15.

Menichini E, Iacovella N, Monfredini, F, Turrio-Baldassarri L (2007): Relationships between indoor and outdoor air pollution by carcinogenic PAHs and PCBs. *Atmospheric Environment* 41, 9518–9529.

Minh NH, Minh TB, Kajiwara N, Kunisue T, Subramanian A, Iwata H, Tana TS, Baburajendran R, Karuppiyah S, Viet PH, Tuyen BC, Tanabe S (2006): Contamination by Persistent Organic Pollutants in Dumping Sites of Asian Developing Countries: Implication of Emerging Pollutions Sources. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50, 474-481

Nacionalni implementacioni plan za sprovođenje Stokholmske konvencije (NIP), Republika Srbija, 2010

OEHHA. Air toxics hot spots program risk assessment guidelines. Part II. Technical support document for describing available cancer potency factors. Office of Environmental Health Hazard Assessment; 2002.

Palm A, Cousins IT, Mackay D, Tysklind M, Metcalfe C, Alae M (2002): Assessing the environmental fate of chemicals of emerging concern: a case study of the polybrominated diphenyl ethers. *Environmental Pollution* 117, 195-213

Periera Souza M (2004): Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB): main sources, environmental behaviour and risk to man and biota. *Quimica Nova* 27(6), 934-943

Picer M, Holoubek I (2003): PCBs in the karstic environment of Slovenia and Croatia as consequence of their accidental release. *Fresenius Environmental Bulletin* 12, 86-93

Pozo K, Harner T, Rudolph A, Oyola G, Estellano VH, Ahumada Rudolph R, Garrido M, Pozo K, Mabilia R, Focardi S (2012): Survey of persistent organic pollutants (POPs) and polycyclic

- aromatic hydrocarbons (PAHs) in the atmosphere of rural, urban and industrial areas of Concepcin, Chile, using passive air samplers. *Atmospheric Pollution Research* 3, 426-434
- Prevedouros K, Jones KC, Sweetman AJ (2004): Estimation of the production, consumption, and atmospheric emissions of pentabrominated diphenyl ether in Europe between 1970 and 2000. *Environmental Science and Technology* 38, 3224-3231
- Prevedouros K, Jones KC, Sweetman AJ (2004): European-scale modeling of concentrations and distribution of polybrominated diphenyl ethers in the pentabromodiphenyl ether product. *Environmental Science and Technology* 38, 5993-6001
- Příbylová P, Kareš R, Borůvková J, Čupr P, Prokeš R, Kohoutek J, Holoubek I, Klánová J (2012): Levels of persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air of Central and Eastern Europe. *Atmospheric Pollution Research* 3, 494 – 505
- Qiu XH, Zhu T, Jing L, Pan HS, Li QL, Miao GF, Gong JC (2004): Organochlorine pesticides in the air around the Taihu Lake, China. *Environmental Science and Technology* 38, 1368–1374
- Radonic J, Turk M, Vojinovic Miloradov M, Klánová J (2009): Gas-particle partitioning of persistent organic pollutants in the Western Balkan countries affected by war conflicts. *Environmental Science and Pollution Research* 16(1), 65-72
- Radonić J, *Atmosferski transport i modelovanje raspodele između čvrste i gasovite faze policikličnih aromatičnih ugljovodonika*, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2009.
- Radonić J, Vojinović Miloradov M, Turk Sekulić M, Kiurski J, Djogo M, Milovanović D (2011): The octanol-air partition coefficient, KOA, as a predictor of gas-particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls at industrial and urban sites. *Journal of the Serbian Chemical Society* 76, 447 – 458
- Rahman F, Langford KH, Scrimshaw MD, Lester JN (2001): Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *Science of The Total Environment* 275, 1–17
- Ravindra K, Sokhi R, Van Grieken R (2008): Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment* 42, 2895-2921
- Report on Waste Generation Study in Serbia. IMG/FTN, 2015
- Robinson HD, Grantham G (1988): The treatment of leachates in on-site aerated lagoon plants: experience in Britain and Ireland. *Water Research* 22 (6), 733-747
- Ruzickova P, Klánová J, Čupr P, Lammel G, Holoubek I (2008): An assessment of air–soil exchange of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides across Central and Southern Europe. *Environmental Science and Technology* 42, 179-185
- Salem Z, Hamouri K, Djemaa R, Allia K (2008): Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination* 220, 108-114.

- Shahpoury P, Lammel G, Smejkalov H, Klanova J, Pribylova P, Vana M (2015): Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, and chlorinated pesticides in background air in central Europe e investigating parameters affecting wet scavenging of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 1795-1805.
- Singh S, Raju NJ, Gossel W, Wycisk P (2016): Assessment of pollution potential of leachate from the municipal solid waste disposal site and its impact on groundwater quality, Varanasi environs. India. *Arabian Journal of Geosciences* 9, 131
- Sinkkonen S, Rantalainen A L, Paasivirta J, Lahtiperä M (2004): Polybrominated methoxy diphenyl ethers (MeO-PBDEs) in fish and guillemots of Baltic Atlantic and Arctic environments. *Chemosphere* 56, 767–775
- Skarek M, Cupr P, Bartos T, Kohoutek J, Klanova J, Holoubek I (2007) A combined approach to the evaluation of organic air pollution — a case study of urban air in Sarajevo and Tuzla (Bosnia and Herzegovina). *Science of the Total Environment* 384(1–3), 182–93
- Slomczyńska B, Slomczyński T. (2004): Physio-chemical and toxicological characteristics of leachate from MSW landfills. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13(6), 627-637
- Smaranda C, Gavrilescu M (2008): Migration and fate of persistent organic pollutants in the atmosphere - a modelling approach. *Environmental Engineering and Management Journal* 7, 743-761
- Someya M, Ohtake M, Kunisue T, Subramanian A, Takahashi S, Chakraborty P, Ramesh R, Tanabe S (2010): Persistent organic pollutants in breast milk of mothers residing around an open dumping site in Kolkata, India: Specific dioxin-like PCB levels and fish as a potential source. *Environment International* 36, 27–35
- Srivastava A, Shivanandappab T (2010): Stereospecificity in the cytotoxic action of hexachlorocyclohexane isomers. *Chemico-Biological Interactions* 183, 34–39
- St-Amanda AD, Mayera PM, Blais JM (2008): Seasonal trends in vegetation and atmospheric concentrations of PAHs and PBDEs near a sanitary landfill. *Atmospheric Environment* 42, 2948-2958
- Stanisavljevic N, Ubavin D, Batinic B, Fellner J, Vujic G (2012): Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: a case study. *Waste Management & Research* 30, 1095-1103
- Statom R A, Thyne G D, McCray J E (2004): Temporal changes in leachate chemistry of a municipal solid waste landfill cell in Florida, USA. *Environmental Geology* 45(7), 982-991
- Stieger G, Scheringer M, A Ng C, Hungerbuhler K (2014): Assessing the persistence, bioaccumulation potential and toxicity of brominated flame retardants: data availability and quality for 36 alternative brominated flame retardants. *Chemosphere* 116, 118-123

Stokholmska konvencija, 2017, dostupno na sajtu <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs>

Townsend T G, Powell J, Jain P, Xu Q, Tolaymat T, Reinhart D (2015): Sustainable Practices for Landfill Design and Operation. New York, NY: Springer New York.

Turk M, Jakšić J, Vojinović Miloradov M, Klanova J (2007): Post-war levels of persistent organic pollutants (POPs) in air from Serbia determined by active and passive sampling methods. *Environmental Chemistry Letters* 5, 109–113

Turk Sekulić M, Rasprostriranje, depozicija i raspodela polihlorovanih bifenila u heterogenom multikomponentnom sistemu, Doktorska teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2009.

UNEP. Stockholm convention on persistent organic pollutants; 2001.

Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016), Srbija, 2016

Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 24/2014), Srbija, 2014

Uredba o odlaganju otpada na deponije (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 92/10), Srbija, 2010

Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 88/2010), Srbija, 2010

Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013), Srbija 2010

Vojinović Miloradov M, Kovačević R, Adamov J, Krajinović S, Nedeljković B, Matić I (2005): Assessment of POPs after accident in Serbia. Scientific reunion of the special program of the Alexander von Humboldt Foundation concerning the reconstruction of the South Eastern Europe, Sustainability for humanity and environment in the extended connection field science-economy-policy. Romania

Vojinović Miloradov M, Španik I, Turk Sekulić M, Radonić J, Vyviurska O, Mihajlović I (2014): Occurrence, Physico-Chemical Characteristics and Analytical Determination of Emerging Substances. Faculty of Technical Sciences Novi Sad

Vojinović Miloradov M, Turk Sekulić M, Radonić J, Kaišarević S (2008): Distribution of Persistent Organic Pollutants Between Solid and Gaseous Phase, Based on Comparative Analysis of Sampling by Active and Passive Air Samplers. Book of Abstracts, The Third Scientific-Technical Meeting InterRegioSci 2008, Novi Sad, Serbia, pp. 53.

Vujić G, Jovičić N, Redžić N, Jovičić G, Batinić B, Stanisavljević N, Abuhress OA (2010): A fast method for the analysis of municipal solid waste in developing countries - case study of Serbia. *Environmental Engineering and Management Journal* 9, 1021-1029

- Wahlström B (1998): Why do we need a global POPs treaty?. *Linkages Journal* 3, 10-12.
- Wania F, Mackay D (1996): Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology* 30, 390-396
- Weber R, Gaus C, Tysklind M, Johnston P, Forter M, Hollert H, Heinisch E, Holoubek I, Lloyd-Smith M, Masunaga S, Moccarelli P, Santillo D, Seike N, Symons R, Torres JP, Verta M, Varbelow G, Vijgen J, Watson A, Costner P, Woelz J, Wycisk P, Zennegg M (2008): Dioxin- and POP-contaminated sites—contemporary and future relevance and challenges: overview on background, aims and scope of the series. *Environmental Science and Pollution Research* 15, 363–393
- Weber R, Watson A, Forter M, Oliaei F (2011): Review article: persistent organic pollutants and landfills—a review of past experiences and future challenges. *Waste Management & Research* 29, 107–121
- WHO Eds.) (2001): Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH). In: *Air quality guidelines for Europe — second edition*: World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, 92–96.
- Willett KL, Ulrich EM, Hites RA (1998): Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. *Environmental Science and Technology* 32, 2197–2207
- World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*. WHO Regional Publications, European Series 91. Copenhagen, Denmark
- Zhang J, Qi S, Xing X, Tan L, Chen W, Hu Y, Yang D, Wu C (2012): Concentrations and classification of HCHs and DDTs in soil from the lower reaches of the Jiulong River, China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering* 6, 177-183

PRILOG I

Tabela 1. Koncentracioni nivoi PAH u tečnoj fazi procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
Naftalen	131,22	48,44	59,69	84,83	62,18	78,74	37,65	58,80	6,08	8,96
Acenaftilen	28,60	0,67	1,77	1,23	0,92	1,97	0,62	1,40	0,24	0,48
Acenaften	13,34	10,30	15,84	2,88	3,58	9,39	1,22	7,86	0,11	1,53
Fluoren	25,72	3,93	14,76	12,71	6,96	13,86	5,89	10,59	1,41	3,18
Fenantren	45,29	10,25	29,58	20,66	13,96	25,85	9,99	21,97	0,74	13,37
Antracen	7,79	2,13	3,26	2,33	2,03	2,78	1,41	2,58	0,66	2,11
Fluoranten	20,43	2,41	10,82	7,16	4,25	9,60	3,36	6,96	0,82	6,42
Piren	54,12	9,78	5,59	6,85	2,29	6,79	1,06	3,76	3,10	4,60
Benzo(a)antracen	0,19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Krizen	1,34	0,20	1,07	0,37	0,32	0,90	0,25	0,67	n.d.	1,01
Benzo(b)fluoranten	0,45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(k)fluoranten	2,03	4,10	4,35	0,52	0,41	2,10	0,35	1,36	n.d.	1,17
Benzo(a)piren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Indeno[1,2,3-cd]piren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(ghi)perilen	1,38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bifenil	50,84	20,22	74,23	54,80	32,32	47,05	25,20	40,44	2,92	3,16
Reten	1,05	n.d.	2,19	0,89	0,46	1,16	0,48	1,44	n.d.	1,27
Benzo(a)fluoren	1,27	n.d.	n.d.	0,08	n.d.	0,28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo-nafto-tiofen	0,19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,19
Benzo(ghi)fluoranten	4,02	0,18	0,65	0,57	0,13	0,72	0,11	0,34	n.d.	0,60
Ciklopenta[c,d]piren	0,39	2,06	0,83	0,16	0,11	0,52	n.d.	0,48	0,14	0,17
Trifenilen	1,35	0,30	1,00	0,52	0,23	1,14	0,40	0,63	n.d.	1,18
Benzo(j)fluoranten	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(e)piren	1,79	1,97	4,17	n.d.	0,70	1,39	n.d.	0,86	n.d.	0,86
Perilen	0,76	n.d.	1,92	n.d.	n.d.	0,87	n.d.	1,09	0,23	1,62
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Antantren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Koronen	0,29	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Σ29 PAH	61,94	24,72	84,98	57,02	33,95	55,16	26,19	45,28	3,29	9,04

Tabela 2. Koncentracioni nivoi PAH u suspendovanim česticama procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
Naftalen	59,64	5,70	60,84	71,54	42,84	53,18	36,55	54,26	64,54	10,17
Acenaftilen	2,30	2,57	2,89	0,84	0,75	0,79	0,71	0,83	2,48	0,66
Acenaften	2,91	2,57	4,08	2,46	2,93	2,63	1,40	2,59	3,32	2,22
Fluoren	8,26	11,43	12,33	6,22	5,79	6,27	4,49	7,61	11,36	5,95
Fenantren	28,26	69,45	47,20	16,05	16,47	14,04	9,40	13,93	24,22	17,73
Antracen	6,38	9,13	7,52	3,24	2,91	2,48	1,36	1,81	2,07	2,83
Fluoranten	18,05	86,10	56,79	4,84	7,55	5,78	4,36	5,40	10,73	10,05
Piren	12,56	79,76	47,61	3,74	3,59	3,10	2,32	2,73	6,84	6,38
Benzo(a)antracen	4,31	21,70	19,47	0,21	0,26	0,26	0,05	0,11	0,45	0,57
Krizen	8,53	32,19	31,51	1,29	1,27	1,41	0,76	0,54	1,78	2,89
Benzo(b)fluoranten	4,21	18,52	22,28	0,72	0,91	0,85	0,31	n.d.	0,99	1,72
Benzo(k)fluoranten	1,51	11,20	13,31	0,78	0,73	1,05	0,96	1,03	0,52	1,50
Benzo(a)piren	2,82	16,06	22,32	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,59	0,53
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,15	2,67	6,61	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,25
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(ghi)perilen	2,66	18,87	19,41	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,74	1,77
Bifenil	27,18	15,03	28,19	27,12	21,22	22,51	18,13	29,55	31,06	14,32
Reten	2,78	26,80	12,56	1,22	1,69	1,17	0,74	1,00	2,53	3,14
Benzo(a)fluoren	3,48	8,49	3,64	0,07	0,32	0,28	0,19	0,16	0,23	0,73
Benzo-nafto-tiofen	1,27	6,27	3,67	0,31	0,26	0,23	0,18	0,06	0,07	0,83
Benzo(ghi)fluoranten	4,33	12,29	10,64	0,37	0,49	0,45	0,32	0,40	0,98	1,33
Ciklopenta[c,d]piren	0,73	3,50	1,63	0,34	0,37	0,43	0,22	1,11	1,04	0,41
Trifenilen	4,48	12,85	9,45	0,73	0,73	0,59	0,69	0,53	1,32	2,73
Benzo(j)fluoranten	5,55	19,78	20,91	n.d.	0,92	1,17	0,44	0,75	0,92	1,32
Benzo(e)piren	4,70	22,55	24,80	0,85	0,75	0,70	0,60	0,77	1,51	2,88
Perilen	2,34	5,47	12,28	1,07	1,66	1,43	0,78	1,04	0,66	0,88
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Antantren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Koronen	0,43	2,65	6,21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,21
Σ29 PAH	57,28	135,69	135,86	32,08	28,42	28,97	22,28	35,36	40,32	28,77

Tabela 3. Koncentracioni nivoi PCB, HCH, DDT/metaboliti, PeCB i HCB u tečnoj fazi procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
PCB 28	0,04	0,15	0,22	0,27	0,06	0,05	0,04	0,03	0,17	0,04
PCB 52	0,03	0,15	0,13	0,13	0,06	0,04	0,03	0,03	0,68	0,06
PCB 101	0,02	0,16	0,07	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02	0,84	0,06
PCB 118	0,01	0,11	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,81	0,04
PCB 153	0,08	0,20	0,10	0,04	0,06	0,03	0,02	0,03	0,49	0,07
PCB 138	0,03	0,18	0,07	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,60	0,05
PCB 180	0,02	0,10	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,10	0,03
ΣPCB	0,24	1,05	0,70	0,57	0,36	0,19	0,11	0,16	3,68	0,37
alfaHCH	0,07	0,08	0,10	0,13	0,23	0,02	0,11	0,02	0,07	0,05
gamaHCH	0,24	0,60	0,33	0,61	0,17	0,09	0,23	0,05	0,46	0,30
betaHCH	0,07	0,24	0,15	0,22	0,38	0,03	0,07	0,02	0,04	0,04
deltaHCH	n.d.	0,03	0,02	n.d.	0,02	0,03	0,07	n.d.	n.d.	n.d.
epsilonHCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.
ΣHCH	0,39	0,95	0,60	0,96	0,81	0,17	0,49	0,10	0,57	0,38
opDDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ppDDE	n.d.	0,32	0,20	n.d.	0,06	0,07	0,04	0,04	0,32	0,19
opDDD	n.d.	0,05	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,10	0,02
opDDT	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ppDDD	n.d.	0,12	0,11	n.d.	n.d.	0,07	n.d.	n.d.	0,25	0,06
ppDDT	n.d.	0,04	0,04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ΣDDT	n.d.	0,52	0,39	n.d.	0,06	0,14	0,04	0,04	0,67	0,27
PeCB	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02
HCB	0,18	0,19	0,18	0,11	0,09	0,05	0,06	0,05	0,15	0,05

