Ekološki i energetski aspekti otpada na razini grada srednje veličine

Rakarić, Mateja

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:027334

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Mateja Rakarić

EKOLOŠKI I ENERGETSKI ASPEKTI OTPADA NA RAZINI GRADA SREDNJE VELIČINE

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: prof. dr. sc. Veljko Filipan

Članovi ispitnog povjerenstva: prof. dr. sc. Veljko Filipan

prof. dr. sc. Igor Sutlović

prof. dr. sc. Emi Govorčin Bajsić

Zagreb, rujan 2017.

Zahvaljujem Zavodu za termodinamiku, strojarstvo i energetiku i prof. dr. sc. Veljku Filipanu što mi je omogućio izradu diplomskog rada te na stručnoj pomoći tijekom izrade rada.

Hvala svim mojim profesorima što su me naučili da je neuspjeh u rješenju bilo kojeg zadatka samo rezultat nedovoljnog broja pokušaja te da su hrabrost, odvažnost i odlučnost utemeljitelji onog najvažnijeg na svijetu : napretka.

Veliko hvala mojoj obitelji koji su mi omogućili studij i prijateljima na podršci koju su mi pružali. Najveće hvala osobi koja je moja najveća potpora i koja je uvijek uz mene, hvala Ti puno.

SAŽETAK

U ovom radu sažeta je problematika vezana uz gospodarenje otpadom. Navedene su vrste otpada te je opisan način gospodarenja otpadom u gradu Sisku. Rad se temelji na podacima tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o., koja se bavi odvozom i zbrinjavanjem otpada. Opisan je način zbrinjavanja otpada kakav je bio nekada i kakav je danas.

Ekološki i energetski aspekti otpada proučavani su na temelju podataka za: količinu sakupljenog otpada za razdoblje 2013. godine - 2016. godine, kvalitetu podzemnih voda uzorkovanih u tri postojeća pijezometra za 2015. i 2016. godinu, kvalitetu procjednih voda u prihvatnom bazenu (ulaz) i kontrolnom oknu (izlaz) za 2015. i 2016. godinu, kvalitetu oborinskih voda u retencijskom bazenu s oborinskim vodama za 2015. i 2016. godinu te sastav odlagališnog plina na plinsko-crpnoj stanici s bakljom za 2017. godinu.

Provedene analize pokazuju da odlagalište otpada „Goričica“ svojim radom ne stvara negativan utjecaj na okoliš. Ne dolazi do onečišćenja podzemnih voda od strane samog odlagališta. Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. je problem nedovoljno pročišćenih procjednih voda riješilo na način da ju recirkulira unutar odlagališta. Na taj se način pospješuje razgradnja otpada.

Ključne riječi : odlagalište otpada „Goričica“, zbrinjavanje otpada u gradu Sisku, izvještaji o ispitivanju vode i plina

SUMMARY

Issues related to waste management (types of waste and the waste management itself) in the city of Sisak were analyzed. The work is based on data provided by the company Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. that manages waste transport and disposal. Past and current methods are described.

The ecological and energy aspects of waste, based on data for: the amount of collected waste between 2013 and 2016; the quality of groundwater sampled in three existing piezometers for 2015 and 2016; the quality of groundwater in the receiving pool (entrance), and the control shaft (exit) for 2015 and 2016; the quality of the rainwater in the retention pool with rainwater for 2015 and 2016; and the composition of landfill gas pumping station with a torch for 2017, were analyzed.

The analysis shows that the landfill operation at „Goričica“ does not create a negative impact on the environment. There is no contamination of groundwater by the landfill of itself. The problem of insufficiently purified leachate is solved by recirculating it inside the landfill, thereby increasing the decomposition (degradation) of waste.

Key words: landfill „Goričica“, waste disposal in the city of Sisak, test reports of water and gas

SADRŽAJ :

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE 1

1. UVOD 2

2. TEORIJSKI DIO 4

2.1. ZBRINJAVANJE OTPADA 4
2.2. VRSTE OTPADA 5
2.3. GOSPODARENJE OTPADOM 6
2.4. NAČINI OBRADE OTPADA 8
2.5. UTJECAJI OTPADA NA OKOLIŠ 9
2.6. FIZIKALNA, KEMIJSKA I ENERGETSKA SVOJSTVA OTPADA 11
2.7. KOLIČINA OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ 12

3. SAKUPLJANJE I ODLAGANJE OTPADA U SISKU 16

3.1. O GRADU SISKU 16
3.2. POVIJEST INDUSTRIJE U GRADU 17
3.3. SAKUPLJANJE, ODVOZ I ODLAGANJE OTPADA U SISKU NEKADA I DANAS 18
3.4. MOBILNO RECIKLAŽNO DVORIŠTE 22
3.5. OTPADOMJER 23
3.5.1. Upute za odlaganje miješanog komunalnog otpada putem otpadomjera 24

4. ODLAGALIŠTE KOMUNALNOG OTPADA „GORIČICA“ 26

4.1. OPIS LOKACIJE 26
4.2. OSNOVNI PODACI 27
4.3. STANJE ODLAGALIŠTA OTPADA „GORIČICA“ 28
5.4. NAČIN ODLAGANJA OTPADA NA ODLAGALIŠTU „GORIČICA” 31
4.5. NADZOR KAKVOĆE OKOLIŠA NA ODLAGALIŠTU 35

5. EKSPERIMENTALNI DIO 36

5.1. KOLIČINA I SASTAV OTPADA 36
5.2. KVALITETA PODZEMNIH VODA 36
5.3. KVALITETA PROCJEDNIH VODA 37
5.4. KVALITETA OBORINSKIH VODA 37
5.5. SASTAV ODLAGALIŠNIH PLINOVA 37

6. REZULTATI I RASPRAVA 38

6.1. SASTAV OTPADA, KOLIČINA ODLOŽENOG ILI 38
OPORABLJENOG/ZBRINUTOG OTPADA ZA GRAD SISAK 38
6.2. ANALIZA KVALITETE PODZEMNIH VODA 44
6.3. ANALIZA KVALITETE PROCJEDNIH VODA 45
6.4. ANALIZA KVALITETE OBORINSKIH VODA 47
6.5. IZVJEŠTAJ MJERENJA PLINSKE MREŽE 48
6.6. IZRAČUN ISKORISTIVOSTI ODLAGALIŠNOG PLINA 52

7. ZAKLJUČAK 53

8. LITERATURA **54**
PRILOZI **56**
ŽIVOTOPIS **64**

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

- **OTPAD -** svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Nastaje kao rezultat ljudskih aktivnosti u domaćinstvima, raznim privrednim djelatnostima i posebno u industriji.
- **SMEĆE** - označava tvari/predmete koji su beskorisni, ne mogu se ponovno upotrijebiti, nemaju svoju sekundarnu vrijednost.
- **KOMUNALNI OTPAD** - otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva.
- **OPORABA OTPADA -** svaki postupak ponovne obrade otpada radi korištenja u materijalne (dobivanje sirovina ili novih proizvoda) ili ener. svrhe (iskorištavanja energije).
- **ZBRINJAVANJE OTPADA -** svaki postupak koji nije oporaba otpada, uključujući slučaj kada postupak kao sekundarnu posljedicu ima obnovu tvari ili energije.
- **GOSPODARENJE OTPADOM** - skup aktivnosti, odluka i mjera usmjerenih na sprječavanje nastanka otpada, smanjivanje količine otpada i/ili njegova štetnog utjecaja na okoliš, na obavljanje skupljanja, prijevoza, oporabe, zbrinjavanja i drugih djelatnosti u svezi s otpadom te nadzor nad obavljanjem tih djelatnosti, a sve u skladu s pripadajućom i važećom zakonskom ragulativom.
- **ODLAGALIŠTE OTPADA** - građevina namijenjena odlaganju otpada na površinu ili pod zemlju (podzemno odlagalište), uključujući: a) inertno odlagalište otpada na kojemu proizvođač odlaže svoj otpad na samom mjestu proizvodnje, b) odlagalište otpada ili njegov dio koji se može koristiti kao privremeno skladištenje otpada i c) iskorištene površinske kopove ili njihove dijelove nastale rudarskom eksploatacijom i /ili istraživanjem pogodne za odlaganje otpada.
- **KLJUČNI BROJ OTPADA** - šesteroznamenkasti broj kojim je definirana vrsta otpada u Katalogu otpada (Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, NN 50/05, 39/09). [1]
- **KPK -** potrošnja izračunata iz potrošnje oksidacijskoga sredstva potrebnoga za oksidaciju otopljene i raspršene tvari pod određenim uvjetima
- **BPK_5 -** količina kisika potrebna da mikroorganizmi biološki razgrade organsku tvar [2]

1. UVOD

Razvojem velikih naselja i industrijalizacijom problemi vezani uz otpad postaju sve veći i teže rješivi. Opasnost za ljudsko zdravlje od nekontroliranog odlaganja otpada uočena je dosta rano. Tako je u Ateni oko 500. godine prije Krista donesena prva odredba o zabrani bacanja otpadaka na ulicu. Postojala su i odlagališta smeća koja su morala biti udaljena najmanje oko 2 kilometra od gradskih zidina. [3]

U srednjem vijeku ljudi su se mnogo neodgovornije odnosili prema otpadu koji je najviše završavao na ulicama. Početkom industrijske ere kada su se počele stvarati veće količine otpada, gradske uprave su se počele više brinuti o otpadu jer je takav otpad po svom sastavu bio sve zahtjevniji za zbrinjavanje. Način zbrinjavanja otpada kakav se provodi danas počeo se uvoditi u velikim europskim gradovima tek u prvim desetljećima prošlog stoljeća. [3]

Gradske vlasti su unazad 30 - 40 godina počele uvoditi sustave za gospodarenje otpadom jer su bile suočene sa sve većom količinom otpada i svjesne materijalnih i energetskih svojstava pojedinih vrsta otpada. Pod pojmom gospodarenje otpadom podrazumijeva se *ekonomski i po okoliš razumno upravljanje cjelokupnim životnim vijekom/ciklusom otpada - od njegova nastanka, skupljanja, prijevoza, iskorištavanja, obrađivanja i odlaganja, u skladu sa zakonskim obvezama i s odgovornosti.* [3]

Organizirano skupljanje otpada je prvi korak gospodarenja otpadom. U razvijenim zemljama organizirano skupljanje komunalnog otpada obuhvaća više od 90 % ukupne populacije, dok u zemljama u razvoju obuhvaća u prosjeku jedva trećinu. Mali broj zemalja ima organizirano odvojeno skupljanje pojedinih vrsta otpada na samom mjestu njegova nastanka, u kućanstvima. Radi se o sustavu odvojenih spremnika (kontejnera) za papir, staklo, plastiku i organski otpad koji se nalaze u svakom kućanstvu ili zajednički za pojedine sklopove kuća. Dio komunalnog otpada kao što su različita neiskorištena kemijska sredstva, stare baterije, metal, stari lijekovi i slično, potrebno je odvojeno skupljati te se takav otpad može odložiti u reciklažna dvorišta. [3]

Zakonodavni dio sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj velikim dijelom je riješen, međutim postoje još neusklađenosti sa zahtjevima i standardima EU. Veliki problem predstavlja neprovođenje propisa. Podaci o količinama otpada i tokovima otpada su nepotpuni i

nepouzdani, te nema ni odgovarajuće kontrole. Stanje infrastrukture je loše jer se ne obnavlja redovito ili se ne koristi na zadovoljavajući način. Postupci zbrinjavanja otpada većinom se svode na odlaganje na odlagališta, od kojih vrlo mali dio zadovoljava propisane standarde. Potrebno je više poraditi na edukaciji i aktivnosti podizanja svijesti javnosti. [5]

Snažni industrijski razvoj i izumi brojnih tehnoloških i tehničkih procesa, te jaki razvoj privrede i poljoprivrede dovodi do onečišćenja koje narušava životni okoliš, prirodu, osjetljive međusobno uravnotežene odnose u životnim zajednicama, mijenja kemiju biosfere te dovodi do ekoloških katastrofa. Biosfera je počela povratno i negativno djelovati na čovjeka. Stoga se danas vrlo pozorno razmatraju problemi zaštite biosfere i čovjekova zdravlja. Odlaganje otpada ima štetan utjecaj na okoliš od emisija štetnih tvari u atmosferu, emisija stakleničkih plinova do onečišćenja vode i tla. [6]

Otpad je puno više od smeća. To su sve stvari ili predmeti koji ostaju iza nas nakon svakodnevne uporabe koje mogu štetno utjecati na okoliš, a mogu biti vrijedne sirovine za daljnju preradu. Uključenjem u cjeloviti sustav gospodarenja otpadom, štede se vrijedne sirovine i čuva se okoliš. Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom temelji se na načelima cirkularne ekonomije što podrazumijeva da otpad jedne industrije bude sirovina drugoj industriji tj. kruženje materijala i njegovu ponovnu upotrebu. U zadnjih deset godina na odlagališta je zakopano sirovina vrijednih čak 5 milijardi kuna. [7]

2. TEORIJSKI DIO

2.1. ZBRINJAVANJE OTPADA

Cjelokupno upravljanje zbrinjavanja otpada na odlagalištima uključuje i podrazumijeva :

- **projektiranje odlagališta**
  - projektiranje podloge
  - projektiranje sustava za sakupljanje procjednih voda i plina
  - projektiranje sustava drenaže
  - projektiranje sustava punjenja odlagališta
  - projektiranje sustava sabiranja površinskih voda
  - projektiranje pokrova odlagališta

- **upravljanje s odlagalištem**
  - evidencija vrste otpada, količine, porijekla
  - definiranje polja za neopasan otpad
  - definiranje polja za opasan otpad

- **kontrola biokemijskih reakcija na odlagalištu**
  - brzina procesa biološke razgradnje (spori procesi, brzi procesi)
  - ne biorazgradivi otpad

- **kontrola procjednih voda**
  - sakupljanje
  - obrada
  - monitoring

- **upravljanje sustavom plina**
  - sakupljanje
  - monitoring
  - kontrola količine i kvalitete odlagališnog plina
  - spaljivanje ili korištenje

- **monitoring okoliša**
    - monitoring okolonog zraka
    - monitoring neugodnih mirisa
    - monitoring emisije CH_4, H_2S, VoC (hlapljivi organski spojevi) i dr. [8]

2.2. VRSTE OTPADA

Otpad se po mjestu nastanka dijeli na :

- **komunalni otpad** - *otpad iz kućanstva, otpad koji nastaje čišćenjem javnih površina i otpad sličan otpadu iz kućanstva koji nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima*
- **tehnološki (proizvodni) otpad** - *otpad koji nastaje u proizvodnim procesima u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po količinama, sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada* [3]

Otpad se po svojstvima dijeli na :

- **opasni otpad** - *sadržava tvari koje imaju jedno od ovih svojstava : eksplozivnost, reaktivnost, nagrizanje, podražljivost, štetnost, toksičnost, kancerogenost, mutagenost, teratogenost, ekotoksičnost i svojstvo otpuštanja otrovnih plinova kemijskom reakcijom ili biološkom razgradnjom*
- **neopasni otpad -** otpad koji ne posjeduje niti jedno od gore navedenih opasnih svojstava
- **inertni otpad -** *otpad koji uopće ne sadržava ili sadržava malo tvari koje podliježu fizikaloj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožava okoliš* [3]

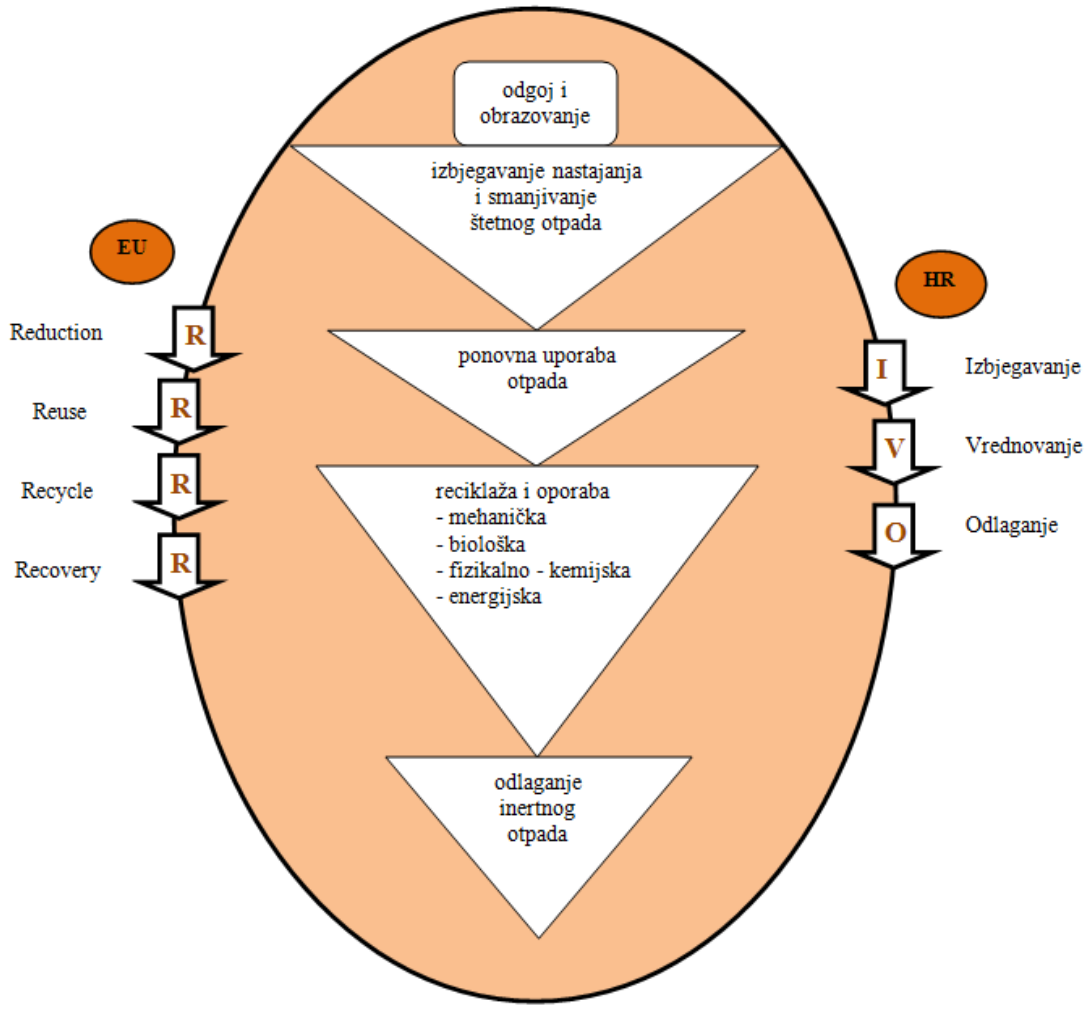
2.3. GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarenje otpadom je složena djelatnost koja zahvaća sve grane gospodarstva, proizvodnje i potrošnje, a sadrži čitav niz postupaka i tehnologija od kojih se velik dio primjenjuje u različitim oblicima. Da bi se sprječilo nastajanje otpada i primjenili propisi i politika gospodarenja otpadom, primjenjuje se red prvenstva gospodarenja otpadom koji obuhvaća :

1. sprječavanje nastanka otpada
2. pripremu za ponovnu obradu
3. recikliranje
4. drugi postupci obrade kao npr. energetska oporaba
5. zbrinjavanje otpada. [9]

Način gospodarenja otpadom mora se provoditi na način kojim se ljudsko zdravlje ne dovodi u opasnost i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš kako bi se izbjegao rizik: od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti, stvaranje buke ili neugodnih mirisa, štetnog utjecaja na kulturno - povijesne, estetke i prirodne vrijednosti, nastajanja eksplozije i požara, nekontroliranog odlaganja i spaljivanja, pojavljivanja i razmnožavanja štetnih životinja i biljaka te razvoja patogenih mikroorganizama. Gospodarenjem otpadom mora se osigurati da otpad koji preostaje nakon postupka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem, ne predstavlja opasnost za buduće generacije. Osnovni ciljevi gospodarenja otpadom su izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada te smanjivanje njegovih opasnih svojstava. Ako se nastajanje otpada ne može izbjeći niti smanjiti, otpad se mora ponovno koristiti - reciklirati i/ili oporabiti. Otpad koji se više ne može nikako iskoristiti trajno se odlaže na prihvatljiv način za okoliš. [9]

Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom temelji se na hijerarhijskom konceptu *Izbjegavanje - Vrednovanje (oporaba) - Odlaganje (IVO*). Osnovni smisao i cilj koncepta je smanjiti količine otpada koji se treba trajno odložiti i koji će biti inertan kako bi se što manje ugrožavao okoliš, klima i ljudsko zdravlje. Koncept gospodarenja otpadom prikazan je slikovitije na Slici 2.1. [10]



Slika 2.1. Koncept gospodarenja otpadom [10]

Koncept se svodi na tri osnovne faze :

- *izbjegavanje* nastanka otpada, što rezultira maksimalnim smanjivanjem količine i opasnih svojstava neizbježnog otpada na mjestu nastanka
- *vrednovanje* - oporaba neizbježnog otpada ima zadaću iskoristiti materijalna i energetska svojstva otpada za proizvodnju sekundarnih sirovina i energije u granicama tehničkih mogućnosti te ekoloških i ekonomskih dobrobiti; ova faza započinje odvojenim skupljanjem korisnih i opasnih komponenti otpada i njihovim prijevozom do mjesta iskorištavanja
- *odlaganje* ostatnog otpada na uređena kontrolirana odlagališta (sanirana postojeća ili nova) kao najniže rangiranoga u hijerarhiji otpada; uključene su sanacija odlagališta i drugih starih opterećenja [10]

2.4. NAČINI OBRADE OTPADA

Napredni sustavi zbrinjavanja otpada podrazumijevaju različite tehnologije iskorištavanja različitih svojstava otpada (sirovinska, biološka, energetska) s ciljem smanjenja količina koje se moraju odložiti i smjanjenja negativnih učinaka otpada koji se treba odložiti (emisije odlagališnog plina, procjedne vode). Prema zakonskoj obvezi EU udio organskog ugljika u odloženom otpadu ne smije biti veći od 5 %, pa bi se time trebala povećati i predobrada otpada prije odlaganja. [3]

Postoje različiti načini zbrinjavanja otpada:

- **Fizikalno - kemijska obrada** : Podrazumijeva upotrebu fizikalnih i kemijskih metoda u obradi otpada da otpad postane bezopasan ili da se može iskoristiti u druge svrhe. Fizikalno - kemijske metode obrade otpada ovisno o vrsti otpada su: taloženje, filtracija, kristalizacija, kemijske taložne reakcije, reakcije neutralizacije, uparavanje, zgušnjavanje. Najčešće vrste otpada koje se podvrgavaju fizikalno - kemijskoj obradi su industrijskog podrijetla. Takav otpad se može ponovno pretvoriti u odgovarajuću sirovinu i tim načinom sprječiti odlaganje u prirodi. [4]

- **Mehaničko - biološka obrada** : Osnovni princip je izdvajanje pojedinih vrsta otpada koji se mogu sirovinski iskoristiti kasnijom biološkom obradom organskog dijela otpada. Time se smanjuje i potreban odlagališni volumen i neželjeno stvaranje odlagališnog plina i procjednih voda. Mehaničko - biološkom obradom volumen obrađenog komunalnog otpada može se smanjiti od 50 do 70 %. U biološke postupke razgradnje ubraja se kompostiranje i fermentacija. Kompostiranje otpada je aerobni postupak biološke obrade pri čemu se kao produkt dobiva kompost, a fermentacija je anaerobni postupak pri čemu se kao produkt dobiva bioplin koji se sastoji od 50 do 70 vol. % metana, 44 - 27% ugljikova oksida, manje od 1% vodika i ovisno o ulaznom materijalu, do 3% sumporovodika. U većini slučajeva dobiveni kompost se zbog nečistoća (prisutnosti teških metala i teško razgradivih organskih tvari) upotrebljava za prekrivanje odlagališta. [3]

- **Termička obrada :** Termička obrada je djelotvoran, ali i skuplji način obrade komunalnog otpada. Prvi kontrolirani način spaljivanja kućnog otpada testiran je 1874. godine u Nottinghamu u Engleskoj. U razvijenim zemljama udio termičke obrade komunalnog otpada

raste i njome se zbrine/obradi i 50 % ukupnih količina komunalnog otpada. U Europi je izgrađeno oko 450 postrojenja za energetsku oporabu otpada.[2]

Termičkom obradom komunalnog otpada smanjuje se volumen i masa otpada, te se izdvajaju ili uništavaju potencijalno opasne tvari iz otpada. Produkti termičke obrade mogu biti ili izravno toplina ili plin koji se kasnije može koristiti kao gorivo u kogeneracijskim postrojenjima za proizvodnju toplinske i električne energije. [11]

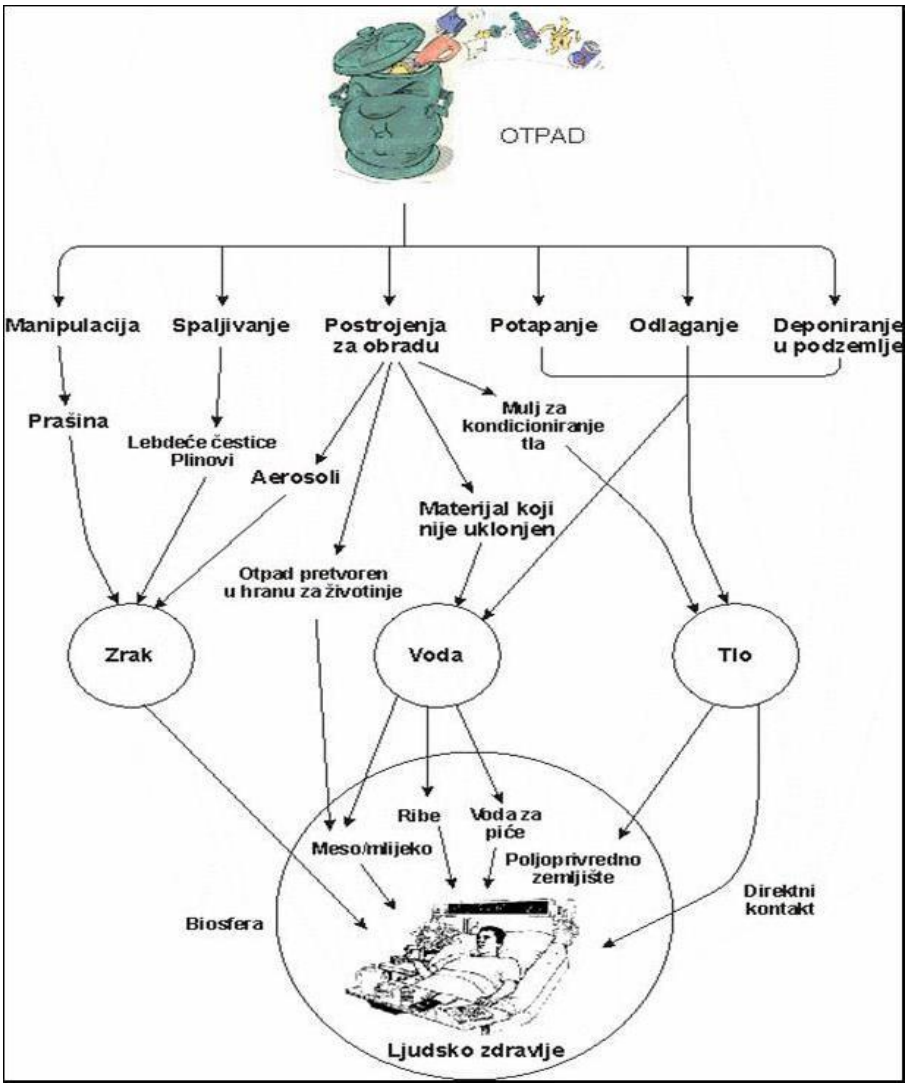
Otpad koji se odlaže vrlo je aktivan. Procesom raspadanja organskog dijela stvara se odlagališni plin, a u dodiru otpada s vodom nastaju procjedne vode. Odlagalište mora imati osigurano brtvljenje s donje i gornje strane, prostor za prihvat i pročišćavanje procjednih voda i osiguran sustav otplinjavanja s mogućnosti upotrebe odlagališnog plina. [3]

2.5. UTJECAJI OTPADA NA OKOLIŠ

Otpad se nalazi svuda oko nas i stalno je prisutan tijekom cijelog našeg života. Postupci gospodarenja otpadom utječu na ljudsko zdravlje, zdravlje biljaka i životinja, kao i na vodu, tlo i zrak koji se mogu onečistiti. [12]

Nepravilno postupanje s krutim komunalnim otpadom ima direktne štetne utjecaje na ljudsko zdravlje :

- nekontrolirana fermentacija otpada stvara pogodnu hranjivu podlogu i stanište za nastajanje i rast raznih bakterija
- insekti, glodavci i neke ptičje vrste postaju pogodni prijenosnici raznih infektivnih bolesti
- komunalni otpad može sadržavati razne patogene uzročnike bolesti koji ulaze u ljudski organizam i izazivaju neželjene posljedice. [12]



Slika 2.2. Utjecaj otpada na ljudsko zdravlje [12]

Za uklanjanje tvari koje onečišćuju okoliš koriste se različite metode poput određivanje pH vrijednosti, određivanje elektrovodljivosti, UV/VIS spektrometrija, taložne titracije i druge. Da bi se sprječilo ispuštanje onečišćenja u okoliš mjere sprječavanja provode se u samom procesu nastanka otpada ili onečišćujućih tvari. Sprječavanje ispuštanja velike količine hlapivih organskih tvari iz radnog prostora u atmosferu može se postići odgovarajućim sustavom ventilacije koji u sebi sadržava kondenzator vlage i organskih otapala. Kondenziranje je najjednostavnije postići pothlađivanjem dijela ventilacijskog sustava pri čemu dolazi do nakupljanja hlapivih organskih tvari u tekućem obliku. Za uklanjanje onečišćenja iz vode i tla koriste se fizikalno - kemijske metode te ovisno o potrebi biološka metoda. [4]

2.6. FIZIKALNA, KEMIJSKA I ENERGETSKA SVOJSTVA OTPADA

Potrebno je što bolje poznavati fizikalna i kemijska svojstva otpada kako bi se odredila pravilna tehnologija za njegovo ponovno korištenje, recikliranje i transformiranje (spaljivanje, kompostiranje). [12]

- **Fizikalna svojstva**
  - **Vlaga** smanjuje iskoristivi dio energetske vrijednosti otpada, odnosno njegovu toplinsku (energetsku) vrijednost.
  - **Gustoća** - procjena gustoće je vrlo važna kako bi se mogao procijeniti potreban prostor koji će otpad zauzimati tijekom različitih faza zbrinjavanja (skupljanja, transporta, odlaganja). Gustoća se smanjuje zbijanjem.

- **Kemijska svojstva**
  - **Sadržaj ugljika i gorivih sastojaka** povećavaju toplinsku vrijednost otpada te utječu na sastav i količinu dimnih plinova izgaranja. Visoki sadržaj ugljika (C), kisika (O) i vodika (H) ukazuje da je otpad organskog porijekla i da se takva vrsta otpada može kompostirati, spaliti (energetski oporaviti) i reciklirati.
  - **Negorivi sastojci** otpada čine pepeo. Što je veći udio negorivih sastojaka, manja je energetska vrijednost materijala. Takav otpad može se reciklirati ili može biti sekundarna sirovina za izradu metala, građevnih materijala. [12]

U tablici 2.1. nalaze se tipične vrijednosti sadržaja vlage u pojedinim vrstama otpada, njegova energetska vrijednost po suhoj masi te osnovne kemijske komponente.

Tablica 2.1. Uobičajena fizikalna/kemijska svojstva krutog komunalnog otpada [13]

	Vlaga, %	Energ. vrijed., MJ/kg*	Ugljik, %*	Vodik, %*	Kisik, %*	Dušik, %*	Sumpor, %*	Pepeo, (punila) %*
Otpadci hrane	70	13,9	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Časopisi	4,1	12,7	32,9	5	38,6	0,1	0,1	23,3
Papir	10	17,6	43,4	5,8	44,3	0,3	0,2	6
Plastika	0,2	33,4	60	7,2	22,8	< 0,1	< 0,1	10
Tekstil	10	20,5	48	6,4	40	2,2	0,2	3,2
Guma	1,2	25,6	69,7	8,7	< 0,1	< 0,1	1,6	20
Koža	10	18,7	60	8	11,6	10	0,4	10
Dvorišni otpad	60	15,1	46	6	38	3,4	0,3	6,3
Drvo	20	19,3	49,6	6	42,7	0,2	< 0,1	1,5
Staklo	2	0,2	0,5	0,1	0,4	< 0,1	< 0,1	99
Metali	4	0,7	4,5	0,6	4,3	< 0,1	< 0,1	90,6

* u suhoj masi

2.7. KOLIČINA OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Količina komunalnog otpada po stanovniku i njegov sastav ovise o ekonomskom stupnju razvoja društva. Što je država razvijenija, to je količina otpada po stanovniku veća, otpad je rastresitiji i ima veću ogrjevnu moć. S obzirom na sastav, prevladavaju materijali od ambalaže. Ekonomski najrazvijenije zemlje stvaraju između 0,8 i 2,2 kg otpada po stanovniku na dan toplinske vrijednosti 8 - 12 MJ/kg, dok manje razvijenije zemlje stvaraju između 0,3 i 1,0 kg otpada po stanovniku na dan toplinske vrijednosti 3 - 10 MJ/kg. Količina otpada u Republici Hrvatskoj iznosi 465 kg po stanovniku godišnje, odnosno 1,27 kg po stanovniku dnevno. Razvijenije zemlje proizvode više otpada od ambalažnog materijala dok manje razvijene zemlje proizvode više

organskog materijala od pripreme hrane iz osnovnih namirnica, a manje proizvodnih materijala poput papira, metala, stakla.[3]

Sastav miješanog komunalnog otpada u RH za 2015. godinu prikazan je u Tablici 2.2. [14]

Tablica 2.2. Sastav miješanog komunalnog otpada u RH za 2015. godinu

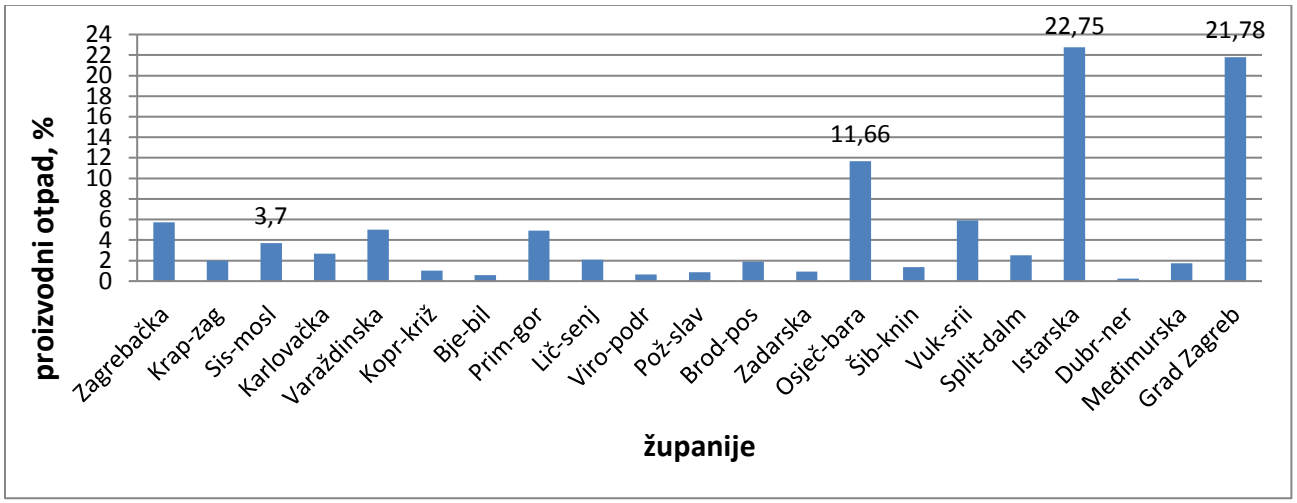
Komponenta - frakcija	**Maseni postotak (%)**
Metal	2,1
Drvo	1,0
Tekstil/odjeća	3,7
Papir i karton	23,2
Staklo	3,7
Plastika	22,9
Guma	0,2
Koža/kosti	0,5
Kuhinjski otpad	30,9
Vrtni otpad	5,7
Ostali otpad (zemlja, prašina, pijesak, nedefinirano)	6,3
Ukupno	**100**

U prosjeku EU zemlje recikliraju 34 %, energetski se oporabljuje 30 %, a zbrinjava (najčešće odlaže) 36 % od ukupne količine komunalnog otpada. [15]

Iz godine u godinu smanjuje se udjel zbrinjavanja, a povećava udjel oporabe. Između europskih zemalja postoje vrlo velike razlike u gospodarenju otpadom. Najrazvijenije zemlje (Luxemburg, Švicarska, Švedska, Danska i Njemačka) odlažu samo do 1 % mase komunalnog otpada. Te zemlje imaju najveći udio energetske oporabe otpada (od 66 do 77 masenih postotaka).[15]

U nerazvijenim europskim zemljama (Malta i Cipar) nije evidentiran udjel energetske oporabe. U tim mediteranskim zemljama je udjel odlaganja 84 % (Malta) i 81 % (Cipar), a reciklira se svega 16 - 17 % (Malta) i 19 % (Cipar). Usporedba se odnosi na vrijeme neposredno prije ulaza RH u EU, ali se RH prema postupanju s otpadom ubraja među zemlje koje odlažu najviše otpada. [15]

Prema prijavljenim podacima u Registar onečišćenja okoliša (ROO) za 2015. godinu po županijama ukupno je proizvedeno 1 939 376,11 tona proizvodnog otpada. Najveća količina proizvodnog otpada prijavljena je u Istarskoj županiji (22,75 %), Gradu Zagrebu (21,78 %) i Osječko - baranjskoj županiji (11,66 %). [15]

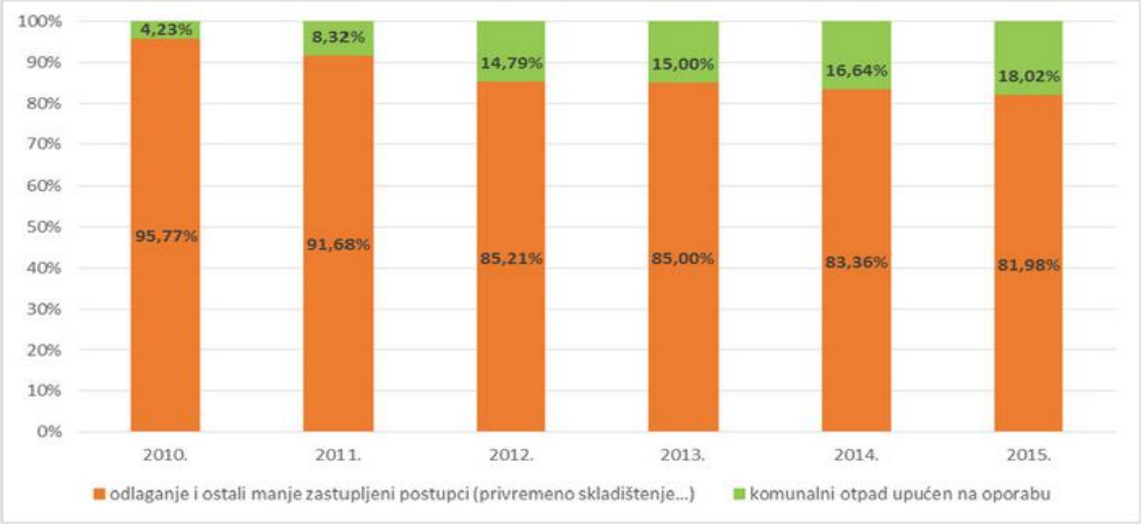


Slika 2.3. Količine prijavljenog proizvodnog otpada po županijama[16]

