

Sanacija odlagališta otpada "Tarno"

Modrić, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:275063>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA „TARNO“

Diplomski rad

Magdalena Modrić

R 169

Zagreb, 2018.

SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA „TARNO“

MAGDALENA MODRIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Obrađena je problematika gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj (RH) i Gradu Ivanić – Gradu. Cilj u postupanju otpadom kako u cijeloj državi tako i na lokalnoj razini je uspostava valjanog sustava gospodarenja otpadom. Zanemarivanjem problema otpada dovelo je do ozbiljnog sadašnjeg stanja za čije rješavanje je potrebno provesti hitne i učinkovite mjere. U radu je prikazano stanje gospodarenja otpadom RH i Grada Ivanić – Grada uz prikazane primjere dobre prakse koji ispunjavaju ciljeve zadane od strane Europske unije (EU), a mogli bi se primijeniti u sustavu gospodarenja otpadom Grada Ivanić – Grada i cijele Republike Hrvatske.

Ključne riječi: otpad, gospodarenje otpadom, Republika Hrvatska, Ivanić – Grad, obrada otpada, odlagalište otpada, sanacija odlagališta otpada

Diplomski rad sadrži: 51 stranica, 2 tablica, 17 slika, 2 priloga i 53 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF
Dr. sc. Dubravko Domitrović, docent RGNF
Dr. sc. Jelena Parlov, izvanredna profesorica RGNF

Datum obrane: 14.12.2018.

REMEDICATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL „TARNO“
MAGDALENA MODRIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

The problems of waste management in the Republic of Croatia and the City of Ivanić – Grad were discussed. The aim of waste management both in the state as a whole and at the local level is to establish a sound waste management system. By neglecting the waste problem, it has led to a serious state affairs that needs to be addresses urgently and effectively. The paper presents the state of waste management of Republic of Croatia and the City of Ivanić – Grad with examples of good practice that meet the goals set by the EU and could be applied in the waste management system of the City of Ivanić – Grad and the entire Republic of Croatia.

Keywords: waste, waste management, Republic of Croatia, Ivanić – Grad, waste processing, waste landfill, landfill remediation

Thesis contains: 51 pages, 2 tables, 17 figures, 2 enclosures and 53 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor Želimir Veinović, PhD

Reviewers: Assistant Professor Želimir Veinović, PhD
Assistant Professor Dubravko Domitrović, PhD
Associate Professor Jelena Parlov, PhD

Date of defense: 14.12.2018.

SADRŽAJ

POPIS TABLICA	III
POPIS SLIKA.....	IV
POPIS PRILOGA	V
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I KRATICA	VI
1 UVOD.....	1
2 OTPAD	2
2.1 Vrste otpada.....	2
2.2 Sastav komunalnog otpada.....	4
2.3 Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj.....	6
2.3.1 Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine	7
2.4 Obrada otpada.....	11
3 ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA	13
3.1 Građa tijela odlagališta otpada	13
3.1.1 Temeljni sustav.....	16
3.1.2 Pokrovni sustav	20
3.2 Procesi raspadanja otpada odloženog na odlagalište	23
4 BIOREAKTORSKO ODLAGALIŠTE.....	28
5 METODE SANACIJE	32
6 ODLAGALIŠTE OTPADA „TARNO“	33
6.1 Osnovne značajke odlagališta otpada „Tarno“	33
6.2 Sastav komunalnog otpada.....	34
6.3 Sanacija odlagališta otpada Tarno	35
6.3.1 Građa tijela odlagališta otpada Tarno	35
6.3.2 Sustav za prikupljanje otpadnih voda	38

6.3.3	Sustav za prikupljanje odlagališnog plina.....	38
6.4	Plan gospodarenja otpadom Grada Ivanić –Grada za razdoblje 2017. – 2022.....	39
7	RASPRAVA S PRIMJERIMA	42
7.1	Primjeri dobre prakse	42
8	ZAKLJUČAK	46
9	LITERATURA.....	47

POPIS TABLICA

Tablica 4. 1. Prednosti i nedostaci bioreaktorskog odlagališta naspram konvencionalnih („suhih“) odlagališta otpada (Kovačić 2008):	29
Tablica 6. 1. Ciljevi gospodarenja otpadom koje je potrebno postići do 2022. godine (PGO Ivanić – Grad 2018).	40

POPIS SLIKA

Slika 2. 1. Sastav komunalnog otpada nastalog u RH u 2017. godini.	4
Slika 2. 2. Usporedba sastava miješanog komunalnog otpada nastalog u EU i HR (prema Hrebiček i Soukopova; HAOP 2015).....	5
Slika 2. 3. Shematski prikaz sustava gospodarenja komunalnim otpadom (NN 3/2017).	8
Slika 2. 4. Položaj planiranih CGO-a u RH sukladno Planu gospodarenja otpadom RH od 2007. – 2015. Prema trenutnom statusu realizacije. (NN 3/2017).....	10
Slika 2. 5. Shema prikaz procesa: a) mehaničko biološke obrade i b) biološko mehaničke obrade otpada (Kovačević 2009).	12
Slika 3. 1. Shematski prikaz građe tijela odlagališta otpada (prema NN 114/2015).	15
Slika 3. 2 Prikaz osam grupa geosintetičkih materijala (Wikipedija 2014).	16
Slika 3. 4. Shematski prikaz faza procesa razgradnje otpada u odlagalištu otpada (prema Williams 2005).	23
Slika 3. 5. Sastav odlagališnog plina (a) i filtrata(b) kroz faze procesa raspadanja biorazgradivog otpada (prema Williams 2005).	27
Slika 4. 1. Shematski prikaz bioreaktorskih odlagališta: a) aerobno bioreaktorsko odlagalište, b) anaerobno bioreaktorsko odlagalište i c) hibridno bioreaktorsko odlagalište (prema Pejić 2017).	29
Slika 4. 2. Krivulja proizvodnje odlagališnog plina u konvencionalnim i bioreaktorskim odlagalištima (prema ITRC 2007).	30
Slika 6. 1. Sastav komunalnog otpada nastalog na području Grada Ivanić – Grada, Općine Križ i Općine Kloštar Ivanić (HAOP 2018).	34
Slika 6. 2. Prikaz temeljnog brtvenog sloja plohe 6 postavljenog na odlagalište otpada Tarno (prema H-PROJEKT 2017).	36
Slika 6. 3. Pokrovni sustav odlagališta otpada Tarno (prema H-PROJEKT 2008).	37
Slika 6. 4. Biofilter na odlagalištu otpada Tarno (H-PROJEKT 2018).	39
Slika 6. 5 Predloženi sustav sakupljanja komunalnog otpada na području Grada Ivanić – Grada (PGO Ivanić – Grad 2018).	41

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Popis i opis mjera, rok njihove provedbe te potrebna financijska sredstva propisani PGO-om Ivanić – Grada za razdoblje 2017. – 2022. Godine (PGO 2018).

Prilog 2. Ortofoto prikaz lokacije odlagališta otpada Tarno (IGH 2015).

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I KRATICA

Simbol	Značenje	Jedinica
A	površina	m ²
BPK	Biokemijska potrošnja kisika	
CCL	Sloj zbijene (kompaktirane) gline	
CGO	Centar za gospodarenje otpadom	
CH ₃ COOH	Octena kiselina	
CH ₄	Metan	
CO ₂	Ugljikov dioksid	
d.o.o.	Društvo s ograničenom odgovornošću	
EU	Europska unija	
GCL	Geosintetski glineni tepih	
GIO	Gorivo iz otpada	
H	razlika potencijala	m
H ₂	Vodik	
H ₂ O	Voda	
HAOP	Hrvatska agencija za okoliš i prirodu	
HDPE	Polietilen visoke gustoće	
i	hidraulički gradijent	
IGH	Institut građevinarstva Hrvatske	
JLS	Jedinica lokalne samouprave	
k	Koeficijent propusnosti	m/s
l	duljina	m
LLDPE	Linearni polietilen niske gustoće	
MBO	Mehaničko biološka obrada	
MRBT	Postrojenje za materijalnu oporabu i biološku obradu otpada (eng. <i>Recovery and Biological Treatment plant</i>)	
MZOE	Ministarstvo zaštite okoliša i energetike	
MZOP	Ministarstvo zaštite okoliša i prirode	
N ₂	Dušik	
NIMBY	Ne u mom dvorištu (eng. <i>Not in my back yard</i>)	
NN	Narodne Novine	
O ₂	kisik	

PGO	Plan gospodarenja otpadom	
pH	Mjera kiselosti, odnosno lužnosti vodenih otopina	
ppm	dijelova na milijun	
RD	Reciklažno dvorište	
RH	Republika Hrvatska	
t	vrijeme	s
v	brzina	m/s
V	volumen	m ³
ZOGO	Zakon o održivom gospodarenju otpadom	

1 UVOD

Otpad predstavlja jedan od ključnih problema moderne civilizacije, a nastaje kao neizbježna posljedica suvremenog načina života. Brzim razvojem tehnologije i koncentriranjem ljudi u megapolise dolazi do stvaranja sve većih količina otpada. Otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti (NN 178/2004). Neadekvatno odlaganje otpada na odlagališta zapravo predstavlja neprimjereno ljudsko ponašanje s vlastitim otpadom jer otpad predstavlja izvor energije i sirovina. Iz tog razloga Europska unija nalaže odgovorno i razumno postupanje s otpadom. Suvremene tehnike omogućuju iskorištenje gotovo svih vrsta i količina otpada ali kao preduvjet se postavlja odvojeno prikupljanje svake pojedine vrste otpada čime se dobivaju korisne sekundarne sirovine, a štetan utjecaj na okoliš se smanjuje na minimum. RH smatra da je suvremeno rješenje, za smanjenje sve većih količina, volumena i štetnosti otpada, provedba cjelovitog sustava gospodarenja otpadom. Krajnji cilj sustava predstavlja uspostava bezodlagališnog koncepta. Provedba samog sustava uključuje sanaciju i zatvaranje postojećih odlagališta te uspostavu centara za gospodarenje otpadom. Pristupanjem u članstvo EU, Republika Hrvatska, se obvezala na smanjenje količine biorazgradivog otpada koji se odlaže na odlagališta, te zatvaranje svih odlagališta otpada koja ne ispunjavaju uvjete iz Direktive o odlagalištima otpada nakon 31.prosinca 2018. godine (MZOE 2018).

Republika Hrvatska mora hitno poduzeti korake uspostave valjanog sustava, ne samo zbog penala radi ne izvršavanja Zakona propisanih od strane EU, već i zbog svih štetnih utjecaja kojima otpad djeluje na ljude i okoliš ali i zanemarivanja resursa koji se nalaze unutar otpada.

U radu je predstavljen sustav gospodarenja otpadom Republike Hrvatske i Grada Ivanić - Grada; i predložena su moguća poboljšanja u svrhu pravilnijeg i kvalitetnijeg upravljanja otpadom.

2 OTPAD

U Republici Hrvatskoj (RH) otpad je definiran Zakonom o otpadu kao *“svaka tvar ili predmet, određen kategorijama otpada, koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti”* (NN 178/2004). Iako otpad predstavlja sve ono što se u određenoj aktivnosti pojavljuje kao bezvrijedan nusproizvod; ono nije gomila neiskoristivih tvari već izvor materijala i energije, a pogrešno gospodarenje otpadom može imati golemi negativni utjecaj na sastavnice okoliša i zdravlje ljudi.

2.1 Vrste otpada

S obzirom na to da je otpad heterogen, teško ga je klasificirati. Postoji više tipova podjela ovisno o načinu karakterizacije i o regiji u kojoj je karakterizacija provedena. Stoga se podjela može vršiti prema mjestu nastanka, geotehničkim karakteristikama, prema karakteristikama utjecaja na okoliš i prema agregatnom stanju otpada (Kvasnička i Veinović 2007).

Kvasnička i Veinović (2007) navode tri tipa podjela otpada prema mjestu nastanka. Prvim tipom podjele otpad se dijeli na kućni otpad, otpad s javnih površina, industrijski otpad i ostali otpad (krupni, građevinski i drugi); u drugi tip podjele prema mjestu nastanku ubraja se komunalni otpad, mineralni otpad, industrijski otpad, otpad uslijed jaružanja i opasni otpad; dok treći tip ubraja komunalni otpad, industrijski otpad, bolnički otpad i poljoprivredni otpad (Kvasnička i Veinović 2007). Prema geotehničkim karakteristikama otpad može biti sličan tlu i ostali otpad, a prema utjecaju na okoliš može biti inertni, komunalni (kućni) i neopasni industrijski, te opasni industrijski otpad (Kvasnička i Veinović 2007). Prema agregatnom stanju dijeli se na kruti, tekući (mulj, tekućina), plinoviti otpad ali i mješavina ranije navedenih agregatnih stanja otpada (Kvasnička i Veinović 2007).

U ovom radu se stavlja naglasak na odlagališta komunalnog otpada te načinu gospodarenja komunalnim otpadom, kako u Republici Hrvatskoj tako i u Gradu Ivanić - Gradu, stoga se neće spominjati svi tipovi niti načini gospodarenja otpadom.

Prema Članku 3. Zakona o otpadu (NN 178/2004) „*komunalni otpad jest otpad iz kućanstva, te otpad iz proizvodne i/ili uslužne djelatnosti ako je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstva*“. Takav otpad nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po sastavu je sličan otpadu koji nastaje u kućanstvu (Milanović et al. 2002.). Komunalni otpad se često definira i kao *kućni otpad* no kućni otpad je, uz komercijalni, laki industrijski i otpad s javnih površina, podkomponenta komunalnog otpada (Kvasnička i Veinović 2007). Komunalni otpad uglavnom čine: otpaci iz vrtova i papir (koji čine oko 50 % težinskog udjela komunalnog otpada), otpaci hrane, plastika i guma, tekstil, drvo, pepeo, te vangabaritni predmeti kao što su namještaj, frižideri, školjke automobila i slično (Kvasnička i Veinović 2007).

Uredbom o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/2005) otpad se, s obzirom na svojstva kojima djeluje na zdravlje ljudi i okoliš, dijeli na inertni, neopasni i opasni otpad.

Opasni otpad je otpad koji sadrži tvari koje imaju barem jedno od navedenih svojstava: toksičnost, karcinogenost, mutagenost, ekotoksičnost, eksplozivnost, zapaljivost, štetnost, nadraživost, infektivnost, teratogenost, svojstvo nagrizanja, oksidiranja, otpuštanja toksičnih ili vrlo toksičnih plinova u dodiru s vodom, zrakom ili kiselinom (NN 39/2009).

Neopasni otpad je svaki otpad koji nema niti jedno od prethodno navedenih opasnih svojstava, odnosno to je otpad koji po sastavu i svojstvima ne šteti ljudskom zdravlju i ne ugrožava okoliš (NN 50/2005; NN 39/2009).

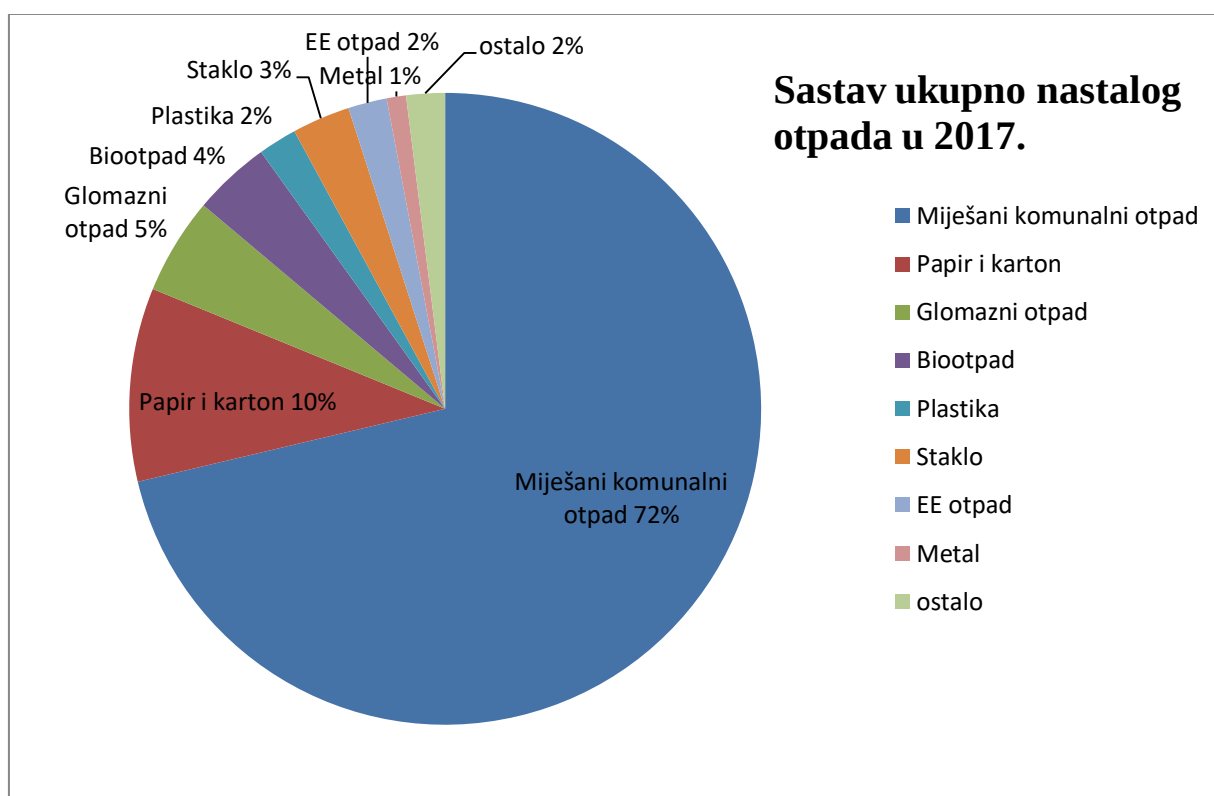
Inertni otpad je Uredbom definiran kao „*otpad koji ne podliježe fizičkim, kemijskim ili biološkim promjenama...nije topiv, nije zapaljiv, na bilo koje druge načine fizikalno ili kemijski ne reagira niti je biorazgradiv. S tvarima s kojima dolazi u dodir ne djeluje tako da bi to utjecalo na zdravlje ljudi, životinjski i biljni svijeta ili na povećanje dozvoljenih emisija u okoliš. Vodotopivost, sadržaj onečišćujućih tvari u vodenom ekstraktu i ekotoksičnost vodenog ekstrakta (eluata) inertnog otpada mora biti zanemariva i ne smije u nijednom propisanom parametru ugrožavati kakvoću površinskih ili podzemnih voda.*“ (NN 50/2005).