Tabela 4. Koncentracioni nivoi PCB, HCH, DDT/metabolite, PeCB i HCB u suspendovanim česticama procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
PCB 28	0,10	0,54	0,97	0,14	0,06	0,04	0,04	0,04	0,11	0,04
PCB 52	0,06	0,64	0,46	0,08	0,03	0,04	0,03	0,03	0,69	0,07
PCB 101	0,08	1,22	0,37	0,08	0,02	0,04	0,02	0,01	1,20	0,15
PCB 118	0,10	0,84	0,41	0,10	0,02	0,03	0,01	0,01	1,20	0,14
PCB 153	0,11	1,66	0,45	0,13	0,04	0,06	0,05	0,03	0,77	0,16
PCB 138	0,10	1,46	0,43	0,10	0,03	0,05	0,02	0,02	1,01	0,15
PCB 180	0,04	0,86	0,28	0,05	0,02	0,03	0,02	0,01	0,20	0,08
ΣPCB	0,58	7,22	3,37	0,67	0,23	0,27	0,19	0,15	5,18	0,80
alfaHCH	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
gamaHCH	0,02	0,08	0,07	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
betaHCH	0,01	0,06	0,04	0,02	0,01	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.
deltaHCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
epsilonHCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ΣHCH	0,61	7,38	3,58	0,72	0,27	0,29	0,23	0,18	5,22	0,85
opDDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ppDDE	0,18	1,72	0,90	0,08	0,04	0,11	0,08	0,08	0,52	0,54
opDDD	0,01	0,28	0,16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,13	0,05
opDDT	n.d.	n.d.	0,04	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
ppDDD	0,03	0,63	0,80	0,01	n.d.	0,01	0,03	n.d.	0,35	0,14
ppDDT	n.d.	0,04	0,18	0,03	0,01	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.
ΣDDT	0,23	2,67	2,08	0,13	0,06	0,12	0,13	0,09	1,02	0,72
PeCB	0,16	0,03	0,02	n.d.	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
HCB	0,22	0,16	0,07	0,03	0,04	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06

Tabela 5. Koncentracioni nivoi PBDE u tečnoj fazi procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
BDE 28	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	n.d.	0,01	n.d.
BDE 47	0,17	0,36	0,19	0,91	0,05	0,07	0,12	0,02	0,24	0,05
BDE 66	0,01	0,01	n.d.	0,04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
BDE 100	0,03	0,07	0,03	0,18	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,01
BDE 99	0,09	0,33	0,12	0,73	0,02	0,05	0,08	0,02	0,26	0,05
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BDE 154	n.d.	n.d.	n.d.	0,09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	n.d.
BDE 153	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	n.d.
BDE 183	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.	0,07	n.d.
BDE 209	15,01	16,90	35,09	62,07	2,68	3,29	17,27	1,31	12,82	1,93
ΣBDE	15,32	17,69	35,44	64,06	2,79	3,42	17,52	1,37	13,55	2,05

Tabela 6. Koncentracioni nivoi PBDE u suspendovanim česticama procednih voda

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Datum uzorkovanja [ng/l]	09-07-13	10-07-13	10-07-13	11-07-13	11-07-13	11-07-13	10-07-13	09-07-13	09-07-13	11-07-13
BDE 28	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BDE 47	0,02	0,34	0,04	0,01	n.d.	0,01	0,01	n.d.	0,07	0,03
BDE 66	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
BDE 100	n.d.	0,08	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,01
BDE 99	0,02	0,45	0,04	0,01	n.d.	0,01	0,01	0,01	0,11	0,07
BDE 85	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BDE 154	0,01	0,04	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,01
BDE 153	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	0,02
BDE 183	0,01	0,11	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	n.d.
BDE 209	0,43	8,27	0,79	0,10	n.d.	0,57	0,15	n.d.	0,36	0,24
ΣBDE	0,49	9,39	0,90	0,12	0,01	0,59	0,16	0,01	0,66	0,38

Tabela 7. Sadržaj PAH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta

BEČEJ								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	36,80	82,37	1230,18	111,56	36,80	1230,18	365,23	96,97
Acenaftilen	10,48	46,89	57,30	12,03	10,48	57,30	31,67	29,46
Acenaften	26,33	8n.d.	282,62	32,49	26,33	282,62	105,36	56,24
Fluoren	132,58	769,57	2416,90	212,99	132,58	2416,90	883,01	491,28
Fenantren	924,04	3347,24	8219,70	938,18	924,04	8219,70	3357,29	2142,71
Antracen	38,11	165,29	242,26	40,15	38,11	242,26	121,45	102,72
Fluoranten	377,64	1264,00	2883,68	414,61	377,64	2883,68	1234,98	839,30
Piren	325,82	902,92	1613,83	282,81	282,81	1613,83	781,35	614,37
Benzo(a)antracen	22,17	38,64	57,37	18,91	18,91	57,37	34,27	30,40
Krizen	44,10	100,65	179,09	44,45	44,10	179,09	92,07	72,55
Benzo(b)fluoranten	19,71	19,38	38,00	9,48	9,48	38,00	21,64	19,54
Benzo(k)fluoranten	11,67	39,91	25,60	72,66	11,67	72,66	37,46	32,76
Benzo(a)piren	11,07	8,39	14,88	7,35	7,35	14,88	10,42	9,73
Indeno[1,2,3-cd]piren	3,77	3,36	7,65	4,04	3,36	7,65	4,71	3,91
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	16,86	10,99	19,21	13,83	10,99	19,21	15,22	15,35
Bifenil	38,58	335,36	1662,45	87,46	38,58	1662,45	530,96	211,41
Reten	42,64	63,69	150,01	26,32	26,32	150,01	70,66	53,16
Benzo(a)fluoren	16,26	66,75	127,72	21,31	16,26	127,72	58,01	44,03
Benzo-nafto-tiofen	8,57	8,81	9,01	7,05	7,05	9,01	8,36	8,69
Benzo(ghi)fluoranten	32,00	85,94	137,32	31,38	31,38	137,32	71,66	58,97
Ciklopenta[c,d]piren	2,29	15,90	2,61	7,65	2,29	15,90	7,11	5,13
Trifenilen	20,47	30,39	45,48	15,86	15,86	45,48	28,05	25,43
Benzo(j)fluoranten	15,47	15,54	35,73	12,59	12,59	35,73	19,83	15,50
Benzo(e)piren	20,32	18,24	34,18	12,89	12,89	34,18	21,41	19,28
Perilen	3,85	1,98	3,12	1,30	1,30	3,85	2,56	2,55
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,80	n.d.	n.d.	0,13	0,13	0,80	0,46	0,46
Koronen	2,87	1,62	3,74	4,67	1,62	4,67	3,22	3,31
Σ29 PAH	2205,25	7523,81	19499,65	2444,15	2205,25	19499,65	7918,21	4983,98

Tabela 7. - nastavak

SUBOTICA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	230,59	2910,45	n.d.	189,14	189,14	2910,45	1110,06	230,59
Acenaftilen	15,07	183,60	n.d.	12,20	12,20	183,60	70,29	15,07
Acenaften	1195,86	577,96	n.d.	709,06	577,96	1195,86	827,62	709,06
Fluoren	877,29	3925,86	n.d.	623,05	623,05	3925,86	1808,74	877,29
Fenantren	2079,89	15278,35	n.d.	1567,36	1567,36	15278,35	6308,53	2079,89
Antracen	21,74	1122,97	n.d.	52,23	21,74	1122,97	398,98	52,23
Fluoranten	589,56	5552,80	n.d.	590,17	589,56	5552,80	2244,18	590,17
Piren	342,95	3850,60	n.d.	387,11	342,95	3850,60	1526,89	387,11
Benzo(a)antracen	17,97	157,13	n.d.	21,93	17,97	157,13	65,68	21,93
Krizen	42,78	268,27	n.d.	48,29	42,78	268,27	119,78	48,29
Benzo(b)fluoranten	12,64	57,79	n.d.	14,32	12,64	57,79	28,25	14,32
Benzo(k)fluoranten	9,19	34,10	n.d.	8,81	8,81	34,10	17,37	9,19
Benzo(a)piren	7,62	32,36	n.d.	6,18	6,18	32,36	15,39	7,62
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,47	13,45	n.d.	2,24	1,47	13,45	5,72	2,24
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	7,50	29,71	n.d.	10,11	7,50	29,71	15,77	10,11
Bifenil	306,13	2618,25	n.d.	231,43	231,43	2618,25	1051,94	306,13
Reten	55,96	651,66	n.d.	57,10	55,96	651,66	254,91	57,10
Benzo(a)fluoren	19,65	305,00	n.d.	32,23	19,65	305,00	118,96	32,23
Benzo-nafto-tiofen	12,21	16,42	n.d.	6,84	6,84	16,42	11,83	12,21
Benzo(ghi)fluoranten	19,77	249,01	n.d.	35,81	19,77	249,01	101,53	35,81
Ciklopenta[c,d]piren	1,82	10,29	n.d.	1,51	1,51	10,29	4,54	1,82
Trifenilen	27,76	60,25	n.d.	19,22	19,22	60,25	35,74	27,76
Benzo(j)fluoranten	12,90	52,38	n.d.	12,31	12,31	52,38	25,86	12,90
Benzo(e)piren	15,94	50,59	n.d.	13,79	13,79	50,59	26,77	15,94
Perilen	2,76	6,12	n.d.	1,81	1,81	6,12	3,56	2,76
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,23	n.d.	n.d.	n.d.	0,23	0,23	0,23	0,23
Koronen	0,29	4,10	n.d.	0,99	0,29	4,10	1,79	0,99
Σ29 PAH	5927,54	38019,46	-	4655,24	4655,24	38019,46	16200,75	5927,54

Tabela 7. - nastavak

SOMBOR								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	4,15	206,61	33,01	48,31	4,15	206,61	73,02	40,66
Acenaftilen	0,52	134,24	38,28	5,83	0,52	134,24	44,72	22,05
Acenaften	1,58	82,77	91,61	28,56	1,58	91,61	51,13	55,67
Fluoren	29,22	793,04	1010,11	182,63	29,22	1010,11	503,75	487,83
Fenantren	241,43	3464,50	3855,40	652,57	241,43	3855,40	2053,47	2058,53
Antracen	10,99	133,93	45,75	8,84	8,84	133,93	49,88	28,37
Fluoranten	91,49	1315,94	1612,19	298,78	91,49	1612,19	829,60	807,36
Piren	69,08	903,49	836,54	202,86	69,08	903,49	502,99	519,70
Benzo(a)antracen	2,34	31,14	37,06	26,86	2,34	37,06	24,35	29,00
Krizen	8,77	88,56	105,23	42,00	8,77	105,23	61,14	65,28
Benzo(b)fluoranten	2,51	15,38	27,62	14,96	2,51	27,62	15,12	15,17
Benzo(k)fluoranten	1,41	12,40	17,05	9,44	1,41	17,05	10,08	10,92
Benzo(a)piren	n.d.	3,44	10,62	10,71	3,44	10,71	8,26	10,62
Indeno[1,2,3-cd]piren	n.d.	3,23	4,37	2,27	2,27	4,37	3,29	3,23
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	0,92	8,28	10,76	8,55	0,92	10,76	7,13	8,41
Bifenil	3,80	404,90	205,90	89,07	3,80	404,90	175,92	147,48
Reten	8,38	63,51	90,74	27,48	8,38	90,74	47,53	45,49
Benzo(a)fluoren	3,93	59,17	77,01	14,91	3,93	77,01	38,76	37,04
Benzo-nafto-tiofen	1,56	5,71	5,58	4,36	1,56	5,71	4,30	4,97
Benzo(ghi)fluoranten	5,36	72,83	86,77	21,58	5,36	86,77	46,63	47,20
Ciklopenta[c,d]piren	0,77	1,83	2,77	1,83	0,77	2,77	1,80	1,83
Trifenilen	4,33	25,06	29,96	13,52	4,33	29,96	18,22	19,29
Benzo(j)fluoranten	2,34	19,64	22,11	14,14	2,34	22,11	14,56	16,89
Benzo(e)piren	3,00	16,35	21,88	15,97	3,00	21,88	14,30	16,16
Perilen	0,65	1,09	2,10	2,80	0,65	2,80	1,66	1,60
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Koronen	n.d.	0,72	0,89	0,46	0,46	0,89	0,69	0,72
Σ29 PAH	498,53	7867,75	8281,29	1749,28	498,53	8281,29	4599,21	4808,51

Tabela 7. - nastavak

ZRENJANIN								
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07.12.	09.10–13.11.12.	16.01–13.02.13.	10.04–08.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	5,66	8,02	918,72	93,06	5,66	918,72	256,36	50,54
Acenaftilen	4,66	56,40	30,24	9,38	4,66	56,40	25,17	19,81
Acenaften	16,46	33,84	222,38	33,51	16,46	222,38	76,55	33,67
Fluoren	201,42	952,80	1938,06	278,21	201,42	1938,06	842,62	615,51
Fenantren	1400,88	9730,56	6599,15	1326,27	1326,27	9730,56	4764,22	4000,01
Antracen	60,04	1017,11	241,82	48,49	48,49	1017,11	341,86	150,93
Fluoranten	430,85	4272,55	2326,91	522,35	430,85	4272,55	1888,17	1424,63
Piren	314,78	3372,96	1375,02	337,65	314,78	3372,96	1350,10	856,33
Benzo(a)antracen	49,48	192,74	50,96	27,90	27,90	192,74	80,27	50,22
Krizen	87,92	271,08	133,24	62,71	62,71	271,08	138,74	110,58
Benzo(b)fluoranten	39,31	56,84	31,96	19,22	19,22	56,84	36,83	35,63
Benzo(k)fluoranten	21,19	26,59	16,99	12,13	12,13	26,59	19,23	19,09
Benzo(a)piren	26,33	29,02	10,52	9,53	9,53	29,02	18,85	18,42
Indeno[1,2,3-cd]piren	6,29	9,62	5,43	2,51	2,51	9,62	5,96	5,86
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	25,60	27,55	12,13	9,30	9,30	27,55	18,65	18,87
Bifenil	44,39	17,65	1514,09	172,82	17,65	1514,09	437,24	108,61
Reten	145,25	393,85	141,23	99,90	99,90	393,85	195,06	143,24
Benzo(a)fluoren	37,61	307,75	124,56	35,83	35,83	307,75	126,44	81,08
Benzo-nafto-tiofen	15,85	30,87	7,78	7,84	7,78	30,87	15,59	11,84
Benzo(ghi)fluoranten	32,13	276,17	113,58	35,30	32,13	276,17	114,29	74,44
Ciklopenta[c,d]piren	3,72	24,01	2,84	2,74	2,74	24,01	8,33	3,28
Trifenilen	58,80	73,36	34,42	29,61	29,61	73,36	49,05	46,61
Benzo(j)fluoranten	27,99	34,99	18,88	14,45	14,45	34,99	24,08	23,44
Benzo(e)piren	43,15	43,44	23,10	19,13	19,13	43,44	32,21	33,12
Perilen	6,85	7,51	2,75	3,01	2,75	7,51	5,03	4,93
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,82	0,72	n.d.	n.d.	0,72	0,82	0,77	0,77
Koronen	3,80	3,62	1,34	1,21	1,21	3,80	2,49	2,48
Σ29 PAH	3111,23	21271,62	15898,10	3214,07	3111,23	21271,62	10873,75	9556,08

Tabela 7. - nastavak

PANČEVO								
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07.12.	09.10–13.11.12.	16.01–13.02.13.	10.04–08.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	7,20	12,19	4,07	5,05	4,07	12,19	7,13	6,13
Acenaftilen	2,94	67,45	1,60	0,76	0,76	67,45	18,19	2,27
Acenaften	17,83	45,47	5,05	0,79	0,79	45,47	17,28	11,44
Fluoren	77,92	743,16	88,75	18,38	18,38	743,16	232,05	83,34
Fenantren	1217,55	5786,83	3031,50	1061,90	1061,90	5786,83	2774,44	2124,52
Antracen	46,39	369,97	27,25	38,13	27,25	369,97	120,43	42,26
Fluoranten	625,99	2918,55	3452,57	669,81	625,99	3452,57	1916,73	1794,18
Piren	462,86	2126,78	2577,14	472,09	462,86	2577,14	1409,72	1299,43
Benzo(a)antracen	21,31	163,08	103,30	20,57	20,57	163,08	77,07	62,31
Krizen	58,17	297,63	160,31	54,37	54,37	297,63	142,62	109,24
Benzo(b)fluoranten	7,32	106,00	27,77	10,29	7,32	106,00	37,85	19,03
Benzo(k)fluoranten	8,15	48,40	21,37	7,27	7,27	48,40	21,30	14,76
Benzo(a)piren	2,38	57,38	18,34	2,96	2,38	57,38	20,26	10,65
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,48	16,81	5,73	2,11	1,48	16,81	6,53	3,92
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	6,61	54,56	15,39	6,72	6,61	54,56	20,82	11,05
Bifenil	15,57	88,90	9,66	3,78	3,78	88,90	29,48	12,62
Reten	49,90	225,00	336,48	56,18	49,90	336,48	166,89	140,59
Benzo(a)fluoren	36,99	201,91	218,46	38,05	36,99	218,46	123,85	119,98
Benzo-nafto-tiofen	15,67	23,11	10,78	7,55	7,55	23,11	14,28	13,23
Benzo(ghi)fluoranten	42,68	188,51	171,18	47,17	42,68	188,51	112,39	109,18
Ciklopenta[c,d]piren	1,77	10,11	5,79	2,19	1,77	10,11	4,97	3,99
Trifenilen	27,68	72,99	40,94	20,48	20,48	72,99	40,52	34,31
Benzo(j)fluoranten	9,07	57,93	30,99	9,82	9,07	57,93	26,95	20,41
Benzo(e)piren	11,54	86,24	27,56	10,26	10,26	86,24	33,90	19,55
Perilen	n.d.	13,74	3,71	1,47	1,47	13,74	6,31	3,71
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	2,44	n.d.	n.d.	2,44	2,44	2,44	2,44
Koronen	0,62	9,61	1,38	1,23	0,62	9,61	3,21	1,31
Σ29 PAH	2775,59	13794,76	10397,07	2569,35	2569,35	13794,76	7384,19	6586,33

Tabela 7. - nastavak

BAČKA PALANKA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	3,69	6,95	6,35	99,31	3,69	99,31	29,08	6,65
Acenaftilen	0,73	1,06	0,74	5,19	0,73	5,19	1,93	0,90
Acenaften	1,29	3,06	1,34	19,63	1,29	19,63	6,33	2,20
Fluoren	30,07	195,00	154,13	128,96	30,07	195,00	127,04	141,54
Fenantren	436,02	3729,81	3537,51	458,88	436,02	3729,81	2040,56	1998,20
Antracen	27,62	175,40	54,49	6,17	6,17	175,40	65,92	41,06
Fluoranten	210,30	1888,48	2142,24	167,98	167,98	2142,24	1102,25	1049,39
Piren	149,11	1261,99	1197,07	111,72	111,72	1261,99	679,97	673,09
Benzo(a)antracen	12,16	63,28	53,76	3,37	3,37	63,28	33,14	32,96
Krizen	27,65	157,44	150,95	14,62	14,62	157,44	87,66	89,30
Benzo(b)fluoranten	4,09	30,15	38,91	2,89	2,89	38,91	19,01	17,12
Benzo(k)fluoranten	2,37	19,48	21,69	1,84	1,84	21,69	11,35	10,92
Benzo(a)piren	1,08	12,92	9,87	0,67	0,67	12,92	6,14	5,48
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,58	5,89	7,95	0,52	0,52	7,95	3,73	3,23
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20
Benzo(ghi)perilen	2,24	16,26	16,10	1,60	1,60	16,26	9,05	9,17
Bifenil	3,93	6,57	8,97	113,11	3,93	113,11	33,14	7,77
Reten	97,16	124,09	90,30	11,23	11,23	124,09	80,70	93,73
Benzo(a)fluoren	25,70	107,03	106,19	7,88	7,88	107,03	61,70	65,95
Benzo-nafto-tiofen	5,38	12,95	7,70	1,50	1,50	12,95	6,88	6,54
Benzo(ghi)fluoranten	12,84	133,98	114,77	11,53	11,53	133,98	68,28	63,80
Ciklopenta[c,d]piren	1,26	2,74	2,29	1,23	1,23	2,74	1,88	1,78
Trifenilen	18,38	49,21	37,05	6,75	6,75	49,21	27,85	27,71
Benzo(j)fluoranten	3,75	29,67	33,63	2,74	2,74	33,63	17,45	16,71
Benzo(e)piren	5,72	28,07	30,33	3,27	3,27	30,33	16,85	16,89
Perilen	0,65	3,46	2,26	n.d.	0,65	3,46	2,12	2,26
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	n.d.	0,17	n.d.	0,17	0,17	0,17	0,17
Koronen	n.d.	2,97	2,19	n.d.	2,19	2,97	2,58	2,58
Σ29 PAH	1083,77	8067,92	7828,93	1191,81	1083,77	8067,92	4543,11	4510,37