Najzastupljeniji prijavljeni postupak oporabe/zbrinjavanja otpada je odlaganje otpada u ili na tlo. Odlaganje otpada u ili na tlo zajedno s odlaganjem otpada na posebno pripremljeno odlagalište iznosi 50,73 % od ukupne količine oporabljenog/zbrinutog otpada u RH. Ukupni postotak ostalih postupaka oporabe (npr. energetska oporaba otpada, recikliranje, ponovna prerada, spaljivanje) iznosi 46,30 %. [16]

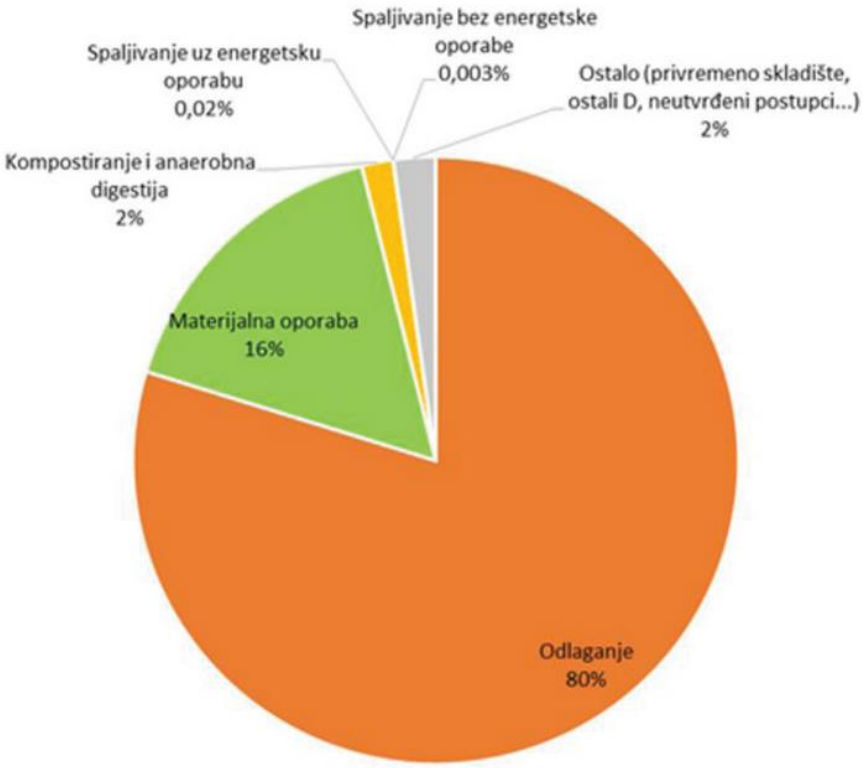
U razdoblju od 2010. do 2015. godine zabilježen je porast udjela komunalnog otpada u RH koji se oporabljuje (Slika 2.4.). U 2010. godini oporabljeno je svega 4 %, dok je u 2015. godini oporabljeno 18 % komunalnog otpada. Od 18 % oporabljenog i 80 % odloženog otpada u 2015. godini, preostalih 2 % čine količine privremeno uskladištenog komunalnog otpada. Kompostiranjem je u 2015. godini obrađeno svega 27 432 tona, a u bioplinskim postrojenjima još

132 tona komunalnog otpada. Energetski je oporabljeno 288 tona komunalnog otpada, a bez oporabe energije 56 tona. Količina odloženog otpada iznosila je 1 318 740 tona. [14]



Slika 2.4. Gospodarenje komunalnim otpadom u RH od 2010. do 2015. godine [14]

Slici 2.5. prikazan je udio postupaka oporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada u 2015. godini u RH.



Slika 2.5. Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada u 2015. godini u RH [14]

3. SAKUPLJANJE I ODLAGANJE OTPADA U SISKU

3.1. O GRADU SISKU

Sisak je grad koji ima oko 48 000 stanovnika te je središte Sisačko - moslavačke županije. Spada među najstarija naselja središnje Hrvatske, jer se tragovi njegove urbane naseljenosti mogu pratiti sve do 4. stoljeća prije Krista. Jedan je od najvećih industrijskih gradova kroz povijest u Hrvatskoj zahvaljujući rafineriji nafte, željezari, riječnoj luci te mlinskoj i pekarskoj proizvodnji. Grad Sisak smjestio se na utocima rijeka Odre u Kupu i Kupe u Savu. Veliku ulogu za gospodarski razvoj i trgovinu imale su rijeke Sava i Kupa koje su plovne do samog centra grada. Sisak je kroz svoju povijest promijenio više službenih imena; od ilirsko - keltske Segestice, rimskog imena Siscija (lat. Siscia), srednjovjekovnog imena Siscium do raznih drugih oblika imena grada: Sissek, Sziszek, Sciteck, Zysek, Sziscium, Scytzyc, Zitech, Scyteck. Na koncu se pojavljuje ime Sziszak i Sisak. [18]

Slika 3.1. Položaj grada Siska u Sisačko - moslavačkoj županiji [19]

3.2. POVIJEST INDUSTRIJE U GRADU

Sredinom 19. stoljeća uz obalu rijeke Kupe počinju se graditi žitna skladišta, ali i ostale trgovačke zgrade, koje će bitno odrediti izgled današnjeg grada. 1. listopada 1862. godine puštena je u promet prva željeznička pruga u Hrvatskoj, koja je povezivala Sisak i Zidani Most (naselje u središnoj Sloveniji), a suodnos riječnog i željezničkog prometa postaje pretpostavka snažnog industrijskog razvoja grada. Industrijska postrojenja, koja su se najviše gradila nakon Prvog svjetskog rata, građena su izvan stare gradske jezgre, posebno na području naselja Caprag. U Drugom svjetskom ratu grad je bombardiran čime su gotovo u potpunosti uništena prigradska naselja, željeznička pruga i industrijska postrojenja. Nakon rata započela je ubrzana obnova i industrijalizacija grada, a glavne grane ostaju metalurška, naftna, kemijska, prehrambena i drvna industrija. Veliku važnost i dalje ima sisačka luka. U Domovinskom ratu na udar su ponovno došla industrijska postrojenja, osobito sisačka Rafinerija. U poslijeratnom razdoblju, prisutnost teške industrije u gradu otežala je tranziciju, te su mnogi ostali bez posla. Osobito je za to razdoblje karakterističan slučaj Željezare i višestruki pokušaji njezina spašavanja. [18]

Industrije koje su djelovale u Sisku u razdoblju od sredine 19. stoljeća do kraja Drugog svjetskog rata: sisačka pivovara kao najstariji industrijski pogon u Sisku, ciglane (istovremeno je djelovalo i do 8 ciglana), poduzeća iz oblasti drvne industrije, mlinovi, Gradska munjara, kožarska industrija. Tu su bile i tvornice koje su svoje proizvode plasirale i na inozemnom tržištu: Tvornica tanina Sisak d.d., Tvornica šešira i tuljaca d.d. Galdovo, industrijski pogoni (Tvornica likera, ruma i konjaka, Tvornica boca i šupljeg stakla, Tvornica kvasca…), Shellove rafinerije i Talionice Caprag. [21]

3.3. SAKUPLJANJE, ODVOZ I ODLAGANJE OTPADA U SISKU NEKADA I DANAS

Problem čišćenja naselja i odvoza otpada kao javna obaveza prvi puta se u pisanim materijalima spominje 1838. godine u Povelji kojom Sisak postaje trgovište. Prvo smetlište spominje se početkom 20. stoljeća koje se nalazilo na prostoru koji je bio ostatak rimskog obrambenog kanala. Danas se na tom mjestu nalazi parkirališna ploha Gradske tržnice Kontroba. U početku građani su sami odvozili otpad na smetlište, a kasnije su to radili ovlašteni kirijaši, koji se bave odvozom otpada. Od 1948. do 1976. godine otpad se odvozio na smetlište koje je locirano u Logomerju (Tomćev put) površina 60 000 m^2. Procjenjuje se da je na tom prostoru odloženo 400.000 m^3 otpada. [22]

Od 1948. godine do danas komunalne djelatnosti sakupljanja, odvoza i odlaganja opada obavljale su različite tvrtke:

- od 1948. do 1952. Otpad – gradsko poduzeće za prikupljanje otpadaka,
- od 1952. do 1964. Čistoća – gradsko poduzeće za čišćenje i uređenje grada Siska,
- od 1964. do 1997. Komunalac – gradsko komunalno poduzeće Sisak,
- od 1997. do 2000. Saubermacher DL AG, Graz – kao koncesionar,
- od 2000. Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. – trgovačko društvo u vlasništvu grada Siska.[22]

Razvojem grada i porastom broja stanovnika, a samim time i količine otpada, odlagalište se 1976. godine seli u Sepčinu na ulazu u šumu Brezovica (uz zapadnu stranu ceste Sisak – Popovača). Otpad je odložen na površini od 50.000 m^2. Procjenjuje se da je na tom prostoru do 1987. godine, do kada se odlagalište koristi, odloženo 342.000 m^3 otpada. Početkom osamdesetih godina radilo se na izboru nove lokacije za izgradnju odlagališta, sukladno tada važećim svjetskim standardima. Tako je od 1981. do 1986. godine provedena kompletna procedura izbora lokacije odlagališta komunalnog otpada (istražni radovi, studije, projektna dokumentacija, rasprave, procjena utjecaja na okoliš, ishođenje dozvola). 1987. godine izgrađeno je i otvoreno prvo uređeno odlagalište otpada tzv. „sanitarno odlagalište“ na lokaciji „Goričica“, za koje su ishođene sve zakonom propisane dozvole. [22]

Slika 3.2. Odlagalište otpada „Goričica“

Grad Sisak prvi je u državi ustrojio vlastitu inspekciju zaštite okoliša i komunalnih redara, tako da je od otvaranja odlagalište pod stalnim nadzorom inspektora zaštite okoliša, a istovremeno se na terenu radi na praćenju, sprječavanju i otklanjanju divljih odlagališta. Od početka rada odlagališta evidentiraju se količine otpada koji se odlaže i prati se kakvoća okoliša. Svi rezultati nadzora objavljuju se u godišnjim Izvješćima o stanju i zaštiti okoliša u Gradu Sisku. [24]

Od 1988. godine pristupilo se uvođenju odvojenog prikupljanja papira i stakla na nekoliko lokacija u gradu Sisku, a na samom odlagalištu se iz otpada izdvajaju metali (željezo, bakar, aluminij) te papir. 1995. godine izrađen je Program gospodarenja otpadom Grada Siska, iako to još nije bila zakonska obveza. Programom se planiraju daljnje mjere za postupanje s komunalnim otpadom i mjere za daljnje uređenje i opremanje odlagališta otpada. [24]

Od 1997. godine djelatnost sakupljanja, odvoza i odlaganja daje se na koncesiju trgovačkom društvu Saubermacher DL AG iz Graza, te se od tada pristupa uvođenju sustava odvojenog skupljanja na cijelom području Grada Siska. Za sustav odvojenog prikupljanja uvode se nove posude za odvojeno sakupljanje papira, stakla i ostalog otpada, a u manjem dijelu grada i za sakupljanje biološkog otpada. Istovremeno se pristupa i obnavljanju voznog parka – kamiona smećara, te daljnjem uređivanju i opremanju odlagališta. Od 2000. godine djelatnost skupljanja, odvoza i odlaganja otpada obavlja vlastito trgovačko društvo Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o.[24]

Jedan od najtežih zadataka koji se postavlja na jedinice lokalne samouprave je uvođenje sustava cjelovitog gospodarenja komunalnim otpadom, izgradnja i opremanje građevina za postupanje s otpadom. Organizirano skupljanje i odvoz, s manjim ili većim stupnjem razdvajanja i iskorištavanja korisnih sastojaka otpada, može se smatrati lakšim zadatkom, koji se postupno realizira. Dok je izgradnja novih, uređenje, opremanje i saniranje postojećih odlagališta koja osiguravaju sve ekološke standarde puno složeniji i financijski teže izvodljiv zadatak. [24]

Grad Sisak na problematici postupanja s komunalnim otpadom radi više od četrdeset godina što je rezultiralo značajnim rezultatima (način razvrstavanja i odvojenog skupljanja otpada, uređenost i opremljenost odlagališta, standardi odlaganja otpada, cijene usluga). Cijena odvoza i zbrinjavanja miješanog komunalnog otpada u gradu Sisku danas je među najnižima u Republici Hrvatskoj. [24]

Temeljem članka 23. i članka 24. Izjave o osnivanju društva s ograničenom odgovornošću Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. te temeljem Zaključka Gradonačelnice Grada Siska o davanju prethodne suglasnosti za promjenu cijene usluge odvoza i zbrinjavanja komunalnog otpada od 28. prosinca 2016. godine direktorica Društva donosi slijedeći cjenik za uslugu odvoza i zbrinjavanja komunalnog: [28]

Tablica 3.1. Cjenik za uslugu odvoza i zbrinjavanja komunalnog otpada [28]

STRUKTURA CIJENE	kn/mjesec
za domaćinstva - volumen posude 120 L	46,85
za poslovne prostore - volumen posude 240 L	54,17
za poslovne prostore - volumen posude 1100 L	207,68
za poslovne prostore - volumne posude 5000 L	763,28
za poslovne prostore - volumen posude 7000 L	894,87
za poslovne prostore - volumen posude 10 000 L	1039,75

Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. je trgovačko društvo u 100% vlasništvu grada Siska. Društvo obavlja djelatnost sakupljanja i odvoza, te trajnog odlaganja komunalnog otpada za 1 666 poslovnih objekata (Grad Sisak 1 413, općine: Martinska Ves 41, Lekenik 110 i Sunja 102) i 21 037 kućanstava (Grad Sisak 16 527, općine: Martinska Ves 904, Lekenik 2 391 i Sunja 1 215),

podaci za kolovoz 2017. godine. Iz komunalnog otpada se izdvaja korisni i opasni otpad. Otpad se, ovisno o vrsti, odlaže u zasebne posude koje se nalaze u blizini stambenih objekata, na javnim površinama i u reciklažnim dvorištima. Zasebno sakupljeni korisni i opasni otpad, predaju se ovlaštenim obrađivačima, a ostali otpad se, kao neiskoristivi, odlaže na odlagalištu komunalnog otpada „Goričica“. Na području grada ima 112 zelenih otoka s posudama od 1 100 litara koji se sastoje od posuda za staklo, papir i plastiku, a 11 zelenih otoka imaju još i kontejner za tekstil, te 275 zelenih otoka s posudama od 240 litara koji se sastoje od posuda za staklo i papir. [24]

Slika 3.3. Zeleni otok

Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. dva puta godišnje provodi besplatni organizirani odvoz glomaznog otpada "s kućnog praga". Uz organizirani odvoz korisnici svoj glomazni otpad mogu i sami dovesti na reciklažno dvorište na odlagalište „Goričica“.

3.4. MOBILNO RECIKLAŽNO DVORIŠTE

04.07.2016. godine Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. predstavilo je mobilno reciklažno dvorište. Mobilno reciklažno dvorište je kontejnerska konstrukcija pravokutnog oblika zatvorena i zaštićena od vanjskih utjecaja koja se može postaviti na bilo koju lokaciju u gradu. Mobilna jedinica ima mogućnost zaprimanja 11 frakcija različitih vrsta otpada i to papir, plastika, staklo, električni i elektronički otpad, tekstil, metal, toneri, lijekovi, ambalaža pod tlakom, baterije te ambalaža onečišćena opasnim tvarima. Na prednjoj, stražnjoj i bočnoj strani se nalaze pristupni otvori s vratima za svaku pojedinu vrstu otpada. [25]

Ukupna vrijednost investicije bila je 262 000 kn, a mobilno reciklažno dvorište, kao i većina komunalne opreme koja je do sada nabavljana, sufinancirana je sredstvima Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Grad Sisak je financirao 60%, a Fond 40% vrijednosti. [25]

Slika 3.4. Mobilno reciklažno dvorište [25]

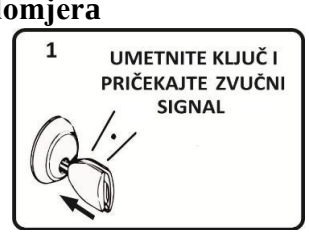
3.5. OTPADOMJER

U prvom dijelu 2017. godine započet je pilot projekt uvođenja elektronske evidencije odlaganja otpada za domaćinstva i pravne osobe u centru grada Siska. Prilikom odlaganja otpada svaki se korisnik registrira, a cijena će se u drugoj fazi pilot projekta formirati na temelju volumena odloženog miješanog komunalnog otpada. Na ovaj način namjerava se unaprijediti sustav sakupljanja otpada i stimulirati korisnike na recikliranje i odvojeno odlaganje otpada. U budućnosti se planira uvesti takav sustav evidencije po korisniku i u ostale dijelove grada. Također, planira se uvesti sustav evidencije i putem „pametnih“ posuda. [26]

Slika 3.5. Otpadomjer

3.5.1. Upute za odlaganje miješanog komunalnog otpada putem otpadomjera

Umetanje ključa (desna strana otpadomjera)
i čekanje zvučnog i svjetlosnog signala iz ključa



↓

Okrenitanje ključa u smjeru kazaljke na satu
(do kraja)

↓

Vraćanje ključa u početni položaj i vađenje ključa

↓

U tom trenutku otpadomjer je
otključan te se može otvoriti
poklopac spremnika (do kraja)

↓

Ubacivanje otpada u spremnik

↓

Zatvaranje poklopca
spremnika (do kraja)

Ukoliko sav otpad nije stao u jedno odlaganje, ponavlja se postupak od 1 do 6.

Dodatne napomene:

Zapremnina jednog odlaganja je maksimalno 20 litara.

Svako otvaranje i zatvaranje poklopca verificirano elektroničkim ključem registrira se kao odlaganje 20 litara miješanog komunalnog otpada.

Elektronički ključ može se koristiti za odlaganje miješanog komunalnog otpada na svim kontejnerima za miješani komunalni otpad koji imaju ugrađen otpadomjer. [27]

U 2017. godini Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. i nadalje će ustrajati na kvalitetnom pružanju usluga svim korisnicima te pri tome osigurati modernu tehnologiju i opremu u postupku zbrinjavanja komunalnog otpada. Planova za unapređenje djelatnosti ima, a za građane će posebno biti značajno fiksno reciklažno dvorište za koje postoji građevinska dozvola, uvođenje elektronske evidencije i naplate odlaganja otpada za domaćinstva i pravne osobe u centru grada koje je trenutno u pilot projektu otpadomjer, podjela novih mini kompostera (2015. godine podijeljeno je 600 mini kompostera zainteresiranim korisnicima) te nova komunalna oprema za sakupljanje miješanog i posebnih vrsta otpada. [26]

U gušće naseljenim dijelovima grada i u pješačkoj zoni planiraju se postaviti podzemni ili polupodzemni spremnici veće zapremine, a istovremeno smanjiti njihov utjecaj na vanjski prostor. Svi planirani projekti bit će financirani vlastitim sredstvima Gospodarenja otpadom Sisak d.o.o., Grada Siska i sredstvima Fonda za zaštitu okoliša. [26]

4. ODLAGALIŠTE KOMUNALNOG OTPADA „GORIČICA“

4.1. OPIS LOKACIJE

Ostatni otpad, odnosno neizbjegnuti otpad, odlaže se na odlagališta. Lokacija odlagališta „Goričica“ nalazi se oko 6,5 km južno od centra grada Siska, uz lijevu obalu rijeke Save, nasuprot Luke za istovar nafte. Najbliže naselje je Topolovac smješteno oko 800 m sjeverno, odnosno uzvodno od odlagališta. Na odlagalište se dolazi postojećom asfaltiranom pristupnom cestom. Odlagalište je ograđeno i ima čuvarsku službu. [29]

Lokacija odlagališta je sukladna s Prostornim planom općine Sisak (Sl. Vijesnik općine Sisak, br. 13/76; 48/82; 78/91.) i Prostornim planom Grada Siska (Sl. Glasnik Sisačko-moslavačke županije, br. 11/02.). Prikaz lokacije odlagališta komunalnog otpada „Goričica“ prikazan je na Slici 4.1. [30]

Slika 4.1. Ortofoto snimka lokacije s označenim odlagalištem „Goričica“ [30]

4.2. OSNOVNI PODACI

Lokacija: staro korito rijeke Save

Dimenzije: duljina - 550 m, širina - 200 m

Površina: 110 000 m^2

Udaljenost od naselja: cca 800 m

Vrsta tla: glina niske plastičnosti, pjeskovita, teško gnječive konzistencije

Početak rada: 13. travnja 1987. god.