2.2 Sastav komunalnog otpada

Prilikom određivanja načina gospodarenja otpadom veliku važnost predstavlja poznavanje udjela različitih komponenti otpada.

Prema podacima Hrvatske agencije za okoliš i prirodu (HAOP) u 2017. godini u Republici Hrvatskoj nastalo je 1.716.005 tona komunalnog otpada odnosno 400 kg/st. Vidljiv je blagi porast od 2 % od ukupno nastalog otpada u prethodnoj godini (1.679.765 tona) (HAOP 2017).

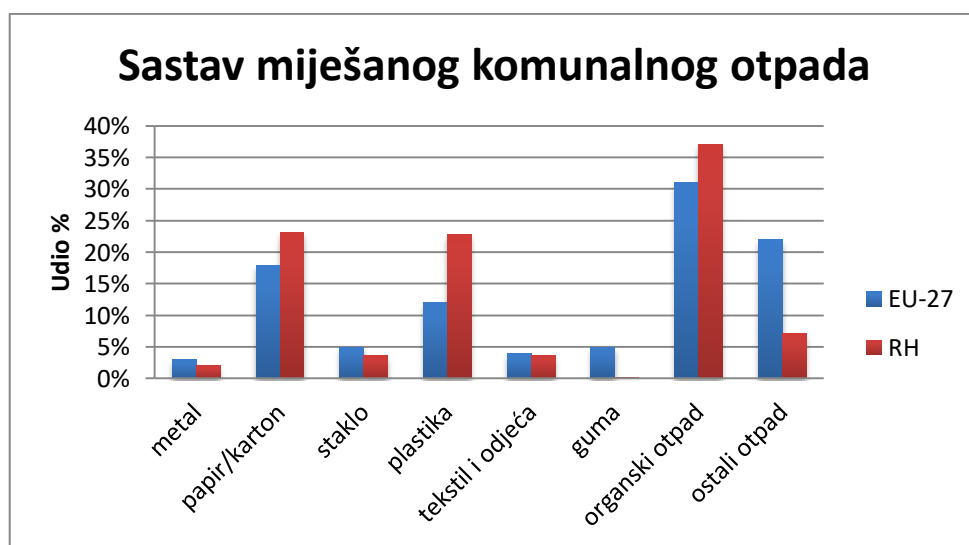
72 % ukupno nastalog otpada u 2017. godini čini miješani komunalni otpad, dok ostatak od 28 % čini odvojeno sakupljeni otpad (papir i karton, glomazni otpad, biootpad, staklo, plastika, električni i elektronički otpad te metal) kako je prikazano i na slici 2.1. (HAOP 2017).



Slika 2. 1. Sastav komunalnog otpada nastalog u RH u 2017. godini.

Dakle, miješani komunalni otpad (sav preostali otpad nakon izdvajanja iskoristivih komponenti) čini najveći dio ukupno prikupljenog otpada zbog čega se javlja potreba za poznavanjem njegovog sastava. Na slici 2.2. prikazana je usporedba prosječnog sastava miješanog komunalnog otpada Europske unije (EU) i RH.

Sastav i količina nastalog otpada ovisiti će o nizu faktora, kao na primjer o stupnju gospodarske razvijenosti zemlje, kulturi stanovništva, klimi, geografskom položaju zemlje, sezonskim promjenama i tako dalje. Istraživanja su pokazala da zemlje manje gospodarske razvijenosti generiraju više organskog otpada dok u sastavu otpada razvijenih zemalja dominiraju papir, plastika i drugi anorganski materijali; udio organske frakcije u otpadu generiranom u nisko i srednje razvijenim zemljama kreće se od 40 % do 80 % (Hoornweg i Bhada- Tata 2012).



Slika 2. 2. Usporedba sastava miješanog komunalnog otpada nastalog u EU i HR¹ (prema Hrebiček i Soukopova; HAOP 2015).

Najveću komponentu miješanog komunalnog otpada, kako u Hrvatskoj pa tako i diljem Europske unije, predstavlja organski, odnosno biorazgradivi otpad. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (ZOGO), kojeg je Hrvatski sabor donio 15. srpnja 2013. godine, definira ga kao otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, a koji u svom sastavu sadrži biološki razgradiv otpad, odnosno onaj otpad koji se može razgraditi biološkim aerobnim ili anaerobnim postupkom. Kako je također navedeno Zakonom; biootpad predstavlja otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i sličan otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda (NN 94/2013).

¹Zbog nedostataka službenih podataka usporedba je napravljena na podacima o sastavu miješanog komunalnog otpada Europske unije iz 2007. godine, dok je sastav miješanog komunalnog otpada RH određivan na uzorcima iz 2012. godine.

2.3 Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj

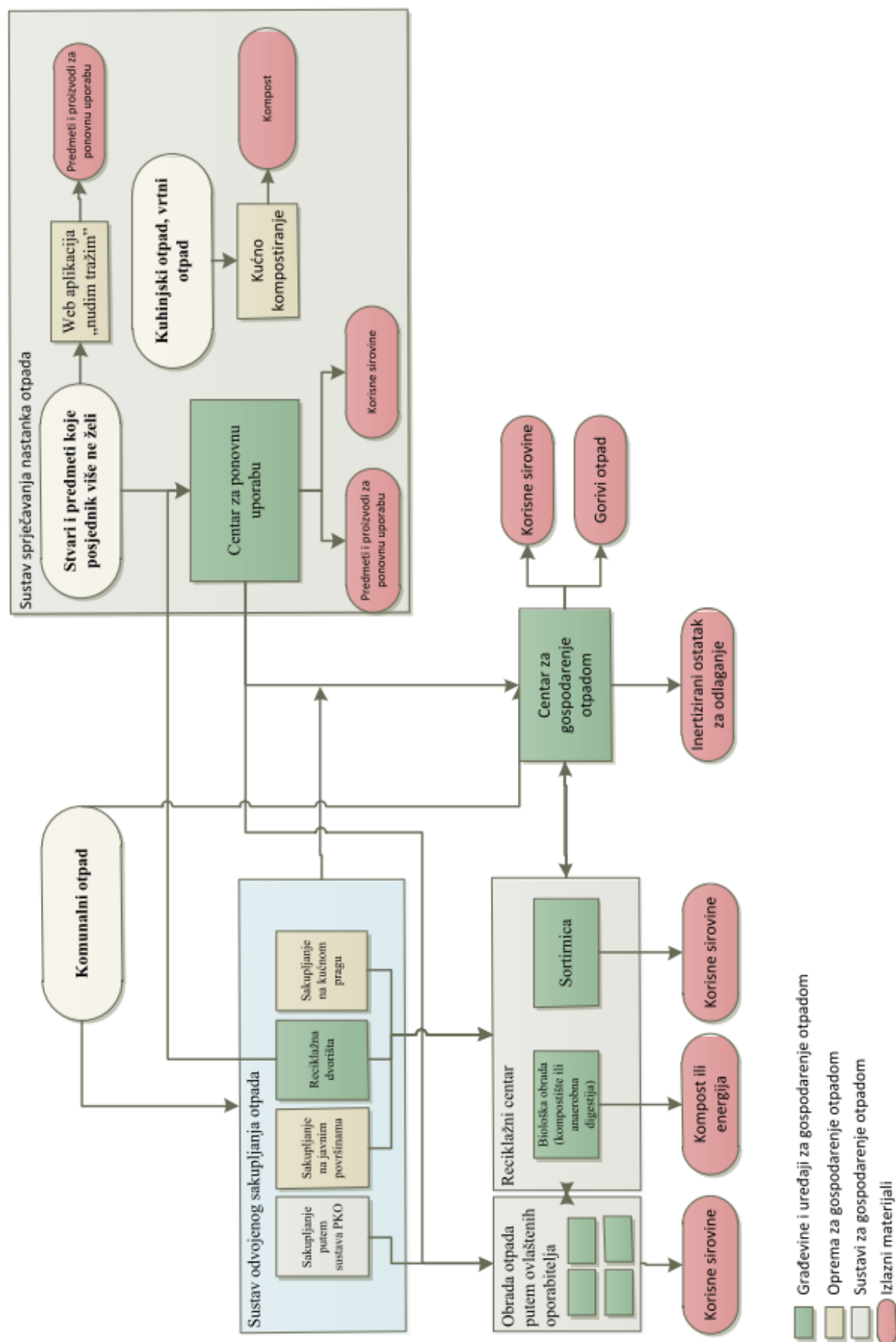
Prilikom prijave Republike Hrvatske za prijam u članstvo EU prema mišljenju Europske komisije u RH najveći problem zaštite okoliša predstavlja neodgovarajuće gospodarenje otpadom. Stoga je RH primorana uspostaviti sustav gospodarenja otpadom čiji je osnovni cilj ostvarivanje i održavanje cjelovitog sustava gospodarenja otpadom, odnosno izbjegavanje nastanka otpada te njegovog utjecaja na okoliš, zdravlje ljudi i klimu. Sustav je također potrebno uskladiti s načelom održivog razvoja odnosno razvoja koji će udovoljiti potrebama sadašnjih generacija bez da ugrožava mogućnost budućih generacija da zadovolje vlastite potrebe (Sobota 2014). Koncept tog sustava obuhvaća sljedeće hijerarhijski navedene mjere (Milanović et al. 2002):

- nadzor toka otpada, od mjesta nastanka do mjesta konačne obrade,
- izbjegavanje i smanjivanje otpada,
- recikliranje i obnavljanje otpadnih tvari,
- obrada neiskorištenog otpada,
- minimalno odlaganje obrađenog otpada.

Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom također nalaže korištenje najboljih raspoloživih tehnologija, odnosno tehnologija koje u praktičnoj primjeni osiguravaju proizvodnju bez štetnih emisija i općenito štetnih utjecaja na okoliš ili s minimalnim utjecajem na okoliš (NN 80/2013). Kao krajnje rješenje nalaže napuštanje odlaganja otpada na odlagališta. Kako bi se to ostvarilo potrebno je zatvaranje kruga od izbjegavanja nastanka otpada, smanjenje količina i štetnosti, reciklaže i oporabe (mehaničke, biološke, energetske) do iskorištavanja internog ostatka, što je ostvarivo uz stalni odgoj i obrazovanje svih ciljnih grupa i sudjelovanje građana od prve zamisli do realizacije i upravljanja (NN 130/2005). Zbog male ekonomske isplativosti obrade otpada te niskih troškova odlaganja, odlaganje otpada bez prethodne obrade predstavlja primaran način gospodarenja otpadom u državama diljem Europe; pogotovo državama male gospodarske razvijenosti. No zbog golemih negativnih učinaka takvog načina gospodarenja otpadom Europska unija nalaže obradu otpada fizikalnim, termičkim, kemijskim ili biološkim postupcima prije odlaganja. Tim postupcima mijenjaju se svojstva otpada s ciljem smanjenja količine otpada i njegovih opasnih svojstava čime se postiže olakšano rukovanje ili poboljšana iskoristivost otpada (Službeni list Europske Unije 2013).

2.3.1 Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine

Vlada Republike Hrvatske na sjednici održanoj 5. siječnja 2017. godine donosi „Odluku o donošenju Plana gospodarenja otpadom (PGO) Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine“ (NN 3/2017) koji predstavlja temeljni dokument o gospodarenju otpadom za navedeno razdoblje. Plan je donesen temeljem Zakona o održivom gospodarenju otpadom (ZOGO), a usklađen je sa, još uvijek aktualnom, Strategijom gospodarenja otpadom RH iz 2005. godine (NN 3/2017; Sobota 2014). Strategija definira ciljeve gospodarenja otpadom i predlaže smjernice i mjere za njihovo ostvarivanje, dok je temeljni zadatak Plana osigurati provođenje glavnih ciljeva Strategije u određenom razdoblju (Sobota 2014). Ostvarivanje i održavanje cjelovitog sustava gospodarenja otpadom (prikazan slikom 2.3.) predstavlja glavni cilj Strategije gospodarenja otpadom kojim će taj otpad u potpunosti biti iskorišten kao resurs. Uz to za ciljeve je postavljeno: saniranje i zatvaranje postojećih odlagališta, saniranje „crnih točaka“ i otpadom visoko opterećenih lokacija u okolišu, razvoj i uspostava regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom (CGO) s predobradom otpada prije konačnog zbrinjavanja ili odlaganja, te uspostava cjelovitih informacijskih sustava gospodarenja otpadom (NN 3/2017). Uspostavom sustava osigurati će se ispunjenje ciljeva Plana do 2022. godine. Kako bi se Plan u potpunosti razvio potrebno je provoditi mjere navedene u prethodnom poglavlju.



Slika 2. 3. Shematski prikaz sustava gospodarenja komunalnim otpadom (NN 3/2017).

Kako bi se ostvarila mjera sprečavanja nastanka otpada potrebno je uspostaviti centre i mreže za ponovnu uporabu; odnosno subjekte čija je aktivnost sakupljanje, obnova ili popravak i ponovna distribucija proizvoda koji bi u suprotnom postali otpad. Cilj tih centara je potaknuti razmjenu i ponovnu uporabu isluženih proizvoda ili stvari i predmeta koje posjednik ne treba i ne želi, a još uvijek se mogu koristiti. U tu skupinu spadaju tekstil (odjeća i obuća), namještaj, električni i elektronički uređaji, te predmeti široke potrošnje poput posuđa, knjiga, igračaka, sportske opreme, bicikala, dječje opreme i slično. Osim toga za provođenje mjere predlaže se i kućno kompostiranje. Odvajanjem biootpada na mjestu nastanka u spremnike za biootpad, te kompostiranjem u vlastitim komposterima ili u vlastitom vrtu dovodi do smanjenja količina biorazgradive komponente komunalnog otpada koja se odlaže na odlagališta (NN 3/2017).

Za omogućavanje recikliranja i obnavljanja otpadnih tvari potrebno je osigurati infrastrukturu koja potiče i olakšava odvojeno prikupljanje pojedinih vrsta komunalnog otpada: otpadni papir, karton, staklo, plastika, metal, biootpad, krupni (glomazni otpad) i slično. Cilj odvojenog prikupljanja 60 % mase proizvedenog komunalnog otpada planira se postići do 2022. godine; kako bi se to ostvarilo potrebno je nabaviti komunalnu opremu, vozila i plovila za odvojeno prikupljanje otpada, izgraditi reciklažna dvorišta, reciklažne centre i postrojenja za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada (NN 3/2017).

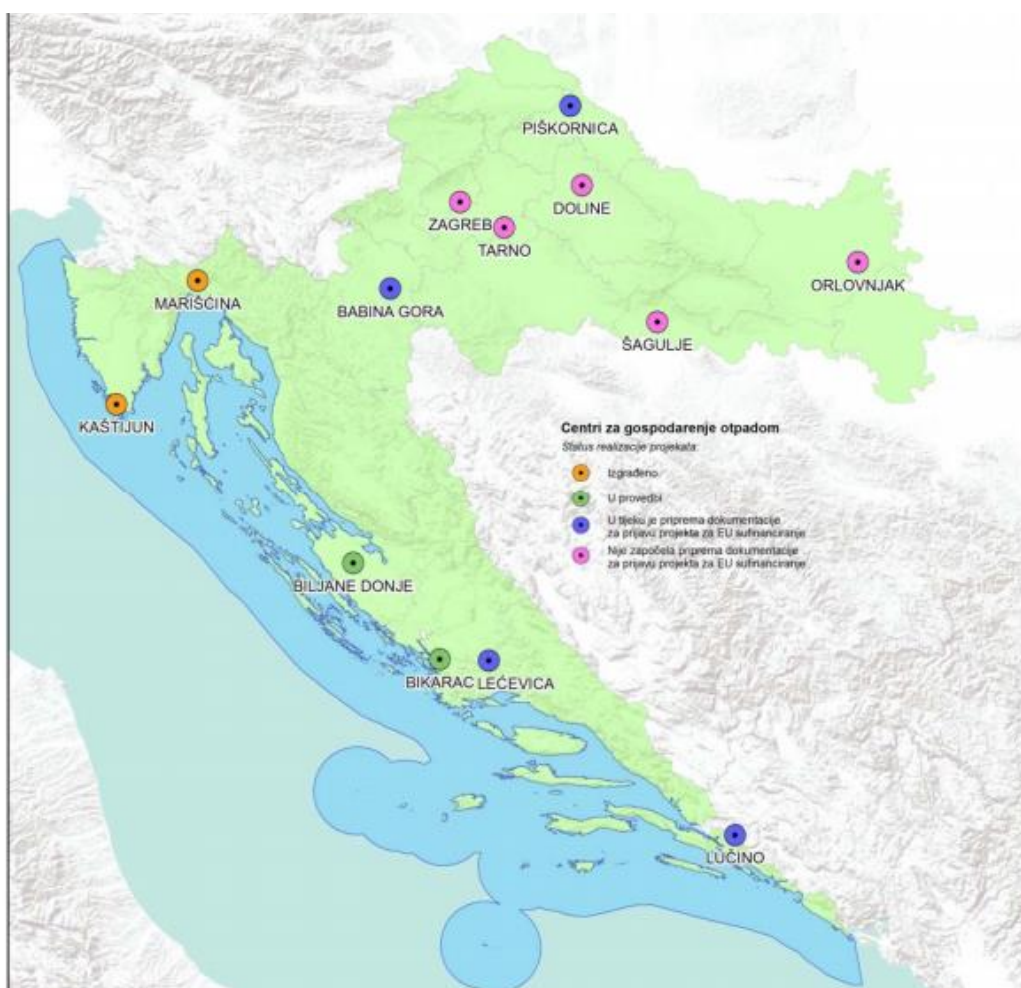
Za obradu neiskorištenog otpada predlažu se izgradnja CGO-a. To je skup međusobno funkcionalno i/ili tehnološki povezanih građevina i uređaja za obradu komunalnog otpada, a može se sastojati od (NN 3/2017):

- centra za ponovnu uporabu,
- reciklažnog dvorišta za građevinski otpad,
- postrojenja za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada (sortirnica),
- postrojenja za biološku (aerobnu ili anaerobnu) obradu odvojeno prikupljenog biootpada,
- postrojenja/opreme za mehaničku obradu neiskoristivog krupnog (glomaznog) otpada,
- postrojenja za mehaničku biološku obradu miješanog komunalnog otpada,
- odlagališne plohe za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest i
- odlagališne plohe za odlaganje prethodno obrađenog neopasnog otpada;

te može zaprimati sljedeće vrste otpada:

- krupni (glomazni) otpad,
- odvojeno prikupljeni otpadni papir/karton, plastika, metal, staklo,
- odvojeno prikupljeni biootpad,
- građevni otpad,
- građevni otpad koji sadrži azbest,
- inertni proizvodni otpad,
- miješani komunalni otpad.

