



**Fakultet tehničkih nauka
Univerziteta u Novom Sadu**

**Departman za inženjerstvo
zaštite životne sredine**



Projekat:

**PRELIMINARNA KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA ANALIZA
PROCEDNIH VODA I GASOVA SA DEPONIJAMA U CILJU
USPOSTAVLJANJA KONTINUALNOG MONITORINGA**

Naručilac projekta:

POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I ODRŽIVI RAZVOJ

Novi Sad, april 2009. godine.

UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

DEPARTMAN ZA INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Trg Dositeja Obradovića 6

21000 Novi Sad

Tel: 021/ 485-2400 i 485-2385

Fax: 021/455-672 i 475-0048

gvujic@uns.ns.ac.yu

Naziv:	PRELIMINARNA KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA ANALIZA PROCEDNIH VODA I GASOVA SA DEPONIJAMA U CILJU USPOSTAVLJANJA KONTINUALNOG MONITORINGA
Naručilac projekta:	POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I ODRŽIVI RAZVOJ
Izvršilac:	FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA DEPARTMAN ZA INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Rukovodilac projekta

Doc. dr Goran Vujić

U realizaciji projekta „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“ učestvovali su sledeći članovi Departmana za inženjerstvo zaštite životne sredine:

Doc. dr Goran Vujić, Rukovodilac projekta

Prof. emeritus Mirjana Vojinović Miloradov, ekspert

Doc. dr Dragan Radnović

Mr Maja Turk Sekulić

Mr Jelena Radonić

Mr Dejan Ubavin

Maja Đogo, dipl. ing. zžs.

Aleksandar Dvornić, dipl. ing. zžs.

Slobodan Bačlić, dipl. ing. polj.

Nikola Maoduš, dipl. ing. zžs.

Milena Stošić, dipl. biolog

SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
1.1 PROJEKTNII ZADATAK	4
1.2 CILJ PROJEKTA	5
1.3 PLAN REALIZACIJE PROJEKTA.....	5
1.4 PROCEDNE (FILTRATNE) VODE DEPONIIA	6
1.4.1 FORMIRANJE PROCEDNIH DEPONIJSKIH VODA	7
1.4.2 SASTAV PROCEDNIH DEPONIJSKIH VODA.....	7
1.4.3 DEGRADACIONI MECHANIZMI U HETEROGENOM SISTEMU TELA DEPONIIJE	8
1.4.4 HEMIJSKA DEGRADACIIA NEORGANSKIH SUPSTANCI.....	9
1.4.5 KRETANJE VLAGE UNUTAR DEPONIIJE.....	11
1.5 TAČKE UZORKOVANJA NA ODABRANIM LOKALITETIMA	12
1.6 METODOLOGIIA UZORKOVANJA.....	18
2.1 PREGLED I ANALIZA PODATAKA O KVALITETU FILTRATNE VODE	20
2.2 MIKROBIOLOŠKA KARAKTERIZACIIA KVALITETA PROCEDNIH VODA	55
2.3 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	59
3. DEPONIJSKI GAS	62
3.1 PROCES FORMIRANJA DEPONIJSKOG GASA	62
3.2 PROCESI KOJI SE ODVIJAJU U DEPONIIJI.....	63
3.3 SASTAV DEPONIJSKOG GASA.....	67
3.4 REZULTATI MERENJA SASTAVA DEPONIJSKOG GASA.....	70
3.5 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA O DEPONIJSKOM GASU.....	83

PRELIMINARNA KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA ANALIZA PROCEDNIH VODA I GASOVA SA DEPONIJAMA U CILJU USPOSTAVLJANJA KONTINUALNOG MONITORINGA

1. UVOD

1.1 PROJEKTNII ZADATAK

Otpad je obavezna rezidua svake privredne, industrijske, građevinske, komunalne i ljudske delatnosti. Odnos društva prema otpadu, ukazuje na stepen razvoja i nivo svesti tog društva tj. pokazuje odnos društva prema životnoj sredini i prema održivoj budućnosti. Minimiziranje količine otpada, u sva tri agregatna stanja, imperativ je održivog razvoja savremenog društva. Sa aspekta urbanističkih, tehničkih, građevinskih i komunalnih delatnosti, izuzetno je važno rešavanje dispozicije čvrstog otpada i deponijskog filtrata.

Heterogeni moduli rasprostiranja i difuzije polutanata sa uređenih i divljih deponijskih prostora predstavljaju ključne elemente istraživačkog i naučnog postupka u analizi prisustva i statusa zagađujućih materija u medijumima koji se nalaze u neposrednom kontaktu sa telima deponije ili se iz deponije generišu. Na teritoriji AP Vojvodine, u okviru projekta Identifikacije divljih deponija GPS metodom, koji je realizovao Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, Fakulteta tehničkih nauka, registrovano je, GPS pozicionirano i mapirano ukupno 569 deponija, od kojih su 524 divlje deponije. U sklopu aktivnosti na izradi Glavnih projekata sanacije i rekultivacije postojećih deponija i izgradnje sanitarnih deponija, kao i urbanističko-tehničkih rešenja uređenja prostora oko deponije, kvalitativna i kvantitativna analiza emisije polutanata u okviru procednih voda i gasova sa deponija, sa ciljem kontinualnog monitoringa, u i iznad tela deponije, do sada nije realizovana.

Filtratne vode atmosferskog porekla, konstitutivna voda, kao i voda koja nastaje u telu deponije, formiraju medijum u koji se, procesom rastvaranja i degradacije, oslobađaju zagađujuće materije organskog i neorganskog porekla i, na taj način, definišu kvalitet procednih voda deponije. Formirani filtrat na skoro svim deponijskim prostorima u direktnom je kontaktu sa površinskim i podzemnim vodama. Na karakteristične osobine procednih voda deponije utiču različiti fizičko-hemijski procesi kao što su: oksido-redukциони procesi, rastvaranje organskog i neorganskog materijala u otpadu (reakcije između organskih kiselina i metala, pri čemu se formiraju odgovarajući joni metala, odnosno soli), hemizam CO₂ (koji reaguje sa solima kalcijuma i magnezijuma i izaziva povećanje tvrdoće procednih voda) i drugo. Značajan uticaj na kvalitet deponijskih filtratnih voda imaju i mikrobiološki procesi razgradnje biodegradabilnih organskih supstanci. Eksterni uslovi, temperatura, vlažnost, pritisak, brzina vetra, atmosferska strujanja i ruže vetrova, kao fizički parametri, utiču na dinamiku hemijskih i biohemijskih reakcija i generisanje toksičnih supstanci. Faktor vlažnosti tela deponije i snažnog katalitičkog delovanja vode, ubrzavaju formiranje manje ili više rastvorljivih kompleksa neorganskih i organskih supstanci koje sistem napuštaju rastvaranjem u procednim vodama ili isparavanjem gasovitih supstanci. Deponijski gasovi, usled postojanja gradijenta koncentracije, difunduju u niže slojeve atmosfere. Na sastav procednih voda

deponije, pored fizičko-hemijskih procesa i spoljšnjih uslova sredine, utiče i niz drugih varijabilnih faktora kao što su sastav otpada, debljina tela deponije, migracioni put tečnosti i mogućnost međufaznih slojeva da adsorbuju/aporbuju i minimiziraju zagađenje.

Registrovane i indentifikovane opasne i toksične materije u telu i okolnoj sredini deponije, posebno divljih deponija i smetlišta, uz redovne deponijske gasove (CH_4 i CO_2), mogu biti i aromatični ugljovodonici, uključujući isparljiva organska jedinjenja kao što su benzen, toluen i ksilen, halogenovani ugljovodonici (vinilhlorid, dihlormetan, hloroform), sulfidi (H_2S , merkaptani), alkoholi (metanol, izopropanol) i druge organske supstance u gasovitoj fazi, kao što su aceton, etan i propan. Od neorganskih komponenti u telu deponije mogu biti prisutni toksični teški metali, kationi kadmijuma, olova, žive, bakra, gvožđa i drugih metala i semimetala, kao i anjonskih vrsta $\text{NO}_2^- (\text{aq})$, $\text{NO}_3^- (\text{aq})$, $\text{O}_2^- (\text{aq})$, $\text{OH}^- (\text{aq})$, $\text{HCO}_3^- (\text{aq})$, $\text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$, $\text{HSO}_4^- (\text{aq})$, $\text{S}^{2-} (\text{aq})$ i drugi. Realni sastav procednih voda je veoma teško predvideti, usled složene dinamike procesa koji se odvijaju u telu deponije i uticaja velikog broja promenljivih faktora.

1.2 CILJ PROJEKTA

Cilj preliminarnog monitoringa kvaliteta procednih voda i gasova sa deponija na teritoriji AP Vojvodine je:

- Određivanje koncentracionih nivoa deponijskih gasova i fizičko-hemijskih karakteristika procednih voda;
- Karakterizacija statusa ambijentalnog vazduha i procednih voda na ispitivanim lokalitetima;
- Donošenje zaključaka značajnih za uspostavljanje kontinualnog monitoring programa u upravljanju deponijama na teritoriji AP Vojvodine.

Sistematski monitoring zagađujućih supstanci u procednim vodama i ambijentalnom vazduhu deponija nije do sada realizovan na teritoriji AP Vojvodine. Teorijska razmatranja, kao i iskustveni podaci iz EU, govore da je neophodno praćenje emisije polutanata sa tela deponija kroz definisan niz zagađujućih, opasnih materija.

1.3 PLAN REALIZACIJE PROJEKTA

U skladu sa definisanim zadatkom i ciljem, sprovedeno istraživanje u okviru Projekta uključilo je:

- Fazu pripreme istraživanja - plan istraživanja (selekcija lokaliteta i dinamika uzorkovanja) definisan je na osnovu kartografske baze podataka, korišćenjem tematskih mapa, prostornih planova i satelitskih snimaka.
- Fazu uzorkovanja – uzorkovanje deponijskih gasova i procednih voda realizovano je na prethodno odabranim lokalitetima. Za navođenje i definisanje mesta uzorkovanja korišćen je GPS i kartografska baza podataka. U postojeće planove su ucrtani GPS referencirani novi detektovani objekti od interesa i lokaliteti uzorkovanja. U dnevnik snimanja su, takođe, unete i izmene postojećeg, zatečenog stanja.

- Fazu analitičkih određivanja – određivanje koncentracionih nivoa deponijskih gasova CO₂, CH₄ (osnovni obim), O₂, H₂S, CO, kao i druge specifične zagađujuće materije (prošireni obim); određivanje fizičko-hemijskih karakteristika procednih voda: temperatura, konduktivnost, pH vrednost, koncentracija rastvorenog kiseonika, HPK, BPK₅, utrošak KMnO₄, ukupna tvrdoća (osnovni obim), koncentracioni nivoi nitrita (NO₂⁻), nitrata (NO₃⁻), ukupnog fosfora (P), kadmijuma (Cd), ukupnog hroma (Cr), nikla (Ni), cinka (Zn), gvožđa (Fe) i kalijuma (K) (prošireni obim).
- Fazu obrade podataka preliminarog monitoringa.
- Fazu analize podataka i donošenja zaključaka značajnih za razvoj sistematskog monitoring programa.
- Fazu generalizacije i proširenja domena važenja zaključaka.

Za procenu kvaliteta vode korišćen je *Pravilnik o opasnim materijama u vodama* (Sl. glasnik SRS, br. 31/82) i *Uredba o klasifikaciji voda* (Sl. glasnik SRS, br. 5/68).

1.4 PROCEDNE (FILTRATNE) VODE DEPONIJA

Jedan od najvećih problema koji proističu iz nekontrolisanog i neorganizovanog odlaganja otpada na smetlišta ili divlje deponije jeste zagađenje voda. Većina smetlišta i divljih deponija nalazi se na aluvijalnim naslagama reka pored naselja što direktno utiče na zagađenje kako površinskih, tako i podzemnih voda. Kod projektovanja i izgradnje deponija čvrstog komunalnog otpada vrlo složeno pitanje jeste optimalno rešenje koje se odnosi na tretman izuzetno zagađenih procednih deponijskih voda. Ugradnjom nepropusnih folija u podloge sanitarnih deponija postiže se zaštita podzemnih voda od infiltracije procednih voda sa deponija, čime se sprečava moguća drenaža filtrata u podzemni akvifer. Međutim, procedne vode atmosferskog porekla kao i vode koje nastaju u samom telu deponije tokom procesa razgradnje deponovanog materijala, formiraju veoma zagađene filtratne vode koje se ne bi smele evakuisati u prirodne recipijente. Sistem za rešavanje zbirnih aktivnosti upravljanja otpadom, a posebno tretmana zagađenih deponijskih voda veoma je kompleksan, višedimenzioni fizičko-hemijski fenomen i proces.

Realan sastav procednih voda veoma je teško predvideti, jer zavisi od niza varijabilnih faktora kao što su: sastav otpada, temperatura i sadržaj vlage, eksternih i internih parametara, migracionog toka tečnosti, debljine tela deponije, faze razlaganja otpada, mogućih procesa samoprečišćavanja, mogućnosti međufaznih slojeva da adsorbuju/apsorbuju i minimiziraju zagađenje, kvaliteta voda koje se infiltriraju u deponiju i drugi činioci.

Konstitutivna voda koja se nalazi u čvrstom otpadu kao i voda koja se infiltrira u deponiju, formiraju medijum u kome se rastvaraju odgovarajuće rastvorljive supstance, koje definišu i utiču na kvalitet procednih voda deponije.

Na hemijske karakteristike procednih voda - filtrata utiču različiti fizičko-hemijski procesi: oksido-redukcioni procesi, rastvaranje organskog i neorganskog materijala u otpadu, adsorpcija/desorpcija, reakcije između organskih kiselina i metala, pri čemu se formiraju odgovarajući joni metala, odnosno soli, hemizam CO₂ koji reaguje sa solima kalcijuma i magnezijuma i izaziva povećanje tvrdoće procednih voda i drugo. Znatna uticaja na karakteristične osobine filtrata imaju i mikrobiološki razgradni procesi biodegradabilnih organskih supstanci.

1.4.1 FORMIRANJE PROCEDNIH DEPONIJSKIH VODA

Filtratne vode nastaju rastvaranjem čvrstih supstanci u vodi koja se proceduje kroz telo deponije. Filtratne vode mogu da sadrže i nerastvorljive lipofilne tečne fluide (kao što su ulja) i suspendovane čestice. U zavisnosti od tipa otpada, prisustvo ostalih polutanata se može smatrati rezultatom hemijskih reakcija unutar tela deponije i procesa biorazgradnje otpada. Kvalitet procednih voda primarno je određen sastavom otpada i rastvorljivošću njegovih konstituenata. Ako se, pod uticajem vremenskih prilika ili procesa biodegradacije, sastav otpada menja, tada će se i kvalitet procednih deponijskih voda vremenom menjati, što se najčešće dešava na deponijama komunalnog otpada. Stupnjevi formiranja filtratnih voda u slučaju deponija nehazardnog komunalnog otpada su:

- U početnom stadijumu, procedne vode u telu deponije nastaju aerobnom dekompozicijom otpada, formirajući kompleksni rastvor približno neutralne pH vrednosti. Opisani proces najčešće traje nekoliko dana ili nedelja i nema značajan uticaj na kvalitet filtratnih deponijskih voda. Međutim, imajući u vidu da se procesom aerobne degradacije toplota oslobađa, temperatura filtrata može da dostigne vrednosti i do 80-90° C. Ukoliko se oslobođena toplota zadrži u telu deponije, kasniji stadijumi produkcije procednih voda biće intenzivirani.
- Daljim odvijanjem procesa dekompozicije, sredina u telu deponije postaje anaerobna. U ranom anaerobnom stadijumu, filtrat se odlikuje visokim koncentracijama rastvorljivih degradabilnih organskih supstanci i niskim pH vrednostima („kisela faza“). Koncentracije amonijaka i metala takođe su povećane u ranom anaerobnom stupnju formiranja procednih voda.
- Nakon nekoliko meseci ili godina, uspostavlja se „metanska faza“, filtrat postaje neutralan ili blago alkalni, uz udeo značajnih količina određenih polutanata (npr. amonijak).
- Kako se proces biodegradacije bliži finalizaciji, aerobni uslovi se ponovo mogu uspostaviti unutar tela deponije, dok procedna voda postaje manje hazardna po životnu sredinu.

Karakterizacija statusa filtratnih deponijskih voda bazirana na analizi uzoraka procednih voda sa specifičnih, prethodno definisanih lokaliteta, od izuzetnog je značaja za razvoj monitoring programa i procenu uticaja deponije na životnu sredinu.

1.4.2 SASTAV PROCEDNIH DEPONIJSKIH VODA

Procednom vodom se naziva voda koja se proceduje kroz telo deponije. Procedna voda predstavlja složenu, heterogenu smešu promenljivog sastava, koja se sastoji od različitih organskih i neorganskih jedinjenja i mikroorganizama. U telu deponije, voda se generiše tokom procesa degradacije biorazgradljivih organskih materija. Prisustvo vode je rezultat atmosferske precipitacije, kao i površinskih vodenih tokova. Opšte karakteristike filtratnih voda deponije su jak miris i tamno-brončana boja, visoki koncentracioni nivoi polutanata, kao i vrednosti biološke potrošnje kiseonika u pet dana (BPK₅) od 5.000 mg/l (vrednosti za tipične komunalne otpadne vode kreću se od 100-200 mg/l).

Neorganski polutanti. Neorganske polutante u filtratnoj vodi deponije čine, u najvećoj meri, teški metali, detektovani uglavnom u nižim koncentracijama, sa izuzetkom gvožđa i mangana.

Organski polutanti. Organska jedinjenja u telu deponije potiču od različitih proizvoda koji se svakodnevno koriste u domaćinstvu: namirnica, dezinfekcionih sredstava, dezodoransa, sredstva za čišćenje, kozmetičkih proizvoda, sapuna i šampona, farbi, boja i lakova, lekova i dr. Iako deponije sadrže veliki broj različitih organskih jedinjenja, sledeća jedinjenja su u povećanim koncentracijama detektovana u procednim deponijskim vodama: benzen, vinilhlorid, dihlormetan, tetrahloretilen, ugljentetrahlrorid, toluen, 1,1,1-trihloretan, ksilen.

Patogeni organizmi. Osnovni izvori patogenih organizama u otpadu su papirne maramice, fekalije, pelene, papirni ubrusi i hrana. Mulj iz tretmana otpadnih voda, kontaminirani industrijski otpad i bio-medicinski otpad takođe mogu biti odloženi na određenu sanitarnu deponiju, čime se povećava broj prisutnih mikroorganizama. Deponijske vode sadrže bakterije (koliformne, *Pseudomonas aeruginosa* i *Aeromonas hydrophila*), viruse (hepatitis A i Norwalk viruse) i parazite (*Giardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum*).

1.4.3 DEGRADACIONI MEHANIZMI U HETEROGENOM SISTEMU TELA DEPONIJE

Izuzetno važan proces koji se odigrava na svakoj deponiji je proces degradacije otpadnih materija, neorganskih supstanci i njihovo oslobađanje u filtrat (deponijsku ced) koji na skoro svim deponijskim prostorima direktno komunicira sa površinskim i podzemnim vodama, bez prethodnog prečišćavanja, i nepoznatog stepena zagađenosti.

Procesi degradacije na deponijama globalno se mogu podeliti na biodegradacione procese u prisustvu živih organizama (bakterije, alge, gljive, mikroorganizmi i dr.) i procese hemijske degradacije organskih i neorganskih supstanci, pod dejstvom atmosferskih faktora, vode, kiseonika, ugljendioksida, temperature, vlažnosti i fotolitičkih procesa.

Biodegradacija obuhvata degradaciju organskih i neorganskih supstanci, pri čemu su biodegradacioni procesi posebno važni, jer omogućavaju da se degradiraju i transformišu mnoge toksične organske supstance. Biodegradacija organskih supstanci biološkog porekla izuzetno je složen biohemijski proces, kompleksan za ispitivanje, praćenje i detektovanje bioprodukata. Suština procesa je degradacija složenih ugljenih hidrata, belančevina, masti, biopolimera ili veštačkih organskih proizvoda podložnih degradaciji do prostih organskih kiselina, ugljendioksida i metana.

U Tabeli 1. dat je pregled velikog broja opasnih organskih supstanci podložnih biodegradabilnim procesima, koji obuhvataju: respiratornu (aerobnu i anaerobnu) degradaciju, oksidaciju i kooksidaciju.

Tabela 1.1 Biodegradabilne opasne organske supstance i načini biodegradacije

Organska supstanca	Aerobna respiracija	Anaerobna respiracija	Oksidacija	Kooksidacija
Zasićeni alkil - halidi		•	•	•
Nezasićeni alkil - halidi		•	•	
Glikoli i epoksidi	•	•	•	
Aldehidi, ketoni				
Alkoholi, org. kiseline	•	•		
Amini, amidi	•	•	•	
Esteri, nitrili	•	•		
Nitrozoamini		•		
Aromatična jedinjenja	•	•		
Halogenoaromatična jedinjenja	•	•	•	•
Prosti nitroaromati	•	•	•	
Fenoli	•	•		•
Nitrofenoli		•	•	
Halofenoli	•			
Policiklična jedinjenja	•		•	
Bifenili	•		•	
Polihlorovani bifenili	•			
Organofosforna jedinjenja	•	•		
Pesticidi, herbicidi	•	•		

1.4.4 HEMIJSKA DEGRADACIJA NEORGANSKIH SUPSTANCI

Najveći deo neorganskih materija u deponijama, posebno teški i toksični elementi, nalazi se u čvrstoj fazi. Kada se materijal u čvrstoj agregaciji nađe odložen kao otpad na deponiji, pri različitim fizičko-hemijskim uslovima, počinje da se degradira, razlaže, oksidiše, korodira i transformiše u različite nove produkte. Pri tome se oslobađa niz opasnih i štetnih supstanci, kao što su katjoni teških metala i druge neorganske i organske supstance tokom vrlo složenih i heterogenih procesa koji se odvijaju u telu deponija.

Osnovni egzogeni degradacioni agensi su voda i vazduh, kao i CO₂, O₂, SO₂ i drugi. Osnovni faktori koji definišu degradacionu sposobnost fluidnih rastvora su:

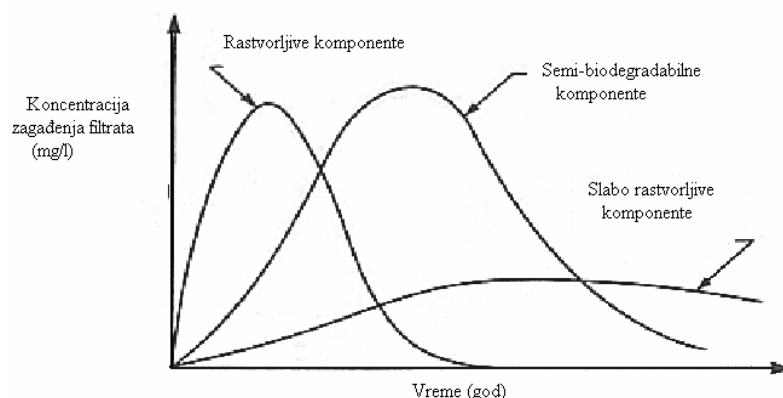
- Vrsta i koncentracija prisutnih jona u rastvoru
- Kiselost rastvora (pH)
- Redoks potencijal rastvora (E^0)
- Temperatura

Osnovni degradacioni procesi kojima podležu neorganske supstance na deponijama su hidroliza, hidratacija, oksidoredukcija, ispiranje jednovalentnih, dvovalentnih i viševalentnih jona iz osnovnog matriksa i drugi, u prirodi manje zastupljeni procesi.

Koji će od konstitutivnih elemenata otpadnih materijala biti prvo degradiran i kojom brzinom, zavisi od kiselosti sredine (pH) i redoks potencijala (E^0), stabilnosti jedinjenja, jačine i tipa hemijske veze između prisutnih elemenata, molekula i klastera.

Raznovrsan organski otpad iz domaćinstva svaku komunalnu deponiju čini velikim biohemijskim reaktorom u okviru koga se sva organska jedinjenja usled bakterijske aktivnosti ubrzano razlažu. Kao značajan produkt te aktivnosti razvijaju se deponijski filtrat i deponijski gasovi.

Degradacioni procesi jedne komunalne deponije mogu se globalno podeliti u četiri faze. Prvu, inicijalnu fazu karakterišu aerobni procesi u okviru kojih se intenzivno troši atmosferski kiseonik za oksidacionu hidrolizu ugljenih hidrata, proteina i masti iz organskih otpadaka. Tokom ove faze kiselost sredine polako raste, pH opada, što ujedno omogućava i ubrzano rastvaranje neorganskih sastojaka. Druga faza je prelazna faza u okviru koje degradacija organskih supstanci postepeno postaje anaeroban proces u okviru koga se primarni produkti aerobne degradacije dalje anaerobno degradiraju. Već tokom ove faze kiselost sredine se lokalno spušta i do pH=5. Ovaj proces obogaćuje deponijski filtrat mnogim neorganskim jonima kao što su katjoni Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Cr i drugi, odnosno anjoni, kao što su sulfatni, hloridni, nitratni, nitritni, fosfatni i dr. Više masne kiseline se β -oksidacijom razgrađuju do sirćetne kiseline CH_3COOH , a paralelno uz ovaj proces razvijaju se i značajne količine CO_2 i H_2 , dok se azot iz vazduha intenzivno troši. U trećoj kiseloj i anaerobnoj fazi još uvek se oslobađa CO_2 , intenzivno se stvaraju kiseline, a usled mikrobiološke aktivnosti od sirćetne kiseline počinje da se stvara metan (CH_4). Prve tri faze traju relativno kratko, 180 do 200 dana. U četvrtoj, metanskoj fazi, deponija sazreva tj. dolazi do uravnotežavanja anaerobnih procesa u okviru kojih se relativno ujednačeno oslobađaju CO_2 i CH_4 .

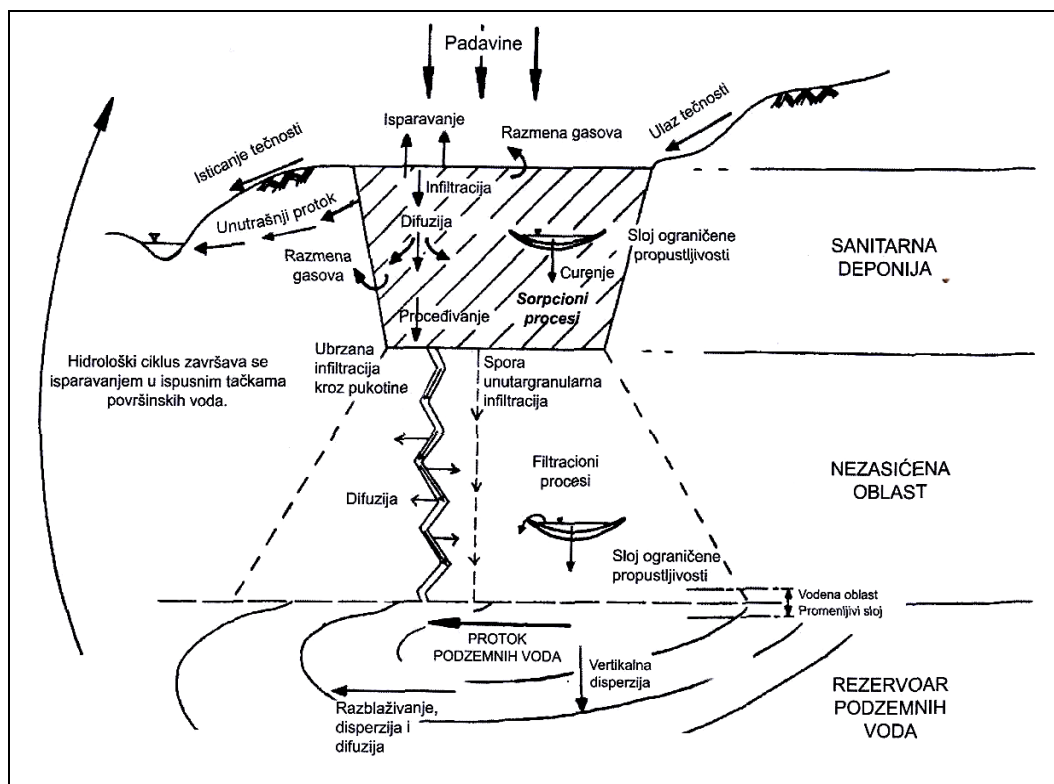


Slika 1.1 Vremenski trend koncentracionih nivoa polutanata u filtratu za rastvorljive, polu-rastvorljive i slabo rastvorljive supstance

1.4.5 KRETANJE VLAGE UNUTAR DEPONIJE

Procesi infiltracije i transpirativnog isparavanja međusobno kontinuirano utiču jedan na drugi, čime iznova raspoređuju vlažnost, i utiču na bilans vode unutar deponije. Deponijski materijal deluje kao ogroman sunder, u kojoj se voda kreće, i iz koje se voda može osloboditi - kako u podzemne vode, tako i u atmosferu u vidu vodene pare ili isticati kao filtrat na dnu deponije.

Prateći silazno kretanje vode tokom drenaže (silazna gravitaciona drenaža) ili raspoređivanja, voda se može kretati pod uticajem kapilarnih efekata, ili u vidu vodene pare. Deponija je višeslojno telo, usled odlaganja otpada u horizontalnim slojevima, i prekrivanjem na kraju svakog dana sa horizontalnim slojevima zemljišta. Ova struktura utiče na kretanje vlažnosti unutar zemljišta. Voda ne migrira u direktnom vertikalnom pravcu, već prati bočne, razučene kapilarne kompleksne prostore. Slojevi za prekrivanje formiraju prioritetne tokove, koji mogu ograničiti kontaktno vreme vode sa otpadom, i time ograničiti količinu ekstrahovanih zagađujućih supstanci. Na dnu deponije se pojavljuje određena količina procednih zagađenih voda, Q , koja može ugroziti kvalitet podzemnih i površinskih voda, ako do njih dopre.



Slika 1.2 Pravci strujanja fluida u telu deponije

1.4.5.1 Proračunavanje maksimalne dnevne količine filtrata po jedinici površine.

Maksimalna količina filtrata sa deponije može se izračunati prema izrazu:

$$Q_f = K(P+Q)/365$$

gde je:

Q_f – dnevna količina filtrata [m^3/dan]

K - koeficijent koji karakteriše sposobnost apsorpcije vlage i isparavanja (za ravan teren $K=0.1$)

P – ukupna godišnja količina atmosferskih padavina [m^3/god]

Q – ukupna godišnja količina ostalih voda koje se raspoređuju po površini otpada [m^3/god]

F – površina [ha]

$$Q = 10 \times Q_{pr}, \quad [m^3/god/ha]$$

Q_{pr} – prosečna godišnja količina padavina za lokaciju, [$m^3/god/ha$]

Količina procedne vode, $Q_{p.v.}$ može biti maksimalno 20% od prosečne količine padavina:

$$Q_{p.v.} = 0.2 \times Q$$

Za slučaj samo za broj kišnih dana iz evidencije $>5mm$, min 30 max 45 dana:

$$Q_{sr.d.} = Q_{p.v.} / 30, \quad [m^3/dan]$$

1.5 TAČKE UZORKOVANJA NA ODABRANIM LOKALITETIMA

Uzorkovanje filtratnih voda i deponijskih gasova na prisustvo definisanih polutanata, sa ciljem preliminarog monitoringa kvaliteta procednih voda i ambijentalnog vazduha na odabranim deponijama AP Vojvodine, Projektom je predviđeno i izvršeno na 21 reprezentativne tačke regiona, prema rasporedu prikazanom u Tabeli 2.