Vrsta temeljnog brtvenog sloja nakon provedene sanacije:

- izravnavajući sloj inertnog materijala,
- geokompozit (industrijski tepih od dva sloja geotekstila ispunjen granulama montmorionita, $k=5x10^{-11}$ m/s),
- geomembrana (industrijska folija od PEHD, debljine 2.5 mm, $k < 5x\ 10^{-15}$ m/s),
- geotekstil (500 g/m^2),
- zaštita folije, šljunak (16/32 mm, sloj debljine 30 cm),
- PEHD cijevi (drenažne cijevi za procjednu vodu, promjera 315 mm), te
- razdjelni sloj (geotekstil 350 g/m^2). [24]

Tablica 4.1. Osnovni tehnički podaci odlagališta [30]

Kategorija odlagališta	**Odlagalište neopasnog otpada**
Površina odlagališta	110 000 m^2
Kapacitet odlagališta	350 000 m^3 **1)** 280 000 tona **2)**
Dopuštena količina odloženog otpada	~ 104 t/dan ~ 33 700 m^3/god 26 972 t/god

1) Kapacitet odlagališta prema publikaciji Komunalni otpad i odlagališta otpada, AZO

2) Izračun temeljen na pretpostavljenoj specifičnoj masi kompaktiranog otpada 0,8 t/m^3

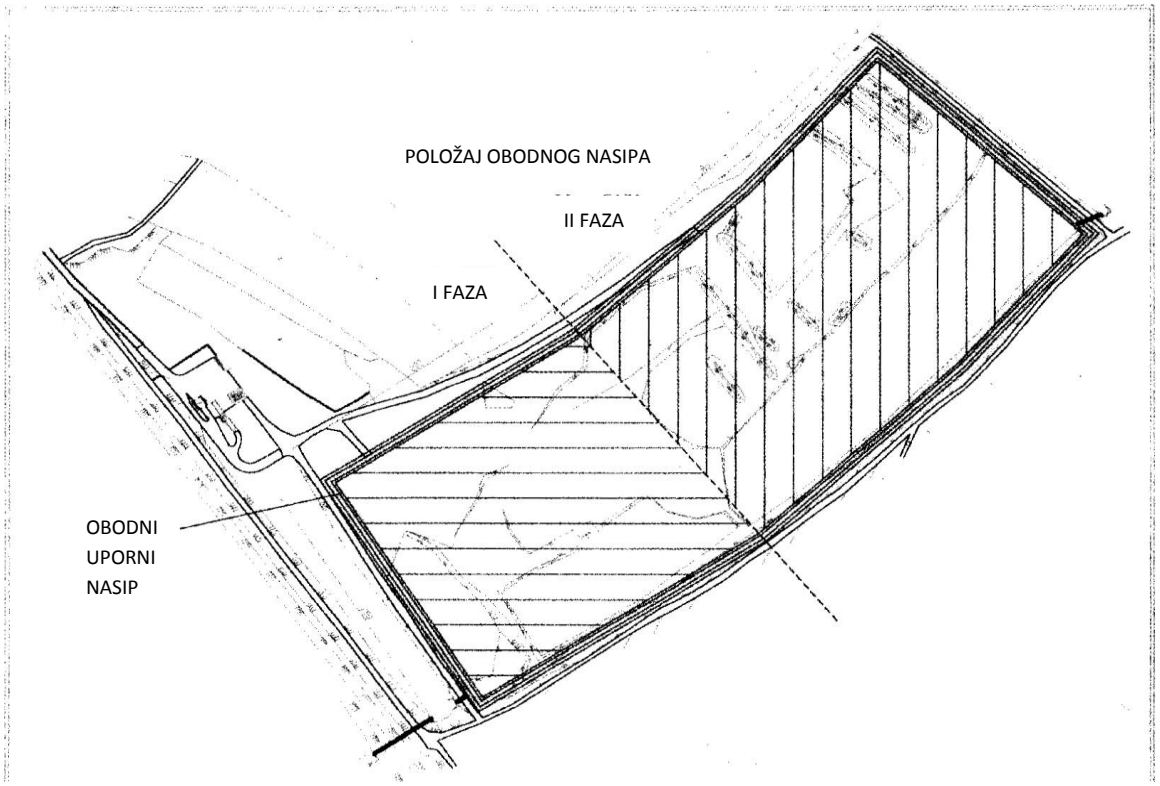
4.3. STANJE ODLAGALIŠTA OTPADA „GORIČICA“

Nakon provedenih opsežnih istražnih radova, provedene procjene utjecaja na okoliš, te ishođenih svih zakonom propisanih suglasnosti i dozvola, odlagalište otpada započelo je s radom 13. travnja 1987. godine. Sanitarno odlagalište izgrađeno je na razini standarda za građevine ove vrste koji su se primjenjivali osamdesetih godina. U to vrijeme sanitarno odlagalište otpada „Goričica“ se po uređenosti, opremljenosti i brizi za zaštitu okoliša ubrajalo u jedno od najuređenijih odlagališta u Republici Hrvatskoj. [24]

Otpad se do 1990. godine odlagao u kasete iskopane u zemlji, a zatim površinski uz povremeno prekrivanje inertnim materijalom. Tijekom rada odlagalište se kontinuirano uređuje i oprema sukladno novim zahtjevima. Grad Sisak je 1997. godine pristupio naročito opsežnom projektu uređenja i opremanja postojećeg odlagališta otpada. Svrha projekta bila je da se na postojećoj lokaciji, uz koju postoji sva prostorna dokumentacija, postupno uredi i opremi postojeće odlagalište prema najvišim standardima koji se postavljaju na građevine ove vrste. [29]

Sanacija se provodila postupno, u dvije faze. U prvoj fazi sanirana je jedna četvrtina od ukupne površine odlagališta. Završetak prve faze sanacije bio je kolovoz 1999. godine. Druga faza sanacije je započela u rujnu 2006. godine, završila u 2007. godini, a obuhvaćala je uređivanje preostalog dijela odlagališta (oko 80.000 m^2). U planu je i izgradnja postrojenja za obradu odvojeno prikupljenog biootpada radi smanjenja njegove količine. Otpad se tako odlaže na površinu u koju je ugrađen temeljni višeslojni brtveni sustav s obodnim nasipom, sustav horizontalnog i vertikalnog otplinjavanja starog otpada kojim se sprječava sakupljanje eksplozivnog i zapaljivog plina ispod novouređenog odlagališta, izgrađen je drenažni sustav za prikupljanje i odvajanje procjedne vode novog otpada. [29]

Od 1987. - 1997. godine (od početka rada odlagališta do početka prve faze sanacije) na odlagalištu je odloženo 385 000 m^3, odnosno oko 140 000 tona otpada, a od 1997. - 2002. godine oko 215 000 m^3, odnosno 78 000 tona. Zadnjih godina se prosječno godišnje odlaže oko 15 000 tona otpada. [24]



Slika 4.2. Prikaz položaja obodnog nasipa između prve i druge faze [24]

Na uređenom dijelu odlagališta izgrađen je sustav za vertikalno otplinjavanje novoodloženog otpada. Za skupljanje plina postavljene su vertikalne sonde kojima se kontinuirano i postupno skuplja plin. Sonde su povezane sabirnim cjevovodom do plinsko-crpne stanice s bakljom za izgaranje plina. [24]

Oborine koje padnu na prostor otvorenog lica otpada prikupljaju se drenažnim sustavom unutar kasete, izvode se kroz obodni nasip te se sabirnim cjevovodom uz vanjsku nožicu obodnog nasipa odvode u biljno - biološki pročistač ukupne zapremnine oko 420 m^3. Biljno - biološkim uređajem se simuliraju uvjeti prirodnog pročišćavanja vode u močvari. Odlučujuću ulogu pri pročišćavanju imaju mikroorganizmi koji su nastanjeni na korijenima biljaka i u supstratu. Procjedne vode koje se prihvate na zabrtvljenom dnu odlagališta sustavom drenažnih cijevi te kanalizacijom se skupljaju u prihvatnom bazenu, koji ima i funkciju taložnika. Iz ovog bazena voda se može recirkulirati natrag na odlagalište, odnosno gravitacijom odvesti u drugi bazen biljno - biološkog pročistača. U ovom se bazenu filtracijom zadržavaju toksične tvari, te dolazi do djelomičnog anaerobnog i areobnog pročišćavanja. U supstratu bazena posađene su sadnice sita (juncus). Voda iz drugog bazena odlazi na isti način u treći bazen u čijem supstratu je posađena trska. [24]

Četvrti bazen je isti kao i prethodna dva. U njegovom supstratu su posađene sadnice šaš - (ciprus). Iz ovog bazena voda gravitacijski odlazi u izlazno (kontrolno) okno s dvije crpke. Jedna crpka vraća vodu u prvi bazen, a druga ima mogućnost ispusta u recipijent. Predviđeno je da se u izlazno (kontrolno) okno dovodi voda iz retencije oborinskih voda kako bi se omogućilo dodatno razrjeđivanje prije ispuštanja u recipijent. U dosadašnjem radu biljno - biološkog uređaja nije bilo potrebe za ispuštanje vode iz uređaja u recipijent. [24]

Biljno - biološki pročistač prikazan je na slici 4.3., a fotografija uređaja i baklje za spaljivanje odlagališnog plina na slici 4.4.

Slika 4.3. Biljno - biološki pročistač procjednih voda

Slika 4.4. Plinsko-crpna stanica s bakljom za spaljivanje odlagališnog plina

Komisija UN - a za zaštitu okoliša, koja je izradila Izvješće o provedbi zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj 1999. godine, ocijenila je provedeno uređenje odlagališta „Goričica“ vrlo uspješnom inicijativom na lokalnoj razini, kojom se u Republici Hrvatskoj mogu postići najviši ekološki standardi u postupanju s otpadom. [24]

U planu je i treća faza sanacije u kojoj se planira sanirati ploha na koju se više ne odlaže otpad te otvoriti 2 ha nove plohe isključivo za potrebe osiguranja kapaciteta za odlaganje do otvaranja Centra za gospodarenje otpadom kojima će težiti Grad Sisak te općine Lekenik, Sunja i Martinska Ves. [29]

2017. godine ugrađeno je 12 repera (geodetski uređaji) za geodetska mjerenja slijeganja tijela zatvorene plohe odlagališta koja se provode jednom godišnje.

5.4. NAČIN ODLAGANJA OTPADA NA ODLAGALIŠTU „GORIČICA”

Osnovni dijelovi tehnoloških procesa koji se odvijaju na odlagalištu su:

- **Dovoz otpada**

  Odlagalište je kategorizirano kao odlagalište neopasnog otpada. Neopasni otpad dovozi se odgovarajućim vozilima koja su opremljena tako da se spriječi rasipanje otpada i širenje prašine. Vozila s otpadom važu se odmah nakon ulaska na područje odlagališta. Vaganje vozila (slika 5.6., oznaka 1) (brutto) s dovezenim otpadom (utvrđivanje mase otpada prije njegova preuzimanja). Vaganje kamiona na izlazu iz odlagališta, bilježenje ukupne mase kamiona (tara) na odgovarajućem obrascu. [30]

- **Razastiranje otpada**

Otpad treba razastirati (odlagati) u slojevima bez istresanja po bokovima odlagališta. Razastiranje dopremljenog otpada na predviđenoj dnevnoj radnoj površini (slika 5.6., oznaka 12) provodi se odgovarajućim radnim strojem. Odloženi otpad se razastire buldožerom i kompaktorom u slojevima od 0,3 do 0,5 m do obodnog nasipa. Obodni nasip mora biti izveden prije početka odlaganja. [30]

- **Kompaktiranje otpada**

Razastrti otpad se strojno kompaktira (sabija) - kompaktorom. Kompaktor je radni stroj pomoću kojeg se otpad razgrće i zbija do zahtijevane volumske mase, što se postiže dovoljnim brojem prijevoza kompaktora po horizontalnoj ravnini. Potrebno je 6 - 7 prolaza kompaktora za svaki sloj razasutog otpada da bi se dobila potrebna volumna masa od 750 do 850 kg/m^3 u horizontalnoj ravnini. Kada se počinje s odlaganjem na novu plohu (uređenu kazetu) u prva dva metra sloja otpada potrebno je izbjegavati odlaganje većih i oštrih otpadnih komada kako bi se zaštitio brtveni sloj i drenažne cijevi. Za početno odlaganje koristi se probrani otpad odnosno otpad u kojem nema oštrih dijelova. [30]

- **Prekrivanje otpada**

Kompaktirana površina otpada prekriva se na dnevnoj osnovi zaštitnim slojem inertnog materijala (prekrivkom). Preporuka je da što moguće manja površina razastrtog otpada bude otvorena radi sprječavanja emisija odlagališnih plinova i širenja neugodnih mirisa, raznošenja sitnih dijelova otpada vjetrom, sprječavanja nastajanja procjednih voda u slučaju većih oborina, kao i onemogućavanja pticama dostup do otpada. Dnevno prekrivanje tijekom ljetnih mjeseci može biti češće, a zimi rjeđe. [30]

- **Pranje podvožja vozila**

Pranje podvožja vozila vodovodnom vodom (slika 5.6., oznaka 13) poslije istovara otpada, a prije odlaska s odlagališta, kako se zemlja i blato, odnosno sastavnice otpada ne bi raznosile po prometnicama. [30]

- **Sakupljanje procjednih voda**

Procjedne vode (slika 5.6., oznaka 5) koje su posljedica procjeđivanja oborina s otvorenog tijela odlagališta, sakupljaju se sustavom drenažnih cijevi i odvode u prihvatni bazen iz kojeg se prirodnim padom odvode do biljno - biološkog pročistača. [30]

- **Sakupljanje oborinskih voda**

Oborinske vode (slika 5.6., oznaka 7) s prometnica i krovova sakupljaju se sustavom odvodnje oborinskih voda i odvode se bez pročišćavanja, putem obodnih kanalica, u bazen za prihvat oborinskih voda (retenciju) iz koje se prema potrebi vraća na tijelo odlagališta. [30]

- **Sakupljanje i spaljivanje odlagališnih plinova na baklji plinsko - crpne stanice**

Izveden je sustav otplinjavanja odlagališnih plinova putem horizontalnih i vertikalnih cjevovoda (plinskih bunara). Plinovi se dovode do sabirnika od kuda se vodi, nakon što se sakupi odgovarajuća količina, na plinsko-cronu stanicu s bakljom (slika 4.6. oznaka 4) gdje se povremeno spaljuje. Obzirom na veličinu odlagališta ekonomsko iskorištavanje odlagališnog plina nije isplativo. [30]

- **Nadzor i praćenje**

Uz odlagalište je postavljena meteorološka postaja (slika 4.6., oznaka 17) radi praćenja sljedećih pokazatelja: temperature, vlage, prevladavajućeg smjera vjetra, oborina i mnogih drugih.

Prati se masa i sastav otpada.

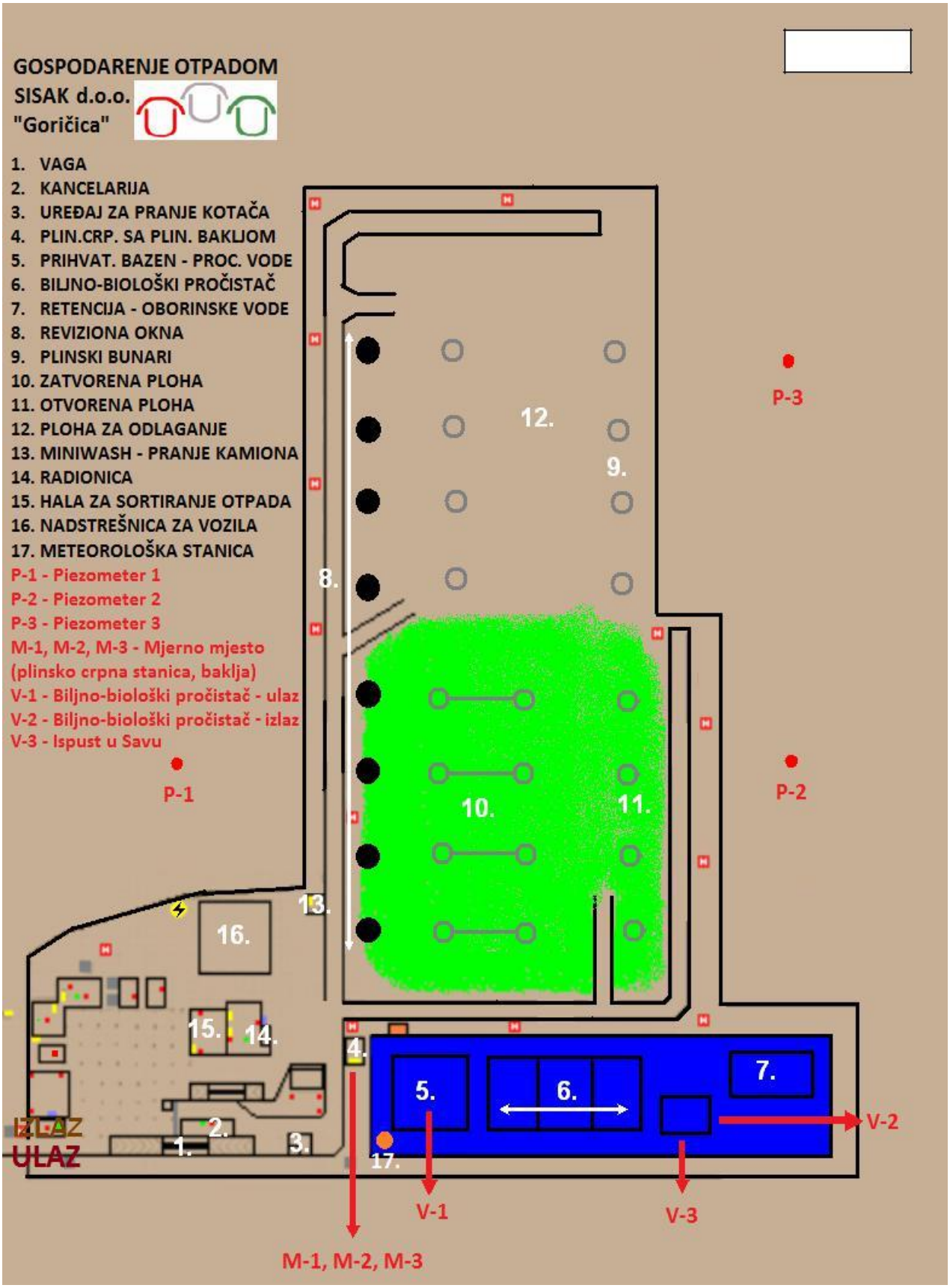
Ispituje sastav odlagališnih plinova, oznaka 4, M-1, M-2, M-3.

Analizira se kvaliteta podzemne vode, oznake P-1, P-2, P-3.

Analizira se kvaliteta procjedne vode, oznake V-1 i V-2.