RH je u PGO-u za 2007-2015. predvidjela lokacije za izradu CGO-a koje su prikazani na slici 2.4., a trebali bi se izgraditi do 2022. godine (NN 3/2017).



Slika 2. 4. Položaj planiranih CGO-a u RH sukladno Planu gospodarenja otpadom RH od 2007. – 2015. Prema trenutnom statusu realizacije. (NN 3/2017).

2.4 Obrada otpada

Bez prethodne obrade na odlagališta otpada može se odlagati samo inertan (ako obrada nije tehnički izvediva) i drugi neopasni otpad ako njegova obrada ne smanjuje količinu ili svojstva otpada koji imaju štetan utjecaj po okoliš i zdravlje ljudi (NN 114/2015).

U postupke predobrade otpada prije odlaganja na odlagališta ubrajamo spaljivanje otpada, pirolizu i rasplinjavanje (termički postupci) te mehaničko biološku obradu otpada (Milanović et al. 2002).

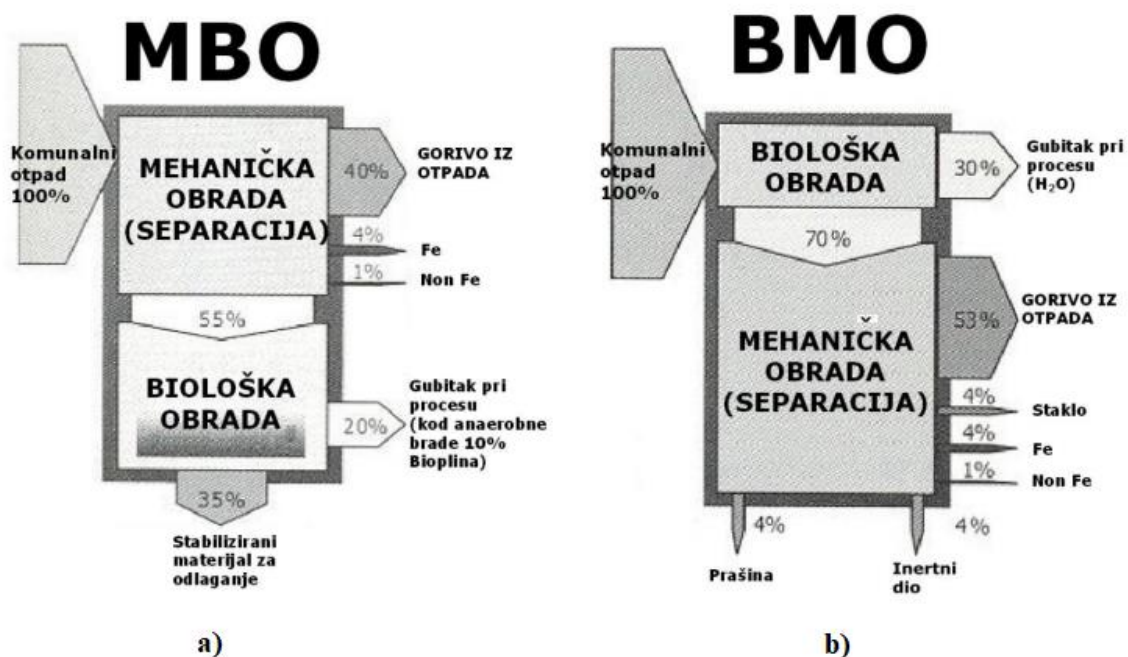
Najčešće korišteni postupak termičke obrade otpada predstavlja spaljivanje otpada u spalionicama, no postoje i alternativne metode kao što su piroliza i rasplinjavanje. Ovim postupcima osigurava se energetska uporaba otpada kao i recikliranje materijala iz ostatka spaljivanja (pepela i šljake). Spaljivanjem otpada moguće je postići 50 % do 60 % redukcije volumena ulaznog komunalnog otpada ovisno o sastavu i gustoći otpada, te značajno smanjenje utjecaja organske komponente na emisije u odlagalištu (procjedne vode i odlagališni plinovi) (Komilis et al. 1999). Čvrsti ostaci dodatno se obrađuju (npr. ustakljivanjem) te se koriste kao građevinski materijal (Milanović et al. 2002). Ti postupci gotovo u potpunosti ostvaruju ideju bezodlagališnog koncepta, no velika količina štetnih plinova koja nastaje u procesu spaljivanja otpada diktira izgradnju postrojenja za pročišćavanje zraka koji povećavaju troškove procesa. Ti troškovi mogu se kompenzirati prodajom električne ili toplinske energije.

Početak primjene, mehaničko biološka obrada (MBO), primjenjivana je kao predobrada otpada prije odlaganja u svrhu smanjenja mase, volumena, toksičnosti i biološke reaktivnosti otpada s ciljem smanjenja odlagališnih plinova, procjednih voda i slijevanja tijela odlagališta. Danas je izdvajanje reciklabilnih materijala i proizvodnja goriva iz otpada jednako važan razlog primjene MBO-a. Nakon postupka MBO-a otpada samo jedna trećina ulaznog otpada preostaje za odlaganje na odlagalištima (Ludwig et al. 2003). Proces sadrži više postupaka obrade (prikazano slikom 2.5.), a njihov redoslijed ovisi o krajnjem cilju obrade.

Kada mehaničko sortiranje otpada prethodi biološkoj obradi, sortiranjem dolazi do izdvajanja reciklabilnih materijala (metal, staklo), te 35 % do 40 % visokokalorične frakcije (Gorivo iz otpada (GIO)). Preostali materijal (55 % frakcija bogata organskom komponentom) biološki se obrađuje. Biološka obrada može biti aerobna ili anaerobna te

kao proizvod nastaje 35 % materijala nalik humusu koji se odlaže na odlagališta i 20 % gubitaka od kojih se maksimalno može proizvesti 10 % bioplina. Kada biološka obrada prethodi mehaničkoj kao krajnji proizvod dobiva se reciklabilni materijali i GIO (Williams 2005; Ludwig et al. 2003).

Proizvodi dobiveni ovom metodom manje su kvalitete nego proizvodi dobiveni odvojeno sakupljenim materijalom čime se smanjuje ekonomska isplativost ovog postupka.



Slika 2. 5. Shema prikaz procesa: a) mehaničko biološke obrade i b) biološko mehaničke obrade otpada (Kovačević 2009).

3 ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA

Temeljem članka 104. Zakona o održivom gospodarenju otpadom donesen je *Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada* (NN 114/2015).

Prema Pravilniku odlagalište otpada je “*građevina namijenjena odlaganju otpada na površini ili pod zemljom (podzemno odlagalište)*”, a ono može biti odlagalište za opasni otpad, odlagalište za neopasni otpad ili odlagalište za inertni otpad (NN 114/2015).

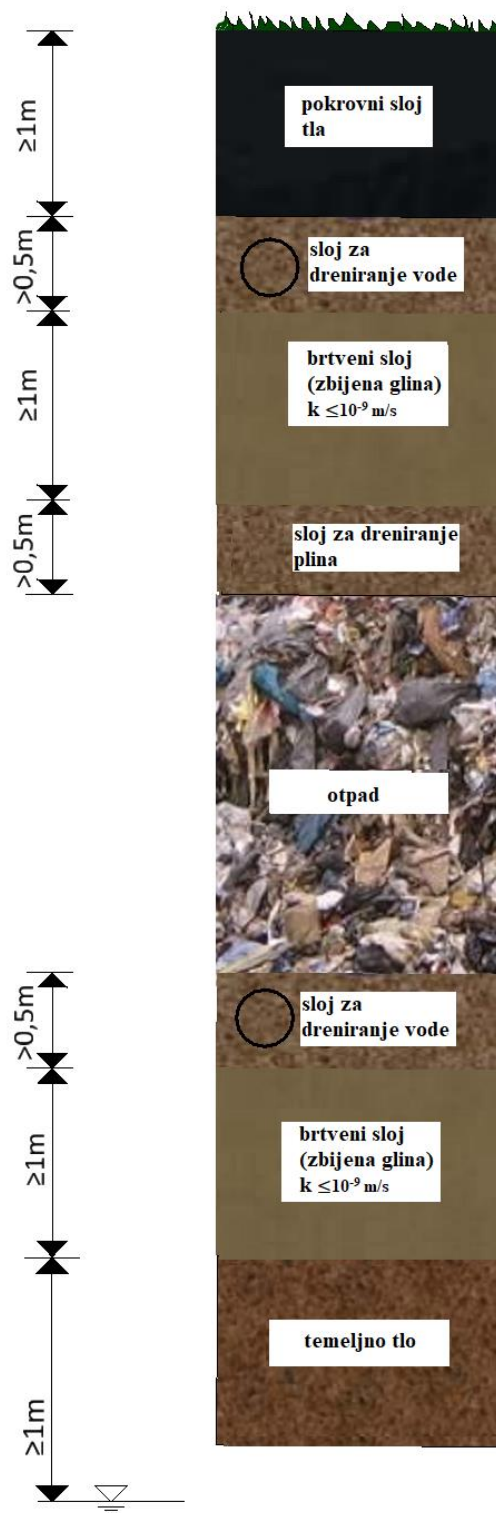
Odlagališta komunalnog otpada spadaju u grupu odlagališta neopasnog otpada, no produkti njegove razgradnje (plinovi i tekućine) iznimno štetno djeluju na okoliš. Odlaganje otpada na odlagališta je ekonomski najisplativiji postupak zbrinjavanja otpada, te omogućava prihvrat širokog spektra otpada. Iako moderni koncepti gospodarenja otpadom zagovaraju bezodlagališni koncept, izbjegavanje nastanka otpada u potpunosti gotovo je nemoguće postići, s obzirom da prilikom primjene drugih metoda obrade otpada (na primjer spaljivanje) također preostaje dio materijala koje je potrebno zbrinuti.

Stupanj obrade otpada ponajviše ovisi o gospodarskom razvoju države. U razvijenijim zemljama važnost se pridaje načinu zbrinjavanja otpada, te njegovom utjecaju na okoliš; dok se u nerazvijenim zemljama pitanje zaštite okoliša zanemaruje, a prednost se pridaje potrebama stanovništva (Pawlowska 2014).

3.1 Građa tijela odlagališta otpada

Unutar Priloga I., ranije spomenutog Pravilnika, navodi se minimalna udaljenost odlagališta otpada od 500 m od naseljenog područja gdje stalno borave ljudi; zabranjuje se odlaganje otpada u poplavnim područjima, zonama klizišta, erozija, bujica (ako te utjecaje nije moguće spriječiti tehničkim mjerama), područjima u kojima se najviša moguća razina podzemne vode ne nalazi najmanje 1m ispod temeljnog tla tijela odlagališta, blizini zone utjecaja na prirodnu ili kulturnu baštinu te područjima crpljenja pitke vode. U pogledu zaštite tla i vode nalaže poduzimanje mjera sakupljanja oborinske vode koja prodire u tijelo odlagališta, sprečavanja da površinska i/ili podzemna voda dođe

u dodir s odloženim otpadom, sakupljanja onečišćenih i procjednih voda, pročišćavanja onečišćenih voda i sakupljenih procjednih voda. Nalaže obradu i korištenje nastalog odlagališnog plina ili njegovo spaljivanje ili sprečavanje njegove emisije u zrak drugim postupcima ukoliko se ne može upotrijebiti za dobivanje energije (NN 114/2015). Na slici 3.1. shematski su prikazani kriteriji za izgradnju odlagališta otpada propisani Pravilnikom.



Slika 3. 1. Shematski prikaz građe tijela odlagališta otpada (prema NN 114/2015).

3.1.1 Temeljni sustav

Brtveni sloj

Kada voda dođe u kontakt s otpadom (na primjer u obliku oborinske vode, priljeva podzemne vode, vlage sadržane u otpadu) dolazi do otapanja otpada te nastajanja procjedne vode, odnosno filtrata, koji sadrži razne kemijske elemente te suspendirane čestice. Kako taj filtrat predstavlja opasnost po tlo i podzemne vode jednu od komponenta odlagališta otpada čine temeljni brtveni slojevi koji onemogućuju njihov prodor u okoliš te sukladno tome i kontaminaciju samoga okoliša. S obzirom na karakteristike otpada koji se odlaže na odlagalište ali i karakteristike temeljnog i okolnog tla, brtveni sustav može se izrađivati kao jednoslojni, kompozitni, dvoslojni ili višeslojni sustav (Williams 2005).

Uglavnom se pri njihovoj izradi koriste zemljani materijali niske propusnosti i/ili geosintetički materijali. Na slici 3.2. prikazano je 8 grupa geosintetičkih materijala koji se koriste pri izgradnji odlagališta otpada.



Slika 3. 2 Prikaz osam grupa geosintetičkih materijala (Wikipedija 2014).

Pod zemljanim materijalima ubrajaju se prirodna tla s velikim sadržajem gline kako bi se postigla zahtijevana hidraulička vodljivost. Hidraulička vodljivost, odnosno koeficijent

propusnosti (k) definira propusnost neke stijene. Koeficijent propusnosti (k) predstavlja volumen vode koji protječe kroz jediničnu površinu materijala ($A=1 \text{ m}^2$) u promatranom vremenu, uz jedinični hidraulički gradijent ($i=1$), to jest pad potencijala od 1m na udaljenosti od 1m u smjeru tečenja vode; prikazan je izrazom 3.1. (Kvasnička i Domitrović 2007):

$$k = \frac{v}{i} = \frac{\frac{V}{A \cdot t}}{\frac{H}{l}} = \frac{V \cdot l}{A \cdot t \cdot H}, \quad (3.1.)$$

gdje je:

k – koeficijent propusnost (m/s),

v – brzina tečenja (m/s),

i – hidraulički gradijent,

V – volumen vode (m^3),

A – površina poprečnog presjeka uzorka (m^2),

t – vrijeme (s),

H – razlika potencijala (m),

l – duljina uzorka (m).

Prosječna vodonepropusnost brtvenih sustava za odlagališta neopasnog otpada mora biti manja od $k \leq 10^{-9} \text{ m/s}$ u debljini tla od najmanje jedan metar (NN 114/2015). S ciljem postizanja takve vodonepropusnosti tlo se postavlja u malim količinama (uglavnom debljine sloja od 30 cm odnosno 15 cm u slučaju primjene ručnih kompaktera) u više navrata do postizanja zahtijevane debljine sloja. Zbijena glina (eng. *compacted clay liner* - CCL) osjetljiva je na cikluse močenja i sušenja (sušenjem nastaju pukotine u glini), cikluse smrzavanja i topljenja (što povećava hidrauličku vodljivost) te izobličenja uzrokovana diferencijalnim slijeganjem (od čega nastaju rastezljive pukotine) (Daniel i Koerner 1997). Iako se ponekad ugrađuje samostalno, učestalija praksa je korištenje kompozitnog sloja (eng. *composite liner*) odnosno sloja CCL-a iznad kojeg je smještena geomembrana.

Najčešće se koriste fleksibilne, polietilenske membrane visoke gustoće, debljine 2,5 mm te hrapave na obje strane. Nedostatak geosintetičkih materijala je njihova osjetljivost na bušenje te kako ne bi došlo do oštećenja potrebno je pridati veliku pažnju njihovoj ugradnji, a sve moguće štete sanirati.