Tabela 7. - nastavak

VRBAS								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	13,06	268,64	879,13	107,47	13,06	879,13	317,08	188,06
Acenaftilen	1,21	61,97	45,14	6,60	1,21	61,97	28,73	25,87
Acenaften	1,52	47,38	238,74	24,22	1,52	238,74	77,97	35,80
Fluoren	18,32	407,04	2194,94	149,65	18,32	2194,94	692,48	278,34
Fenantren	369,22	1930,32	7463,92	576,22	369,22	7463,92	2584,92	1253,27
Antracen	16,79	85,92	221,50	6,82	6,82	221,50	82,76	51,35
Fluoranten	211,33	924,47	2698,23	242,48	211,33	2698,23	1019,13	583,48
Piren	155,75	649,47	1534,63	157,23	155,75	1534,63	624,27	403,35
Benzo(a)antracen	14,09	50,46	56,79	6,61	6,61	56,79	31,99	32,27
Krizen	34,20	104,55	149,99	26,64	26,64	149,99	78,84	69,37
Benzo(b)fluoranten	10,24	43,36	36,76	4,63	4,63	43,36	23,75	23,50
Benzo(k)fluoranten	4,80	24,56	20,56	4,23	4,23	24,56	13,54	12,68
Benzo(a)piren	4,11	27,93	13,77	2,55	2,55	27,93	12,09	8,94
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,05	10,28	7,16	n.d.	1,05	10,28	6,16	7,16
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(ghi)perilen	5,04	33,63	15,49	4,36	4,36	33,63	14,63	10,27
Bifenil	11,64	275,86	1433,05	103,75	11,64	1433,05	456,07	189,80
Reten	91,94	67,54	170,25	17,06	17,06	170,25	86,70	79,74
Benzo(a)fluoren	19,63	51,85	134,63	11,09	11,09	134,63	54,30	35,74
Benzo-nafto-tiofen	4,92	7,40	10,14	2,66	2,66	10,14	6,28	6,16
Benzo(ghi)fluoranten	14,30	68,69	129,05	16,81	14,30	129,05	57,21	42,75
Ciklopenta[c,d]piren	1,96	2,66	1,84	0,56	0,56	2,66	1,75	1,90
Trifenilen	27,18	35,41	37,48	10,74	10,74	37,48	27,70	31,29
Benzo(j)fluoranten	9,10	33,15	32,19	6,61	6,61	33,15	20,26	20,65
Benzo(e)piren	9,79	43,91	27,76	7,81	7,81	43,91	22,32	18,78
Perilen	1,82	6,84	2,66	1,09	1,09	6,84	3,10	2,24
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-
Antantren	n.d.	1,65	n.d.	n.d.	1,65	1,65	1,65	1,65
Koronen	0,94	8,83	2,82	n.d.	0,94	8,83	4,20	2,82
Σ29 PAH	1053,93	5273,75	17558,62	1497,90	1053,93	17558,62	6346,05	3385,82

Tabela 7. - nastavak

TEMERIN								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	3,14	1567,58	2219,55	30,11	3,14	2219,55	955,10	798,85
Acenaftilen	1,46	442,48	296,03	13,08	1,46	442,48	188,27	154,56
Acenaften	1,83	338,29	355,85	43,99	1,83	355,85	184,99	191,14
Fluoren	38,74	2684,25	2921,30	318,42	38,74	2921,30	1490,68	1501,34
Fenantren	536,59	11917,65	9676,45	1245,45	536,59	11917,65	5844,03	5460,95
Antracen	2,98	791,69	394,29	15,98	2,98	791,69	301,23	205,14
Fluoranten	283,00	4893,52	3144,26	268,32	268,32	4893,52	2147,27	1713,63
Piren	197,88	3543,78	1781,15	201,01	197,88	3543,78	1430,95	991,08
Benzo(a)antracen	21,12	196,14	73,51	9,89	9,89	196,14	75,16	47,32
Krizen	53,20	385,40	173,28	31,89	31,89	385,40	160,94	113,24
Benzo(b)fluoranten	27,54	84,04	39,61	n.d.	27,54	84,04	50,40	39,61
Benzo(k)fluoranten	14,87	40,03	25,02	n.d.	14,87	40,03	26,64	25,02
Benzo(a)piren	10,78	30,50	18,40	5,98	5,98	30,50	16,42	14,59
Indeno[1,2,3-cd]piren	5,17	13,99	8,49	n.d.	5,17	13,99	9,21	8,49
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	13,72	33,81	20,05	4,90	4,90	33,81	18,12	16,88
Σ16 PAH	1212,04	26963,14	21147,23	2189,03	1212,04	26963,14	12877,86	11668,13
Bifenil	6,84	1610,71	2144,81	76,20	6,84	2144,81	959,64	843,46
Reten	40,22	399,22	170,31	31,06	31,06	399,22	160,20	105,26
Benzo(a)fluoren	16,34	347,99	156,67	17,63	16,34	347,99	134,66	87,15
Benzo-nafto-tiofen	8,32	36,97	10,92	6,41	6,41	36,97	15,66	9,62
Benzo(ghi)fluoranten	32,58	322,68	154,57	19,66	19,66	322,68	132,37	93,58
Ciklopenta[c,d]piren	1,30	10,55	5,40	11,13	1,30	11,13	7,09	7,97
Trifenilen	34,03	104,02	48,42	16,67	16,67	104,02	50,79	41,23
Benzo(j)fluoranten	22,13	66,90	43,78	8,13	8,13	66,90	35,24	32,95
Benzo(e)piren	23,85	62,20	32,53	11,34	11,34	62,20	32,48	28,19
Perilen	2,98	5,94	3,66	3,20	2,98	5,94	3,95	3,43
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	0,55	0,33	n.d.	0,33	0,55	0,44	0,44
Koronen	3,01	6,97	3,18	n.d.	3,01	6,97	4,39	3,18
Σ29 PAH	1403,63	29937,83	23921,81	2390,47	1403,63	29937,83	14413,43	13156,14

Tabela 7. - nastavak

NOVI SAD								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	187,50	1212,97	1142,50	69,16	69,16	1212,97	653,03	665,00
Acenaftilen	30,73	203,81	81,10	5,99	5,99	203,81	80,41	55,91
Acenaften	111,85	238,88	357,66	57,65	57,65	357,66	191,51	175,36
Fluoren	447,33	1643,74	3204,37	317,17	317,17	3204,37	1403,15	1045,53
Fenantren	1312,27	6069,30	11986,31	1357,06	1312,27	11986,31	5181,24	3713,18
Antracen	140,76	391,52	647,44	69,41	69,41	647,44	312,28	266,14
Fluoranten	543,98	2352,02	5095,06	606,04	543,98	5095,06	2149,28	1479,03
Piren	373,91	1701,06	349n.d.	427,39	373,91	349n.d.	1498,09	1064,23
Benzo(a)antracen	23,49	77,99	121,95	18,43	18,43	121,95	60,46	50,74
Krizen	51,81	168,22	253,62	47,44	47,44	253,62	130,27	110,01
Benzo(b)fluoranten	6,78	23,46	55,44	8,47	6,78	55,44	23,54	15,96
Benzo(k)fluoranten	6,05	19,67	37,70	6,42	6,05	37,70	17,46	13,05
Benzo(a)piren	2,09	11,15	26,02	2,44	2,09	26,02	10,43	6,79
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,69	4,83	12,29	1,26	0,69	12,29	4,77	3,05
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	2,33	14,64	35,50	4,22	2,33	35,50	14,17	9,43
Bifenil	147,58	1261,16	2060,71	117,23	117,23	2060,71	896,67	704,37
Reten	24,03	114,30	205,55	35,97	24,03	205,55	94,96	75,13
Benzo(a)fluoren	39,25	155,78	261,49	37,50	37,50	261,49	123,51	97,52
Benzo-nafto-tiofen	5,81	16,17	21,88	5,19	5,19	21,88	12,26	10,99
Benzo(ghi)fluoranten	39,43	149,53	243,74	38,12	38,12	243,74	117,70	94,48
Ciklopenta[c,d]piren	1,20	2,87	7,89	1,96	1,20	7,89	3,48	2,42
Trifenilen	17,45	49,75	59,89	17,32	17,32	59,89	36,11	33,60
Benzo(j)fluoranten	7,91	26,16	53,70	8,75	7,91	53,70	24,13	17,46
Benzo(e)piren	6,82	25,15	49,94	8,11	6,82	49,94	22,50	16,63
Perilen	0,82	2,16	4,71	1,08	0,82	4,71	2,19	1,62
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Koronen	n.d.	2,01	7,36	0,59	0,59	7,36	3,32	2,01
Σ29 PAH	3531,87	15938,29	29523,82	3270,41	3270,41	29523,82	13066,10	9735,08

Tabela 7. - nastavak

RUMA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	98,52	994,59	2447,24	124,76	98,52	2447,24	916,28	559,68
Acenaftilen	37,53	974,25	112,37	15,17	15,17	974,25	284,83	74,95
Acenaften	105,05	1207,21	603,12	60,92	60,92	1207,21	494,08	354,08
Fluoren	915,13	8338,90	3655,38	405,28	405,28	8338,90	3328,67	2285,26
Fenantren	3951,03	36941,31	12108,58	1745,69	1745,69	36941,31	13686,65	8029,80
Antracen	<0.05	2437,65	903,98	80,18	80,18	2437,65	1140,60	903,98
Fluoranten	346,92	12661,59	3476,60	598,77	346,92	12661,59	4270,97	2037,68
Piren	290,44	9126,50	2165,39	409,20	290,44	9126,50	2997,88	1287,29
Benzo(a)antracen	18,18	576,36	87,88	20,17	18,18	576,36	175,65	54,02
Krizen	46,11	920,61	173,52	47,68	46,11	920,61	296,98	110,60
Benzo(b)fluoranten	13,13	271,42	37,63	9,50	9,50	271,42	82,92	25,38
Benzo(k)fluoranten	8,35	121,62	24,16	7,56	7,56	121,62	40,42	16,26
Benzo(a)piren	7,56	136,01	21,81	4,40	4,40	136,01	42,44	14,68
Indeno[1,2,3-cd]piren	1,89	53,00	6,99	1,69	1,69	53,00	15,89	4,44
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	7,30	123,01	15,94	5,09	5,09	123,01	37,83	11,62
Bifenil	144,05	3176,66	3701,61	228,82	144,05	3701,61	1812,79	1702,74
Reten	58,49	967,11	181,38	47,66	47,66	967,11	313,66	119,93
Benzo(a)fluoren	23,08	843,33	174,58	32,39	23,08	843,33	268,35	103,48
Benzo-nafto-tiofen	12,80	113,33	10,50	6,51	6,51	113,33	35,78	11,65
Benzo(ghi)fluoranten	21,24	719,83	144,60	34,36	21,24	719,83	230,01	89,48
Ciklopenta[c,d]piren	2,05	32,40	3,13	1,18	1,18	32,40	9,69	2,59
Trifenilen	27,47	256,49	42,09	21,16	21,16	256,49	86,80	34,78
Benzo(j)fluoranten	12,93	154,55	34,62	10,32	10,32	154,55	53,11	23,78
Benzo(e)piren	14,89	203,17	32,51	10,74	10,74	203,17	65,33	23,70
Perilen	2,42	29,30	4,82	1,59	1,59	29,30	9,53	3,62
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,38	5,73	<0.05	n.d.	0,38	5,73	3,06	3,06
Koronen	0,67	23,57	1,19	0,32	0,32	23,57	6,44	0,93
Σ29 PAH	6167,61	81409,51	30171,60	3931,11	3931,11	81409,51	30419,96	18169,60

Tabela 8. Sadržaj PCB, HCH, DDT/metabolite, PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta

BEČEJ								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	166,84	109,20	35,82	56,02	35,82	166,84	91,97	82,61
PCB 52	92,08	46,95	17,13	23,65	17,13	92,08	44,95	35,30
PCB 101	33,77	11,44	5,80	9,04	5,80	33,77	15,01	10,24
PCB 118	15,80	4,63	2,04	3,58	2,04	15,80	6,51	4,11
PCB 153	9,78	3,22	1,26	2,93	1,26	9,78	4,30	3,07
PCB 138	8,41	1,41	0,93	0,75	0,75	8,41	2,88	1,17
PCB 180	1,27	0,38	0,13	0,32	0,13	1,27	0,53	0,35
ΣPCB	327,95	177,22	63,12	96,30	63,12	327,95	166,15	136,76
alfaHCH	12,97	10,60	9,33	6,44	6,44	12,97	9,84	9,97
gamaHCH	17,53	140,87	51,26	77,72	17,53	140,87	71,85	64,49
betaHCH	1,79	1,33	0,33	0,98	0,33	1,79	1,11	1,16
deltaHCH	0,38	0,38	0,19	0,30	0,19	0,38	0,31	0,34
epsilonHCH	0,18	0,13	0,45	0,09	0,09	0,45	0,21	0,16
ΣHCH	32,85	153,32	61,55	85,54	32,85	153,32	83,31	73,55
opDDE	0,38	0,80	0,22	0,51	0,22	0,80	0,48	0,45
ppDDE	6,89	18,67	5,74	9,93	5,74	18,67	10,31	8,41
opDDD	0,46	0,43	0,11	0,66	0,11	0,66	0,41	0,45
opDDT	1,07	1,60	0,37	1,77	0,37	1,77	1,20	1,33
ppDDD	1,07	0,70	0,15	1,32	0,15	1,32	0,81	0,88
ppDDT	1,41	0,61	0,23	1,00	0,23	1,41	0,81	0,81
ΣDDT	11,28	22,82	6,82	15,17	6,82	22,82	14,02	13,23
PeCB	1,25	2,35	3,68	1,85	1,25	3,68	2,28	2,10
HCB	4,88	13,44	11,48	7,78	4,88	13,44	9,39	9,63

Tabela 8. - nastavak

SUBOTICA									
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
PCB 28	17,11	n.d.	14,88	7,87	7,87	17,11	13,28	14,88	
PCB 52	23,12	n.d.	7,73	5,63	5,63	23,12	12,16	7,73	
PCB 101	18,94	n.d.	3,57	2,40	2,40	18,94	8,30	3,57	
PCB 118	11,28	n.d.	2,58	1,15	1,15	11,28	5,01	2,58	
PCB 153	8,06	n.d.	1,56	1,27	1,27	8,06	3,63	1,56	
PCB 138	7,79	n.d.	1,62	0,95	0,95	7,79	3,45	1,62	
PCB 180	1,61	n.d.	0,25	0,32	0,25	1,61	0,73	0,32	
ΣPCB	87,91	n.d.	32,21	19,58	19,58	87,91	46,57	32,21	
alfaHCH	3,10	n.d.	1,97	2,30	1,97	3,10	2,46	2,30	
gamaHCH	10,32	n.d.	2,92	4,96	2,92	10,32	6,07	4,96	
betaHCH	1,07	n.d.	0,14	0,46	0,14	1,07	0,56	0,46	
deltaHCH	0,23	n.d.	0,22	0,21	0,21	0,23	0,22	0,22	
epsilonHCH	0,12	n.d.	0,03	0,05	0,03	0,12	0,06	0,05	
ΣHCH	14,84	n.d.	5,28	7,98	5,28	14,84	9,37	7,98	
opDDE	0,31	n.d.	0,24	0,24	0,24	0,31	0,26	0,24	
ppDDE	6,30	n.d.	6,54	5,59	5,59	6,54	6,15	6,30	
opDDD	0,36	n.d.	0,09	0,21	0,09	0,36	0,22	0,21	
opDDT	0,73	n.d.	0,47	0,52	0,47	0,73	0,57	0,52	
ppDDD	0,82	n.d.	0,13	0,52	0,13	0,82	0,49	0,52	
ppDDT	1,01	n.d.	0,21	0,57	0,21	1,01	0,60	0,57	
ΣDDT	9,53	n.d.	7,69	7,66	7,66	9,53	8,29	7,69	
PeCB	1,25	n.d.	4,47	2,21	1,25	4,47	2,64	2,21	
HCB	5,13	n.d.	12,89	7,11	5,13	12,89	8,38	7,11	

Tabela 8. - nastavak

SOMBOR								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07.12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	8,70	4,95	0,49	16,15	0,49	16,15	7,57	6,82
PCB 52	3,36	3,24	0,16	5,43	0,16	5,43	3,05	3,30
PCB 101	0,82	1,81	0,03	1,17	0,03	1,81	0,96	1,00
PCB 118	0,36	1,31	0,01	0,65	0,01	1,31	0,58	0,50
PCB 153	0,43	1,00	0,03	0,67	0,03	1,00	0,53	0,55
PCB 138	0,31	1,06	0,01	0,54	0,01	1,06	0,48	0,42
PCB 180	0,10	0,20	n.d.	0,25	n.d.	0,25	0,14	0,15
ΣPCB	14,07	13,56	0,74	24,88	0,74	24,88	13,31	13,81
alfaHCH	1,74	3,96	0,27	1,57	0,27	3,96	1,88	1,66
gamaHCH	5,16	7,38	0,39	6,82	0,39	7,38	4,94	5,99
betaHCH	0,26	0,38	0,02	0,16	0,02	0,38	0,21	0,21
deltaHCH	0,11	0,17	0,03	0,15	0,03	0,17	0,11	0,13
epsilonHCH	0,04	0,05	n.d.	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04
ΣHCH	7,30	11,93	0,71	8,72	0,71	11,93	7,17	8,01
opDDE	0,20	0,50	n.d.	0,21	0,20	0,50	0,30	0,21
ppDDE	6,02	16,45	0,48	5,53	0,48	16,45	7,12	5,78
opDDD	0,11	0,20	n.d.	0,23	0,11	0,23	0,18	0,20
opDDT	0,55	0,84	n.d.	0,35	0,35	0,84	0,58	0,55
ppDDD	0,24	0,35	n.d.	0,69	0,24	0,69	0,43	0,35
ppDDT	0,66	0,79	0,02	0,47	0,02	0,79	0,49	0,57
ΣDDT	7,80	19,12	0,49	7,48	0,49	19,12	8,72	7,64
PeCB	1,73	3,94	2,34	2,44	1,73	3,94	2,61	2,39
HCB	4,34	13,39	3,78	7,09	3,78	13,39	7,15	5,72