Analizira se kvaliteta oborinske vode, oznaka V-3. [30]

Za potrebe razgrtanja i zbijanja otpada odlagalište je opremljeno kompaktorom (25 t) i buldožerom (20 t). Za osiguranje potrebnih količina inertnog materijala (iskop i dovoz) za prekrivanje odloženog otpada raspolaže se rovokopačem i kamionom samoutovarivačem (25 t). Rovokopač se koristi i za izgradnju obodnih kanala i sabirnog bazena oborinske vode. Na odlagalištu se nalazi i preša za baliranje papira, kartona i plastike. Na predprostoru odlagališta nalazi se reciklažno dvorište u kojem se zaprima glomazni otpad dovezen od strane korisnika usluga Gospodarenja otpadom Sisak d.o.o. Odlagalište je u cijelosti ograđeno propisanom ogradom. [24]



Slika 4.6. Blok dijagram odlagališta prema posebnim tehnološkim dijelovima [30]

4.5. NADZOR KAKVOĆE OKOLIŠA NA ODLAGALIŠTU

Nadzor kakvoće okoliša na odlagalištu započet je u okviru *Programa dugoročnog nadzora i zaštite okoliša* u Gradu Sisku od 1987. godine, počevši od istraživanja prije puštanja u rad odlagališta ("0"- stanje) pa kontinuirano do danas. Provodi se praćenje količine odloženog otpada, nadzor kakvoće procjednih voda odlagališta (u tijelu odlagališta i kontrolnom bazenu) i podzemnih voda u tri referentna bunara (pijezometra), a nadzor odlagališnog plina na ulazu na plinsko-crpnoj stanici s bakljom i na prostoru odlagališta. Podaci o količini otpada koji se dovozi na odlagalište evidentira se od početka rada odlagališta i u početku objavljuje u okviru godišnjih Izvješća o stanju okoline u gradu Sisku, a kasnije u okviru Katastra komunalnog otpada i Izvješća o stanju okoliša u Gradu Sisku. [24]

Nadzor kakvoće procjedne vode i vode referentnih bunara provodi se na slijedeće pokazatelje:

- Skraćena analiza: pH, boja, miris, KPK, BPK_5 , amonijak, nitriti, nitrati, sulfidi
- Proširena analiza: uz parametre skraćene analize još i kloridi, sulfati, fosfati, teške kovine: kadmij, olovo, živa, aluminij, krom, bakar, cink. [24]

Kakvoća procjednih voda od 1994. godine se pogoršava, što je rezultat odlaganja povećanih količina otpada koji je nastao uslijed ratnih razaranja i raščišćavanja terena uz nešto slabije prekrivanja otpada u uvjetima ratnih opasnosti. Međutim, pokazatelji kakvoće voda referentnih bunara nisu pokazivali da odlagalište ima štetan utjecaj na kakvoću podzemne vode u širem okruženju odlagališta. Programom nadzora predviđena je i kontrola pročišćenih procjednih voda koje bi se ispuštale u rijeku Savu. Procjedne vode još se ne ispuštaju u recipijent, već samo recikliraju unutar četiri reakcijska prostora, a po potrebi se višak vode vraća na odlagalište. Prema pravilu odlagališta procjedne vode iz prihvatnog bazena vraćaju se cijevima na odlagalište jednom tjedno, ovisno o količini oborina. Ispitivanja pokazuju da sadašnja efikasnost predtretmana procjednih voda biljno - biološkim pročistačem iznosi oko 65 - 75 %. Procjenjuje se da će se uključivanjem dijela oborinskih voda u ovaj sustav pročišćavanja postići znatno veća efikasnost pročišćavanja. [24]

5. EKSPERIMENTALNI DIO

5.1. KOLIČINA I SASTAV OTPADA

Tvrtka Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. svakodnevno prati i bilježi dovezene količine otpada koji se odlaže na odlagalište. Prati se i sastav otpada, te se pojedine vrste otpada kao što su papir i karton, staklo, gume, tekstil, plastika, metali predaju drugim sakupljačima otpada koji takav otpad odvoze na obradu. Otpad koji nije razdvojen za recikliranje kao i biorazgradivi otpad, otpad s tržnica i čišćenja ulica odlaže se na odlagalište. Na odlagalište „Goričica“ dovozi se otpad i iz obližnjih općina : Martinska Ves, Lekenik i Sunja. Udio otpada koji se odlaže na odlagalište, a pripada općinama nalazi se ispod izvješća za pojedinu godinu. Izvješća za količinu otpada i sastav otpada za razdoblje 2013. - 2016. godine prikazani su u poglavlju 6. Rezultati i rasprava.

5.2. KVALITETA PODZEMNIH VODA

Prema *Uredbi o standardu kakvoće voda* (NN 73/13) [31] stanje podzemnih voda određuje se na temelju količinskog i kemijskog stanja tijela podzemnih voda. Elementi za ocjenu količinskog i kemijskog stanja tijela podzemnih voda su :

1. količinsko stanje
    - razina podzemne vode
    - izdašnost
2. kemijsko stanje
    - elektrovodljivost, otopljeni kisik, pH vrijednost
    - onečišćujuće tvari : nitrati, amonij, specifične onečišćujuće tvari [30]

Uredbom su propisane granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (Prilog 1.)[31]

Prema *Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada* [32] mjerenja kvalitete podzemne vode provode se svakih 6 mjeseci za vrijeme rada odlagališta. Prosječna dubina sonde pijezometra je 7 m. Analizu provodi ovlaštena tvrtka. Analitički rezultati prikazani su u poglavlju 6.2. Analiza kvalitete podzemnih voda.

5.3. KVALITETA PROCJEDNIH VODA

Procjedne vode koje nastaju na odlagalištu neopasnog otpada i oborinske vode koje su bile u dodiru s otpadom, sakupljaju se sustavom drenažnih cijevi i odvode u prihvatni bazen iz kojeg se prirodnim padom odvode do biljno - biološkog pročistača. Takve procjedne vode se ne ispuštaju u recipijent, već samo recikliraju unutar četiri bazena, a po potrebi se višak vode vraća na odlagalište.

Prema *Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada* [32] mjerenje parametara u procjednim vodama provode se svaka tri mjeseca od strane ovlaštene tvrtke. Analitički rezultati prikazani su u poglavlju 6.3. Analiza kvalitete procjednih voda.

5.4. KVALITETA OBORINSKIH VODA

Oborinske vode ne smiju doći u dodir s otpadom odloženim u tijelu odlagališta te se moraju sakupljati odvojeno od procjednih voda. Oborinske vode s prometnica i krovova sakupljaju se sustavom odvodnje oborinskih voda i odvode se bez pročišćavanja, putem obodnih kanalica, u bazen za prihvat oborinskih voda iz koje se prema potrebi vraća na tijelo odlagališta. Dva puta godišnje analizira se kvaliteta oborinskih voda koje provodi ovlaštena tvrtka. Analitički rezultati prikazani su u poglavlju 6.4. Analiza kvalitete oborinskih voda.

5.5. SASTAV ODLAGALIŠNIH PLINOVA

Odlagališni plin na odlagalištima otpada nastaje uslijed razgradnje organskih materijala. Preduvjet za stvaranje odlagališnog plina je vlažna sredina bez kisika. Odlagališni plin uglavnom se sastoji od CH_4 i CO_2. Proces obrade odlagališnog plina na odlagalištu komunalnog otpada „Goričica“ odvija se na plinskoj stanici proizvođača Hoffstetter, Švicarska, kapaciteta 50 do 250 Nm^3/h odlagališnog plina. Prikupljanje odlagališnog plina obavlja se plinskom linijom 1, perforiranim PHDE cijevima ugrađenim ispod pokrovno - temeljnog brtvenog sustava plohe. Plin se prikuplja plinskom linijom 2 koja se sastoji od 8 plinskih bunara koji su spojeni cjevovodima ukupne duljine oko 390 m. Prosječna dubina plinskih bunara je 8 m. U prilogu 5. može se vidjeti shematski prikaz sustava otplinjavanja s položajima plinskih sondi i plinskih bunara. Prema *Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada* [32] mjerenje sastava odlagališnog plina provodi se svaki mjesec od strane ovlaštene tvrtke. Izvještaji mjerenja plinske mreže za 2017. godinu prikazani su u poglavlju 6.5. Izvještaj mjerenja plinske mreže.

6. REZULTATI I RASPRAVA

Prema dobivenim podatcima od tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o. prikazani su podatci za :

- sastav otpada i količine odloženog ili oporabljenog/zbrinutog otpada
- kvalitetu podzemnih voda
- kvalitetu procjednih voda
- kvalitetu oborinskih voda
- sastav odlagališnog plina

Sastav otpada i količine odloženog/oporabljenog otpada prikazani su za razdoblje od 2013. godine do 2016. godine.

Kvaliteta podzemnih voda ispitivanih u tri pijezometra prikazana je za 2015. i 2016. godinu.

Kvaliteta procjednih voda ispitivana je u prihvatnom bazenu (ulaz) i kontrolnom oknu (izlaz). Prikazani su podatci za 2015. i 2016. godinu.

Kvaliteta oborinskih voda prikazana je kroz podatke za 2015. i 2016. godinu.

Sastav odlagališnog plina na tri mjerna mjesta na plinsko-crpnoj stanici s bakljom prikazan je za razdoblje od siječnja do srpnja 2017. godine.

6.1. SASTAV OTPADA, KOLIČINA ODLOŽENOG ILI OPORABLJENOG/ZBRINUTOG OTPADA ZA GRAD SISAK

Tablica 6.1. Izvješće za 2013. godinu

NAZIV OTPADA	UKUPNO SKUPLJENO U IZVJEŠTAJNOJ GODINI (t)	PREDANO				
		DRUGOM SKUPLJAČU (POSREDNIKU)		OPORABITELJU/ZBRINJAVATELJU		
		KOLIČINA (t)	NAZIV SKUPLJAČA	NA ODLAGANJE, POSTUPAK D1* (t)	NA DRUGE POSTUPKE R* (t)	NAZIV OPORABITELJA/ ZBRINJAVATELJA
miješani komunalni otpad	12 325,06	/		12 325,06	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
glomazni otpad	446,81	/		446,81	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
papir i karton	30,91	26,08	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	20,12 (R5)	BELIŠĆE D.D.
					5,96 (R5)	DUROPACK BELIŠĆE
ambalaža od papira i kartona	197,18	197,18	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	16,68 (R5)	BELIŠĆE D.D.
					180,5 (R5)	DUROPACK BELIŠĆE
metali	13,28	13,28	CE-ZA-R SISAK	/	13,28 (R5)	CE-ZA-R SISAK
ambalaža od plastike	8,39	8,39	POS-PLAST VRBOVEC	/	8,39	POS-PLAST , VRBOVEC
staklena ambalaža	9,92	/	/	/	9,92	VETROPACK STRAŽA
istrošene gume	17,6	17,6	C.I.O.S. ZAGREB	/	8,02 (R3)	GUMIIMPEX-GRP
					9,58 (R3)	HOLCIM (HRVATSKA)

Iz izvješća za 2013. godinu vidi se da je najveći dio otpada, miješani komunalni otpad 12 325,06 t, odložen na odlagalište neopasnog otpada „Goričica“ kao i 446,81 t glomaznog otpada. Otpad koji je sortiran, kao što je papir, karton, staklo, plastika, metali, gume, predaju se ovlaštenim sakupljačima koji takav otpad odvoze na daljnju preradu. Udio otpada koji se odlaže na odlagalištu od općina Lekenik, Martinska Ves i Sunja iznosi 18,89 %.

Tablica 6.2. Izvješće za 2014. godinu

NAZIV OTPADA	UKUPNO SKUPLJENO U IZVJEŠTAJNOJ GODINI (t)	PREDANO				
		DRUGOM SKUPLJAČU (POSREDNIKU)		OPORABITELJU/ZBRINJAVATELJU		
		KOLIČINA (t)	NAZIV SKUPLJAČA	NA ODLAGANJE, POSTUPAK D1* (t)	NA DRUGE POSTUPKE R* (t)	NAZIV OPORABITELJA/ ZBRINJAVATELJA
miješani komunalni otpad	12 444,17	/	/	12 444,17	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
glomazni otpad	324,91	/	/	324,91	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
papir i karton	5,64	5,64	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	/	/
ambalaža od papira i kartona	185,63	185,63	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	185,63 (R3)	DUROPACK BELIŠĆE
metali	6,06	6,06	CE-ZA-R SISAK	/	6,06 (R5)	CE-ZA-R SISAK
ambalaža od plastike	10,63	10,63	POS-PLAST VRBOVEC	/	10,63 (R3)	POS-PLAST, VRBOVEC

Iz izvješća za 2014. godinu vidi se da je najveći dio otpada, miješani komunalni otpad 12 444,17 t, odložen na odlagalište neopasnog otpada „Goričica“ kao i 324,91 t glomaznog otpada. Otpad sortiran za daljnu preradu, kao što je papir, karton, staklo, metali, plastika, predan je ovlaštenim sakupljačima. Udio otpada koji se odlaže na odlagalištu od općina Lekenik, Martinska Ves i Sunja iznosi 19,10 %.

Tablica 6.3. Izvješće za 2015. godinu

NAZIV OTPADA	UKUPNO SKUPLJENO U IZVJEŠTAJNOJ GODINI (t)	PREDANO				
		DRUGOM SKUPLJAČU (POSREDNIKU)		OPORABITELJU/ZBRINJAVATELJU		
		KOLIČINA (t)	NAZIV SKUPLJAČA	NA ODLAGANJE, POSTUPAK D1* (t)	NA DRUGE POSTUPKE R* (t)	NAZIV OPORABITELJA/ ZBRINJAVATELJA
miješani komunalni otpad	12 646	/		12 646	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
glomazni otpad	250	/		250	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
papir i karton	4	4	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	4 (R3)	DUROPACK BELIŠĆE
ambalaža od papira i kartona	130	130	DS SMITH UNIJAPAPIR CRO ZAGREB	/	130 (R3)	DUROPACK BELIŠĆE
metali	8	8	CE-ZA-R SISAK	/	8 (R5)	CE-ZA-R SISAK
ambalaža od plastike	5	5	POS-PLAST VRBOVEC	/	5 (R3)	POS-PLAST, VRBOVEC
biorazgradivi otpad	9	/	/	9	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
ostaci od čišćenja ulica	16	/	/	16	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
otpad s tržnica	65	/	/	65	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA

Iz izvješća za 2015. godinu vidi se da je najveći dio otpada, miješani komunalni otpad 12 646 t, odložen na odlagalište neopasnog otpada „Goričica“ kao i 250 t glomaznog otpada. Na odlagalište je odložen i otpad s tržnica, biorazgradivi otpad, ostaci od čišćenja ulica što čini ukupno 90 t na godinu. Otpad sortiran za daljnu preradu, kao što je papir, karton, staklo, metali, plastika, predan je ovlaštenim sakupljačima. Udio otpada koji se odlaže na odlagalištu od općina Lekenik, Martinska Ves i Sunja iznosi 18, 24 %.

Tablica 6.4. Izvješće za 2016. godinu

NAZIV OTPADA	UKUPNO SKUPLJENO U IZVJEŠTAJNOJ GODINI (t)	PREDANO				
		DRUGOM SKUPLJAČU (POSREDNIKU)		OPORABITELJU/ZBRINJAVATELJU		
		KOLIČINA (t)	NAZIV SKUPLJAČA	NA ODLAGANJE, POSTUPAK D1* (t)	NA DRUGE POSTUPKE R* (t)	NAZIV OPORABITELJA/ ZBRINJAVATELJA
miješani komunalni otpad	12 111	/	/	12 111	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
glomazni otpad	347	/	/	347	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
ambalaža od papira i kartona	123	123	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	/	/
metali	5	5	CE-ZA-R , ZAGREB	/	/	/
ambalaža od plastike	49	49	RECYCLE PLASTIC POZNANOVEC	/	/	/
staklena ambalaža	26	26	VETROPACK STRAŽA, HUM NA SUTLI	/	/	/
biorazgradivi otpad	38	/	/	38	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
muljevi od dekarbonizacije	728	/	/	728	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
otpad s tržnica	81	/	/	81	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
izolacijski materijali	23	/	/	23	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
istrošeni katalizatori	8	/	/	8	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
ukrućeni otpad	164	/	/	164	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
stabilizirani otpad	110	/	/	110	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
drvo	1	/	/	1	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
mješavine betona, cigle, crijepa/pločica i	41	/	/	41	/	ODLAGALIŠTE OTPADA GORIČICA
tekstili	5	5	Ž.I.T.O., SVETI KRIŽ ZAČRETJE	/	/	/
višeslojna ambalaža	11	11	UNIJAPAPIR ZAGREB	/	/	/

* U Tablici 6.5. objašnjeni su postupci D i R

Tablica 6.5. Postupci oporabe/zbrinjavanja

Kratica postupka oporabe(R)/zbrinjavanja (D)	Postupak oporabe(R)/zbrinjavanja(D)
R1	Energetska oporaba otpada
R3	Recikliranje otpadnih organskih tvari (uključujući kompostiranje)
R4	Recikliranje otpadnih metala i spojeva metala
R5	Recikliranje drugih otpadnih anorganskih materijala
R6	Regeneracija otpadnih kiselina ili lužina
R7	Oporaba otpadnih sastojaka koji se koriste za smanjivanje onečišćenja
R9	Ponovna prerada otpadnih ulja
R11	Oporaba otpada nastalog bilo kojim postupkom R1 - R10
R12	Razmjena otpada radi primjene postupka R1 - R11
R13	Skladištenje otpada
D1	**Odlaganje otpada u ili na tlo**

Iz izvješća za 2016. godinu vidi se da je najveći dio otpada, miješani komunalni otpad 12 111 t, odložen na odlagalište neopasnog otpada „Goričica“ kao i 347 t glomaznog otpada. Na odlagalište je odložen i otpad s tržnica, biorazgradivi otpad, ostaci od čišćenja ulica, muljevi od dekarbonizacije, drvo, mješavine betona i cigle, izolacijski materijali, istrošeni katalizatori i dr. što čini ukupno 1 188 t na godinu. Otpad sortiran za daljnu preradu, kao što je papir, karton, staklo, metali, plastika, predan je ovlaštenim sakupljačima. Udio otpada koji se odlaže na odlagalištu od općina Lekenik, Martinska Ves i Sunja iznosi 17,74 %.

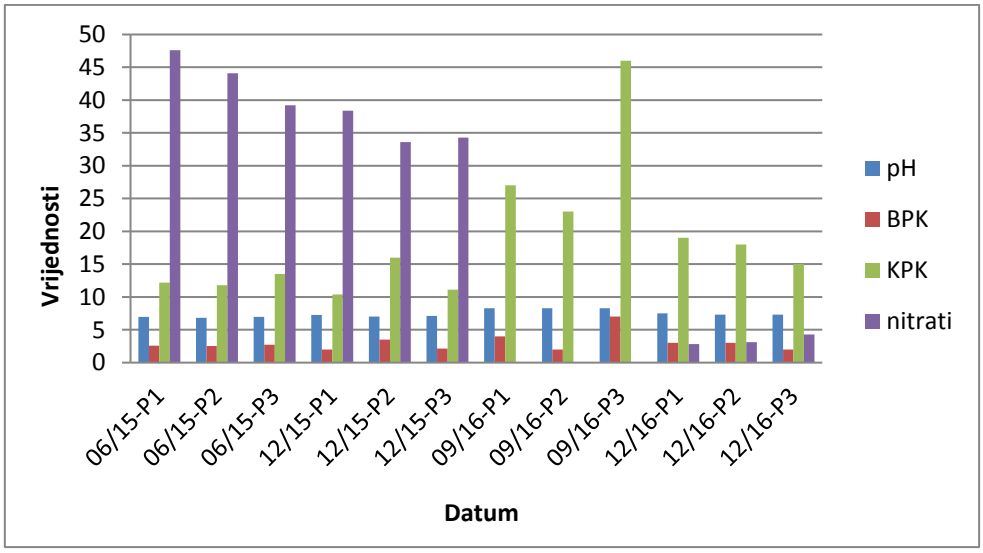
Prema podacima iz izvješća za razdoblje od 2013. - 2016. godine vidljivo je da se prosječno u godini sakupi oko 15 000 t otpada od čega najveći dio završava na odlagalištu. Udio razvrstanog otpada je mali. U svrhu smanjenja količine odloženog otpada na odlagalište bilo bi poželjno otvoriti sortirnicu kako bi se što više otpada sortiralo za daljnju obradu. Za dodatno smanjenje otpada na odlagalištu trebalo bi izgraditi planirano postrojenje za obradu odvojeno prikupljenog biootpada gdje bi se odlagao otpad s tržnica, biorazgradivi otpad, otpad od čišćenja ulica i parkova (lišće, trava, granje).