Slika 1.3 Kartografski pregled lokaliteta uzorkovanja

Tabela 1.2. Geografske koordinate i tip lokaliteta uzorkovanja procednih voda na odabranim deponijama AP Vojvodine

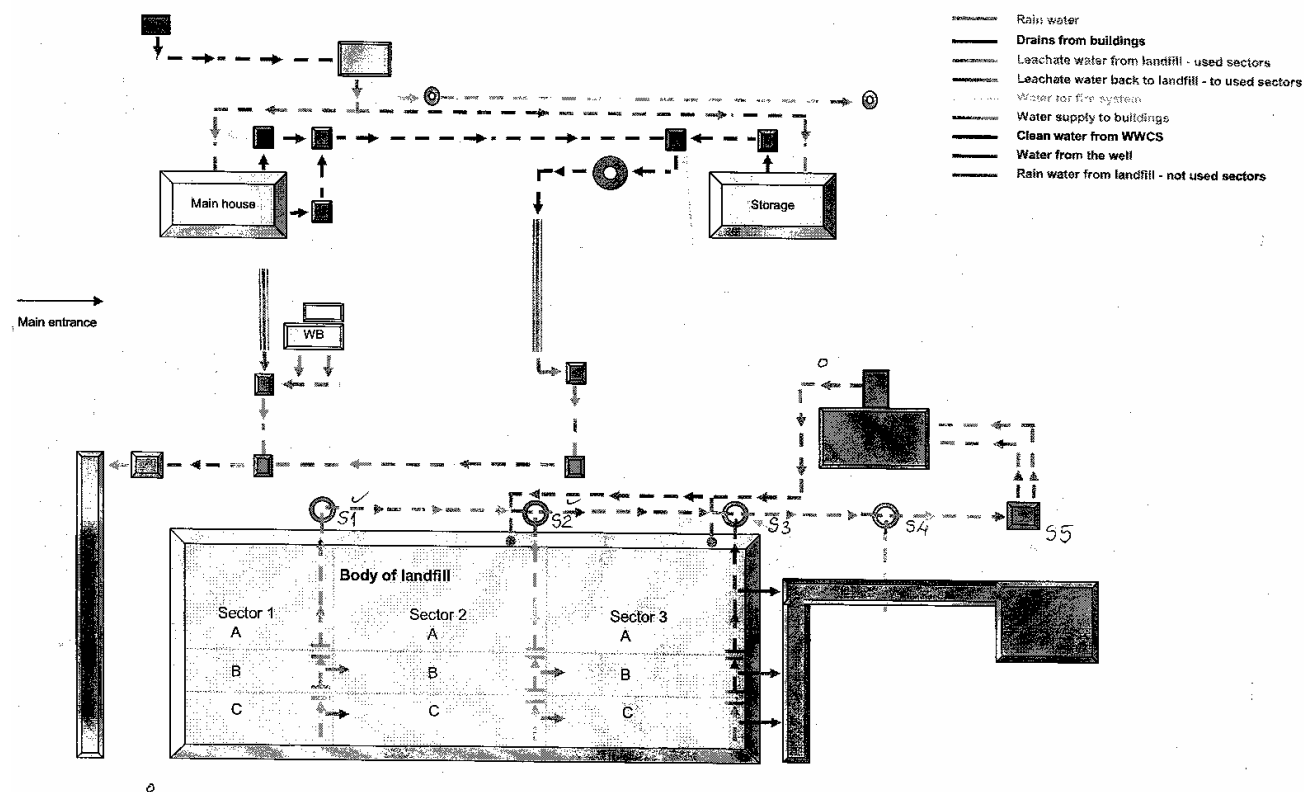
Lokalitet	Šifra lokaliteta	Tačka uzorkovanja	Opis uzorka	GPS koordinate	Dubina
Kikinda	KI1	Pijezometar 1	40 m naspram ulaza na deponiju	20°29'34,45"E 45°52'12,02"N	3 m
	KI2	Pijezometar 2	200 m levo od ulaza na deponiju uz telo deponije blizu zaštitne ograde	20°29'24,35"E 45°52'06,87"N	3 m
	KI3	Šaht	Šaht procednih voda S1 iz Sektora 1, 20 m naspram ulaza na deponiju	20°29'30,52"E 45°52'12,65"N	3 m
	KI4	Sabirni kanal	Sabirni šaht za procedne vode iz sektora S1, S2, S3 i S4. 50 m naspram ulaza	20°29'35,74"E 45°52'10,92"N	4 m
Sečanj	SČ1	Pijezometar 1	Na telu deponije sa desne strane puta	20°47'53,00"E 45°23'11,86"N	4 m
	SČ2	Pijezometar 2	Na telu deponije sa desne strane 20 m od puta	20°47'55,23"E 45°23'12,67"N	4 m
	SČ3	Pijezometar 3	Na telu deponije sa desne strane 40 m od puta	20°47'59,11"E 45°23'11,85"N	4 m
Zrenjanin	ZR1	Kanal 1	Površinski kod uljnog taložnika	20°29'09,46"E 45°21'08,48"N	Površinski
	ZR2	Kanal 2	300 m naspram ulaza na deponiju	20°21'54,04"E 45°21'04,55"N	Površinski
	ZR3	Kanal 3	Desno od ulaza na deponiju uz njivu	20°29'56,63"E 45°21'16,27"N	Površinski
Futog	FU1	Pijezometar 3	Na obodu deponije 5 m od ulaza	19°41'21,98"E 45°15'03,02"N	2 m
Pančevo	PA1	Pijezometar 1	50 m desno od ulaza na deponiju	20°37'49,82"E 44°53'06,20"N	1 m
	PA2	Pijezometar 2	300 m desno od ulaza na deponiju (uzorak uzet iz biotrga)	20°37'36,62"E 44°53'16,50"N	2 m
Novi Sad	NS1	Pijezometar 1	Kod Svinjarevog kanala 200 m naspram ulaza na deponiju	19°50'28,25"E 45°18'30,21"N	3 m
	NS2	Pijezometar 2	Kod Svinjarevog kanala blizu izliva u lagunu na obodu Deponije III blizu dela predviđenog za novu deponiju	19°50'56,83"E 45°18'44,38"N	3 m
	NS3	Laguna	Na obodu Deponije III blizu dela predviđenog za novu deponiju	19°50'53,85"E 45°18'44,99"N	Površinski
	NS4	Pijezometar 3	100 m levo od ulaza na deponiju uz njivu sa spoljašnje strane (kontrolni)	19°50'42,99"E 45°18'49,71"N	3 m
Sombor	SO1	Laguna	300 m levo od ulaza	19°6'50,83"E 45°51'37,74"N	Površinski
	SO2	Pijezometar 1	100 m levo od ulaza na deponiju	19°7'06,15"E 45°51'39,91"N	2 m
	SO3	Pijezometar 2	300 m levo od ulaza (uz lagunu)	19°6'43,34"E 45°51'36,53"N	2 m
Subotica	SU1	Kanal	Kanal ispod nadvožnjaka uz telo deponije	19°41'13,33"E 46°04'51,51"N	Površinski

Tačke uzorkovanja na lokalitetu novosadske deponije odabrane su na osnovu preporuke vodoprivredne inspekcije Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Republičke direkcije za vode, sa ciljem kontinualnog ispitivanja i praćenja voda i vazduha na deponiji i sačinjavanja programa mera za sprečavanje i

smanjenje zagađenja. Na ostalim lokalitetima teritorije AP Vojvodine, tačke uzorkovanja selektovane su prema predlogu i sugestijama rukovodstva i stručnog tima pojedinačnih javnih komunalnih preduzeća.

Kampanja uzorkovanja procednih voda i vazduha sa deponija na svim definisanim lokalitetima izvršena je u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine., u ciklusima od po 3 časa na svakoj lokaciji. Prosečna dnevna temperatura vazduha iznosila je oko 4°C tokom čitavog perioda uzorkovanja.

Water system of the landfill Kikinda



Slika 1.4 Šematski prikaz sanitarne deponije u Kikindi sa obeleženim mestima uzorkovanja





Slika 1.5 Lokaliteti uzorkovanja u Kikindi: KI1, KI2, KI3 i KI4, respektivno



Slika 1.6 Lokaliteti uzorkovanja u Sečnju: SČ1, SČ2 i SČ3, respektivno





Slika 1.7 Lokaliteti uzorkovanja u Zrenjaninu: ZR1, ZR2 i ZR3, respektivno



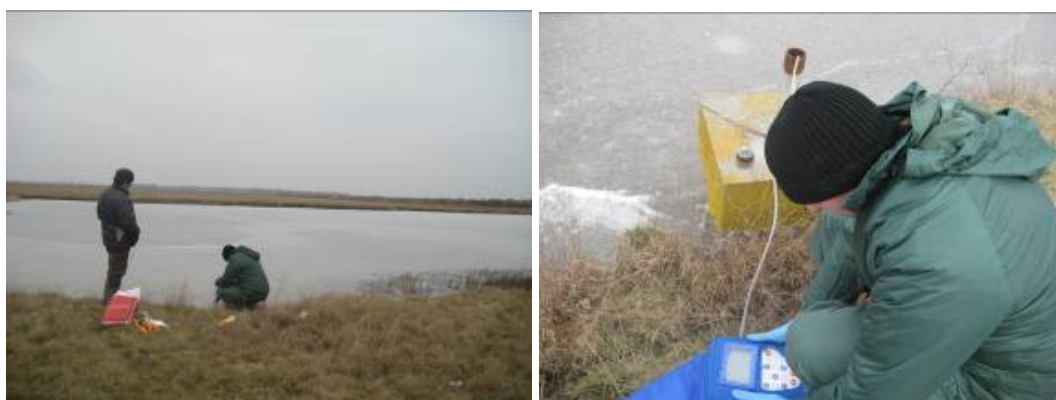
Slika 1.8 Lokalitet uzorkovanja u Futogu: FU1



Slika1.9 Lokaliteti uzorkovanja u Pančevu: PA1 i PA2, respektivno



Slika 1.10 Lokalizeti uzorkovanja u Novom Sadu: NS1, NS2, NS3 i NS4, respektivno



Slika 1.12 Lokalizeti uzorkovanja u Somboru: SO1 i SO3, respektivno



Slika 1.13 Lokalitet uzorkovanja u Subotici: SU1.



Slika 1.11. Satelitski snimak Novosadske deponije sa obeleženim mestima uzorkovanja

1.6 METODOLOGIJA UZORKOVANJA

Uzorkovanje filtratnih voda i deponijskih gasova predmetno i ciljno bilo je usmereno ka kolektovanju, detekciji i daljoj kvantifikaciji definisanih polutanata u vodi i vazduhu. Metodologija uzorkovanja i kvantifikacije deponijskih gasova automatizovana je samim mernim instrumentom. Uzorci filtratnih voda kolektovani su u plastične flaše od 2l za fizičko-hemijsku analizu osnovnog i proširenog obima, a za mikrobiološka ispitivanja u staklene sterilne flašice od 0.33l. Svi uzorci su prema proceduri uzorkovanja stabilizovani na terenu, dopremani u laboratoriju i skladišteni na temperaturi od 4°C do momenta pripreme uzorka za analizu.

Kvalitativna i kvantitativna analiza fizičko-hemijskih parametara procednih voda realizovana je korišćenjem multiparametarskog uzorkivača vode Multi 340i WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE WERKSTATTEN GMBH, UV-VIS spektrofotometra HACH DR 5000, uređaja za određivanje biološke potrošnje kiseonika BOD Trak HACH i atomskog apsorpcionog spektrofotometra S2Series + VP 100 hidridni system Thermo Scientific. Ispitivanje polutanata prisutnih u vazduhu vršeno je gasnim analizatorom GEM™2000 PLUS PORTABLE GAS ANALYZER i portabl gasnim detektorom G750 Polytecor.

Mikrobiološka ispitivanja procednih voda izvršena su klasičnim mikrobiološkim postupcima i metodama, a obuhvatila su sanitarni, ekološki i biohemijski aspekt.

Sanitarni aspekt podrazumeva određivanje osnovnih pokazatelja higijenske ispravnosti vode za piće (brojnost ukupnih koliformnih bakterija (*E.coli*) i fekalnih koliformnih bakterija).

Biohemijski aspekt obuhvatio je određivanje enzimske (fosfatazne) aktivnosti vode kao pokazatelja opterećenosti vode organskim biodegradabilnim polutantima. Aktivnost je izražena kao indeks fosfatazne aktivnosti (**IFA** – $\mu\text{mol/s/dm}^3$ pNP, 30°C). Na osnovu ovog indeksa okarakterisan je kvalitet vode prema kategorizaciji Matavulj-a (Matavulj, 1986).

Ekološki aspekt podrazumeva određivanje brojnosti aerobnih heterotrofnih bakterija (po novijoj terminologiji - organotrofa). Prema ovim parametrima moguće je izvršiti kategorizaciju vode po Kohl-u (klase od I-IV). Zastupljenost pojedinih fizioloških grupa bakterija (saharolitske, proteolitske i lipolitske) ukazuje na prirodu mikrobioloških procesa koji se odvijaju u ispitivanoj sredini.

II PRIKAZ I DISKUSIJA REZULTATA KVALITATIVNE I KVANTITATIVNE ANALIZE PROCEDNIH VODA I GASOVA SA DEPONIJAMA

2.1 PREGLED I ANALIZA PODATAKA O KVALITETU FILTRATNE VODE

Rezultati osnovnog i proširenog obima fizičko-hemijske analize procednih voda deponija dati su u Tabelama 2.1 – 2.8.

Tabela 2.1 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Kikindi

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Pijezometri		Procedna voda	
				KI1	KI2	KI3	KI4
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	7	10	27	13
2.	Temperatura vazduha		°C	4	7	4	4
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	μS/cm	2660	8550	20800	19540
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,91	7,68	8,59	8,65
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	7,22	7,11	0,19	0,21
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	26	32	784	1275
7.	Utrošak KMnO ₄	P-IV-9a ³	mg/l	3,73	6,76	446,82	459,46
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	4,68	12,9	74,3	72,4
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,010	0,011	0,310	0,400
10.	Nitrati	8171	mg/l	0,2	<0,1	40	37
11.	Fosfor	LCK 349	mg/l	<0,15	<0,15	13,6	6,85
12.	Kalijum	8049	mg/l	3,7	3,6	515,78	491,85
13.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03	0,036	1,08	0,306
14.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	7,395	7,477	18,320	10,095
15.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	0,619	1,367	1,444	1,517
16.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
17.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	3,947	3,998	4,613	5,029
18.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	15,152	58,542	51,613	58,150
19.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	11,290	20,829	293,284	281,432



Slika 2.1. Satelitski snimak deponije u Kikindi sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.2 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Sečnju

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Pijezometri		
				SČ1	SČ2	SČ3
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	14	14	9
2.	Temperatura vazduha		°C	5	4	4
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	μS/cm	4450	5250	5050
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,24	7,16	7,05
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	7,04	6,99	7,25
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	62	38	30
7.	Utrošak KMnO ₄	P-IV-9a ³	mg/l	18,01	7,96	15,61
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	63,3	64,0	59,2
9.	Nitriti	8507	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002
10.	Nitrati	8171	mg/l	2,2	<0,1	0,4
11.	Fosfor	LCK 349	mg/l	<0,15	<0,15	<0,15
12.	Kalijum	8049	mg/l	278,8	21,9	18,2
13.	Hrom	LCK 313	mg/l	0,569	<0,03	0,066
14.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	91,97	348,349	132,368
15.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	4,136	7,469	11,133
16.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
17.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	4,513	4,904	4,621
18.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	205,114	119,884	132,169
19.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	152,132	206,961	178,518



Slika 2.2. Satelitski snimak deponije u Sečnju sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.3 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Zrenjaninu

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Procedna voda		
				ZR1	ZR2	ZR3
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	7	8	9
2.	Temperatura vazduha		°C	7	7	9
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	μS/cm	1436	472	8800
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,91	7,68	8,59
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	4,50	6,74	3,67
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	142	18	86
7.	Utrošak KMnO ₄	P-IV-9a ³	mg/l	31,13	15,42	45,06
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	12,6	3,26	50,1
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,018	0,016	0,353
10.	Nitrati	8171	mg/l	0,2	<0,1	1,3
11.	Fosfor	LCK 349	mg/l	7,07	0,72	2,53
12.	Kalijum	8049	mg/l	38,1	2,6	690,6
13.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03	<0,03	0,058
14.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	5,330	9,175	4,257
15.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	0,860	1,119	0,968
16.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
17.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	4,539	4,172	4,214
18.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	34,222	15,415	47,222
19.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	34,203	4,919	190,388



Slika 2.3. Satelitski snimak deponije u Zrenjaninu sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.4 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Futogu

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Pijezometar
				FU1
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	8
2.	Temperatura vazduha		°C	7
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	μS/cm	1747
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,47
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	3,24
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	16
7.	Utrošak KMnO ₄	P-IV-9a ³	mg/l	6,00
8.	Tvrdoća	LCK 327	°dH	9,08
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,004
10.	Nitrati	8171	mg/l	0,1
11.	Fosfor	LCK 349	mg/l	<0,15
12.	Kalijum	8049	mg/l	18,9
13.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03
14.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	6,240
15.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	1,772
16.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02
17.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	4,400
18.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	34,222
19.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	18,926



Slika 2.4. Satelitski snimak deponije u Futogu sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.5 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Pančevu

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Pijezometri	
				PA1	PA2
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	11	13
2.	Temperatura vazduha		°C	9	8
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	µS/cm	812	6280
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,33	7,10
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	5,52	1,37
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	122	22
7.	Utrošak KMnO ₄	P-IV-9a ³	mg/l	3,32	34,76
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	5,80	22,0
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,018	0,016
10.	Nitrati	8171	mg/l	0,2	<0,1
11.	Fosfor	LCK 349	mg/l	7,07	0,72
12.	Kalijum	8049	mg/l	3,5	316,2
13.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03	<0,03
14.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	3,824	4,665
15.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	1,394	1,802
16.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02
17.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	nd	0,220
18.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	30,066	117,174
19.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	7,131	25,154



Slika 2.5. Satelitski snimak deponije u Sečnju sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.6 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Novom Sadu

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Pijezometri			Procedna voda
				NS1	NS2	NS4	NS3
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-13 ³	°C	9	5	5	5
2.	Temperatura vazduha		°C	0	0	0	0
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	μS/cm	2700	1120	820	4620
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,37	7,22	7,66	8,03
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	0,01	0,02	0,03	0,03
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	76	36	24	68
7.	HPK	P-IV-10 ³	mg/l	322	30	26,2	1127
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	56,1	22,6	26,1	33,7
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,009	<0,002	0,026	0,591
10.	Fosfor	LCK 349	mg/l	7,17	0,80	0,89	2,42
11.	Kalijum	8049	mg/l	25,0	3,5	2,2	392,3
12.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,576
13.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	10,7	24,26	16,88	5,61
14.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	1,22	3,17	1,51	0,28
15.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
16.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	0,562	0,555	0,618	0,681
17.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	302	161	138	198
18.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	59,4	nd	29,2	25,4



Slika 2.6. Satelitski snimak deponije u Sečnju sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.7 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Somboru

No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Procedna voda	Pijezometri	
				SO1	SO2	SO3
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-1 ³	°C	0	7	5
2.	Temperatura vazduha		°C	-1	0	1
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	µS/cm	848	768	679
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	8,33	7,53	7,73
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	0,13	0,11	0,13
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	18	24	20
7.	HPK	P-IV-10 ³	mg/l	105	53,2	31,6
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	2,91	16,3	14,4
9.	Nitriti	8507	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002
10.	Fosfor	LCK 349	mg/l	3,46	0,68	0,57
11.	Kalijum	8049	mg/l	6,4	5,2	3,9
12.	Hrom	LCK 313	mg/l	0,045	<0,03	<0,03
13.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	8,63	59,01	29,99
14.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	0,198	30,765	20,741
15.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
16.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	0,499	0,587	0,579
17.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	18,3	67	63,2
18.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	1,5	29,8	23,9



Slika 2.7. Satelitski snimak deponije u Sečnju sa obeleženim mestima uzorkovanja

Tabela 2.8 Fizičko-hemijski parametri filtratne vode na lokalitetu uzorkovanja u Subotici

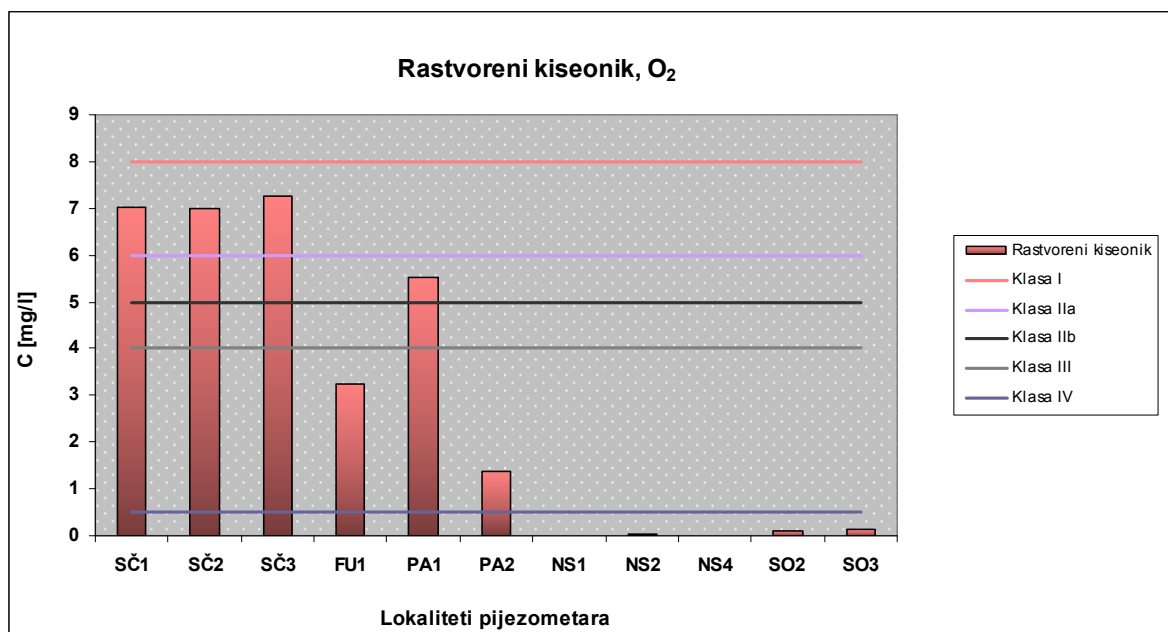
No.	Ispitivani parametar	Oznaka metode	Jed.	Procedna voda
				SU1
1.	Temperatura vode na terenu	P-IV-13 ³	°C	11
2.	Temperatura vazduha		°C	0
3.	Elektroprovodljivost	P-IV-11 ³	µS/cm	908
4.	pH vrednost	P-IV-6 (A) ³	-	7,48
5.	Koncentracija rastvorenog kiseonika	P-IV-12 (B) ³	mg/l	0,15
6.	BPK ₅	P-IV-13 ³	mg/l	202
7.	HPK	P-IV-10 ³	mg/l	382
8.	Tvrdoća vode	LCK 327	°dH	70,6
9.	Nitriti	8507	mg/l	0,037
10.	Fosfor	LCK 349	mg/l	5,71
11.	Kalijum	8049	mg/l	32,8
12.	Hrom	LCK 313	mg/l	<0,03
13.	Gvožđe	P-V-17/B ³	mg/l	2,569
14.	Cink	ISO 8288/86	mg/l	0,408
15.	Kadmijum	LCK 308	mg/l	<0,02
16.	Nikl	ISO 8288/86	mg/l	0,627
17.	Kalcijum	P-V-22/B	mg/l	48,26
18.	Magnezijum	P-V-22/B	mg/l	279,326



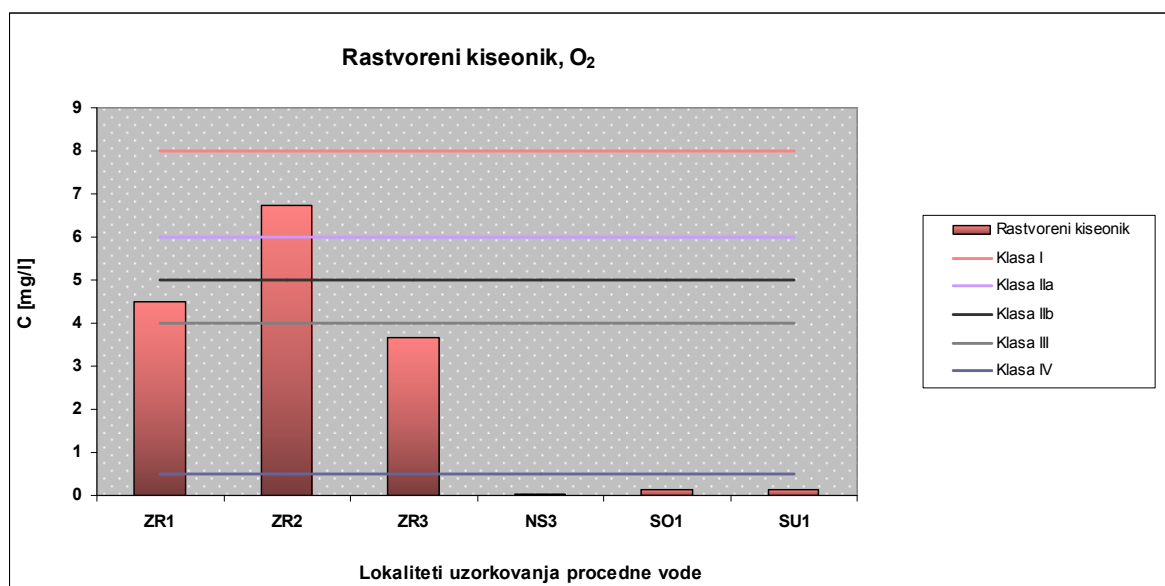
Slika 2.8. Satelitski snimak deponije u Sečnju sa obeleženim mestima uzorkovanja

U daljem pregledu rezultata, kvantitativna analiza pojedinačnih parametara urađena je simultano na svim lokalitetima uzorkovanja, što je grafičkim prikazano dijagramima 2.1 – 2.13. Lokaliteti prikazani na datim grafikonima ne uključuju tačke uzorkovanja na lokitetu deponije u Kikindi. Opšti i specifični parametri kvaliteta deponijske filtratne vode u Kikindi i na ostalim lokalitetima posebno su analizirani, iz razloga što je deponija u Kikindi jedina sanitarna deponija u regionu AP Vojvodine, dijagrami 2.14-2.26.

Od opštih fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta vode analizirani su koncentracija rastvorenog kiseonika, koncentracija vodonikovih jona (pH vrednost) električna provodljivost i tvrdoća vode, kao i pokazatelji organskog zagađenja (potrošnja kalijum-permanganata, KMnO_4 , hemijska potrošnja kiseonika, HPK, i biološka potrošnja kiseonika u pet dana, BPK_5).



a)



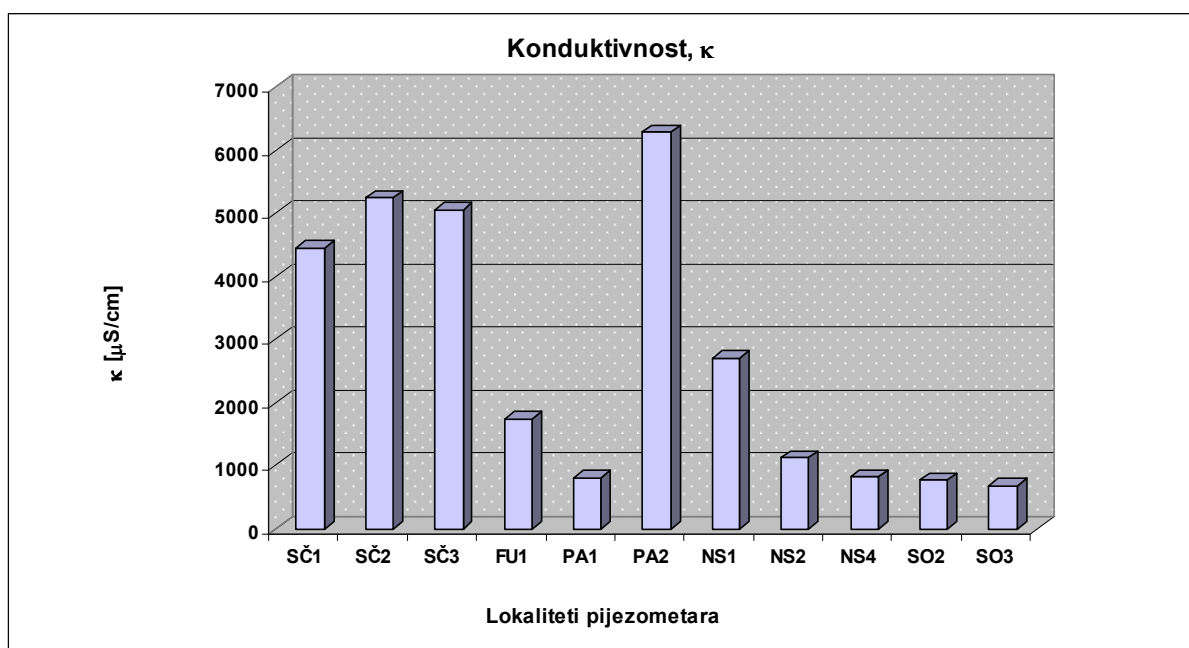
b)

Dijagram 2.1 Koncentracija rastvorenog O₂ u vodi

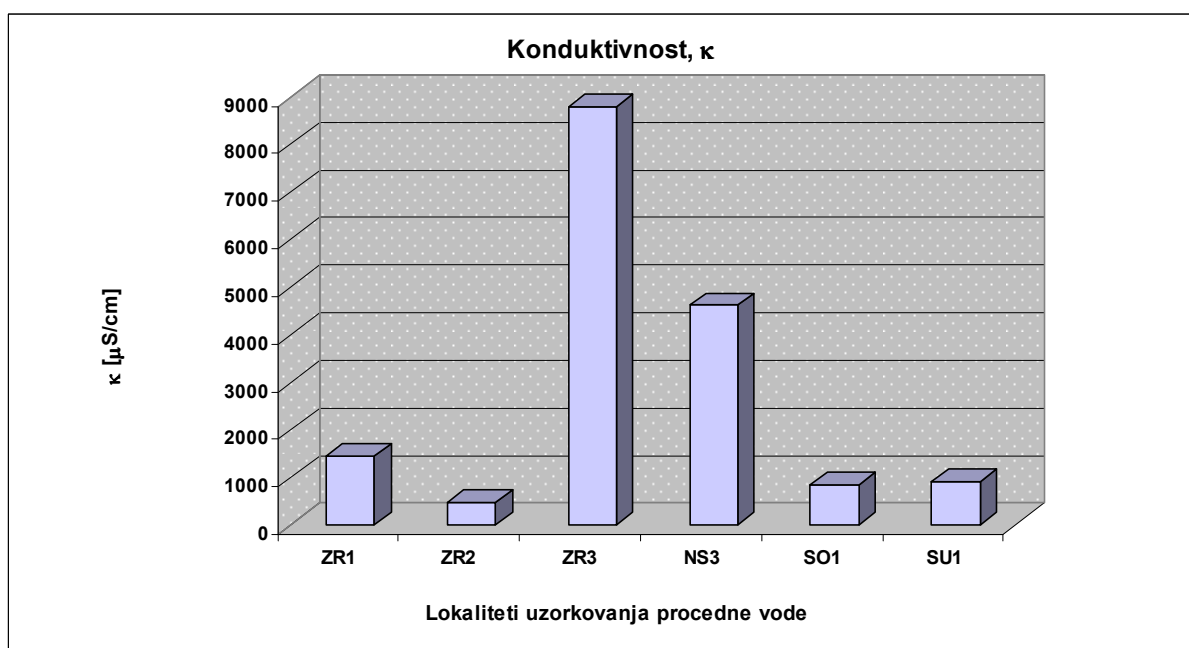
Koncentracija rastvorenog kiseonika u ispitivanim uzorcima vode iz pijezometara kretala se u opsegu od 0,01-7,25 mg/l. Izuzetno niske koncentracije rastvorenog kiseonika na lokalitetima u Novom Sadu (NS1, NS2 i NS4) i Somboru (SO2 i SO3) čija je vrednost < 0,5 mg O₂/l, ukazuju na opterećenost ovih voda organskim materijama. U skladu sa Uredbom o klasifikaciji voda (Službeni glasnik SRS, br. 5/68), prema sadržaju rastvorenog kiseonika, u IIa klasu mogu se uvrstiti vode sa lokaliteta SČ1, SČ2 i SČ3. Kriterijum koncentracije rastvorenog O₂ za IIb klasu zadovoljila je voda sa lokaliteta PA1, dok, prema sadržaju rastvorenog kiseonika, u klasu IV ulaze vode sa mernih mesta FU1 i PA2.

Koncentracija rastvorenog kiseonika u ispitivanim uzorcima filtratne vode deponija kretala se u opsegu od 0,03-6,74 mg/l. Niske koncentracije rastvorenog kiseonika, čija je vrednost < 0,5 mg O₂/l, detektovane su na lokalitetima u Novom Sadu (NS3), Somboru (SO1) i Subotici (SU1) ponovo ukazujući na opterećenost voda organskim materijama. Prema sadržaju rastvorenog kiseonika u uzorcima, u IIa klasu može se svrstati voda sa lokaliteta ZR2. Kriterijum koncentracije rastvorenog O₂ u vodi za III klasu zadovoljila je voda sa lokaliteta ZR1, dok, prema sadržaju rastvorenog kiseonika, u klasu IV ulazi voda sa mernog mesta ZR3.

U vodi uzorkovanoj iz pijezometara, kao i u procednoj vodi deponije, opseg vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika približno je jednak i može se zaključiti da je sadržaj organskih materija u pojedinim uzorcima oba tipa izuzetno visok, što rezultuje niskim vrednostima koncentracije O₂.