Tabela 8. - nastavak

ZRENJANIN								
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07.12.	09.10–13.11.12.	16.01–13.02.13.	10.04–08.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	13,77	9,37	2,75	51,12	2,75	51,12	19,25	11,57
PCB 52	10,22	5,03	1,37	22,12	1,37	22,12	9,69	7,63
PCB 101	5,68	2,05	0,48	4,97	0,48	5,68	3,30	3,51
PCB 118	3,60	1,11	0,17	3,16	0,17	3,60	2,01	2,13
PCB 153	3,44	1,11	0,27	1,72	0,27	3,44	1,63	1,41
PCB 138	3,34	0,94	0,18	1,71	0,18	3,34	1,54	1,32
PCB 180	1,19	0,32	0,09	0,42	0,09	1,19	0,51	0,37
ΣPCB	41,25	19,93	5,33	85,22	5,33	85,22	37,93	30,59
alfaHCH	2,83	4,88	1,35	2,74	1,35	4,88	2,95	2,78
gamaHCH	4,58	8,42	1,52	3,35	1,52	8,42	4,47	3,97
betaHCH	0,64	0,87	0,12	0,35	0,12	0,87	0,50	0,50
deltaHCH	0,15	0,17	0,21	0,15	0,15	0,21	0,17	0,16
epsilonHCH	0,07	0,06	n.d.	0,04	0,04	0,07	0,05	0,06
ΣHCH	8,26	14,39	3,20	6,63	3,20	14,39	8,12	7,45
opDDE	0,67	1,04	0,20	0,33	0,20	1,04	0,56	0,50
ppDDE	8,40	18,51	4,38	5,20	4,38	18,51	9,12	6,80
opDDD	0,99	0,80	0,08	0,28	0,08	0,99	0,54	0,54
opDDT	1,27	2,23	0,30	0,60	0,30	2,23	1,10	0,93
ppDDD	2,54	1,63	0,11	0,84	0,11	2,54	1,28	1,23
ppDDT	1,86	2,14	0,19	1,10	0,19	2,14	1,32	1,48
ΣDDT	15,73	26,35	5,25	8,34	5,25	26,35	13,92	12,04
PeCB	1,82	2,71	3,84	1,28	1,28	3,84	2,41	2,26
HCB	6,40	14,90	10,61	6,50	6,40	14,90	9,60	8,55

Tabela 8. - nastavak

PANČEVO								
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07.12.	09.10–13.11.12.	16.01–13.02.13.	10.04–08.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	9,11	5,56	2,07	18,24	2,07	18,24	8,75	7,34
PCB 52	6,70	3,12	1,00	6,30	1,00	6,70	4,28	4,71
PCB 101	3,81	1,59	0,48	1,62	0,48	3,81	1,87	1,60
PCB 118	1,87	0,78	0,20	0,77	0,20	1,87	0,90	0,77
PCB 153	2,11	1,04	0,28	0,89	0,28	2,11	1,08	0,96
PCB 138	1,55	0,72	0,18	0,67	0,18	1,55	0,78	0,70
PCB 180	0,54	0,36	0,09	0,29	0,09	0,54	0,32	0,33
ΣPCB	25,68	13,16	4,31	28,78	4,31	28,78	17,98	19,42
alfaHCH	2,09	3,13	0,89	1,94	0,89	3,13	2,01	2,01
gamaHCH	9,40	7,93	1,78	4,33	1,78	9,40	5,86	6,13
betaHCH	0,39	0,48	0,08	0,21	0,08	0,48	0,29	0,30
deltaHCH	0,13	0,12	0,17	0,12	0,12	0,17	0,13	0,12
epsilonHCH	0,05	0,04	n.d.	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04
ΣHCH	12,04	11,69	2,91	6,63	2,91	12,04	8,32	9,16
opDDE	0,39	0,59	0,19	0,25	0,19	0,59	0,36	0,32
ppDDE	7,73	12,42	3,52	4,84	3,52	12,42	7,13	6,29
opDDD	0,40	0,35	0,12	0,24	0,12	0,40	0,28	0,29
opDDT	1,19	1,11	0,50	0,62	0,50	1,19	0,86	0,87
ppDDD	1,04	0,80	0,26	0,61	0,26	1,04	0,67	0,70
ppDDT	2,06	1,39	0,47	0,99	0,47	2,06	1,23	1,19
ΣDDT	12,81	16,66	5,06	7,55	5,06	16,66	10,52	10,18
PeCB	1,15	2,76	3,05	1,10	1,10	3,05	2,02	1,96
HCB	4,96	12,64	9,03	8,52	4,96	12,64	8,79	8,77

Tabela 8. - nastavak

BAČKA PALANKA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	7,00	3,83	2,22	2,83	2,22	7,00	3,97	3,33
PCB 52	3,53	2,01	1,03	1,29	1,03	3,53	1,97	1,65
PCB 101	1,42	0,77	0,39	0,41	0,39	1,42	0,75	0,59
PCB 118	0,73	0,32	0,16	0,15	0,15	0,73	0,34	0,24
PCB 153	0,80	0,47	0,23	0,21	0,21	0,80	0,43	0,35
PCB 138	0,62	0,32	0,15	0,14	0,14	0,62	0,31	0,24
PCB 180	0,19	0,14	0,07	0,06	0,06	0,19	0,11	0,10
ΣPCB	14,28	7,86	4,24	5,10	4,24	14,28	7,87	6,48
alfaHCH	1,79	2,91	1,12	1,08	1,08	2,91	1,72	1,45
gamaHCH	4,00	3,62	1,23	1,69	1,23	4,00	2,63	2,65
betaHCH	0,31	0,29	0,09	0,09	0,09	0,31	0,19	0,19
deltaHCH	0,22	0,16	0,23	0,13	0,13	0,23	0,19	0,19
epsilonHCH	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03
ΣHCH	6,37	7,02	2,70	3,00	2,70	7,02	4,77	4,68
opDDE	0,23	0,45	0,17	0,11	0,11	0,45	0,24	0,20
ppDDE	6,85	15,08	5,42	3,75	3,75	15,08	7,77	6,13
opDDD	0,13	0,11	0,06	0,04	0,04	0,13	0,09	0,09
opDDT	0,50	0,77	0,27	0,20	0,20	0,77	0,44	0,39
ppDDD	0,23	0,17	0,10	0,07	0,07	0,23	0,14	0,14
ppDDT	0,47	0,72	0,14	0,20	0,14	0,72	0,39	0,34
ΣDDT	8,41	17,31	6,16	4,37	4,37	17,31	9,06	7,29
PeCB	2,06	2,50	3,22	0,92	0,92	3,22	2,17	2,28
HCB	6,42	11,39	9,91	4,51	4,51	11,39	8,06	8,16

Tabela 8. - nastavak

VRBAS									
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
PCB 28	3,04	3,78	2,35	2,65	2,35	3,78	2,95	2,85	
PCB 52	1,95	2,39	1,21	1,74	1,21	2,39	1,82	1,84	
PCB 101	1,02	1,16	0,45	0,76	0,45	1,16	0,85	0,89	
PCB 118	0,53	0,58	0,20	0,43	0,20	0,58	0,44	0,48	
PCB 153	0,62	0,67	0,30	0,42	0,30	0,67	0,50	0,52	
PCB 138	0,48	0,51	0,19	0,37	0,19	0,51	0,39	0,42	
PCB 180	0,18	0,19	0,08	0,11	0,08	0,19	0,14	0,15	
ΣPCB	7,82	9,28	4,78	6,48	4,78	9,28	7,09	7,15	
alfaHCH	2,20	3,41	1,20	2,16	1,20	3,41	2,24	2,18	
gamaHCH	4,50	4,77	1,68	3,32	1,68	4,77	3,57	3,91	
betaHCH	0,45	0,52	0,13	0,27	0,13	0,52	0,34	0,36	
deltaHCH	0,28	0,12	0,19	0,14	0,12	0,28	0,18	0,17	
epsilonHCH	0,07	0,04	n.d.	0,03	0,03	0,07	0,05	0,04	
ΣHCH	7,50	8,86	3,20	5,93	3,20	8,86	6,37	6,72	
opDDE	0,26	0,97	0,35	0,25	0,25	0,97	0,46	0,30	
ppDDE	8,08	32,92	12,44	9,42	8,08	32,92	15,71	10,93	
opDDD	0,16	0,28	0,07	0,17	0,07	0,28	0,17	0,17	
opDDT	0,42	1,47	0,50	0,29	0,29	1,47	0,67	0,46	
ppDDD	0,40	0,50	0,10	0,42	0,10	0,50	0,35	0,41	
ppDDT	0,52	1,44	0,47	0,30	0,30	1,44	0,68	0,49	
ΣDDT	9,84	37,58	13,93	10,85	9,84	37,58	18,05	12,39	
PeCB	1,39	5,93	5,19	1,49	1,39	5,93	3,50	3,34	
HCB	5,26	19,13	11,08	7,06	5,26	19,13	10,63	9,07	

Tabela 8. - nastavak

TEMERIN								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	17,28	17,50	5,87	8,51	5,87	17,50	12,29	12,90
PCB 52	14,55	9,29	2,83	4,86	2,83	14,55	7,88	7,08
PCB 101	9,15	3,48	0,99	2,19	0,99	9,15	3,95	2,84
PCB 118	6,12	1,58	0,40	0,90	0,40	6,12	2,25	1,24
PCB 153	4,60	1,41	0,40	0,69	0,40	4,60	1,78	1,05
PCB 138	5,01	1,16	0,29	0,23	0,23	5,01	1,67	0,72
PCB 180	1,21	0,33	0,09	0,09	0,09	1,21	0,43	0,21
ΣPCB	57,92	34,76	10,87	17,48	10,87	57,92	30,26	26,12
alfaHCH	3,29	4,39	1,77	1,68	1,68	4,39	2,78	2,53
gamaHCH	25,21	9,55	2,02	2,62	2,02	25,21	9,85	6,09
betaHCH	0,69	0,67	0,12	0,19	0,12	0,69	0,42	0,43
deltaHCH	0,42	0,15	0,26	0,20	0,15	0,42	0,26	0,23
epsilonHCH	0,10	0,05	n.d.	0,04	0,04	0,10	0,06	0,05
ΣHCH	29,71	14,82	4,17	4,73	4,17	29,71	13,36	9,77
opDDE	0,47	0,92	0,26	0,17	0,17	0,92	0,46	0,36
ppDDE	12,08	24,59	7,78	5,52	5,52	24,59	12,49	9,93
opDDD	0,85	0,38	0,08	0,03	0,03	0,85	0,33	0,23
opDDT	1,21	1,46	0,40	0,34	0,34	1,46	0,85	0,81
ppDDD	2,42	0,89	0,13	0,26	0,13	2,42	0,92	0,57
ppDDT	3,30	2,20	0,25	0,25	0,25	3,30	1,50	1,23
ΣDDT	20,32	30,43	8,89	6,58	6,58	30,43	16,56	14,61
PeCB	1,74	4,18	5,33	1,98	1,74	5,33	3,31	3,08
HCB	7,19	21,97	13,40	6,45	6,45	21,97	12,25	10,30

Tabela 8. - nastavak

NOVI SAD								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	6,68	7,20	14,29	11,50	6,68	14,29	9,92	9,35
PCB 52	4,54	4,61	9,56	6,49	4,54	9,56	6,30	5,55
PCB 101	2,49	2,44	5,35	2,94	2,44	5,35	3,31	2,72
PCB 118	1,59	1,39	2,94	1,79	1,39	2,94	1,93	1,69
PCB 153	1,08	1,03	1,78	1,18	1,03	1,78	1,27	1,13
PCB 138	1,04	0,88	1,60	1,06	0,88	1,60	1,14	1,05
PCB 180	0,20	0,19	0,30	0,19	0,19	0,30	0,22	0,20
ΣPCB	17,62	17,73	35,82	25,16	17,62	35,82	24,08	21,45
alfaHCH	1,71	2,70	1,31	2,08	1,31	2,70	1,95	1,90
gamaHCH	3,49	4,33	2,03	4,56	2,03	4,56	3,60	3,91
betaHCH	0,25	0,39	0,12	0,20	0,12	0,39	0,24	0,22
deltaHCH	0,14	0,12	0,22	0,20	0,12	0,22	0,17	0,17
epsilonHCH	0,04	0,03	n.d.	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
ΣHCH	5,63	7,57	3,68	7,08	3,68	7,57	5,99	6,36
opDDE	0,15	0,47	0,25	0,23	0,15	0,47	0,28	0,24
ppDDE	3,05	10,65	6,31	5,48	3,05	10,65	6,37	5,90
opDDD	0,12	0,16	0,11	0,16	0,11	0,16	0,14	0,14
opDDT	0,30	0,73	0,43	0,38	0,30	0,73	0,46	0,40
ppDDD	0,19	0,25	0,15	0,27	0,15	0,27	0,21	0,22
ppDDT	0,27	0,65	0,25	0,39	0,25	0,65	0,39	0,33
ΣDDT	4,08	12,91	7,49	6,91	4,08	12,91	7,85	7,20
PeCB	0,87	4,63	5,22	2,11	0,87	5,22	3,21	3,37
HCB	4,32	13,19	13,68	7,93	4,32	13,68	9,78	10,56

Tabela 8. - nastavak

RUMA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	55,21	1,81	3,08	7,67	1,81	55,21	16,94	5,37
PCB 52	19,98	0,80	1,60	5,18	0,80	19,98	6,89	3,39
PCB 101	4,57	0,29	0,67	2,29	0,29	4,57	1,95	1,48
PCB 118	2,82	0,13	0,28	1,09	0,13	2,82	1,08	0,69
PCB 153	2,10	0,13	0,38	1,08	0,13	2,10	0,92	0,73
PCB 138	1,87	0,11	0,29	0,91	0,11	1,87	0,79	0,60
PCB 180	0,53	0,03	0,19	0,27	0,03	0,53	0,26	0,23
ΣPCB	87,08	3,30	6,50	18,51	3,30	87,08	28,84	12,50
alfaHCH	1,60	0,47	0,93	1,77	0,47	1,77	1,19	1,26
gamaHCH	8,83	1,60	3,57	8,64	1,60	8,83	5,66	6,10
betaHCH	0,27	0,08	0,06	0,20	0,06	0,27	0,15	0,14
deltaHCH	0,12	0,03	0,18	0,28	0,03	0,28	0,15	0,15
epsilonHCH	0,04	n.d.	1,11	0,04	0,04	1,11	0,40	0,04
ΣHCH	10,86	2,18	5,86	10,92	2,18	10,92	7,45	8,36
opDDE	0,34	0,11	0,21	0,40	0,11	0,40	0,26	0,28
ppDDE	10,81	3,33	7,23	13,23	3,33	13,23	8,65	9,02
opDDD	0,38	0,05	0,09	0,37	0,05	0,38	0,22	0,23
opDDT	0,82	0,26	0,38	0,76	0,26	0,82	0,55	0,57
ppDDD	1,14	0,07	0,16	0,88	0,07	1,14	0,56	0,52
ppDDT	1,49	0,26	0,22	1,21	0,22	1,49	0,79	0,74
ΣDDT	14,98	4,08	8,28	16,84	4,08	16,84	11,05	11,63
PeCB	0,84	0,61	3,58	2,74	0,61	3,58	1,94	1,79
HCB	4,92	1,57	9,74	7,96	1,57	9,74	6,05	6,44

Tabela 9. Sadržaj PBDE u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta

BEČEJ								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07. 12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	56,49	44,41	12,61	15,08	12,61	56,49	32,15	29,75
BDE 47	367,91	90,79	34,02	57,42	34,02	367,91	137,53	74,10
BDE 66	26,26	40,25	4,58	3,42	3,42	40,25	18,63	15,42
BDE 100	42,07	16,49	4,31	15,39	4,31	42,07	19,56	15,94
BDE 99	182,21	52,70	14,60	57,81	14,60	182,21	76,83	55,25
BDE 85	6,28	5,63	n.d.	3,72	3,72	6,28	5,21	5,63
BDE 154	21,25	5,45	n.d.	3,25	3,25	21,25	9,98	5,45
BDE 153	27,25	13,75	5,65	5,01	5,01	27,25	12,91	9,70
BDE 183	99,13	8,31	n.d.	4,32	4,32	99,13	37,26	8,31
BDE 209	191,58	n.d.	606,35	n.d.	191,58	606,35	398,97	398,97
ΣBDE	1020,43	277,78	682,12	165,41	165,41	1020,43	536,44	479,95

SUBOTICA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07. 12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	42,02	11,05	24,67	11,05	42,02	25,92	24,67	42,02
BDE 47	249,33	34,17	95,11	34,17	249,33	126,20	95,11	249,33
BDE 66	14,15	n.d.	8,40	8,40	14,15	11,28	11,28	14,15
BDE 100	28,20	4,60	13,19	4,60	28,20	15,33	13,19	28,20
BDE 99	118,99	18,38	61,13	18,38	118,99	66,17	61,13	118,99
BDE 85	4,81	n.d.	n.d.	4,81	4,81	4,81	4,81	4,81
BDE 154	14,41	3,34	6,85	3,34	14,41	8,20	6,85	14,41
BDE 153	21,32	5,51	12,66	5,51	21,32	13,16	12,66	21,32
BDE 183	17,71	23,97	32,22	17,71	32,22	24,63	23,97	17,71
BDE 209	180,94	1232,79	252,99	180,94	1232,79	555,57	252,99	180,94
ΣBDE	691,87	1333,80	507,23	507,23	1333,80	844,30	691,87	691,87

Tabela 9. - nastavak

SOMBOR									
Period uzorkovanja [ng/filter]	14.06–12.07. 12.	08.10 – 12.11.12.	15.01- 12.02.13.	09.04 – 07.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	16,54	15,09	n.d.	8,15	8,15	16,54	13,26	15,09	
BDE 47	272,21	61,75	n.d.	78,50	61,75	272,21	137,48	78,50	
BDE 66	9,40	9,55	n.d.	5,13	5,13	9,55	8,02	9,40	
BDE 100	36,66	6,59	n.d.	11,84	6,59	36,66	18,36	11,84	
BDE 99	151,11	28,75	n.d.	56,94	28,75	151,11	78,93	56,94	
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BDE 154	15,96	4,65	n.d.	6,31	4,65	15,96	8,97	6,31	
BDE 153	18,11	5,36	n.d.	9,91	5,36	18,11	11,12	9,91	
BDE 183	20,76	9,94	n.d.	13,87	9,94	20,76	14,86	13,87	
BDE 209	99,36	103,98	n.d.	337,13	99,36	337,13	180,16	103,98	
ΣBDE	640,09	245,63	n.d.	527,78	n.d.	640,09	353,38	386,71	