Kao zaštita geomembrane od mehaničkih oštećenja, prilikom ugradnje drenažnih i filtarskih slojeva kao i prilikom odlaganja i zbrinjavanja otpada, iznad nje se postavlja

geotekstil (Daniel i Koerner 2007; Kvasnička i Veinović 2007, Hrnčić i Hrnčić 2011). Također postoji mogućnost zamjene CCL-a geosintetskim glinenim tepihom (eng. *geosynthetic clay liner - GCL*). GCL je tvornički proizvedena hidraulična i plinska barijera koja se uglavnom sastoji od glinenog materijala niske propusnosti (uglavnom bentonitne gline) te geotekstila i/ili geomembrane koji su spojeni šivanjem, pletenjem ili lijepljenjem (Daniel i Koerner 2007). GCL čini tanki sloj gline (uglavnom bentonit) smješten između dva geotekstilna materijala ili dvije geomembrane (na primjer Gundseal sa dodanom membranom i sa druge strane bentonitne gline), zbog čega se još i naziva bentonitnim tepihom (Kovačić 1994; Erickson et al. 2002). Do te zamjene uglavnom dolazi u slučaju kada se ležište gline ne nalazi u blizini lokacije odlaganja otpada zbog visokih troškova transporta. U praksi se ponekad kao zamjenski materijal koriste i tla pojačana bentonitnom glinom, trisoplast (izdrživa i fleksibilna izolacijska otopina koju čini posebna glinovito-sintetička komponenta pomiješana s pijeskom i vodom koja je, između ostalog pronašla primjenu i pri brtvljenju odlagališta otpada (Naismith et al. 2009)), mješavina bentonita i pepela, materijali poput mulja iz industrije papira ili asfaltni beton (Daniel i Koerner 2007). Kovačić (1994) navodi da zemlje u razvoju pri planiranju zbrinjavanja otpada veliku važnost moraju pridati minimiziranju troškova korištenjem nekonvencionalnih materijala kao što su mulj iz industrije papira, jalovinski glinoviti materijal i slični materijali.

Drenažni i filtracijski sloj

Postavljanjem drenažnog sloja na dno tijela odlagališta sprečava se porast razine filtrata do visine mogućeg prelijevanja, mogućnost procjeđivanja kroz bočne ili temeljne brtvene slojeve, kemijska interakcija između brtvenih slojeva i filtrata, stvaranje odlagališnog plina (zbog vlažnosti otpada) čime se utječe na brzinu procesa kemijske i biološke stabilizacije otpada (završetkom bio-kemijske aktivnosti dolazi do prestanka slijeganja odnosno veće mehaničke stabilnosti), te geomehaničke nestabilnosti (u pogledu stabilnosti kosina) u slučaju kada se odlagalište otpada nalazi iznad kote tla (Kvasnička i Veinović 2007).

Drenažni sustav za odvajanje filtrata se uglavnom sastoji od (Kvasnička i Veinović 2007):

- Zaštitnog sloja,
- Filtarskog sloja,
- Drenažnog sloja,
- Drenažnih cijevi,

- Okana („dimnjaka“) za prikupljanje i monitoring.

Sustav za odvodnju filtrata mora biti projektiran na način da omogući dreniranje filtrata unutar odlagališta u mjeri da vodno lice filtrata bude ispod predviđene razine; izdrži moguća fizička oštećenja nastala pri naprezanju uzrokovanom teretom slojeva otpada i uređaja za kompaktiranje. Sustav mora biti dizajniran na način kojim će se spriječiti utjecaj agresivnih fluida odlagališta (pojava korozije), visoke temperature te mogućnost začepljenja pora i cijevi što dovodi do potrebe za alternativnim rješenjem sakupljanja i odvajanja filtrata uslijed mogućih kvarova.

Materijal koji se koristi pri sakupljanju procjednih voda mora biti ekološki čist, čvrst i trajan. Uglavnom se u tu svrhu koristi lomljeni kamen ili šljunak; može biti poluzaobljen ili zaobljen, netopiv u vodi te s propusnosti većom ili jednakom od $1 \cdot 10^{-3}$ m/s (Hrnčić i Hrnčić 2011). Uz ugradnju drenažnog materijala postavljaju se i sabirne cijevi (porozne cijevi čije dimenzije i položaj omogućavaju provjeru i održavanje sustava dok god postoje zahtjevi za njegovom funkcionalnošću) preko čega se postavlja geotekstil (Kvasnička i Veinović 2007). Uloga geotekstila je sprečavanje prodora većih čestica koje bi mogle zapuniti šupljine na poroznim cijevima. Osim geotekstila u svrhu filtarskog sredstva može se koristiti i geomreža. Iznad sustava za drenažu i filtriranje postavlja se zaštitni zemljani sloj kojeg čine pjeskoviti ili šljunkoviti materijal čija propusnost mora biti veća ili jednaka $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (Hrnčić i Hrnčić 2011).

Izdvojeni filtrat potrebno je obraditi, odnosno štetne komponente svesti na koncentracije prihvatljive za okoliš prije ispuštanja u odvodni kanal. Obradu je moguće provesti recirkulacijom, biološkom, fizičko/kemijskom obradom ili termičkim postupcima. Iako je najjednostavnije i najjeftinije rješenje, zbog povećanja sadržaja teških metala u filtratu te smrada i mogućnosti zaraze kod ljudi koji rade na odlagalištu, recirkulacija nije i najbolje rješenje. Biološka obrada uključuje aerobnu i anaerobnu stabilizaciju filtrata u kojoj ostatak predstavlja biomasa koja služi kao priprema za fizičko/kemijsku obradu. Ona uključuje postupke kao što su membransko odvajanje, flokulacija s taloženjem, adsorpcija (aktivni ugljen, smole i tako dalje), kemijske oksidacije i drugi postupci. Biološka obrada može predstavljati način predobrade termičkim postupcima koji uključuju na primjer uparivanje ili sušenje (Kvasnička i Veinović 2007). Kao rezultat obrade nastaje kruti ostatak koji se odlaže na postojeće ili posebno odlagalište.

3.1.2 Pokrovni sustav

Brtveni sloj

Za razliku od temeljnog brtvenog sloja čija funkcija je sprječavanje prodora filtrata iz tijela odlagališta; pokrovni brtveni sloj sprječava prodor oborinske vode unutar tijela odlagališta, te migraciju plinova u atmosferu.

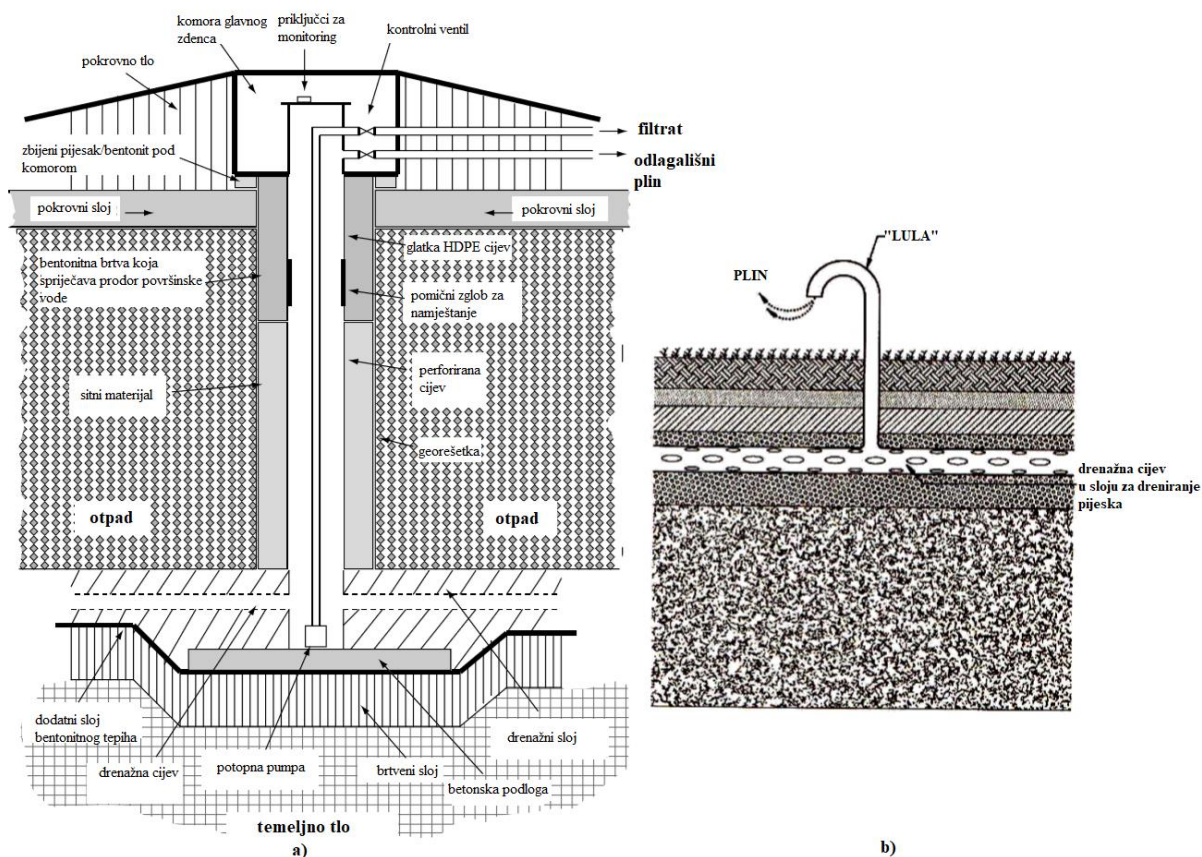
Uglavnom se pokrovni sustav, kako nalažu propisi, polaže na tijelo odlagališta neposredno nakon zapunjavanja plohe odlagališta do potpunog kapaciteta (postizanja projektirane visine odlagališta) čime zapravo dolazi do postavljanja skupe, slojevite te sofisticirane prekrivke na nestabilnu masu koja se s vremenom razgrađuje što dovodi do njenog deformiranja. Te deformacije, odnosno diferencijalna slijeganja, predstavljaju veliku opasnost na odlagalištu zbog čega ih je nužno sanirati. Kako bi se, u mnogim situacijama to izbjeglo Daniel i Koerner (1997) navode kako bi se izvođenjem privremenog prekrivnog sloja to moglo izbjeći. Privremeni prekrivni sloj omogućuje kontroliranu infiltraciju vode (i moguću recirkulaciju filtrata) kroz razdoblje od 3 do 10 godina. U tom vremenu završila bi većina slijeganja nakon čega se može izvesti završni pokrovni sustav. Budući da bi otpad bio stabilan dugoročni učinci završnog pokrova bili bi poboljšani.

Drenažni sloj

Sloj za dreniranje u pokrovnom sustavu koji se nalazi iznad samog otpada predstavlja sloj za dreniranje plina. Kako ne bi došlo do nakupljanja i zbijanja plina unutar tijela odlagališta te slobodnog prodiranja plina u atmosferu (što dovodi do požara, eksplozija, trovanja, razaranja brtvenih slojeva i sličnih posljedica) mora se na pravilan način izdvojiti i tretirati. Takav sustav sastoji se od drenažnih bunara i cijevi te plinovoda. Drenažni bunari mogu biti vertikalni, horizontalni te kombinirani (Kvasnička i Veinović 2007).

I ovaj sustav mora biti otporan na nepogodnosti koje priliče i sustavu za izdvajanje i obradu procjedne vode. Uz to mu prijeti i opasnost od slobodnog protjecanja odlagališnog plina u atmosferu što uvjetuje potrebi za hermetičkim brtvljenjem sustava iznad razine pokrovnog sloja (Kvasnička i Veinović 2007).

Postupak otplinjavanja može se provoditi aktivno i pasivno što je shematski prikazano slikom 3.3. (a) i (b).



Slika 3. 3. Shematski prikaz: (a) aktivnog načina otplinjavanja (prema Williams 2005) i (b) pasivnog načina otplinjavanja (Kvasnička i Veinović 2007).

Pasivni način otplinjavanja koristi se na starim odlagalištima koja se nalaze u kasnoj fazi nastajanja plinova ili na odlagalištima inertnog otpada (na kojima je količina nastajanja plinova mala ili zanemariva). Ovim postupkom iskorištava se vlastiti tlak plina u tijelu odlagališta čime se isključuje potreba za potrošnjom dodatne energije. Zbog toga se postiže mali koeficijent obuhvata plina što zahtjeva veći broj odsisnih bunara (Kvasnička i Veinović 2007; Williams 2005). Prilikom postupka aktivnog otplinjavanja za dobivanje plina iz tijela odlagališta koriste se pumpe. Plin migrira prema plinskim bunarima koje čini visokopropusni materijal (šljunak) kamenje ili krš (izlomljeno staklo) sa centralno smještenom plastičnom perforiranom cijevi (Williams 2005; Hrnčić i Hrnčić 2011). Visokopropusni materijal obložen je geotekstilom koji sprečava prodor sitnih čestica kako ne bi zapunile šupljine propusnog materijala te time smanjile njegovu propusnost.

Nedostatak pasivnog načina otplinjavanja stvara mogućnost naglog istjecanja plina i njegovo samozapaljenje uslijed naglog pada vanjskog tlaka, dok se aktivnim načinom održava podtlak od 5 do 15 kPa čime se uz izdvajanje plina ustaljuje i proces biološke razgradnje otpada. Usprkos tome prilikom aktivnog otplinjavanja postoji mogućnost

ispumpavanja filtratske pare koja ima visok sadržaj vlage što diktira potrebu za bunkerom za zadržavanje pare. Sakupljeni plin potrebno je kontinuirano obrađivati, privremeno skladištiti i energetski iskoristavati uz obaveznu predobradu plina (gdje se grubo čisti i provodi njegovo odvodnjavanje) dok se plin loše kvalitete (odnosno viškovi) spaljuju na baklji (Kvasnička i Veinović 2007; Williams 2005).

Drenažni sloj iznad brtvenoga sloja postavlja se zbog utjecaja oborinske vode na brtveni sloj (njime se smanjuje infiltracija vode u tijelo odlagališta), odvodnje viška vode iz pokrovnog zemljanog sloja (što može uzrokovati isušivanje pokrovne zemlje te nepovoljne uvjete za rast bilja), te (najvažnije) smanjenja i kontrole tlaka porne vode u tlu pokrovnog zemljanog sloja što poboljšava stabilnost pokosa (Daniel i Koerner 1997). Za izgradnju sloja uglavnom se koristi pijesak iako se može koristiti i šljunak ako je obilniji u regiji. Geomreže i geokompoziti se također koriste kao i alternativna rješenja kao što su isjeckane gume. Potrebno je osigurati i adekvatni filtracijski sloj kako čestice tla pokrovnog sloja ne bi uzrokovale začepljenje drenažnog sustava. Filtarski sloj uglavnom predstavlja geotekstil. Mora se omogućiti nesmetano protjecanje vode jer u suprotnome ona može izazvati nestabilnosti pokrovnog sloja (uslijed začepljenja, zamrzavanja i slično).

Također se pažnja mora pridati i oborinskoj vodi koja se ne procjeđuje kroz slojeve već se zadržava na površini pokrova te time izaziva eroziju pokosa. Ta voda se s tijela odlagališta odvodi pomoću rigola i kanala za odvodnju oborinskih voda (Kvasnička i Veinović 2007).

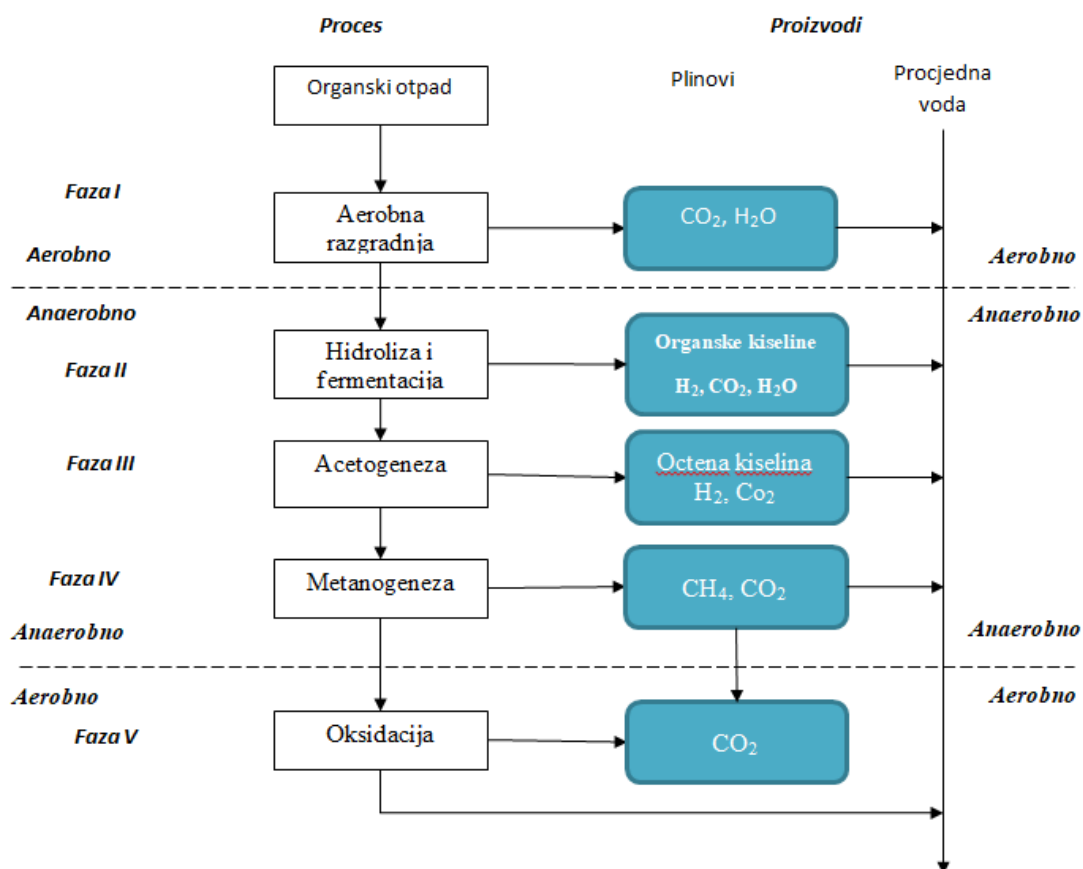
Zaštitni sloj/ pokrovni sloj tla

Na samoj površini ugrađuje se humusni materijal i travnata vegetacija kako bi se površina tijela odlagališta zaštitila od erozije vodom i vjetrom. Osim što vegetacija umanjuje učinke erozije ona omogućuje i transpiraciju vode natrag u atmosferu te kreira lisnati pokrov koji umanjuje utjecaj oborinske vode i vjetra na površinu prekrivnog tla. Važnost se također pridaje i izboru vegetacije. Uglavnom se koristi trava i nisko raslinje koje odgovara podneblju lokacije na kojoj se odlagalište nalazi, dok je drveće i grmlje zbog dugog korijenja neprikladno (jer može oštetiti drenažni ili brtveni sloj). Ispod površine rekultivirajućeg sloja nalazi se zemljani zaštitni sloj. Zadaća zaštitnog sloja je zaštita doljnjih slojeva od raznih učinaka te očuvanje vode koja se procijedi kroz pokrovni sloj (Daniel i Koerner 1997).

3.2 Procesi raspadanja otpada odloženog na odlagalište

Kako je vidljivo i na slici 2.2. najveću komponentu komunalnog otpada čini biorazgradivi otpad. Takav otpad podliježe razgradnji pod djelovanjem raznih mikroorganizama. Osim bioloških procesa, njegova razgradnja uključuje i fizikalne i kemijske procese u trajanju od više godina. Postoji pet faza razgradnje otpada (shematski prikazan slikom 3.4.), no zbog njegove heterogenosti sve faze se mogu pojavljivati istodobno sve do postizanja stabilizacije otpada (pete faze) unutar cijelog tijela odlagališta. Proces raspadanja ima tri glavne negativne posljedice po okoliš (Tammemagi 1999):

- nastajanje kiselog filtrata,
- nastajanje potencijalno eksplozivnog odlagališnog plina,
- slijeganje tijela odlagališta, s mogućnošću puzanja i pucanja pokrovnog sustava na odlagalištu.

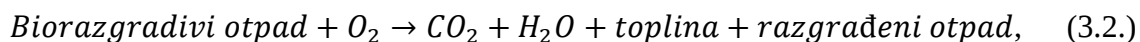


Slika 3. 4. Shematski prikaz faza procesa razgradnje otpada u odlagalištu otpada (prema Williams 2005).

Dakle, proces razgradnje otpada odloženog na odlagališta prvo podliježe aerobnoj razgradnji, zatim hidrolizi i fermentaciji, acetogenezi, metanogenezi te oksidaciji. Produkti svake faze predstavljaju reaktante svake sljedeće faze te rezultiraju stvaranjem odlagališnog plina i procjedne vode čiji sadržaj je opisan dijagramima na slici 3.5. (a) i (b).

Faza I. Aerobna razgradnja

U prvoj fazi ovoga procesa razgradnja se odvija uz prisutnost kisika. Može trajati od nekoliko dana do nekoliko tjedana sve do potpune potrošnje kisika, nakon čega nastupa druga faza procesa. Vrijeme trajanja procesa ovisiti će o količini zarobljenog kisika u porama tijela odlagališta kao i u samom otpadu, o stupnju zbijenosti otpada te o brzini prekrivanja otpada dnevnim prekrivnim slojem. No može se i nastaviti na manjim područjima u blizini površine gdje je osiguran dotok kisika. Djelovanjem mikroorganizama, kojima je za rast i razvoj potreban kisik (O_2), razgradnjom organske tvari nastaje ugljikov dioksid (CO_2), voda (H_2O), toplina, te razgrađeni otpad; taj proces prikazan je izrazom 3.2. (Tammemagi 1999):



Oslobođena toplina povisuje temperaturu tijela odlagališta, a ona može dosegnuti od 70 °C do 90 °C (Williams 2005). Zbijanjem otpada prisustvo kisika se smanjuje te se time smanjuje i temperatura unutar tijela odlagališta. Osim kisika, u tijelu odlagališta, odnosno u samom otpadu i slobodnom prostoru između otpada (porama) također je zarobljen i dušik (N_2) čija se koncentracija u prvoj fazi smanjuje (slika 3.5. (a)).

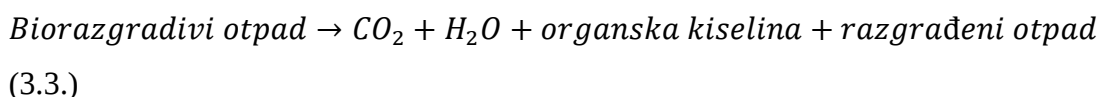
Nastali CO_2 ili odlazi u atmosferu ili se otapa u vodi tako tvoreći ugljičnu (karbonatnu) kiselinu. Otapanjem CO_2 dolazi do povećanja kiselosti filtrata, odnosno smanjenja pH vrijednosti sa otprilike 7,5 na pH vrijednost 4 (Zovko 2012). U ovoj fazi nastaju male količine filtrata koje sadrže procjeđenu vodu, otopljene soli i male količine topive organske tvari (Kvasnička i Veinović 2007).

Faza II. Hidroliza i fermentacija

Nakon potrošnje svog prisutnog kisika započinje druga faza procesa raspadanja otpada (slika 3.5. (a)) u kojoj prevladavaju anaerobni uvjeti u odlagalištu. Anaerobni uvjeti dovode do stvaranja anaerobnih mikroorganizama (anaeroba) za čiji rast i razvoj nije potreban kisik. Ti organizmi hidrolizom pretvaraju ugljikohidrate, proteine i lipide, nastale u prethodnoj fazi, u šećere koji se daljnjim procesom razgrađuju na ugljikov dioksid (CO₂), vodik (H₂), amonijak i organske kiseline (Williams 2005). Stvaranje organskih kiselina ovisi o sastavu odloženog otpada, ponajviše nastaju karboksilne kiseline (uglavnom octena). Temperatura unutar tijela odlagališta pada na 30 °C do 50 °C, a koncentracija plinova može narasti na razinu od 80 % CO₂ i 20 % H₂ (Williams 2005). Otpadna voda je i u ovoj fazi kisela zbog prisustva visoke koncentracije amonijaka i karboksilnih kiselina (masnih kiselina) (slika 3.5.(b)).

Faza III. Acetogeneza

Treća faza, iako se može godinama prolongirati, nastupa nakon dvanaest do petnaest mjeseci nakon odlaganja otpada (Zovko 2012). Uvjeti u odlagalištu i dalje su anaerobni. Procesom razgradnje otpada (prikazan izrazom 3.3.) nastaju ugljikov dioksid (CO₂), voda (H₂O), organska kiselina i razgrađeni otpad (Tammemagi 1999):



Faza se naziva „acetogena“ zbog nastanka izrazito velikih količina kiselina. Mikroorganizmi, koji za svoj rast i razvoj koriste CO₂ i N₂ (čija koncentracija u ovoj fazi izrazito pada (slika 3.5. (a)), direktno razgrađuju ugljikohidrate u octenu kiselinu. Zbog velike količine nastalih kiselina dolazi do povećanja pH vrijednosti na vrijednost 5,5 do 6,5 uslijed čega dolazi do otapanja drugih organskih i anorganskih tvari sadržanih u otpadu (Tammemagi 1999). Tek u ovoj fazi dolazi do pojave metana kao produkta razgradnje acetata, hidrogenkarbonata, vodika i ugljika. Dolazi i do stabilizacije koncentracije metala uslijed uspostave dinamičke ravnoteže između brzine proizvodnje organske kiseline,

acetata i metana (Pawlowska 2014). Dolazi i do pojave visoke vrijednost BPK (slika 3.5. (b)). BPK predstavlja biokemijsku potrošnju kisika, odnosno mjeru za količinu kisika potrebnog za oksidaciju tvari u vodi (Hrvatska enciklopedija). Visoka vrijednost BPK ukazuje na visoku biorazgradivost velikog dijela topivih organskih spojeva (Kvasnička i Veinović 2007).

Faza IV. Metanogeneza.

Najaktivniji mikroorganizmi ove faze jesu metanogene bakterije, a dovode do stvaranja ugljikovog dioksida (CO₂), metana (CH₄), vode (H₂O) i topline korištenjem vodika (H₂) i octene kiseline (CH₃COOH) prema izrazima 3.4. i 3.5. (Tammemagi 1999):

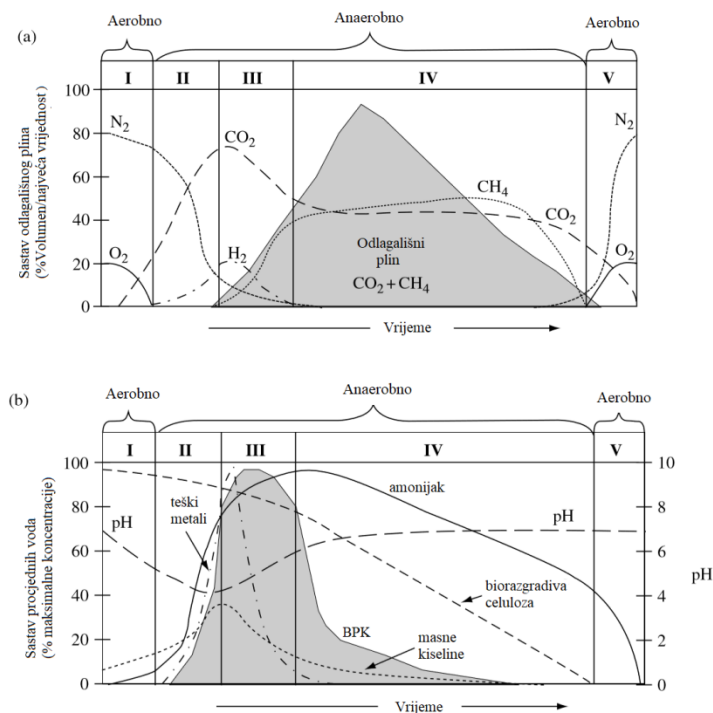


Koncentracija CH₄ varira od 30 % do 70 %, a koncentracija CO₂ od 20 % do 50 %; no potrošnja organske frakcije sadržana u otpadu dovodi do smanjenja koncentracije metana (CH₄) ispod razine ugljikovog dioksida (CO₂) (Slika 3.5. (b)) (Pawlowska 2014). Uslijed potrošnje organskih kiselina, nastalih u drugoj i trećoj fazi, dolazi do povećanja pH vrijednosti čime se otpadna voda neutralizira (pH vrijednost od 7 do 8) te se smanjuje agresivnost filtrata.

Faza traje dulji niz godina zbog vrlo sporih reakcija. Pri kraju faze dolazi do smanjenja tlaka plina unutar tijela odlagališta što omogućuje prodor atmosferskog zraka u odlagalište i ponovnu uspostavu aerobnih uvjeta (Pawlowska 2014).

Faza V. Oksidacija.

Nakon što je potrošena sva kiselina pri proizvodnji metana (CH₄) i ugljikovog dioksida (CO₂) i nakon što su ponovno uspostavljeni aerobni uvjeti; nastupa proces oksidacije, odnosno dolazi do stabilizacije otpada što može trajati dugi niz godina.



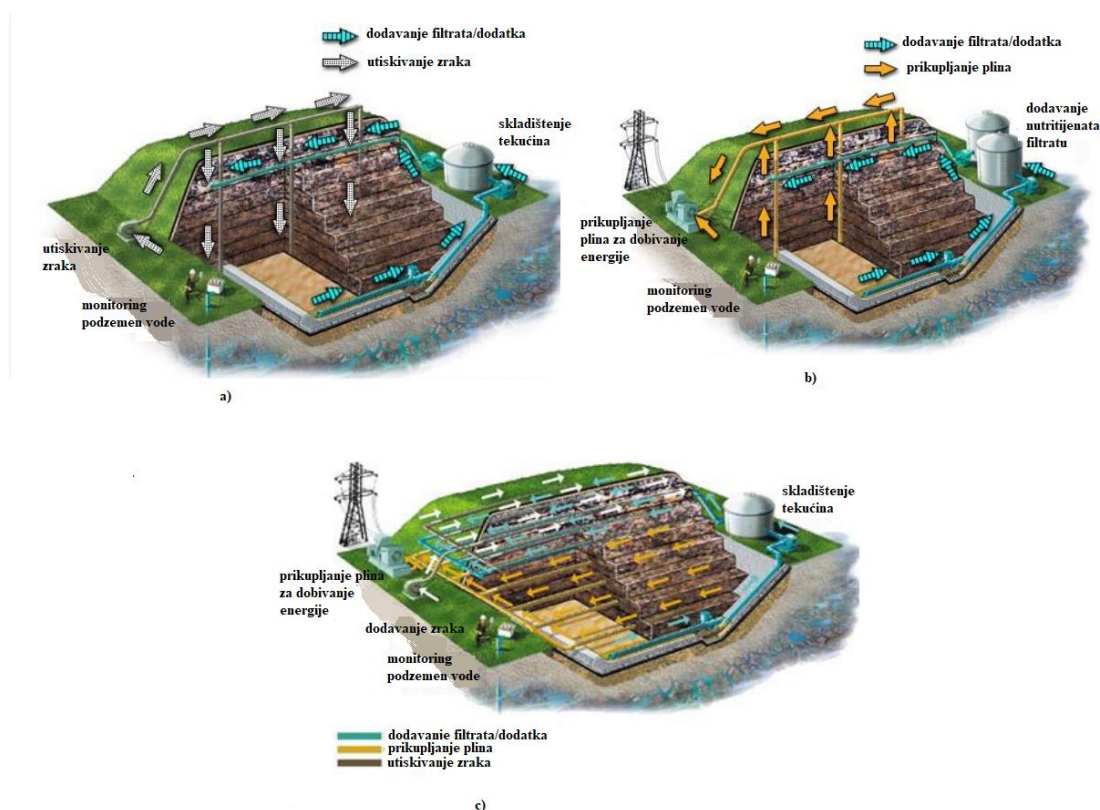
Slika 3. 5. Sastav odlagališnog plina (a) i filtrata(b) kroz faze procesa raspadanja biorazgradivog otpada (prema Williams 2005).

Odlagališni plin, dakle, podrazumijeva sve plinove koje stvara/proizvodi odloženi otpad, a procjedna voda je svaka tekućina koja prolazi kroz odloženi otpad, u njemu nastaje ili je u njemu sadržana (NN 114/2015). Odlagališni plin sadrži i više od 550 spojeva različitih kemijskih sastava, no ponajviše je sastavljen od metana (od 45 % do 60 %) i ugljikovog dioksida (od 40 % do 60 %), te dušika (od 2 % do 5 %). CO_2 teži je od zraka te sukladno tome pada na dno odlagališta gdje se topi u vodi i time povećava njenu kiselost i korozivnost. CH_4 lakši je od zraka zbog čega lako migrira; to je plin bez boje i mirisa koji se slabo otapa u vodi dok pri koncentraciji od 5 % do 15 % sa zrakom stvara eksplozivnu smjesu. Sporedne komponente odlagališnog plina čine kisik i amonijak s 0,1 % do 1 %, te sulfidi, vodik i ugljični monoksid koji obično ne prelaze nekoliko ppm-a. Koncentracija kisika je promjenjiva, a ovisi o sastavu otpada, njegovoj vlažnosti i poroznosti. Odlagališni plin sadrži i veliki udio vodene pare zbog visokog sadržaja vlage samog otpada te visokih temperatura unutar tijela odlagališta (Williams 2005, Pawlowska 2014, Vujević et al. 2014).

4 BIOREAKTORSKO ODLAGALIŠTE

Svojstva fizikalnih barijera konvencionalnih odlagališta s vremenom mogu degradirati, odnosno izgubiti svojstvo onemogućavanja prodora vode unutar tijela odlagališta. Infiltrirana voda pokrenuti će sve suzdržane fizikalne, kemijske i biološke procese, a posljedica toga biti će ugroza ljudskog zdravlja i okoliša. S očekivanjem da do toga dođe nakon perioda predviđenog za provođenje nadzora nad zatvorenim odlagalištem (u periodu od 30 do 200 godina) ekonomski i ekološki teret biti će prenesen na buduće generacije što osporava načelo održivosti. Usprkos toj spoznaji problem budućeg onečišćenja okoliša odlaganjem otpada i dalje nije riješen. Stoga stručnjaci preporučaju nov način dizajniranja odlagališta na kojem je period stabilizacije otpada smanjen na razuman vremenski period (5 do 10 godina). Taj dizajn dovodi i do smanjenja troškova obrade otpadne vode, povećanja generiranja odlagališnog plina što smanjuje životni vijek odlagališta te u konačnici postizanje proizvoda koji ne predstavlja prijetnju okolišu u kraćem vremenskom periodu. Taj pristup razvio je metodu bioreaktorskog odlagališta (Vázquez 2008; Kaszubska i Wzorek 2017).

Bioreaktorsko odlagalište je odlagalište u kojem se recirkulacijom filtrata, uz dodavanje neopasnog tekućeg otpada ili vode, i/ili zraka ubrzava razgradnja lako i umjereno razgradivog organskog otpada, čime se smanjuje period potreban za stabilizaciju otpada i omogućuje povećano stvaranje odlagališnog plina (Kovačić 2008; Thampan 2015; Townsend et al 2015, Vasquez 2008). Recirkulacijom filtrata osim što se omogućava brža dekompozicija otpada (što dovodi do veće proizvodnje plinova) također se omogućuje i obrada samog filtrata. Nasuprot toga, princip bioreaktorskog odlagališta može se postići i dodavanjem zraka (kisika) odnosno uvođenjem aerobnih uvjeta unutar tijela odlagališta. Iz toga proizlaze dva tipa bioreaktorskog odlagališta (aerobno i anaerobno bioreaktorsko odlagalište) dok treći tip bioreaktorskih odlagališta predstavljaju hibridna odlagališta odnosno aerobno-anaerobna bioreaktorska odlagališta (Kovačić 2008). Sva tri tipa bioreaktorskih odlagališta prikazani su slikom 4.1. (a), (b) i (c).



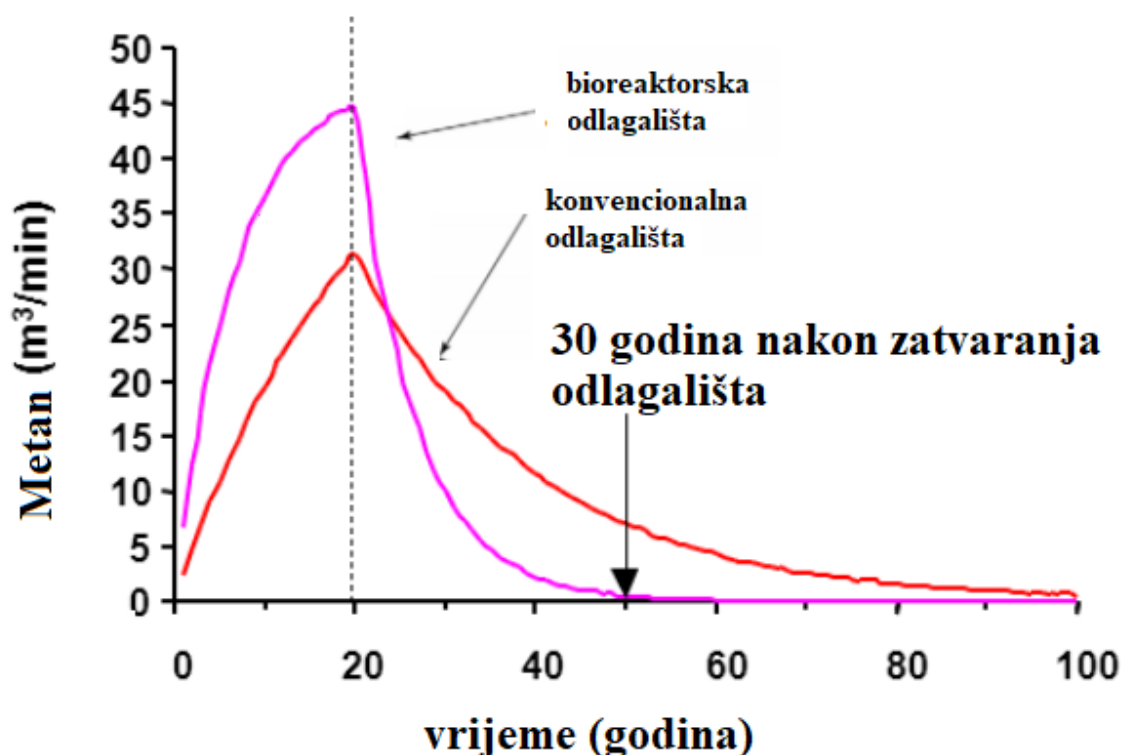
Slika 4. 1. Shematski prikaz bioreaktorskih odlagališta: a) aerobno bioreaktorsko odlagalište, b) anaerobno bioreaktorsko odlagalište i c) hibridno bioreaktorsko odlagalište (prema Pejić 2017).

Tablicom 4.1. dan je prikaz prednosti i nedostataka bioreaktora u usporedbi s konvencionalnim („suhim“) odlagalištima otpada.

Tablica 4. 1. Prednosti i nedostaci bioreaktorskog odlagališta naspram konvencionalnih („suhih“) odlagališta otpada (Kovačić 2008):

PREDNOSTI		NEDOSTACI
PRIMARNI	SEKUNDARNI	
• Stabilizacija otpada u kraćem vremenu • Smanjenje troškova zbrinjavanja procjedne vode • Smanjenje troškova održavanja odlagališta nakon zatvaranja	• Optimalno korištenje prostora odlagališta • Mogućnost zarade od aktivnog otplinjavanja • Smanjena toksičnost procjedne vode i otpada	• Veća početna ulaganja • Potrebni su radnici s više vještinaVještina radnika na odlagalištu • Temperatura je veća • Smanjena stabilnost pokosa • Kemijska kompatibilnost brtvenih slojeva

Stabilizacija otpada u kraćem vremenu predstavlja vremenski period od nekoliko godina koji u konvencionalnim odlagalištima može trajati i nekoliko desetljeća. Kovačić (2008) navodi procjenu smanjenja odlagališnog prostora od 20 % do 40 % uslijed smanjenja volumena i povećanja gustoće odloženog otpada kao rezultat brze razgradnje i stabilizacije otpada. Filtrat se obrađuje samom recirkulacijom čime dolazi do izdvajanja štetnih komponenti (teških metala) time se smanjuju i troškovi obrade, dok se dodavanjem onečišćenih tekućina s drugih lokacija smanjuje troškove drugog onečišćivača. Također u ovom tipu odlagališta generiranje plina počinje u ranijoj fazi što dovodi do mogućnosti ostvarivanja dobiti uslijed aktivnog otplinjavanja. U usporedbi s konvencionalnim („suhim“) odlagalištem, ovim principom dolazi do generiranja veće količine plina u kraćem vremenskom periodu. Sukladno bržoj razgradnji otpada i smanjenju količine odloženog otpada i stvaranje plina traje kraće. Dakle, u bioreaktorskom odlagalištu plin nastaje za vrijeme aktivnog rada odlagališta dok kod konvencionalnih odlagališta do nastajanja plina dolazi i dugo vremena nakon zatvaranja odlagališta. Slikom 4.2. prikazana je usporedba krivulja proizvodnje odlagališnog plina u vremenu za bioreaktorsko i konvencionalno odlagalište otpada.



Slika 4. 2. Krivulja proizvodnje odlagališnog plina u konvencionalnim i bioreaktorskim odlagalištima (prema ITRC 2007).

Sve to dovodi do smanjenih troškova održavanja, odnosno veće isplativosti bioreaktorskog odlagališta naspram konvencionalnih odlagališta iako se javlja potreba za većim početnim troškovima uslijed složenijih tehničkih rješenja (u fazi izgradnje i razdoblju aktivnog rada odlagališta). Nedostatak predstavljaju i visoke temperature koje nastaju u aerobnom tipu bioreaktorskog odlagališta koje mogu dovesti do požara što zahtjeva praćenje razvoja temperatura radi spriječiti mogućnost pojave požara. Visoke temperature u aerobnim procesima također mogu dovesti i do raspadanja sintetičkih materijala ugrađenih u brtvene slojeve. Kako bi se proces mogao razvijati potrebno je dodavati vlagu koja dovodi do smanjenja stabilnosti pokosa odlagališta, no to se također može kontrolirati dodavanjem manje količine tekućine po obodu odlagališta naspram njegovog središnjeg dijela (Kovačić 2008, Kaszubska 2017.)

5 METODE SANACIJE

Pod pojmom „sanacija odlagališta“ podrazumijevaju se aktivnosti *„izrade projektne i druge dokumentacije sukladno propisima, rješavanje imovinsko pravnih odnosa vezanih za lokaciju odlagališta, postupke ishoda odobrenja za građenje, izvođenje građevinskih radova koji omogućuju da se odlaganje otpada obavlja sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada i zatvaranje odlagališta nakon puštanja u rad centra za gospodarenje otpadom ili popunjavanja odlagališnih kapaciteta odlagališta“* (NN 114/2015).

Postoje tri osnovna načina provođenja sanacija, a to su (Fundurulja et al. 2001):

- premještanjem iskopanog otpada i zagađenog tla na sanitarno odlagalište (uređenu površinu na novoj ili istoj lokaciji),
- pročišćavanjem onečišćenja,
- te sprečavanjem širenja onečišćenja njegovom imobilizacijom na mjestu gdje se nalazi.

Prilikom saniranja lokacije bitno je provoditi mjere zaštite ljudi i okoliša kako ne bi došlo do pojave opasnosti za život i zdravlje ljudi kako na području lokacije saniranja tako i u njevoj blizini, za vrijeme i nakon završetka provođenja radova. Tehnologija saniranja obuhvaća (Fundurulja et al. 2001):

- saniranje postojećeg (zatečenog) stanja na odlagalištu – pripremom terena; sakupljanjem razbacanog otpada, njegovim izravnavanjem i prekrivanjem; izradom obodnih kanala za oborinske vode i izradom ekološke zaštite (vodonepropusna podloga, sakupljanje procjednih voda i odlagališnih plinova i tako dalje),
- prelazak na tehnologiju rada primjerenu sanitarnom odlagalištu – pripremom novih polja za odlaganje otpada i izgradnjom pratećih sadržaja, ublažavanjem pokosa, odvajanjem i ponovnom obradom iskoristivog i opasnog otpada, rasprostiranje dovezenog otpada u slojeve te njegovo sabijanje, dnevnim prekrivanjem otpada inertnim materijalom, ozelenjavanjem prostora (međуетажно i završno) te monitoring (za vrijeme odlaganja i nakon zatvaranja odlagališta).

6 ODLAGALIŠTE OTPADA „TARNO“

Grad Ivanić – Grad, Općina Križ i Općina Kloštar Ivanić, kao jedinice lokalne samouprave (JLS) kontinuirano razvijaju održivi sustav gospodarenja komunalnim otpadom čiju osnovu predstavlja poduzeće IVAKOP d.o.o. za komunalne djelatnosti. Poduzeće se nalazi u vlasništvu svih triju JLS sa sjedištem u Ivanić – Gradu. Od strane poduzeća obavljaju se poslovi organiziranog sakupljanja i prijevoza komunalnog otpad na području navedenih JLS, te odlaganje prikupljenog otpada na odlagalište komunalnog otpada Tarno.

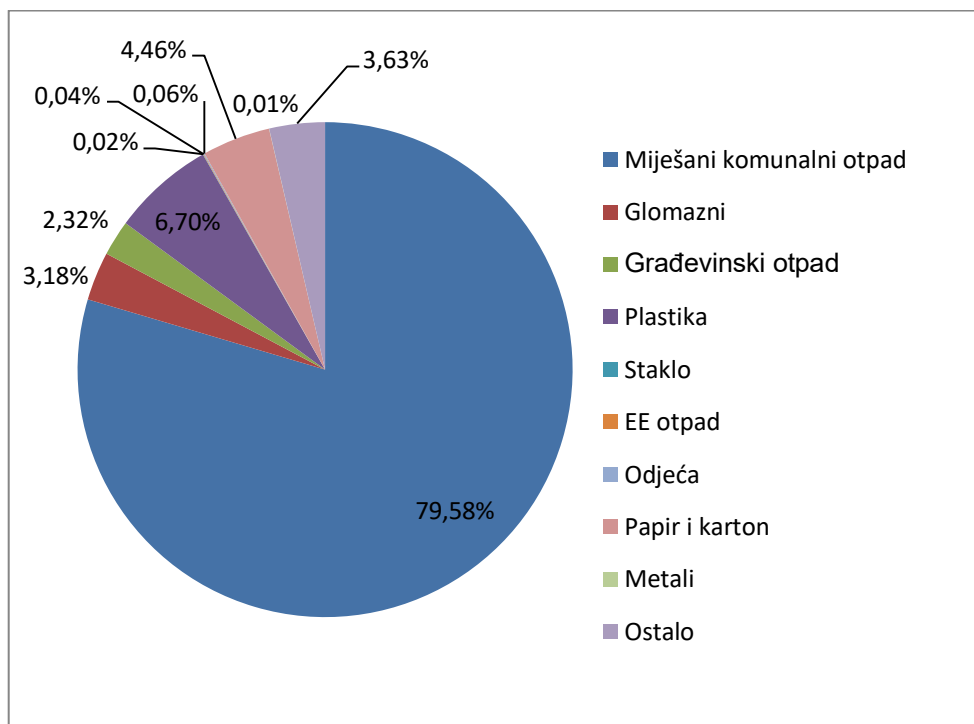
6.1 Osnovne značajke odlagališta otpada „Tarno“

Odlagalište otpada Tarno spada u skupinu odlagališta koja potpadaju pod točku „5.4. Odlagališta otpada sukladno definiciji prema posebnim propisima, na koja se odlaže više od 10 tona otpada na dan ili imaju ukupni kapacitet preko 25.000 tona, osim odlagališta inertnog otpada“ (MZOP 2016). To je odlagalište neopasnog otpada ukupnog kapaciteta od 132.000 tona otpada (166.000 m³ otpada) koje se nalazi 4,5 km sjeverozapadno od centra Ivanić – Grada i oko 500 m od najbližih kuća u naselju Tarno. Do odlagališta se dolazi lokalnom cestom L31172 Jalševac Breški – Opatinec – Lepšić –Tarno, te asfaltiranim odvojkom duljine oko 400 m, iz naselja Tarno. Nalazi se na ravnom terenu i okruženo je melioracijskim kanalima (Struga na jugu i Logatec na sjeveru); ima ukupnu površinu od 5,1 ha. Odlagalište otpada prikazano je ortofoto snimkom u prilogu 2. Na odlagalište se odlaže otpad (vrsta otpada prema ključnim brojevima koji se odlaže na odlagalištu: 20 03 01, 20 03 07, 17 09 04, 15 01 03, 15 01 04, 10 01 01, 19 08 05⁴) iz ranije spomenutih triju JLS, od 1990. godine kada je započela faza izgradnje odlagališta na današnjoj lokaciji (PGO Ivanić - Grad 2017; MZOP 2016).

⁴20 03 01 – miješani komunalni otpad; 20 03 07 – glomazni otpad; 17 09 04 – miješani građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, koji nije naveden pod 17 09 01*, 17 09 02* i 17 09 03*; 15 01 03 – drvena ambalaža; 15 01 04 – metalna ambalaža; 10 01 01 – taložni pepeo, šljaka i prašina iz kotla (osim prašine iz kotla navedene pod 10 01 04*); 19 08 05 – muljevi od obrade urbanih otpadnih voda (NN 90/2015).

6.2 Sastav komunalnog otpada

U 2017. godini na području ranije navedene tri JLS nastalo je 5707,92 tone otpada, odnosno 3633,78 tona na području Ivanić – Grada, 1208,89 tona na području Općine Križ, te 865,25 tona otpada na području Općine Kloštar Ivanić. Sastav komunalnog otpada nastalog na području Grada prikazan je na slici 6.1. Miješani komunalni otpad čini najveću komponentu od prikupljenih 4542,22 tone (80 % ukupno nastalog komunalnog otpada) dok ostatak od 20 % čine odvojeno prikupljeni otpad (glomazni, građevinski, EE otpad, papir i karton, plastika, odjeća, staklo i metali) i ostali otpad kojeg čine muljevi otpadne vode (0,97 %), pepeo i šljaka (0,16 %) i solidificirani otpad (2,49 %).



Slika 6. 1. Sastav komunalnog otpada nastalog na području Grada Ivanić – Grada, Općine Križ i Općine Kloštar Ivanić (HAOP 2018).

Točan sastav miješanog komunalnog otpada koji se odlaže na odlagalište otpada Tarno još uvijek nije poznat.

6.3 Sanacija odlagališta otpada Tarno

Prije nego li je 1990. godine odlagalište otpada sanirano ono je imalo sve karakteristike divljeg odlagališta sa svim štetnim utjecajima na okoliš. Na lokaciji se odlagao komunalni, industrijski, poljoprivredni, te specijalni otpad (UNIPROJEKT 1989). Predložena je i mogućnost preseljenja otpada na drugu lokaciju, no najprikladnije je bilo provođenje in-situ sanacije; odnosno saniranje smetlišta na trenutnom području (UNIPROJEKT 1989).

Kritični faktori na koje je potrebno obratiti pažnju prilikom zatvaranja sanitarnog odlagališta su: završni pokrovni sloj, slijeganje, stabilnost kosina, vode, plinovi te ozelenjavanje. U prvim tjednima sanacije potrebno je provesti temeljitu dezinfekciju i deratizaciju. Potom se pristupa sakupljanju i sabijanju otpada koji se prekriva završnim pokrovnim slojem. Ukoliko se otpad i završni pokrovni sloj dobro zbiju problem slijeganja svesti će se na minimum. Postavljanjem prekrivnog sloja odgovarajuće debljine, te izgradnjom drenažnog sloja i količinu procjenih voda moguće je svesti na minimum.

Pri sanaciji svakog odlagališta važan faktor predstavlja i ozelenjavanje površine odlagališta. Postupak se provodi iz estetskih razloga, radi sprečavanja erozije te zbog površinskog otjecanja i smanjenja količine filtrata. Industrijski projektni zavod OOUR „UNIPROJEKT“ prilikom izrade „*Studije utjecaja na okolinu sanitarne deponije s idejnim rješenjima sanitarne deponije i sanacije postojeće deponije na lokaciji Tarno*“ (1989) s pogleda rekultivacije prostora predložena je sadnja hrasta i/ili žalosne vrbe (imaju slične osobine; rastu na glinenom, pretežito vlažnom tlu, a podnose i nedostatak kisika u tlu) čime je predložena namjena prostora nakon zatvaranja odlagališta kao šumarka.

6.3.1 Grada tijela odlagališta otpada Tarno

Temeljni brtveni sustav ploha 1, 2 i 3 izgrađen je od sloja gline debljine 0,6 m do 1 m, dok je temeljni brtveni sustav ploha 4, 5 i 6 izgrađen od sljedećih slojeva (shematski prikazanih slikom 6.2): izravnavajućeg zemljanog sloja (debljine $d=0,3$ m), GCL-a, HDPE geomembrane (debljine $d=2,5$ mm), zaštitnog geotekstila (plohe 4 i 5 geotekstilom težine 500 g/m^2 , ploha 6 geotekstilom težine 1200 g/m^2), drenažnog sloja šljunka (plohe 4 i 5 sa

slojem debljine $d=0,3$ m; ploha 6 sa slojem šljunka granulacije 32 mm do 64 mm i debljine sloja $d=0,5$ m), te filtracijskog geotekstila (ploha 4 i 5 geotekstilom težine 300 g/m^2 , ploha 6 geotekstilom težine 400 g/m^2) (IGH 2015; H-PROJEKT 2017).



Slika 6. 2. Prikaz temeljnog brtvenog sloja plohe 6 postavljenog na odlagalište otpada Tarno (prema H-PROJEKT 2017).

Pokrovni brtveni sustav, shematski prikazan slikom 6.3., isti je na svim ploham a sastoji se od (H-PROJEKT 2008):

- završnog zemljanog sloja $d=0,15 \text{ m}$,
- zaštitnog zemljanog sloja protiv smrzavanja $d=0,7 \text{ m}$,
- geokompozitnog drena za vodu,
- HDPE geomembrane $d=1 \text{ mm}$,
- geokompozitnog drena za plin,
- izravnavajućeg zemljanog sloja $d=0,3 \text{ m}$.



Slika 6. 3. Pokrovni sustav odlagališta otpada Tarno (prema H-PROJEKT 2008).

6.3.2 Sustav za prikupljanje otpadnih voda

Sustav za prikupljanje otpadnih voda na odlagalištu otpada Tarno sadrži (IGH 2015):

- drenažni sustav za prikupljanje procjedne vode iz odloženog otpada koji se sastoji od drenažnog šljunka, *HDPE* cijevi i okana, prihvatnog bazena i sustava za recirkulaciju). Procjedna voda sakuplja se u prihvatnom bazenu te recirkulira u otpad.
- Sustava za prikupljanje oborinskih voda s brtvenog sustava. Oborinska voda se spušta u obodni kanal izveden po granici zahvata odlagališta (uz ogradu), a oborinska voda s brtvenog sustava na sjevernoj i istočnoj strani se sakuplja u betonskim kanalima položenim u nožici tijela odlagališta. U slučaju većih oborina voda iz oba kanala se prelijeva u kanal uz prilaznu cestu te se odvodi u potok Mrtvenčina koji se nalazi cca 80 m od ulaza u odlagalište.
- Tehnološke otpadne vode od pranja vozila i voda s manipulativnih površina te reciklažnog dvorišta pročišćava se na separatoru masti i ulja te ispušta u obodni kanal.
- Sustav za odvodnju sanitarnih otpadnih voda kojim se sanitarne vode iz objekta za zaposlene odvođe u nepropusnu septičku jamu.

Sustav se sastoji od tri odvojena, vodonepropusna sustava (MZOP 2016): sustav koji prikuplja i odvodi procjedne vode nastale na ploham 1, 2 i 3; sustav koji prikuplja i odvodi procjedne vode nastale na južnom dijelu plohe 4 i južnom dijelu plohe 5; te sustav koji prikuplja i odvodi procjedne vode na sjevernom dijelu plohe 4, sjevernom dijelu plohe 5 te na plohi 6. Sustavi su spojeni u sabirnoj jami radnog volumena 10 m³ nakon čega se sakupljaju u bazenu za procjedne vode radnog volumena 200 m³ (MZOP 2016).

6.3.3 Sustav za prikupljanje odlagališnog plina

Površina koja je obuhvaćena sustavom otplinjavanja na odlagalištu otpada Tarno iznosi približno 12.000 m² s čime je približno obuhvaćen volumen otpada od 90.000 m³, s prosječnom visinom odloženog otpada od 9,2 m. Donedavno je sustav otplinjavanja činilo 14 plinskih bunara spojenih na baklju što je zamijenjeno sa četrnaest odzračnika s biofilterom na vrhu (H-PROJEKT 2018). 22.3.2018. godine tvrtka H-PROJEKT je provela

mjerjenja u svrhu utvrđivanja komponenti i njihovih koncentracija koje nastaju unutar tijela odlagališta čime je utvrđeno da se odlagališni plin uglavnom nalazi unutar IV. faze razlaganja otpada (H-PROJEKT 2018). Kako je u poglavlju 3. prikazano slikom 3.5. IV. fazu karakterizira značajan udio metana (CH_4), te ugljikovog dioksida (CO_2). Uslijed laganog povećanja pritiska unutar tijela odlagališta plin se ispušta u atmosferu preko biofiltera (prikazan slikom 6.4.).



Slika 6. 4. Biofilter na odlagalištu otpada Tarno (H-PROJEKT 2018).

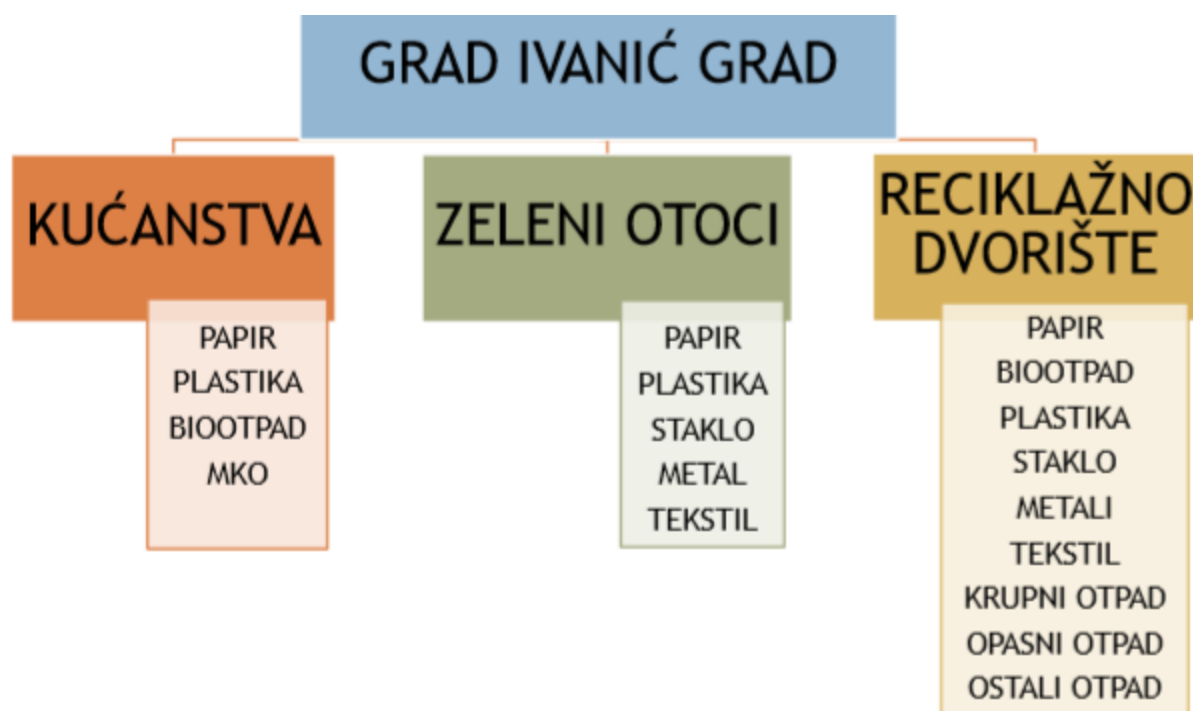
6.4 Plan gospodarenja otpadom Grada Ivanić –Grada za razdoblje 2017. – 2022.

Ciljevi gospodarenja otpadom Grada Ivanić –Grada usmjereni su ka smanjenju odlaganja otpada te povećanju stupnja recikliranja implementacijom sustava odvojenog sakupljanja korisnog otpada kao što je definirano zakonskom regulativom i EU obvezama. Tablicom 6.2. prikazani su ciljevi gospodarenja otpadom koje je potrebno postići do 2022. godine (PGO Ivanić – Grad 2018).

Tablica 6. 1. Ciljevi gospodarenja otpadom koje je potrebno postići do 2022. godine (PGO Ivanić – Grad 2018).

Cilj	2015 (t)	Potrebne količine smanjenja otpada (t)
Smanjiti ukupnu količinu proizvedenog komunalnog otpada za 5 % u odnosu na ukupno proizvedenu količinu komunalnog otpada u 2015. godini	3.064,30	153,21
Odvojeno sakupiti 60 % mase proizvedenog komunalnog otpada (prvenstveno papir, staklo, plastika, metal, biootpad i drugo)	3.064,30	1.838,58
Odvojeno sakupiti 40 % mase proizvedenog biootpada koji je sastavni dio komunalnog otpada	1.180,64	472,26
Odložiti na odlagališta manje od 25 % mase proizvodnog komunalnog otpada	3.064,30	766,08
Odvojeno sakupiti 75 % mase proizvedenog građevnog otpada	88,89	66,67

Obzirom na prijedlog PGO-a RH za izgradnju CGO-a na području Ivanić –Grada, odnosno odlagališta otpada Tarno, planiranje građevina i objekata za gospodarenje otpadom na području Grada Ivanić –Grada je djelomice bilo ograničeno stoga se kao jedino rješenje Gradu i Ivakop-u nametnulo uvođenje mjera sprječavanja nastanka otpada, uvođenje sustava odvojenog sakupljanja korisnog otpada u kućanstvima, te uvođenja sustava odvojenog sakupljanja biootpada (PGO Ivanić – Grad 2018). Slikom 6.4. prikazane su tri glavne smjernice i njihove najvažnije značajke na kojima se temelji predloženi sustav. Za provođenje sustava potrebna je stalna edukacija i informiranje građana, nabava i podjela dodatnih posuda i spremnika, određivanje učestalosti razvoj programa odvoza svake pojedine vrste otpada, nadzor i praćenje kvalitete odvojenog korisnog otpada te optimizacija sustava.



Slika 6. 5 Predloženi sustav sakupljanja komunalnog otpada na području Grada Ivanić – Grada (PGO Ivanić – Grad 2018).

Mjere i aktivnosti koje je potrebno poduzeti za uvođenje predloženog sustava *Planom gospodarenja otpadom Grada Ivanić – Grada za razdoblje 2017. – 2022.*, te rok njihove provedbe i financijska sredstva potreba za njihovu provedbu prikazani tablicom u prilogu 1.

7 RASPRAVA S PRIMJERIMA

Iako je Europska komisija prilikom prijave RH za članstvo u EU (2013) navela gospodarenje otpadom kao vodeći problem gospodarenja otpadom u Hrvatskoj do danas nisu napravljeni veliki pomaci u tom pogledu. Iako je pomak ostvaren sanacijom velikog broja neuređenih odlagališta on nije dostatan. *Strategijom gospodarenja otpadom RH* predviđena je sanacija i zatvaranje odlagališta do kraja 2011. godine, odnosno 2018. kao krajnji rok za prestanak odlaganja otpada na odlagališta otpada. S obzirom da nisu postignuti postavljeni ciljevi, RH prijeti plaćanje penala Europskoj uniji. Uz to Strategijom je planirana uspostava CGO-a na koja će se odlagati sav otpad nakon zatvaranja lokalnih odlagališta, no do sada su izgrađena samo dva (Mariština i Kaštijun; slika 2.3.). Jedan od vodećih problema u RH predstavlja neinformiranost građana o problemu otpada te pojava *NIMBY* sindroma (eng. *Not In My Back Yard*). Prvi korak ka uspostavi boljeg sustava je promjena svijesti građana uz čestu edukaciju. Edukaciju je potrebno provoditi u raznim dobnim skupinama (od najmlađih do najstarijih), a to je moguće održavanjem raznih radionica, te dijeljenjem informativnih letaka, brošura i slično. Zbog te neinformiranosti, ali i nepovjerenja građana u vladajuće, u društvu se javlja *NIMBY* efekt zbog čega RH ne uspijeva naći lokaciju za izgradnju CGO-a.

Također jednu od komponenata planiranih CGO-a predstavlja i izgradnja bioreaktorskog odlagališta. Obzirom da nije moguće razviti sustav s nula otpada potrebno je izgraditi odlagalište za ostatnu frakciju nakon obrade. Tako RH planira izgradnju bioreaktorskih odlagališta, no javlja se pitanje jesu li ona u skladu s direktivama Europske unije s obzirom da ne odgovaraju zahtjevima smanjenja odlaganja biorazgradivog otpada, usprkos količini nastalog metana i mogućnosti njegove upotrebe. Također problem predstavlja i energetska uporaba otpada spaljivanjem; iako spalionice otpada nisu zabranjene, Europska komisija kao prioritet potiče anaerobnu biološku obradu, rasplinjavanje, pirolizu i suspaljivanje.

7.1 Primjeri dobre prakse

Obzirom da i stručnjaci i javnost smatraju da Hrvatska nema jasno definiran sustav gospodarenja otpadom, te da se to pitanje mora što prije riješiti, kao dobar primjer može koristiti sustave nekih zemalja članica Europske unije, ali i gradova unutar granice RH.

Austrija

Kao dobar primjer prakse može se navesti regija Štajerska koja je 2004. godine zabranila odlaganje otpada na odlagališta. Prikupljeni miješani komunalni otpad upućuje se na MBO i sortirnice gdje se mehaničkom obradom visokokalorična frakcija upućuje na energetske uporabu dok se niskokalorična frakcija materijala biološkom obradom stabilizira i predstavlja frakciju pogodnu za odlaganje i prekrivanje zemlje (Schneider 2016).

Italija

Također kao primjer možemo koristiti i talijansku provinciju Treviso. Prikupljeni miješani komunalni otpad također obrađuju MBO-om sa čime se 33 % otpada pretvara u GIO i energetski oporabljuje dok se niskokalorična frakcija odlazi na odlagališta. 2015. godine uvedena je i obrada materijala na postrojenju za materijalnu uporabu i biološku obradu (*eng. MRBT – Material Recovery and Biological Treatment plant*) čime je omogućena veća uporaba materijala. Takvim načinom obrade materijala doseže se 85 % odvojenog sakupljanja otpada samo 55 kg/st nerekiclabilnog materijala godišnje. Dakle ovom metodom doseže se vrijednost od 46,5 % materijala koji konačno odlazi na odlagalište što zapravo predstavlja količinu od otprilike 25 kg/st godišnje (Schneider 2016).

Slovenija

Na primjer dobre prakse moguće je potražiti i u regionalnom centru za gospodarenje otpadom Celje, u susjednoj nam državi Sloveniji. Postrojenje se sastoji od sortirnice, kompostane, pogona za rastavljanje glomaznog otpada, odlagališta, MBO postrojenja i toplane (GIO). Zaprimiti miješani komunalni otpad obrađuje se biološkom obradom (stabilizacijom i biosušenjem), nakon čega nastupa usitnjavanje otpada mljevenjem, te mehanička obrada pri kojoj dolazi do izdvajanja lake gorive frakcije. Cilj sustava je proizvodnja komposta iz biootpada čije je namjena korištenje u hortikulturi i uređenju odlagališta, proizvodnja sekundarnog goriva iz otpadne lake gorive frakcije miješanog komunalnog otpada (GIO) pa tako i proizvodnja električne i toplinske energije (bioplina) za potrebe postrojenja. Postrojenje zaprima 150.000 t/god miješanog otpada i 20.000t odvojeno sakupljenog biorazgradivog otpada. na kraju obrade iz te količine ulaznog

materijala otpada nastaje 30.000 t reciklabilnog materijala, 60.000 t goriva iz otpada i 7000 t komposta. Na odlagalište otpada se odlaže 5 % materijala koji se ne može ponovno koristiti kao sirovina ili energija, no ne djeluje štetno na okoliš (Schneider 2016).

Prelog

Gospodarenje otpadom Grada Preloga predstavlja najbolji način gospodarenja otpadom na području RH u kojem su dosegnuti, ali i premašeni zahtjevi propisani od strane Europske unije. Sustav prikupljanja otpada u Gradu Prelogu provodi se razvrstavanjem otpada na mjestu nastanka u kante različitih boja ovisno o vrsti otpada. Tako se u crne kante odlaže miješani komunalni otpad, u smeđe kante biorazgradivi komunalni otpad, te kante posebnih boja za papir i karton, staklo, tetrapak, PET i plastiku te metalnu ambalažu. Grad ima vlastitu kompostanu i proširenu sortirnicu čime je omogućeno ostvarivanje 60 % odvojeno prikupljenog materijala, te 48,5 % materijala koji se upućuje na obradu čime je drastično smanjena količina otpada koji se odlaže na odlagalište. Obzirom na uspješnost provođenja recikliranja ovog sustava postavljaju cilj postizanja stope od 70 % recikliranja do 2020. godine, odnosno da se količina komunalnog otpada koji se odlaže na odlagališta svede na 50 kg/st godišnje (GKP PRE – KOM d.o.o. 2017).

Sustav gospodarenja otpadom Grada Ivanić – Grada

Sa pogleda gospodarenja otpadom Grada Ivanić – Grada potrebno je što prije povećati stopu recikliranja otpada. S obzirom da je zakonski propisano jedno reciklažno dvorište (RD) na 1.500 stanovnika za jedinicu lokalne samouprave, u okviru zakonske regulative ali i potreba podizanja svijesti o štetnosti ali i korisnosti otpada nužna je izgradnja RD-a. S obzirom da područje grada bilježi 14.544 stanovnika grad bi trebao posjedovati i više od jednog reciklažnog dvorišta. Sukladno tome smanjila bi se i količina otpada koju je potrebno odložiti na odlagalište otpada Tarno. No kako nije poznata ni lokacija ni vrijeme izgradnje CGO-a na koji bi se trebao odlagati otpad sa područja JLS-a koje trenutno koriste odlagalište otpada Tarno moguća je i obrada otpada kao i u ranije navedenim primjerima.

Sama konstrukcija odlagališta također je bitna. Kako bi se osigurao što manji utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi nekada je potrebno uložiti više financijskih sredstava kako bi se

ostvario dodatni faktor sigurnosti. Iako je odlagalište otpada Tarno dobro konstruirano moguće je napraviti i neke preinake kojima bi se ostvarilo načelo održivog razvoja, odnosno potrebno je poduzeti mjere kako posljedice potreba sadašnjih generacija ne bi naštetile potrebama budućih generacija.

Zakonom je određena potreba za debljinom pokrovnog zemljanog sloja debljine 1 m no pri izvedbi odlagališta postavljen je zemljani sloj protiv smrzavanja debljine 0,7 m te zaštitni zemljani sloj debljine 0,15 m. Ispod pokrovnog zemljanog sloja postavljena je geokompozitni dren za vodu. Geosintetski drenovi najčešće se izrađuju od kombinacije geomreža i geotekstila i zbog mogućnosti lakog nabavljanja i jednostavne ugradnje često se koriste kao drenažni slojevi. No usprkos tome zbog male debljine predstavljaju rizik od mehaničkih oštećenja brtvenog sloja (geomembrane) koji je postavljen ispod njih, te proboja raznih glodavaca i životinja čije je djelovanje moguće spriječiti postavljanjem sloja šljunka.

Knjiga uvjeta okolišne dozvole za postojeće postrojenje „Odlagalište otpada Tarno“ Ivanić – Grad (MZOP 2016) navodi korištenje *LLDPE* obostrano hrapave gomembrane u pokrovnom brtvenom sustavu, pri pokrivanju odlagališta postavljena je *HDPE* obostrano hrapava geomembrana. Zbog veće fleksibilnosti pri slijeganju *LLDPE* membrana predstavlja bolju opciju (*LLDPE* 75 % maksimalne deformacije, *HDPE* 25 % maksimalne deformacije). Kako bi se postigao zadovoljavajući sigurnosni faktor bolje rješenje predstavlja kombinacija geomembrane sa *GCL*-om ili *CCL*-om. Kombinacija se preporuča zbog manje propusnosti nego li pri korištenju samo geomembrane, samo *GCL*-a ili *CCL*-a. Kako bi se smanjio i utjecaj odlagališta na buduće generacije, moguće je i izvesti odlagalište kao bioreaktor. Recirkulacijom procjedne vode omogućila bi se brža stabilizacija otpada unutar tijela odlagališta, ali i generiranje odlagališnog plina koje bi se koristilo u energetske svrhe.

Osim toga lokaciju je potrebno prilagoditi i za upotrebu nakon zatvaranja odlagališta otpada. Uobičajena je prenamjena lokacije u parkove, sportske centre i slično, no jedan od dobrih primjera predstavlja i prenamjena lokacije odlagališta Mraclinska Dubrava.

Na lokaciji odlagališta Mraclinska Dubrava planirana je izgradnja integrirane fotonaponske elektrane. Kako i na odlagalištu otpada Tarno ne postoje vizualne prepreke koje bi mogle prouzročiti zasjenjenje fotonaponskog sustava, moguća je montaža fotonaponskih panela na južnoj strani odlagališta. Proizvedena električna energija mogla bi se koristiti za potrebe postrojenja na lokaciji ili prodati lokalnoj zajednici.

8 ZAKLJUČAK

Europska unija odlaganje otpada smatra nepoželjnim načinom upravljanja otpadom radi zauzimanja dragocjenog prostora, gubitka izvora materijala, onečišćujućih emisija u obliku procjednih voda i odlagališnog plina te potrebne konstantne brige i monitoringa nakon zatvaranja odlagališta. Iako se zahtjevi u pogledu gospodarenja otpadom, propisani od strane EU, za RH čine neostvarivima ipak postoje primjeri koji dokazuju suprotno. Uz bolju organiziranost vladajućih i tvrtki koje obavljaju djelatnosti gospodarenja otpadom i situacija u Hrvatskoj bi se mogla u kratkom periodu popraviti na bolje. Razvrstavanje otpada na mjestu nastanka u zemljama EU je uobičajena praksa već dulji niz godina. Građani su upoznati s problemom otpada, te o potrebama njegovog razvrstavanja i recikliranja (i sankcijama u suprotnome). Problem RH predstavlja neupućenost, ponekad i nezainteresiranost javnosti, no ponajviše i nepovjerenje u donošenje dobrih odluka od strane vladajućih. Prilikom donošenja bilo kakvih odluka o gospodarenju otpadom u javnosti se pojavljuje otpor poznat kao *NIMBY* sindrom. Veliki dio javnosti ne podržava mogućnost spaljivanja i energetske uporabe otpada što je u slučaju komunalnog otpada često i najbolje rješenje koje je u državama diljem Europe uobičajena praksa. Stoga educiranost i informiranost javnosti predstavlja važan dio sustava gospodarenja otpadom. Obzirom da i situacija Grada Ivanić – Grada nije reprezentativna, potrebno je uvesti promjene u sustavu gospodarenja otpadom. Količina odvojeno sakupljenog otpada na području Grada nije na zavidnoj razini (kao što je slučaj na primjer u Gradu Prelogu) stoga je potrebno poduzeti mjere ka poboljšanju samog sustava. Obzirom da kapacitet odlagališta nije dostatan za dulji vremenski period Grad ovisi o CGO-u Zagrebačke županije čija sudbina i dalje nije izvjesna. No i nakon izgradnje samog centra, ako se ne promijeni svijest stanovništva, neće se postići poboljšani rezultati. Kao što kaže izraz, koji se često pripisuje Mahatma Gandhi-u, „otpad je resurs na pogrešnom mjestu“ i građani RH moraju postati svjesni problema, ali i velikog potencijala otpada.

9 LITERATURA

- DANIEL, D.E.; KOERNER, R.M., 1997. Final Covers for solid waste landfills and abandoned dumps. Virginia. USA. American Society of Civil Engineers.
- DANIEL, D.E.; KOERNER, R.M., 2007. Waste Containment Facilities. Guidance for Construction Quality Assurance and Construction Quality Control of Liner and Cover Systems. 2nd Edition. Virginia. USA. American Society of Civil Engineers.
- ERICKSON, R., B., THIEL, R., RICHARDSON, G., N. 2002. Designer's Forum. GCL design series – Part 1: GCL performance as a fluid barrier. GRF. Vol. 20. June/January 2002.
- FUNDURULJA, D., MUŽINIĆ, M., PLETIKAPIĆ, Z. 2001. Odlagališta komunalnog otpada na području Hrvatske. Građevinar, Vol. 52 No. 12, str. 727-734.
- GKP PRE – KOM d.o.o.. 2017. Plan gospodarenja otpadom Grada Prelog za razdoblje 2017. – 2022. godine. Prelog.
- GRAD IVANIĆ – GRAD. 2018. Plan gospodarenja otpadom Grada Ivanić - Grada za razdoblje 2017. – 2022. godine. URL: http://www.ivanic-grad.hr/media/595671/Plan%20gospodarenja%20otpadom_Ivani%C4%87%20Grad_2017-2022_.pdf (5.11.2018).
- HAOP. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. 2015. Metodologija za određivanje sastava i količina komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada. Zagreb. Tiskara HIP.
- HAOP. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. 2017. Komunalni otpad RH za 2017. godinu. Izvješće. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. URL: http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/komunalni/OTP_Komunalni%20otpad%202017%20rev%201.pdf (25.11.2018).
- HAOP. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. 2018. Preliminarni podaci za komunalni otpad u 2017. Godini. Zagreb. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. URL: <http://www.haop.hr/hr/preliminarni-podaci-za-komunalni-otpad-u-2017-godini/preliminarni-podaci-za-komunalni-otpad-u-2017> (26.11.2018.).
- HOORNWEG, D., BHADA- TATA, P. 2012. What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management. URL: https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf (20.9.2018.).

H-PROJEKT d.o.o. 2008. Uređenje i konačno zatvaranje odlagališta Tarno. Izvedbeni projekt. Građevinski projekt. Br. Evidencije: 25/2007-U. Zagreb.

H-PROJEKT d.o.o. 2017. Izvedbeni projekt. Građevinski projekt. Sanacija odlagališta otpada i izgradnja reciklažnog dvorišta: Etapa 1 – Sanacija odlagališta otpada (Faza 2). Zagreb.

H-PROJEKT. 2018. Izvještaj o odlagališnom plinu na odlagalištu otpada Tarno za prvi kvartal 2018. godine. Br. izvještaja. 030-18-I.

HREBIČEK, J., SOUKOPOVA, J. Is a common EU target for municipal waste recycling achievable?.URL:

http://uest.ntua.gr/athens2017/proceedings/pdfs/Athens2017_Hrebicek_Soukopova.pdf
(10.10.2018.).

HRNČIĆ, N. HRNČIĆ, M. 2011. Prilog izgradnji brtvenih sustava na odlagalištu otpada. Tehnički glasnik, Vol 5, No. 2, str. 135-140.

IGH. INSTITUT IGH, d.d. Zavod za hidrotehniku i ekologiju. 2015. Stručna podloga za ishodenje okolišne dozvole ne-tehnički sažetak za informiranje javnosti. Odlagalište „tarno“, Ivanić – Grad. URL:
https://www.mzoip.hr/doc/strucna_podloga_zajtjeva_za_ishodenje_okolisne_dozvole.pdf
(17.11.2018.).

INDUSTRIJSKI PROJEKTNI ZAVOD OOUR „UNIPROJEKT“. 1989. Studija utjecaja na okolinu sanitarne deponije s idejnim rješenjima sanitarne deponije i sanacije postojeće deponije na lokaciji Tarno. Zagreb

ITRC. Interstate Technology Regulatory Council. Characterization, Design, Construction and Monitoring of Bioreactor Landfills. ITRC Technical and Regulatory Guideline for Characterization, Design, Construction and Monitoring of Bioreactor Landfills. ITRC's Internet – based Training Program. URL: <https://player.slideplayer.com/15/4661087/#>
(6.12.2018.)

KASZUBSKA, M., WZOREK, M. 2017. The Bioreactor – an Innovative Method of Disposal of Solid Waste. Economic and Environmental Studies, Vol. 17, No. 2 (42/2017), str 347-361.

KOMILIS, D. P., HAM, R.K., STEGMANN, R. 1999. The effect of municipal solid waste pretreatment on landfill behavior: A literature review. Waste Management & Research, Vol.17, str. 10-19.

- KOVAČEVIĆ, V. 2009. Mehaničko – biološka obrada otpada kao moguće rješenje zbrinjavanja komunalnog otpada Republike Srbije. Strategic Waste Management Planning in SEE, Middle east and Mediterranean Region. Novi Sad
- KOVAČIĆ, D. 1994. Materijali za konačno prekrivanje sanitarnog odlagališta. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 6, str. 11-15.
- KOVAČIĆ, D. 2008. Bioreaktorsko odlagalište-novi element cjelovitog sustava gospodarenja otpadom. Milanović, Z. (ur.) X. Međunarodni simpozij gospodarenja otpadom zagreb 2008. Zagreb, Gospodarstvo i okoliš d.o.o., str. 355-364.
- KVASNIČKA, P., DOMITROVIĆ, D. 2007. Mehanika tla. Interna skripta. RGN Fakultet. Sveučilište u Zagrebu.
- KVASNIČKA, P., VEINOVIĆ, Ž. 2007. Površinska odlagališta otpada. Interna skripta. Zagreb. RGN. Sveučilište u Zagrebu. URL: http://rgn.hr/~pkvasnic/Povrsinska_odlagalista_otpada_2007.pdf (20.9.2018).
- LUDWIG, C., HELLWEG, S., STUCKI, S. 2003. Municipal Solid Waste Management. Strategies and Technologies for Sustainable Solutions. New York. Springer-Verlag Berlin Heilderberg.
- MILANOVIĆ, Z., RADOVIĆ, S., VUČIĆ, V. 2002. Otpad nije smeće. Zagreb. Gospodarstvo i okoliš.
- MZOE. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. 2018. Otvoreno savjetovanje s javnošću o Nacrtu prijedloga dinamike zatvaranja odlagališta neopasnog otpada na području RH. URL: <https://www.mzoip.hr/hr/ministarstvo/vijesti/otvoreno-savjetovanje-s-javnoscju-o-nacrtu-prijedloga-dinamike-zatvaranja-odlagalista-neopasnoga-otpada-na-podrucju-rh.html> (4.12.2018.).
- MZOP. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. 2016. Rješenje o okolišnoj dozvoli. URBROJ: 517-06-2-2-1-16-40.
- NAISMITH, M., WAMMES, J., MULLENEERS, H. 2009. Soil and groundwater protection by the mineral barrier trisoplast (applications and new developments). Remediation Tehnologies Symposium (RemTechTM). Kanada.
- NARODNE NOVINE br. 114/2015. *Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada*. Zagreb: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 130/2005. *Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske*. Zagreb: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 178/2004. *Zakon o otpadu*. Zagreb Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 3/2017. *Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine*. Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 39/2009. *Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada*. Zagreb. Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 50/2005. *Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada*. Zagreb Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 85/2007. *Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015. godine*. Zagreb Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 94/2013. *Zakon o održivom gospodarenju otpadom*. Zagreb. Narodne Novine d.d.

NARODNE NOVINE br: 80/2013. *Odluka o proglašenju zakona o zaštiti okoliša*. Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br: 90/2015. *Pravilnik o katalogu otpada*. Zagreb: Narodne novine d.d.

PAWLOWSKA, M. 2014. *Mitigation of Landfill Gas Emissions*. London. Taylor & Francis Group.

PEJIĆ, M. 2017. *Bioreaktorska odlagališta*. Diplomski rad. Geotehnički fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Varaždin.

PICHTEL, J. 2014. *Waste management practices. Municipal, Hazardous, and Industrial*. Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group. USA.

SCHNEIDER, D., R. 2016. *Dobri primjeri i trendovi iskorištavanja nerazvrstanog otpada u EU*. Radionica „Održivog gospodarenja komunalnim i poljoprivrednim otpadom i mogućnost primjene naprednih tehnologija za iskorištavanje otpada“. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Sveučilište u Zagrebu.

SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE. 2013. 15. Okoliš, potrošači i zaštita zdravlja. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=DD:15:034:FULL:HR&from=HR> (11.9.2018.).

SOBOTA, I. 2014. *Upravljanje okolišem*. Pisana predavanja. RGN Fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.

TAMMEMAGI, H. 1999. *The Waste Crisis. Landfills, Incinerators and Search for a Sustainable Future*. New York. Oxford. Oxford University Press.

- THAMPAN, A., CHANDEL, M. K., 2015. Bioreactor Landfill Technology. International Journal of Science and Research (IJSR). Vol. 4, Issue 6, str. 265-260.
- TOWNSEND, T. G., POWELL, J., JAIN, P., XU, Q., TOLAYMAT, T., REINHART, D. 2015. Sustainable Practices for Landfill Design and Operation. Waste Management Principles and Practices. New York. Springer Science+Business Media.
- VÁZQUEZ, R., V. 2008. Enhanced Stabilisation Of Municipal Solid Waste In Bioreactor Landfills. CRC Press. Netherlands.
- WIKIPEDIJA. 2014. Slobodna enciklopedija. Kolaž geosintetičkih proizvoda. Slika. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geo2.jpg>. (6.11.2018.)
- WILLIAMS, P.T. 2005. Waste Treatment and Disposal, Second Edition. England. John Wiley & Sons Ltd.
- ZOVKO, M. 2012. Zaštita okoliša. Pogled iz prakse. Ekološka udruga „Lijepa naša“ Čapljina. URL: <https://dokumen.tips/documents/zastita-okolisa-pogled-iz-prakse-mario-zovko.html> (19.9.2018.)

PRILOZI

Prilog 3. Popis i opis mjera, rok njihove provedbe te potrebna financijska sredstva propisani PGO-om Ivanić – Grada za razdoblje 2017. – 2022. Godine (PGO 2018).

Mjere		Opis	Rok	Procjena potrebnih financijskih sredstava (kune)
M1	Izobrazno – informativne aktivnosti	Izobrazba i informiranje raznih ciljnih skupina na području Grada o načinima i mogućnostima sprječavanja nastanka i ponovne upotrebe otpada, te povećanje odvojenog sakupljanja otpada	kontinuirano	600.000
M2	Kućno kompostiranje	Nabava i distribucija kućnih kompostera, te izrada edukacijsko informativnih materijala i organizacija radionica vezanih uz kompostiranje i korištenje kompostera	2018	500.000
M3	Unaprjeđenje odvojenog sakupljanja korisnog otpada u kućanstvima	Praćenje i unaprjeđenje trenutačnog sustava sakupljanja korisnog otpada iz kućanstava	kontinuirano	600.000
M4	Odvojeno sakupljanje	Uvođenje sustava odvojenog sakupljanja	2018	1.500.000

	biootpada u kućanstvima	biootpada u više – stambenim objektima na području Grada		
M5	Unaprjeđenje odvajanja korisnog otpada na zelenim otocima	Obnova postojećih i postavljanje novih zelenih otoka na kojima se može posebno odlagati papir i karton, plastika, metali, staklo, tekstil i odjeća.	2018	1.200.000
M6	Nabava opreme i vozila za odvojeno sakupljanje korisnog otpada	Nabava opreme i vozila za odvojeno sakupljanje papira i kartona, biootpada, plastike, stakla, metala i tekstila.	2018	1.200.000
M7	Akcije sakupljanja otpada	Organizacija i provedba godišnjih akcija sakupljanja raznih vrsta otpada	kontinuirano	900.000
M8	Praćenje sastava komunalnog otpada	Redovite analize sastava komunalnog otpada i udjela biorazgradivog otpada u miješanom 2.000.000komunalnom otpadu	kontinuirano	300.000
M9	Reciklažna dvorišta	Izgradnja i opremanje reciklažnog dvorišta za komunalni otpad, te popratnih potrebnih sadržaja za reciklažno	2018	2.000.000

		dvorište građevnog otpada		
M10	Izgradnja reciklažnog centra	Centar bi se sastojao od dvije osnovne sastavnice: centar za ponovnu uporabu i sortirnica odvojeno sakupljenog korisnog otpada	2019	5.200.000
M11	Sanacija odlagališta Tarno	Završetak započete sanacije odlagališta Tarno	2018	4.200.000
UKUPNO				18.200.000

Prilog 4. Ortofoto prikaz lokacije odlagališta otpada Tarno (IGH 2015).