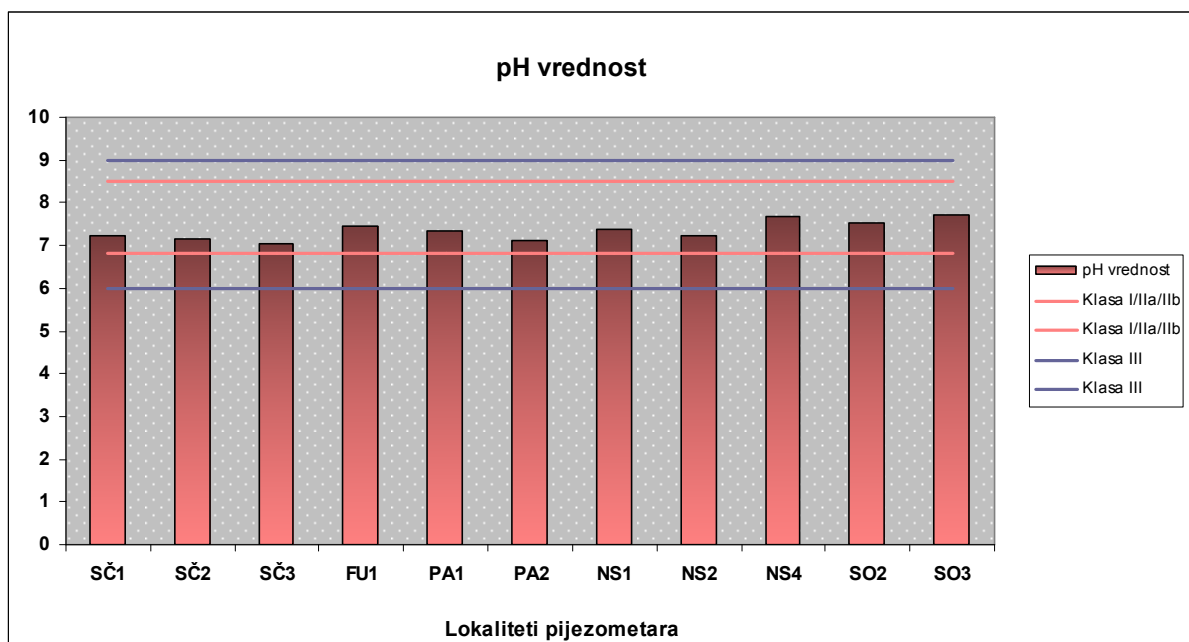
a)



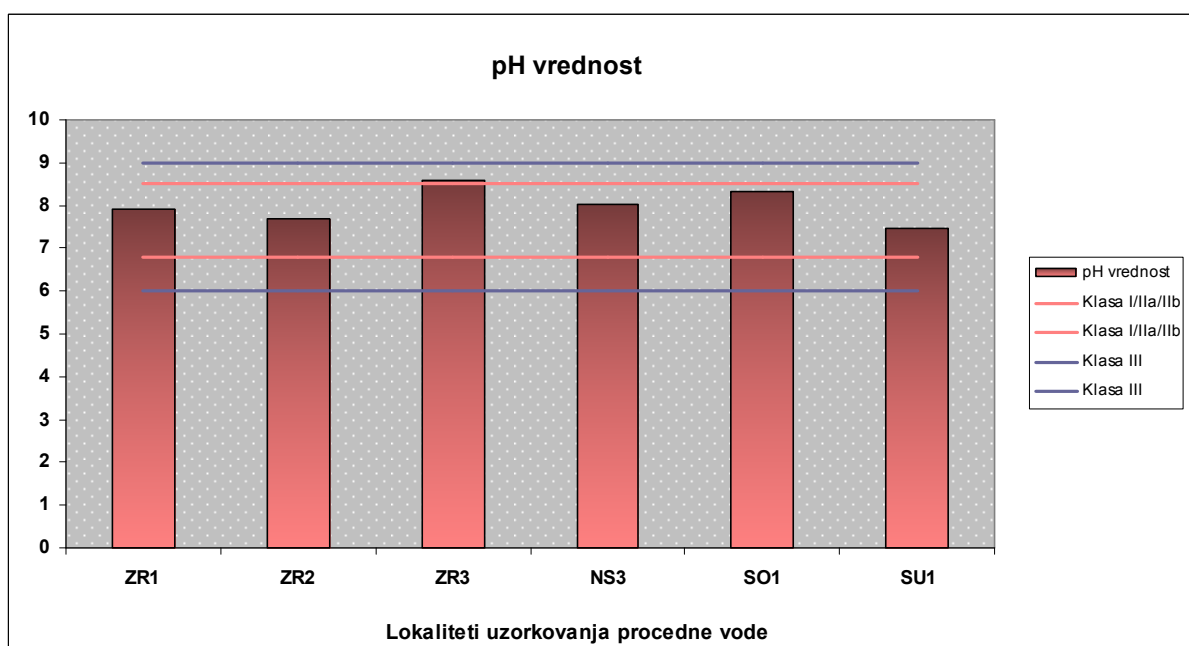
b)

Dijagram 2.2 Sadržaj ukupnih rastvorenih soli u vodi izražen preko konduktivnosti

Konduktivnost vode na ispitivanim lokalitetima pijezometara kretala se u opsegu od 679-6280 $\mu\text{S/cm}$. U širem opsegu vrednosti, kretala se konduktivnost detektovana u procednoj deponijskoj vodi (472-8800 $\mu\text{S/cm}$) i zaključeno je da sadržaj ukupnih rastvorenih soli u filtratnoj vodi dostiže veće vrednosti u odnosu na vodu kolektovanu iz pijezometara, što je u skladu sa očekivanim rezultatima kvaliteta vode uzorkovane iz pijezometara i sa oboda deponije.



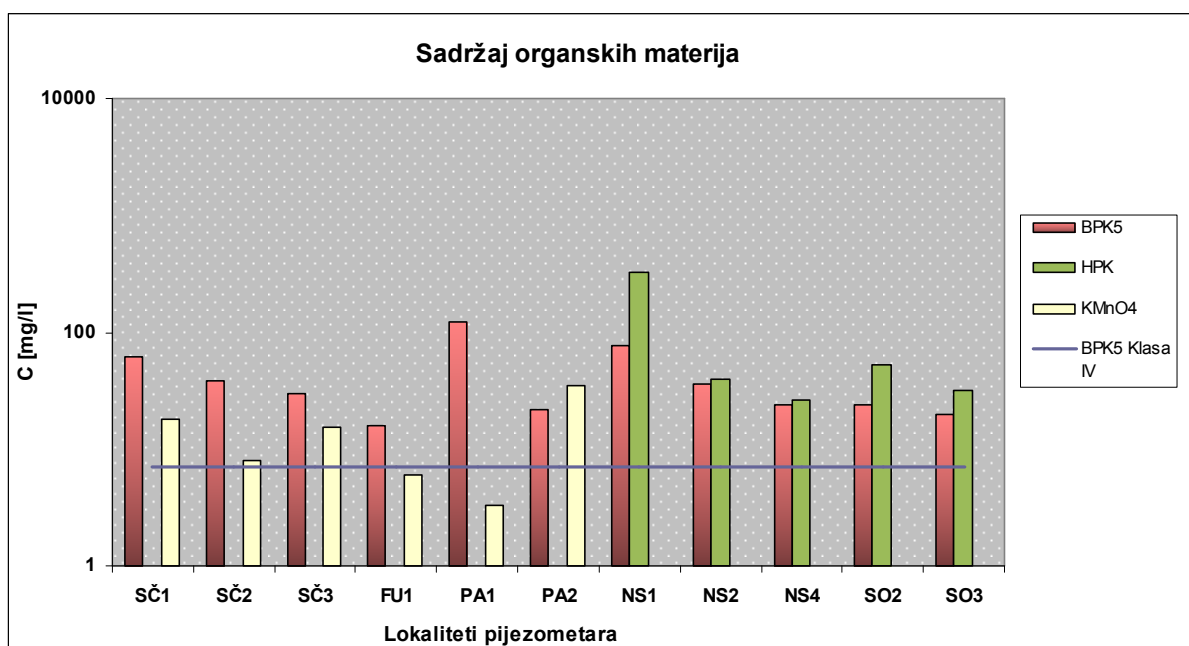
a)



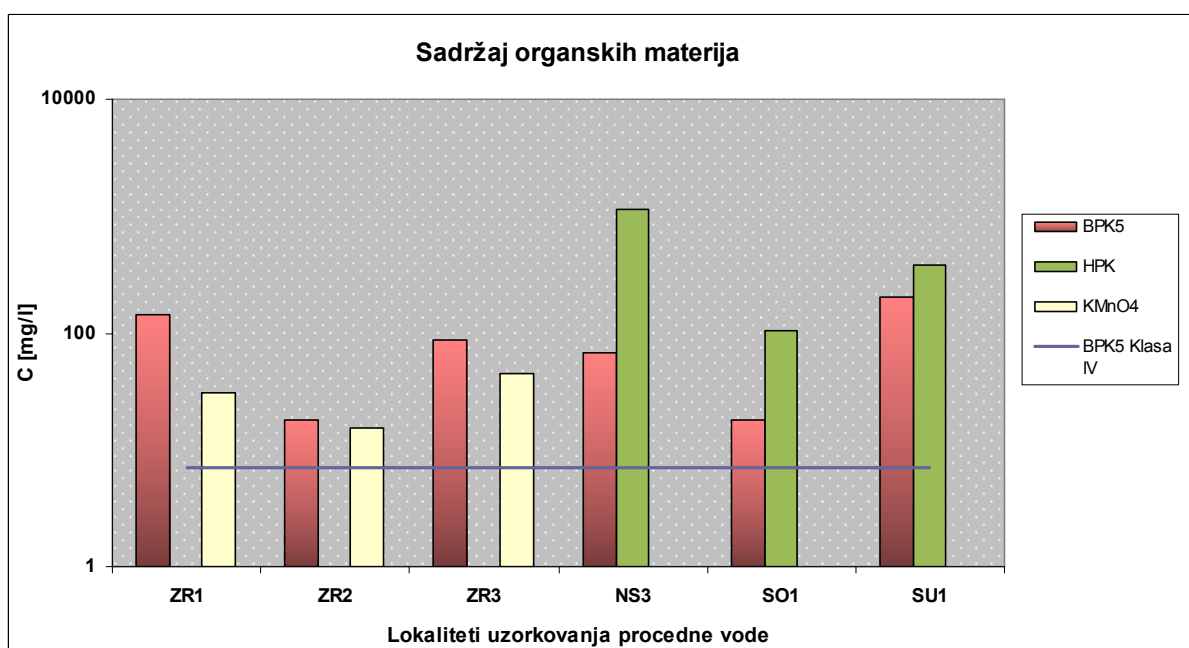
b)

Dijagram 2.3 Koncentracija vodonikovih jona u vodi

Koncentracija vodonikovih jona u uzorcima vode iz pijezometara kretala se u opsegu od 7,05-7,73, tako da se sve vode, prema Uredbi o klasifikaciji voda, mogu svrstati u klasu voda I/IIa/IIb. U uzorcima procedne vode, pH vrednosti su se nalazile u intervalu od 7,48-8,59 i zaključeno je da, u odnosu na sadržaj vodonikovih jona, filtratna deponijska voda, sa izuzetkom lokaliteta ZR3, takođe zadovoljava kriterijume klase I/IIa/IIb. Voda sa mernog mesta ZR3 svrstana je u III klasu voda.



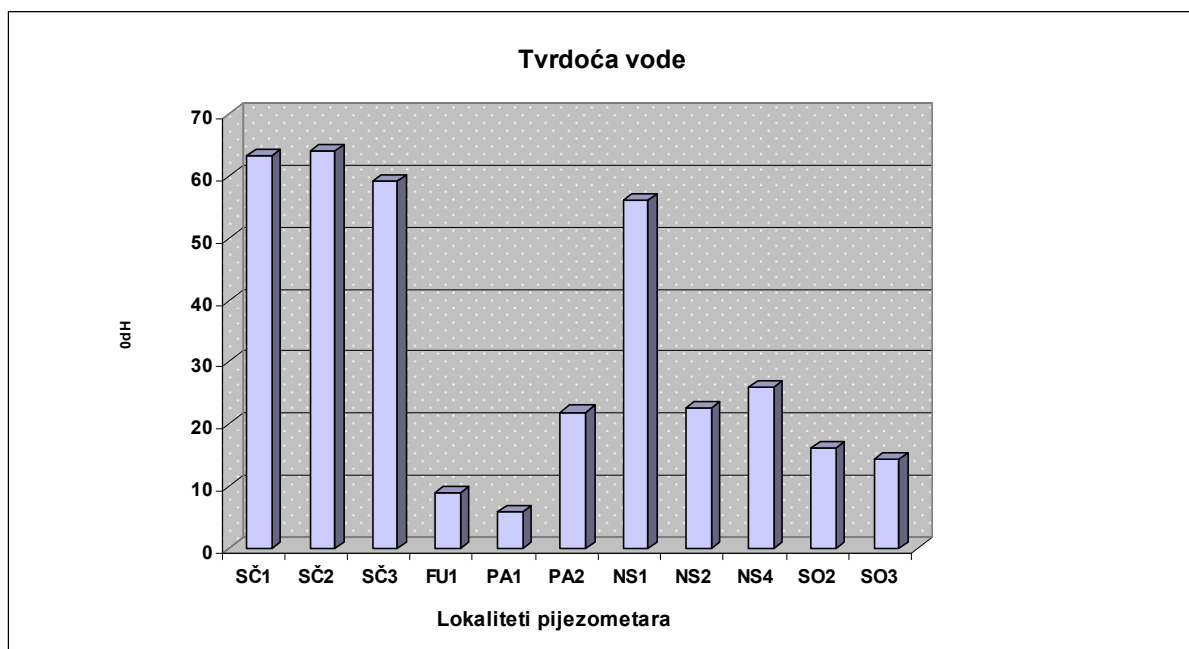
a)



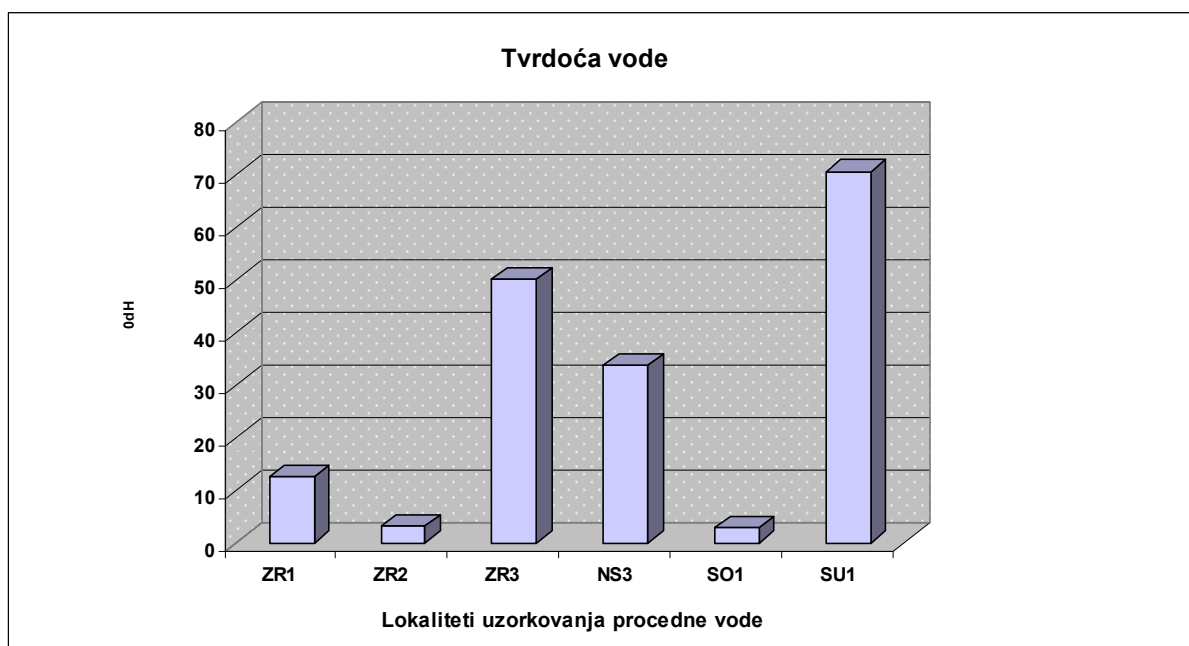
b)

Dijagram 2.4 Sadržaj organskih materija izražen preko HPK, BPK₅ i potrošnje KMnO₄ u vodi

Sadržaj organskih materija određen je u obliku hemijske i biološke potrošnje kiseonika, kao i utroška kalijum-permanganata. Sadržaj organskih materija, izražen kao BPK₅, u vodi svih ispitivanih lokaliteta prekoračuje graničnu vrednost za IV klasu od 7 mg/l, prema Uredbi o klasifikaciji voda.



a)



b)

Dijagram 2.5 Tvrdoća vode

Tvrdoća vode iz piježometara, uzrokovana prisustvom rastvorenih soli kalcijuma i magnezijuma, kretala se intervalu od 5,8-64 °dH, ukazujući na značajnu varijabilnost koncentracije jona Ca^{2+} i Mg^{2+} na ispitivanim lokalitetima. U nešto širem opsegu vrednosti, od 2,91-70,6 °dH, kretala se tvrdoća uzorkovane filtratne deponijske vode.

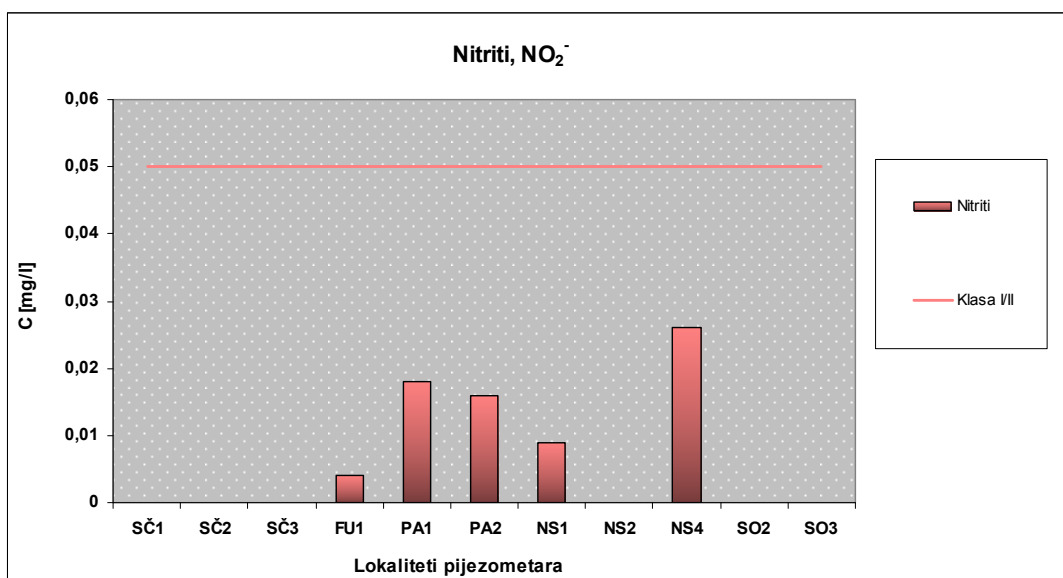
Kvalitet vode, u odnosu na tvrdoću, izvršen je prema sledećem kriterijumu:

Tabela 2.9 Klasifikacija vode na pojedinačnim lokalitetima prema stepenu tvrdoće

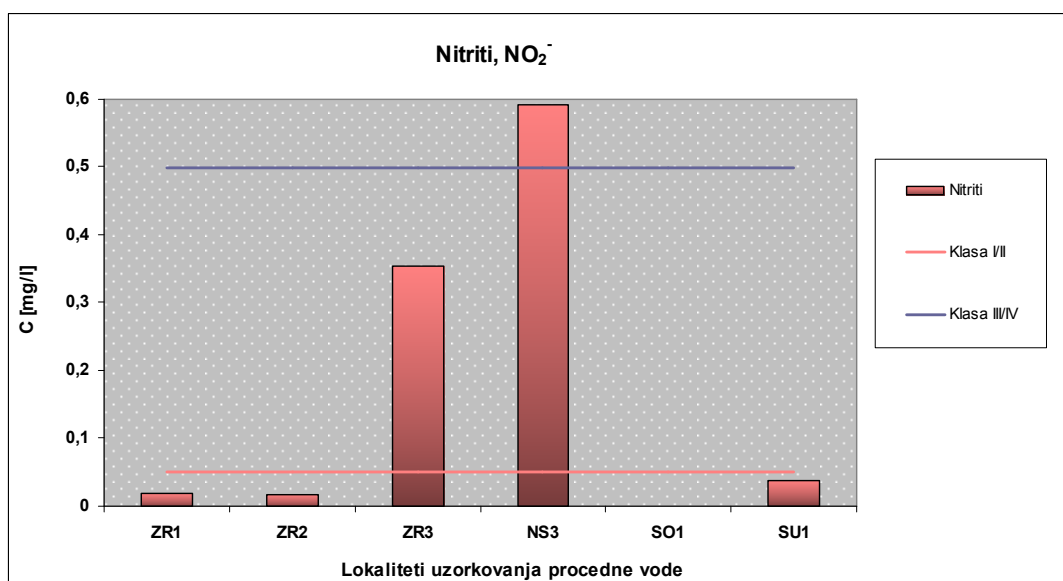
Tvrdoća vode [°dH]	Kvalitet vode	Lokaliteti uzorkovanja
0-5	Veoma meka	ZR2, SO1
5-10	Meka	FU1, PA1
10-15	Umereno tvrda	ZR1, SO3
15-25	Tvrda	PA2, NS2, SO2
> 25	Veoma tvrda	SČ1, SČ2, SČ3, ZR3, NS1, NS3, NS4, SU1

Izuzetno visok sadržaj rastvorenih soli kalcijuma i magnezijuma detektovan je i na lokalitetima pijezometara SČ1, SČ2, SČ3 i NS1 i u procednoj vodi sa lokaliteta ZR3 i SU1, što je u skladu sa sastavom zemljišta na kom je locirana deponija.

Od specifičnih fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta vode analizirani su koncentracioni nivoi nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), ukupnog fosfora (P), kadmijuma (Cd), ukupnog hroma (Cr), nikla (Ni), cinka (Zn), gvožđa (Fe) i kalijuma (K).



a)



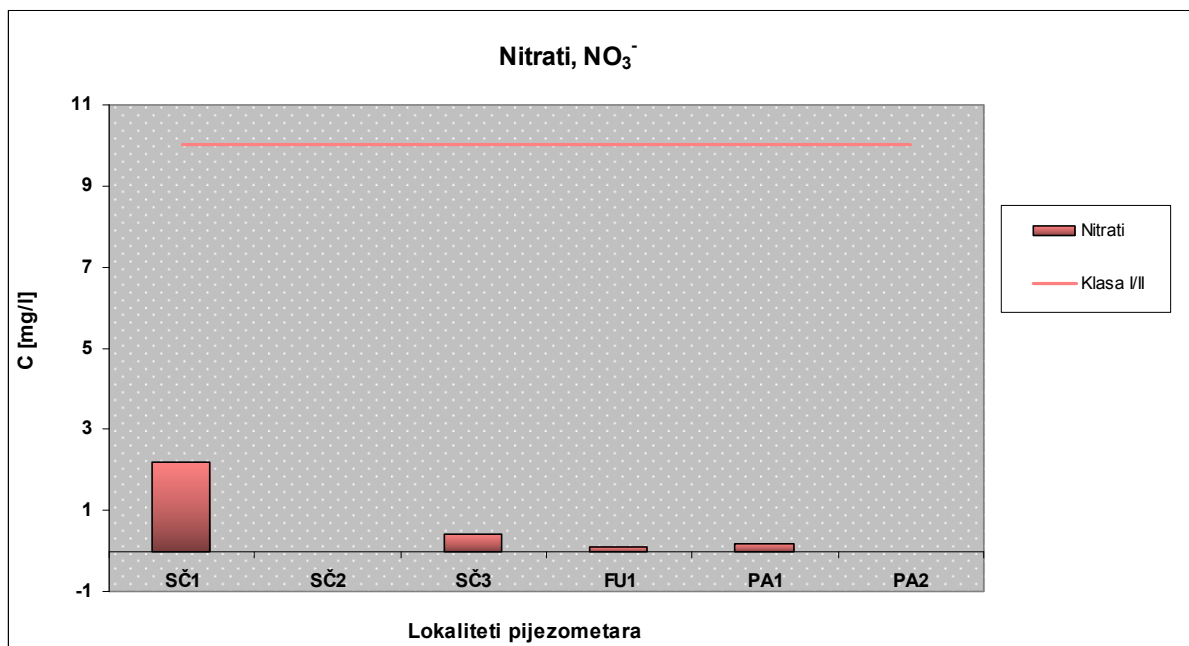
b)

Dijagram 2.6 Sadržaj nitrita u vodi

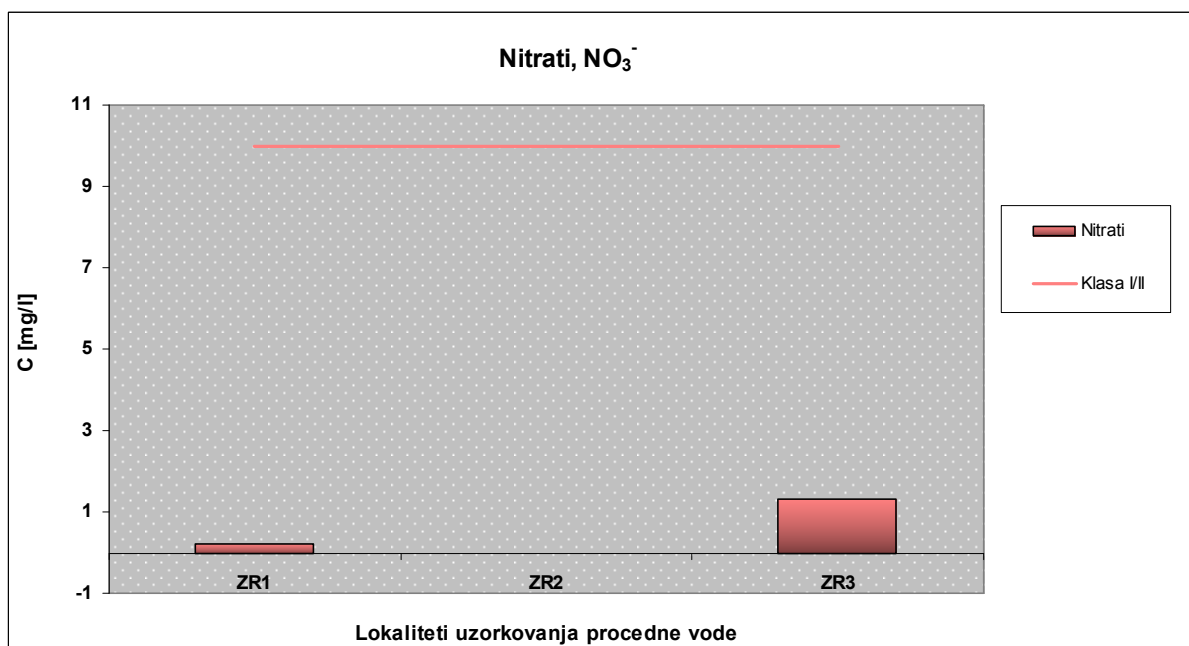
U vodi na lokalitetima SČ1, SČ2, SČ3, NS2, SO1, SO2 i SO3 koncentracija nitritnih jona je ispod limita detekcije od 0,002 mg/l, tako da, prema Uredbi o klasifikaciji voda, voda navednih lokaliteta pripada klasi I/II.

Voda preostalih lokaliteta pijezometara, u kojima je detektovan sadržaj jona NO_2^- , takođe se može svrstati u klasu I/II.

Istoj klasi voda pripada i procedna deponijska voda sa lokaliteta ZR1, ZR2 i SU1. Klasi III/IV pripada filtrat sa mernog mesta ZR3, dok voda sa lokaliteta NS3, prema sadržaju NO_2^- jona, prekoračuje maksimalne vrednosti definisane za klasu III/IV.



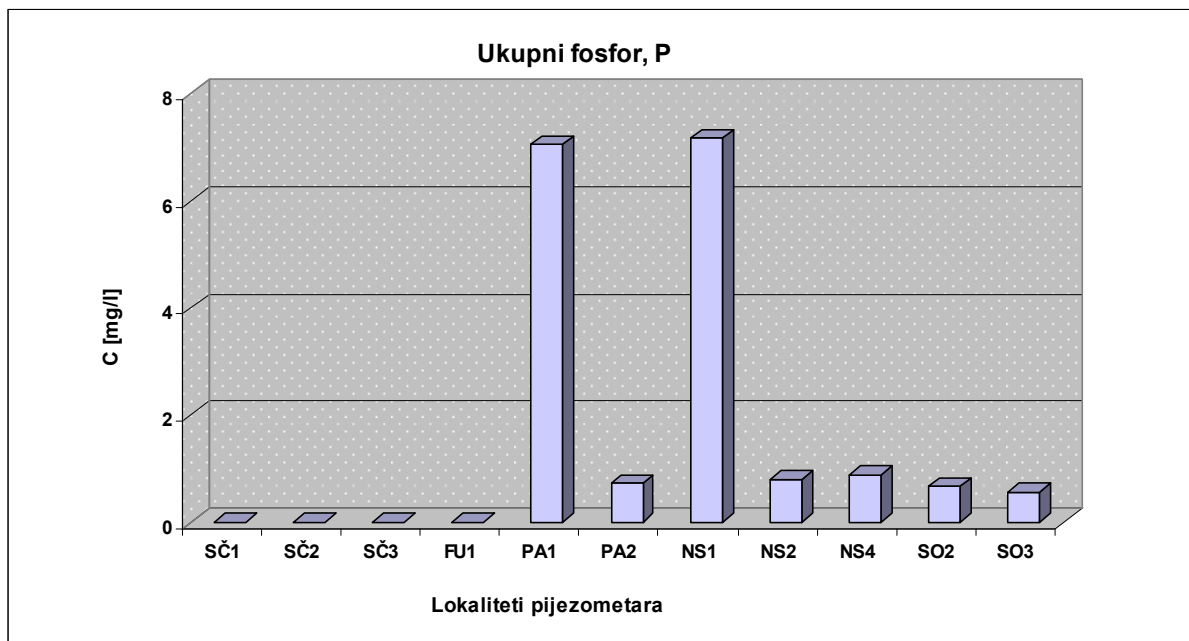
a)



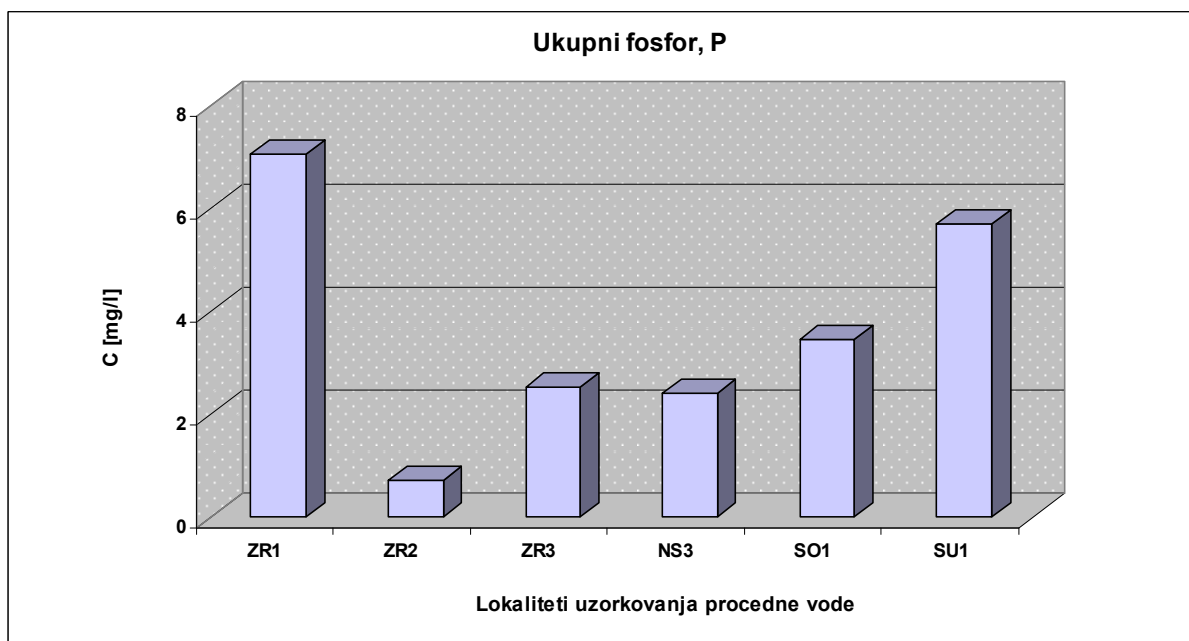
b)

Dijagram 2.7 Sadržaj nitrata u vodi

Prema koncentraciji NO_3^- jona, u skladu sa Uredbom o klasifikaciji voda, uzorci ispitivanih lokaliteta, kako pijezometara (SČ1, SČ2, FU1, PA1 i PA2), tako i filtratne deponijske vode (SČ3, ZR1, ZR2 i ZR3), pripadaju klasi I/II.



a)



b)

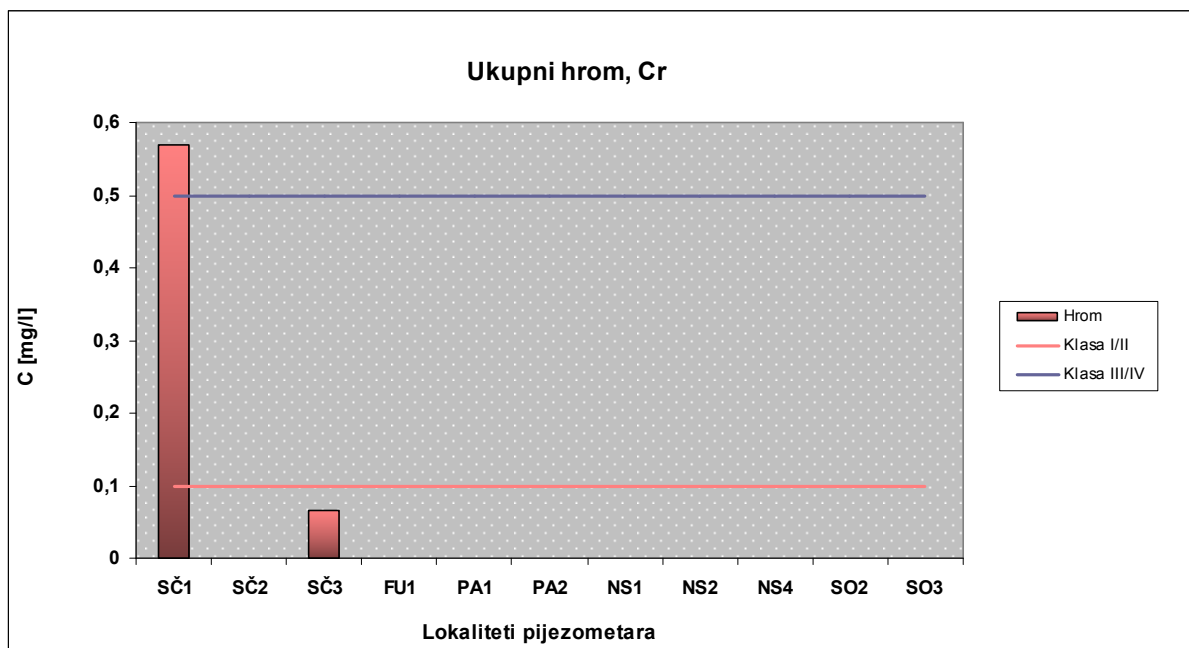
Dijagram 2.8 Sadržaj fosfora u vodi

U vodi na lokalitetima pijezometara SČ1, SČ2, SČ3 i FU1, koncentracija ukupnog fosfora je ispod limita detekcije od 0,15 mg/l, dok se u preostalim uzorcima vode iz pijezometara, sadržaj fosfora kretao od 0,57-7,17 mg/l. Najveće koncentracije ukupnog fosfora (>7 mg/l), koje znatno odstupaju od sadržaja P na preostalim mernim mestima pijezometara (<1 mg/l), detektovane su na lokalitetima PA1 i NS1.