Dovezeni glomazni otpad od strane korisnika se zaprima u reciklažnom dvorištu, te se razvrstava na odlagalištu. Od 2017. godine se glomazni otpad dovezen organiziranim prikupljanjem "s kućnog praga" također razvrstava na odlagalištu. Do 2017. godine se glomazni otpad odlagao na posebnu plohu pokraj odlagališta, ali se nije razvrstavao. Od

sredine ove godine radi se na razvrstavanju sakupljenog glomaznog otpada pri čemu se pokušava izdvojiti što je više moguće drveta, raznih metala, guma i slično. Time bi se produljio vijek trajanja odlagališta. Počelo se raditi i na izdvajanju većih komada drveta koji su dovezeni na odlagalište od strane tvrtke Komunalac Sisak d.o.o. koja bi se koristila za potrebe grijanja prostorija na području odlagališta. Pozitivni trend razvrstavanja svog glomaznog otpada koji pristiže na odlagalište trebalo bi se nastaviti i u budućnosti.

6.2. ANALIZA KVALITETE PODZEMNIH VODA

Na slici 6.1. prikazane su vrijednosti parametara pH, BPK, KPK i nitrata za podzemne vode u tri referentna bunara (pijezometra) za 2015. i 2016. godinu. Detaljnije izvješće prikazano je tablično u prilogu 1.



Slika 6.1. Kvaliteta podzemnih voda u 2015. i 2016. godinu

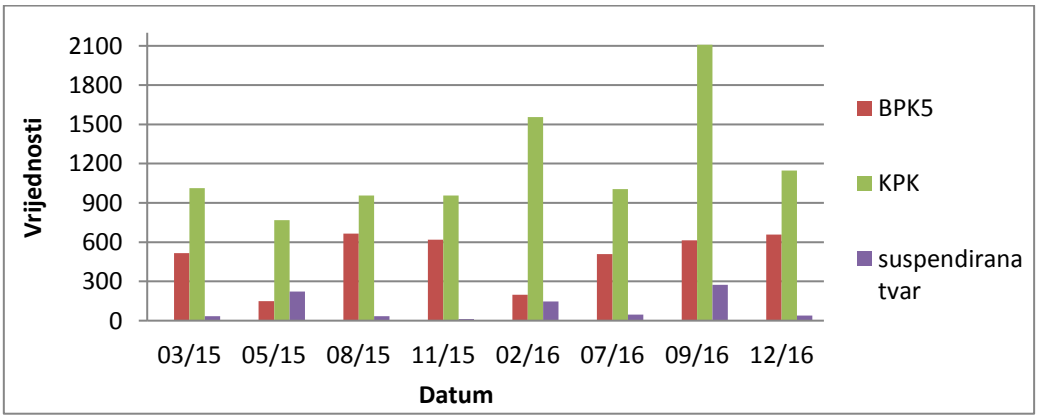
U 2015. godini mjerenja podzemnih voda u tri pijezometra (P1, P2 i P3) provedena su 11.06. i 17.12., odnosno svakih 6 mjeseci kako i nalaže *Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13).*[31] Sva mjerenja su provedena prema propisanim normama. Prema senzorskim svojstvima svaki uzorak podzemne vode u svim pijezometrima odgovara kriterijima za karakteristike podzemne vode, a to su da mora biti bistra, bez boje i mirisa. U prilogu 1. za svaki parametar navedene su i maksimalno dopuštene koncentracije (MDK). Uzorci vode uzorkovani 17.12.2015. za P1 i P3 ne zadovoljavaju kriterije navedene u *Uredbi o standardu*

kakvoće voda (NN 73/13) [31] za parametar kadmij. Malo odstupanje vidi se za pijezometar P1 koji iznosi 0,045 mg/L, a MDK iznosi 0,005 mg/L, te za pijezometar P3 koji iznosi 0,052 mg/L, a MDK je 0,005 mg/L. Uzrok povećane koncentracije kadmija u podzemnim vodama može biti zbog veće količine baterija, različitih pesticida, boja i pigmenata gnojiva koji sadrže kadmijeve spojeve. Kadmij je kancerogeni materijal i otrovan je u vodenom okolišu. Prema izvješćima 11.06.2015. može se vidjeti da su vrijednosti za nitrate jako blizu maksimalno dopuštene koncentracije što se može pripisati sjetvi i korištenju mineralnih gnojiva na okolnim poljima na kojima su pijezometr i pozicionirani.

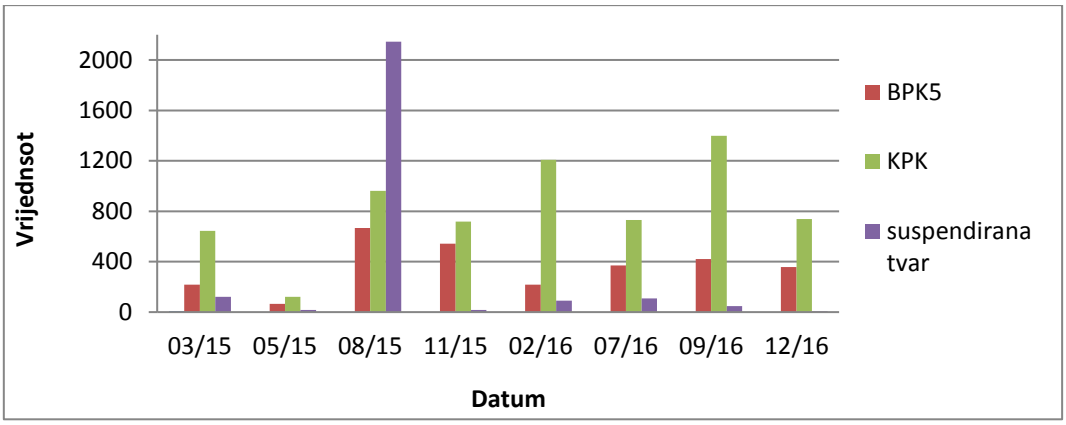
U 2016. godini mjerenja podzemnih voda u tri pijezometra (P1, P2 i P3) provedena su 29.06., 20.09. i 12.12. Uzorkovanje 29.06. nije bilo moguće jer u P1 i P2 nije bilo vode, a P3 je bio slomljen pa je uzorkovanje ponovljeno nakon tri mjeseca kako nalaže *Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13)*.[31] Sva mjerenja su provedena prema propisanim normama. Prema senzorskim svojstvima nijedan uzorak podzemne vode ne odgovara kriterijima za karakteristike podzemne vode, a to su da mora biti bistra, bez boje i mirisa. Svi uzorci uzorkovani u 2016. godini su žute do smeđe boje, zamućeni i neodređenog mirisa. Dok su svi ispitivani parametri ispod MDK. Mogući razlog takvog izgleda uzorka je mala količina vode u pijezometrima jer u mjesecu lipnju uopće nije bilo vode za uzorkovanje.

6.3. ANALIZA KVALITETE PROCJEDNIH VODA

Na slikama 6.2. i 6.3. prikazana su analitička izvješća za procjedne vode u prihvatnom bazenu (ulaz) i kontrolnom oknu (izlaz) za 2015. i 2016. godinu. Detaljnija tablična izvješća nalaze se u prilogu 2.



Slika 6.2. Kvaliteta procjednih voda na ulazu za 2015. i 2016. godin



Slika 6.3. Kvaliteta procjednih voda na izlazu za 2015. i 2016. godinu

Odlagalište „Goričica“ nema sustav za pročišćavanje procjednih voda pa se takve vode pročišćavaju samo u biljno - biološkim pročistačima kroz četiri bazena. Procjedna voda uzorkovana je četiri puta na godinu kako i nalaže *Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13).* [31] Uzorkovanje je provedeno 27.03., 26.05., 28.08., i 27.11. 2015. godine, te 25.02., 07.07., 19.09. i 07.12. 2016. godine. Uzorci su se uzimali na izlazu s odlagališta odnosno na ulazu u prvi bazen, te na izlazu iz četvrtog bazena (izlazno okno).

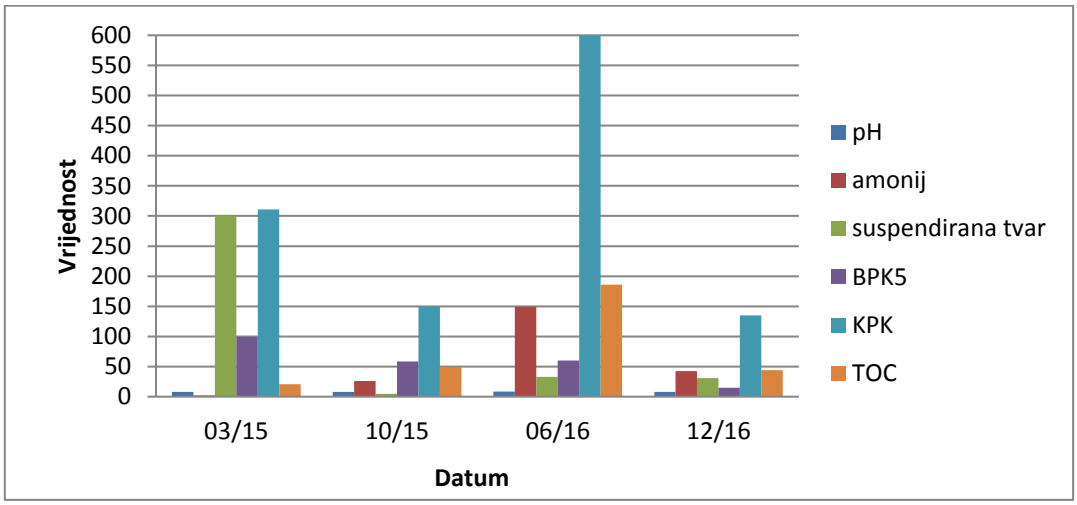
Visoke vrijednosti BPK_5, KPK i suspendiranih tvari ovise o vrsti odloženog otpada i starosti samog odlagališta. Procjedna voda sadrži visoke koncentracije organskih i hranjivih tvari, patogena i teških metala koji se djelovanjem sile gravitacije talože na dnu prihvatnih bazena i time se stvaraju suspendirane tvari te su biološki teško razgradive. Prema literaturnim podacima [34] utvrđeno je da KPK varira u rasponu od 100 do 79 000 mg/L; BPK_5 od 3 do 25 000 mg/L; pH 5,6 - 11,5 (najčešće raspon od 5,8 - 8,5); suspendirana tvar od 13 do > 5000 mg/L. Drugim riječima, vrijednosti KPK, BPK_5 i suspendiranih tvari se smanjuju sa starošću odlagališta, a pH vrijednost se približava neutralnoj veličini. Zbog starosti odlagališta „Goričica“ (30 godina) ovakve vrijednosti KPK, BPK_5 i suspendiranih tvari iznad maksimalno dopuštenih koje se mogu vidjeti u prilogu 2. prema literaturnim podacima nisu visoke i zabrinjavajuće, kako kažu ovlašteni analitičari iz ispitnog centra. S obzirom da odlagalište nema uređaj za pročišćavanje procjednih voda, one nisu dovoljno pročišćene (*Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* [33]), da bi se ispustile u recipijent (rijeka Sava). Iz tog razloga se recirkuliraju kroz četiri bazena ili se po potrebi višak iz prvog bazena vraća na odlagalište. Na osnovu provedenih ispitivanja pokazalo se da sadašnja efikasnost predtretmana procjednih voda biljno - biološkim uređajem iznosi oko 65 - 75 %

gdje glavnu ulogu pri pročišćavanju imaju mikroorganizmi koji su nastanjeni na korijenima biljaka i u supstratu koji se s vremenom ubacuje u prihvatni bazen.

Kvaliteta procjednih voda mogla bi se poboljšati organiziranijim sustavom odvojenog prikupljanja otpada pri čemu na odlagalište ne bi dospjeli razni toksični materijali, organski i anorganski materijali zbog kojih je procjedna voda najviše onečišćena. Smatram da bi se uvođenjem pročistača procjednih voda znatno smanjile vrijednosti KPK, BPK_5 i suspendiranih tvari te bi se na taj način pročišćene vode mogle ispuštati u recipijent.

6.4. ANALIZA KVALITETE OBORINSKIH VODA

Na slici 6.4. prikazana su analitička izvješća za oborinske vode za 2015. i 2016. godinu. Detaljna analitička izvješća za oborinske vode mogu se vidjeti u prilogu 3.

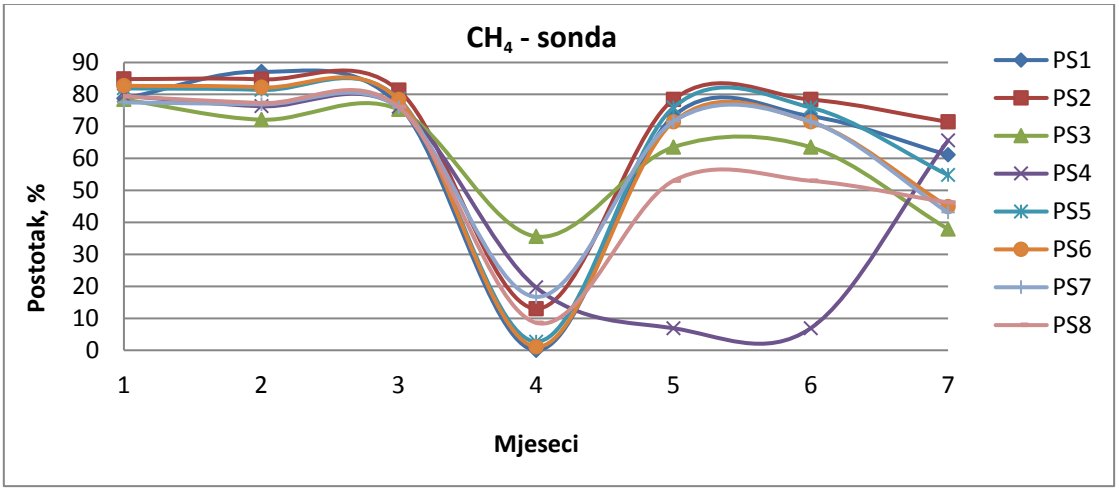


Slika 6.4. Kvaliteta oborinske vode za 2015. i 2016. godinu

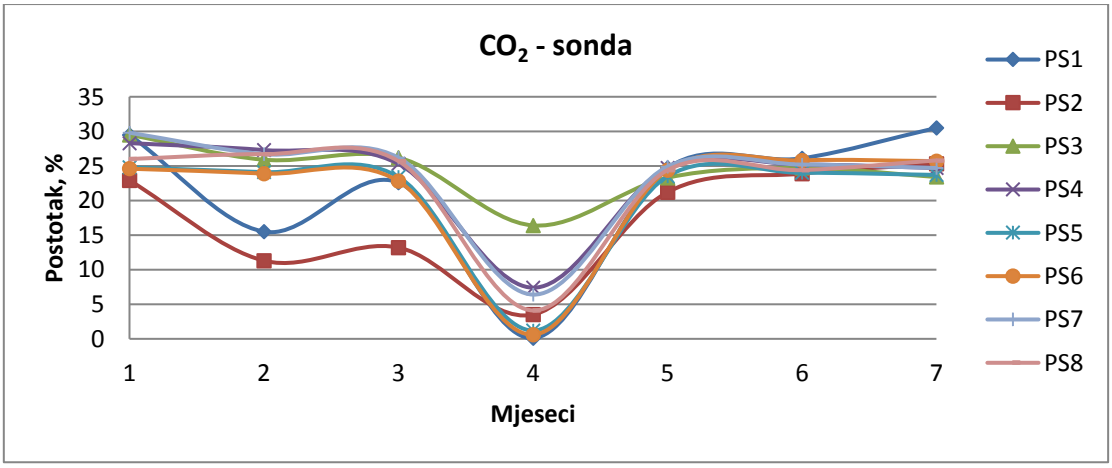
Prema izvješćima za oborinsku vodu za 2015. i 2016. godinu uzorci su većinom smeđe zamućeni i neugodnog mirisa što se može pripisati ispiranju nečistoća s okolnih površina, zemlje, ulja, masti i naftnih derivata od kamiona odnosno povećane vrijednosti suspendiranih tvari koje uzrokuju zamućenje vode. Povećanje ukupnog organskog ugljika (TOC) u lipnju 2016. godine se također može pripisati povećanoj koncentraciji nečistoća koje su ispiranjem dospjele u retencijski bazen.

6.5. IZVJEŠTAJ MJERENJA PLINSKE MREŽE

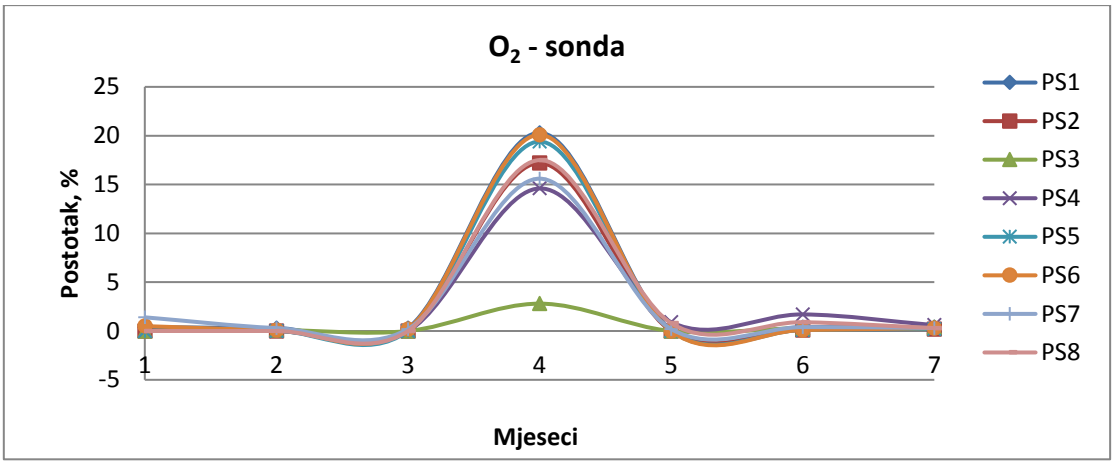
Otplinjavanjem odlagališnog plina sprječava se mogućnost nastajanja eksplozija i požara. Ispitivanje sastava odlagališnog plina na odlagalištu „Goričica“ provodi se na 8 plinskih sondi i 12 plinskih bunara, te na plinsko-crpnoj stanici s bakljom za spaljivanje na 3 mjesta. Izvještaji sastava odlagališnog plina za razdoblje siječanj - srpanj 2017. godine prikazani su grafički. Detaljni tablični prikaz s vrijednostima mogu se vidjeti u prilogu 4.