ZRENJANIN									
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07. 12.	09.10–13.11. 12.	16.01–13.02. 13.	10.04–08.05. 13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	153,08	38,29	13,62	35,54	13,62	153,08	60,13	36,91	
BDE 47	453,72	91,54	30,44	97,11	30,44	453,72	168,20	94,32	
BDE 66	25,94	9,76	n.d.	8,95	8,95	25,94	14,88	9,76	
BDE 100	72,96	10,83	4,18	11,06	4,18	72,96	24,76	10,94	
BDE 99	430,81	41,33	24,73	47,63	24,73	430,81	136,13	44,48	
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BDE 154	46,73	7,45	4,84	7,30	4,84	46,73	16,58	7,37	
BDE 153	70,22	17,44	n.d.	11,08	11,08	70,22	32,91	17,44	
BDE 183	152,11	34,82	13,37	11,47	11,47	152,11	52,94	24,09	
BDE 209	5146,39	2304,03	178,47	728,19	178,47	5146,39	2089,27	1516,11	
ΣBDE	6551,97	2555,48	269,65	958,33	269,65	6551,97	2583,86	1756,90	

Tabela 9. - nastavak

PANČEVO									
Period uzorkovanja [ng/filter]	15.06–13.07. 12.	09.10–13.11. 12.	16.01–13.02. 13.	10.04–08.05. 13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	32,63	17,24	4,85	15,63	4,85	32,63	17,59	16,44	
BDE 47	167,68	86,70	16,37	88,95	16,37	167,68	89,92	87,83	
BDE 66	12,30	7,92	n.d.	11,84	7,92	12,30	10,69	11,84	
BDE 100	17,09	10,94	2,54	11,09	2,54	17,09	10,41	11,01	
BDE 99	62,13	50,59	9,91	49,84	9,91	62,13	43,12	50,21	
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BDE 154	8,84	5,35	n.d.	5,44	5,35	8,84	6,54	5,44	
BDE 153	11,78	5,96	n.d.	8,11	5,96	11,78	8,62	8,11	
BDE 183	34,79	20,32	4,39	30,21	4,39	34,79	22,43	25,26	
BDE 209	1882,39	378,33	52,71	696,73	52,71	1882,39	752,54	537,53	
ΣBDE	2229,63	583,33	90,77	917,85	90,77	2229,63	955,39	750,59	
BAČKA PALANKA									
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	75,00	25,90	6,80	3,92	3,92	75,00	27,90	16,35	
BDE 47	157,10	141,90	30,29	28,25	28,25	157,10	89,39	86,10	
BDE 66	22,63	9,06	n.d.	n.d.	9,06	22,63	15,84	15,84	
BDE 100	16,25	16,39	3,58	4,34	3,58	16,39	10,14	10,29	
BDE 99	66,67	63,59	13,76	18,34	13,76	66,67	40,59	40,96	
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BDE 154	8,53	6,64	n.d.	n.d.	6,64	8,53	7,59	7,59	
BDE 153	9,67	6,18	n.d.	n.d.	6,18	9,67	7,92	7,92	
BDE 183	24,51	7,70	4,72	2,92	2,92	24,51	9,96	6,21	
BDE 209	212,40	347,46	285,41	98,06	98,06	347,46	235,83	248,90	
ΣBDE	592,76	624,81	344,55	155,83	155,83	624,81	429,49	468,65	

Tabela 9. - nastavak

VRBAS									
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	54,19	20,97	6,58	15,63	6,58	54,19	24,34	18,30	
BDE 47	109,93	73,80	25,04	102,29	25,04	109,93	77,76	88,05	
BDE 66	14,87	7,82	n.d.	9,62	7,82	14,87	10,77	9,62	
BDE 100	11,23	11,13	3,79	14,75	3,79	14,75	10,22	11,18	
BDE 99	43,55	38,75	13,01	64,95	13,01	64,95	40,06	41,15	
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BDE 154	8,29	6,35	n.d.	6,47	6,35	8,29	7,04	6,47	
BDE 153	17,82	9,30	n.d.	8,60	8,60	17,82	11,90	9,30	
BDE 183	67,45	21,69	5,15	15,14	5,15	67,45	27,36	18,42	
BDE 209	480,86	161,38	36,50	154,17	36,50	480,86	208,22	157,77	
ΣBDE	808,18	351,18	90,06	391,60	90,06	808,18	410,26	371,39	
TEMERIN									
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
BDE 28	49,46	37,81	8,70	n.d.	8,70	49,46	31,99	37,81	
BDE 47	797,32	120,60	30,53	n.d.	30,53	797,32	316,15	120,60	
BDE 66	42,65	13,22	n.d.	n.d.	13,22	42,65	27,94	27,94	
BDE 100	156,26	16,20	3,95	n.d.	3,95	156,26	58,80	16,20	
BDE 99	702,54	60,94	16,49	n.d.	16,49	702,54	259,99	60,94	
BDE 85	22,73	n.d.	n.d.	n.d.	22,73	22,73	22,73	22,73	
BDE 154	65,19	12,94	n.d.	8,14	8,14	65,19	28,76	12,94	
BDE 153	93,16	16,20	n.d.	14,38	14,38	93,16	41,25	16,20	
BDE 183	245,72	39,31	5,87	24,92	5,87	245,72	78,96	32,12	
BDE 209	1820,15	539,53	71,32	799,67	71,32	1820,15	807,67	669,60	
ΣBDE	3995,18	856,76	136,85	847,12	136,85	3995,18	1458,98	851,94	

Tabela 9. - nastavak

NOVI SAD								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	29,00	41,89	98,97	24,53	24,53	98,97	48,59	35,44
BDE 47	97,37	91,47	463,21	111,24	91,47	463,21	190,82	104,30
BDE 66	14,65	8,69	17,09	8,31	8,31	17,09	12,18	11,67
BDE 100	12,35	11,25	38,05	10,42	10,42	38,05	18,02	11,80
BDE 99	31,30	38,94	163,45	45,32	31,30	163,45	69,75	42,13
BDE 85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BDE 154	10,32	7,63	10,87	5,21	5,21	10,87	8,51	8,97
BDE 153	7,97	11,99	12,35	6,18	6,18	12,35	9,62	9,98
BDE 183	14,78	137,92	8,12	7,23	7,23	137,92	42,01	11,45
BDE 209	179,15	234,58	81,39	296,21	81,39	296,21	197,83	206,87
ΣBDE	396,89	584,34	893,50	514,65	396,89	893,50	597,35	549,50
RUMA								
Period uzorkovanja [ng/filter]	18.06–16.07.12.	10.10–14.11.12.	17.01–14.02.13.	11.04–09.05.13.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	38,77	3,38	15,35	16,56	3,38	38,77	18,51	15,96
BDE 47	475,33	14,03	25,54	108,73	14,03	475,33	155,91	67,13
BDE 66	21,84	n.d.	n.d.	8,73	8,73	21,84	15,29	15,29
BDE 100	52,88	n.d.	3,67	13,26	3,67	52,88	23,27	13,26
BDE 99	199,72	7,50	14,28	55,34	7,50	199,72	69,21	34,81
BDE 85	4,55	n.d.	n.d.	n.d.	4,55	4,55	4,55	4,55
BDE 154	15,63	n.d.	3,80	8,76	3,80	15,63	9,39	8,76
BDE 153	19,10	n.d.	n.d.	10,75	10,75	19,10	14,93	14,93
BDE 183	34,42	n.d.	7,24	24,33	7,24	34,42	22,00	24,33
BDE 209	881,09	24,24	33,06	318,09	24,24	881,09	314,12	175,58
ΣBDE	1743,32	49,15	102,94	564,54	49,15	1743,32	614,99	333,74

Tabela 10. Sadržaj PCDD/F u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta u letnjem periodu

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Period uzorkovanja [pg/filter]	12.07.12- 08.10.12.	12.07.12- 08.10.12.	12.07.12- 08.10.12.	13.07.12- 09.10.12.	13.07.12- 09.10.12.	16.07.12- 10.10.12.	16.07.12- 10.10.12.	16.07.12- 10.10.12.	18.07.12- 10.10.12.	16.07.12- 10.10.12.
2378-TCDD	3,21	2,89	0,15	0,94	0,77	1,04	2,66	5,46	1,05	0,32
12378-PeCDD	10,88	7,95	0,74	2,75	2,60	3,75	5,51	12,24	2,03	1,08
123478-HxCDD	3,38	2,24	0,16	1,29	0,69	1,12	1,17	3,49	0,82	0,47
123678-HxCDD	8,31	6,72	0,64	3,51	2,23	3,05	3,67	11,61	2,49	1,18
123789-HxCDD	5,42	4,07	n.d.	2,25	1,33	1,88	2,46	6,66	1,54	0,92
1234678-HpCDD	33,98	24,79	3,47	18,87	7,20	8,16	23,02	45,55	6,67	8,31
OCDD	100,62	74,78	10,50	71,93	15,01	11,12	58,65	129,46	11,00	38,92
2378-TCDF	30,27	32,71	2,86	9,38	8,05	8,60	12,67	24,37	44,50	4,13
12378-PeCDF	28,79	25,18	2,69	8,49	6,73	8,84	17,21	38,41	12,61	3,57
23478-PeCDF	30,78	24,97	2,29	8,76	6,98	7,86	10,24	26,84	12,30	3,29
123478-HxCDF	34,50	21,72	3,76	9,37	5,96	6,91	22,24	58,98	9,57	3,59
123678-HxCDF	23,80	17,08	2,49	7,78	5,61	5,84	11,30	30,79	6,55	2,82
234678-HxCDF	19,71	14,57	1,71	6,41	4,88	4,37	6,78	21,29	5,05	2,62
123789-HxCDF	n.d.	n.d.	n.d.	0,19	0,13	n.d.	0,21	0,85	0,16	0,09
1234678-HpCDF	64,42	36,45	7,36	22,66	13,45	12,85	35,16	101,67	16,49	9,18
1234789-HpCDF	4,88	2,90	0,60	1,49	0,90	1,01	3,77	9,11	1,24	n.d.
OCDF	25,01	14,34	2,83	9,13	4,44	3,71	29,97	55,60	5,73	3,94

Tabela 11. Sadržaj PCDD/F u ambijentalnom vazduhu ispitivanih lokaliteta u zimskom periodu

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
Period uzorkovanja [pg/filter]	08.10.12- 15.01.13.	08.10.12- 15.01.13.	08.10.12- 15.01.13.	09.10.12- 16.01.13.	09.10.12- 16.01.13.	10.10.12- 17.01.13.	10.10.12- 17.01.13.	10.10.12- 17.01.13.	10.10.12- 17.01.13.	10.10.12- 16.01.13.
2378-TCDD	1,42	1,52	1,02	0,95	1,04	0,42	1,18	1,53	2,31	1,45
12378-PeCDD	2,06	3,22	2,43	2,00	1,39	1,14	2,00	2,10	5,01	1,64
123478-HxCDD	0,72	0,98	0,71	0,56	0,35	0,36	0,52	0,66	1,65	0,58
123678-HxCDD	1,43	2,45	1,83	1,44	0,84	0,90	1,40	1,42	3,76	1,18
123789-HxCDD	1,34	2,08	1,96	n,d,	1,57	0,60	0,94	0,99	n,d.	0,80
1234678-HpCDD	7,64	11,60	9,93	5,95	4,74	4,15	5,92	7,31	18,88	5,13
OCDD	16,78	23,32	23,16	14,28	12,93	8,04	15,22	15,59	42,65	11,27
2378-TCDF	15,01	33,44	9,47	11,73	11,70	6,04	9,92	10,10	56,00	14,01
12378-PeCDF	7,12	11,27	5,63	6,75	5,19	3,62	6,44	7,35	16,48	6,43
23478-PeCDF	7,06	11,19	5,57	6,87	4,52	2,97	4,85	5,47	16,95	6,53
123478-HxCDF	4,16	5,92	4,48	4,09	2,50	2,27	4,91	6,06	12,71	3,77
123678-HxCDF	4,12	6,58	3,66	3,81	2,43	2,08	3,68	4,09	11,10	3,56
234678-HxCDF	3,44	5,83	2,92	3,23	2,21	1,68	2,67	2,84	11,69	3,18
123789-HxCDF	n,d.	n,d.	0,11	0,11	0,56	n,d.	n,d.	0,17	2,93	0,10
1234678-HpCDF	9,97	15,41	10,13	8,07	5,73	5,19	10,45	12,37	43,08	8,99
1234789-HpCDF	0,78	1,30	0,90	0,83	n,d.	0,37	0,99	1,17	3,87	0,75
OCDF	4,42	6,59	5,69	3,42	n,d.	2,26	9,14	8,26	29,31	3,52

Tabela 12. Koncentracioni nivoi PAH u zemljištu sa ispitivanih lokaliteta

BEČEJ							
Period uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
Naftalen	5,82	7,30	5,82	7,30	6,56	6,56	
Acenaftilen	0,50	0,74	0,50	0,74	0,62	0,62	
Acenaften	0,34	0,28	0,28	0,34	0,31	0,31	
Fluoren	0,95	0,93	0,93	0,95	0,94	0,94	
Fenantren	5,81	5,16	5,16	5,81	5,49	5,49	
Antracen	0,73	0,80	0,73	0,80	0,77	0,77	
Fluoranten	7,73	8,72	7,73	8,72	8,22	8,22	
Piren	6,06	6,65	6,06	6,65	6,35	6,35	
Benzo(a)antracen	1,85	1,89	1,85	1,89	1,87	1,87	
Krizen	3,85	4,64	3,85	4,64	4,24	4,24	
Benzo(b)fluoranten	2,20	1,70	1,70	2,20	1,95	1,95	
Benzo(k)fluoranten	1,27	1,29	1,27	1,29	1,28	1,28	
Benzo(a)piren	1,63	1,70	1,63	1,70	1,67	1,67	
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,33	0,26	0,26	0,33	0,29	0,29	
Dibenzo(a,h)antracen	0,03	n.d.	0,03	0,03	0,03	0,03	
Benzo(ghi)perilen	1,03	1,05	1,03	1,05	1,04	1,04	
Bifenil	2,66	2,26	2,26	2,66	2,46	2,46	
Reten	1,51	1,76	1,51	1,76	1,63	1,63	
Benzo(a)fluoren	0,27	0,33	0,27	0,33	0,30	0,30	
Benzo-nafto-tiofen	0,45	0,52	0,45	0,52	0,49	0,49	
Benzo(ghi)fluoranten	1,74	1,80	1,74	1,80	1,77	1,77	
Ciklopenta[c,d]piren	0,10	0,17	0,10	0,17	0,13	0,13	
Trifenilen	1,55	2,10	1,55	2,10	1,83	1,83	
Benzo(j)fluoranten	1,79	2,07	1,79	2,07	1,93	1,93	
Benzo(e)piren	2,63	3,03	2,63	3,03	2,83	2,83	
Perilen	0,34	0,64	0,34	0,64	0,49	0,49	
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-	
Antantren	n.d.	n.d.	-	-	-	-	
Koronen	n.d.	n.d.	-	-	-	-	
Σ29 PAH	13,03	14,68	12,63	15,07	13,85	13,85	

Tabela 12. - nastavak

SUBOTICA						
Period uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	3,00	7,90	3,00	7,90	5,45	5,45
Acenaftilen	1,38	2,85	0,80	2,85	2,11	2,11
Acenaften	0,80	1,28	0,80	1,28	1,04	1,04
Fluoren	2,28	4,15	2,28	4,15	3,21	3,21
Fenantren	37,33	59,41	7,59	59,41	48,37	48,37
Antracen	7,59	8,82	7,59	8,82	8,20	8,20
Fluoranten	82,17	132,19	75,53	132,19	107,18	107,18
Piren	75,53	124,80	18,26	124,80	100,17	100,17
Benzo(a)antracen	32,55	59,09	9,90	59,09	45,82	45,82
Hrizen	38,92	76,79	32,49	76,79	57,86	57,86
Benzo(b)fluoranten	32,49	78,53	15,93	78,53	55,51	55,51
Benzo(k)fluoranten	15,25	30,07	15,25	30,07	22,66	22,66
Benzo(a)piren	28,89	58,20	7,21	58,20	43,54	43,54
Indeno[1,2,3-cd]piren	5,63	16,80	0,01	16,80	11,21	11,21
Dibenzo(a,h)antracen	0,13	0,01	0,01	0,13	0,07	0,07
Benzo(ghi)perilen	21,11	57,40	2,02	57,40	39,25	39,25
Bifenil	3,24	4,72	1,38	4,72	3,98	3,98
Reten	18,26	41,62	4,35	41,62	29,94	29,94
Benzo(a)fluoren	4,35	7,49	3,83	7,49	5,92	5,92
Benzo-nafto-tiofen	3,83	10,30	3,83	10,30	7,07	7,07
Benzo(ghi)fluoranten	12,66	29,84	0,25	29,84	21,25	21,25
Ciklopenta[c,d]piren	0,25	1,41	0,25	1,41	0,83	0,83
Trifenilen	9,90	22,33	9,90	22,33	16,12	16,12
Benzo(j)fluoranten	15,93	31,06	15,25	31,06	23,50	23,50
Benzo(e)piren	29,52	72,73	28,89	72,73	51,12	51,12
Perilen	7,21	16,90	5,63	16,90	12,05	12,05
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	2,02	5,89	2,02	5,89	3,96	3,96
Koronen	3,08	14,18	3,08	14,18	8,63	8,63
Σ29 PAH	110,25	258,46	78,67	258,46	184,36	184,36

Tabela 12. - nastavak

SOMBOR						
Period uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	6,26	2,73	2,73	6,26	4,49	4,49
Acenaftilen	0,46	1,08	0,46	1,08	0,77	0,77
Acenaften	0,45	0,37	0,37	0,45	0,41	0,41
Fluoren	1,12	1,84	1,12	1,84	1,48	1,48
Fenantren	6,10	29,23	6,10	29,23	17,67	17,67
Antracen	0,91	4,74	0,91	4,74	2,82	2,82
Fluoranten	7,41	68,94	7,41	68,94	38,17	38,17
Piren	6,89	62,97	6,89	62,97	34,93	34,93
Benzo(a)antracen	2,42	29,72	2,42	29,72	16,07	16,07
Krizen	4,10	37,66	4,10	37,66	20,88	20,88
Benzo(b)fluoranten	3,13	33,00	3,13	33,00	18,07	18,07
Benzo(k)fluoranten	1,62	14,55	1,62	14,55	8,09	8,09
Benzo(a)piren	2,59	25,39	2,59	25,39	13,99	13,99
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,61	6,45	0,61	6,45	3,53	3,53
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Benzo(ghi)perilen	2,24	18,14	2,24	18,14	10,19	10,19
Bifenil	2,49	2,54	2,49	2,54	2,51	2,51
Reten	1,81	21,82	1,81	21,82	11,81	11,81
Benzo(a)fluoren	0,41	3,93	0,41	3,93	2,17	2,17
Benzo-nafto-tiofen	0,49	3,59	0,49	3,59	2,04	2,04
Benzo(ghi)fluoranten	1,87	15,15	1,87	15,15	8,51	8,51
Ciklopenta[c,d]piren	0,15	0,97	0,15	0,97	0,56	0,56
Trifenilen	1,59	11,44	1,59	11,44	6,51	6,51
Benzo(j)fluoranten	2,32	16,63	2,32	16,63	9,47	9,47
Benzo(e)piren	2,93	28,88	2,93	28,88	15,90	15,90
Perilen	0,63	6,83	0,63	6,83	3,73	3,73
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
Koronen	0,37	2,78	0,37	2,78	1,57	1,57
Σ29 PAH	15,05	116,31	16,82	116,31	66,56	66,56

Tabela 12. - nastavak

SOMBOR						
Period uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	6,26	2,73	2,73	6,26	4,49	4,49
Acenaftilen	0,46	1,08	0,46	1,08	0,77	0,77
Acenaften	0,45	0,37	0,37	0,45	0,41	0,41
Fluoren	1,12	1,84	1,12	1,84	1,48	1,48
Fenantren	6,10	29,23	6,10	29,23	17,67	17,67
Antracen	0,91	4,74	0,91	4,74	2,82	2,82
Fluoranten	7,41	68,94	7,41	68,94	38,17	38,17
Piren	6,89	62,97	6,89	62,97	34,93	34,93
Benzo(a)antracen	2,42	29,72	2,42	29,72	16,07	16,07
Krizen	4,10	37,66	4,10	37,66	20,88	20,88
Benzo(b)fluoranten	3,13	33,00	3,13	33,00	18,07	18,07
Benzo(k)fluoranten	1,62	14,55	1,62	14,55	8,09	8,09
Benzo(a)piren	2,59	25,39	2,59	25,39	13,99	13,99
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,61	6,45	0,61	6,45	3,53	3,53
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Benzo(ghi)perilen	2,24	18,14	2,24	18,14	10,19	10,19
Bifenil	2,49	2,54	2,49	2,54	2,51	2,51
Reten	1,81	21,82	1,81	21,82	11,81	11,81
Benzo(a)fluoren	0,41	3,93	0,41	3,93	2,17	2,17
Benzo-nafto-tiofen	0,49	3,59	0,49	3,59	2,04	2,04
Benzo(ghi)fluoranten	1,87	15,15	1,87	15,15	8,51	8,51
Ciklopenta[c,d]piren	0,15	0,97	0,15	0,97	0,56	0,56
Trifenilen	1,59	11,44	1,59	11,44	6,51	6,51
Benzo(j)fluoranten	2,32	16,63	2,32	16,63	9,47	9,47
Benzo(e)piren	2,93	28,88	2,93	28,88	15,90	15,90
Perilen	0,63	6,83	0,63	6,83	3,73	3,73
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	n.d.	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
Koronen	0,37	2,78	0,37	2,78	1,57	1,57
Σ29 PAH	15,05	116,31	16,82	116,31	66,56	66,56

Tabela 12. - nastavak

ZRENJANIN						
Period uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	2,83	0,49	0,49	2,83	1,66	1,66
Acenaftilen	1,72	0,93	0,93	1,72	1,33	1,33
Acenaften	0,54	0,43	0,43	0,54	0,49	0,49
Fluoren	1,42	1,41	1,41	1,42	1,42	1,42
Fenantren	19,18	39,46	19,18	39,46	29,32	29,32
Antracen	4,01	8,05	4,01	8,05	6,03	6,03
Fluoranten	35,97	112,90	35,97	112,90	74,43	74,43
Piren	33,46	97,90	33,46	97,90	65,68	65,68
Benzo(a)antracen	19,08	38,03	19,08	38,03	28,56	28,56
Krizen	42,51	43,72	42,51	43,72	43,11	43,11
Benzo(b)fluoranten	28,56	37,94	28,56	37,94	33,25	33,25
Benzo(k)fluoranten	14,18	16,72	14,18	16,72	15,45	15,45
Benzo(a)piren	18,60	32,59	18,60	32,59	25,59	25,59
Indeno[1,2,3-cd]piren	4,69	5,94	4,69	5,94	5,32	5,32
Dibenzo(a,h)antracen	0,15	0,29	0,15	0,29	0,22	0,22
Benzo(ghi)perilen	15,82	23,67	15,82	23,67	19,75	19,75
Bifenil	2,67	1,27	1,27	2,67	1,97	1,97
Reten	12,09	17,74	12,09	17,74	14,92	14,92
Benzo(a)fluoren	2,18	4,71	2,18	4,71	3,45	3,45
Benzo-nafto-tiofen	5,80	3,69	3,69	5,80	4,75	4,75
Benzo(ghi)fluoranten	8,05	13,10	8,05	13,10	10,57	10,57
Ciklopenta[c,d]piren	0,82	2,44	0,82	2,44	1,63	1,63
Trifenilen	8,17	10,20	8,17	10,20	9,19	9,19
Benzo(j)fluoranten	16,38	18,25	16,38	18,25	17,32	17,32
Benzo(e)piren	25,66	30,31	25,66	30,31	27,99	27,99
Perilen	5,34	9,74	5,34	9,74	7,54	7,54
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,98	2,79	0,98	2,79	1,89	1,89
Koronen	2,43	3,19	2,43	3,19	2,81	2,81
Σ29 PAH	90,58	117,44	87,07	120,94	104,01	104,01

Tabela 12. - nastavak

PANČEVO						
Period uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	7,02	0,68	0,68	7,02	3,85	3,85
Acenaftilen	0,63	1,64	0,63	1,64	1,14	1,14
Acenaften	0,41	0,38	0,38	0,41	0,40	0,40
Fluoren	0,79	2,35	0,79	2,35	1,57	1,57
Fenantren	5,68	55,15	5,68	55,15	30,41	30,41
Antracen	0,85	4,97	0,85	4,97	2,91	2,91
Fluoranten	6,59	97,66	6,59	97,66	52,12	52,12
Piren	5,92	94,19	5,92	94,19	50,06	50,06
Benzo(a)antracen	1,17	43,76	1,17	43,76	22,46	22,46
Krizen	2,93	61,03	2,93	61,03	31,98	31,98
Benzo(b)fluoranten	1,97	54,16	1,97	54,16	28,07	28,07
Benzo(k)fluoranten	1,09	19,46	1,09	19,46	10,27	10,27
Benzo(a)piren	1,63	35,89	1,63	35,89	18,76	18,76
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,46	11,55	0,46	11,55	6,01	6,01
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Benzo(ghi)perilen	1,97	26,86	1,97	26,86	14,41	14,41
Bifenil	2,07	1,48	1,48	2,07	1,77	1,77
Reten	1,05	17,46	1,05	17,46	9,26	9,26
Benzo(a)fluoren	0,21	5,50	0,21	5,50	2,85	2,85
Benzo-nafto-tiofen	0,51	5,93	0,51	5,93	3,22	3,22
Benzo(ghi)fluoranten	1,44	18,04	1,44	18,04	9,74	9,74
Ciklopenta[c,d]piren	0,20	1,27	0,20	1,27	0,73	0,73
Trifenilen	1,34	19,54	1,34	19,54	10,44	10,44
Benzo(j)fluoranten	1,02	24,70	1,02	24,70	12,86	12,86
Benzo(e)piren	2,48	46,10	2,48	46,10	24,29	24,29
Perilen	0,46	8,56	0,46	8,56	4,51	4,51
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,13	2,14	0,13	2,14	1,13	1,13
Koronen	0,45	4,63	0,45	4,63	2,54	2,54
Σ29 PAH	11,32	155,35	10,74	155,94	83,34	83,34

Tabela 12. - nastavak

BAČKA PALANKA						
Period uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	1,07	5,46	1,07	5,46	3,26	3,26
Acenaftilen	0,17	0,61	0,17	0,61	0,39	0,39
Acenaften	0,12	0,44	0,12	0,44	0,28	0,28
Fluoren	0,37	1,48	0,37	1,48	0,92	0,92
Fenantren	2,24	13,73	2,24	13,73	7,98	7,98
Antracen	0,26	2,04	0,26	2,04	1,15	1,15
Fluoranten	1,92	19,92	1,92	19,92	10,92	10,92
Piren	1,17	17,38	1,17	17,38	9,27	9,27
Benzo(a)antracen	0,27	6,59	0,27	6,59	3,43	3,43
Krizen	0,80	9,97	0,80	9,97	5,38	5,38
Benzo(b)fluoranten	0,54	6,40	0,54	6,40	3,47	3,47
Benzo(k)fluoranten	0,25	3,88	0,25	3,88	2,06	2,06
Benzo(a)piren	0,38	4,78	0,38	4,78	2,58	2,58
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,15	1,32	0,15	1,32	0,73	0,73
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	0,55	3,59	0,55	3,59	2,07	2,07
Bifenil	0,62	2,99	0,62	2,99	1,80	1,80
Reten	0,33	2,94	0,33	2,94	1,64	1,64
Benzo(a)fluoren	0,05	0,99	0,05	0,99	0,52	0,52
Benzo-nafto-tiofen	0,11	0,73	0,11	0,73	0,42	0,42
Benzo(ghi)fluoranten	0,30	5,51	0,30	5,51	2,91	2,91
Ciklopenta[c,d]piren	0,08	0,36	0,08	0,36	0,22	0,22
Trifenilen	0,37	3,13	0,37	3,13	1,75	1,75
Benzo(j)fluoranten	0,37	3,98	0,37	3,98	2,17	2,17
Benzo(e)piren	0,64	6,42	0,64	6,42	3,53	3,53
Perilen	0,08	0,91	0,08	0,91	0,50	0,50
Dibenzo(a,c)antracen	0,55	3,59	0,55	3,59	2,07	2,07
Antantren	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Koronen	0,20	0,50	0,20	0,50	0,35	0,35
Σ29 PAH	3,71	32,04	3,71	32,04	17,88	17,88

Tabela 12. - nastavak

VRBAS							
Period uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	
Naftalen	6,57	3,69	3,69	6,57	5,13	5,13	
Acenaftilen	0,39	1,08	0,39	1,08	0,74	0,74	
Acenaften	0,35	0,78	0,35	0,78	0,56	0,56	
Fluoren	0,88	2,48	0,88	2,48	1,68	1,68	
Fenantren	4,55	22,08	4,55	22,08	13,31	13,31	
Antracen	0,66	5,79	0,66	5,79	3,22	3,22	
Fluoranten	3,69	16,98	3,69	16,98	10,34	10,34	
Piren	2,56	13,83	2,56	13,83	8,20	8,20	
Benzo(a)antracen	0,64	3,46	0,64	3,46	2,05	2,05	
Krizen	1,68	5,70	1,68	5,70	3,69	3,69	
Benzo(b)fluoranten	0,80	2,75	0,80	2,75	1,77	1,77	
Benzo(k)fluoranten	0,49	1,38	0,49	1,38	0,93	0,93	
Benzo(a)piren	0,75	1,99	0,75	1,99	1,37	1,37	
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,27	0,54	0,27	0,54	0,40	0,40	
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-	
Benzo(ghi)perilen	1,02	1,37	1,02	1,37	1,20	1,20	
Bifenil	2,47	8,07	2,47	8,07	5,27	5,27	
Reten	0,88	4,59	0,88	4,59	2,73	2,73	
Benzo(a)fluoren	0,15	0,60	0,15	0,60	0,38	0,38	
Benzo-nafto-tiofen	0,27	0,96	0,27	0,96	0,62	0,62	
Benzo(ghi)fluoranten	0,64	2,24	0,64	2,24	1,44	1,44	
Ciklopenta[c,d]piren	0,12	0,29	0,12	0,29	0,21	0,21	
Trifenilen	0,84	2,23	0,84	2,23	1,53	1,53	
Benzo(j)fluoranten	0,79	1,93	0,79	1,93	1,36	1,36	
Benzo(e)piren	1,34	2,90	1,34	2,90	2,12	2,12	
Perilen	0,18	0,50	0,18	0,50	0,34	0,34	
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-	
Antantren	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	
Koronen	0,44	0,20	0,20	0,44	0,32	0,32	
Σ29 PAH	8,15	24,55	7,91	24,79	16,35	16,35	

Tabela 12. - nastavak

Period uzorkovanja [µg/kg]	Temerin					
	16.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	1,04	1,27	1,04	1,27	1,15	1,15
Acenaftilen	0,11	0,16	0,11	0,16	0,14	0,14
Acenaften	0,06	0,14	0,06	0,14	0,10	0,10
Fluoren	0,28	0,56	0,28	0,56	0,42	0,42
Fenantren	1,96	2,78	1,96	2,78	2,37	2,37
Antracen	0,24	0,31	0,24	0,31	0,27	0,27
Fluoranten	1,64	1,61	1,61	1,64	1,62	1,62
Piren	1,08	0,93	0,93	1,08	1,01	1,01
Benzo(a)antracen	0,15	0,04	0,04	0,15	0,09	0,09
Krizen	0,66	0,25	0,25	0,66	0,45	0,45
Benzo(b)fluoranten	0,25	0,14	0,14	0,25	0,19	0,19
Benzo(k)fluoranten	0,20	n.d.	0,20	0,20	0,20	0,20
Benzo(a)piren	0,20	n.d.	0,20	0,20	0,20	0,20
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,13	n.d.	0,13	0,13	0,13	0,13
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	0,40	0,14	0,14	0,40	0,27	0,27
Bifenil	0,57	0,86	0,57	0,86	0,72	0,72
Reten	0,49	1,22	0,49	1,22	0,85	0,85
Benzo(a)fluoren	0,04	n.d.	0,04	0,04	0,04	0,04
Benzo-nafto-tiofen	0,09	0,04	0,04	0,09	0,07	0,07
Benzo(ghi)fluoranten	0,33	0,13	0,13	0,33	0,23	0,23
Ciklopenta[c,d]piren	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05
Trifenilen	0,44	0,15	0,15	0,44	0,29	0,29
Benzo(j)fluoranten	0,43	0,18	0,18	0,43	0,30	0,30
Benzo(e)piren	0,20	n.d.	0,20	0,20	0,20	0,20
Perilen	0,25	n.d.	0,25	0,25	0,25	0,25
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Koronen	0,19	n.d.	0,19	0,19	0,19	0,19
Σ29 PAH	3,18	2,71	2,36	4,22	3,29	3,29

Tabela 12. - nastavak

NOVI SAD						
Period uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	87,76	3,19	3,19	87,76	45,48	45,48
Acenaftilen	19,17	0,22	0,22	19,17	9,69	9,69
Acenaften	14,60	0,17	0,17	14,60	7,39	7,39
Fluoren	126,71	0,48	0,48	126,71	63,59	63,59
Fenantren	585,34	2,27	2,27	585,34	293,80	293,80
Antracen	24,92	0,30	0,30	24,92	12,61	12,61
Fluoranten	281,89	1,93	1,93	281,89	141,91	141,91
Piren	191,14	1,25	1,25	191,14	96,19	96,19
Benzo(a)antracen	13,11	0,27	0,27	13,11	6,69	6,69
Krizen	26,65	1,01	1,01	26,65	13,83	13,83
Benzo(b)fluoranten	13,64	0,46	0,46	13,64	7,05	7,05
Benzo(k)fluoranten	6,92	0,38	0,38	6,92	3,65	3,65
Benzo(a)piren	7,30	0,37	0,37	7,30	3,83	3,83
Indeno[1,2,3-cd]piren	2,74	0,07	0,07	2,74	1,40	1,40
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Benzo(ghi)perilen	8,61	0,40	0,40	8,61	4,51	4,51
Bifenil	86,19	1,46	1,46	86,19	43,82	43,82
Reten	17,26	0,29	0,29	17,26	8,77	8,77
Benzo(a)fluoren	15,24	0,08	0,08	15,24	7,66	7,66
Benzo-nafto-tiofen	2,24	0,15	0,15	2,24	1,20	1,20
Benzo(ghi)fluoranten	19,17	0,31	0,31	19,17	9,74	9,74
Ciklopenta[c,d]piren	1,08	0,04	0,04	1,08	0,56	0,56
Trifenilen	9,77	0,43	0,43	9,77	5,10	5,10
Benzo(j)fluoranten	7,27	0,42	0,42	7,27	3,84	3,84
Benzo(e)piren	12,14	0,71	0,71	12,14	6,42	6,42
Perilen	2,74	0,07	0,07	2,74	1,40	1,40
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,35	n.d.	0,35	0,35	0,35	0,35
Koronen	2,10	n.d.	2,10	2,10	2,10	2,10
Σ29 PAH	175,54	3,95	6,40	175,54	90,97	90,97

Tabela 12. - nastavak

RUMA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
Naftalen	0,95	3,68	0,95	3,68	2,31	2,31
Acenaftilen	0,24	0,31	0,24	0,31	0,28	0,28
Acenaften	0,17	0,29	0,17	0,29	0,23	0,23
Fluoren	0,49	0,89	0,49	0,89	0,69	0,69
Fenantren	5,33	3,32	3,32	5,33	4,33	4,33
Antracen	0,89	0,53	0,53	0,89	0,71	0,71
Fluoranten	15,62	3,11	3,11	15,62	9,36	9,36
Piren	13,35	2,24	2,24	13,35	7,80	7,80
Benzo(a)antracen	5,61	0,44	0,44	5,61	3,03	3,03
Krizen	7,13	1,51	1,51	7,13	4,32	4,32
Benzo(b)fluoranten	6,14	1,61	1,61	6,14	3,87	3,87
Benzo(k)fluoranten	2,91	0,77	0,77	2,91	1,84	1,84
Benzo(a)piren	4,85	0,52	0,52	4,85	2,69	2,69
Indeno[1,2,3-cd]piren	0,85	0,35	0,35	0,85	0,60	0,60
Dibenzo(a,h)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	3,66	0,49	0,49	3,66	2,07	2,07
Bifenil	0,67	2,25	0,67	2,25	1,46	1,46
Reten	6,32	0,76	0,76	6,32	3,54	3,54
Benzo(a)fluoren	6,32	0,76	0,76	6,32	3,54	3,54
Benzo-nafto-tiofen	0,61	0,07	0,07	0,61	0,34	0,34
Benzo(ghi)fluoranten	1,00	0,17	0,17	1,00	0,58	0,58
Ciklopenta[c,d]piren	1,71	0,51	0,51	1,71	1,11	1,11
Trifenilen	2,23	0,83	0,83	2,23	1,53	1,53
Benzo(j)fluoranten	3,10	1,32	1,32	3,10	2,21	2,21
Benzo(e)piren	6,22	0,91	0,91	6,22	3,57	3,57
Perilen	1,39	0,10	0,10	1,39	0,75	0,75
Dibenzo(a,c)antracen	n.d.	n.d.	-	-	-	-
Antantren	0,11	n.d.	0,11	0,11	0,11	0,11
Koronen	0,70	0,07	0,07	0,70	0,39	0,39
Σ29 PAH	30,36	7,74	6,26	31,94	19,10	19,10

Tabela 13. Koncentracioni nivoi PCB, HCH, DDT/metabolita, PeCB, HCB u zemljištu sa ispitivanih lokaliteta

BEČEJ						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,10	0,08	0,08	0,10	0,09	0,09
PCB 52	0,06	0,18	0,06	0,18	0,12	0,12
PCB 101	0,14	0,48	0,14	0,48	0,31	0,31
PCB 118	0,20	0,55	0,20	0,55	0,37	0,37
PCB 153	0,19	0,46	0,19	0,46	0,32	0,32
PCB 138	0,23	0,57	0,23	0,57	0,40	0,40
PCB 180	0,06	0,11	0,06	0,11	0,09	0,09
ΣPCB	0,97	2,42	0,96	2,44	1,70	1,70
alfaHCH	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
gamaHCH	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
betaHCH	0,01	0,04	0,01	0,04	0,03	0,03
deltaHCH	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
epsilonHCH	n.d.	n.d.	-	-	-	-
ΣHCH	0,07	0,11	0,07	0,11	0,09	0,09
opDDE	n.d.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ppDDE	0,46	0,65	0,46	0,65	0,56	0,56
opDDD	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
opDDT	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
ppDDD	0,11	0,14	0,11	0,14	0,12	0,12
ppDDT	0,17	0,19	0,17	0,19	0,18	0,18
ΣDDT	0,78	1,10	0,81	1,10	0,96	0,96
PeCB	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
HCB	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05

Tabela 13. - nastavak

SUBOTICA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,01	1,76	0,01	1,76	0,88	0,88
PCB 52	n.d.	1,24	-	1,24	0,62	0,62
PCB 101	n.d.	1,53	-	1,53	0,77	0,77
PCB 118	n.d.	1,24	-	1,24	0,62	0,62
PCB 153	n.d.	1,79	-	1,79	0,90	0,90
PCB 138	n.d.	1,92	-	1,92	0,96	0,96
PCB 180	n.d.	0,97	-	0,97	0,48	0,48
ΣPCB	0,03	10,45	0,03	10,45	5,24	5,24
alfaHCH	0,01	0,12	0,01	0,12	0,07	0,07
gamaHCH	0,01	0,50	0,01	0,50	0,25	0,25
betaHCH	n.d.	3,92	-	3,92	1,96	1,96
deltaHCH	n.d.	0,20	-	0,20	0,10	0,10
epsilonHCH	n.d.	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
ΣHCH	0,02	4,81	0,09	4,81	2,45	2,45
opDDE	n.d.	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
ppDDE	0,01	1,95	0,01	1,95	0,98	0,98
opDDD	0,01	0,59	0,01	0,59	0,30	0,30
opDDT	n.d.	0,25	-	0,25	0,12	0,12
ppDDD	0,01	1,72	0,01	1,72	0,87	0,87
ppDDT	0,01	0,89	0,01	0,89	0,45	0,45
ΣDDT	0,04	5,50	0,16	5,50	2,83	2,83
PeCB	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
HCB	0,02	0,18	0,02	0,18	0,10	0,10

Tabela 13. - nastavak

SOMBOR						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,13	11,27	0,13	11,27	5,70	5,70
PCB 52	0,06	3,59	0,06	3,59	1,83	1,83
PCB 101	0,04	1,66	0,04	1,66	0,85	0,85
PCB 118	0,05	1,75	0,05	1,75	0,90	0,90
PCB 153	0,08	1,42	0,08	1,42	0,75	0,75
PCB 138	0,08	1,49	0,08	1,49	0,79	0,79
PCB 180	0,04	0,70	0,04	0,70	0,37	0,37
ΣPCB	0,48	21,89	0,48	21,89	11,18	11,18
alfaHCH	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
gamaHCH	0,04	0,26	0,04	0,26	0,15	0,15
betaHCH	0,01	0,06	0,01	0,06	0,03	0,03
deltaHCH	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
epsilonHCH	n.d.	n.d.	-	-	-	-
ΣHCH	0,09	0,40	0,09	0,40	0,24	0,24
opDDE	n.d.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ppDDE	0,25	1,10	0,25	1,10	0,67	0,67
opDDD	0,02	0,21	0,02	0,21	0,11	0,11
opDDT	0,02	0,19	0,02	0,19	0,11	0,11
ppDDD	0,07	0,85	0,07	0,85	0,46	0,46
ppDDT	0,07	0,68	0,07	0,68	0,38	0,38
ΣDDT	0,43	3,06	0,46	3,06	1,76	1,76
PeCB	0,01	0,08	0,01	0,08	0,04	0,04
HCB	0,02	0,08	0,02	0,08	0,05	0,05

Tabela 13. - nastavak

ZRENJANIN						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,39	4,07	0,39	4,07	2,23	2,23
PCB 52	0,27	1,68	0,27	1,68	0,98	0,98
PCB 101	0,38	0,95	0,38	0,95	0,67	0,67
PCB 118	0,31	0,96	0,31	0,96	0,64	0,64
PCB 153	0,88	0,82	0,82	0,88	0,85	0,85
PCB 138	0,61	0,87	0,61	0,87	0,74	0,74
PCB 180	0,85	0,32	0,32	0,85	0,58	0,58
ΣPCB	3,70	9,66	3,11	10,26	6,68	6,68
alfaHCH	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
gamaHCH	0,10	0,22	0,10	0,22	0,16	0,16
betaHCH	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05
deltaHCH	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
epsilonHCH	n.d.	0,01	-.	0,01	-	-.
ΣHCH	0,20	0,36	0,20	0,37	0,28	0,28
opDDE	0,04	0,21	0,04	0,21	0,13	0,13
ppDDE	1,24	4,84	1,24	4,84	3,04	3,04
opDDD	0,31	0,65	0,31	0,65	0,48	0,48
opDDT	0,21	2,10	0,21	2,10	1,16	1,16
ppDDD	0,99	1,80	0,99	1,80	1,40	1,40
ppDDT	0,70	4,30	0,70	4,30	2,50	2,50
ΣDDT	3,49	13,91	3,49	13,91	8,70	8,70
PeCB	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
HCb	0,07	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06

Tabela 13. - nastavak

PANČEVO						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,02	0,64	0,02	0,64	0,33	0,33
PCB 52	0,02	0,62	0,02	0,62	0,32	0,32
PCB 101	0,06	0,97	0,06	0,97	0,51	0,51
PCB 118	0,06	1,02	0,06	1,02	0,54	0,54
PCB 153	0,17	1,16	0,17	1,16	0,66	0,66
PCB 138	0,16	1,15	0,16	1,15	0,66	0,66
PCB 180	0,10	0,59	0,10	0,59	0,34	0,34
ΣPCB	0,58	6,14	0,58	6,14	3,36	3,36
alfaHCH	0,01	0,11	0,01	0,11	0,06	0,06
gamaHCH	0,03	0,23	0,03	0,23	0,13	0,13
betaHCH	0,01	0,09	0,01	0,09	0,05	0,05
deltaHCH	0,02	0,12	0,02	0,12	0,07	0,07
epsilonHCH	n.d.	0,01	-	0,01	0,01	0,01
ΣHCH	0,06	0,56	0,06	0,56	0,31	0,31
opDDE	n.d.	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
ppDDE	0,26	92,59	0,26	92,59	46,43	46,43
opDDD	0,01	2,57	0,01	2,57	1,29	1,29
opDDT	0,03	10,73	0,03	10,73	5,38	5,38
ppDDD	0,05	11,27	0,05	11,27	5,66	5,66
ppDDT	0,20	37,70	0,20	37,70	18,95	18,95
ΣDDT	0,55	156,96	2,64	156,96	79,80	79,80
PeCB	0,01	0,48	0,01	0,48	0,24	0,24
HCB	0,01	0,42	0,01	0,42	0,22	0,22

Tabela 13. - nastavak

BAČKA PALANKA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,01	1,86	0,01	1,86	0,93	0,93
PCB 52	n.d.	1,05	-	1,05	0,53	0,53
PCB 101	0,01	0,85	0,01	0,85	0,43	0,43
PCB 118	0,01	0,82	0,01	0,82	0,42	0,42
PCB 153	0,02	0,59	0,02	0,59	0,30	0,30
PCB 138	0,02	0,70	0,02	0,70	0,36	0,36
PCB 180	0,01	0,20	0,01	0,20	0,11	0,11
ΣPCB	0,07	6,08	0,07	6,08	3,08	3,08
alfaHCH	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
gamaHCH	0,02	0,10	0,02	0,10	0,06	0,06
betaHCH	n.d.	0,01	-	0,01	0,01	0,01
deltaHCH	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
epsilonHCH	n.d.	n.d.	-	-	-	-
ΣHCH	0,05	0,13	0,05	0,14	0,09	0,09
opDDE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ppDDE	0,33	0,37	0,33	0,37	0,35	0,35
opDDD	0,01	0,07	0,01	0,07	0,04	0,04
opDDT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ppDDD	0,05	0,24	0,05	0,24	0,14	0,14
ppDDT	0,12	0,03	0,03	0,12	0,08	0,08
ΣDDT	0,54	0,74	0,45	0,83	0,64	0,64
PeCB	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
HCB	0,01	0,05	0,01	0,05	0,03	0,03

Tabela 13. - nastavak

VRBAS						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,02	1,14	0,02	1,14	0,58	0,58
PCB 52	0,01	0,66	0,01	0,66	0,34	0,34
PCB 101	0,02	0,46	0,02	0,46	0,24	0,24
PCB 118	0,03	0,55	0,03	0,55	0,29	0,29
PCB 153	0,06	0,52	0,06	0,52	0,29	0,29
PCB 138	0,05	0,69	0,05	0,69	0,37	0,37
PCB 180	0,03	0,24	0,03	0,24	0,14	0,14
ΣPCB	0,23	4,26	0,23	4,26	2,24	2,24
alfaHCH	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
gamaHCH	0,07	0,40	0,07	0,40	0,24	0,24
betaHCH	0,02	0,06	0,02	0,06	0,04	0,04
deltaHCH	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
epsilonHCH	n.d.	0,01	-.	0,01	0,01	0,01
ΣHCH	0,16	0,55	0,16	0,55	0,36	0,36
opDDE	n.d.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ppDDE	0,21	0,96	0,21	0,96	0,59	0,59
opDDD	0,01	0,25	0,01	0,25	0,13	0,13
opDDT	0,01	0,10	0,01	0,10	0,05	0,05
ppDDD	0,05	0,96	0,05	0,96	0,50	0,50
ppDDT	0,10	0,55	0,10	0,55	0,32	0,32
ΣDDT	0,38	2,83	0,40	2,83	1,62	1,62
PeCB	0,01	1,12	0,01	1,12	0,57	0,57
HCB	0,02	0,71	0,02	0,71	0,36	0,36

Tabela 13. - nastavak

NOVI SAD						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
PCB 28	0,07	0,04	0,04	0,07	0,05	0,05
PCB 52	0,04	0,07	0,04	0,07	0,06	0,06
PCB 101	0,13	0,20	0,13	0,20	0,16	0,16
PCB 118	0,15	0,29	0,15	0,29	0,22	0,22
PCB 153	0,47	0,25	0,25	0,47	0,36	0,36
PCB 138	0,53	0,33	0,33	0,53	0,43	0,43
PCB 180	0,42	0,07	0,07	0,42	0,24	0,24
ΣPCB	1,80	1,26	1,01	2,05	1,53	1,53
alfaHCH	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
gamaHCH	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04
betaHCH	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
deltaHCH	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
epsilonHCH	n.d.	n.d.	-	-	-	-
ΣHCH	0,13	0,08	0,08	0,13	0,10	0,10
opDDE	0,02	n.d.	0,02	0,02	0,02	0,02
ppDDE	1,66	0,25	0,25	1,66	0,96	0,96
opDDD	0,06	0,02	0,02	0,06	0,04	0,04
opDDT	0,12	0,01	0,01	0,12	0,07	0,07
ppDDD	0,37	0,08	0,08	0,37	0,22	0,22
ppDDT	0,90	0,03	0,03	0,90	0,47	0,47
ΣDDT	3,14	0,39	0,41	3,14	1,77	1,77
PeCB	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02
HCB	0,08	0,02	0,02	0,08	0,05	0,05

Tabela 14. Koncentracioni nivoi PBDE u zemljištu sa ispitivanih lokaliteta

BEČEJ						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	0,34	3,67	0,34	3,67	2,00	2,00
BDE 47	9,42	146,90	9,42	146,90	78,16	78,16
BDE 66	0,94	13,91	0,94	13,91	7,42	7,42
BDE 100	1,76	58,70	1,76	58,70	30,23	30,23
BDE 99	8,84	251,15	8,84	251,15	129,99	129,99
BDE 85	n.d.	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57
BDE 154	1,45	100,48	1,45	100,48	50,97	50,97
BDE 153	2,26	111,83	2,26	111,83	57,04	57,04
BDE 183	2,96	132,40	2,96	132,40	67,68	67,68
BDE 209	19,15	373,56	19,15	373,56	196,36	196,36
ΣBDE	47,11	1202,17	56,68	1202,17	629,42	629,42

SUBOTICA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	8,36	8,36	8,36	8,36	8,36
BDE 47	n.d.	173,24	173,24	173,24	173,24	173,24
BDE 66	n.d.	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72
BDE 100	n.d.	28,40	28,40	28,40	28,40	28,40
BDE 99	n.d.	163,20	163,20	163,20	163,20	163,20
BDE 85	n.d.	n.d.	-	-	-	-
BDE 154	n.d.	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80
BDE 153	n.d.	37,02	37,02	37,02	37,02	37,02
BDE 183	n.d.	130,72	130,72	130,72	130,72	130,72
BDE 209	n.d.	710,37	710,37	710,37	710,37	710,37
ΣBDE	n.d.	1281,83	1281,83	1281,83	1281,83	1281,83

Tabela 14. - nastavak

SOMBOR						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	12.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58
BDE 47	6,04	116,48	6,04	116,48	61,26	61,26
BDE 66	n.d.	5,69	5,69	5,69	5,69	5,69
BDE 100	1,33	19,01	1,33	19,01	10,17	10,17
BDE 99	5,99	98,90	5,99	98,90	52,45	52,45
BDE 85	n.d.	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
BDE 154	0,82	10,86	0,82	10,86	5,84	5,84
BDE 153	1,75	16,53	1,75	16,53	9,14	9,14
BDE 183	1,97	25,85	1,97	25,85	13,91	13,91
BDE 209	28,94	199,80	28,94	199,80	114,37	114,37
ΣBDE	46,85	499,14	58,56	499,14	278,85	278,85

ZRENJANIN						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	1,64	2,76	1,64	2,76	2,20	2,20
BDE 47	55,37	70,38	55,37	70,38	62,88	62,88
BDE 66	2,44	5,12	2,44	5,12	3,78	3,78
BDE 100	7,25	8,87	7,25	8,87	8,06	8,06
BDE 99	35,63	78,29	35,63	78,29	56,96	56,96
BDE 85	1,24	2,27	1,24	2,27	1,76	1,76
BDE 154	3,00	4,38	3,00	4,38	3,69	3,69
BDE 153	6,29	14,83	6,29	14,83	10,56	10,56
BDE 183	8,75	82,34	8,75	82,34	45,54	45,54
BDE 209	69,37	506,26	69,37	506,26	287,81	287,81
ΣBDE	190,98	775,49	190,98	775,49	483,23	483,23

Tabela 14. - nastavak

PANČEVO						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	14,26	14,26	14,26	14,26	14,26
BDE 47	5,47	162,31	5,47	162,31	83,89	83,89
BDE 66	n.d.	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12
BDE 100	1,25	30,91	1,25	30,91	16,08	16,08
BDE 99	7,00	155,54	7,00	155,54	81,27	81,27
BDE 85	n.d.	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
BDE 154	0,98	47,51	0,98	47,51	24,24	24,24
BDE 153	1,46	48,58	1,46	48,58	25,02	25,02
BDE 183	1,08	131,53	1,08	131,53	66,31	66,31
BDE 209	13,17	94,70	13,17	94,70	53,93	53,93
ΣBDE	30,41	705,45	64,77	705,45	385,11	385,11

BAČKA PALANKA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
BDE 47	1,51	150,56	1,51	150,56	76,03	76,03
BDE 66	n.d.	14,84	14,84	14,84	14,84	14,84
BDE 100	n.d.	24,61	24,61	24,61	24,61	24,61
BDE 99	0,76	141,37	0,76	141,37	71,06	71,06
BDE 85	n.d.	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99
BDE 154	n.d.	11,64	11,64	11,64	11,64	11,64
BDE 153	n.d.	24,02	24,02	24,02	24,02	24,02
BDE 183	1,39	29,90	1,39	29,90	15,65	15,65
BDE 209	4,29	2003,49	4,29	2003,49	1003,89	1003,89
ΣBDE	7,96	2413,51	96,16	2413,51	1254,83	1254,83

Tabela 14. - nastavak

VRBAS						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	13.07.2012.	10.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
BDE 47	1,51	150,56	1,51	150,56	76,03	76,03
BDE 66	n.d.	14,84	14,84	14,84	14,84	14,84
BDE 100	n.d.	24,61	24,61	24,61	24,61	24,61
BDE 99	0,76	141,37	0,76	141,37	71,06	71,06
BDE 85	n.d.	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99
BDE 154	n.d.	11,64	11,64	11,64	11,64	11,64
BDE 153	n.d.	24,02	24,02	24,02	24,02	24,02
BDE 183	1,39	29,90	1,39	29,90	15,65	15,65
BDE 209	4,29	2003,49	4,29	2003,49	1003,89	1003,89
ΣBDE	7,96	2413,51	96,16	2413,51	1254,83	1254,83

TEMERIN						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	n.d.	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
BDE 47	2,93	9,77	2,93	9,77	6,35	6,35
BDE 66	n.d.	n.d.	-	-	-	-
BDE 100	n.d.	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
BDE 99	1,77	10,83	1,77	10,83	6,30	6,30
BDE 85	n.d.	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
BDE 154	0,72	0,79	0,72	0,79	0,76	0,76
BDE 153	1,17	3,61	1,17	3,61	2,39	2,39
BDE 183	0,81	0,66	0,66	0,81	0,74	0,74
BDE 209	16,01	11,31	11,31	16,01	13,66	13,66
ΣBDE	23,42	40,08	21,67	44,94	33,31	33,31

Tabela 14. - nastavak

NOVI SAD						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	09.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	0,60	0,34	0,34	0,60	0,47	0,47
BDE 47	19,09	7,27	7,27	19,09	13,18	13,18
BDE 66	0,93	n.d.	0,93	0,93	0,93	0,93
BDE 100	4,17	1,92	1,92	4,17	3,04	3,04
BDE 99	18,34	9,19	9,19	18,34	13,76	13,76
BDE 85	n.d.	n.d.	-	-	-	-
BDE 154	2,29	1,36	1,36	2,29	1,83	1,83
BDE 153	4,83	2,88	2,88	4,83	3,85	3,85
BDE 183	13,14	3,20	3,20	13,14	8,17	8,17
BDE 209	1895,49	82,00	82,00	1895,49	988,74	988,74
ΣBDE	1958,87	108,16	109,09	1958,87	1033,98	1033,98

RUMA						
Datum uzorkovanja [µg/kg]	16.07.2012.	11.07.2013	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN
BDE 28	0,54	1,63	0,54	1,63	1,09	1,09
BDE 47	15,56	15,33	15,33	15,56	15,45	15,45
BDE 66	n.d.	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
BDE 100	1,77	3,44	1,77	3,44	2,61	2,61
BDE 99	7,91	11,54	7,91	11,54	9,72	9,72
BDE 85	n.d.	n.d.	-	-	-	-
BDE 154	1,12	3,26	1,12	3,26	2,19	2,19
BDE 153	2,13	4,66	2,13	4,66	3,39	3,39
BDE 183	3,28	9,37	3,28	9,37	6,32	6,32
BDE 209	48,48	32,99	32,99	48,48	40,74	40,74
ΣBDE	80,79	84,13	66,99	99,85	83,42	83,42

PRILOG II

Tabela 1. Koncentracioni nivoi 16 EPA PAH

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
MEDIAN [mg/m ³]										
Naftalen	9.70E-07	2.31E-06	4.07E-07	5.05E-07	6.13E-08	6.65E-08	1.88E-06	7.99E-06	6.65E-06	5.60E-06
Acenaftilen	2.95E-07	1.51E-07	2.21E-07	1.98E-07	2.27E-08	9.00E-09	2.59E-07	1.55E-06	5.59E-07	7.49E-07
Acenaften	5.62E-07	7.09E-06	5.57E-07	3.37E-07	1.14E-07	2.20E-08	3.58E-07	1.91E-06	1.75E-06	3.54E-06
Fluoren	4.91E-06	8.77E-06	4.88E-06	6.16E-06	8.33E-07	1.42E-06	2.78E-06	1.50E-05	1.05E-05	2.29E-05
Fenantren	2.14E-05	2.08E-05	2.06E-05	4.00E-05	2.12E-05	2.00E-05	1.25E-05	5.46E-05	3.71E-05	8.03E-05
Antracen	1.03E-06	5.22E-07	2.84E-07	1.51E-06	4.23E-07	4.11E-07	5.14E-07	2.05E-06	2.66E-06	9.04E-06
Fluoranten	8.39E-06	5.90E-06	8.07E-06	1.42E-05	1.79E-05	1.05E-05	5.83E-06	1.71E-05	1.48E-05	2.04E-05
Piren	6.14E-06	3.87E-06	5.20E-06	8.56E-06	1.30E-05	6.73E-06	4.03E-06	9.91E-06	1.06E-05	1.29E-05
Benzo(a)antracen	3.04E-07	2.19E-07	2.90E-07	5.02E-07	6.23E-07	3.30E-07	3.23E-07	4.73E-07	5.07E-07	5.40E-07
Krizen	7.25E-07	4.83E-07	6.53E-07	1.11E-06	1.09E-06	8.93E-07	6.94E-07	1.13E-06	1.10E-06	1.11E-06
Benzo(b)fluoranten	1.95E-07	1.43E-07	1.52E-07	3.56E-07	1.90E-07	1.71E-07	2.35E-07	3.96E-07	1.60E-07	2.54E-07
Benzo(k)fluoranten	3.28E-07	9.19E-08	1.09E-07	1.91E-07	1.48E-07	1.09E-07	1.27E-07	2.50E-07	1.30E-07	1.63E-07
Benzo(a)piren	9.73E-08	7.62E-08	1.06E-07	1.84E-07	1.06E-07	5.48E-08	8.94E-08	1.46E-07	6.79E-08	1.47E-07
Indeno[1,2,3-cd]piren	3.91E-08	2.24E-08	3.23E-08	5.86E-08	3.92E-08	3.23E-08	7.16E-08	8.49E-08	3.05E-08	4.44E-08
Dibenzo(a,h)antracen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)perilen	1.53E-07	1.01E-07	8.41E-08	1.89E-07	1.11E-07	9.17E-08	1.03E-07	1.69E-07	9.43E-08	1.16E-07

Tabela 2. Koncentracioni nivoi 7 PCB, 3 HCH izomera, 3 DDT metabolita i HCB

Deponija	Bečej	Subotica	Sombor	Zrenjanin	Pančevo	Bačka Palanka	Vrbas	Temerin	Novi Sad	Ruma
MEDIAN [mg/m ³]										
PCB 28	8.26E-07	1.14E-07	1.14E-07	1.16E-07	7.34E-08	3.33E-08	2.85E-08	1.29E-07	9.35E-08	5.37E-08
PCB 52	3.53E-07	6.68E-08	6.68E-08	7.63E-08	4.71E-08	1.65E-08	1.84E-08	7.08E-08	5.55E-08	3.39E-08
PCB 101	1.02E-07	2.99E-08	2.99E-08	3.51E-08	1.60E-08	5.91E-09	8.89E-09	2.84E-08	2.72E-08	1.48E-08
PCB 118	4.11E-08	1.87E-08	1.87E-08	2.13E-08	7.72E-09	2.37E-09	4.79E-09	1.24E-08	1.69E-08	6.88E-09
PCB 153	3.07E-08	1.41E-08	1.41E-08	1.41E-08	9.62E-09	3.51E-09	5.20E-09	1.05E-08	1.13E-08	7.34E-09
PCB 138	1.17E-08	1.29E-08	1.29E-08	1.32E-08	6.96E-09	2.36E-09	4.23E-09	7.25E-09	1.05E-08	6.03E-09
PCB 180	3.52E-09	2.84E-09	2.84E-09	3.71E-09	3.28E-09	1.02E-09	1.48E-09	2.13E-09	1.96E-09	2.30E-09
alfaHCH	9.97E-08	1.42E-08	1.10E-08	1.86E-08	1.34E-08	9.70E-09	1.45E-08	1.69E-08	1.26E-08	8.42E-09
betaHCH	1.16E-08	2.02E-09	1.40E-09	3.33E-09	1.99E-09	1.26E-09	2.42E-09	2.87E-09	1.50E-09	9.14E-10
gamaHCH	6.45E-07	2.63E-08	3.99E-08	2.64E-08	4.09E-08	1.77E-08	2.61E-08	4.06E-08	2.61E-08	4.07E-08
ppDDE	8.41E-08	5.95E-08	5.78E-08	6.80E-08	6.29E-08	6.13E-08	1.09E-07	9.93E-08	5.90E-08	9.02E-08
ppDDD	8.84E-09	3.25E-09	3.47E-09	1.23E-08	7.02E-09	1.36E-09	4.08E-09	5.75E-09	2.21E-09	5.20E-09
ppDDT	8.07E-09	3.93E-09	5.67E-09	1.48E-08	1.19E-08	3.38E-09	4.94E-09	1.23E-08	3.31E-09	7.36E-09
HCB	9.63E-08	6.12E-08	5.72E-08	8.55E-08	8.77E-08	8.16E-08	9.07E-08	1.03E-07	1.06E-07	6.44E-08

PRILOG III



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 Novi Sad
www.ftn.uns.ac.rs

**LABORATORIJA
za MONITORING DEPONIJIA,
OTPADNIH VODA I
VAZDUHA**

DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU
www.izzs.uns.ac.rs
Tel. + 381 21 485 24 39
Fax. + 381 21 455 672



ZAPISNIK SA UZORKOVANJA - VODA

Naziv deponije (šifra lokaliteta)			
Oznaka polja deponije na kom se vrši uzorkovanje			
Visina otpada na delu deponije gde se vrši uzorkovanje			
GPS koordinate			
Tip vode (površinska, procedna, podzemna)			
Datum i vreme početka uzimanja uzoraka			
Datum i vreme završetka uzimanja uzoraka			
Oznaka i identifikacioni broj uzorka			
Tip uzorka	Posebni uzorak	Kompozitni vremenski zavisan uzorak	Kompozitni protočno zavisan uzorak
Zapremina posebnih uzoraka:		Zapremina konačnog uzorka:	
Vremenski interval ili protok između uzoraka:			
Metoda uzorkovanja			
Pribor za uzimanje uzoraka			
Operater			
Vremenski uslovi u toku uzorkovanja (temperatura ambijentalnog vazduha)			
Zapažanja u toku uzorkovanja (prisustvo stranih lica, životinja, požari, prolivanje hemikalija i slično)			
Spoljašnji izgled uzorka (boja vode i suspendovanih čvrstih materija, mutnoća, miris)			
Potencijalni uticaji na kvalitet uzorka			
Parametar	Rezultat merenja	Zahtevana ispitivanja	
Temperatura [°C]			
pH vrednost			
Elektroprovodljivost [μS/cm]			
Rastvoreni O ₂ [mg/l]			
Informacije o korišćenom postupku zaštite uzorka (stabilizacija uzorka, uslovi transporta, uslovi skladištenja)			
Datum transporta u laboratoriju:			
Odgovorno lice:			



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 Novi Sad
www.ftn.uns.ac.rs

**LABORATORIJA
za MONITORING DEPONIJA,
OTPADNIH VODA I
VAZDUHA**

DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU
www.izzs.uns.ac.rs
Tel. + 381 21 485 24 39
Fax. + 381 21 455 672



ZAPISNIK SA UZORKOVANJA – AMBIJENTALNI VAZDUH

Naziv deponije (šifra lokaliteta)		
Oznaka polja deponije na kom se vrši uzorkovanje		
Visina otpada na delu deponije gde se vrši uzorkovanje		
GPS koordinate		
Oznaka i identifikacioni broj uzorka		
Metoda uzorkovanja		
Oprema za uzorkovanje		
Datum i vreme postavljanja uzorkivača		
Datum i vreme uklanjanja uzorkivača/filtera (kraj uzorkovanja):		
Protok vazduha za vreme uzorkovanja	Procenjeni:	Mereni:
Operater:		
Prosečna temperatura vazduha u periodu uzorkovanja		
Broj dana sa padavinama i ukupna količina padavina u periodu uzorkovanja		
Prosečna brzina i pravac vetra u periodu uzorkovanja (ruža vetrova)		
Broj dana sa pojavom požara na deponiji		
Napomene (akcidentne situacije – poplave, zemljotresi, izlivanje hemikalija, požar u blizini deponije i slično)		
Informacije o korišćenom postupku zaštite uzorka (uslovi transporta, uslovi skladištenja)		
Zahtevana ispitivanja		
Datum transporta uzorka u laboratoriju		
Odgovorno lice		



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 Novi Sad
www.ftn.uns.ac.rs

**LABORATORIJA
za MONITORING DEPONIJA,
OTPADNIH VODA I
VAZDUHA**

DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU
www.izzs.uns.ac.rs
Tel. + 381 21 485 24 39
Fax. + 381 21 455 672



ZAPISNIK SA UZORKOVANJA – ZEMLJIŠTE

Naziv deponije (šifra lokaliteta)	
Oznaka polja deponije na kom se vrši uzorkovanje	
Visina otpada na delu deponije gde se vrši uzorkovanje	
GPS koordinate	
Oznaka i identifikacioni broj uzorka	
Metoda uzorkovanja	
Oprema za uzorkovanje	
Dubina sa koje je uzorkovano zemljište	
Količina uzorka (kg)	
Operater	
Vremenski uslovi u toku uzorkovanja (temperatura ambijentalnog vazduha)	
Zapažanja u toku uzorkovanja (prisustvo stranih lica, životinja, požari, prolivanje hemikalija i slično)	
Informacije o korišćenom postupku zaštite uzorka (uslovi transporta, uslovi skladištenja)	
Informacije o korišćenom postupku zaštite uzorka (uslovi transporta, uslovi skladištenja)	
Zahtevana ispitivanja	
Datum transporta uzorka u laboratoriju	
Odgovorno lice	

PRILOG IV

Lista tabela

Tabela 2.1	Hemikalije sa liste Stokholmske Konvencije	9
Tabela 2.2	Osnovne fizičko-hemijske karakteristike POP/PAH	27
Tabela 2.3	Dinamika monitoringa površinskih, procednih i podzemnih voda i deponijskih gasova	29
Tabela 3.1	Oznake i GPS koordinate lokaliteta uzorkovanja	41
Tabela 3.2	Osnovni podaci o ispitivanim deponijama komunalnog otpada	43
Tabela 3.3	Meteorolški podaci za period kampanje uzorkovanja	44
Tabela 3.4	Količine generisanog otpada	44
Tabela 3.5	IUR vrednosti selektovanih supstanci	80
Tabela 4.1	Osnovne fizičko-hemijske karakteristike procednih voda ispitivanih lokaliteta	84
Tabela 4.2	Vrednosti težinskih faktora (w_i) i p_i vrednosti parametara	86
Tabela 4.3	Proračun LPI za 10 ispitivanih lokaliteta	86
Tabela 4.4	Faktorska analiza rezultata analize osnovnih fizičko-hemijskih i neorganskih parametara	119
Tabela 4.5	Odabir parametara za praćenje u okviru budućih istraživačkih monitoring programa na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu	122
Tabela 4.6	Faktorska analiza rezultata analize perzistentnih organskih polutanata i policikličnih aromatičnih ugljovodonika	123
Tabela 4.7	Klasifikacija POP za koje je računat kumulativni rizik po zdravlje ljudi	128
Tabela 4.8	Objašnjenje klasifikacija kancerogenih supstanci prema IARC i US EPA	129
Tabela 4.9	Kumulativni rizici po zdravlje ljudi na 10 ispitivanih lokaliteta – <i>Scenario 1</i>	130
Tabela 4.10	Kumulativni rizici po zdravlje ljudi na 10 ispitivanih lokaliteta – <i>Scenario 2</i>	130
Tabela 4.11	Pregled Pravilnika Republike Srbije koji definišu zahteve za praćenje stanja analiziranih medijuma životne sredine	134
Tabela 4.12	Predlog separacije otpada prilikom primene metodologije za utvrđivanje količine i sastava	136

Lista dijagrama

Dijagram 4.1	Ukupan sadržaj PAH u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	88
Dijagram 4.2	Raspodela PAH između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	88
Dijagram 4.3	Koncentracioni nivoi PAH u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada	89
Dijagram 4.4	Ukupan sadržaj PAH u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	90
Dijagram 4.5	Vremenski trend PAH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	91
Dijagram 4.6	Ukupan sadržaj PAH u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	92
Dijagram 4.7	Ukupan sadržaj PCB u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	93
Dijagram 4.8	Raspodela PCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	93
Dijagram 4.9	Koncentracioni nivoi PCB u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada	94
Dijagram 4.10	Ukupan sadržaj PCB u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	95
Dijagram 4.11	Vremenski trend PCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	96
Dijagram 4.12	Ukupan sadržaj PCB u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	97
Dijagram 4.13	Koncentracioni nivoi PeCB i HCB u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	98
Dijagram 4.14	Raspodela PeCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	98
Dijagram 4.15	Raspodela HCB između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	99
Dijagram 4.16	Sadržaj PeCB i HCB u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	100
Dijagram 4.17	Vremenski trend PeCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	100
Dijagram 4.18	Vremenski trend HCB u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	101
Dijagram 4.19	Sadržaj PeCB i HCB u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	102
Dijagram 4.20	Ukupan sadržaj HCH u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	103
Dijagram 4.21	Raspodela HCH između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	103
Dijagram 4.22	Koncentracioni nivoi HCH u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada	104

Dijagram 4.23	Ukupan sadržaj HCH u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	105
Dijagram 4.24	Vremenski trend HCH u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	105
Dijagram 4.25	Ukupan sadržaj HCH u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	107
Dijagram 4.26	Ukupan sadržaj DDT u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	108
Dijagram 4.27	Raspodela DDT između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	108
Dijagram 4.28	Koncentracioni nivoi DDT u u tečnoj fazi procednih voda sa ispitivanih deponija komunalnog otpada	109
Dijagram 4.29	Ukupan sadržaj DDT u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	110
Dijagram 4.30	Vremenski trend DDT u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	111
Dijagram 4.31	Ukupan sadržaj DDT u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	112
Dijagram 4.32	Ukupan sadržaj BDE u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	113
Dijagram 4.33	Raspodela BDE između tečne i čvrste faze u procednoj vodi ispitivanih deponija komunalnog otpada	113
Dijagram 4.34	Koncentracioni nivoi BDE u procednim vodama na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	114
Dijagram 4.35.	Sadržaj BDE u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	115
Dijagram 4.36	Vremenski trend BDE u ambijentalnom vazduhu ispitivanih deponija komunalnog otpada	115
Dijagram 4.37	Ukupan sadržaj BDE u zemljištu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	116
Dijagram 4.38	Koncentracioni nivoi PCDD/F u ambijentalnom vazduhu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	117
Dijagram 4.39	Koncentracioni nivoi kongenera PCDD/F u letnjem (L) i zimskom (Z) periodu na ispitivanim deponijama komunalnog otpada	118
Dijagram 4.40	Doprinos pojedinačnih grupa supstanci ukupnom riziku na ispitivanim lokalitetima (<i>Scenario 1</i>)	131
Dijagram 4.41	Doprinos pojedinačnih grupa supstanci ukupnom riziku na ispitivanim lokalitetima (<i>Scenario 2</i>)	132

Lista slika

Slika 2.1	Strukturne formule 16 prioritetnih PAH	28
Slika 2.2	Opšta strukturna formula PCB	30
Slika 2.3	Stereohemijske formule 4 izomera HCH	31
Slika 2.4	Strukturne formule izomera DDT i metabolita	32
Slika 2.5	Opšta strukturna formula PBDE	33
Slika 2.6	Opšte strukturne formule PCDD/F	34
Slika 2.7	Morfološki sastav komunalnog otpada u Republici Srbiji	38
Slika 3.1	Prikaz položaja ispitivanih lokaliteta	42
Slika 3.2	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Bečeju	45
Slika 3.3	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Bečeju u letnjem i zimskom periodu	47
Slika 3.4	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Subotici	48
Slika 3.5	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Subotici u letnjem i zimskom periodu	49
Slika 3.6	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Somboru	51
Slika 3.7	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Somboru u letnjem i zimskom periodu	52
Slika 3.8	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Zrenjaninu	54
Slika 3.9	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Zrenjaninu u letnjem i zimskom periodu	55
Slika 3.10	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Pančevu	57
Slika 3.11	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Bačkoj Palanci	58
Slika 3.12	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Vrbasu	59
Slika 3.13	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Vrbasu u letnjem i zimskom periodu	60
Slika 3.14	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Temerinu	61
Slika 3.15	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Temerinu u letnjem i zimskom periodu	62
Slika 3.16	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu	64
Slika 3.17	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu u letnjem i zimskom periodu	65
Slika 18.	Lokacije uzorkovanja na deponiji komunalnog otpada u Rumi	66
Slika 3.19	Kolektovanje uzoraka na deponiji komunalnog otpada u Rumi u letnjem i zimskom periodu	67
Slika 3.20	Proces ekstrakcije čvrstom fazom	72
Slika 3.21	Ekstrakcija sa vrućim rastvaračem – sistem Büchi B-811	73

Slika 4.1	Faze procesa degradacije otpada	82
Slika 4.2	Klaster dendogrami ispitivanih lokacija na deponiji komunalnog otpada u Novom Sadu dobijeni komparacijom sa glavnim komponentama	120
Slika 4.3	Klaster dendogrami 10 ispitivanih deponija komunalnog otpada dobijeni komparacijom sa glavnim komponentama	126
Slika 4.4	Metodologija za kreiranje budućeg istraživačkog i kontrolnog monitoringa heterogenog medijuma deponijskih tela	140

IZJAVA

Ja, Maja Đogo izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da doktorska disertacija predstavlja rezultate sopstvenog istraživačkog rada, da se temelji na mojim naučno-stručnim saznanjima i eksperimentalnim istraživanjima kao i da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji.

Autorska prava svih rezultata i elemenata koji su dobijeni u doktorskoj disertaciji pripadaju Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, odnosno Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu kao pravnom licu.

Potpis kandidata