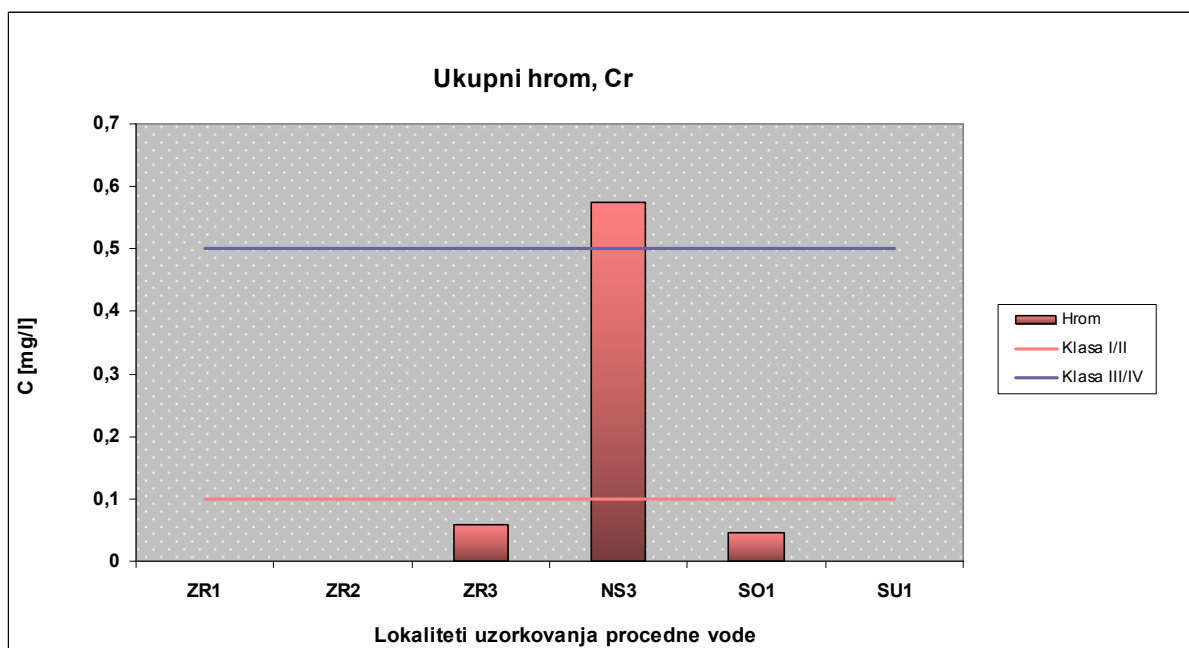
U uzorcima filtratne deponijske vode, sadržaj ukupnog fosfora značajno je varirao i koncentracije u vodi su se kretale od 0,72-7,07 mg/l.

Koncentracija kadmijuma u uzorcima sa svih ispitivanih lokaliteta bila je ispod limita detekcije (0,02 mg/l), tako da klasifikacija voda u odnosu na sadržaj kadmijuma nije izvršena.

Grafički prikaz sadržaja teških metala u vodi dat je Dijagramima 2.9 - 2.12.

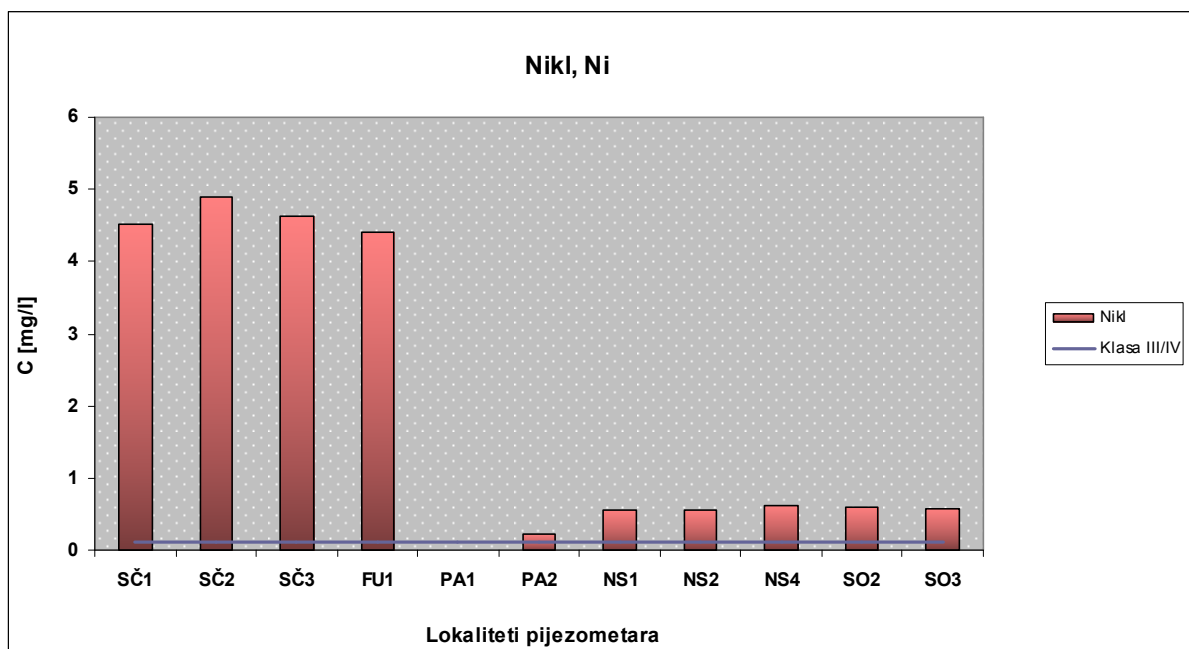


a)

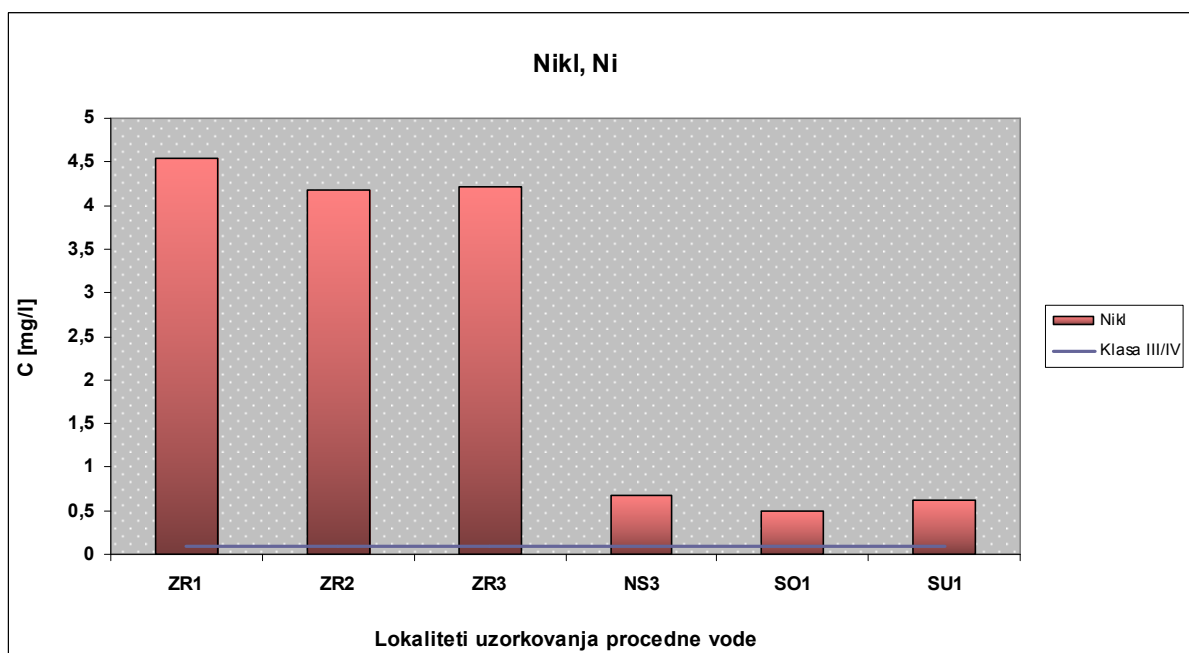


b)

Dijagram 2.9 Sadržaj hroma u vodi

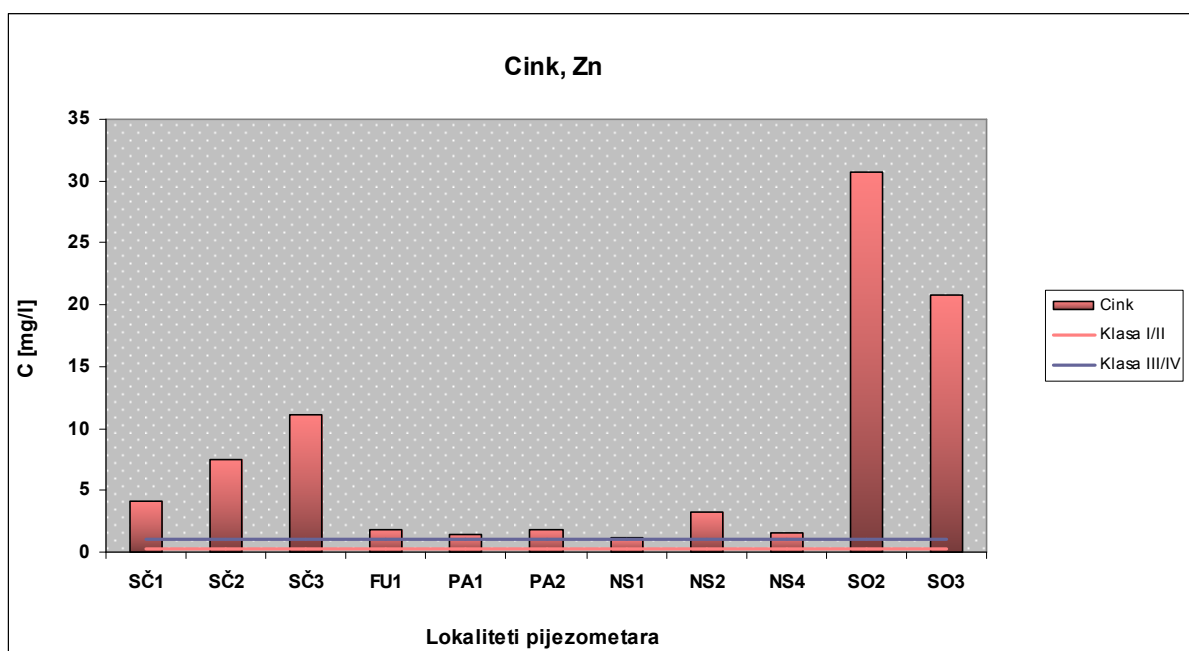


a)

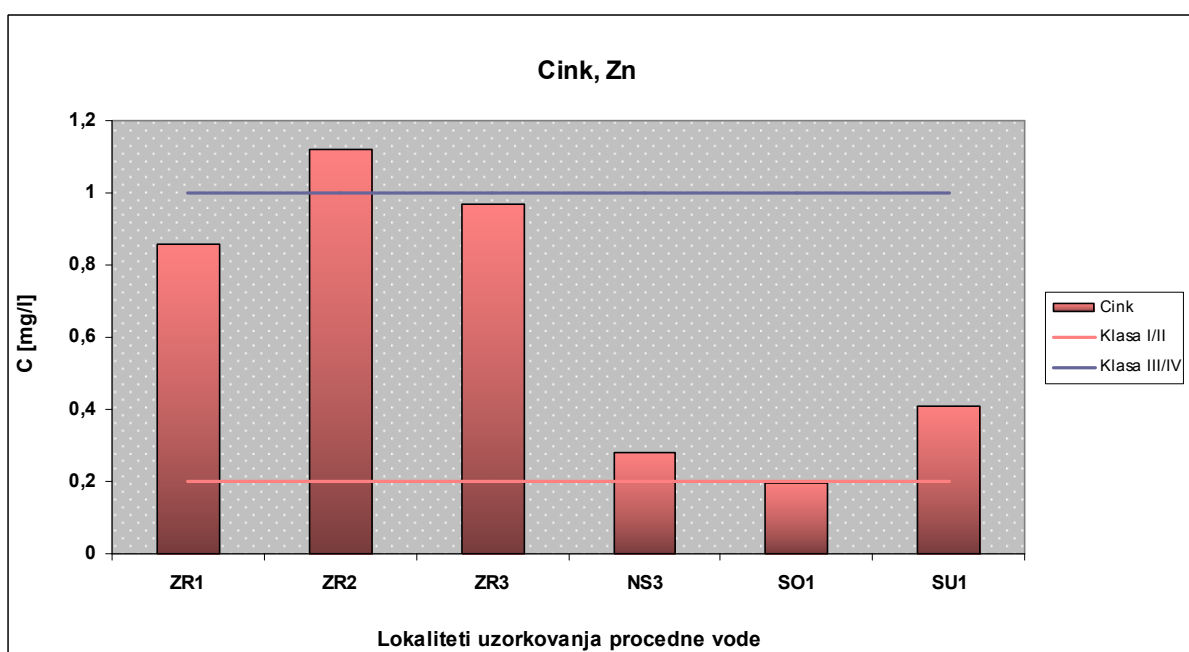


b)

Dijagram 2.10 Sadržaj nikla u vodi

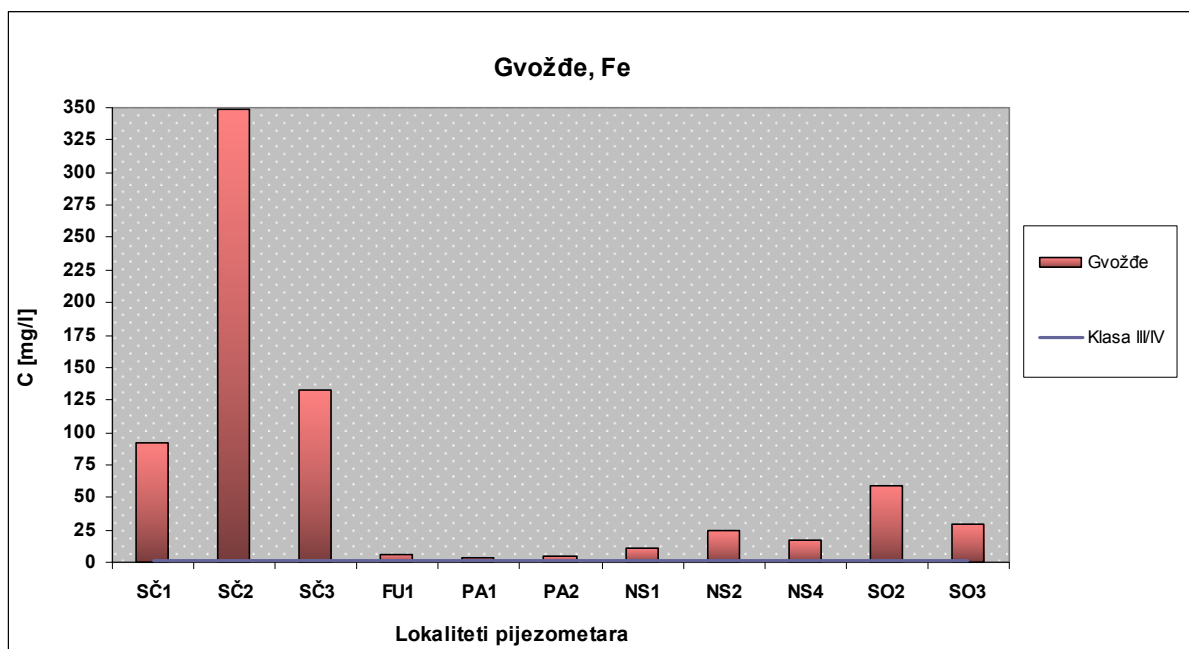


a)

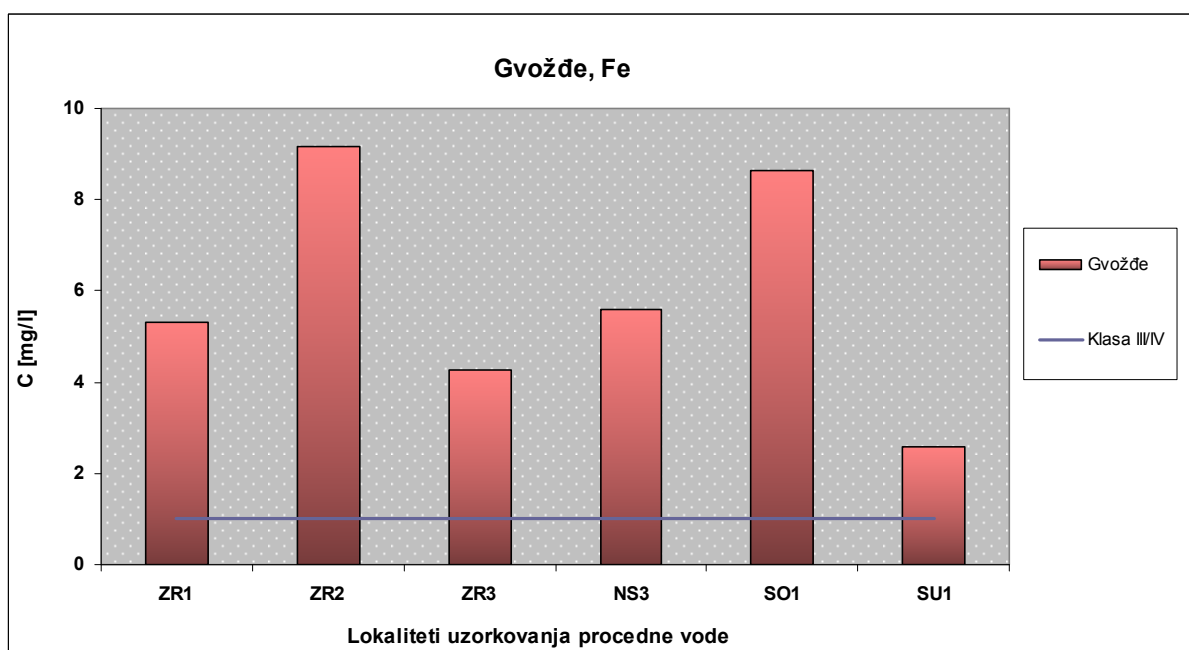


b)

Dijagram 2.11 Sadržaj cinka u vodi



a)



b)

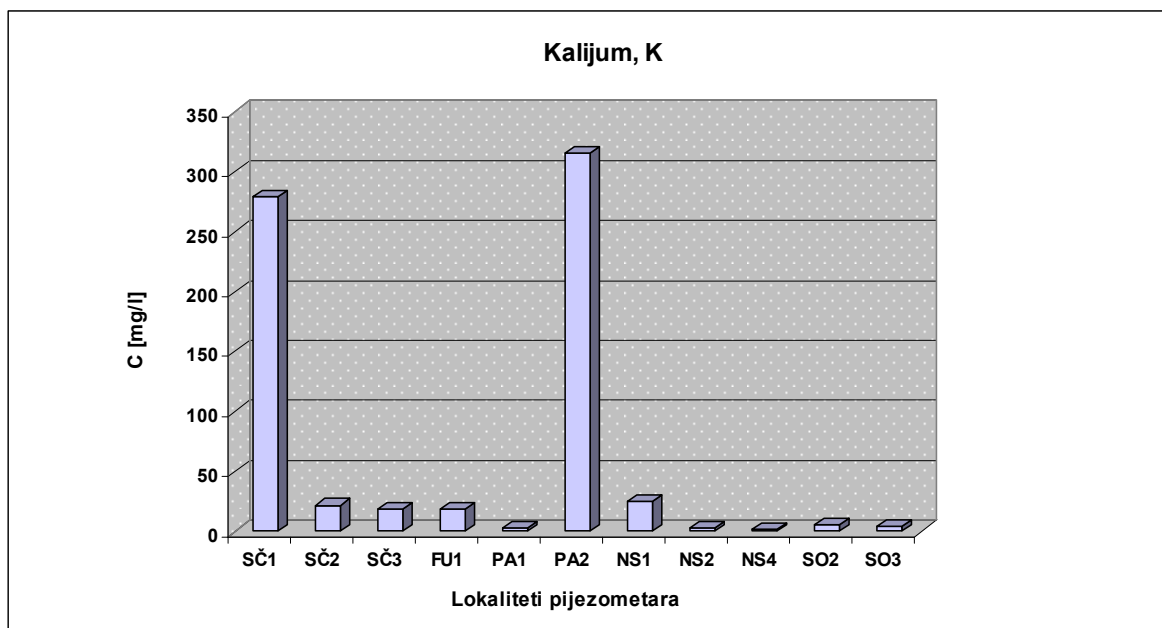
Dijagram 2.12 Sadržaj gvožđa u vodi

Voda svih ispitivanih lokaliteta, kako iz pijezometara, tako i filtrata, se, sa izuzetkom mernih mesta SČ1 i NS3, a prema kriterijumu za koncentraciju hroma u vodi definisanom Pravilnikom o opasnim materijama u vodama (Službeni glasnik SRS, br. 31/82), može svrstati u klasu I/II. Koncentracija hroma na mernim mestima SČ1 i NS3 prekoračuje granične vrednosti za klasu vode III/IV i svrstava ovu vodu izvan klase.

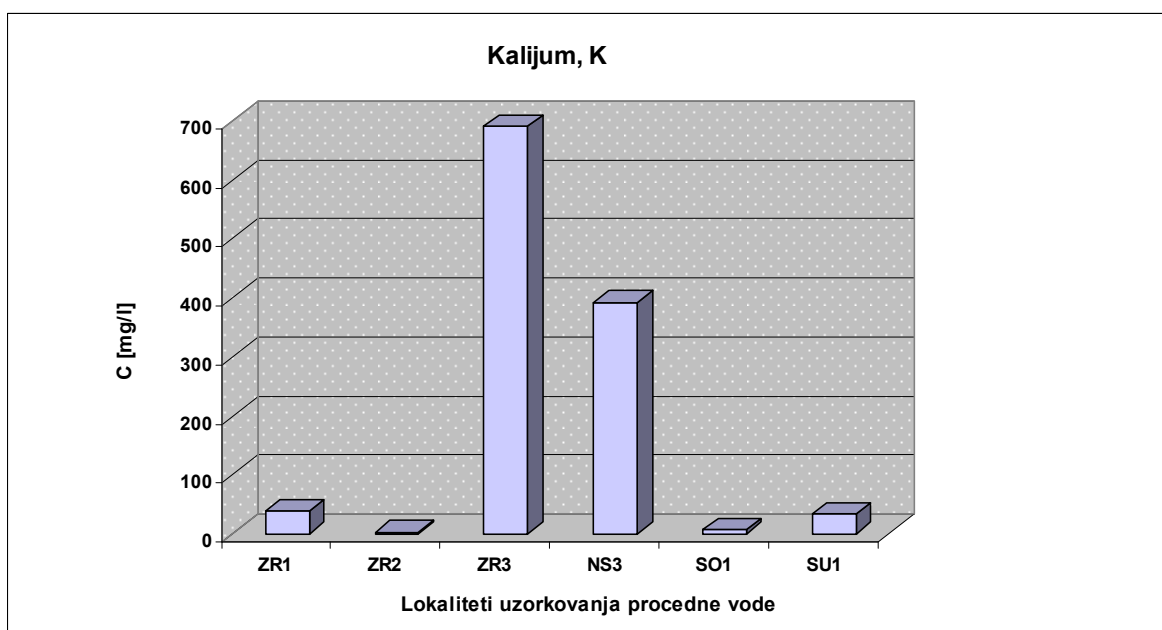
U ispitivanoj vodi iz pijezometara i filtratnoj deponijskoj vodi, sadržaj nikla, cinka i gvožđa značajno je povišen. Voda svih mernih mesta (osim lokaliteta PA1 gde nikl nije detektovan) prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju nikla definisanu za klasu III/IV i stavljena je izvan klase.

Sadržaj cinka u vodi iz pijezometara, sa svih mernih mesta, prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju definisanu za klasu III/IV i stavlja vodu iz pijezometara izvan klase. Procedna voda sa mernog mesta SO1 svrstana je u vodu klase I/II, u odnosu na koncentraciju cinka u vodi, dok se filtratna deponijska voda sa lokaliteta ZR1, ZR3, NS3 i SU1 može svrstati u klasu III/IV. U uzorcima ostalih ispitivanih procednih voda deponije, sadržaj cinka prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju definisanu za klasu vode III/IV.

Sadržaj gvožđa u vodi svih odabranih lokaliteta, kako pijezometara, tako i filtratnih voda, prekoračuje graničnu vrednost definisanu Pravilnikom za klasu III/IV i svrstava ovu vodu izvan klase, prema kriterijumu za koncentraciju gvožđa u vodi.



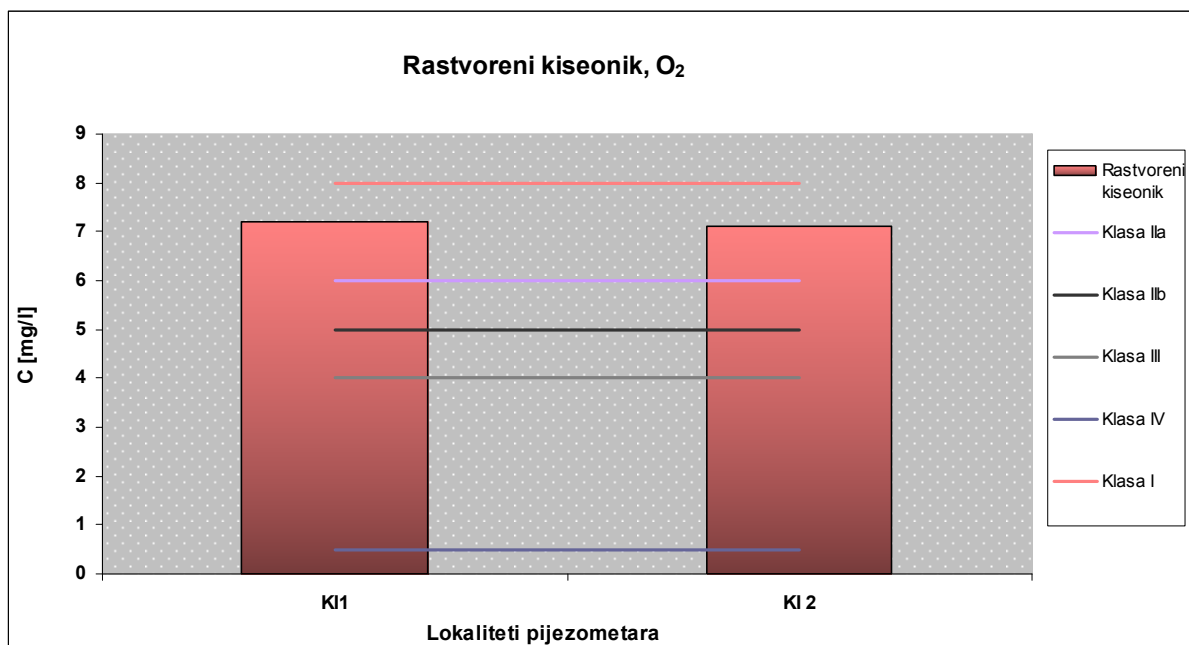
a)



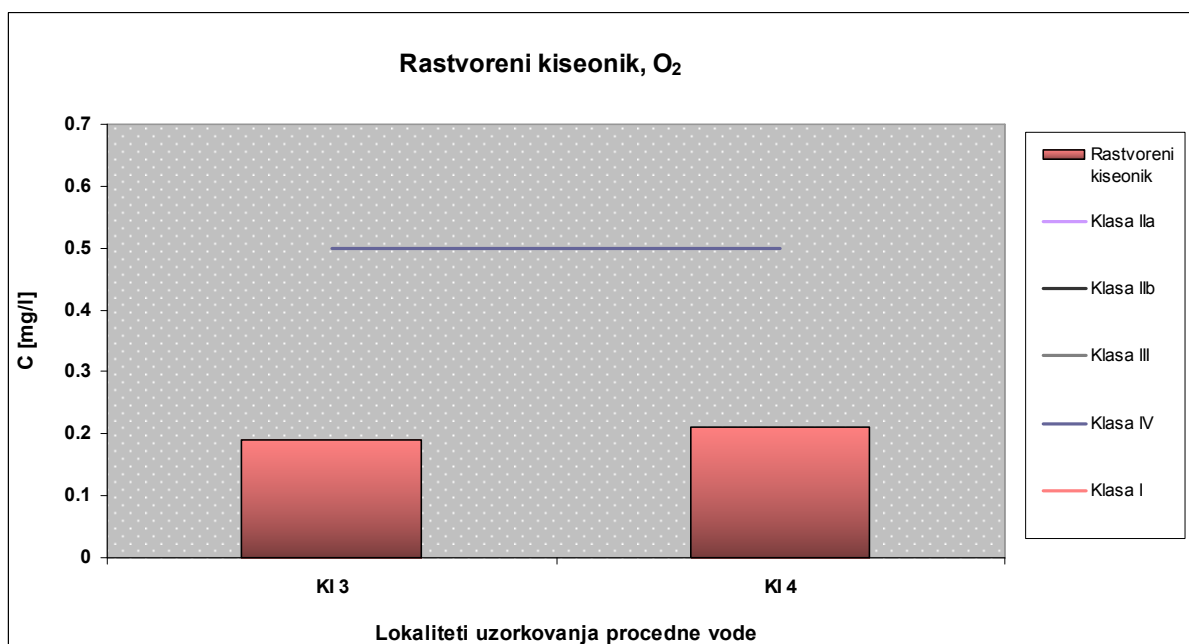
b)

Dijagram 2.13 Sadržaj kalijuma u vodi

Koncentracioni nivoi kalijuma u ispitivanim uzorcima pokazali su značajnu varijaciju za različita merna mesta. Sadržaj kalijuma u vodi iz pijezometara kretao se od 2,2-316,2 mg/l. Lokaliteti SČ1 i PA2 pokazali su značajno odstupanje u vrednosti koncentracije jona K^+ u odnosu na preostale lokalitete pijezometara. Detektovani koncentracioni nivoi kalijuma u uzorcima filtratne vode povišeni su u odnosu na vrednosti izmerene u vodi pijezometara i nalaze se u intervalu od 2,6-690,6 mg/l. Najveće koncentracije $K^+_{(aq)}$ jona su uočene na lokacijama ZR3 i NS3.



a)

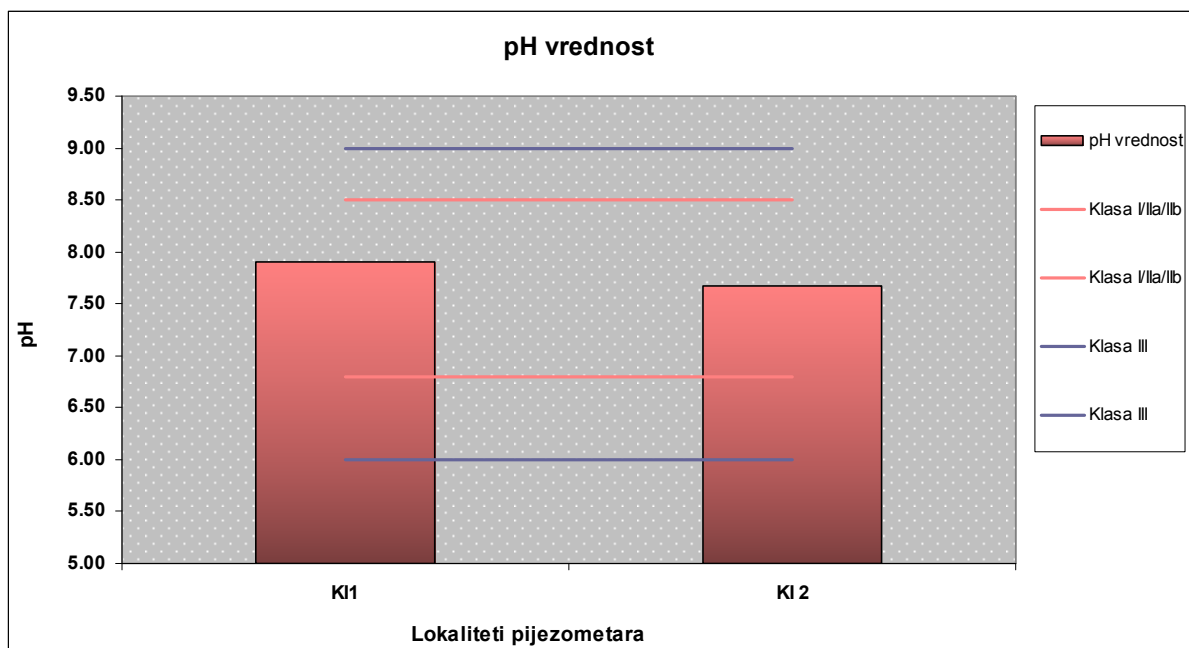


b)

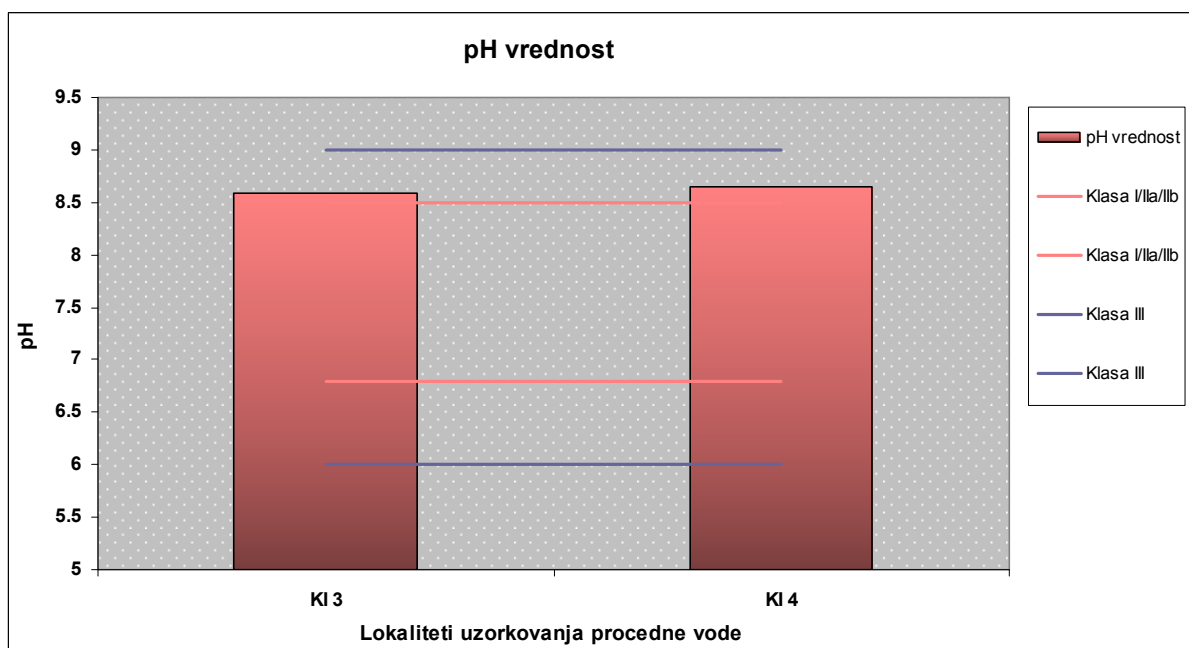
Dijagram 2.14 Koncentracija rastvorenog O_2 u vodi

Opšti fizičko-hemijski pokazatelji kvaliteta vode u Kikindi pokazuju izuzetno niske koncentracije rastvorenog kiseonika u filtratnoj vodi sa vrednostima ispod 0,5 mg

O₂/l, što signalizira na visoku opterećenost procednih voda organskim materijama. Prema Uredbi o klasifikaciji voda, filtrati lokaliteta KI3 i KI4 svrstani su izvan klase. Voda kolektovana iz pijezometara (lokaliteti KI1 i KI2) je, prema sadržaju rastvorenog kiseonika, uvrštena u vode IIa klase.



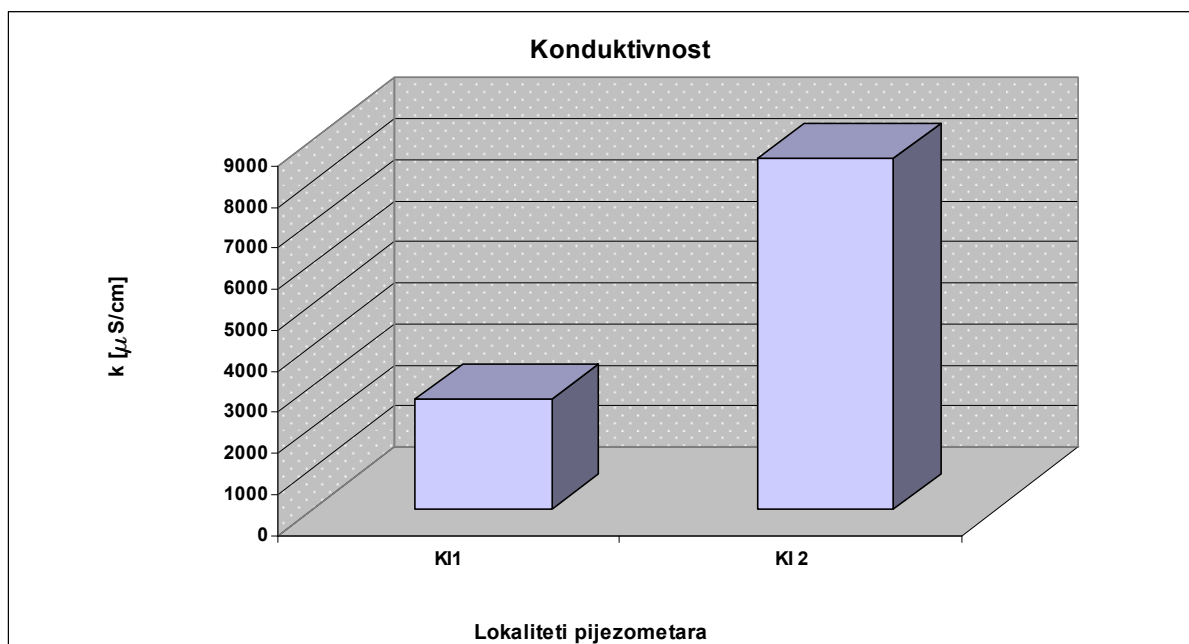
a)



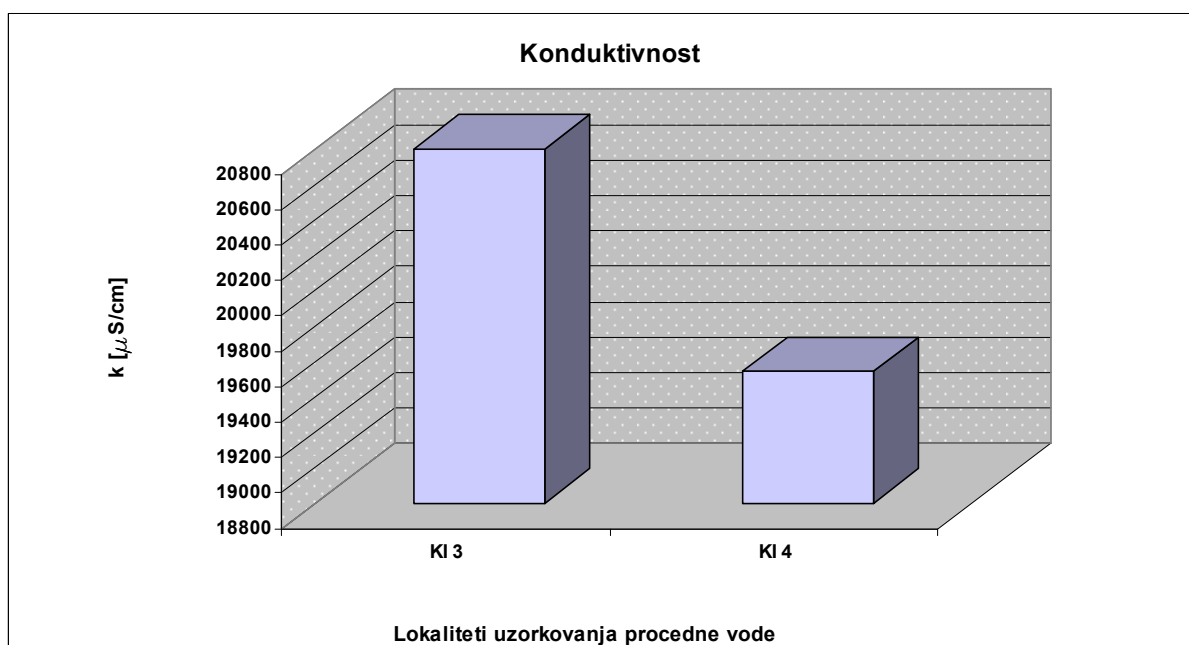
b)

Dijagram 2.15 Koncentracija vodonikovih jona u vodi

U skladu sa izmerenim pH vrednostima i prema Uredbi o klasifikaciji voda, uzorci kolektovani iz pijezometara, sa vrednostima pH od 7,91 i 7,68, svrstani su u klasu I/IIa/IIb, dok filtratne vode, sa vrednostima od 8,59 i 8,65, pripadaju klasi III.



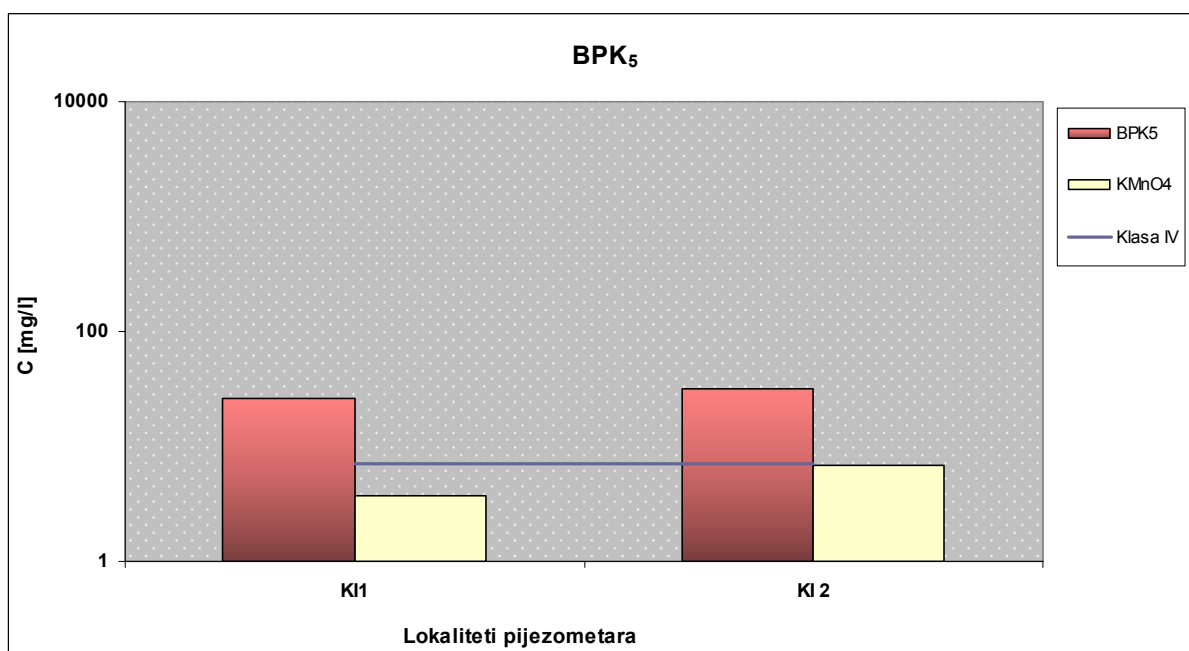
a)



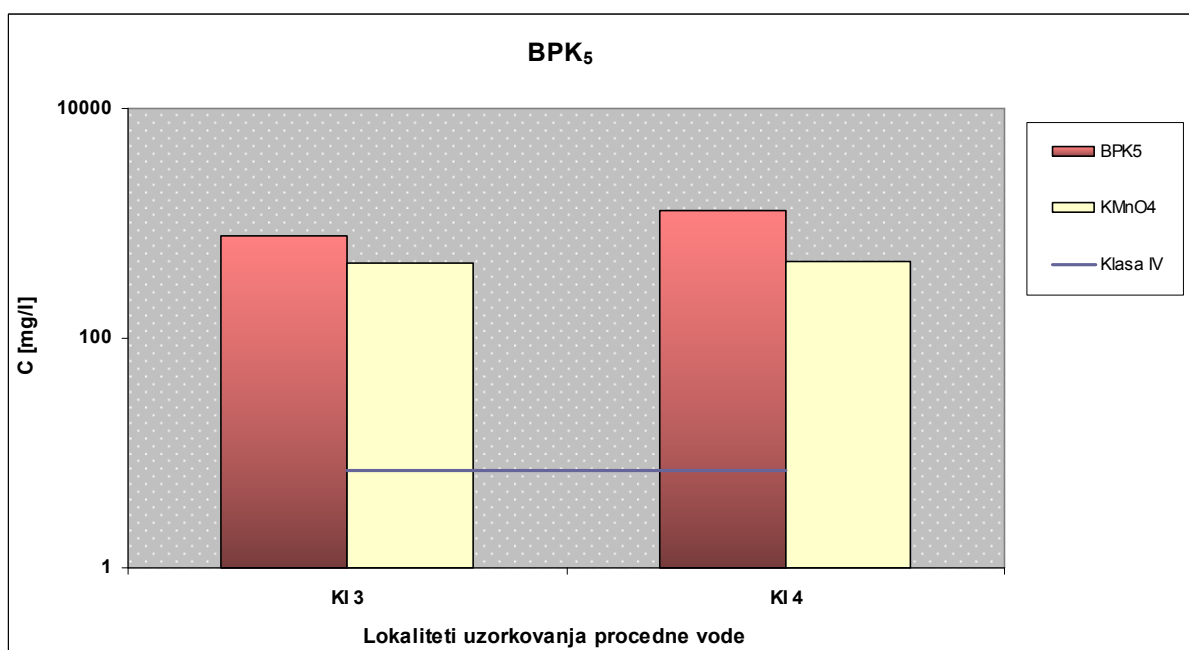
b)

Dijagram 2.16 Sadržaj ukupnih rastvorenih soli u vodi izražen preko konduktivnosti

Konduktivnost voda na ispitivanim, odabranim lokalitetima u Kikindi kretala se od 2660 i 8550 $\mu\text{S/cm}$ za uzorke kolektovane iz pijezometara, do 19540 i 20800 $\mu\text{S/cm}$ za filtratnu deponijsku vodu. Detektovane vrednosti sadržaja ukupnih rastvorenih soli u procednoj vodi deponije u Kikindi povećane su i do 7 puta u odnosu na koncentraciju rastvorenih soli u vodi iz pijezometara iste deponije.



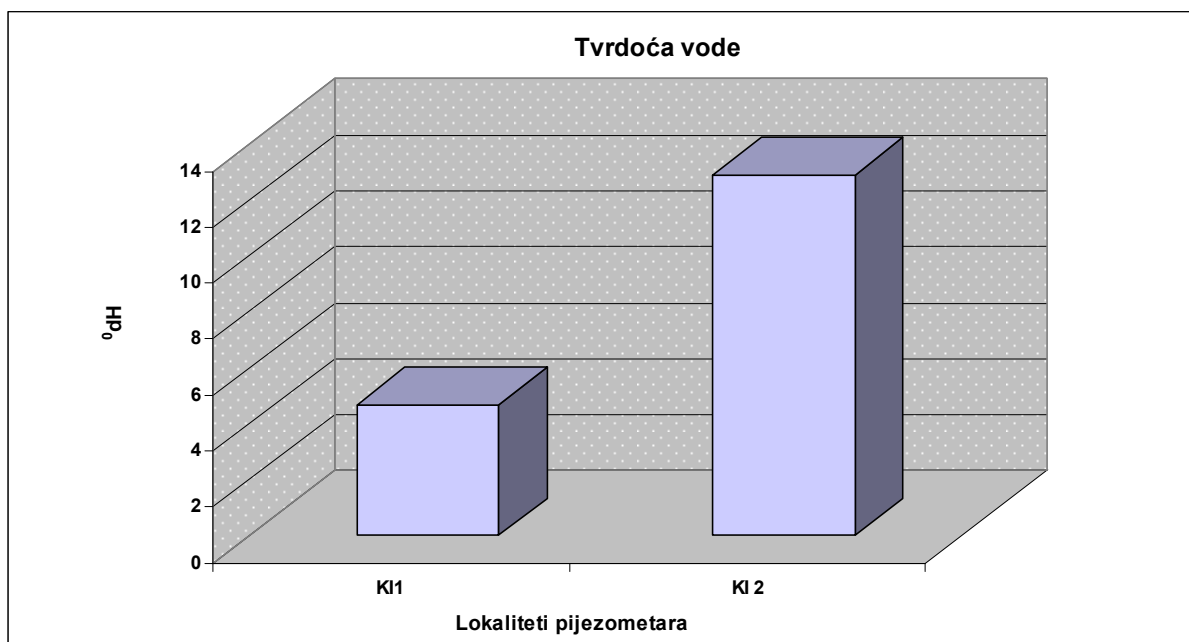
a)



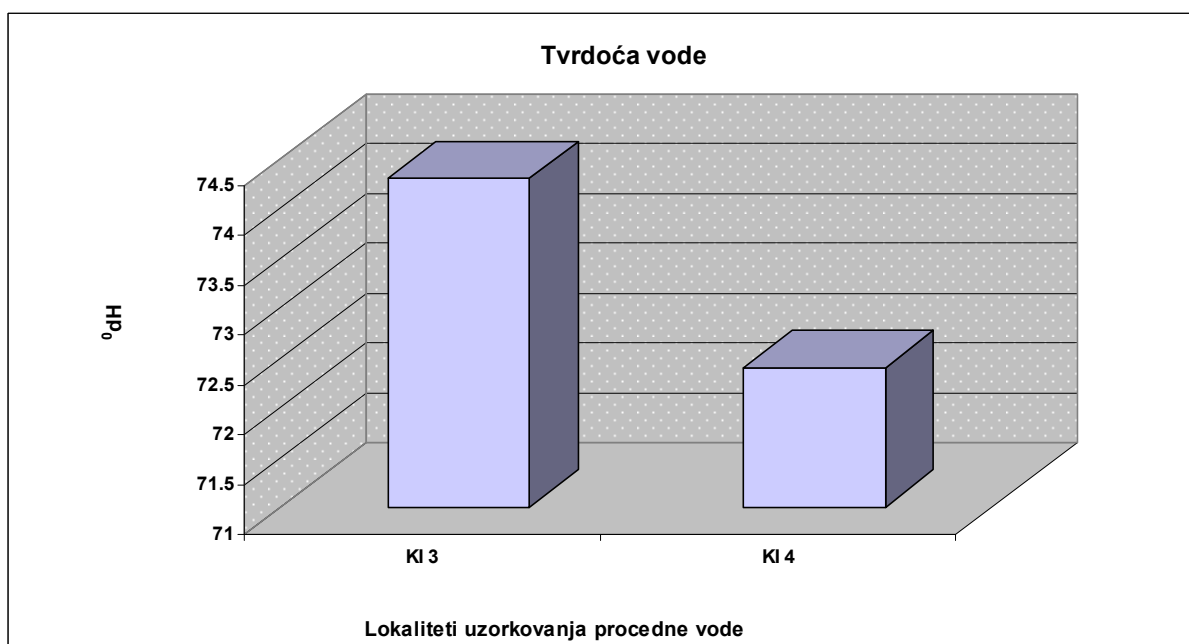
b)

Dijagram 2.17 Sadržaj organskih materija izražen preko BPK₅ i potrošnje KMnO₄ u vodi

Sadržaj organskih materija određen je u obliku biološke potrošnje kiseonika, kao i utroška kalijum-permanganata. Sadržaj organskih materija, izražen kao BPK₅, u vodi iz pijezometara, kao i u procednoj vodi ispitivanih lokaliteta deponije u Kikindi prekoračuje graničnu vrednost za IV klasu prema Uredbi o klasifikaciji voda i svrstava vodu deponije u Kikindi van klase.



a)



b)

Dijagram 2.18 Tvrdoća vode

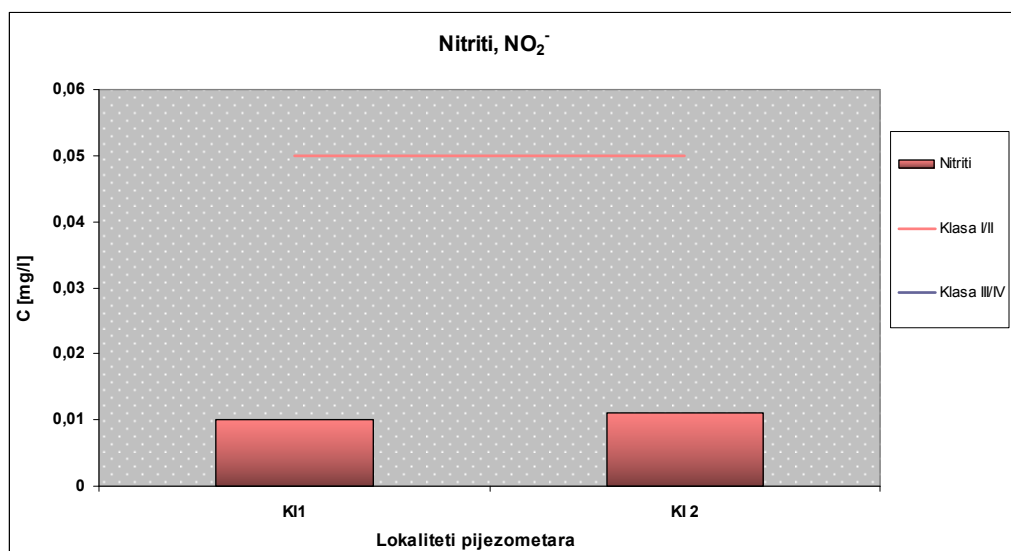
Kvalitet vode u odnosu na tvrdoću za lokalitete u Kikindi predstavljen je u Tabeli 2.10:

Tabela 2.10 Klasifikacija vode na pojedinačnim lokalitetima prema stepenu tvrdoće

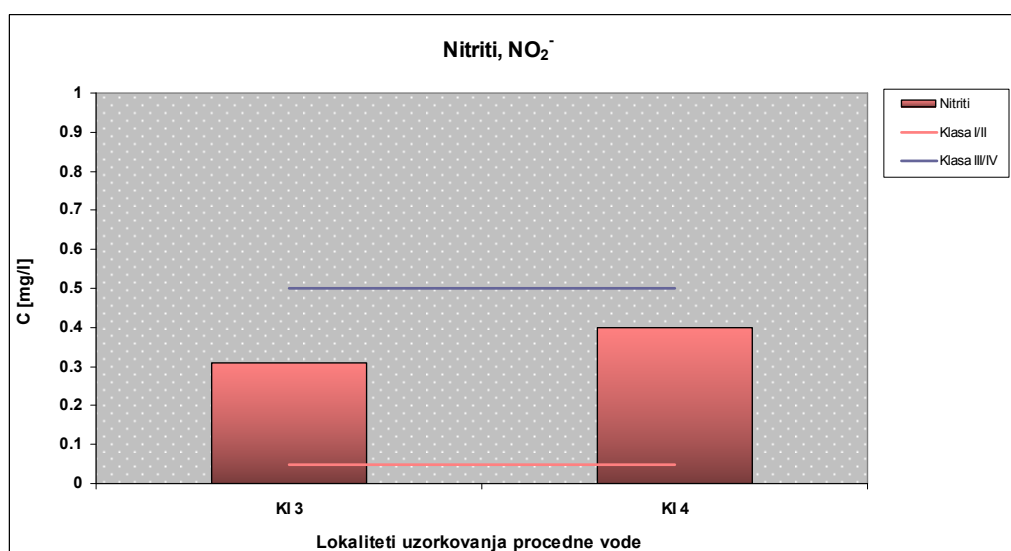
Tvrdoća vode [°dH]	Kvalitet vode	Lokaliteti uzorkovanja
0-5	Veoma meka	Kl1 (pijezometar)
5-10	Meka	-
10-15	Umereno tvrda	Kl2 (pijezometar)
15-25	Tvrda	-
> 25	Veoma tvrda	Kl3, Kl4 (filtrat)

Izuzetno visok sadržaj rastvorenih soli kalcijuma i magnezijuma detektovan je u procednoj vodi deponije, na lokalitetima Kl3 i Kl4. Izmerena koncentracija jona Ca^{2+} i Mg^{2+} na navedenim mernim mestima u Kikindi veća je od koncentracionih nivoa ovih jona na ostalim tačkama ispitivanim u okviru Projekta.

Od specifičnih fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta vode u Kikindi analizirani su koncentracioni nivoi nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), ukupnog fosfora (P), kadmijuma (Cd), ukupnog hroma (Cr), nikla (Ni), cinka (Zn), gvožđa (Fe) i kalijuma (K).



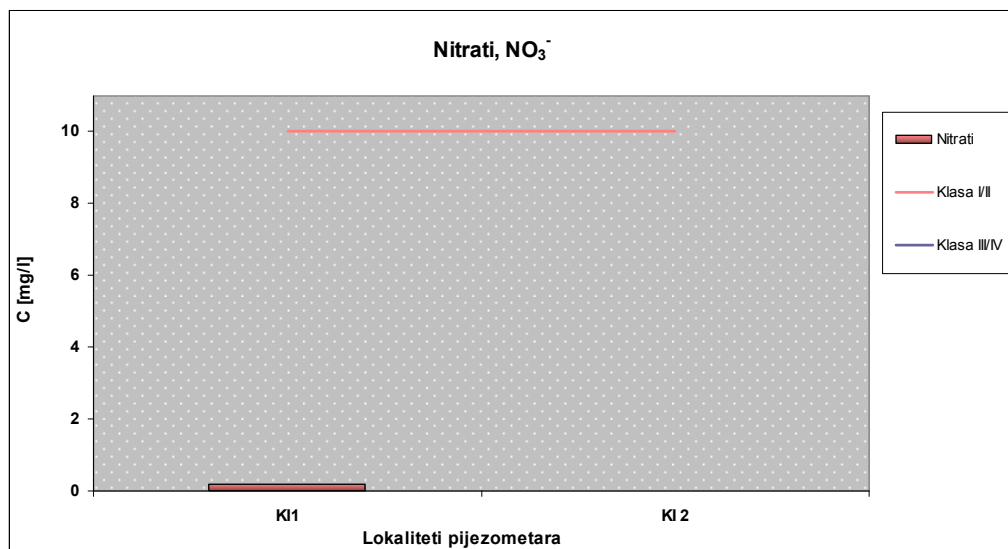
a)



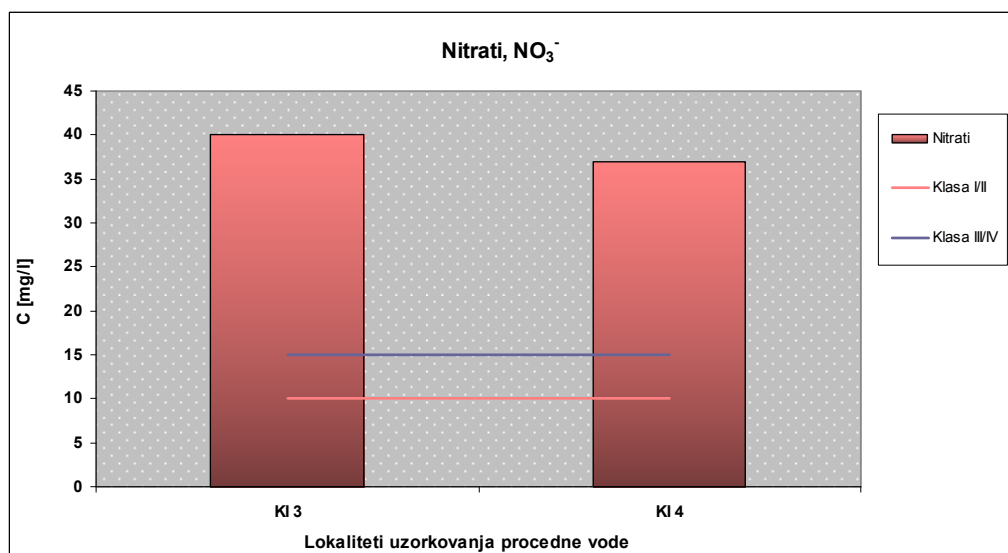
b)

Dijagram 2.19 Sadržaj nitrita u vodi

Izmerene koncentracije nitritnih jona u uzorcima kolektovanim iz pijeometara svrtavaju vode mernih mesta KI1 i KI2 u klasu I/II. Filtratne deponijske vode uzorkovane na lokalitetima K3 i K4 svrstane su u klasu III/IV, prema sadržaju NO_3^- jona.



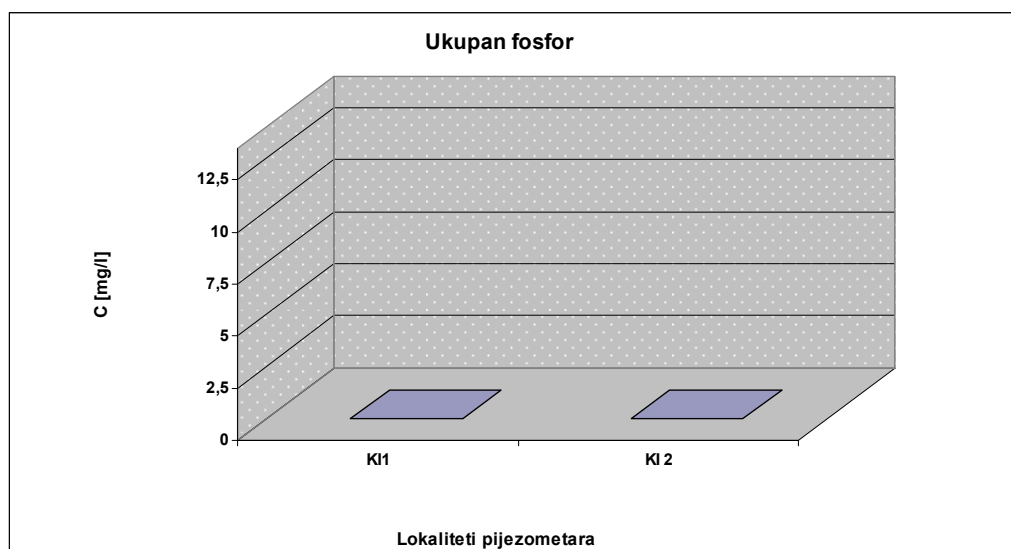
a)



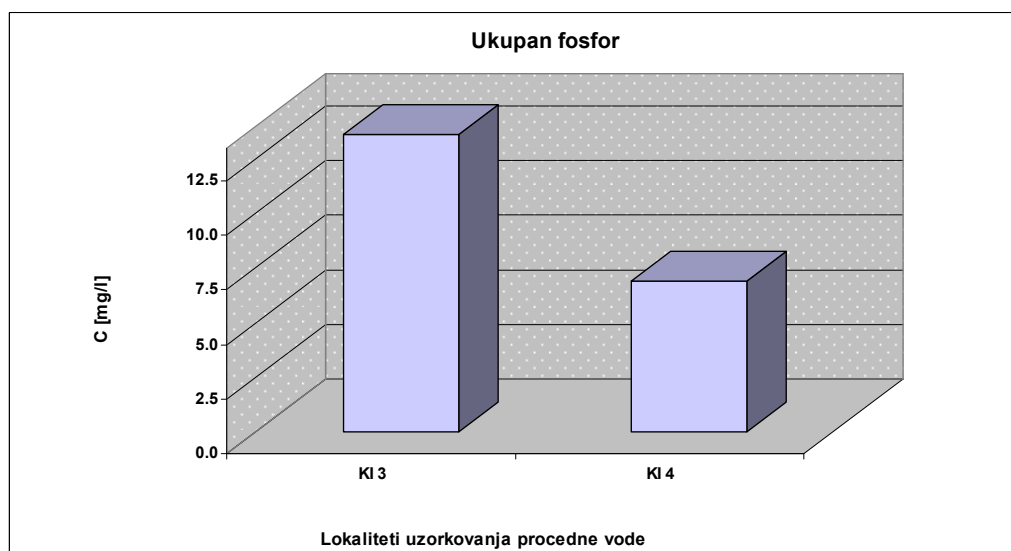
b)

Dijagram 2.20 Sadržaj nitrata u vodi

Sadržaj nitrata jona u uzorcima kolektovanim iz pijeometara svrstava vode mernih mesta KI1 i KI2 u klasu I/II. Prema izuzetno visokoj koncentraciji NO_3^- jona u uzorcima sa mernih mesta K3 i K4, procedna voda deponije u Kikindi se ne može svrstati u klase, u skladu sa Uredbom o klasifikaciji voda.



a)



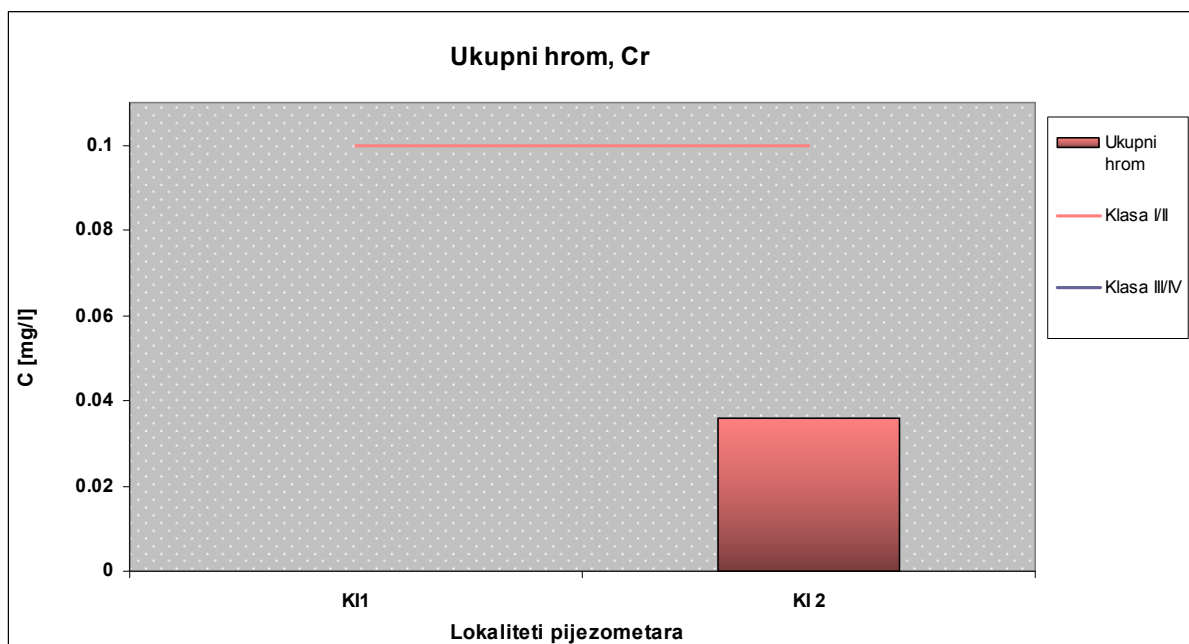
b)

Dijagram 2.21 Sadržaj fosfora u vodi

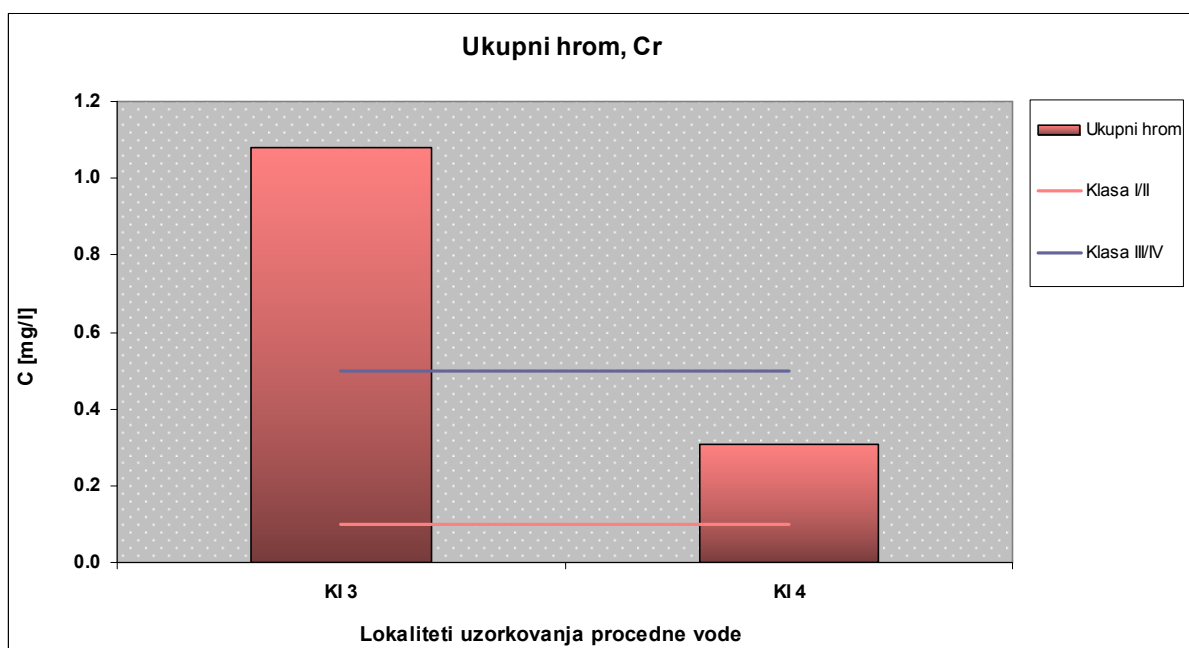
U vodi iz pijezometara sa lokaliteta KI1 i KI2, koncentracija ukupnog fosfora bila je ispod limita detekcije od 0,15 mg/l. Sadržaj fosfora u filtratnoj vodi iznosio je 13,6 mg/l (za merno mesto KI3) i 6,9 mg/l (za tačku KI4), što ukazuje na povećano zagađenje procedne vode deponije u Kikindi u odnosu na ostale deponije ispitivane u okviru Projekta.

Koncentracija kadmijuma u uzorcima sa ispitivanih lokaliteta u Kikindi bila je ispod limita detekcije (0,02 mg/l), tako da klasifikacija voda u odnosu na sadržaj kadmijuma nije izvršena.

Dijagrami 2.22 – 2.25 daju grafičku interpretaciju sadržaja teških metala u vodi.

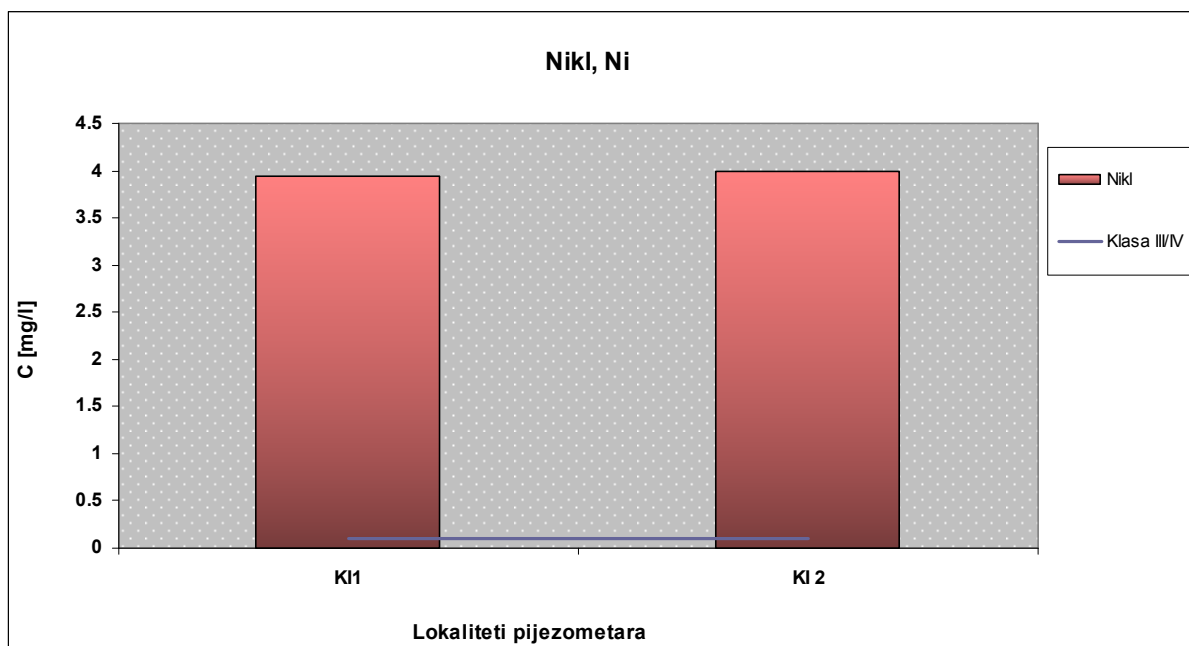


a)

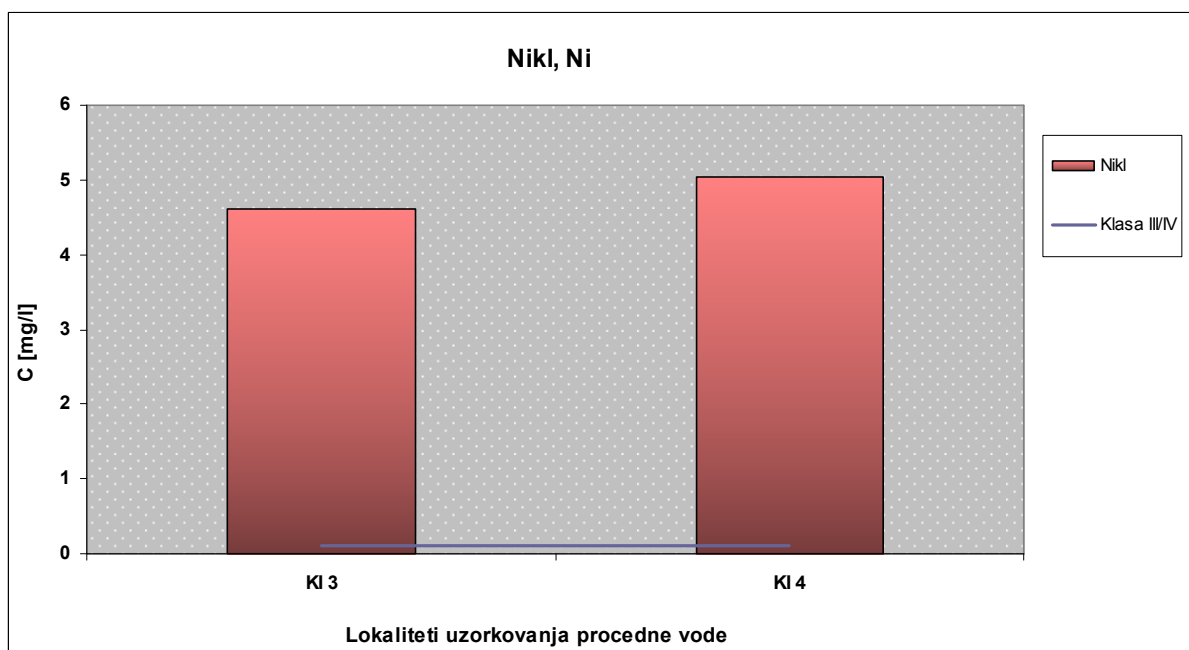


b)

Dijagram 2.22 Sadržaj hroma u vodi

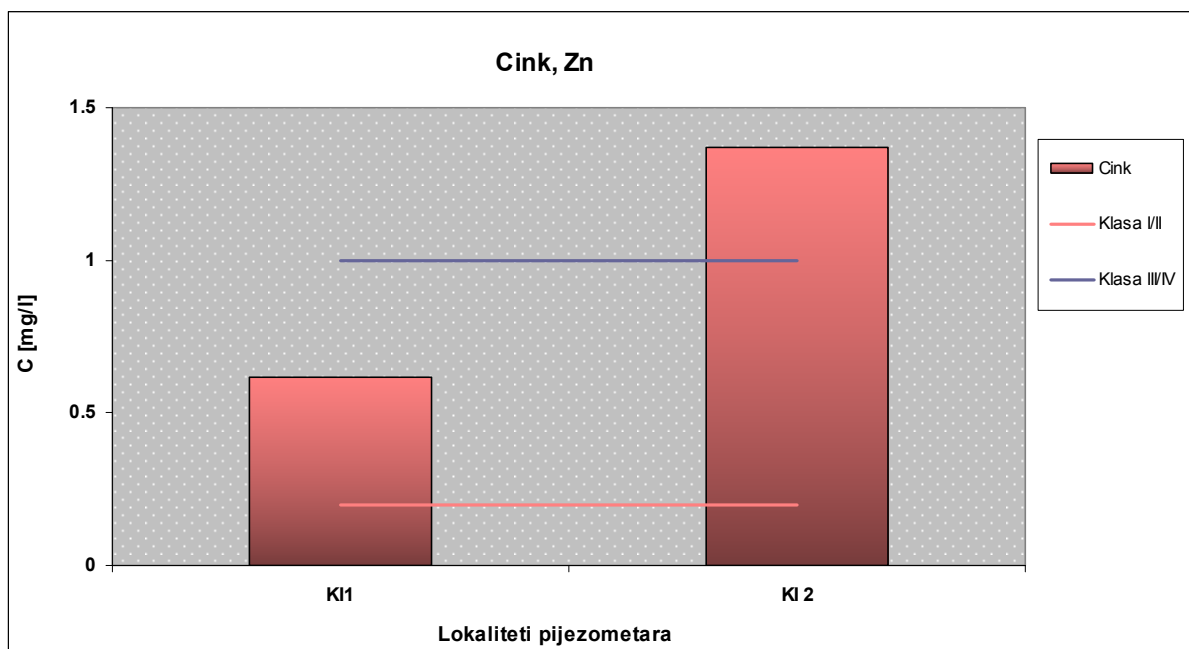


a)

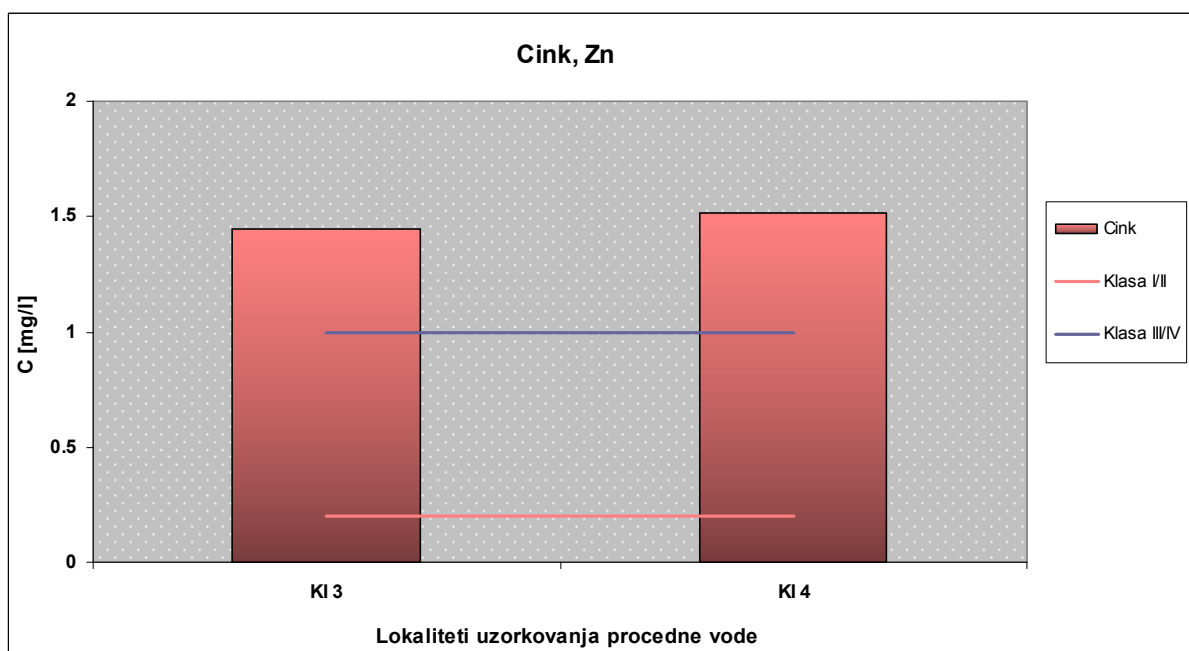


b)

Dijagram 2.23 Sadržaj nikla u vodi

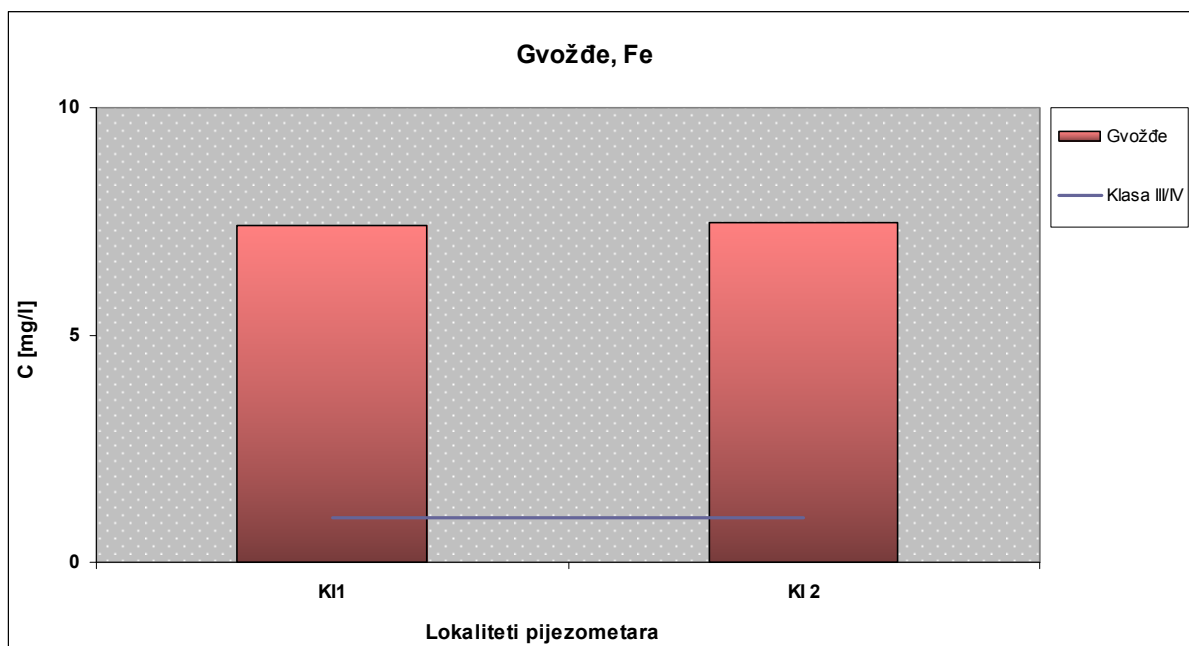


a)

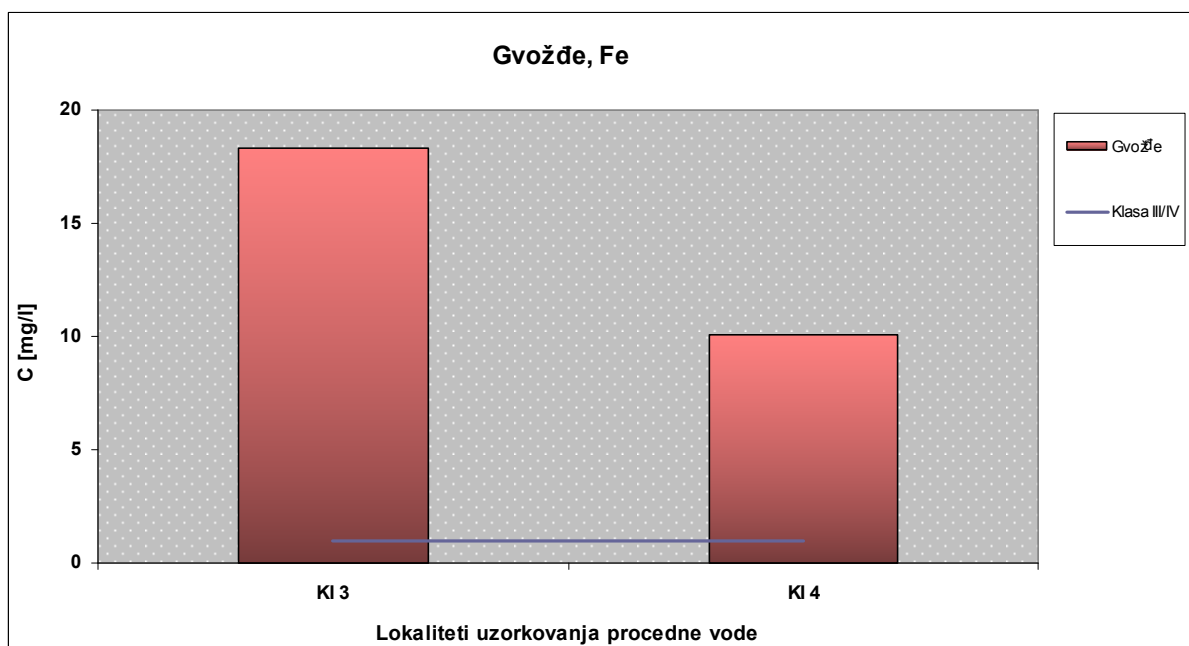


b)

Dijagram 2.24 Sadržaj cinka u vodi



a)



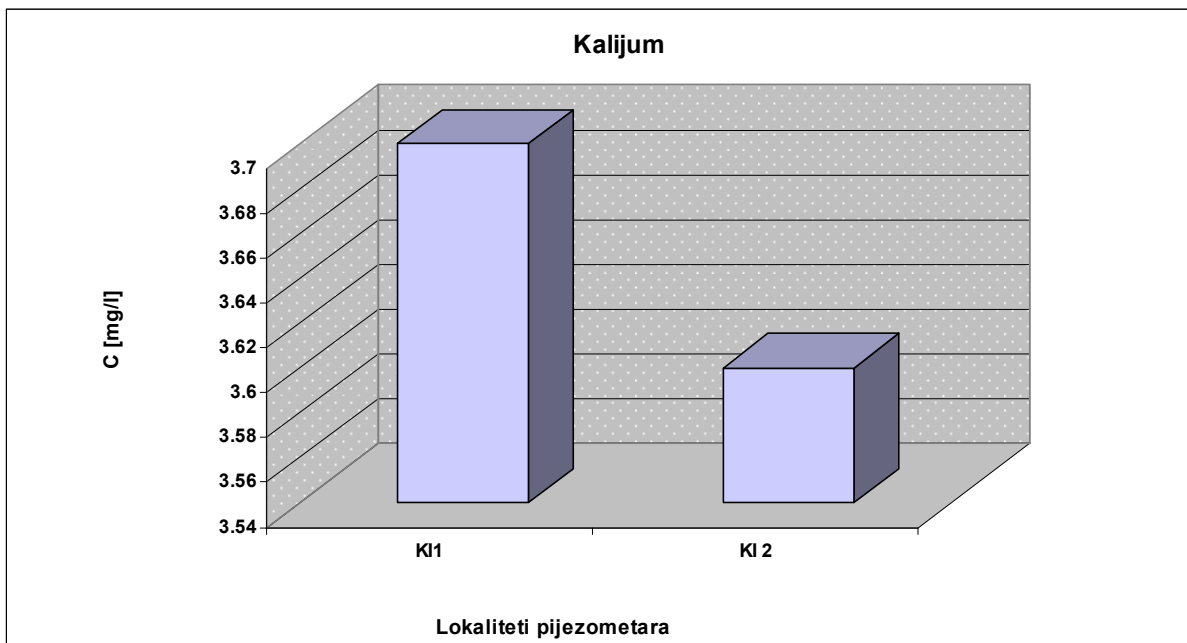
b)

Dijagram 2.25 Sadržaj gvožđa u vodi

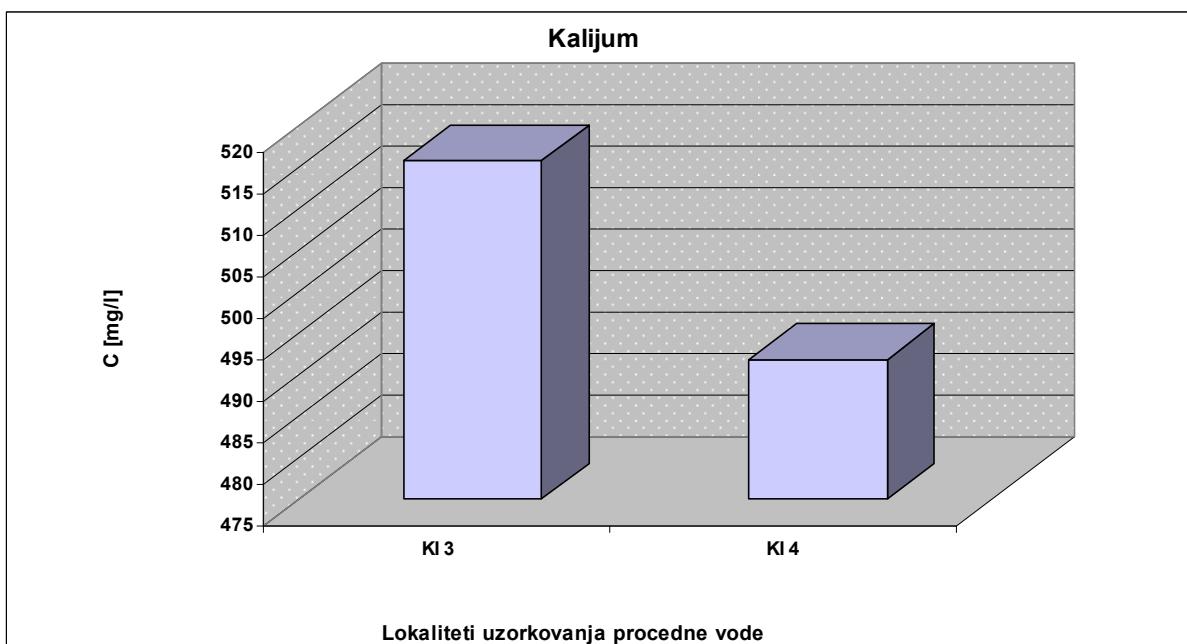
Koncentracija hroma u vodi iz pijezometra na mernom mestu K1 u Kikindi je ispod limita detekcije. Voda kolektovana iz pijezometra sa lokaliteta K2 se, prema kriterijumu za koncentraciju hroma u vodi definisanu Pravilnikom o opasnim materijama u vodama, može svrstati u klasu I/II. Filtratna deponijska voda sa tačke K14 pripada klasi III/IV. Koncentracioni nivo hroma u procednoj vodi mernog mesta K13 iznosi 1,1 mg/l što je najviša detektovana vrednost sadržaja Cr na svim ispitivanim lokalitetima i prekoračuje graničnu vrednost za klasu vode III/IV.

U uzorcima vode iz pijezometara, kao i filtratne vode deponije u Kikindi detektovane su izuzetno visoke koncentracije nikla, cinka i gvožđa. Voda sa svih mernih mesta u

Kikindi prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju nikla definisanu za klasu III/IV. U klasu III/IV, u odnosu na koncentraciju cinka, svrstana je voda iz pijezometra sa mernog mesta KI1, dok u vodi iz drugog pijezometra i filtratu sa ostalih ispitivanih lokacija, sadržaj cinka prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju definisanu za klasu vode III/IV. Sadržaj gvožđa u oba tipa vode ispitivanih lokaliteta kikindske deponije prekoračuje graničnu vrednost definisanu Pravilnikom za klasu III/IV i svrstava ovu vodu izvan klase.



a)



b)

Dijagram 2.26 Sadržaj kalijuma u vodi

Sadržaj kalijuma u procednoj vodi deponije u Kikindi koji iznosi 515,78 mg/l za lokalitet KI3 i 491,85 mg/l na mernom mestu KI4, značajno je povišen (preko 100 puta) u

odnosu na koncentraciju K⁺ jona u vodi uzorkovanoj iz pijezometara u tačkama KI1 i KI2.

Analizom pokazatelja kvaliteta procedne vode kikindske deponije može se zaključiti da je kvalitet filtratne vode uzorkovane na lokalitetima KI3 i KI4 znatno lošijeg kvaliteta u odnosu na vodu kolektovanu iz pijezometara sa lokaliteta KI1 i KI2.

2.2 MIKROBIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA KVALITETA PROCEDNIH VODA

Mikrobiološko-ekološki pokazatelji kvaliteta vode

- Organotrofi, aerobi (H)
- Kategorizacija po Kohl-u (prema organotrofima) - **klase od I-IV**
- Saharolitske
- Lipolitske
- Proteolitske

S obzirom na raznorodnost otpadnih materija koje se mogu pojaviti na deponijama, u procednim vodama praćena je zastupljenost bakterija koje ukazuju na fekalno zagađenje. Dobijeni rezultati ukazuju da u većini slučajeva koliformne bakterije nisu detektovane sem na lokalitetima Kikinda i subotički kanal kada su ukupne i fekalne koliformne bakterije bile zastupljene sa 16000, odnosno 6000 kolonija po mililitru, respektivno. To znači da sem pomenutih lokaliteta procedne vode na ispitivanim lokalitetima nisu predstavljale izvor mikroorganizama potencijalno opasnih po ljudsko zdravlje (Tabela 1).

Prosečna zastupljenost aerobnih mezofila bila je različita i kretala se u opsegu od 670 kol/ml na lokalitetu FU1 u Futog do 36.000.000 kol/ml na lokalitetu KI4 u Kikindi (sabirni kanal). U pogledu ovog parametra mogu se izdvojiti dve grupe lokaliteta. U prvu grupu lokaliteta spadaju uzorci vode koji su uzeti iz pijezometara i u kojima je brojnost heterotrofa bila relativno mala i kretala se uglavnom ispod 10⁴ kol/ml (Slika 1). U drugu grupu spadaju takozvani kanali u kojima je zabeležena velika brojnost organotrofa koja je iznosila od 12·10³ do 36·10⁶ kol/ml. Ukoliko ispitivane vode uporedimo sa površinskim vodama i klasifikaciji po brojnosti organotrofa (Kohl, 1975) takođe možemo uočiti dve kategorije. Prvu kategoriju sačinjavaju vode iz pijezometara koje po Kolovoj klasifikaciji pripadaju II klasi voda tj. slabo zagađenim vodama. Drugoj kategoriji pripadaju vode iz većine kanala i sa lokaliteta Sečanj 1 i 2 gde je brojnost organotrofa tolika da bi se te vode mogle svrstati u zagađene i veoma zagađene vode (III i III-IV klasa; dijagrami 2.27- 2.28).

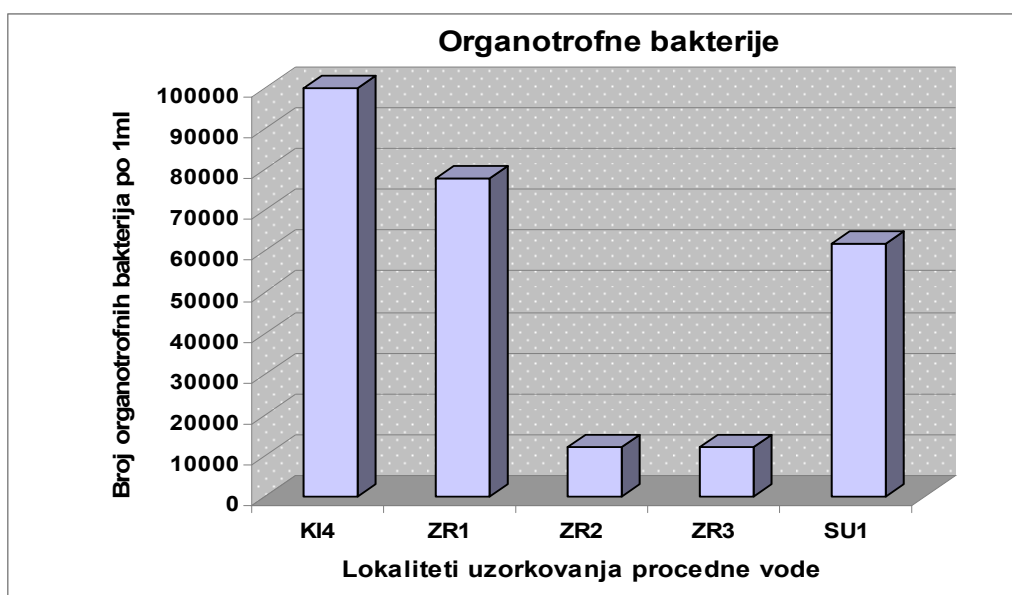
Vrednosti biohemijskog pokazatelja tj. indeksa fosfatazne aktivnosti (IFA) takođe su se kretale u veoma širokom rasponu od veoma niske koja je ispod granice metode detekcije do ekstremno visoke vrednosti od 862 (dijagrami 2.29-2.30). Prema ovom pokazatelju najintenzivniji procesi biološke razgradnje organske materije se odvijaju u svim vodama sa lokaliteta Sečanj, Kikinskog i Zrenjaninskog kanala i Pančeva. Visoka brojnost organotrofa sa jedne strane i niska aktivnost fosfataza se pojavljuje na lokalitetima Zrenjanin kanal 1 i Subotica kanal su najverovatnije posledica nepovoljnih faktora koji mogu delovati inhibitory na aktivnost fosfataza (visoka koncentracija fosfata). Na osnovu ovog parametra može se zaključiti da se ispitivane vode mogu klasifikovati u tri osnovne kategorije: 1) zagađene vode kod kojih se IFA

kreće od 2,5 do 5; 2) prljave vode kod kojih se vrednost IFA kreće od 7,5 do 10; 3) maksimalno prljave kod kojih se vrednost IFA kreće preko 15.

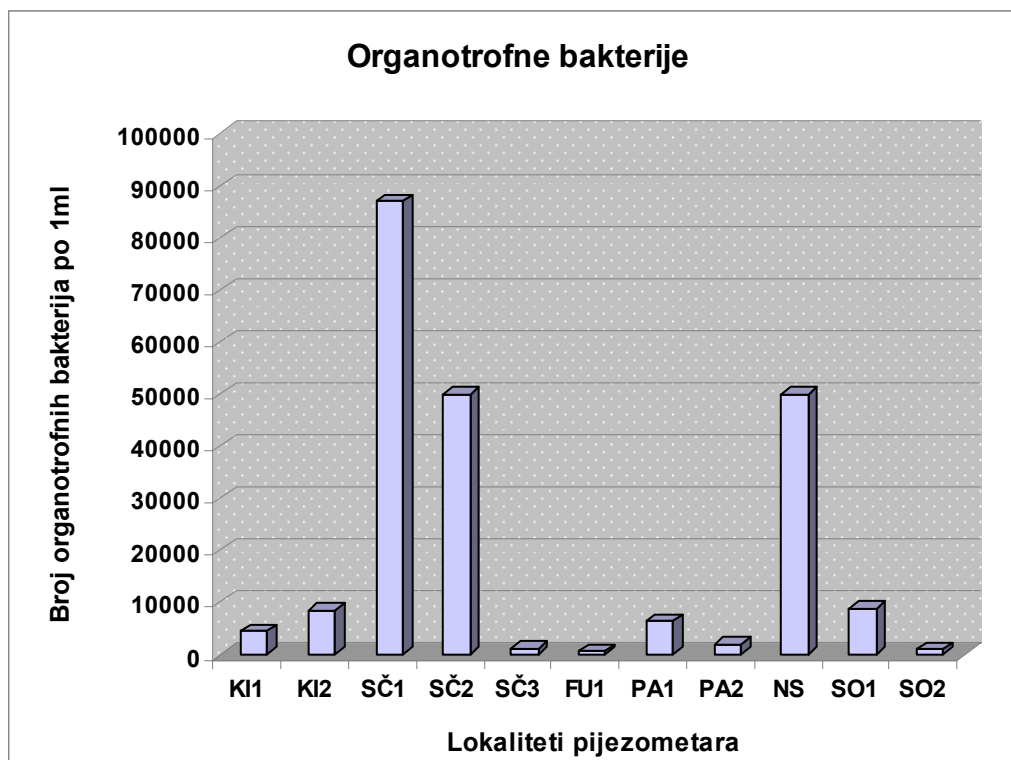
Zastupljenost pojedinih fizioloških grupa u okviru populacije organotrofnih bakterija prikazana je na dijagramima 2.31-2.32. Na osnovu dobijenih rezultata možemo reći da su na većini lokaliteta u okviru bakterijske zajednice organotrofa bile zastupljene sve tri ispitivane fiziološke grupe ali da je dominacija zavisila od lokaliteta.

Tabela 2.11 Brojnost bakterija indikatora fekalnog zagađenja voda

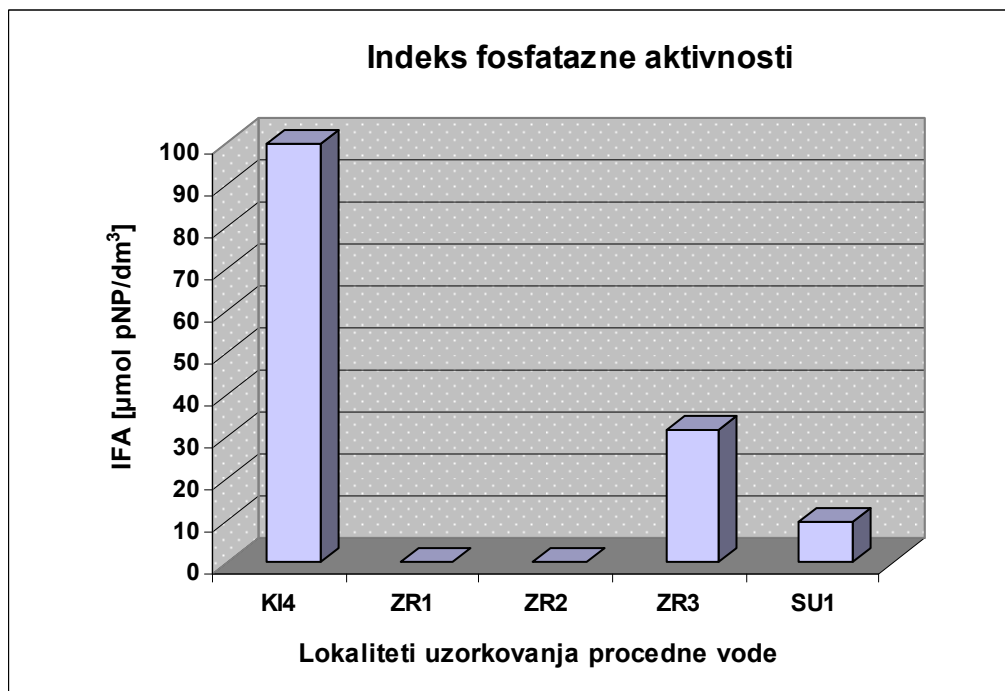
Lokalitet	Šifra lokaliteta	Tačka uzorkovanja	Ukupne koliformne bakterije (CFU/ml)	Fekalne koliformne bakterije (CFU/ml)	Sulfitoredukujuće klostridije (CFU/ml)
Kikinda	KI1	Pijezometar 1	0	0	21
	KI2	Pijezometar 2	0	0	8
Sečanj	SČ1	Pijezometar 1	0	0	500
	SČ2	Pijezometar 2	0	0	50
	SČ3	Pijezometar 3	0	0	24
Futog	FU1	Pijezometar 1	0	0	8
Pančevo	PA1	Pijezometar 1	0	0	170
	PA2	Pijezometar 2	0	0	-
Novi Sad	NS2	Pijezometar 2	0	0	2
Sombor	SO2	Pijezometar 1	0	0	0
	SO3	Pijezometar 2	0	0	0
Subotica	SU1	Kanal	0	6000	1500
Zrenjanin	ZR1	Kanal 1	0	0	0
	ZR2	Kanal 2	0	0	1
	ZR3	Kanal 3	0	0	3
Kikinda	KI4	Sabirni kanal	16000	9100	25000



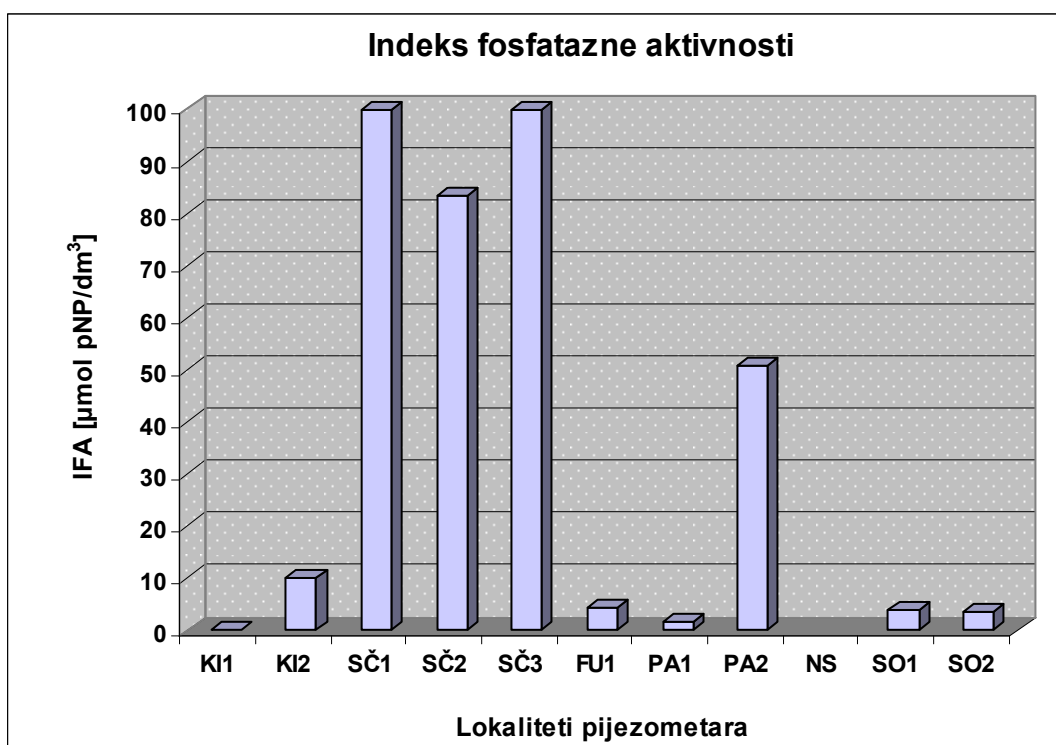
Dijagram 2.27. Ukupan broj organotrofnih bakterija u procednim vodama ispitivanih lokaliteta (broj izraslih kolonija/cm³)



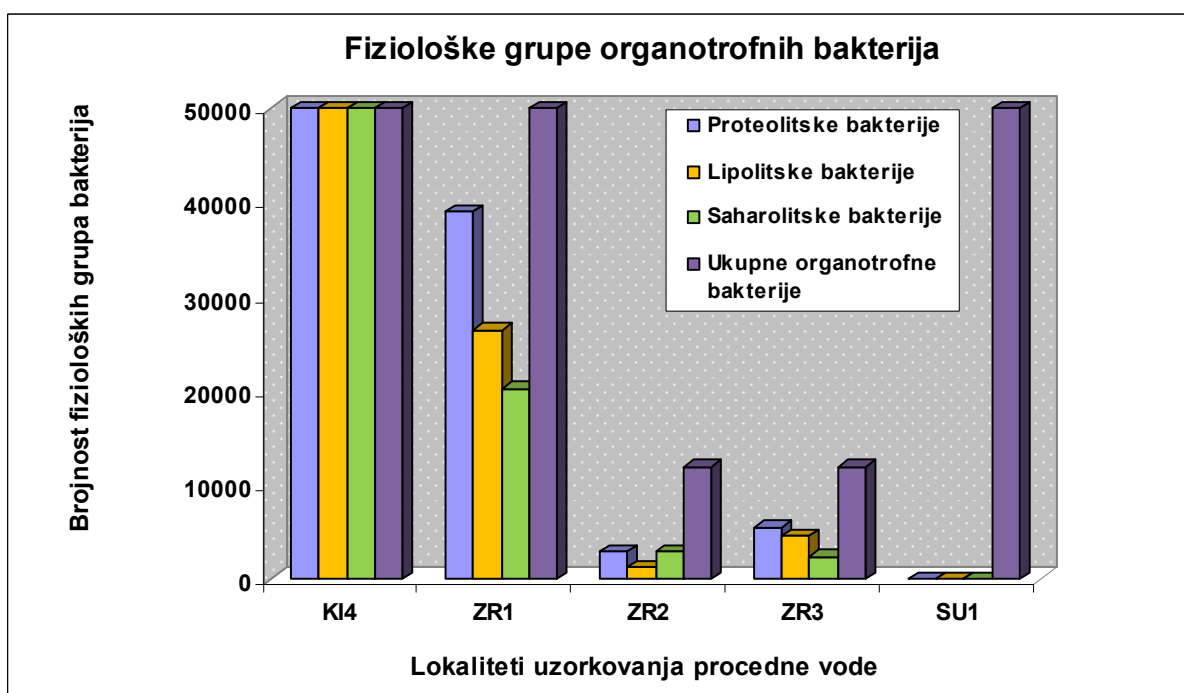
Dijagram 2.28 Ukupan broj organotrofnih bakterija u pijezometrima ispitivanih lokaliteta (broj izraslih kolonija/cm³)



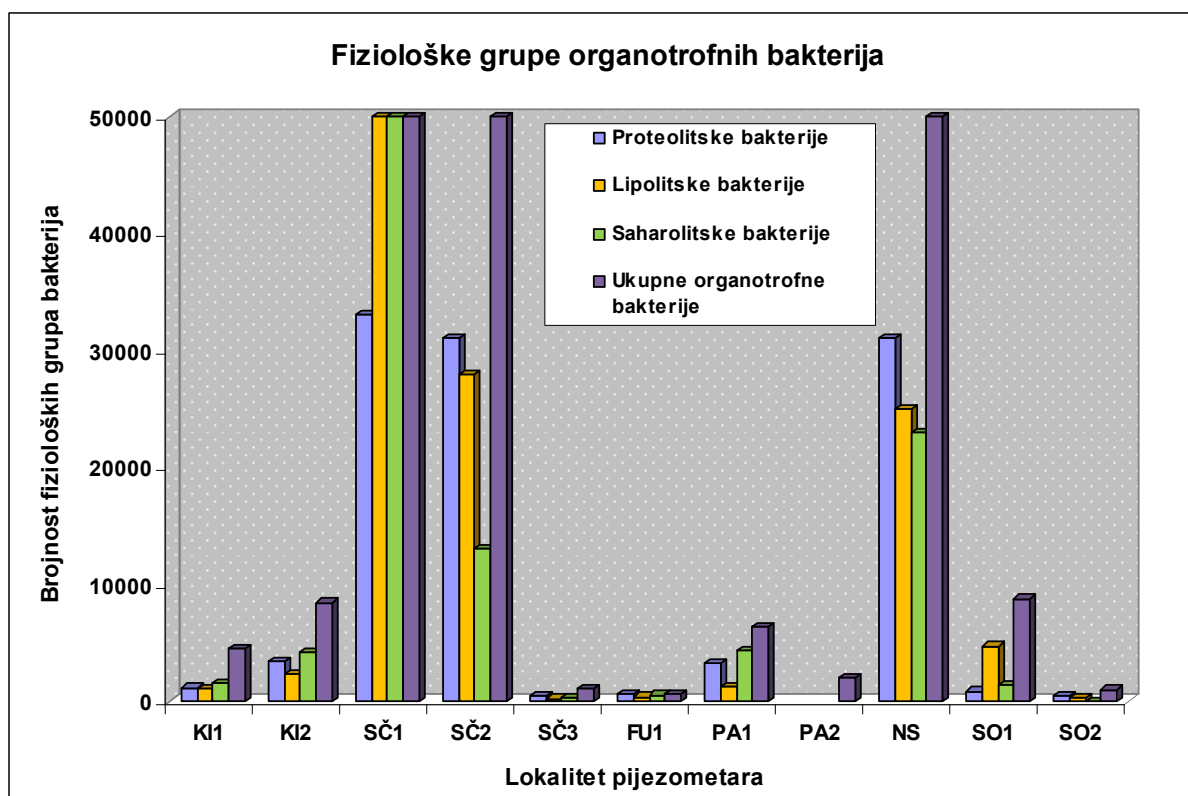
Dijagram 2.29 Vrednosti indeksa fosfatazne aktivnosti u procednim vodama ispitivanih lokaliteta (indeks fosfatazne aktivnosti $\mu\text{mol pNP/dm}^3$)



Dijagram 2.30 Vrednosti indeksa fosfatazne aktivnosti u pijezometrima ispitivanih lokaliteta (indeks fosfatazne aktivnosti $\mu\text{mol pNP/dm}^3$)



Dijagram 2.31 Brojnost pojedinih fizioloških grupa organotrofnih bakterija u procednim vodama ispitivanih lokaliteta



Dijagram 2.32 Brojnost pojedinih fizioloških grupa organotrofnih bakterija u pijezometrima ispitivanih lokaliteta

2.3 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U Tabeli 2.12 data je finalna klasifikacija procednih voda deponija u odnosu na vrednosti *opštih fizičko-hemijskih parametara*.

Tabela 2.13 prikazuje konačnu klasifikaciju procednih voda deponija u odnosu na vrednosti *specifičnih pokazatelja kvaliteta vode*.

Analiza uzoraka filtratnih deponijskih voda sa svih ispitivanih lokaliteta ukazuje na značajno opterećenje voda organskim materijama, što za posledicu ima nisku koncentraciju kiseonika rastvorenog u vodi i uspostavljanje anaerobnih uslova sredine.

Ispitivane filtratne deponijske vode su, u odnosu na vrednosti specifičnih pokazatelja kvaliteta, svrstane u klasu zagađenih (prekoračene su granične vrednosti za III/IV klasu koje su date Uredbom o klasifikaciji voda). Na svim mernim mestima, sadržaj teških metala (Fe, Ni i Zn) značajno je povišen. Koncentracija Cr iznad vrednosti propisane za klasu voda III/IV detektovana je na lokalitetima u Kikindi (KI3), Sečnju (SČ1) i Novom Sadu (N3). Koncentracioni nivo nitratnog (NO_3^-) jona je, pored ostalih parametara, odredio klasu filtratne vode deponije u Kikindi (tačke KI2 i KI4), dok je sadržaj nitritnog (NO_2^-) jona odredio klasu vode novosadske deponije na mernom mestu NS3.

Tabela 2.12: Finalna klasifikacija procednih voda deponija - opšti fizičko-hemijski parametri

No.	Mesto uzorkovanja	Klasa	Parametar koji određuje klasu	
1.	Kikinda	KI1 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
		KI2 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
		KI3 (filtrat)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		KI4 (filtrat)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
2.	Sečanj	SČ1 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
		SČ2 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
		SČ3 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
3.	Zrenjanin	ZR1 (filtrat)	IV +	BPK ₅
		ZR2 (filtrat)	IV +	BPK ₅
		ZR3 (filtrat)	IV +	BPK ₅
4.	Futog	FU1 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
5.	Pančevo	PA1 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
		PA2 (pijezometar)	IV +	BPK ₅
6.	Novi Sad	NS1 (pijezometar)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		NS2 (pijezometar)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		NS3 (filtrat)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		NS4 (pijezometar)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
7.	Sombor	SO1 (filtrat)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		SO2 (pijezometar)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
		SO3 (pijezometar)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅
8.	Subotica	SU1 (filtrat)	IV +	Rastvoren O ₂ , BPK ₅

Tabela 2.13: Konačna klasifikacija procednih voda deponija - specifični pokazatelji kvaliteta

No.	Mesto uzorkovanja	Klasa	Parametar koji određuje klasu	
1.	Kikinda	KI1 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Fe
		KI2 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		KI3 (filtrat)	III/IV +	NO ₃ ⁻ , Cr, Ni, Zn, Fe
		KI4 (filtrat)	III/IV +	NO ₃ ⁻ , Ni, Zn, Fe
2.	Sečanj	SČ1 (pijezometar)	III/IV +	Cr, Ni, Zn, Fe
		SČ2 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		SČ3 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
3.	Zrenjanin	ZR1 (filtrat)	III/IV +	Ni, Fe
		ZR2 (filtrat)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		ZR3 (filtrat)	III/IV +	Ni, Fe
4.	Futog	FU1 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
5.	Pančevo	PA1 (pijezometar)	III/IV +	Zn, Fe
		PA2 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
6.	Novi Sad	NS1 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		NS2 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		NS3 (filtrat)	III/IV +	NO ₂ ⁻ , Cr, Ni, Fe
		NS4 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
7.	Sombor	SO1 (filtrat)	III/IV +	Ni, Fe
		SO2 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
		SO3 (pijezometar)	III/IV +	Ni, Zn, Fe
8.	Subotica	SU1 (filtrat)	III/IV +	Ni, Fe

Analiza koncentracionih nivoa polutanata u procednim vodama deponija sprovedena je na osnovu *Pravilnika o opasnim materijama u vodama* (Službeni glasnik SRS, br. 31/82) i *Uredbe o klasifikaciji voda* (Službeni glasnik SRS, br. 5/68). Dalja preporuka na osnovu prvog parcijalnog monitoringa sprovedenog na teritoriji Vojvodine, je da se nastavak istraživanja u sledećoj fazi Projekta realizuje u skladu sa EU direktivom o deponijama (COUNCIL DIRECTIVE 1999/31/EC) i BAT za IPPS za deponije, kako bi vrednosti koncentracija polutanata u filtratnim vodama bilo moguće komparirati sa graničnim vrednostima definisanim evropskim standardima i koristiti za definisanje preporučenih lokaliteta deponija.

Na osnovu rezultata analize uzoraka vode iz pijezometara i filtratne vode sa jedine sanitarne deponije u Vojvodini (deponija u Kikindi), kao i ostalih deponija na teritoriji Pokrajine, dobijen je pregled parametara na osnovu koga se može rezimirati:

- 1) Poređenjem vrednosti fizičko-hemijskih parametara osnovne i proširene analize vode iz pijezometara (BPK₅, tvrdoća, nitriti, nitrati, ukupni fosfor, hrom, nikl, gvožđe, cink, kalijum) lokaliteta sanitarne deponije u Kikindi sa ostalim definisanim mernim tačkama u Vojvodini, zaključeno je da je kvalitet vode iz pijezometara znatno lošiji na deponijama koje nisu sanitarnog tipa. Dobijeni rezultati ukazuju na značajno veću kontaminaciju zemljišta i podzemnih voda teritorije Vojvodine, usled postojanja deponija koje ne zadovoljavaju sanitarne kriterijume.
- 2) Sa druge strane, procedne vode sanitarne deponije u Kikindi pokazuju znatno povišen stepen kontaminacije analiziranim polutantima, s obzirom na to da, usled tehničko-građevinskog rešenja deponije, ne postoji mogućnost difuzije filtrata u niže slojeve zemljišta.
- 3) Procedne deponijske vode u Kikindi, i pored povišenog stepena kontaminacije, nakon recirkulacionog ciklusa realizovanog u okviru deponije, dostižu stepen kvaliteta kojim ne mogu izazvati negativne efekte u životnoj sredini.

Kompletni procesi razgradnje, difuzije, kao i dinamika generisanja novih polutanata u telu deponije primarno su određeni eksternim faktorima temperature i vlažnosti vazduha. Kako je kampanja uzorkovanja u okviru Projekta realizovana je u periodu novembar 2008 – februar 2009. godine, preporučuje se ponavljanje uzorkovanja procedne vode, vode iz pijezometara i deponijskih gasova u letnjem periodu, u uslovima povišene spoljne temperature i vlažnosti vazduha, kao osnovnih fizičkih parametara koji dominantno utiču na brzinu, dinamiku i tip hemijskih i biohemijskih reakcija.

3. DEPONIJSKI GAS

3.1 PROCES FORMIRANJA DEPONIJSKOG GASA

Na proces formiranja deponijskog gasa utiču brojni faktori: karakter otpada, kiseonik u deponiji, sadržaj vlage, temperatura i vreme kada je otpad odbačen, (Crawford and Smith 1985; DOE 1995; EPA 1993).

Karakter otpada

Bakterijskim aktivnostima generiše se deponijski gas. Rast količina generisanog gasa je povezan sa količinom organskog otpada u deponiji. Sa povećanjem procenta organskog otpada povećava se i količina generisanog gasa. Određene vrste organskog otpada sadrže velike količine hranjivih sastojaka za bakterije, natrijuma, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma, što prouzrokuje veću aktivnost bakterija a samim tim i veću količinu generisanog gasa. Određene vrste otpada sadrže jedinjenja koja negativno utiču na aktivnost bakterija, uzrokujući smanjenje generisanja gasa. U slučaju bakterija koje proizvode metan štetno dejstvo predstavlja prisustvo soli u visokim koncentracijama.

Kiseonik u deponiji

Produkcija metana počinje kada se sav kiseonik potroši. Što je više kiseonika u deponiji, to aerobne bakterije duže razlažu otpad. Ako je otpad samo delimično prekriven slojem zemlje ili se frekventno meša, biće prisutno više kiseonika, tako da će aerobne bakterije živeti duže i duži period će proizvoditi ugljen-dioksid i vodu. Ako je otpad kompaktan, proizvodnja metana će početi ranije, odnosno čim anaerobne bakterije zamene aerobne bakterije. Anaerobne bakterije počinju proizvodnju, samo kada aerobne bakterije potroše kiseonik, tako da bi bilo kakvo prisustvo kiseonika u deponiji dovelo do usporenja produkcije metana. Promene atmosferskog pritiska mogu takođe da utiču da se kiseonik iz okoline nađe u deponiji, a ta mogućnost postoji kod slojeva na manjim dubinama u kojima dolazi do aerobne faze razgradnje otpada.

Vlažnost

Prisustvo određene količine vode u deponiji povećava produkciju gasa, jer vlaga podstiče rast bakterija i transport hranjivih sastojaka do svih delova deponije. Sadržaj vlage od 40 % i više dovodi do maksimalne produkcije gasa. Kompaktnost otpada utiče na smanjenje produkcije gasa jer je povećana gustina deponije i smanjena infiltracija vode u sve slojeve otpada. Proizvodnja gasa je veća u slučaju jakih padavina i – ili ako su prisutni propusni pokrovni slojevi koji omogućavaju dovod dodatnih količina vode u deponiju.

Temperatura

Temperatura povećava bakterijsku aktivnost, što direktno ima za posledicu povećanje produkcije gasa. Sa druge strane, niske temperature inhibiraju bakterijsku aktivnost, tako da bakterijska aktivnost pada značajno ispod 10°C. Vremenske promene imaju značajan uticaj na plitke deponije. Ovo je posledica toga što bakterije nisu izolovane u odnosu na temperaturne promene kao što je to slučaj sa dubokim deponijama gde „debeli“ slojevi tla pokrivaju otpad. U pokrivenoj deponiji se održava stabilna temperatura, što dovodi do povišenja produkcije gasa. Bakterijska aktivnost oslobađa toplotu, stabilizujući temperaturu deponije između 25° i 45° C, a pojava temperature i do 70° C je registrovana u nekim deponijama. Više temperature stvaraju povoljne uslove za volatilizaciju i hemijske reakcije. Kao opšte pravilo se može uzeti da se emisije NMOC (ugljovodonika nementanskog tipa) udvostruče na svakih 18° C.

Starost otpada

Otpad koji je kasnije deponovan će generisati više gasa od onog koji je na deponiji duže vreme. Deponije obično generišu značajne količine gasa između jedne i tri godine. Maksimumi generisanja gasa su u periodu od pet do sedam godina, nakon što je otpad odložen na deponiju. Nakon 20 godina po deponovanju, generisanja deponijskog gasa je minimalno i u tragovima, dok se manje količine gasa mogu generisati i posle pedeset godina. Različiti delovi deponije mogu biti u različitim fazama dekompozicije otpada, što zavisi od starosti otpada, (Crawford and Smith 1985; DOE 1995; EPA 1993).

3.2 PROCESI KOJI SE ODVIJAJU U DEPONIJU

Procesi koji doprinose formiranju deponijskog gasa su bakterijsko razgrađivanje, volatilizacija i hemijske reakcije.

Najveći deo deponijskog gasa se formira bakterijskom razgradnjom, bakterija koje su prirodno prisutne u samom otpadu, kao i od strane bakterija prisutnih u zemljištu koje se koristi za prekrivanje deponije.

S obzirom na to da komunalni otpad većim delom čini otpad organskog porekla, u koji se ubraja hrana, baštenski otpad, otpad sa ulica, tekstil i drvni i papirni proizvodi, bakterije prisutne u deponiji razgrađuju taj otpad kroz četiri faze, a sastav gasa se menja tokom svake od faza.

Deponijski gas može biti proizveden takođe, i kada određene vrste otpada, odnosno jedinjenja nastala kao produkti razgradnje otpada, posebno organska jedinjenja, promene stanje iz tečnog ili čvrstog u gasovito. Ovaj proces je poznat kao

volatilizacija. Nemetanska organska jedinjenja u deponijskom gasu mogu biti rezultat volatilizacije određenih jedinjenja prisutnih u deponiji.

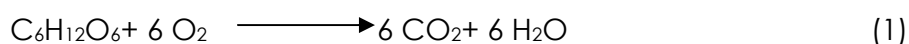
Deponijski gas, uključujući nemetanska organska jedinjenja, može biti proizveden reakcijama određenih jedinjenja prisutnih u otpadu. Na primer, ako hlorni izbeljivač i amonijak dođu međusobno u kontakt u deponiji tada se proizvodi amonijum hlorid (NH_4Cl), gas koji nepovoljno utiče na odvijanje procesa u deponiji.

Bakterije razgrađuju otpad u četiri faze. Sastav proizvedenog gasa se menja tokom svake od četiri faze razgradnje. Kako deponije obično prihvataju otpad u vremenskom periodu od 20 do 30 godina, tako da se otpad u deponiji istovremeno može naći u više faza razgradnje. Stariji otpad u jednom delu deponije može biti u fazi različitoj od one u kojoj se nalazi otpad kasnije deponovan.

Faza I - aerobna faza

Tokom prve faze razgradnje, aerobne bakterije pri ishrani koriste kiseonik, pri čemu se raskidaju dugi molekularni lanci kompleksnih jedinjenja koja sačinjavaju organski otpad: ugljeni hidrati, proteini i masti. Nusproizvod ovog procesa je ugljen-dioksid. Na početku ove faze koncentracija azota je visoka (oko 20% kiseonika i 80% azota), ali ova koncentracija opada kako se „deponija kreće“ kroz faze razgradnje otpada. Faza I se odvija dok se raspoloživi kiseonik ne istroši. Prva faza može trajati danima ili mesecima, zavisno od toga koliko je kiseonika prisutno u trenutku kada je otpad odložen na deponiji, a nivoi kiseonika će varirati u zavisnosti od toga koliko je kompaktna deponija.

Aerobna dekompozicija glukoze:

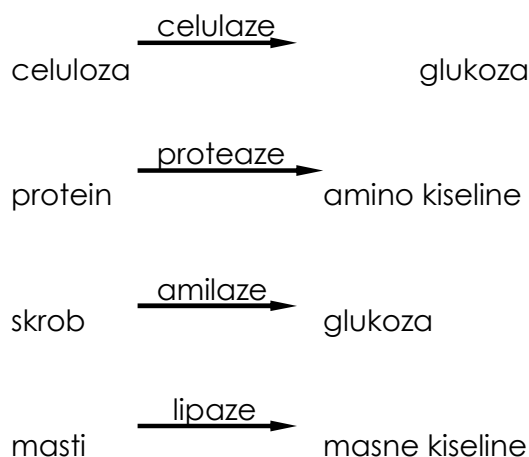


Faza II - anaerobna faza, nemetanska

Ova faza razgradnje počinje kada se iskoristi sav kiseonik. Anaerobnim procesima, bakterije pretvaraju jedinjenja formirana procesima aerobnih bakterija u sirćetnu, mlečnu, mravlju i druge kiseline i alkohole kao što su metanol i etanol. Zbog ovih procesa, pH sredina deponije postaje kisela. Kako se kiseline mešaju sa vlagom prisutnom u deponiji, dolazi do rastvaranja nutrijenata za bakterije, tako da azot i fosfor postaju dostupni različitim vrstama bakterija. Gasoviti nusproizvodi ovih procesa su ugljen-dioksid i vodonik. Međutim, ako kiseonik dospe u deponiju, mikrobiološki procesi će se vratiti u prvu fazu, fazu aerobne razgradnje.

U ovoj fazi, kao proces, prvo se javlja hidroliza (ekstracelularni, enzimski proces) pri čemu se organske materije transformišu na komponente koje su rastvorljive u vodi.

Ovaj proces zahteva značajno prisustvo vlage kao i fizički kontakt između mikroorganizama i otpada. Organski otpad se razlaže u enzimski-katalizovanim reakcijama na osnovne komponente:



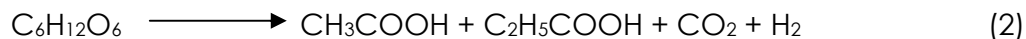
Gasovite komponente se ne generišu tokom faze hidrolize. Formirane molekula monosaharida i više organske kiseline, kroz različite metaboličke procese, transformišu se mikrobima, u jednostavnije organske kiseline, vodu, ugljen-dioksid, amonijak, i vodonik (H₂).

Tokom ove faze, u kojoj se odigrava enzimska reakcija kiselina, generiše se CO₂ neposredno nakon početka procesa. Prema Farquhar (1989), različita istraživanja pokazuju različit sastav gasova: 50-70% CO₂ posle 11 do 23 dana, ili čak 90% CO₂ posle 40 dana.

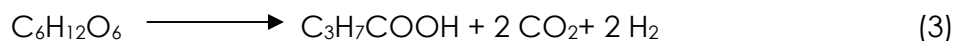
Sumarno ova faza se može prikazati sledećim reakcionim mehanizmima:

Ila. Hidroliza: Bez produkcije gasova

IIb. Anaerobna kisela enzimska reakcija glukoze (proizode se gasovi CO₂ i H₂):



i



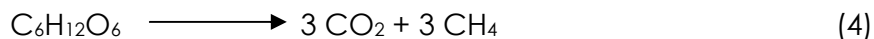
Faza III - anaerobna, metanska, nestabilna

Faza III razgradnje počinje kada određene vrste anaerobnih bakterija konzumiraju organske kiseline proizvedene u fazi II i počnu da formiraju acetate. Ovaj proces uzrokuje da deponija postane bliža pH vrednosti 7 (neutralni medij) koja odgovara bakterijama koje proizvode metan. Metanske i kiselinske bakterije imaju određenu vrstu simbiotske veze. Kiselinske bakterije proizvode jedinjenja kojima se hrane metanske bakterije. Metanske bakterije se hrane ugljen dioksidom i acetatima, čije je veliko prisustvo veoma toksično za kiselinske bakterije. Trajanje Faze III može početi od 180, dana od deponovanja otpada i trajati do 500 dana nakon deponovanja, (Ramaswamy, 1970; Beluche, 1968), ali po (Farquhar 1989).

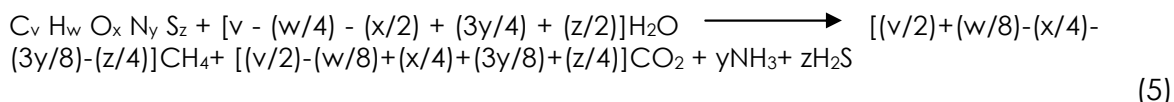
Faza IV - anaerobna, metanska, stabilna

Faza IV razgradnje počinje kada i sastav i produkcija deponijskog gasa postanu relativno konstantni. Deponijski gas tada sadrži oko 45-60 % metana, 40-60 % ugljen dioksida i 2-9 % ostalih gasova. Gas se proizvodi konstantno u četvrtoj fazi obično 20 godina, pri čemu se emitovanje gasa može nastaviti i posle 50 godina. (Crawford and Smith 1985). Produkcija gasa može trajati duže, posebno, ako su prisutne veće količine organskog otpada.

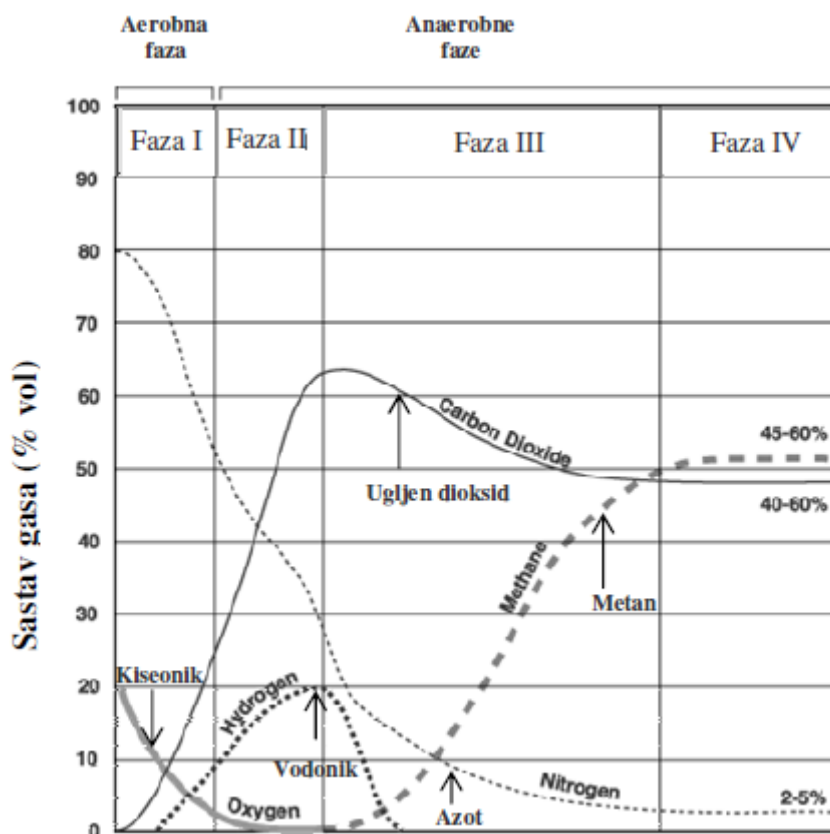
III & IV. Metanska enzimaska reakcija glukoze (proizvode se gasovi CO₂ i CH₄):



Opšta hemijska reakcija razgradnje za čvrsti otpad opšteg sastava je sledeća (Chian, DeWalle, Hammerberg, 1975):



Na slici 1.1 su prikazane faze razgradnje i promena sastava deponijskog gasa tokom faza.



Slika 3.1 Prikaz faza razgradnje otpada (EPA 1997)

3.3 SASTAV DEPONIJSKOG GASA

Različiti literaturni izvori definišu sastav deponijskog gasa na različite načine, ali može se konstatovati da su razlike neznatne, tabla 3.1.

Tabela 3.1 Sastav deponijskog gasa po Tchobanoglous, Theisen, and Vigil 1993; EPA 1995

Komponenta	%	Karakteristike
Metan	45-60	Metan je gas bez boje i mirisa. Deponije su najveći izvori emisija metana koje je prouzrokovao čovek.
Ugljen dioksid	40-60	CO ₂ se nalazi u atmosferi u malim koncentracijama (0,02 %). Bezbojan je, bez mirisa i malo kiseo.
Azot	2-5	Azot reprezentuje 79 % atmosfere. Bez mirisa, ukusa i boje.

Kiseonik	0.1-1	Kiseonik reprezentuje 21 % atmosfere. Bez mirisa, ukusa i boje.
Amonijak	0.1-1	Amonijak je bezbojan gas sa oštrim mirisom.
Nemetanska organska jedinjenja (NMOC)	0.01-0.6	NMOC-i su organska jedinjenja. Nalaze se u prirodi ili se mogu veštački sintetizovati. NMOC-a najčešće prisutna na deponiji su akrilo-nitriti, etil-benzen, heksan, metil-etil-keton, tetra-hlor-etilen, tolueni, tri-hlor-etilen, vinil-hloridi i ksilen.
Sulfidi	0-1	Sulfidi (vodonik sulfid, dimetil sulfid, merkaptani) su gasovi prisutni u prirodi koji daju deponiji neprijatan miris pokvarenih jaja.
Vodonik	0-0.2	Vodonik je gas bez mirisa i boje.
Ugljen-monoksid	0-0.2	Ugljen-monoksid je gas bez mirisa i boje i gas koji je izuzetno toksičan

U cilju određivanja sastava deponijskog gasa izvršeno je uzorkovanje deponijskog gasa sa sledećih lokacija na deponijama u Vojvodini. Broj uzoraka po deponiji najčešće je bio uslovljen brojem degazatora na deponiji. Lokacije sa kojih je izvršeno uzorkovanje deponijskog gasa, kao i broj mesta za uzorkovanje prikazano je u tabeli 3.2:

Tabela 3.2 Mesta uzorkovanja deponijskog gasa

Deponija	Oznaka deponije	Broj uzoraka
Novi Sad	NS	20
Subotica	SU	5
Sečanj	SC	3
Sombor	SO	2
Futog	FU	25
Kikinda	KI	2
Pančevo	PA	15

Na deponijama u Sečnju, Somboru i Kikindi uzorci deponijskog gasa uzeti su iz pijezometara, usled nepostojanja ili neispravnosti vertikalnih degazatora - biotrnova.

Merenje je izvršeno pomoću uređaja za gasnu analizu „GEM2000plus“ proizvođača iz Velike Britanije – „Geotechnical Instruments“, specijalizovanog za proizvodnju aparature za ekstrakciju i analizu deponijskih gasova. „GEM2000plus“ je posebno dizajniran, sa ciljem da se upotrebljava u svrhu praćenja stanja deponijskog gasa na

biotrovima i drugim sistemima za ekstrakciju deponijskog gasa. Navedeni uređaj je projekovan za merenje koncentracije sledećih gasova (CH_4 , CO , CO_2 , H_2S , O_3), kao i za merenje temperature i atmosferskog pritiska.

Aparat za gasnu analizu, korišten u merenju, je prikazan na slici dole.



Slika 3.2 : Multi gasni detektor „Geotechnical Instruments - GEM2000plus“

3.4 REZULTATI MERENJA SASTAVA DEPONIJSKOG GASA

Tabela 3.3 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Novom Sadu

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4 %	CO2 %	O2 %	CH4 %LEL	MIN O2 %	BARO mb	CO ppm	H2S ppm	H2 ppm	CH4/CO 2 %
NS1	19°50'18,95"E 45°18'40,70"N	11/11/2008 15:39	0.9	0.7	20.3	18	19.7	1012	0	0	LOW	1.29
NS2	19°50'22,21"E 45°18'39,08"N	11/11/2008 15:43	23.7	10.9	12.9	200	12.9	1012	0	0	LOW	2.17
NS3	19°50'24,80"E 45°18'39,67"N	11/11/2008 15:49	11.7	10.1	11.6	200	11.6	1012	0	4	LOW	1.16
NS4	19°50'27,51"E 45°18'40,30"N	11/11/2008 15:52	20.9	9.6	7.5	200	5.9	1009	0	0	LOW	2.18
NS6	19°50'32,03"E 45°18'42,06"N	11/11/2008 15:55	10.2	8	6	200	4.5	1010	0	0	LOW	1.28
NS7	19°50'34,68"E 45°18'41,41"N	11/11/2008 15:59	26	15.4	11.9	200	6.6	1011	0	1	LOW	1.69
NS9	19°50'32,21"E 45°18'40,44"N	11/11/2008 16:03	26	15.4	11.9	200	6.6	1011	0	1	LOW	1.69
NS10	19°50'29,77"E 45°18'39,61"N	11/12/2008 12:26	10.2	5.5	17.2	200	17.1	1009	0	0	LOW	1.85
NS13	19°50'21,61"E 45°18'37,82"N	11/12/2008 12:42	2.9	1.8	19.9	58	18	1010	0	0	LOW	1.61
NS14	19°50'23,89"E 45°18'36,28"N	11/12/2008 12:47	2.5	1.5	20	50	19.6	1010	1	0	LOW	1.67
NS15	19°50'24,86"E 45°18'36,13"N	11/12/2008 12:51	4.5	2.8	18.9	90	18.8	1009	0	0	LOW	1.61
NS16	19°50'29,77"E 45°18'38,03"N	11/12/2008 12:58	46.1	26.4	4.9	200	4.7	1010	0	0	LOW	1.75
NS17	19°50'32,24"E 45°18'38,86"N	11/12/2008 13:03	0.2	0.1	21.2	4	5.1	1010	0	0	LOW	2
NS19	19°50'38,45"E 45°18'40,16"N	11/12/2008 13:09	17.4	10.1	15.3	200	14.8	1009	0	0	LOW	1.72

NS20	19°50'39,42``E 45°18'41,64``N	11/12/2008 13:13	0.8	0.6	20.7	16	15.1	1009	0	0	LOW	1.33
NS21	19°50'40,90``E 45°18'41,09``N	11/12/2008 13:18	0.3	1.6	19.8	6	19.7	1010	0	0	LOW	0.19
NS22	19°50'41,81``E 45°18'39,87``N	11/12/2008 13:22	0.3	2.6	19.2	6	19.1	1010	0	0	LOW	0.12
NS25	19°50'37,54``E 45°18'38,88``N	11/12/2008 13:30	12.4	8.5	17.2	200	16.1	1010	0	0	LOW	1.46
NS27	19°50'30,94``E 45°18'36,57``N	11/12/2008 13:36	24.3	16.4	12.4	200	5.6	1010	0	0	LOW	1.48
NS29	19°50'28,99``E 45°18'36,34``N	11/12/2008 13:52	26	15.4	11.9	200	6.6	1011	0	1	LOW	1.69



Slika 3.2. Položaj biotnova na deponiji u Novom Sadu

Tabela 3.4 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Subotici

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4 %	CO2 %	O2 %	CH4 %LEL	MIN O2 %	ATM. PRIT.	CO ppm	H2S ppm	H2 ppm	CH4/CO2 %
SU 1	19°41'15,67``E 46°04'50,35``N	29.12.2008 12:09	23,9	15,6	13,2	200	13,7	1024	0	0	LOW	1,53
SU 2	19°41'16,28``E 46°04'49,66``N	29.12.2008 12:04	17,1	10	17,2	200	16,7	1024	0	0	LOW	1,71
SU 3	19°41'16,71``E 46°04'48,93``N	29.12.2008 11:45	17,9	10,8	13,3	200	13,3	1023	0	0	LOW	1,66
SU 4	19°41'18,75``E 46°04'49,58``N	29.12.2008 11:49	37,1	22,8	10,3	200	10,3	1023	0	0	LOW	1,63
SU 5	19°41'19,83``E 46°04'48,12``N	29.12.2008 11:56	27,8	15,9	14,7	200	12,2	1024	0	0	LOW	1,75



Slika 3.3. Položaj biotrnova na deponiji u Subotici

Tabela 3.5 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Sečnju

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4 %	CO2 %	O2 %	CH4 %LEL	MIN O2 %	BARO mb	CO ppm	H2S ppm	H2 ppm	CH4/CO2 %
SC 1	20°47'53,00``E 45°23'11,86``N	3/3/2009 8:38	0.6	4.7	5	12	4.9	1005	0	0	LOW	0.13
SC 2	20°47'55,24``E 45°23'12,67``N	3/3/2009 8:57	0.3	9	7.2	6	7.1	1006	0	0	LOW	0.03
SC 3	20°47'59,11``E 45°23'13,85``N	3/3/2009 9:16	0.3	3.2	20	6	18.2	1006	0	0	LOW	0.09



Slika 3.4. Položaj merenih mesta na deponiji u Sečnju

Tabela 3.6 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Somboru

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4	CO2	O2	CH4 %LEL	MIN O2	BARO	CO	H2S	H2	CH4/CO2
			%	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	%
SO 1	19°07'06,16``E 45°51'39,90``N	2/23/2009 13:45	0.4	0	21.4	8	21.3	1002	0	0	LOW	>>>>
SO 2	19°06'43,34``E 45°51'36,52``N	2/23/2009 13:45	0.5	0.1	20.2	8	21.3	1002	0	0	LOW	>>>>



Slika 3.5. Položaj mernih mesta na deponiji u Somboru

Tabela 3.7 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Futogu

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4 %	CO2 %	O2 %	CH4 %LEL	MIN O2 %	BARO mb	CO ppm	H2S ppm	H2 ppm	CH4/CO2 %
FU 1	19°41'24,91``E 45°15'13,00``N	3/11/2009 13:09	0.3	0.8	11.3	6	11.1	1000	0	0	LOW	0.38
FU 2	19°41'23,12``E 45°15'12,78``N	3/11/2009 13:12	0.3	0.7	20.8	6	11.8	1001	0	0	LOW	0.43
FU 3	19°41'21,38``E 45°15'12,11``N	3/11/2009 13:16	0.3	2.1	15.3	6	15.1	1000	0	0	LOW	0.14
FU 4	19°41'21,70``E 45°15'10,48``N	3/11/2009 13:20	0.3	1.5	20.4	6	15.6	1001	0	0	LOW	0.2
FU 5	19°41'23,33``E 45°15'11,47``N	3/11/2009 13:24	2.6	2.1	13.8	52	13.8	1002	0	0	LOW	1.24
FU 6	19°41'25,10``E 45°15'11,67``N	3/11/2009 13:27	5.1	3.2	9.7	102	9.7	1000	0	0	LOW	1.59
FU 7	19°41'26,21``E 45°15'11,27``N	3/11/2009 13:31	0.4	1.9	18.2	8	10.2	1000	0	0	LOW	0.21
FU 8	19°41'26,96``E 45°15'10,49``N	3/11/2009 13:34	0.3	4.4	8.4	6	8.3	1001	0	0	LOW	0.07
FU 9	19°41'25,35``E 45°15'10,40``N	3/11/2009 13:37	7.6	4.1	15.6	152	9.3	1001	0	0	LOW	1.85
FU 10	19°41'23,63``E 45°15'10,25``N	3/11/2009 13:40	6.3	3.1	16.1	126	15	1000	0	0	LOW	2.03
FU 11	19°41'27,37``E 45°15'09,25``N	3/12/2009 10:29	10.2	8	6	200	4.5	1010	0	0	LOW	1.28
FU 12	19°41'25,58``E 45°15'09,11``N	3/12/2009 10:33	0.4	3.2	19.9	8	6	1010	0	0	LOW	0.13
FU 13	19°41'23,72``E 45°15'08,95``N	3/12/2009 10:39	0.3	1.5	20.7	6	18.7	1010	0	0	LOW	0.2
FU 14	19°41'22,07``E 45°15'08,88``N	3/12/2009 10:43	0.3	0.9	20.7	6	20.5	1010	0	0	LOW	0.33
FU 15	19°41'22,06``E 45°15'07,29``N	3/12/2009 10:48	0.3	0.6	20.8	6	20.6	1009	0	0	LOW	0.5
FU 16	19°41'23,80``E 45°15'07,64``N	3/12/2009 10:52	0.3	0.5	20.6	6	20.5	1010	0	0	LOW	0.6
FU 17	19°41'25,69``E 45°15'07,79``N	3/12/2009 10:56	0.3	0.4	21.2	6	20.5	1009	0	0	LOW	0.75

FU 18	19°41'27,52``E 45°15'07,92``N	3/12/2009 10:59	18.6	6.4	7.4	200	7.4	1010	0	0	LOW	2.91
FU 19	19°41'27,61``E 45°15'06,65``N	3/12/2009 11:02	0.6	3	20.7	12	8.6	1010	0	0	LOW	0.2
FU 20	19°41'25,78``E 45°15'06,55``N	3/12/2009 11:05	0.3	1.6	21.1	6	19.8	1009	0	0	LOW	0.19
FU 21	19°41'23,96``E 45°15'06,34``N	3/12/2009 11:08	0.3	0.9	21.3	6	20.9	1010	0	0	LOW	0.33
FU 22	19°41'22,19``E 45°15'05,67``N	3/12/2009 11:11	0.3	0.6	21.2	6	21.1	1009	0	0	LOW	0.5
FU 23	19°41'24,00``E 45°15'05,07``N	3/12/2009 11:15	0.3	0.4	21.4	6	21.1	1009	0	0	LOW	0.75
FU 24	19°41'25,91``E 45°15'05,44``N	3/12/2009 11:22	3.4	2.4	13.1	68	13.1	1010	0	0	LOW	1.42
FU 25	19°41'27,65``E 45°15'05,39``N	3/12/2009 11:25	20.9	9.6	7.5	200	5.9	1009	0	0	LOW	2.18



Slika 3.6. Položaj biotrnova na deponiji u Futog

Tabela 3.8 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Kikindi

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4	CO2	O2	CH4 %LEL	MIN O2	ATM. PRIT.	CO	H2S	H2	CH4/CO2
			%	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	%
KI 1	20°29'30,53``E 45°52'12,63``N	3/3/2009 14:35	0.3	1.4	20.6	6	20.1	1004	0	0	LOW	0.21
KI 2	20°29'35,72``E 45°52'10,92``N	3/3/2009 15:03	0.3	0.5	21.1	6	20.8	1004	0	0	LOW	0.6



Slika 3.7. Položaj mernih mesta na deponiji u Kikindi

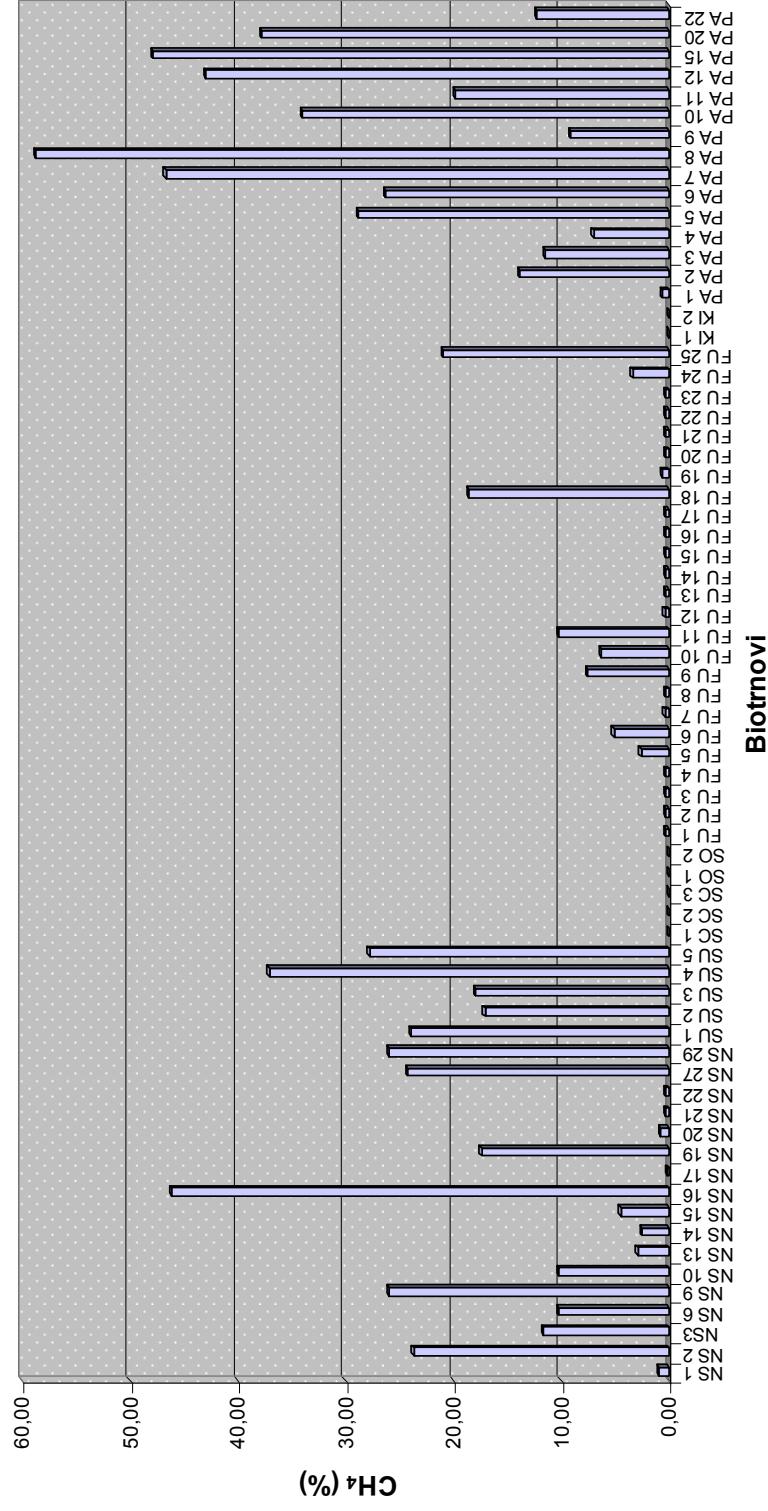
Tabela 3.9 Rezultati merenje koncentracije deponijskog gasa na deponiji u Pančevu

OZNAKA BIOTRNA	GPS koordinate	DATUM	CH4	CO2	O2	CH4 %LEL	MIN O2	ATM. PRIT.	CO	H2S	H2	CH4/CO2
			%	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	%
PA 1	44 53 07.65 20 37 47.97	3/17/2009 10:58	0.6	0.2	20.9	12	20.8	1017	0	0	LOW	3
PA 2	44 53 08.83 20 37 44.89	3/17/2009 11:47	13.9	8.5	13.9	200	2	1016	0	0	LOW	1.64
PA 3	44 53 08.42 20 37 46.11	3/17/2009 11:03	11.5	7.1	15.6	200	13.3	1017	0	0	LOW	1.62
PA 4	44 53 08.50 20 37 39.30	3/17/2009 12:01	7	5.1	12	140	11.3	1016	0	0	LOW	1.37
PA 9	44 53 09.93 20 37 41.81	3/17/2009 13:01	9.1	8.1	14.2	182	1	1015	0	0	LOW	1.12
PA 10	44 53 10.93 20 37 32.11	3/17/2009 13:28	34	16.3	8.7	200	5.6	1015	0	0	LOW	2.09
PA 11	44 53 14.23 20 37 39.28	3/17/2009 13:43	19.8	5.4	15.9	200	15.9	1015	0	0	LOW	3.67
PA 12	44 53 11.05 20 37 37.41	3/17/2009 13:23	43	26.3	5	200	5	1015	0	0	LOW	1.63
PA 14	44 53 11.15 20 37 40.03	3/17/2009 12:56	58.7	29.8	1.2	200	0.2	1015	0	0	LOW	1.97
PA 15	44 53 12.90 20 37 36.34	3/17/2009 13:15	47.9	17.7	3.4	200	2.9	1015	0	0	LOW	2.71
PA 16	44 53 16.91 20 37 37.11	3/17/2009 12:07	28.8	12.9	10.3	200	10.3	1015	0	0	LOW	2.23
PA 17	44 53 16.17 20 37 33.06	3/17/2009 12:40	26.3	14.6	8.4	200	7	1015	0	0	LOW	1.8
PA 19	44 53 13.26 20 37 34.75	3/17/2009 12:47	46.7	24.1	6.3	200	5.7	1015	0	0	LOW	1.94
PA 20	44 53 15.44 20 37 38.09	3/17/2009 11:39	37.8	18	1.1	200	1.1	1016	0	0	LOW	2.1
PA 22	44 53 13.71 20 37 37.44	3/17/2009 13:08	12.3	5.5	14.1	200	12.8	1015	0	0	LOW	2.24



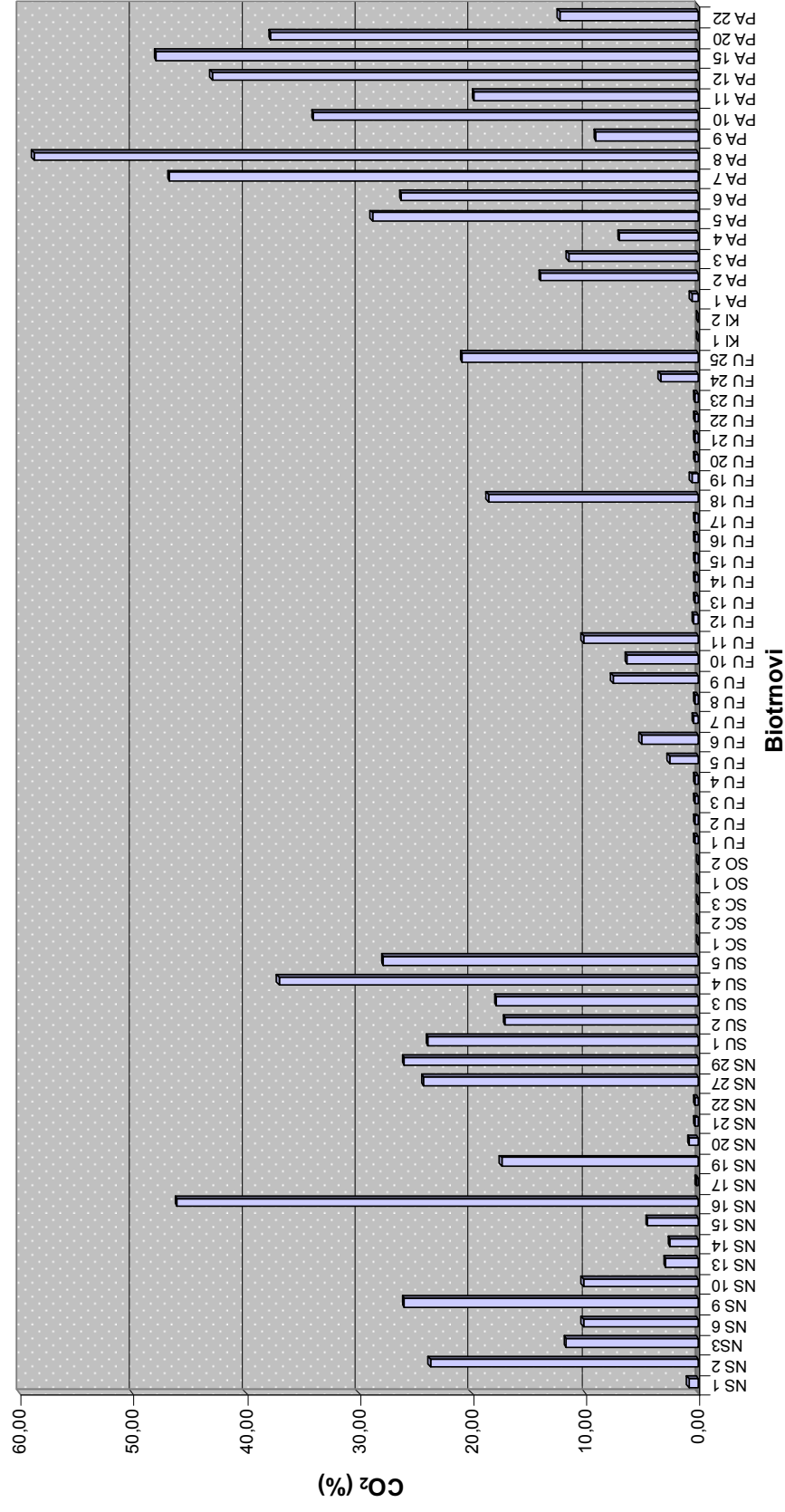
Slika 3.8. Položaj biotrnova na deponiji u Kikindi

Merenje koncentracije metana (CH₄)



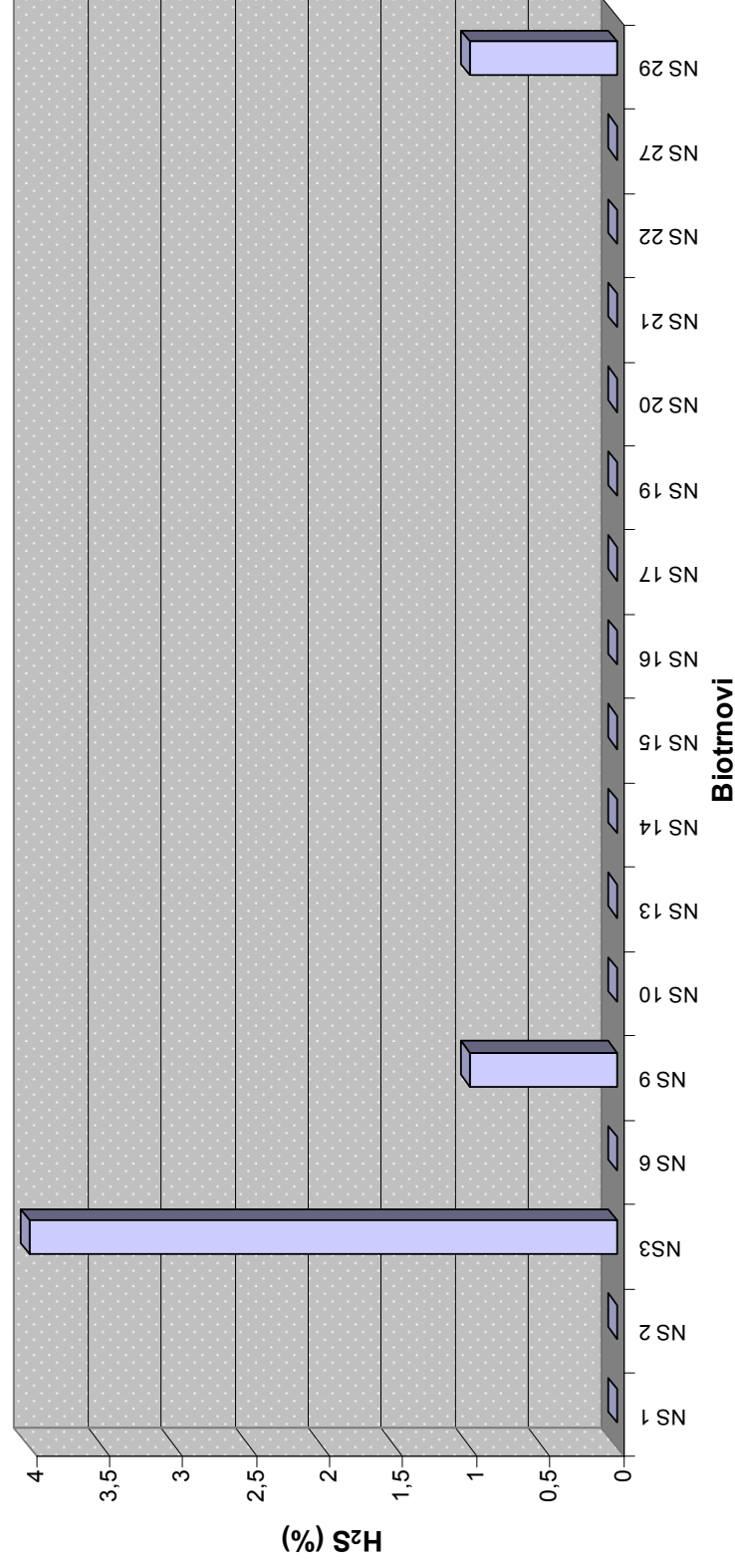
Dijagram 3.1 Koncentracija metana na svim mernim mestima

Merenje koncentracije ugljen-dioksida (CO₂)



Dijagram 3.2 Koncentracija ugljen-dioksida na svim mernim mestima

Merenje koncentracije vodonik-sulfida (H₂S)



Dijagram 3.3 Koncentracija vodonik sulfida na svim mernim mestima

3.5 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA O DEPONIJSKOM GASU

Rezultati prikazani u prethodnim tabelama (3.3 – 3.9) i dijagramima (3.1 – 3.3) pokazuju da je na svim deponijama u Vojvodini na kojima postoje pravilno postavljeni i ispravni biotrnovi, postoji i značajno prisustvo deponijskih gasova, odnosno visoke koncentracije metana. Na deponijama na kojima nema biotrnova ili nije bilo moguće uzeti uzorak sa biotrna, uzorkovanje je vršeno na pijezometrima, što se pokazalo kao neadekvatno. Koncentracije deponijskih gasova uzoraka sa pijezometara u potpunosti su se razlikovale od uzoraka sa biotrnova.

Činjenica da je na svim deponijama na kojima postoje biotrnovi utvrđena značajna količina metana, ukazuje na neophodnost postavljanja biotrnova na svim deponijama, kako bi se sprečilo nagomilavanje metana u telu i okolini deponije, odnosno kako bi se sprečila mogućnost stvaranje eksplozivnih smeša.

Različite koncentracije kiseonika na istoj deponiji ukazuju na nedovoljne mere izolacije deponije u odnosu na atmosferu. Nedovoljna izolovanost, pre svega gornjih prekrivnih slojeva, može inhibirati procese biološko hemijske degradacije otpada, pa samim tim i nastanak deponijskog gasa, odnosno proces generisanja deponijskog gasa značajno produžiti.

Značajne količine koje su detektovane, pre svega na „velikim“ deponijama u Novom Sadu, Subotici i Pančevu, ukazuju na neophodnost adekvatnog postavljanja dovoljnog broj biotrnova, kao minimalne mere zaštite od eksplozije i požara. U narednom periodu neophodno je primeniti rešenja koja će onemogućiti deponijski gas da slobodno napušta telo deponije i odlazi u atmosferu, odnosno neophodno je izveti prelazak sa pasivnih na aktivne sisteme ekstrakcije deponijskog gasa.

LITERATURA

Cheremisinoff Nicholas, P. Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies, Elsevier Sciences (USA) 2003 .

Environment Agency Guidance on Assessment of Risks from Landfill Sites, United Kingdom Environment Agency, 2004.

Groundwater protection responses for landfills, EPA,
http://www.epa.ie/downloads/advice/water/ground/epa_groundwater_protection_landfill_responses.pdf.

Hamideh Soltani-Ahmadi SWANA (Solid Waste Association of North America)/Hickman Intern, (2000) A Review of the Literature Regarding Non-Methane and Volatile Organic Compounds in Municipal Solid Waste Landfill Gas. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware, Newark, Delaware.

Ilić, M., Miletić, S., Osnovi upravljanja čvrstim otpadom, Institut za ispitivanje materijala Beograd, 1998.

Klusman, R.W. and Dick, C.J. (2000). "Seasonal variability in methane emissions from a landfill in a cool, semiarid climate." *Journal of Air and Waste Management Association*, 50, 1632-1636.

Kršić N., Vujasinović S., Matići., Remedijacija podzemnih voda i geosredine, Univeritet u Beogradu, 2005.

Loizidou, M. & Kapetanios, E.G. (1992) Study of the gaseous emissions from a landfill. *The Science of the Total Environment*, 127, 201—210.

Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja EU, Vlada Republike Srbije, Ministarstvo za zaštite prirodnih bogatstava i životne sredine, 2003.

Perera, L.A.K., Achari, G. Hettiaratchi, J.P.A. (2002), Determination of source strength of landfill gas: A numerical modeling approach, ASCE, *Journal of Environmental Engineering*, 128(5), 461-471.

Prohaska, S.J., Hidrologija I, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 2003.

Prohaska, S.J., Hidrologija II, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 2006.

Službeni glasnik SRS, br. 31/82, *Pravilnik o opasnim materijama u vodama*.

Službeni glasnik SRS, br. 5/68, *Uredba o klasifikaciji voda*.

Škunca-Milovanović, S, Feliks, R, Đurović, B: Voda za piće – Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu i NIP Privredni pregled, Beograd (1990).

Ubavin, D., 2008. Izbor modela remedijacije divljih deponija zasnovanog na proceni rizika na životnu sredinu. Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Ubavin, D., Vujić, G., Mihajlov, A., Bašić, Đ.: Gas to energy opportunity on landfill in city of Novi Sad – Serbia and Montenegro D. Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia and

Montenegro, World Congress and Exhibition "ISWA 2005", November 6.-10. 2005. Buenos Aires, Argentina Ref No 194, Proceedings p.82.

US EPA (1995). *Air Emissions from Municipal Solid Waste Landfills - Back-ground Information for Final Standards and Guidelines*, Emission Standards Division, (US EPA-453/R-94-021). Office of Air and Radiation Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency.

US EPA (1998a) *Computation of Air Pollutant Emission Factors*, AP-42, 5th edn Volume 1. Chapter 2, Solid Waste Disposal, 2.4 MSW Landfill United States Environmental Protection Agency.

US EPA (1998b) *User's Manual Landfill Gas Emissions Model Version 2.0* | (US EPA-600/R-98-054), United States Environmental Protection Agency.

US EPA (2002) *Solid Waste Management and Greenhouse Gases. A LifeCycle Assessment of Emissions and Sinks*, 2nd edn. (US EPA-530-R-02-006 |) United States Environmental Protection Agency.

Vujić, G., 2007. Mogućnost energetske valorizacije izdvojenih gasova sa deponije komunalnog otpada. Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Vujić, G., Bašić Đ., Vojinović-Miloradov M., Štrbac, D., Stepanov, B., Đaković, D., Ubavin D: Studija analize deponijskih gasova, procena rizika na deponijama i izrada akcionog plana sa preporukama za upravljanje odlaganjem čvrstog otpada i uređenje deponija po svetskim standardima, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2003.

Vujić G, Batinić B, Ubavin D, Štrbac D, Stanisavljević N, Dvornić A., Studija utvrđivanja količine i morfološkog sastava komunalnog otpada na teritoriji AP Vojvodine.

Vujić, G., Marinić, I., Bašić, Đ.: Waste Separation and Recycling Methods, Which Are The Most Suitable For City of Novi Sad, Sixth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in central and Eastern Europe, Prague 2003.

Vujić, G., Ubavin D., Bašić Đ., Vujić, B., Tomašević, B.: Modelovanje generacije i upravljanje deponijskim gasovima prilikom izrade projekata zatvaranja deponija (smetlišta), Zlatibor 2005

Vujic, G.; Ubavin, D., Mihajlov, A.; Mihajlovic, V., Model of project design of remediation of old landfills in Serbia XI International Waste Management and Landfill Symposium, Amsterdam 2007.

Vujić, G., Vojinović-Miloradov, M., Bašić, Đ., Vujić, B., Čabradi, G., Tomašević, B., Landfill gas modelling and risk assessment in the purpose of the good managing in municipal landfill of Novi Sad, CHISA 2004, 22-26.08.2004. Prague, Czech Republic.