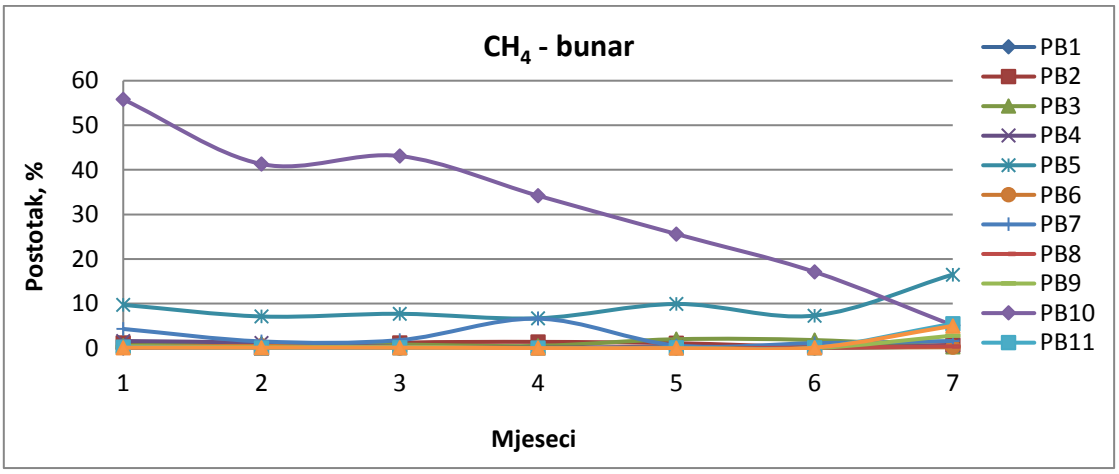
Slika 6.5. CH_4 u plinskim sondama



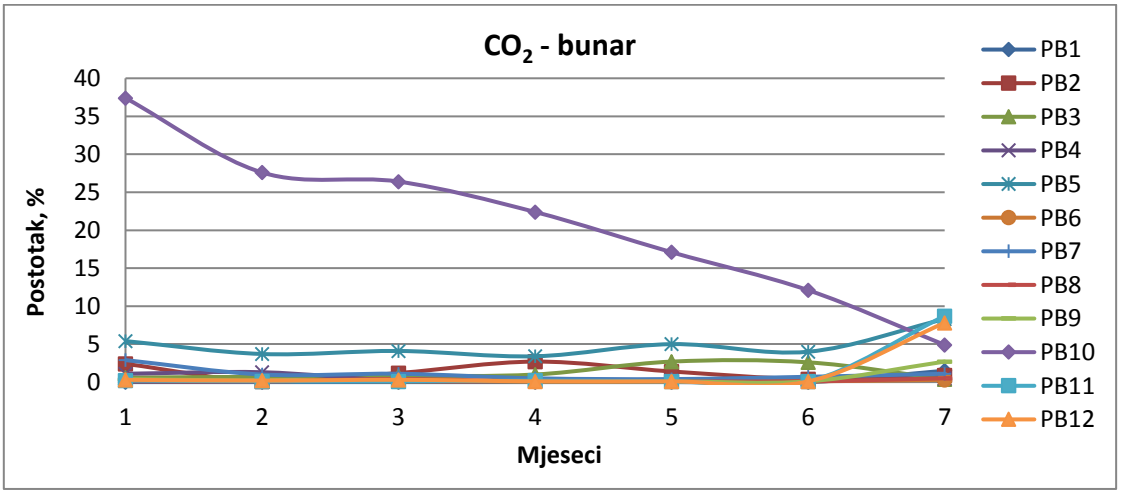
Slika 6.6. CO_2 u plinskim sondama



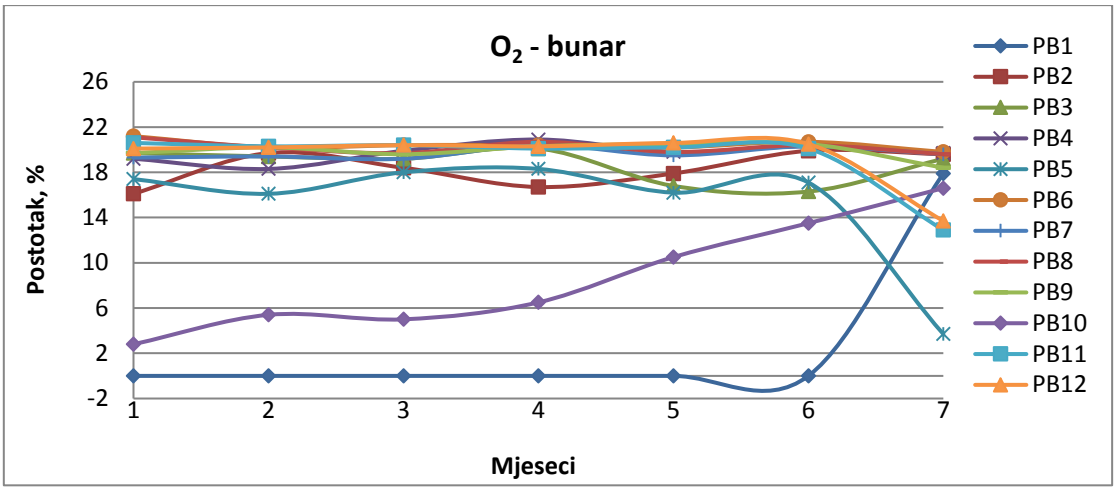
Slika 6.7. O_2 u plinskim sondama



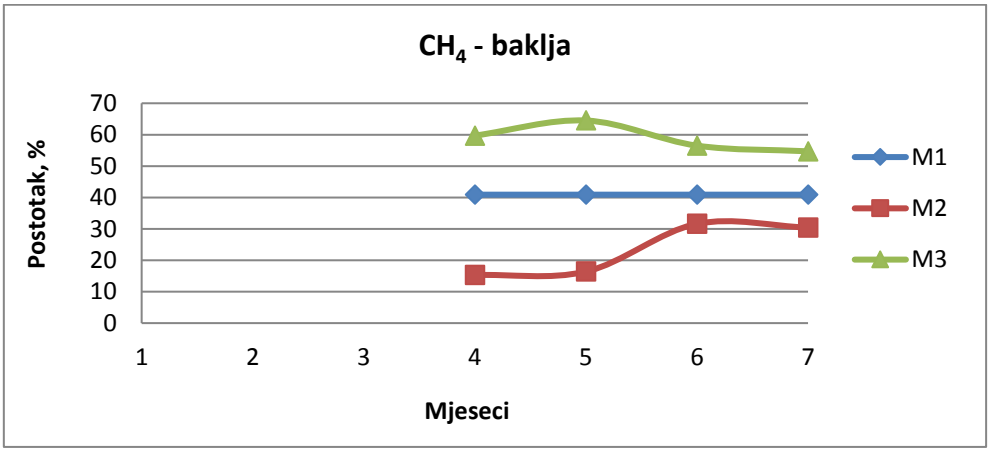
Slika 6.8. CH_4 u plinskim bunarima



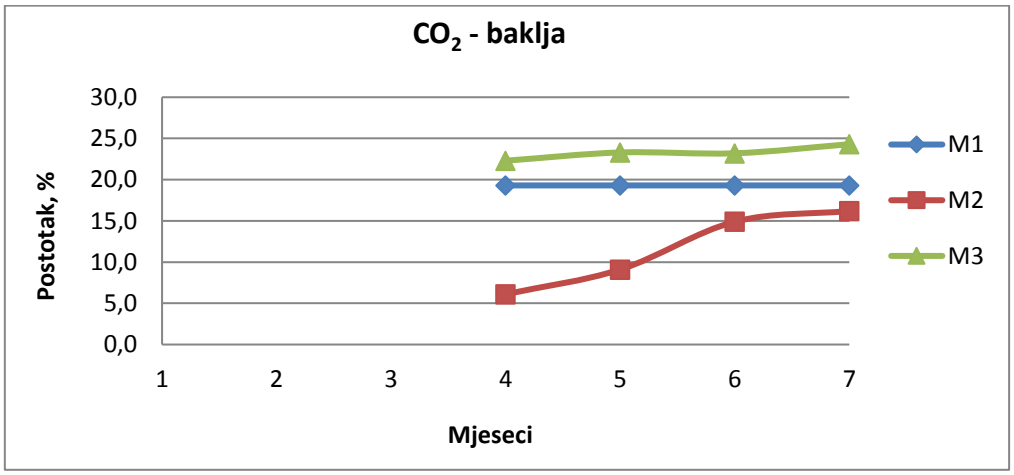
Slika 6.9. CO_2 u plinskim bunarima



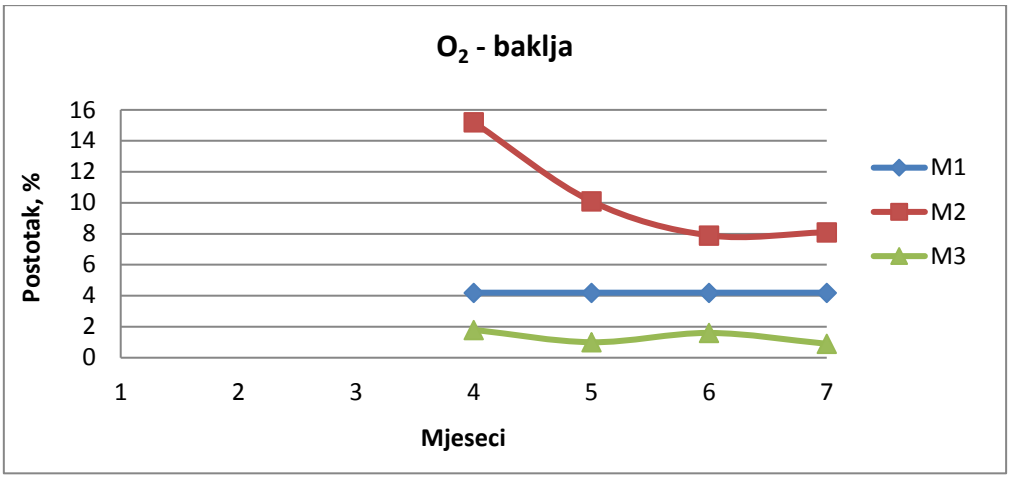
Slika 6.10. O_2 u plinskim bunarima



Slika 6.11. CH_4 na plinsko-crpnoj stanici s bakljom



Slika 6.12. CO_2 na plinsko-crpnoj stanici s bakljom



Slika 6.13. O_2 na plinsko-crpnoj stanici s bakljom

Na slici 6.5, može se primjetiti da su vrijednosti za metan (CH_4) u travnju vrlo niske u svim plinskim sondama. U namjeri da saznam zbog čega su vrijednosti niske, kontaktirala sam tvrtku koja obavlja mjerenja na odlagalištu. Od tvrtke sam saznala da se takve niske vrijednosti mogu pripisati grešci mjernog uređaja ili je neposredno prije mjerenja došlo do spaljivanja odlagališnog plina na plinsko-crpnoj stanici s bakljom. Isto se ponavlja i za vrijednosti za ugljikov dioksid (CO_2), slika 6.6., dok su za kisik (O_2), slika 6.7., vrijednosti povećane.

Na slici 6.8., primjećuje se da su u plinskom bunaru 10 vrijednosti metana i ugljikovog dioksida povećane, dok su vrijednosti za kisik smanjene. Razlog tome je što se oko plinskog bunara 10 kompaktirala veća količina miješanog komunalnog otpada pa se samim time stvarala i veća količina odlagališnog plina. Vidljivo je da se vrijednosti smjanjuju protekom vremena te su već u srpnju spuštene na normalne vrijednosti. Vrijednosti za plinski bunar 1 postoje tek od srpnja jer do tada nije bio dostupan za mjerenje.

Mjerenja na plinsko-crpnoj stanici s bakljom za prva tri mjeseca 2017. godine nema jer baklja nije bila u funkciji što se može vidjeti na slikama 6.11., 6.12., i 6.13. Vidljivo je da su omjeri između metana i ugljikovog dioksida u granicama prosječnog sastava odlagališnog plina koji iznosi za metan od 35 - 60 % i za ugljikov dioksid 37 - 50 %.

6.6. IZRAČUN ISKORISTIVOSTI ODLAGALIŠNOG PLINA

Prema danim izvješćima godišnje se na odlagalištu „Goričica“ deponira oko 15 000 tona miješanog komunalnog otpada. Za izračun uzimam podatke da je u mjesecu lipnju plinsko-crpna stanica s bakljom radila 35 sati uz protok od 69,4 m^3/h pri čemu je u tom mjesecu zbrinuto 2 429 m^3 plina. Iz literaturnih podataka[35] ogrjevna vrijednost odlagališnog plina kod odnosa 52,6 % CH_4 i 43,5 % CO_2 iznosi 21 MJ/m^3. Odnos plinova na odlagalištu „Goričica“ je 40,9 % CH_4 i 19,3 % CO_2. Na temelju tih podataka uzela sam da je ogrjevna vrijednost odlagališnog plina oko 16 MJ/m^3 te izračunala količinu dobivene energije.

$$2\ 429\ m^3 \times 16\ MJ/m^3 = 38\ 864\ MJ = 38\ 864*10^6\ J = 38\ 864*10^6\ Ws =$$

$$= 38\ 864*10^3\ kWs/3600 =$$

$$= 10\ 796\ kWh/mj = 129\ 552\ kWh/god$$

Za proizvodnju energije moglo bi se izgraditi kogeneracijsko postrojenje. Ukupna učinkovitost kogeneracije[36] iznosi od 70 do 85 % (od 27 do 45 % električne energije i od 40 do 50 % toplinske energije).

Za izračun sam uzela da se dobiva 27 % električne energije i 40 % toplinske energije. Što znači da se od 10 796 kWh/mj dobije 2 914,92 kWh električne energije i 4 318,4 kWh toplinske energije. Na temelju godišnje razine od 129 552 kWh dobiva se 34 979,04 kWh električne energije i 51 820,8 kWh toplinske energije.

Ako se uzme u obzir da hrvatsko kućanstvo na godinu troši prosječno 3500 kWh električne energije[37], dobivena količina od 34 979,04 kWh bila bi dovoljna za opskrbu oko 10 kućanstava električnom energijom u jednoj godini. U usporedbi s gradom Zagrebom koji je u 2016. godini na odlagalištu Jakuševec proizveo 19 006 584 kWh električne energije što je dovoljno za opskrbu električnom energijom za oko 6 000 kućanstava,[38] zaključujem da izgradnja ovakvog kogeneracijskog postrojenja nije isplativa. Dodatan razlog neisplativosti ovakvog sustava u ovom primjeru je nemogućnost korištenja nastale toplinske energije. Kogeneracijsko postrojenje je efikasno ukoliko je recipijent toplinske energije blizu što u primjeru odlagališta „Goričica“ nije slučaj. Mora se uzeti u obzir i to da plinsko-crpna stanica s bakljom nije radila do mjeseca travnja pri čemu se nakupilo više odlagališnog plina, što znači da je u narednim mjesecima količina zbrinutog plina manja čime se ujedno dobiva i manja količina energije. Dodatni parametar koji se mora uzeti u obzir je i starost odlagališta odnosno smanjenje odlagališnog plina protekom vremena.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka o količinama otpada koji se prikupe tijekom cijele godine u gradu Sisku može se zaključiti da Grad Sisak još nema dovoljno razvijen sustav za odvojeno prikupljanje otpada. Odvojenim prikupljanjem smanjila bi se količina odloženog otpada na samo odlagalište, a iskoristile bi se vrijedne sirovine za ponovnu oporabu. Nabavom mobilnog reciklažnog dvorišta koji se izmjenjuje po centru grada i okolici čime su obuhvaćeni svi korisnici, tvrtka je dobila pozitivnu sliku o radu na odvojenom prikupljanju.

Rezultati za podzemne vode su pozitivni što znači da samo tijelo odlagališta ne utječe na njih te da nema procjednih voda koje bi dospjele u podzemlje. Malo povećane koncentracije za kadmij mogu biti uzrok izlijevanja boja ili lakova u blizini pijezometra koji su dospjeli u podzemnu vodu.

Kvaliteta procjednih voda je zadovoljavajuća s obzirom da odlagalište nema pročistač procjednih voda. Uređaj za pročišćavanje procjednih voda postoji u obliku biljno - biološkog pročistača procjednih voda koji se sastoji od četiri bazena. Praksa je pokazala da se na taj način ne može dobiti kvaliteta vode koja je pogodna za ispust u rijeku Savu pa se ni ne ulaže tolika pažnja u taj segment. Biljno - biološki pročistač uspije pročistiti procjene vode za 65 - 75 %. To je i više nego dovoljno pošto se te vode ne ispuštaju u okoliš nego recirkuliraju unutar četiri bazena ili se vraćaju na odlagalište za održavanje vlage u svrhu brže razgradnje otpada.

Najbolji uvid u sastav odlagališnog plina vidljiv je na ulazu plinsko-crpne stanice s bakljom. Dok su na plinskim sondama vrijednosti povećane, u plinskim bunarima su smanjene. Ova razlika se događa iz razloga što su na mjernim mjestima različite vrste otpada. Dodatni razlog za razlike udjela metana i ugljikovog dioksida je to šta otpad na svim mjestima nije jednako kompaktiran.

Zbog male količine i starosti otpada na zatvorenom dijelu odlagališta ne stvara se dovoljna količina odlagališnog plina za energetsko iskorištavanje. Izračunom za iskoristivost odlagališnog plina se dokazalo da se ne bi proizvelo dovoljno električne energije da bi izgradnja kogeneracijskog postrojenja bila isplativa.

8. LITERATURA

1. http://www.mzoip.hr/doc/studija_o_utjecaju_na_okolis.pdf (pristup 25.6.2017.)
2. http://struna.ihjj.hr/search-do/?q=kemijska+potro%C5%A1nja+kisika#container (pristup 30.8.2017.)
3. Viktor Simončić, Ekološki leksikon, poglavlje 9. Zbrinjavanje otpada, Barbat, Zagreb, 2001., str. 144,146 - 151
4. https://hr.wikipedia.org/wiki/Za%C5%A1tita_okoli%C5%A1a (pristup 9.7.2017.)
5. Tahir Sofilić, Ivan Brnardić, Održivo gospodarenje otpadom, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2015., str. 7, 8
6. Mario Miličić, Utjecaj otpada na okoliš, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015., str. 39
7. http://naviku-usvojimo.hr/ (pristup 10.7.2017.)
8. Zmagoslav Prelec, Inženjerstvo zaštite okoliša (Obrada i zbrinjavanje otpada), Poglavlje 10, str. 37
9. Zakon o održivom gospodarenju otpadom, NN 94/2013
10. Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, NN 130/2005
11. Bruno Bogdan, Energetska oporaba komunalnog otpada postupkom rasplinjavanja, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010., str. 19
12. Zmagoslav Prelec, Inženjerstvo zaštite okoliša (Porijeklo i osobine otpada), Poglavlje 9, str. 4, 16, 19
13. http://www.pwut.ac.ir/FA/Adjutancies/Adj2/Office4/Risk/khadamat/pdf/133.pdf (pristup 17.7.2017.)
14. Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. godine, NN 3/2017
15. http://gospodarenjeotpadom.hr/koliko-se-otpada-u-rh-proizvede-po-glavi-stanovnika-kucanstvu-i-industriji-odnosno-kakav-je-trend-kolicine-otpada-u-odnosu-sa-usporedivim-razvijenim-zemljama/ (pristup 1.5.2017.)
16. Izvješće o podacima iz registra onečišćavanja okoliša za 2015. godinu, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Zagreb, prosinac 2016., str. 125, 127, 128, 134 - 136, 157 - 159
17. Pravilnik o katalogu otpada, NN 90/2015
18. https://hr.wikipedia.org/wiki/Sisak (pristup 11.4.2017.)
19. http://www.duzs.hr/slike/Stranice/sisakzupanija.jpg (pristup 11.4.2017.)

20. https://www.libela.org/sa-stavom/5928-polagana-smrt-sisacke-industrije/ (pristup 6.3.2017.)
21. http://www.dask.hr/digitalne-zbirke/industrijski-pogoni-u-sisku-do-1945/ (pristup 6.3.2017.)
22. http://www.gos.hr/tvrtka/sakupljanje-odvoz-i-odlaganje-otpada-u-sisku-nekada-i-danas/ (pristup 11.3.2017.)
23. http://www.sisak.info/dorh-dvoran/ (pristup 8.3.2017.)
24. Ivan Zorko, Postupanje s komunalnim otpadom u Gradu Sisku, Sisak, listopad 2003., str. 1-19
25. http://sisak.hr/postavljeno-prvo-mobilno-reciklazno-dvoriste/ (pristup 22.5.2017.)
26. http://www.gos.hr/novosti1/ (pristup 22.5.2017.)
27. http://www.gos.hr/wp-content/uploads/2017/04/Letak-upute-za-odlaganje-otpada_FINAL.pdf (pristup 10.7.2017.)
28. http://www.gos.hr/wp-content/uploads/2017/01/Grad-Sisak_Cjenik.pdf (pristup 3.4.2017.)
29. http://www.gos.hr/edukacija/odlagalista_odlagaliste_goricica/ (pristup 8.3.2017.)
30. Hari Vladović - Relja, Tehničko - tehnološko rješenje uz Zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša za poduzeće Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o., odlagalište „Goričica“, Zagreb, listopad 2013., str. 4-11
31. Uredba o standardu kakvoće voda, NN 73/13
32. Pravilnik i načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, NN 114/2015
33. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/2013)
34. Višnja Oreščanin, Procjedne vode odlagališta otpada - kemijski sastav, toksični učinci i metode pročišćavanja, Zagreb, rujan 2013., str. 2
35. https://rudar.rgn.hr/~dkarasal/NIDS/GOSPODARENJE%20PLINOVIMA%202/Bioplin%20i%20deponijski%20plin.pdf (pristup 7.9.2017.)
36. https://hr.wikipedia.org/wiki/Kogeneracija#Stupanj_iskoristivosti (pristup 7.9.2017.)
37. http://strujaplin.com/faq/uredaji-najveca-potrosnja-struje (pristup 8.9.2017.)
38. http://www.zgos.hr/default.aspx?id=103 (pristup 8.9.2017.)
39. Analitička izvješća za podzemne vode - podaci tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o.
40. Analitička izvješća za procjedne vode - podaci tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o.
41. Analitička izvješća za oborinske vode - podaci tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o.
42. Izvještaji mjerenja plinske mreže - podaci tvrtke Gospodarenje otpadom Sisak d.o.o.

PRILOZI

Prilog 1. Analitička izvješća za podzemnu vodu za 2015. i 2016. godinu[39]

Prilog 1.1. Pijezometar P1

	PARAMETAR	JEDINICA MJERE	MDK	REZULTAT			
				06/15	12/15	09/16	12/16
MIKROBIOLOGIJA VODE	**Ukupan broj bakterija na 22°C**	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$7,6x10^4$	$1,0x10^4$
	Ukupan broj bakterija na 37°C	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$4,2x10^3$	$4,1x10^4$
FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI	**Boja**	-	-	bez	bez	svjetlo žuta	svjetlo smeđa
	Miris	-	-	nema	nema	neodređen	neodređen
	Temperatura	°C	40	17,3	11,2	17,8	10,6
	Elektrovodljivost	µS/cm	2500	880	912	270	505
	pH		-	6,99	7,24	8,3	7,5
ORGANSKI POKAZATELJI	**BPK**	mg O_2/L	-	2,60	2,01	4	3
	KPK	mg O_2/L	-	< 15	< 15	< 30	< 30
	Oksidativnost	mg O_2/L	-	3,91	4,86	11,5	12,2
	Uk. ugljikovodici	µg/L	30	< 20	< 20	< 10	21
ANORGANSKI POKAZATELJI	**Molidben**	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	< 4,63	< 4,63
	Arsen	mg/L	0,010	< 0,007	< 0,007	2,00	< 1,90
	Bakar	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,80	< 1,80
	Cink	mg/L	-	< 0,025	< 0,025	< 8,98	11,7
	Kadmij	mg/L	0,005	< 0,005	0,045	< 1,68	< 1,68
	Nikal	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,86	< 1,86
	Olovo	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 4,82	< 4,82
	Živa	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,180	< 0,180
	Kloridi	mg/L	250	28,6	19,6	8,5	5,8
	Amonij	mg/L	0,5	0,024	0,389	0,20	0,28
	Nitrati	mg/L	50	47,6	38,4	< 0,1	2,8
	Nitriti	mg/L	-	0,079	0,089	< 0,05	< 0,05

Prilog 1.2. Pijezometar P2

	PARAMETAR	JEDINICA MJERE	MDK	REZULTAT			
				06/15	12/15	09/16	12/16
MIKROBIOLOGIJA VODE	**Ukupan broj bakterija na 22°C**	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$9,7x10^3$	$6,0x10^3$
	Ukupan broj bakterija na 37°C	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$8,8x10^3$	$4,2x10^4$
FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI	**Boja**	-	-	bez	bez	svjetlo žuta	svjetlo smeđa
	Miris	-	-	nema	nema	nema	neodređen
	Temperatura	°C	40	17,6	9,9	18,0	10,7
	Elektrovodljivost	µS/cm	2500	810	996	267	544
	pH		-	6,80	7,03	8,3	7,3
ORGANSKI POKAZATELJI	**BPK**	mg O_2/L	-	2,52	3,51	2	3
	KPK	mg O_2/L	-	< 15	16	< 30	< 30
	Oksidativnost	mg O_2/L	-	4,16	16,3	11,4	12,3
	Uk. ugljikovodici	µg/L	30	< 20	< 20	< 10	15
ANORGANSKI POKAZATELJI	**Molidben**	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	< 4,63	< 4,63
	Arsen	mg/L	0,010	< 0,007	< 0,007	< 1,90	< 1,90
	Bakar	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,80	< 1,80
	Cink	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 8,98	< 8,98
	Kadmij	mg/L	0,005	< 0,005	0,058	< 1,68	< 1,68
	Nikal	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,86	< 1,86
	Olovo	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 4,82	< 4,82
	Živa	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,180	< 0,180
	Kloridi	mg/L	250	27,3	19,6	8,5	5,5
	Amonij	mg/L	0,5	0,023	0,189	0,21	0,26
	Nitrati	mg/L	50	44,1	33,6	< 0,1	3,1
	Nitriti	mg/L	-	0,069	0,096	< 0,05	< 0,05

Prilog 1.3. Pijezometar P3

	PARAMETAR	JEDINICA MJERE	MDK	REZULTAT			
				06/15	12/15	09/16	12/16
MIKROBIOLOGIJA VODE	**Ukupan broj bakterija na 22°C**	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$8,5x10^4$	$2,0x10^4$
	Ukupan broj bakterija na 37°C	cfu/mL	-	> 300	> 1000	$6,8x10^3$	$2,7x10^4$
FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI	**Boja**	-	-	bez	bez	svjetlo žuta	svjetlo žuta
	Miris	-	-	nema	nema	neodređen	neodređen
	Temperatura	°C	40	18,0	10,1	17,1	10,1
	Elektrovodljivost	µS/cm	2500	868	604	254	622
	pH		-	6,97	7,14	8,3	7,3
ORGANSKI POKAZATELJI	**BPK**	mg O_2/L	-	2,75	2,14	7	2
	KPK	mg O_2/L	-	< 15	< 15	46	< 30
	Oksidativnost	mg O_2/L	-	4,16	4,70	10,9	12,5
	Uk. ugljikovodici	µg/L	30	< 0,20	< 20	10	21
ANORGANSKI POKAZATELJI	**Molidben**	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	< 4,63	< 4,63
	Arsen	mg/L	0,010	< 0,007	< 0,007	< 1,90	2,3
	Bakar	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,80	< 1,80
	Cink	mg/L	-	< 0,050		< 8,98	< 8,98
	Kadmij	mg/L	0,005	< 0,005	0,052	< 1,68	< 1,68
	Nikal	mg/L	-	< 0,050	< 0,025	< 1,86	< 1,86
	Olovo	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 4,82	< 4,82
	Živa	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,180	< 0,180
	Kloridi	mg/L	250	27,3	20,1	9,3	6,1
	Amonij	mg/L	0,5	0,023	0,217	0,09	0,22
	Nitrati	mg/L	50	39,2	34,3	< 0,1	4,3
	Nitriti	mg/L	-	0,086	0,104	< 0,05	< 0,05

Prilog 2. Analitička izvješća za procjednu vodu za 2015. i 2016. godinu[40]

Prilog 2.1. 2015. godina

	PARAMETAR	JEDINICA MJERE	MDK*	REZULTAT			
				27.03.	26.05.	28.08.	27.11.
PROCJEDNA VODA - ULAZ	pH		-	7,68	8,60	8,51	8,15
	BPK_5	mg O_2/L	-	516	148	666	618
	KPK	mg O_2/L	-	1013	765	957	957
	Suspendirana tvar	mg/L	-	34	223	35	11
PROCJEDNA VODA - IZLAZ	pH		6,5 - 9,5	8,17	7,73	7,93	7,74
	BPK_5	mg O_2/L	250	217	65,1	668	544
	KPK	mg O_2/L	700	645	122	963	719
	Suspendirana tvar	mg/L	35	121	16	2146	16

Prilog 2.2. 2016. godina

	PARAMETAR	JEDINICA MJERE	MDK*	REZULTAT			
				25.02.	07.07.	19.09.	07.12.
PROCJEDNA VODA - ULAZ	pH		-	-	-	-	-
	BPK_5	mg O_2/L	-	197	508	614	658
	KPK	mg O_2/L	-	1555	1006	2109	1146
	Suspendirana tvar	mg/L	-	146	46	275	38
PROCJEDNA VODA - IZLAZ	pH		6,5 - 9,5	-	-	-	-
	BPK_5	mg O_2/L	250	217	370	422	357
	KPK	mg O_2/L	700	1208	731	1398	738
	Suspendirana tvar	mg/L	35	92	108	47	7

* Prema *Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* (NN 80/2013) [33]

Prilog 3. Analitička izvješća za oborinsku vodu za 2015. i 2016. godinu[41]

PARAMETAR	JEDINICA MJERE	REZULTAT			
		03/15	10/15	06/16	12/16
Miris	-	prisutan	prisutan	neugodan	neodređen
pH	-	7,78	7,80	8,2	7,9
Elektroprovodnost	µS/cm	751	1662	5550	1835
Amonij	mg NH_4^+/L	1,810	26,200	149,48	42,22
Nitriti	mg NO^{-2}/L	0,172	0,197	1,1	0,31
Isparni ostatak	mg/L	967	1088	949	642
Suspendirana tvar	mg/L	301	4,5	33	31
Fluoridi	µg/L	156	418	1,4	0,57
Cijanidi	µg/L	< 1	< 5	< 0,04	< 0,04
Fenoli	µg/L	< 1	< 1	0,07	0,3
BPK_5	mg O_2/L	99,4	58,2		15
Taložive tvari	mL/L (1h)	0,4	< 0,1	0,3	< 0,1
KPK	mg O_2/L	311	150	600	135
Mineralna ulja	mg/L	0,10	1,20	0,47	< 5,00
Olovo	µg/L	1,48	< 1	0,009	< 4,82
Kadmij	µg/L	< 0,1	0,174	< 0,003	< 1,68
Arsen	µg/L	1,95	3,89	< 0,062	14,2
Cink	µg/L	< 5	< 5	0,010	< 8,98
Nikal	µg/L	< 5	6,12	< 0,004	< 1,86
Krom	µg/L	1,67	12,3	0,123	12,3
Živa	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,007	< 0,180
Bakar	µg/L	29,5	30,8	< 0,029	< 1,80
TOC	mgC/L	20,7	49,5	186,10	43,83

Prilog 4. Sastav odlagališnog plina za razdoblje siječanj - srpanj 2017. godina[42]

Prilog 4.1. Plinske sonde

Prilog 4.1.1. Volumni sadržaj CH_4 u %

MJESEC	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8
1	78,7	84,8	78,4	79,6	81,9	82,7	77,5	79,4
2	87,1	84,7	72,1	76,3	81,4	82,2	76,9	77,3
3	76,7	81,3	75,3	76,1	78,6	78,4	75,9	76,1
4	0,0	13,0	35,6	19,7	2,7	1,1	16,7	8,6
5	73,2	78,4	63,5	6,9	75,9	71,4	71,5	53,0
6	73,2	78,4	63,5	6,9	75,9	71,4	71,5	53,0
7	61,1	71,4	37,9	65,6	54,8	44,9	43,1	46,2

Prilog 4.1.2. Volumni sadržaj CO_2 u %

MJESEC	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8
1	29,5	22,9	29,5	28,3	24,8	24,6	29,8	26,0
2	15,5	11,3	25,9	27,3	24,1	23,9	26,7	26,7
3	22,6	13,2	26,2	25,3	23,4	22,8	26,2	25,7
4	0,1	3,5	16,4	7,4	1,2	0,6	6,4	4,1
5	24,7	21,2	23,3	24,7	23,5	24,4	24,9	24,4
6	26,1	23,9	24,7	25,2	24,0	25,8	25,2	24,4
7	30,5	25,3	23,4	24,7	23,7	25,7	24,7	25,8

Prilog 4.1.3. Volumni sadržaj O_2 u %

MJESEC	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8
1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,4	0,0
2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0
3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
4	20,3	17,2	2,8	14,6	19,4	20,1	15,6	17,5
5	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,2	0,8
6	0,4	0,1	0,3	1,7	0,1	0,1	0,4	0,9
7	0,4	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3	0,3	0,3

Prilog 4.2. Plinski bunari

Prilog 4.2.1. Volumni sadržaj CH_4 u %

MJESEC	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10	PB11	PB12
1	-	1,2	0,6	1,6	9,7	0,2	4,3	0,1	0,4	55,8	0,2	0,1
2	-	0,0	1,0	1,2	7,1	0,5	1,5	0,0	0,2	41,3	0,0	0,1
3	-	1,2	0,8	0,3	7,7	0,0	1,8	0,3	0,3	43,1	0,1	0,1
4	-	1,4	0,5	0,1	6,7	0,0	6,6	0,0	0,0	34,2	0,0	0,0
5	-	1,1	2,0	0,3	9,9	0,1	0,6	0,0	0,0	25,6	0,1	0,0
6	-	0,3	1,8	0,1	7,3	0,1	1,1	0,1	0,0	17,1	0,1	0,1
7	0,4	0,7	0,3	0,6	16,5	0,2	1,6	0,4	2,8	5,1	5,5	5,0

Prilog 4.2.2. Volumni sadržaj CO_2 u %

MJESEC	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10	PB11	PB12
1	-	2,4	0,6	1,1	5,4	0,3	2,9	0,1	0,4	37,4	0,2	0,3
2	-	0,1	0,7	1,3	3,7	0,2	1,0	0,1	0,2	27,6	0,1	0,2
3	-	1,2	0,8	0,2	4,1	0,1	1,1	0,4	0,2	26,4	0,1	0,3
4	-	2,7	1,0	0,1	3,4	0,1	0,5	0,1	0,1	22,4	0,2	0,1
5	-	1,4	2,7	0,2	5,0	0,1	0,4	0,1	0,1	17,1	0,1	0,1
6	-	0,4	2,6	0,1	4,0	0,1	0,7	0,1	0,1	12,1	0,1	0,1
7	1,5	0,9	0,4	0,5	8,3	0,3	1,1	0,5	2,7	4,9	8,7	7,8

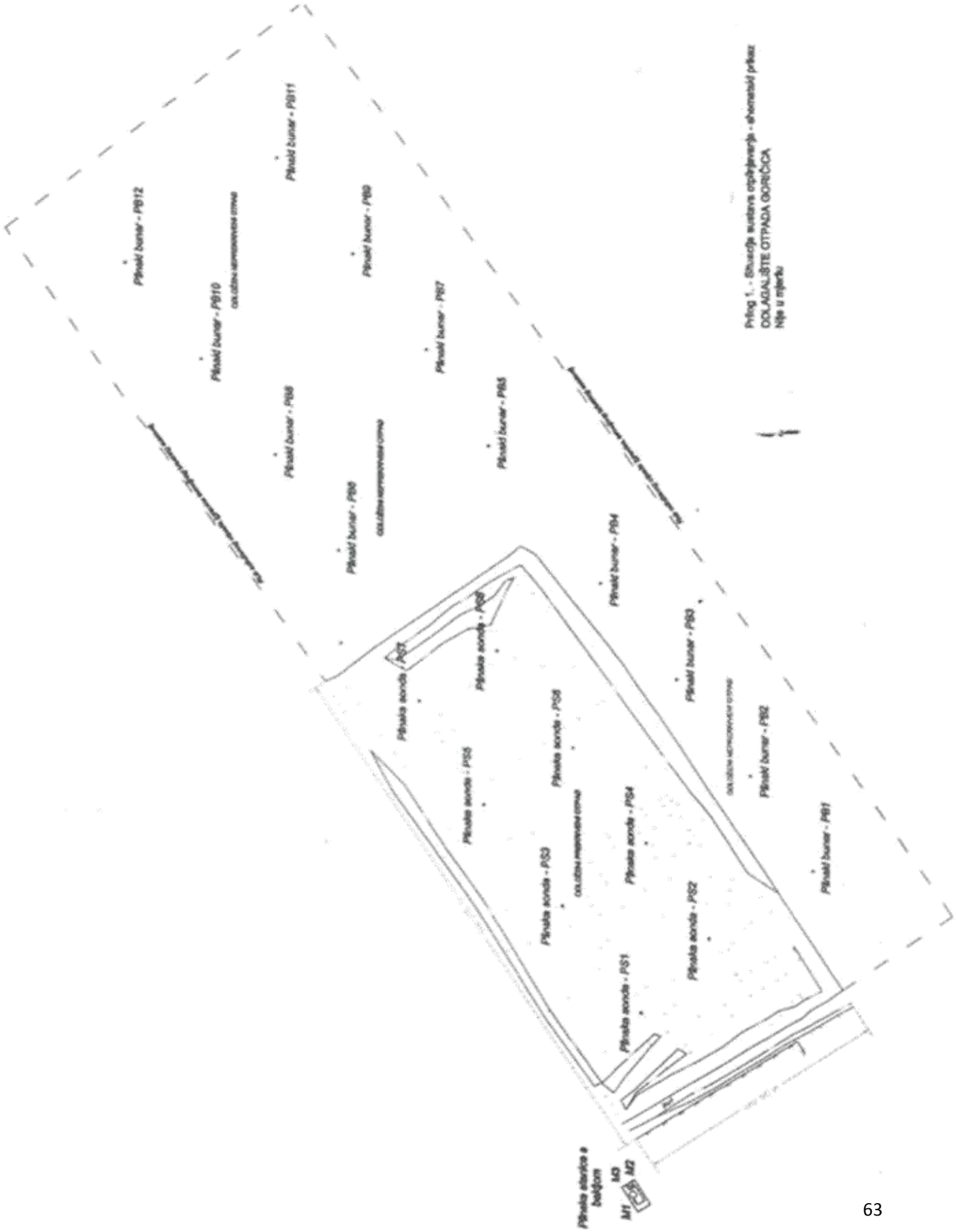
Prilog 4.2.3. Volumni sadržaj O_2 u %

MJESEC	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10	PB11	PB12
1	-	16,1	19,7	19,2	17,4	21,2	19,3	21,1	19,7	2,8	20,6	20,1
2	-	19,7	19,4	18,3	16,1	20,2	19,4	20,2	20,2	5,4	20,3	20,2
3	-	18,4	19,2	19,9	18,0	20,4	19,2	19,7	19,6	5,0	20,4	20,4
4	-	16,7	20,1	20,9	18,3	20,4	20,4	20,7	20,3	6,5	20,1	20,3
5	-	17,9	16,8	19,8	16,2	20,2	19,5	19,8	20,5	10,5	20,2	20,6
6	-	19,9	16,3	20,3	17,1	20,7	20,3	20,4	20,5	13,5	20,1	20,5
7	17,9	19,6	19,2	19,7	3,7	19,8	19,6	19,6	18,4	16,6	12,9	13,7

Prilog 4.3. Plinsko-crpna stanica s bakljom

MJESECI	CH_4			CO_2			O_2		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	40,9	15,3	59,7	19,3	6,1	22,3	4,2	15,2	1,8
5	40,9	16,4	64,5	19,3	9,1	23,3	4,2	10,1	1,0
6	40,9	31,6	56,5	19,3	14,9	23,2	4,2	7,9	1,6
7	40,9	30,4	54,7	19,3	16,2	24,3	4,2	8,1	0,9

Prilog 5. Shematski prikaz sustava otplinjavanja



ŽIVOTOPIS

[redacted] Osnovno obrazovanje stekla sam u Osnovnoj školi u Selima. 2005. godine upisujem Tehničku školu u Sisku, usmjerenja ekološki tehničar. 2009. godine maturiram s odličnim uspjehom. Iste godine upisujem Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije kao redovan student preddiplomskog studija Ekoinženjerstva. 2015. godine završavam preddiplomski studij i dobivam titulu *sveučilišna prvostupnica inženjerka ekoinženjerstva*. Iste godine upisujem diplomski studij Ekoinženjerstva na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije.