

# Automatsko razvrstavanje otpada

---

**Barković, Denis**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:566717>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-20**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Denis Barković

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Denis Barković

Zagreb, 2015.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Denis Barković** Mat. br.: 0035174936

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Automatsko razvrstavanja otpada**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Automatic segregation of waste**

Opis zadatka:

Otpad nastaje miješanjem konzumiranih materijalnih dobara. Globalni porast stanovništva i sve veća potrošnja materijalnih, poglavito industrijski proizvedenih dobara uzrokuju stvaranje velikih količina otpada, koji treba tretirati s jedne strane u smislu izdvajanja vrijednih resursa za ponovnu uporabu, a s druge u smislu očuvanja okoliša i sprečavanja njegovog onečišćenja. Već nekoliko desetljeća inženjerski koncepti aktualiziraju potrebu razmatranja cjelokupnog životnog vijeka proizvoda od sirovina za njegovu proizvodnju pa sve do njegove uporabe. Ipak, organizacija sustava prikupljanja otpada i tehnička rješenja koja podrazumijevaju visok stupanj automatizacije su još uvijek nedovoljno razvijeni.

U radu je potrebno:

1. opisati fenomen nastanka otpada;
2. proučiti i opisati djelatnost gospodarenja otpadom sa stanovišta organizacije, zakonskih odredbi i tehničkih rješenja;
3. istražiti postojeća tehnička rješenja i sustave za razvrstavanje otpada, s posebnim naglaskom na one automatske;
4. koncipirati sustav za automatsko razvrstavanje otpada, naznačujući njegove komponente i mogućnosti realizacije.

Zadatak zadan:

7. svibnja 2015.

Rok predaje rada:

9. srpnja 2015.

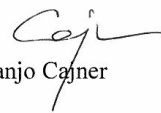
Predviđeni datum obrane:

15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Franjo Čajner

## Izjava

*Izjavljujem da sam ovaj rad radio samostalno, služeći se znanjem stečenim tijekom studija i koristeći navedenu literaturu.*

*Ovom prilikom želim zahvaliti:*

*Voditelju rada prof. dr.sc. Zoranu Kunici na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Cijeloj svojoj užoj i široj obitelji, svim kolegama i prijateljima, a posebice svojim roditeljima Nenadu i Tatjani, bratu Kristianu i djevojci Snježani na potpori, razumijevanju i pomoći, kako tijekom izrade ovog rada tako i tijekom cijelog studija.*

*Denis Barčović*

## Sažetak

Otpad predstavlja sve veći problem u današnjem potrošačkom društvu. Bilo da se on gomila, razlaže u podzemnim vodama ili spaljivanjem širi atmosferom, otpad ozbiljno ugrožava okoliš i zdravlje ljudi. Stoga je u svim dijelovima svijeta krenula utrka za stvaranjem čistijeg okoliša pri čemu se otpad smatra resursom a njegova obrada spada u najnaprednije tehnologije.

U radu je objašnjen fenomen nastanka otpada. Dan je pregled načina gospodarenja otpadom, koji uključuje: sprječavanje nastanka otpada, ponovnu upotrebu, recikliranje, odlaganje i toplinsku obradu. Opisana je i trenutna zakonska regulativa koja daje smjernice prema kojima se Republika Hrvatska kreće u smislu gospodarenja otpadom.

U obradi otpada jedna od najvažnijih radnji jest njegovo sortiranje. Diplomski rad opisuje i daje model automatskog sortiranja otpada. Opisana je i na odabranom primjeru Grada Zagreba primijenjena tehnologija automatskog sortiranja komunalnog otpada. Naznačene su karakteristike postrojenja za automatsko sortiranje, što uključuje: opremu, dimenzije, procijenjene količine obrađivanog otpada te cijenu. Dimenzije koncipiranih postrojenja su manje od trenutno postojećih u Gradu. Prednost toga je olakšani smještaj postrojenja na različite lokacije. Predložene su lokacije za smještaj postrojenja u Gradu. Cijena predloženih postrojenja niža je od one planirane za izgradnju Zagrebačkog centra za gospodarenje otpadom.

## Summary

Waste disposal presents issue for society. All around the world different kinds of organizational structures struggle with waste. Waste should become one of society resources.

This paper considers waste management. Included types of waste management are: reduce, reuse, recycle, incineration, and waste disposal. Croatian and Europe Union legislation were also considered.

This Master Thesis considers purposes, objectives and types of waste sorting, as well as their advantages and disadvantages, organisation and technology. Automatic sorting of waste is presented and applied in Zagreb, Croatian capital. Dimensions of automatic waste sorting plants, considered in this paper, are smaller than existing ones. Locations of plants are proposed. Construction prices of plants considered in this paper are low, compared with waste incineration plants which are planned to be constructed in Zagreb.

# SADRŽAJ

Zadatak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Izjava .....	II
Sažetak .....	III
Summary .....	IV
Popis slika .....	VIII
Popis tablica .....	X
Popis oznaka i kratica.....	XI
1. UVOD.....	1
2. OTPAD.....	3
2.1. PODJELA OTPADA .....	3
2.2. OTPAD U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	6
3. GOSPODARENJE OTPADOM .....	11
4. NAČINI GOSPODARENJA OTPADOM.....	14
4.1. PREVENCIJA NASTAJANJA OTPADA ( <i>Reduce</i> ) .....	16
4.2. PRIMJERI PREVENCIJE NASTAJANJA OTPADA .....	19
4.2.1. Prevenција nastajanja otpada u regiji Flandrija u Belgiji.....	19
4.2.2. Supermarket bez ambalažnog otpada .....	19
4.2.3. Biorazgradiva plastika od hitina.....	20
4.2.4. Biorazgradiva plastika dobivena reakcijama bakterija.....	20
4.2.5. Nova generacija biorazgradive ambalaže.....	21
4.3. PONOVNА UPOTREBA ( <i>Reuse</i> ) .....	24
4.4. RECIKLIRANJE I KOMPOSTIRANJE ( <i>Recycle</i> ) .....	25
4.5. PRIMJERI RECIKLIRANJA OTPADA .....	27
4.5.1. Primjena reciklirane gume u izradi barijera za zvučnu izolaciju .....	27
4.5.2. Recikliranje stakla u poduzeću Vetropack Straža d.d. ....	28
4.5.3. EKO otok Krk .....	29
4.6. ODLAGANJE .....	29
5. ZAKONSKA REGULATIVA ZA OTPAD .....	30
5.1. EU LEGISLATIVA .....	30
5.2. ZAKONSKA REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	31
5.2.1. Dokumenti o gospodarenju otpadom u RH.....	33
5.2.1.1. Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.....	34
5.2.1.2. Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj .....	36



5.2.2. Prijedlozi poboljšanja gospodarenja otpadom u RH .....	40
6. TOPLINSKA OBRADA OTPADA .....	42
6.1. POSTUPCI PRIMIJENJENI U TOPLINSKOJ OBRADI OTPADA.....	43
6.2. PROBLEMI PRI TOPLINSKOJ OBRADI OTPADA .....	44
7. ODLAGALIŠTA OTPADA .....	48
7.1. VRSTE ODLAGALIŠTA OTPADA.....	49
7.2. PROBLEMI ODLAGALIŠTA OTPADA .....	52
7.3. PRIMJERI SANACIJE ODLAGALIŠTA .....	54
7.3.1. Sanacija odlagališta otpada u Hrvatskoj.....	54
7.3.2. Sanacija odlagališta u Latviji .....	55
8. SORTIRANJE OTPADA.....	57
8.1. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM .....	58
8.1.1. Struktura Centra za gospodarenje otpadom .....	58
8.1.2. Vrste postrojenja za sortiranje.....	61
8.2. RUČNO SORTIRANJE .....	62
8.3. AUTOMATSKI PROCES SORTIRANJA .....	65
8.3.1. Tehnologija koja se koristi pri automatskom sortiranju.....	66
8.3.1.1. Predobradne operacije.....	66
8.3.1.2. Uređaji za uklanjanje metala iz otpada .....	68
8.3.1.3. Uređaj za razdvajanje otpada po masi .....	70
8.3.1.4. Senzori za sortiranje.....	70
8.3.1.5. Sustavi za separaciju otpada sa konvejera .....	74
8.3.2. Postrojenje za sortiranje poduzeća Karlsortering.....	76
8.3.3. Postrojenje za sortiranje poduzeća ZenRobotics.....	77
9. KONCEPT SUSTAVA ZA AUTOMATSKO SORTIRANJE OTPADA U GRADU ZAGREBU.....	81
9.1. OTPAD U GRADU ZAGREBU.....	81
9.1.1. Komunalni otpad.....	83
9.1.2. Miješani komunalni otpad.....	86
9.1.3. Glomazni otpad .....	87
9.1.4. Izdvojeno sakupljeni komunalni otpad .....	88
9.2. PLANIRANE AKTIVNOSTI GOSPODARENJA OTPADOM U GRADU ZAGREBU .....	88
9.3. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM U GRADU ZAGREBU (ZCGO) .....	90
9.4. KONCEPT GOSPODARENJA OTPADOM U GRADU ZAGREBU .....	93
9.4.1. Postrojenje za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada u Gradu Zagrebu .....	94
9.4.1.1. Linija za predobradu otpada.....	95

9.4.1.2. Linija za sortiranje plastike.....	96
9.4.1.3. Linija za sortiranje papira i kartona.....	99
9.4.1.4. Linija za sortiranje metala .....	101
9.4.1.5. Linija za sortiranje stakla .....	104
9.4.2. Postrojenje za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada u Gradu Zagrebu.....	107
9.4.3. Specifikacija sustava automatskog sortiranja otpada u Gradu Zagrebu.....	111
10. ZAKLJUČAK .....	114
11. LITERATURA.....	117

## Popis slika

Slika 1. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po godinama [7].....	8
Slika 2. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po stanovniku [7].....	8
Slika 3. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po stanovniku i županiji [7]..	9
Slika 4. Udio odvojeno prikupljenih pojedinih vrsta otpada 2013. godine u Hrvatskoj [7] .....	9
Slika 5. Usporedni prikaz odloženog i oporabljenog udjela otpada 2012. godine u Hrvatskoj po županijama [7].....	10
Slika 6. Shematski prikaz gospodarenja otpadom [1] .....	12
Slika 7. Piramida vrednovanja otpada [1] .....	15
Slika 8. Zatvoreni spremnik koji sadrži zamrznutu hranu [13].....	21
Slika 9. Prikaz otvorenog spremnika sa hranom spremnom za konzumaciju [13] .....	22
Slika 10. Biorazgradivi spremnik za piće [13] .....	22
Slika 11. Prikaz skupljanja punog spremnika [13].....	23
Slika 12. Ambalaža za suhu hranu lijevo prikazana zatvorena, a desno otvorena [13] .....	23
Slika 13. Biorazgradivi spremnik za ulje [13].....	23
Slika 14. Prikaz dobivanja sirovine za izradu RUCONBAR-a [16] .....	27
Slika 15. Simulacija primjene RUCONBAR-a – ZOO Zagreb [16].....	28
Slika 16. Vertikalna podjela vlasti u smislu gospodarenja otpadom u Hrvatskoj [1] .....	32
Slika 17. Shematski prikaz centara za gospodarenje otpadom [1].....	37
Slika 18. Postotak stanovništva Republike Hrvatske obuhvaćen sustavom prikupljanja komunalnog otpada [7].....	38
Slika 19. Količina odvojeno prikupljenog otpada namijenjenog uporabi [7] .....	39
Slika 20. Struktura odlagališta otpada [2] .....	49
Slika 21. Sanitarno odlagalište otpada [6].....	52
Slika 22. Ručno sortiranje [30] .....	64
Slika 23. Vertikalni konvejer [40].....	66
Slika 24. Rotacijsko sito [32] .....	67
Slika 25. Vibracijski dodavač [40] .....	68
Slika 26. Industrijski magnet [32] .....	69
Slika 27. Presjek zračnog separatora [32] .....	70
Slika 28. Princip rada optičkih senzora [31] .....	72
Slika 29. Optički uređaj za sortiranje otpada [40].....	73

Slika 30. Manipulator za uklanjanje otpada lijevo, desno je prikazana hvataljka [40].....	75
Slika 31. Zračni pištolj [32].....	75
Slika 32. OptiBag sustav [39] .....	76
Slika 33. Model sustava ZenRobotics [40] .....	77
Slika 34. Ulaz otpada u rotacijsko sito te doziranje otpada putem vibracijskog dodavača.....	96
Slika 35. Tlocrtni prikaz prolaza otpada kroz senzorsku jedinicu [40].....	97
Slika 36. Linija za sortiranje plastike .....	98
Slika 37. Linija za sortiranje papira i kartona .....	100
Slika 38. Linija za sortiranje metala.....	102
Slika 39. Linija za sortiranje stakla .....	105
Slika 40. Postrojenje za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada u Gradu Zagrebu.....	109
Slika 41. Predložene lokacije postrojenja za automatsko sortiranje u Zagrebu .....	112

## Popis tablica

Tablica 1. Sanirana odlagališta [21] .....	39
Tablica 2. Odlagališta u postupku sanacije [21].....	39
Tablica 3. Centri za gospodarenje otpadom [21] .....	40
Tablica 4. Pregled istraživanja o utjecaju spalionica na ljudsko zdravlje [23] .....	46
Tablica 5. Vrijeme potrebno za razlaganje određenih materijala u otpadu [26] .....	53
Tablica 6. Stanje sa sanacijom odlagališta u Latviji [3].....	56
Tablica 7. Cijena reciklabilnih materijala na primjeru plastike [33].....	62
Tablica 8. Pregled ključnih brojeva otpada u odnosu na vrstu otpada [18] .....	84
Tablica 9. Detaljan pregled sastava otpada u Gradu Zagrebu prema ključnim brojevima [18]85	
Tablica 10. Sastav miješanog komunalnog otpada (20 03 01) Grada Zagreba 2012. [41] .....	86
Tablica 11. Sastav i količine izdvojeno sakupljenog otpada u Gradu Zagrebu 2012. [41].....	88
Tablica 12. Pregled lokacija i količina prikupljenog otpada u reciklažnim dvorištima u Gradu Zagrebu 2012. [41].....	90
Tablica 13. Specifikacija sustava automatskog sortiranja otpada u Gradu Zagrebu.....	111
Tablica 14. Specifikacija ZCGO-a [41] .....	112

## Popis oznaka i kratica

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OPIS
<i>b</i>	m	širina
CGO	-	Centar za gospodarenje otpadom
EE	-	električni i elektronički otpad
EU	-	Europska Unija
<i>m</i>	kg	masa
<i>P</i>	m <sup>2</sup>	površina
RH	-	Republika Hrvatska
<i>s</i>	m	put
<i>t</i>	s	vrijeme
<i>v</i>	m/s	brzina
WTE	-	<i>Waste To Energy</i> – toplinska obrada otpada
ZCGO	-	Zagrebački centar za gospodarenje otpadom

## 1. UVOD

Uz današnji način života, koji uključuje iskorištavanje i potrošnju značajnih količina neobnovljivih izvora energije, održivost života na Zemlji dovodi se u pitanje. Zbog razvoja tehnologije, velikog porasta stanovništva i koncentriranja stanovništva u gradove, društvo se sve više susreće s problemom otpada. Dolazi do porasta potrošnje što znači i porasta količine otpada i to posebno u gradovima. O postupanju s otpadom mora razmišljati svaki pojedinac, država, ali posebno najneposredniji oblik uprave – jedinice lokalne i regionalne samouprave. Zadatak je uspostaviti cjeloviti sustav održivo gospodarenja otpadom i zaštititi okoliš. Ako se tome doda da je čovjekovo osnovno ljudsko pravo, pravo na zdrav okoliš, potrebno je itekako voditi računa o tome. Djelomično se za sprečavanje takvih promjena, možemo pobrinuti i sami. Jedan logičan, prilično jednostavan i brz način je sortiranje, recikliranje (*Recycling*). Uz recikliranje, naravno dolazi i općenito smanjivanje količine otpada i smeća (*Reduce*), te ponovna uporaba (*Reuse*).

U sklopu gospodarenja otpadom prvi problem predstavljaju odlagališta otpada. Ona su u prošlosti odabrana kao optimalno rješenje gospodarenja otpadom zato što boljeg načina nije bilo, a količine su bile neznatne. Danas to nije slučaj. Povećavanjem broja proizvoda na tržištu, količine otpada postaju sve veće. Problem nastaje onda kada se sav taj otpad i dalje uglavnom gomila na odlagalištima otpada. Odlagališta otpada, od optimalnog rješenja, u prošlosti, postaju problem. Šire neugodne mirise, opasne plinove, te zagađene i otrovne procjedne vode. Svi ti nusprodukti štetni su za živi svijet i atmosferu. Prema važećim zakonskim regulativama, odlagališta treba sanirati i zatvarati, te se količina otpada na odlagalištima koja će ostati mora smanjiti.

Kako bi se zaista nešto poduzelo na temu problema koji predstavljaju odlagališta otpada, potrebno je razmotriti različita rješenja. Dva često sukobljena rješenja koja se danas neprestano spominju su, na jednoj strani spalionice, a na drugoj recikliranje. Potrebno je ocijeniti potrebu i efikasnost oba načina kao pojedinačnih rješenja, ali i mogućnost rješenja kao njihove kombinacije. Jedino je sigurno da spalionice treba izbjeći, barem u većoj mjeri, jer u suprotnom trebalo bi se postaviti pitanje: Je li dobro, loše rješenje (odlagališta otpada), zamijeniti istim, ili gorim za okoliš (spalionice)?

Oba rješenja imaju svoje prednosti i mane. Primjerice prednosti koje se spominju za spalionice su brzina prerade otpada i dobivena energija. Mane su ispuštanje štetnih i otrovnih plinova u okoliš i atmosferu, te problem odlaganja pepela. Na drugu stranu, prednost recikliranja je vraćanje proizvoda na početnu sirovinu i korištenje iste za proizvodnju novog proizvoda. Problem kod recikliranja su velika postrojenja, većinom sortirna. Trebalo bi razmotriti obavljanje radnje sortiranja na nekom drugom mjestu i drugačijim načinima od onih koji su većinom uspostavljeni danas.

**Preduvjet za uspješno recikliranje nekog proizvoda je sortiranje.** Potrebno je izdvojiti različite komponente, frakcije otpada kako bi se dobio ujednačen produkt recikliranja. Danas sortirna postrojenja izgledaju prilično zastarjelo<sup>1</sup>. Kraj pokretne trake, konvejera, rade ljudi i pokušavaju razabrati i izbaciti proizvode koji tamo ne pripadaju. Logično rješenje koje se nameće je razmotriti automatizaciju tog procesa.

Automatizacija može smanjiti troškove rada, povećati produktivnost sustava. Također automatski sustavi mogu raditi kontinuirano. Automatski sustavi mogu zamijeniti čovjeka u zamornom i opasnom radu. U sortirnim i reciklažnim postrojenjima, automatizacijom procesa bi se smanjili operativni troškovi, povećala bi se učinkovitost sustava i kao produkt bi se dobivala sirovina dobro pripremljena za recikliranje.

**Automatizacija navedenih procesa je nužna.** Čovjek se pri ručnom sortiranju otpada dovodi u rizik oboljenja različitih vrsta. Već i sama potreba za humanizacijom rada ističe važnost automatskih sustava. Isto tako potreba za većom čistoćom frakcija otpada u svrhu daljnje distribucije nameće automatske sustave kao prvi izbor. Upravo će se automatizacija postrojenja za sortiranje razmatrati u ovom radu.

---

<sup>1</sup> „Naše doba tjeskobe, velikim je dijelom posljedica pokušaja da se današnji poslovi izvode jučerašnjim alatima.“ (Marshall McLuhan)



## 2. OTPAD

### 2.1. PODJELA OTPADA

U ovom poglavlju bit će navedena osnovna podjela otpada. Osnovna podjela otpada razmatra se prema svojstvima i prema mjestu nastanka, te je prikazana u nastavku.

**Prema svojstvima otpad može biti:**

1) **Opasan otpad** – uključuje otpad koji posjeduje jednu ili više karakteristika zahvaljujući kojima je opasan za život i zdravlje ljudi, okoliš ili imovinu osoba. [1]

Potječe iz industrije, poljoprivrede, ustanova (instituti, bolnice i laboratoriji).

Sadrži tvari koje imaju jedno od ovih svojstava: eksplozivnost, toksičnost, radioaktivnost, korozivnost, zapaljivost, kancerogenost, oksidirajuće, nadražujuće, nagrizajuće, mutageno ili zarazno djelovanje. Manje količine opasnog otpada nastaju u domaćinstvu i zovu se problematične tvari. [2]

Razvrstava se kao [3]:

- otrovne otpadne tvari – cijanidi, spojevi teških metala,
- zapaljive otpadne tvari – otpadna ulja, organska otapala,
- korozivne otpadne tvari – kiseline, baze,
- tvari zaraznog djelovanja – iz bolnica, i
- radioaktivni otpad.

2) **Inertni otpad** – neopasni otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama. [3]

Inertni otpad je netopiv u vodi, nije goriv, niti na koji drugi način reaktivan, a ni biorazgradiv, pa ne ugrožava okoliš (građevinski otpad). S tvarima s kojima dolazi u dodir ne djeluje tako da bi to utjecalo na zdravlje ljudi, životinjskog i biljnog svijeta ili na povećanje dozvoljenih emisija u okoliš. [2]

**Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na [3]:**

1) **Komunalni otpad** – je kruti otpad koji nastaje u stambenim naseljima, a uključuje smeće iz domaćinstava, industrije i obrtništva, vrtni i tržišni otpad, razni komadni otpad, građevinski otpad, ostatke od obrade komunalnih otpadnih voda. U principu, komunalni otpad spada u nadležnost komunalnih poduzeća. [4]

Nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, te se redovito prikuplja i zbrinjava u okviru komunalnih djelatnosti.

Smatra se da se iz kućnog otpada može iskoristiti oko 80 % sadržaja. Ostatak od oko 20 % čini sitni otpad (prašina), ali i neke također potencijalno iskoristive otpadne tvari, npr. tekstil, guma i drvo.

2) **Tehnološki (industrijski) otpad** – nastaje u proizvodnim procesima, u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po količini, sastavu i svojstvima razlikuje se od komunalnog otpada. Proizvodnim otpadom se ne smatraju ostaci iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača. [1]

Može biti:

- **procesni** – otpadne tvari specifične za svaku industriju i razlikuju se po kemijskim i fizikalnim svojstvima, i
- **neproceni** – ambalažni otpad, uredski otpad.

Za nadzor toka i zbrinjavanje tehnološkog otpada propisane su posebne procedure, kojih se mora pridržavati svaki proizvođač odnosno vlasnik tehnološkog otpada.

Količina tehnološkog otpada ovisi o industrijskom razvoju zemlje. Godišnja količina industrijskog otpada po stanovniku u razvijenim zemljama iznosi i do nekoliko tona, a u nerazvijenim može biti čak manja od komunalnog. [3]

Sastav tehnološkog otpada ovisi o grani industrije koja ga proizvodi. Za gospodarenje s tehnološkim otpadom mogu se koristiti usluge specijaliziranih tvrtki. [3]

**3) Posebne kategorije otpada** [1] čine biootpad, otpadni tekstil i obuća, otpadna ambalaža, otpadne gume, otpadna ulja, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpadni brodovi, morski otpad, građevni otpad, otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, otpad iz proizvodnje titan dioksida, otpadni poliklorirani, bifenili, i poliklorirani terfenili (PCB, PCT).

- Ambalažni otpad jest svaka ambalaža ili ambalažni materijal koji ostane nakon što se proizvod otpakira i odvoji od ambalaže. Ambalaža predstavlja sve proizvode bez obzira na prirodu materijala (staklo, plastika, papir, karton, drvo, metal, višeslojni miješani materijali).
- Otpadna vozila – vozila koja radi oštećenja, dotrajalosti ili drugih uzroka, posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti
- Otpadno ulje je svako mineralno i sintetičko mazivo, industrijsko, izolacijsko (ulje koje se rabi u elektroenergetskim sustavima) i/ili termičko ulje (ulje koje se rabi u sustavima za grijanje ili hlađenje) koje više nije za uporabu kojoj je prvotno bilo namijenjeno
- Otpadne baterije i akumulatori su baterije i akumulatori koji se ne mogu ponovno koristiti te su namijenjene za obradu i/ili recikliranje, pri čemu treba znati da baterija ili akumulator označava svaki izvor električne energije proizvedene izravnim pretvaranjem kemijske energije koji se sastoji od jedne ili više primarnih baterijskih ćelija/članaka.
- Otpadne gume su gume osobnih automobila, autobusa, teretnih automobila, radnih strojeva, radnih vozila i traktora, zrakoplova i drugih letjelica te slični odgovarajući proizvod koji posjednik radi oštećenja, istrošenosti, isteka roka trajanja ili drugih uzroka ne može ili ne žali upotrebljavati te je zbog toga odbacuje ili namjerava odbaciti.

- Električni i elektronični otpad je otpadna električna i elektronička oprema uključujući sklopove i sastavne dijelove, koji nastaju u gospodarstvu (industriji, obrtu i slično) kao i otpadna električna i elektronična oprema nastala u kućanstvima ili u proizvodnim i/ili uslužnim djelatnostima kad je po vrsti i količini slična EE otpadu iz kućanstva. Električna i elektronička oprema i uređaji koja može postati EE otpad predstavlja sve proizvode koji su za svoje pravilno djelovanje ovisni o električnoj energiji ili elektromagnetskim poljima, kao i oprema za proizvodnju, prijenos i mjerenje struje ili jakosti elektromagnetskog polja.

Osim za navedene kategorije otpada doneseni su i pravilnici kojima se detaljnije regulira gospodarenje nekim drugim otpadima poput građevnog otpada, otpada koji sadrži azbest, medicinskog otpada, otpada koji sadrži poliklorirane terfenile (PCB i PCT), otpada od istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina, mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda koji se koristi u poljoprivredi te otpada iz proizvodnje titanovog dioksida. [3]

## **2.2. OTPAD U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Već desetljećima u RH značajan je problem neodrživo „gospodarenje“ komunalnim otpadom koji uglavnom završava na neuređenim odlagalištima i štetno utječe na zdravlje i okoliš. Problemi u gospodarenju otpadom u RH, posebno komunalnim i opasnim, doveli su do kritične situacije u najvećem broju jedinica lokalne samouprave. Kako je otpada sve više, a infrastruktura je nezadovoljavajuća, potrebno je hitno poraditi na svijesti pravnih osoba da same zbrinjavaju svoj otpad, edukaciji građana i zaposlenika tvrtki kako se gospodari otpadom, uređenju za okoliš opasnih odlagališta, primjeni načela „onečišćivač plaća“, odnosno, uspostavi suvremenih sustava gospodarenja otpadom. Naime, javnost otpad i gospodarenje otpadom tretira kao problem i to ne svoj, nego tuđi te se spremnost na djelovanje javlja samo kada prijete direktna opasnost. Tako se u rješavanju problema održivog gospodarenja otpadom stvaraju sukobi i to zato jer nema sustavnog obrazovanja javnosti kao niti uprave, političkih struktura te djelatnika na poslovima gospodarenja otpadom. [5]

Odlaganje otpada na odlagališta i dalje je glavni način zbrinjavanja komunalnog otpada u Hrvatskoj te odlagališta apsorbiraju najveće količine proizvedenog otpada. Gotovo sav

prikupljeni komunalni otpad se odlaže te potencijali za organsku obradu (kompostiranje) i energetska oporabu ostaju neiskorišteni. [6]

Prikupljanje komunalnog otpada je većinom organizirano jednom tjedno (dva ili tri puta tjedno u većim gradovima), prema unaprijed utvrđenom rasporedu. U pojedinim županijama gdje je turizam osobito intenzivan, otpad se čak prikuplja i dnevno. Osim kućanstava, komunalni otpad se prikuplja i od poslovnih subjekata, u skladu s potrebama. Otpad se prikuplja u plastične vreće, posude, kontejnere, pokretne preše/kontejnere za smanjenje volumena. Odvojeno prikupljanje pojedinih komponenti otpada dijelom je prisutno i provodi se gotovo u svim županijama, ali u različitom opsegu. [6] Tjedni odvoz komunalnog otpada u RH, češći je nego u EU, što znači da su mnogo veći troškovi. [5]

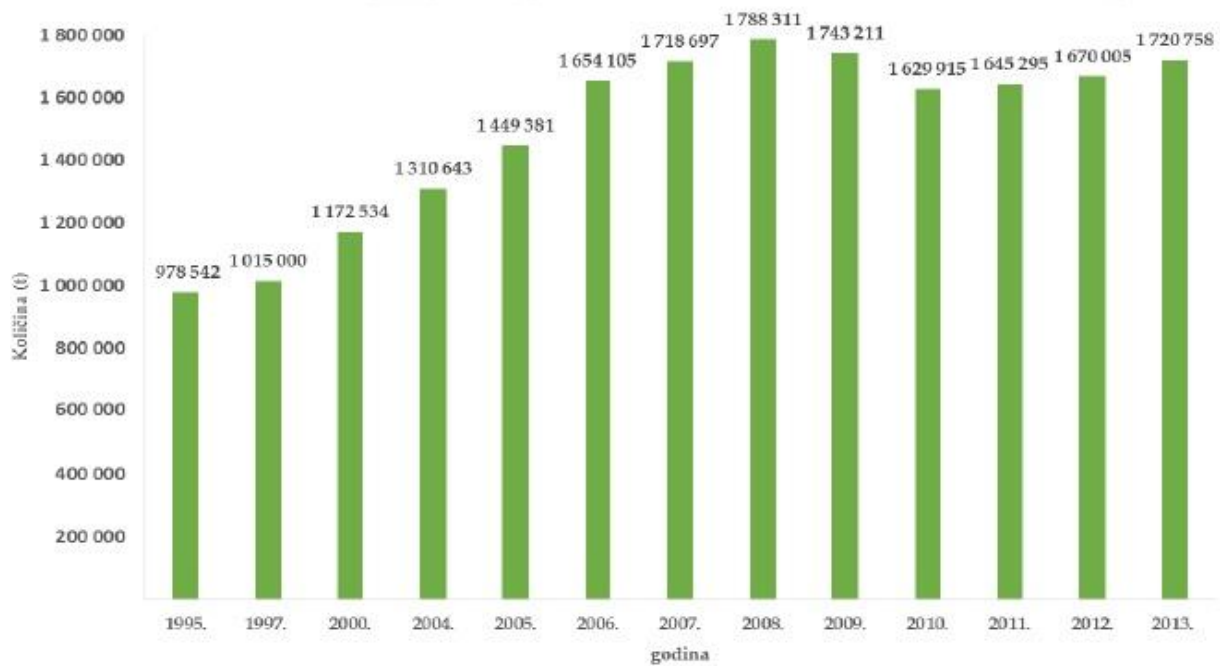
Infrastruktura kao i zaštitne mjere na odlagalištima su uglavnom nedostatni, a praćenje učinaka odlaganja na barem jedan od elemenata (vode, zrak, tlo) provodi se tek na manjem broju odlagališta. Neuređena odlagališta komunalnog otpada predstavljaju opasnost za zdravlje i mogu onečistiti podzemne vode te imaju nepovoljan učinak na krajobraz te turizam. Otpad se uglavnom odlaže na odlagališta najbliža mjestu nastanka u županijama u kojima je i nastao. Postoji 60 velikih odlagališta koja obuhvaćaju 85 % ukupno odloženog otpada te oko 72 % ukupnog stanovništva. Količina komunalnog otpada koja dolazi na odlagališta postupno se povećava kako zbog većeg obuhvata stanovništva organiziranim prikupljanjem otpada tako i zbog povećanih količina koji nastaje. [6]

Dobre strane gospodarenja otpadom u RH jesu [6]:

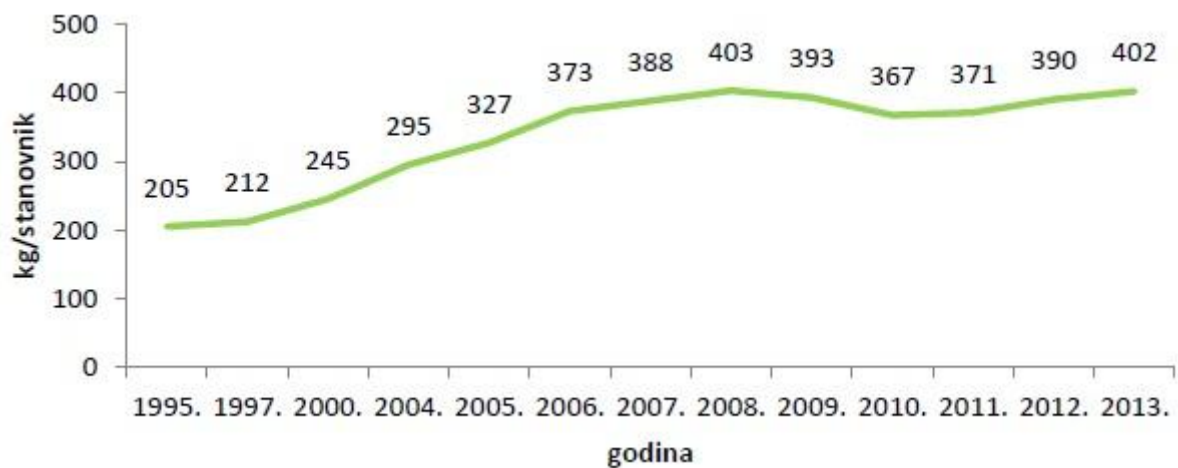
- operativni i učinkoviti programi sanacije nekontroliranih odlagališta, divljih odlagališta i lokacija visoko onečišćenih otpadom,
- započeta uspostava nacionalnog sustava županijskih, odnosno, regionalnih centara za gospodarenje komunalnim otpadom,
- jačanje svijesti, razumijevanja i primjene načela „onečišćivač plaća“ i odgovornosti korisnika.

S ciljem smanjenja količine otpada, koji će se, ne samo trajno odložiti, nego koji će što manje ugrožavati okoliš, klimu i zdravlje ljudi, potrebno je najprije unapređivati institucionalni okvir za gospodarenje komunalnim otpadom, a najvažniji je cilj financijski održiva djelatnost

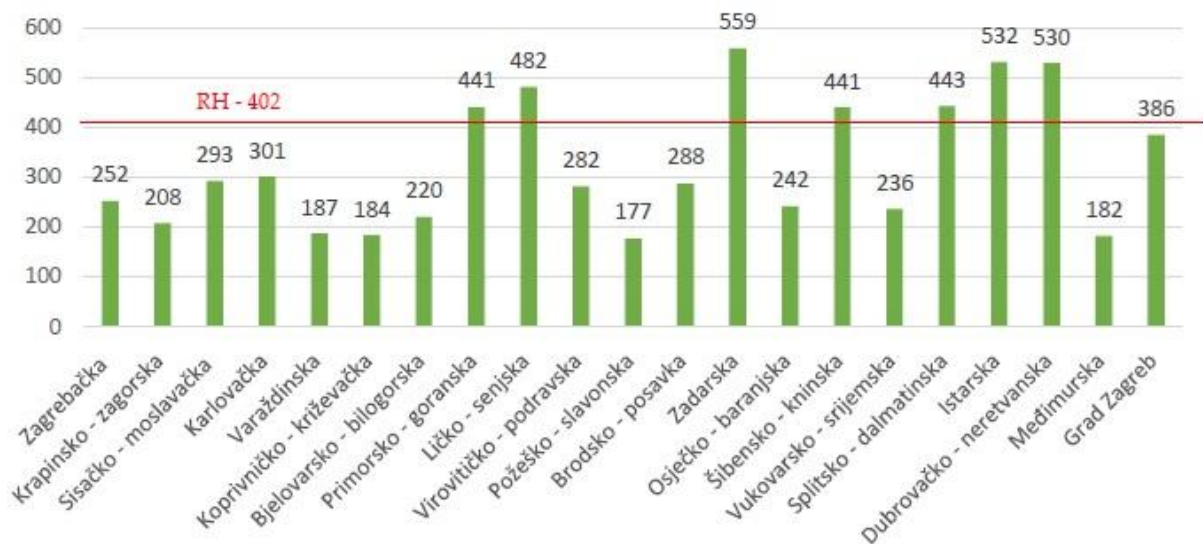
utemeljena na načelu „onečišćivač plaća“. Primarni je cilj izbjegavanje nastajanja otpada, a nastali komunalni otpad treba ponovno koristiti i obraditi u skladu s hijerarhijom otpada.



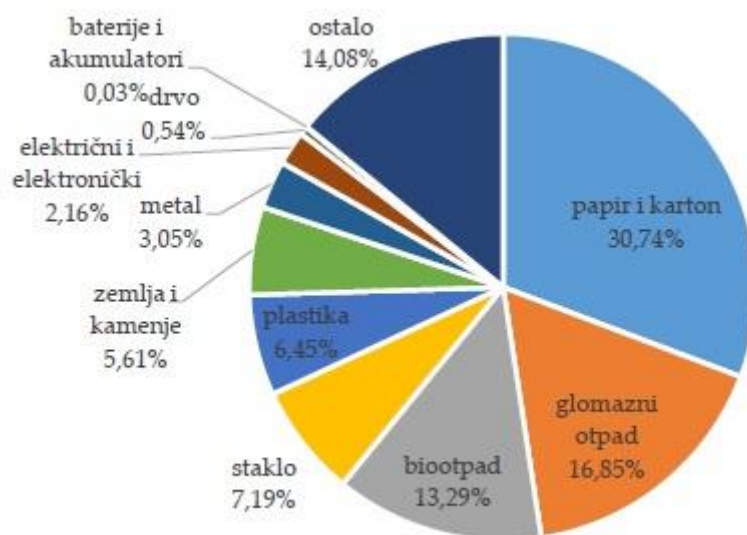
Slika 1. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po godinama [7]



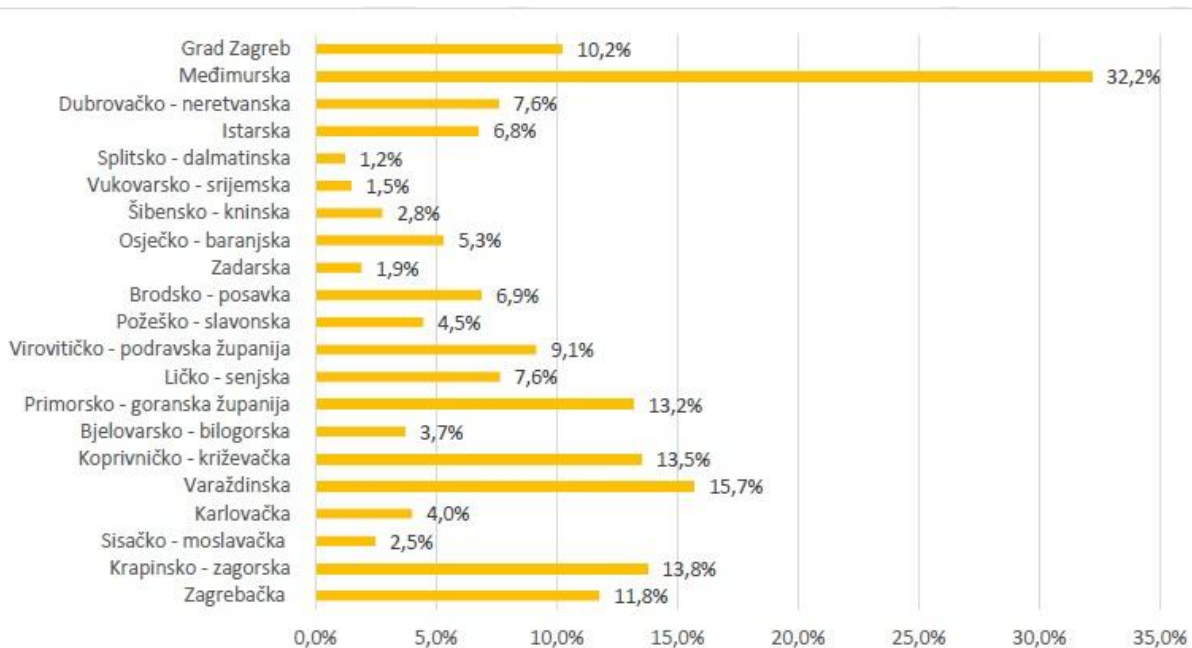
Slika 2. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po stanovniku [7]



Slika 3. Količina prikupljenog komunalnog otpada u Hrvatskoj po stanovniku i županiji [7]



Slika 4. Udio odvojeno prikupljenih pojedinih vrsta otpada 2013. godine u Hrvatskoj [7]



Slika 5. Usporedni prikaz odloženog i oporabljeneog udjela otpada 2012. godine u Hrvatskoj po županijama [7]

U nastavku će biti riječi o gospodarenju otpadom, te o osnovnim načelima koja se koriste u tom području.



### **3. GOSPODARENJE OTPADOM**

Svakodnevno se diljem svijeta proizvodi vrlo velik broj proizvoda. Te proizvode stanovništvo svakodnevno koristi, a nakon korištenja, oni se obično odlažu u nekom od postojećih načina odlaganja otpada. Pojavljuje se problem odlaganja velikih količina proizvoda, te se kao jedno od rješenja nameće efikasan sustav gospodarenja otpadom.

Otpad je prema Zakonu o održivom razvoju svaka tvar ili predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Nastaje kao rezultat raznih ljudskih aktivnosti, primjerice u domaćinstvima, raznim privrednim djelatnostima te posebno u industriji. [4]

Gospodarenje otpadom je ekonomski i ekološki razumno upravljanje otpadom tijekom njegova nastanka, sakupljanja, transporta, iskorištavanja i obrade do konačna odlaganja, a sve u skladu s pripadajućom i važećom zakonskom regulativom. [4]

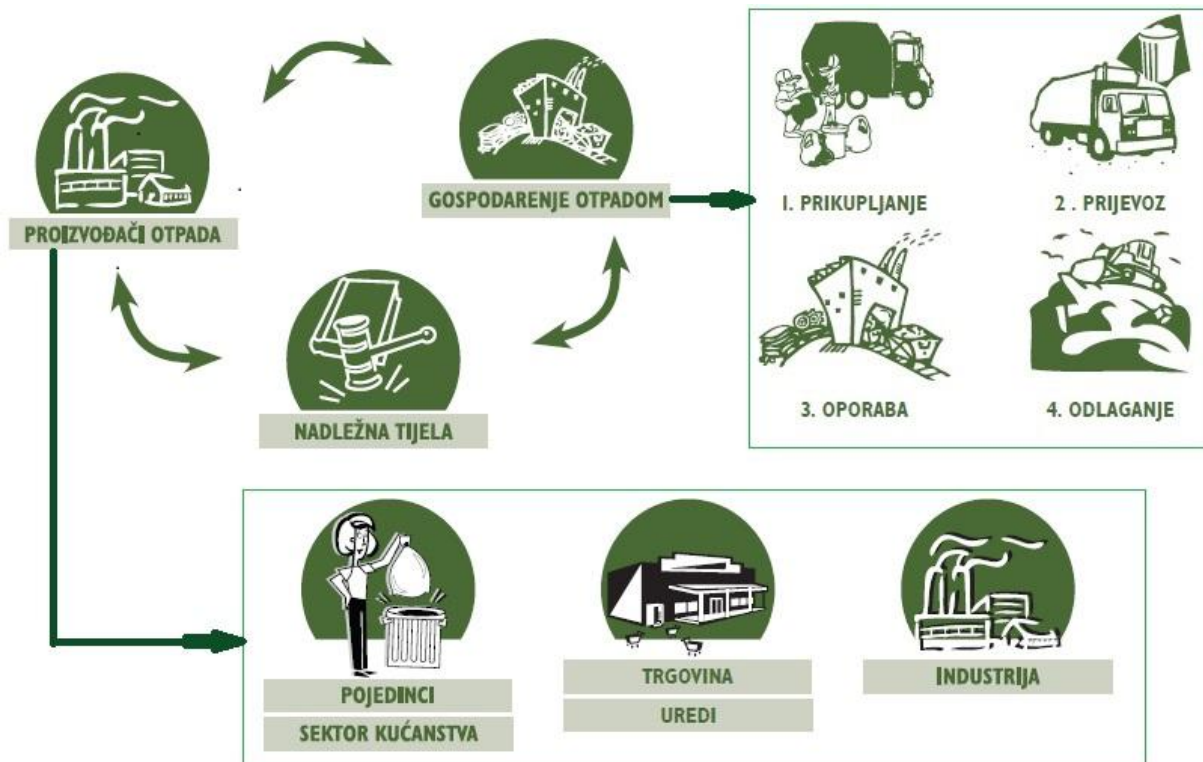
Cjelovito gospodarenje otpadom čine sve mjere postupanja s otpadom (prikupljanje, razvrstavanje, recikliranje, obrada i odlaganje otpada). Svaki otpad se može i mora iskoristiti, a preduvjet je odvojeno prikupljanje, jer pomiješaju li se različite vrste otpada u kanti nastaje smeće. Otpad nije gomila neiskoristivih tvari i ne mora postati smeće. Smeće je proizvod neprimjerenog ljudskog ponašanja s otpadom. Smeće se teško reciklira. U prilog, tome da je potrebno otpadom gospodariti pri njegovu nastajanju, govori činjenica da su naknadne sanacije vrlo skupe. [2]

Gospodarenje otpadom mora se osigurati na način da otpad koji preostaje nakon postupka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije. Gospodarenje otpadom provodi se na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje ne

dovodi do štetnih utjecaja na okoliš. Osobito kako bi se izbjegao rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka, kako bi se izbjegla pojava neugode uzrokovana bukom i/ili mirisom. [2]

Obrada otpada je niz postupaka pomoću kojih se mijenjaju fizikalna, kemijska ili biološka svojstva otpada u cilju dobivanja sekundarnih sirovina, energije ili tvari prikladnih za konačno odlaganje.

Javna usluga prikupljanja miješanog komunalnog otpada i prikupljanja biorazgradivog komunalnog otpada smatra se uslugom od općeg interesa, a podrazumijeva prikupljanje otpada na određenom području pružanja usluge putem spremnika i prijevoz otpada do ovlaštene osobe za obradu. Područje pružanja javne usluge je područje jedinice lokalne samouprave, a pruža ju davatelj javne usluge prikupljanja miješanog komunalnog otpada, odnosno davatelj javne usluge prikupljanja biorazgradivog komunalnog otpada. Korisnik usluge na području pružanja javne usluge je vlasnik nekretnine, odnosno vlasnik posebnog dijela nekretnine i korisnik nekretnine. Više korisnika mogu na zahtjev, sukladno međusobnom sporazumu, zajednički nastupati prema davatelju usluge.



Slika 6. Shematski prikaz gospodarenja otpadom [1]

U nastavku je naveden primjer načina gospodarenja otpadom – *Sustav gospodarenja otpadom u talijanskom poduzeću za proizvodnju čokolade* [8]. Cilj primjera je prikazati dobru praksu i put kojem treba težiti kada se govori o uspješnom gospodarenju otpadom. U primjeru su povezani svi načini gospodarenja otpadom o kojima će biti riječi u sljedećem poglavlju.

Ambalažni otpad, odnosno otpad od pakiranja svih vrsta, dakle primarnih, sekundarnih i tercijarnih, predstavlja veliku i opasnu količinu u sustavu gospodarenja otpadom.

Poduzeće godišnje, od otpadne ambalaže (one u kojoj oni dobivaju, sirovinu i ambalažu) proizvede sljedeću količinu otpada:

- 66 tekstilnih vreća – 43 kg,
- 160 najlonskih vreća – 10 kg,
- 350 LDPE (polietilen niže gustoće) vreća – 10,5 kg,
- 350 papirnatih vreća – 93 kg,
- kartonskih kutija – 1400 kg.

Dakle poduzeće, godišnje proizvede više od 1500 kg otpada.

Kako bi pravilno odložili, proizvedeni otpad, oni su se povezali u lokalnu logističku mrežu, te se na taj način pobrinuli da otpad dođe na mjesto gdje će biti propisno oporabljen. Sva poduzeća u koja je otpad išao na uporabu su unutar 100 km od ove čokoladnice.

Kartonske kutije, prevozili su u poduzeće, u blizini, koje proizvodi, ploče za zvučnu izolaciju, toplinsku izolaciju zidova i krovova. Plastične i najlonske vreće, prevozili su u poduzeće koje ima svu potrebnu opremu, za preradu plastičnog otpada, te proizvodnju, boca, spremnika, užadi, kaciga, materijala za izradu lopti (za nogomet, košarku i slično)

Zahvaljujući, dobroj povezanosti sa okolinom, poduzeće je besplatno uspjelo prevesti sav proizvedeni otpad. Ovo je samo jedan primjer, kako je moguće riješiti problem ambalažnog otpada.

## 4. NAČINI GOSPODARENJA OTPADOM

Promatrano organizacijski i tehnološki, odložiti odnosno spaliti otpad mnogo je jednostavnije nego uspostaviti kulturu i sustav okolišno prihvatljivije proizvodnje i proizvoda, te odvojenog prikupljanja otpada. Ekološki ispravan pristup uključuje proizvođača otpada na sudjelovanje u njegovu zbrinjavanju, dakle uključuje kreatora problema u njegovo rješavanje. U osmišljavanju rješenja treba stalno imati na umu da cilj nije obrađivati i skladištiti otpad, nego izbjeći njegov negativan utjecaj na okoliš. To se najbolje postiže sprečavanjem nastanka otpada.

Djelatnost zbrinjavanja otpada postala je unosan posao, usluga sa zajamčenom potražnjom, naročito kada stanje postane kritično, te joj, kao i svakoj gospodarskoj grani, odgovara što veće tržište i „što masovnija proizvodnja“, dakle u konkretnom slučaju „što veća količina otpada“. Zbog toga, razvoj ove gospodarske grane mora biti dobro promišljen i kontroliran, kako glad za profitom i privatni interesi ne bi prevladali nad općim interesom, održivim razvojem te brigom za zdravlje i okoliš.

Postoji određeni poredak postupaka, kako bi se trebali primjenjivati, s obzirom na održivost, ekološku, pa i ekonomsku prihvatljivost. Postupci bi se trebali vrednovati na način prikazan u nastavku, jer je to zapravo jedini način ostvarivanja idealnog cilja, nula otpada (*Zero Waste*). Gospodarenje otpadom mora se osigurati na način da otpad koji preostaje nakon postupka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije.

Zbog razlike u kvaliteti pojedinih postupaka obrade otpada, strogi hijerarhijski slijed zbrinjavanja otpada definiraju europske direktive i Europski Zakon o otpadu. Taj poredak je

široko poznat kao *3R*, prema prvim slovima svakog postupka na engleskom jeziku, a određen je na sljedeći način [9]:

- 1) Prevencija nastajanja otpada (*Reduce*),
- 2) Ponovna uporaba (*Reuse*),
- 3) Materijalna uporaba (recikliranje i kompostiranje) (*Recycle*), i
- 4) Energetska uporaba ili druge vrste obrade prije konačnog odlaganja otpada.

Velik broj europskih država nastoji reducirati količine otpada koje se odlažu na odlagališta, uslijed čega raste potreba za povećavanjem udjela recikliranog i biološki obrađenog otpada u ukupnoj količini nastalog otpada.

Na slici 7., u piramidalnoj strukturi je prikazana hijerarhija vrednovanja otpada, gdje je na vrhu prvi, a na dnu zadnji izbor



Slika 7. Piramida vrednovanja otpada [1]

Uz navedeni koncept *3R*, važno je spomenuti i koncept *3E*. Koncept *3E* služi za provedbu koncepta *3R* u praksi. Koncept *3E* određen e na sljedeći način [3]:

- 1) Edukacija (*Educate*) – osvijestiti i educirati o odgovornom postupanju s otpadom te povećati razumijevanje važnosti i mogućnosti gospodarenja otpadom.
- 2) Ekonomska održivost (*Economise*) – smanjiti troškove gospodarenja otpadom i uključiti troškove otpada u cijenu proizvoda po načelu „onečišćivač/zagađivač plaća“.
- 3) Održivost sustava (*Enforce*) – primijeniti koncepte učinkovitog postupanja s otpadom u zakonodavstvu i praksi, te uključiti u procese planiranja, odlučivanja i upravljanja sve zainteresirane u zakonodavstvu i praksi.

U nastavku će biti pojedinačno objašnjen svaki od *3R* postupaka.

## 4.1. PREVENCIJA NASTAJANJA OTPADA (*Reduce*)

Prevenција ili sprječavanje nastanka otpada su mjere poduzete prije slučaja da tvar, materijal ili proizvod postane otpad. (HR Gospodarenje i otpad općenito) Prevenција stvaranja otpada vjerojatno je najvažnija karika i najpoželjnija metoda pravilnom gospodarenju otpadom, no često je ta karika zapostavljena u hijerarhiji. Prevenција nastanka otpada mora smanjiti količinu nastalog otpada. Ovaj postupak započinje od samih karakteristika proizvoda koje kupujemo. U kratkom roku treba se odreći proizvoda napravljenih ili upakiranih u toksične i ne reciklabilne materijale, te proizvoda koji sadrže opasne tvari. Svi materijali koje koristimo trebali bi biti sastavljeni od reciklirajućih materijala. [9]

Proizvođač treba biti odgovoran za svoj proizvod, dok stanovnici moraju biti svjesni da postoji izbor jer oni sami mogu odlučiti koliko otpada mogu proizvesti odnosno ne proizvesti.

Mogu se poduzeti sljedeći koraci da se popravi postojeća situacija [9]:

- informirati lokalno stanovništvo o opasnostima pojedinih materijala te o mogućnosti nabave alternativa za te materijale,
- vršiti pritisak i zagovarati na nacionalnoj razini da se povećaju porezi i davanja na korištenje nereciklirajućih materijala (gdje postoji alternativa), te zagovarati odgovornost proizvođača,
- koristiti proizvode načinjene od netoksičnih, reciklirajućih odnosno recikliranih materijala u vlastitom poslovanju koliko god je to moguće,
- djelovati na privredne subjekte s ciljem primjena mjera za smanjivanje nastajanja otpada, i
- izbjegavati kupnju dvostruko pakiranih proizvoda.

Jedno od rješenja, kako smanjiti količinu otpada je da se uvede sustav naplate odvoza otpada iz kućanstava i tvornica po količini nastalog otpada, a ne kao u većini gradova i općina u Hrvatskoj, po površini stambenog ili poslovnog objekta. Važan dio napora treba usmjeriti i na informiranje javnosti o potrebi ovakvog sustava naplate. Naplata odvoza otpada prema količini djelovala bi izrazito stimulatивно po stanovništvo jer bi u tom slučaju izbjegavali stvaranje otpada i pažljivije sortirali otpad u kućanstvima u cilju smanjenja troškova odvoza otpada. [9]

Edukacija je izrazito bitna kako bi postupak efikasnog gospodarenja otpadom bio uspješan. U posljednjem desetljeću situacija u ophođenju otpadom znatno se promijenila u odnosu na prijašnje razdoblje i zahtijeva promjene u odgojno - obrazovnom sustavu. Na prvom Hrvatskom saboru o odgoju i obrazovanju za okoliš, održanom 1996. godine jedan od zaključaka glasio je: "Obrazovanje za okoliš treba ući u minimum svih predškolskih programa, kao i programe svih osnovnih i srednjih škola. [5]

Strategija obrazovanja u kojoj su odgoj i obrazovanje za okoliša pa tako i ophođenje s otpadom zastupljeni u svim predmetima zvuči idealno jer se na taj način problematiku može obuhvatiti u potpunosti, učiniti je interesantnom i pokazati u kojoj mjeri je dio svakodnevnog života. [5]

Do sada su najviše napora i najbolje rezultate pokazale predškolske ustanove. U osnovnom školstvu događaju se određeni pomaci, dok je u srednjoškolskom, posebice strukovnom školovanju ovaj vid edukacije gotovo u potpunosti zapostavljen. [5]

Hrvatski nacionalni obrazovni standard u osnovnom školstvu ostavio je prostor svim motiviranim nastavnicima da ove sadržaje uključe u plan i program. No, kako bi se te mogućnosti mogle i iskoristiti, potrebno je uložiti veće napore u edukaciju obrazovnog kadra, ponuditi kvalitetnu literaturu i edukativne materijale. [5]

Sudjelovanje javnosti je ključ uspjeha. Gospodarenje komunalnim otpadom je veoma ovisno o sudjelovanju javnosti. Uključivanje javnosti u ranoj fazi jamči i njezino bolje sudjelovanje u prevenciji nastanka otpada i recikliranju. Pogrešna je pretpostavka da je cijela javnost needucirana jer upravo javnost svakodnevno radi s otpadom te je njezino iskustvo izrazito važno za razvoj sustava gospodarenja otpadom koji može biti funkcionalan. [9]

Javnost je potrebno uključiti u sve razine razvoja sustava i to od razvoja strategije, planiranja lokacije za izgradnju objekata te razvoja načina prikupljanja otpada. Potrebno je zadržati potpunu transparentnost svih pregovora i ugovora s privatnim tvrtkama i omogućiti im javni pristup uz određeno vrijeme u kojem građani mogu dati svoje komentare i prijedloge na bilo koji ugovor. Jedino se uključenjem javnosti u sve korake procesa može postići zdravo ozračje suradnje javnog i državnog sektora nužne za dobro funkcioniranje cijelog sustava. [9]

Ni jedna strategija povrata resursa ne može uspjeti bez maksimalnog javnog angažmana. U više navrata se pokazalo da je većina ljudi voljna sudjelovati ako im se to omogući.

Potrebno je poduzeti brojne korake kako bi strategija gospodarenja otpadom, na način, prevencija nastajanja – ponovna uporaba – recikliranje, uspjela. [9]

### 1) **Edukacija** [9]

Kako bi razmjeri krize otpada bili prikazani, lokalne vlasti moraju započeti s javnom edukacijskom kampanjom. Iskustvo je pokazalo da najveći uspjeh imaju javne edukacijske kampanje koje uključuju kontinuirano dijeljenje letaka od strane firmi koje prikupljaju otpad, obavještavajući kućanstva o planovima i rasporedu skupljanja i odlaganja otpada. Također potrebno je zaposliti službenika zaduženog za promoviranje važnosti reciklaže otpada, koji bi bio na raspolaganju javnosti održavajući prezentacije u školama, lokalnim, religijskim i svim ostalim zainteresiranim zajednicama.

### 2) **Povratna informacija** [9]

Ključna je za efikasnu reciklažu. To je metoda kojom se može poboljšati razvrstavanje otpada pa time i reciklaža. Povratne informacije koriste službenicima za reciklažu, osoblju koje skuplja otpad ili stručnjacima.

### 3) **Inicijative kućevlasnika** [9]

Mnoge su zajednice uvele pojedine naplate korisniku kao dio pokreta za osvješćivanje pojedinačne odgovornosti za nastali otpad. Iskustvo pokazuje da čak i u zemljama u kojima nedostaje kultura recikliranja ili odvojenog prikupljanja otpada, kao što je Velika Britanija, ljudi rade ono što je najpovoljnije po njih u tom trenutku. Preporučljivo je imati rezervnu strategiju za slučajeve gdje edukacija i poticaji nisu uspjeli potaknuti ljude na odvojeno sakupljanje otpada. U nekim europskim zemljama postoji praksa uvođenja određenih kazni za one koji konstantno odlažu otpad prije nego li ga propisno sortiraju.

Postoje brojni načini na koje vlasti mogu provesti inicijativu za recikliranje:

- ponuditi kućanstvima godišnji popust ako potpuno sudjeluju u projektu,
- raditi s lokalnim medijima na osmišljavanju izazova za cijelu zajednicu kojim bi se prepoznavale ulice/gradske četvrti s najvišim udjelom sudjelovanja u projektu, ili nagrađivanje pojedinih kućanstava, i



- osigurati spremnike za kompost i reciklažni otpad besplatno svakom kućanstvu, no naplaćivati najam ostalih kontejnera za običan komunalni otpad. Primjerice u SAD – u se kućanstvima se različito naplaćuje komunalna naknada ovisno o veličini spremnika za običan komunalni otpad koji odluče koristiti.

Primjeri dobre prakse u smislu prevencije nastajanja otpada dani su u nastavku.

## **4.2. PRIMJERI PREVENCIJE NASTAJANJA OTPADA**

### **4.2.1. Prevencija nastajanja otpada u regiji Flandrija u Belgiji**

[9] Belgijska regija Flandrija imala je cilj postići 13 % manje količine nastalog otpada od količine nastalog u 2000. godini, uzimajući u obzir očekivani rast populacije te ekonomski razvoj regije (što su važni čimbenici porasta količine otpada). Taj je cilj već dostignut u 2001. godini te se količina nastalog otpada od onda stabilizirala.

Mjere za postizanje tog cilja uključivale su naplatu odvoza i zbrinjavanja otpada po količini otpada koji se ne može reciklirati, otvaranje mreže centara s ambalažom koja omogućuje ponovno korištenje te uvođenjem sistema „*smart*“ kartice koja je poticala kupovinu ambalaže koja se može višekratno upotrebljavati.

### **4.2.2. Supermarket bez ambalažnog otpada**

[10] U Berlinu je otvoren dućan u kojem proizvodi koji se mogu kupiti nisu zapakirani. Vlasnici ovog dućana, na ovaj način pokušavaju riješiti problem velike količine ambalažnog otpada.

U dućanu se ne može kupiti vrećica, već kupac sam mora donijeti nešto u čemu će nositi kupljene proizvode kući. Voće i povrće u dućanu stoji jedino bez ambalaže, a isto tako i tijesto, žitarice, grah i ostali proizvodi. Za takve proizvode, kao grah, tijesto, žitarice, u dućanu su postavljeni gravitacijski punjači, koji služe za dodavanje tih proizvoda kupcu.

U slučaju, da kupac zaboravi vrećicu ili spremnik u čemu će nositi proizvode kući, u dućanu će moći kupiti papirnatu vrećicu izrađenu od recikliranog papira.

Još jedna prednost ovakvog dućana je, može se kupiti količina hrane po želji, a ne onoliko koliko je proizvođač odredio prije pakiranja.

Slični ovakvi dućani, bili su otvoreni u Londonu i Austinu, ali nisu zaživjeli. Jedina razlika između tih dućana i ovog je, ovaj dućan nudi sve vrste proizvoda, dok su slični, u navedenim gradovima, nudili samo organsku hranu.

#### **4.2.3. Biorazgradiva plastika od hitina**

[11] Plastični otpad, komadni i na mikro razinama, u prevelikoj količini, prisutan je u oceanima. Već prije 20 godina, pojavile su se neke mogućnosti, za izradu bio plastike na bazi celuloze. Kada je proizvod došao na tržište, bio je teško lomljiv i zbog toga neprilagođen za recikliranje.

Na Institutu Harvard Wyss za biološki inspirirano inženjerstvo, stvorena je bioplastika slična hitinu<sup>2</sup>. Kombiniranjem te bioplastike s bjelančevinom iz svile, stvoren je zamjenski materijal za plastične vrećice, razgradiv u prirodi za dva tjedna. Proizvod su nazvali *Shrilk* (od engl. *shrimp* – škampi i *silk* – svila). Također, opisana je primjena spomenutog materijala – organski generirane plastike u postupku 3D printanja uporabnih predmeta (šahovske figure i ploča). Značajan nedostatak ovog materijala je krhkost.

#### **4.2.4. Biorazgradiva plastika dobivena reakcijama bakterija**

[12] Na Sveučilištu Stanford, se udružilo nekoliko znanstvenika i osnovali su *start-up* poduzeće.

---

<sup>2</sup> Hitin je drugi najčešći organski materijal na Zemlji, te tvori krila i oklope brojnih insekata, vanjsko tkivo gljiva, te školjke svih poznatih školjkaša.

Oni su uspjeli stvoriti Polihidroksialkanoat (PHA), biorazgradivu plastiku. Ta plastika je dobivena prirodno, na način da ne genetski modificirane grupe bakterija kroz proces fermentacije prerađuju metan i kisik (uz određene dodatke), u plastiku.

Proces se doima korisnim, zato što se otpadni plin metan (sa odlagališta ili iz kanalizacije) može iskoristiti za proizvodnju plastike. Ona se nakon uporabe razgrađuje te se od nje dobiva metan koji se zatim koristi za proizvodnju te plastike.

Proizvod, odnosno postupak i materijal, još nisu dospjeli na tržište.

#### 4.2.5. Nova generacija biorazgradive ambalaže

[13] U poduzeću *Tomorrow machine* razvili su biorazgradive spremnike, za različite vrste proizvoda. U nastavku bit će navedeni, objašnjeni i prikazani, neki od njihovih proizvoda u razvoju.

Ekspandirajuća posuda (*Sustainable expanding bowl*)

Riječ je o spremniku, u kojem se nalazi zamrznuta hrana. Dodavanjem kipuće vode u zdjelu sa proizvodom, kutija ekspandira, te se čak i otvara, pri određenoj temperaturi, odnosno kada je hrana skuhan. Kutija, nakon uporabe, može biti reciklirana.



Slika 8. Zatvoreni spremnik koji sadrži zamrznutu hranu [13]



Slika 9. Prikaz otvorenog spremnika sa hranom spremnom za konzumaciju [13]

### Razgradiva ambalaža za piće

Spremnik za piće je napravljen, od materijala sličnog želatini, dobivenog iz alge. Kako se tekućina uzima iz spremnika, on se smanjuje. U prirodi potpuno nestane, nakon mjesec dana.



Slika 10. Biorazgradivi spremnik za piće [13]



Slika 11. Prikaz skupljanja punog spremnika [13]

### Pakiranje za suhu hranu

Ambalaža za suhu hranu, poput riže ili tjestenine, izrađena je od pčelinjeg voska. Vosak je tanak poput papira, a spremnik se može otvoriti i baciti poput kore od naranče.



Slika 12. Ambalaža za suhu hranu lijevo prikazana zatvorena, a desno otvorena [13]

### Eko spremnik za ulje

Eko spremnik za ulje je izrađen od karameliziranog šećera, sa prevlakom od pčelinjeg voska, koji se razbije kao jaje. U svega nekoliko minuta spremnik se može otopiti u vodi.



Slika 13. Biorazgradivi spremnik za ulje [13]

Većina ovih proizvoda za sada je samo prototip, što ne isključuje mogućnost lansiranja proizvoda na tržište.

### **4.3. PONOVDNA UPOTREBA (*Reuse*)**

Ponovna upotreba je nekoć bila uobičajena za ambalaže pića i platnene vrećice za kruh, mreže i košare. Jedna staklena boca može se iznova puniti 30 i više puta i time zamijeniti 30 komada po okoliš skupe plastične ambalaže. Građani i trgovci moraju postati svjesni učinka svojih potrošačkih navika na naredne generacije i njihove probleme s količinom novonastalog otpada. [9]

Ponovnom uporabom smatra se i bilo kakva primjena nekog djela jednog proizvoda u istom ili sličnom proizvodu. Primjerice proizvod na kraju životnog vijeka može biti odbačen, ali to ne mora značiti da su i svi njegovi sastavni elementi trebali biti odbačeni. Tako neki, još uvijek kvalitetan dio, može poslužiti kao zamjenski element u nekom drugom proizvodu. [9]

Edukativne kampanje kao što su na primjer prikazivanje koristi korištenja povratne ambalaže, reduciranje korištenja plastičnih (najlonskih) vrećica za kupovinu, mogu poslužiti populariziranju ovog postupka. [9]

U nastavku je objašnjen jedan pozitivan primjer ponovne uporabe iz prakse, *Ponovna uporaba otpadnog mulja dobivenog u procesu reciklaže papira* [14]

Otpadni mulj (*Paper mill sludge*) je čvrsti ostatak procesa pročišćavanja otpadnih voda industrije celuloze i papira. On predstavlja tehnološki, okolišni i ekonomski problem. U EU se godišnje prikupi 90 milijuna tona papira, te 4 milijuna tona mulja.

Otpadni mulj skuplja se i zbrinjava kao komunalni otpad odlaganjem na odlagalištima komunalnog otpada jer nema registriranih oporabitelja. Trenutno je dominantna metoda zbrinjavanja otpadnog mulja, spaljivanje, a druge metode, poput odlaganja, nisu učinkovite.

Postoji nekoliko načina alternativne primjene otpadnog mulja dobivenog kao nusprodukt recikliranja papira i kartona.

- 1) Otpadni mulj je alternativni materijal, nadomješta cement, te omogućava unaprjeđenje materijala za izradu građevnih blokova, zidnih obloga i panela. Omogućava poboljšanje svojstava cementa i betona pružajući im veću čvrstoću i otpornost, otpornost na smrzavanje i pucanje.

Prednosti metode: nema odlaganja otpadnog mulja, ponovna uporaba otpada nema potrebe zbrinjavanja pepela;

Nedostaci: transportni troškovi, otpor javnosti.

- 2) Otpadni mulj umjesto odlaganja na odlagališta kao otpad, može biti sirovina za pokrov odlagališta.

Prednosti: zamjenjuje skuplju glinu (slična svojstva), nema odlaganja otpadnog mulja, manji troškovi odlaganja.;

Nedostaci: slijeganje i zgušnjavanje mulja povećava propusnost sloja.

#### **4.4. RECIKLIRANJE I KOMPOSTIRANJE (*Recycle*)**

Recikliranje je izdvajanje materijala iz otpada te predstavlja ponovnu uporabu iskorištenih, odnosno odbačenih materijala i proizvoda, sa ili bez prethodne dorade. Uključuje sakupljanje, izdvajanje, preradu i izradu novih proizvoda iz iskorištenih stvari ili materijala. Može se reći da je to oponašanje kruženja tvari u prirodi. [15]

Uloga recikliranja je poglavito ekonomska i ekološka, a prednosti su [15]:

- 1) Čuvanje zaliha neobnovljivih (primarnih) izvora sirovina preradom odbačenih materijala (sekundarnih sirovina).
- 2) Ušteda energije pri dobivanju materijala iz sekundarnih sirovina.
- 3) Zaštita okoliša smanjivanjem količine deponiranog otpada u okolinu.

Iako materijali kao što su papir i nepovratna staklena ambalaža, odnosno slomljeno staklo, nisu prihvatljivi za direktno ponovno korištenje, ove materijale je moguće ponovno iskoristiti postupcima kompostiranja odnosno recikliranja. Stoga su kompostiranje i recikliranje veoma

važni postupci u gospodarenju otpadom. Naravno, ovaj način gospodarenja ne može zamijeniti prva dva (prevenciju i ponovnu upotrebu) te uz to treba osigurati da poticaji za recikliranje ne djeluju negativno na prevenciju stvaranja otpada i njegovu ponovnu uporabu. [9]

Vrlo je važno najprije odvojiti otpad prema vrstama otpadaka. Mnoge otpadne tvari se mogu ponovo iskoristiti ako su odvojeno sakupljene. Cilj je što veći dio proizvoda iskoristiti nakon kraja životnog vijeka proizvoda kao gotov oblik ili kao sirovinu, koja će ponovno ući u proces proizvodnje istog ili novog proizvoda. Pri tome neupotrebivi dio proizvoda za daljnje korištenje ili za okoliš štetni dio proizvoda treba smanjiti na što manju mjeru. [15]

Pažnju treba obratiti na to da se neki materijali ne mogu efektivno reciklirati, odnosno ne mogu se reciklirati u materijale iste kvalitete kao na primjer recikliranje automobilskih guma u granulate za dječja igrališta.

Reciklira se: otpad od plastike, gume, otpad iz proizvodnje i prerade kože otpad od papira i tekstila, otpad iz poljoprivredno prehrambene industrije, komunalni i slični otpad iz industrije, obrta i uslužnih djelatnosti. [1]

Prilikom recikliranja koriste se razne tehnološke operacije i procesi [1]:

- mehaničke operacije (sortiranje, klasiranje, doziranje, mljevenje, prešanje, pranje, sušenje, itd.),
- druge fizikalne operacije (destilacija, kristalizacija, isparavanje, otapanje, itd.),
- kemijske operacije (neutralizacija, hidroliza, oksidacija, itd.),
- biološki procesi (enzimatska hidroliza, fermentacijski procesi, kompostiranje, itd.).

Tehnologije koje se koriste moraju odgovarati suvremenim standardima zaštite okoliša jer u tim raznovrsnim postupcima dolazi do pojave buke, emisija u tlo, vodu i zrak. Prilikom lokacije postrojenja za recikliranje treba obratiti pozornost na kapacitet i specifičnosti tehnoloških postupaka. [1]



Dva najvažnija elementa za uspješnu strategiju recikliranja su [9]:

1. Sakupljanje otpada od “vrata do vrata” pri čemu se otpad odvaja već u domaćinstvima. Uspješnost te strategije očituje se u postizanju veće količine odvojeno prikupljenih glavnih grupa komunalnog otpada u domaćinstvu. Za to je potrebno osigurati dostatan broj kanti i kontejnera za pojedine grupe otpada, lako pristupačnih svim korisnicima.
2. Pridavanje velike važnosti edukaciji i participaciji javnosti (građana korisnika).

U nastavku su navedeni i objašnjeni dobri primjeri prakse recikliranja u Hrvatskoj i ostatku svijeta.

## 4.5. PRIMJERI RECIKLIRANJA OTPADA

### 4.5.1. Primjena reciklirane gume u izradi barijera za zvučnu izolaciju

[16] Projekt se bavi primjenom recikliranih automobilskih guma kao sirovine za izradu apsorpcijskog sloja. Postoje ekonomski i ekološki aspekti ovakve primjene recikliranih automobilskih guma. Poseban naglasak dan je primjeni ovakve vrste barijera uz moderne željezničke kolosijeke koji postavljaju visoke zahtjeve stabilnosti i trajnosti konstrukcije. RUCONBAR (*RUBberized CONcrete Noise BARriers*) u strukturi svojeg apsorbirajućeg sloja sadrži 40 % gumenog granulata (Slika 14.) dobivenog recikliranjem otpadnih guma i kao takav predstavlja inovativno rješenje u proizvodnji barijera za zaštitu od buke.



Otpadne gume  
u okolišu



Recikliranje  
otpadnih guma



Gumeni  
granulat



Čišći okoliš

Slika 14. Prikaz dobivanja sirovine za izradu RUCONBAR-a [16]

Primjena ove vrste barijera je vrlo zanimljiva u svim zemljama, posebice u onim jugoistočne Europe koje dijele zajednički problem nezadovoljavajućeg stupnja razvijenosti sustava zbrinjavanja otpadnih automobilskih guma.

Primjenom RUCONBAR-a za izradu 1 km barijera visine 3 m, može se upotrijebiti 66,3 t recikliranog gumenog granulata dobivenog recikliranjem 7 800 komada otpadnih guma, s obzirom da se recikliranjem iz gume dobije 75 % gumenog granulata. Ukoliko bi se 50 % budućih ulaganja u zaštitu od buke izvelo RUCONBAR-om tada bi se samo na području Hrvatske za izgradnju 275 000 m<sup>2</sup> zaštite upotrijebilo 6 100 t otpadnih guma ili 720 000 komada otpadnih automobilskih guma (prosječna masa gume 8,5 kg).

Jednostavna izvedba te brza montaža čine ove barijere vrlo praktičnim za primjenu kako uz nove dionice autoceste tako i uz postojeće cestovne prometnice. U sklopu projekta zaštite od buke Zoološkog vrta provedena su mjerenja i analiza razina buke od automobilskog i tramvajskog prometa.



Slika 15. Simulacija primjene RUCONBAR-a – ZOO Zagreb [16]

#### **4.5.2. Recikliranje stakla u poduzeću Vetropack Straža d.d.**

[17] Tvrtka Karmasin Motivforschung iz Beča 2004. godine izradila je studiju u kojoj navodi da 72 % potrošača staklo smatra idealnom ambalažom za bio proizvode.

Vetropack Straža d.d. iz Huma na Sutli. Vetropack Straža sa svoje tri staklarske peći i ukupnim dnevnim kapacitetom proizvodnje od 790 tona najveća je staklana u ovom dijelu

Europe. U pogonu za reciklažu stakla bi se mogla zbrinuti sva otpadna staklena ambalaža s područja Republike Hrvatske.

#### **4.5.3. EKO otok Krk**

[18] Otok Krk u lipnju 2005. godine uvodi prilagođeno sakupljanje otpada od vrata do vrata popularno nazvan „Eko otok Krk“. To je prvi model cjelovitog zbrinjavanja otpada u Hrvatskoj gdje je omogućeno zbrinjavanje svih vrsta otpada. Ukupna vrijednost investicije je oko 37 milijuna kuna.

Na cijelom otoku je na 1300 lokacija postavljeno po četiri kontejnera za odvojeno prikupljanje te jedan za ostali otpad. Uz te kontejnere uspostavljeno je i sedam reciklažnih dvorišta za prikupljanje starog namještaja, automobilskih guma, akumulatora i slično. Valja napomenuti kako je sustav odvojeno prikupljenog otpada omogućio po jednu kantu na svaka tri stanovnika te četiri kutije za odvajanje otpada za svako kućanstvo.

Rezultat je pad ukupne količine nastalog otpada za 6 %. To je postignuto iznimno dobrom kampanjom poticanja i educiranja ljudi da razmišljaju o svojim kupovnim navikama.

## **4.6. ODLAGANJE**

Odlaganje je postupak trajnog odlaganja prethodno obrađenog otpada na odlagalište otpada, tj. prostor namijenjen odlaganju otpada na površinu zemlje ili pod zemlju. Odlaganje mora biti posljednji korak u hijerarhiji zbrinjavanja otpada. Odlagališta otpada se mogu značajno unaprijediti na način da ne ugrožavaju podzemne vode i tlo te ne proizvode metan ni neugodne mirise. Glavni uzročnik procesa u odlagalištima je upravo organski otpad, koji trune bez prisutnosti kisika te proizvodi tekućine koje mogu prodrijeti kroz zaštitne slojeve ispod odlagališta te doprijeti do podzemnih voda. [17]

Neiskoristivi otpad može se odlagati na odlagališta otpada (smetlišta) ili trajno skladištiti. Opasni otpad poput baterija, ulja ili boja, često završi na odlagalištu jer ljudi ne znaju ili ne žele pravilno odložiti takav otpad. Pretpostavka je da velik dio tog otpada završi upravo na odlagalištima. [9]

## **5. ZAKONSKA REGULATIVA ZA OTPAD**

U ovom poglavlju je opisana zakonska regulativa za otpad u Republici Hrvatskoj. Također spomenuta je i opisana regulativa Europske Unije koju je Hrvatska u velikoj mjeri uspostavila.

### **5.1. EU LEGISLATIVA**

Temelji politike gospodarenja otpadom u EU sadržani su u rezoluciji Vijeća Europe o strategiji gospodarenja otpadom (97/C76/01) koja se temelji na Okvirnoj direktivi o otpadu (74/442/EEC) i ostalim propisima o gospodarenju otpadom u EU. [2]

Utvrđeno je pet osnovnih načela [2]:

- hijerarhija gospodarenja otpadom,
- samodostatnost postrojenja za odlaganje,
- najbolja raspoloživa tehnika,
- blizina odlaganja otpada, i
- odgovornost proizvođača.

Uz navedena načela, u EU postoje i druga načela kojih bi se morale pridržavati sve članice unije, a to su [2]:

- Zajednička definicija otpada u svim državama članicama – definicija otpada iz Okvirne direktive o otpadu obvezna je za sve države članice i primjenjuje se za sav otpad bez obzira je li ona namijenjen odlaganju ili oporabi. Uz to, lista otpada iz Europske liste otpada pruža zajedničku terminologiju za različite vrste otpada.
- Poticanje čišće proizvodnje i korištenja čistih proizvoda.

- Poticanje razvoja, čistije proizvodnje i potrošnje čistih proizvoda omogućuje smanjivanje utjecaja proizvoda na okoliš tijekom njihova vijeka trajanja što se može postići poboljšanim korištenjem resursa, smanjivanjem emisija iz proizvodnje i gospodarenja otpadom.
- Poticanje korištenja gospodarskih instrumenata – cilj je utjecati na zaštitu okoliša tržišnim mehanizmima: naknade i pristojbe na stvaranje otpada, promet otpadom i njegovo odlaganje, utržive dozvole za emisije kod proizvodnje otpada, utrživi certifikati za recikliranje, uvozne pristojbe na otpad čije zbrinjavanje izaziva dodatne troškove, itd.
- Reguliranje prometa otpadom – cilj je propisati sustav kontrole i nadzora prekograničnog prometa otpadom uz obvezu država članica EU na uspostavu nacionalnog sustava za nadzor i kontrolu, kako bi se osigurao visoki stupanj zaštite okoliša i ljudskog zdravlja te osigurala provedba načela o gospodarenju otpadom propisanih Direktivom o otpadu 75/442/EEZ.

Okvir europske politike gospodarenja otpadom sadržan je u Direktivi o otpadu i ukidanju određenih Direktiva Europskog Parlamenta i Vijeća 2008/98/EC od 19. studenog 2008. godine. [2]

Uz navedeno postoji još čitav niz Uredbi i Odluka Vijeća Europske unije i Europske Komisije kojima se propisuje gospodarenje otpadom.

## **5.2. ZAKONSKA REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Zakonski okvir za gospodarenje otpadom u Hrvatskoj je u velikoj mjeri uspostavljen i u skladu s EU propisima. U tom pogledu, najznačajniji izazov odnosi se na nisku razinu provedbenih mehanizama, slabosti u sustavu kontrola i pouzdanosti podataka o količinama i tokovima otpada. Nadalje, kako bi se uspostavio operativan sustav gospodarenja otpadom usklađen s EU standardima, potrebna su značajna ulaganja u infrastrukturu gospodarenja otpadom popraćena mjerama za podizanje svijesti i dodatnom edukacijom. [6]

Sadašnje je stanje velikim dijelom posljedica neprovođenja propisa i nedostatka financijskih sredstava. [5]

## A) UPRAVNE STRUKTURE

### DRŽAVNA RAZINA

#### Hrvatski sabor:

- Donošenje Zakona o otpadu i drugih relevantnih propisa
  - Donošenje Strategije gospodarenja otpadom
- Saborski odbori:
- Davanje mišljenja o pojedinim zakonima i dokumentima

#### Vlada Republike Hrvatske:

- Donošenje Plana gospodarenja otpadom
- Donošenje uredbi
- Mandatarno određivanje lokacija građevina u sustavu gospodarenja otpadom

#### Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva:

- Priprema novog zakonodavstva
- Priprema novih standarda
- Priprema strategije gospodarenja otpadom i plana gospodarenja otpadom RH
- Donošenje provedbenih propisa
- Priprema izvješća o stanju okoliša i programa zaštite okoliša
- Odobravanje zahtjeva na temelju procjena utjecaja na okoliš
- Izdavanje dozvola za gospodarenje otpadom (osim za odlagališta inertnog otpada)
- Inspekcija i nadzor nad provedbom zakona i podzakonskih akata
- Gospodarenje opasnim otpadom (provedba mjera)
- Nadzor nad AZO-om i FZOEU-om

#### Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost:

- Ubiranje naknada (naknade za vozila na motorni pogon, onečišćavanje zraka oksidima sumpora i dušika i ugljikovim dioksidom, opterećenje okoliša opasnim i neopasnim tehnološkim (industrijskim) otpadom)
- Financiranje projekata i određivanje uvjeta za dodjelu sredstava (sanacija odlagališta otpada, poticanje izbjegavanja i smanjivanja nastajanja otpada, obrada otpada i iskorištavanje vrijednih svojstava otpada, poticanje čistije proizvodnje i izbjegavanje emisija u proizvodnim procesima)

#### Agencija za zaštitu okoliša (AZO):

- Priprema izvješća o gospodarenju otpadom u okviru izvješća o stanju okoliša
- Razvoj i koordinacija jedinstvenog informacijskog sustava zaštite okoliša (ISZO)
- Razvoj pokazatelja za praćenje stanja na području otpada, određivanje i izrada prioritarnog seta pokazatelja
- Suradnja s Europskom agencijom za okoliš

#### Državni zavod za mjeriteljstvo i Hrvatska akreditacijska agencija:

- Akreditacija ispitnih laboratorija
- Standardizacija oznaka
- Standardizacija pojmova u području gospodarenja otpadom
- Izdavanje odgovarajućih normi

#### Središnja tijela državne uprave zadužena za:

- industriju, rudarstvo, energetiku
- more, turizam, promet
- poljoprivredu, šumarstvo, vodno gospodarstvo
- zaštitu prirode
- zdravstvo
- znanost, obrazovanje
- financije
- upravu
- pravosuđe
- europske integracije

Sudjelovanje u rješavanju problema gospodarenja otpadom.

### REGIONALNA RAZINA

#### Županijske vlasti / Grad Zagreb

- Donošenje planova gospodarenja otpadom
- Određivanje lokacija u prostornim planovima i izdavanje dozvola za odlagališta neopasnog i inertnog otpada
- Osiguravanje uvjeta i provedba mjera za gospodarenje proizvodnim, ambalažnim, građevinskim i drugim otpadom
- Izdavanje odgovarajućih dozvola
- Prikupljanje podataka o otpadu (registar onečišćivača okoliša)

#### Lokalne vlasti (općine i gradovi uključujući Grad Zagreb)

- Donošenje planova gospodarenja otpadom i određivanje lokacija u prostornim planovima
- Provedba mjera za gospodarenje komunalnim otpadom
- Prikupljanje i dostavljanje podataka

## B) OSTALI SUDIONICI

#### Proizvođači i uvoznici proizvoda i otpada:

- Pravne i fizičke osobe aktivnošću kojih nastaje otpad (kućanstva, gospodarstvo, javni sektor) sudjeluju u sustavu gospodarenja otpadom na razini države, jedinice regionalne i lokalne samouprave ovisno o načinu i stupnju organiziranosti te znanju, svijesti i informiranosti
- Donošenja planova gospodarenja otpadom
- Dostavljanje podataka odgovarajućim tijelima

#### Tvrtke za gospodarenje otpadom:

- Prikupljanje i prijevoz otpada te upravljanje građevinama i postrojenjima za gospodarenje otpadom
- Dostavljanje podataka odgovarajućim tijelima

#### Konzultantske tvrtke, strukovne organizacije i udruge:

- Provođenje aktivnosti kojima se unaprijeđuju praksa, svijest, informiranost i potiče sudjelovanje

Slika 16. Vertikalna podjela vlasti u smislu gospodarenja otpadom u Hrvatskoj [1]

### **5.2.1. Dokumenti o gospodarenju otpadom u RH**

Republika Hrvatska se različitim direktivama obvezala postupati u skladu s preuzetim međunarodnim obvezama. [7]

Način gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj od prosinca 2004. do srpnja 2013. je bio uređen Zakonom o otpadu (Narodne novine 178/04, 153/05, 111/06, 60/08 i 87/09). Prema odredbama navedenog Zakona, planski dokumenti gospodarenja otpadom su Strategija i Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, županijski planovi gospodarenja otpadom i plan gospodarenja otpadom Grada Zagreba, gradski odnosno općinski planovi gospodarenja otpadom te planovi gospodarenja otpadom proizvođača otpada. [7]

Hrvatski sabor je u listopadu 2005. donio Strategiju gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (Narodne novine 130/05) čija je svrha uspostaviti okvir unutar kojeg će Republika Hrvatska smanjiti količinu otpada kojeg proizvodi, a proizvedenim otpadom održivo gospodariti. Strategija sadrži ocjenu postojećeg stanja, osnovne ciljeve i mjere za gospodarenje otpadom, mjere za gospodarenje opasnim otpadom te smjernice za uporabu i zbrinjavanje otpada. Strategijom su utvrđeni strateški i kvantitativni ciljevi te predložene mjere za njihovo postupno ostvarivanje do 2025. Također je utvrđeno da se strateški ciljevi ostvaruju putem planova gospodarenja otpadom. Određeni su sudionici u sustavu gospodarenja otpadom i njihove najvažnije zadaće. Strategija je dugoročni dokument koji pretpostavlja stalno praćenje postavljene vizije te, prema potrebi, podliježe reviziji i promjenama. [7]

Plan gospodarenja otpadom za razdoblje od 2007. do 2015. je donesen u srpnju 2007., a izmjene i dopune navedenog Plana u studenome 2010. i ožujku 2011. Osnovna zadaća navedenog Plana je organizirati provedbu glavnih ciljeva Strategije postavljene od 2005. do 2025. Navedenim Planom je određen vremenski okvir uspostave cjelovitog sustava gospodarenja otpadom i donošenja županijskih planova i plana gospodarenja otpadom Grada Zagreba do konca 2007., županijskih i regionalnih centara za gospodarenje otpadom do konca 2011. te nadzor nad provedbom Plana gospodarenja otpadom i planova gospodarenja otpadom jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave te godišnje izvještavanje do konca 2015. [7]



Prema odredbama Zakona o održivom gospodarenju otpadom, prioritet je sprječavanje nastanka otpada, zatim priprema za ponovnu uporabu, recikliranje i drugi postupci oporabe, poput energetske oporabe, te na koncu zbrinjavanje otpada. Predviđeno je uvođenje primarne selekcije otpada na kućnom pragu te naplata po količini preuzetog otpada ili obujmu posude. Gradovi i općine su odgovorni za smanjenje količine odloženog otpada i smanjenje količine odloženog biorazgradivog otpada te su dužni osigurati posebne spremnike, izgraditi reciklažna dvorišta i educirati građane o primarnoj selekciji otpada. [7]

### ***5.2.1.1. Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske***

U prethodnom djelu ovog poglavlja objašnjeno je značenje Strategije gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, stoga će u nastavku biti definirana osnovna načela i ciljevi ovog dokumenta. [19]

Strategijom se uređuje gospodarenje različitim vrstama otpada na teritoriju RH, od njegova nastanka do konačnog odlaganja, s osnovnim ciljem ostvarivanja i održavanja cjelovitog sustava gospodarenja otpadom koji će biti ustrojen prema suvremenim europskim standardima i zahtjevima, a sa svrhom da se maksimalno izbjegne, odnosno smanji nastajanje otpada, smanji, na najmanju moguću mjeru, nepovoljni utjecaj otpada na ljudsko zdravlje, okoliš i klimu, te da se cjelokupno gospodarenje otpadom uskladi s načelima održivog razvoja. [19]

Oblikovanje ove Strategije, osobito u izboru mjera za ostvarivanje zacrtanog sustava gospodarenja otpadom, polazi od općih načela EU i pravnih određenja sadržanih u Zakonu o otpadu koja su usklađena s tim načelima. [19]

#### **a) Hijerarhija gospodarenja otpadom**

- Prioriteti su izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada te smanjivanje njegovih opasnih svojstava.
- Ako se nastajanje otpada ne može izbjeći niti smanjiti, otpad se mora ponovno koristiti – reciklirati i/ili oporabiti.
- Otpad koji se više ne može racionalno iskoristiti trajno se odlaže na prihvatljiv način za okoliš.



**b) Korištenje najboljih dostupnih tehnologija u odnosu na troškove i ekološku prihvatljivost**

**c) Odgovornost proizvođača**

- Proizvođač proizvoda od kojega potječe otpad odgovoran je za odabir rješenja najprihvatljivijeg za okoliš prema svojstvima proizvoda i tehnologiji proizvodnje, uključujući vijek trajanja proizvoda i uporabu najbolje dostupne tehnologije.
- Proizvođač otpada podmiruje sve troškove preventivnih mjera i mjera zbrinjavanja otpada, troškove gospodarenja otpadom koji nisu pokriveni prihodom ostvarenim od prerade otpada, te je financijski odgovoran za provedbu preventivnih i sanacijskih mjera zbog štete za okoliš koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad.

**d) Neovisnost i blizina**

Treba uspostaviti integriranu i potrebama Hrvatske primjerenu mrežu građevina i postrojenja za oporabu, recikliranje, obradu i odlaganje otpada. U posebnim slučajevima koristit će se građevine i postrojenja izvan RH.

**e) Podupiranje približavanja i priključivanja EU-u**

**f) Uklanjanje nedostataka dosadašnje politike i prakse gospodarenja otpadom**

Potrebno je na temelju uočenih nedostataka, promijeniti politiku i praksu zbrinjavanja otpada, provjeriti i poboljšati propise i postupke, provesti načelo striktnog poštivanja propisa i standarda, te uspostaviti mrežu građevina i postrojenja za sustav gospodarenja otpadom.

**g) Onečišćivač plaća**

Oni koji onečišćuju okoliš moraju podmirivati puni trošak za zbrinjavanje otpada, poduzimanje preventivnih mjera i uklanjanje šteta koje prouzroče svojim djelovanjem.

**h) Pravo na pristup informacijama, sudjelovanje javnosti u odlučivanju i pristup pravosuđu**

**i) Uloga odgoja i obrazovanja**

Posebnu pažnju treba posvetiti odgoju i obrazovanju građana, svih društvenih skupina i ukupne javnosti s ciljem stjecanja potrebnih znanja, oblikovanja stavova i ponašanja, te pripremanja za odgovorno donošenje odluka, uz razvijanje spremnosti svakog pojedinca za osobno djelovanje.

**j) Priprema za otvoreno tržište**

Treba poticati gospodarstvo i druge segmente društva ekonomskim i drugim instrumentima na gospodarenje otpadom u suglasju s okolišem i u okviru održivog razvoja te pripremanja društva u cjelini za otvoreno tržište.

**k) Etapni pristup**

Treba postupno poboljšavati sustav, kroz mjerljive etape, uz praćenje, nadzor i provjeru izvršenja etapnih zadataka.

Strategijom je utvrđeno pet strateških ciljeva u području gospodarenja otpadom [19]:

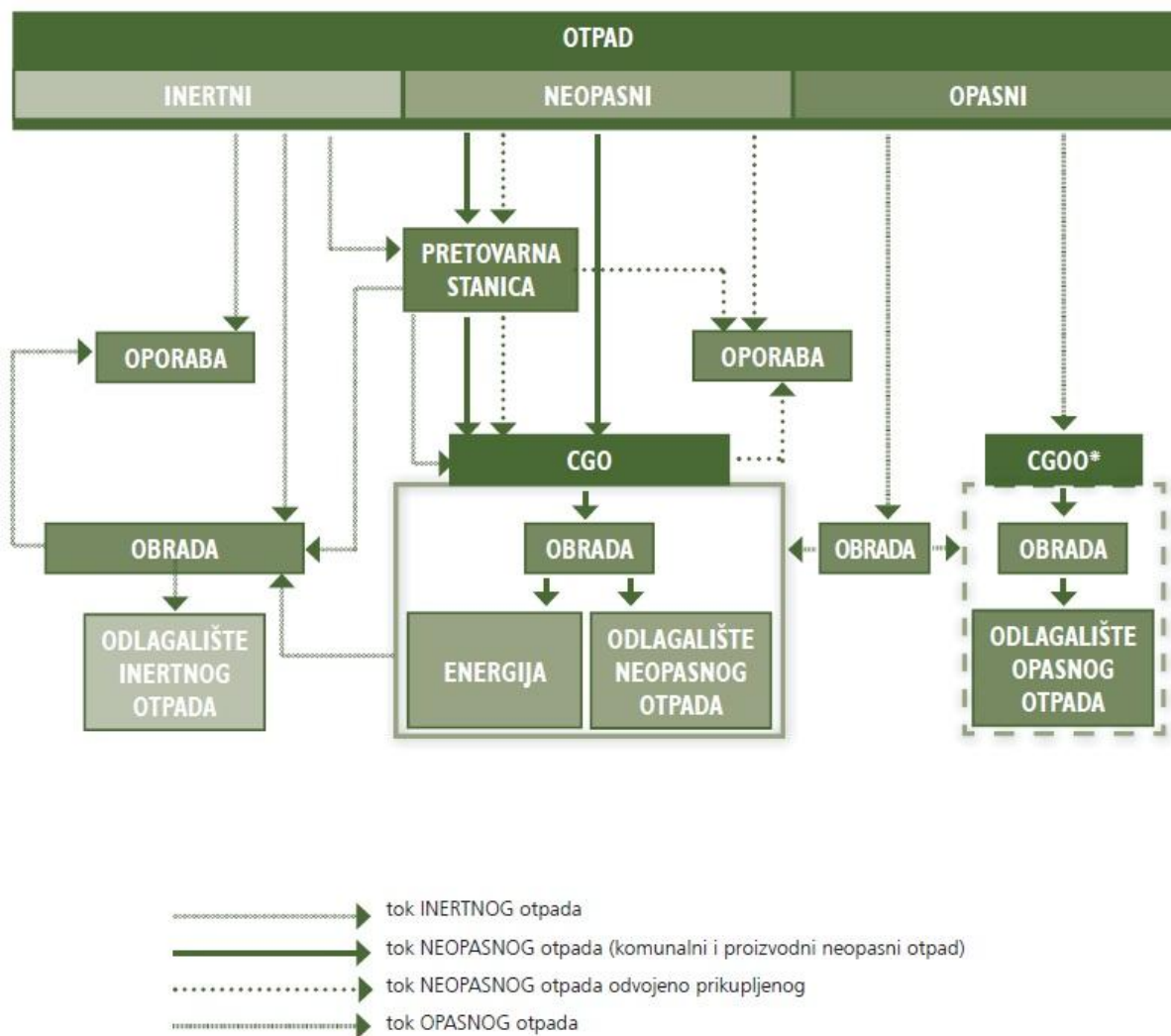
1. Izbjegavanje nastajanja i smanjivanje količina otpada.
2. Razvoj infrastrukture za cjeloviti sustav gospodarenja otpadom.
3. Smanjivanje rizičnosti otpada.
4. Doprinos povećanju zaposlenosti u Hrvatskoj razvijanjem domaće industrije i poduzetništva u području proizvodnje komunalne opreme.
5. Obrazovanje administrativnih struktura, stručnjaka i javnosti kako bi se riješili problemi u gospodarenju otpadom.

**5.2.1.2. Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj**

U prethodnom djelu ovog poglavlja objašnjeno je značenje Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, stoga će u nastavku biti definirani osnovni ciljevi ovog dokumenta, te će se pomoću dokumenta „Izvješće o obavljenoj reviziji – Provedba plana gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj“, dobiti dojam o količini i kvaliteti obavljenog posla u vremenskom razdoblju provedbe plana.

Temeljni zadatak Plana u navedenom razdoblju je organiziranje provođenja glavnih ciljeva Strategije postavljene za razdoblje 2005. do 2025. na području gospodarenja otpadom u RH i to na sljedeći način [20]:

- a) uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom,
- b) sanacija i zatvaranje postojećih odlagališta,
- c) sanacija „crnih točaka“, lokacija u okolišu visoko opterećenih otpadom,
- d) razvoj i uspostava regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom, s predbradom otpada prije konačnog zbrinjavanja ili odlaganja, i
- e) uspostava potpune informatizacije sustava gospodarenja otpadom.



Slika 17. Shematski prikaz centra za gospodarenje otpadom [1]

Svaki od glavnih ciljeva Plana gospodarenja otpadom, objašnjen je u nastavku. [21]

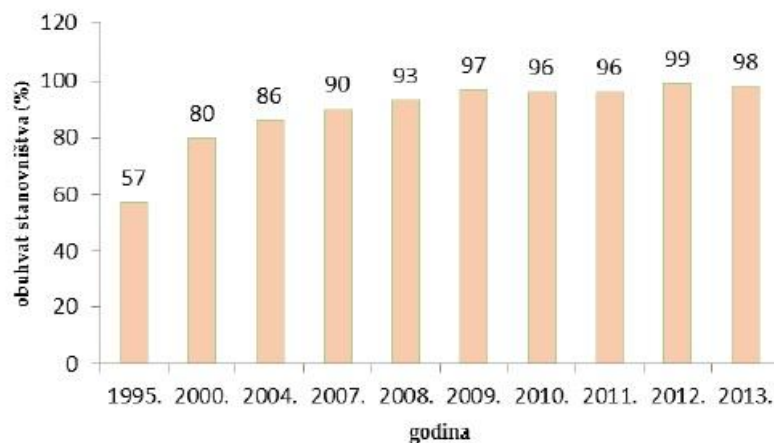
#### a) Uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom

Ovaj cilj, podijeljen je na dvije cjeline koje moraju biti ostvarene, kako bi odgovarajući rezultat bio postignut. Te cjeline su navedene i objašnjene u nastavku:

- 1) organizirano sakupljanje komunalnog otpada, i
- 2) sustav odvojenog skupljanja otpada.

##### 1) Organizirano skupljanje komunalnog otpada

Prema Strategiji, organiziranim skupljanjem komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj je u 2005. bilo obuhvaćeno 80,0 % stanovništva. Broj je skokovito rastao te je danas obuhvaćeno 98 % stanovništva.



Slika 18. Postotak stanovništva Republike Hrvatske obuhvaćen sustavom prikupljanja komunalnog otpada [7]

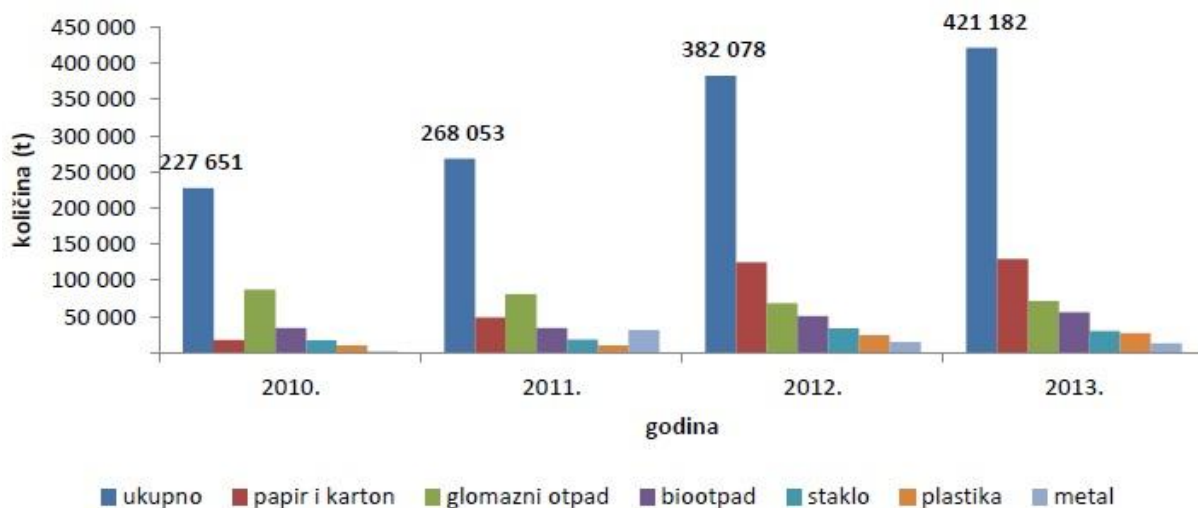
Zbrinjavanje komunalnog otpada na koncu 2012. obavlja 206 komunalnih društava i koncesionara registriranih za skupljanje i odlaganje komunalnog otpada.

## 2) Sustav odvojenog skupljanja otpada

Odvojeno sakupljanje otpada je organizirani sustav pomoću kojega se na mjestu nastanka otpada vrši odvajanje i sakupljanje korisnih tvari u cilju njihova ponovna korištenja. [4]

Plan gospodarenja otpadom određuje da se:

- poveća broj reciklažnih dvorišta u skladu s prostornim planovima te povećaju količine odvojeno skupljenog otpada i vrste tvari koje se odvojeno prikupljaju;
- omogući dostupnost reciklažnim dvorištima, sustavno provodi edukacija i kvalitetna komunikacija s građanima;
- u slabije naseljenim područjima postavi najmanje jedno reciklažno dvorište po naselju, u gušće naseljenim mjestima i gradovima od 30 do 50 posuda na 1 000 stanovnika te u turističkim mjestima od 50 do 100 posuda na 1 000 posjetitelja.



Slika 19. Količina odvojeno prikupljenog otpada namijenjenog oporabi [7]

### b) Sanacija i zatvaranje postojećih odlagališta

Ugovorom o pristupanju Europskoj uniji Republika Hrvatska se obvezala osigurati postupno smanjivanje otpada odloženog na postojeća neusklađena odlagališta na način da odlaže do 31. prosinca 2013. najviše do 1 710 000 t, do 31. prosinca 2014. do 1 410 000 t, do 31. prosinca 2015. do 1 210 000 t, do 31. prosinca 2016. do 1 010 000 t, a do 31. prosinca 2017. najviše do 800 000 t. Strateški cilj smanjivanja rizika od otpada putem sanacije i zatvaranja odlagališta je planiran ostvariti korištenjem postojećih energetske i industrijske kapaciteta za zbrinjavanje opasnog otpada. Posebne mjere za ostvarenje cilja su poticanje termičke obrade otpada u postojećim kapacitetima i drugih prihvatljivih metoda i načina gospodarenja otpadom u odnosu na prakse zemalja Europske unije te unapređivanje gospodarenja opasnim otpadom.

Tablica 1. Sanirana odlagališta [21]

Kvantitativni ciljevi za odlagališta otpada	Planirani broj službenih i udio saniranih odlagališta				
	2005	2010	2015	2020	2025
Službena odlagališta	187	100	50	30	14–21
Sanirana odlagališta u odnosu na 2000 (u %)	5	65	75	85	100

Tablica 2. Odlagališta u postupku sanacije [21]

Odlagališta	Sanacija u pripremi	Sanacija u tijeku	Sanacija završena	Ukupno
Aktivna	79	36	21	136
Zatvorena	58	8	99	165
Ukupno	137	44	120	301

### c) Sanacija „crnih točaka“, lokacija u okolišu visoko opterećenih otpadom

Strategijom i Planom gospodarenja otpadom su utvrđene lokacije visokog rizika nastale dugotrajnim neprimjerenim gospodarenjem proizvodnim (tehnološkim) otpadom kao ostataka prethodne industrijske aktivnosti, a koje svojim postojanjem predstavljaju opasnost za okoliš i ljudsko zdravlje.

### d) Razvoj i uspostava regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom, s predobradom otpada prije konačnog zbrinjavanja ili odlaganja

Strateški cilj razvitka infrastrukture za izgradnju cjelovitog sustava gospodarenja otpadom je planirano ostvariti putem usklađivanja hrvatske regulative i informacijskog sustava s propisima Europske unije, gradnjom infrastrukturnih građevina i postrojenja.

U tablici 3. dani su podaci o broju planiranih i izgrađenih centara za gospodarenje otpadom do kraja 2013. godine.

Tablica 3. Centri za gospodarenje otpadom [21]

Kvantitativni ciljevi za odlagališta otpada	Planirani broj centara za gospodarenje otpadom					Izgrađeni broj centara za gospodarenje otpadom
	2005.	2010.	2015.	2020.	2025.	2013.
Regionalni centri za gospodarenje otpadom	0	1 – 2	2 – 3	3	4	<b>0</b>
Županijski centri za gospodarenje otpadom	0	3 – 7	7 – 10	10–14	14–21	<b>0</b>

U nastavku se navodi ocjena i mišljenje Državnog ureda za reviziju o revidiranim dokumentima.

#### 5.2.2. Prijedlozi poboljšanja gospodarenja otpadom u RH

Državni ured za reviziju daje sljedeće preporuke [21]:

- Provoditi aktivnosti radi uspostave cjelovitog sustava odvojenog skupljanja otpada u skladu s odredbama Zakona o održivom gospodarenju otpadom čime bi se povećale količine odvojeno skupljenog, recikliranog i obrađenog komunalnog otpada.

- Poduzeti aktivnosti kako bi se smanjile količine odloženog komunalnog otpada i biorazgradivog komunalnog otpada na odlagalištima, a time i ostvarili ciljevi određeni temeljnim dokumentima.
- Ubrzati aktivnosti pri određivanju područja za izgradnju građevina za gospodarenje otpadom kako bi se odredila do zakonskog roka te poduzimati aktivnosti za ažurniju uspostavu regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom. Također, poticati i povezivati jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave s ciljem zajedničkog planiranja i izgradnje građevina i postrojenja za gospodarenje otpadom.
- Utvrditi prioritete i rizike, centara za gospodarenje otpadom i u skladu s time realno planirati rokove za pojedine faze izgradnje te poduzeti radnje za djelotvornije i učinkovitije djelovanje svih sudionika sustava gospodarenja otpadom na državnoj, regionalnoj, lokalnoj i mjesnoj razini.
- Poduzimati aktivnosti za smanjenje broja odlagališta u skladu s rokovima predviđenim Planom gospodarenja otpadom te rokovima propisanim odredbama Zakona o održivom gospodarenju otpadom. Također, poduzeti aktivnosti za provedbu sanacija i zatvaranja odlagališta do vremena izgradnje i otvaranja centara za gospodarenje otpadom.
- Ubrzati provedbu sanacija lokacija visoko onečišćenih otpadom koje su određene kao prioritetne aktivnosti u sustavu gospodarenja otpadom, zaštititi okoliša i zdravlja ljudi.
- Uspostaviti kvalitetniju suradnju između Ministarstva i nadležnih tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave kako bi jedinice dostavljale pravodobno podatke iz svoje nadležnosti potrebne za vođenje informacijskog sustava.
- U suradnji s jedinicama područne (regionalne) samouprave, poduzeti mjere za poboljšanje kvalitete i pouzdanosti podataka koji se prijavljuju u Registar onečišćavanja okoliša, kako bi se postigla učinkovitija kontrola sustava gospodarenja otpadom na svim razinama.
- Podnositi izvješća Vladi Republike Hrvatske o izvršenju utvrđenih obveza i učinkovitosti poduzetih mjera određenih Planom gospodarenja otpadom Republike Hrvatske u roku određenom odredbama Zakona o održivom gospodarenju.

Državni ured za reviziju ocjenjuje da bi se provedbom navedenih preporuka povećala učinkovitost gospodarenja otpadom i smanjila količina otpada na području Republike Hrvatske, ispunile međunarodne obveze te uspostavio kvalitetan i sveobuhvatan sustav gospodarenja otpadom.

## 6. TOPLINSKA OBRADA OTPADA

Toplinskom obradom otpada se smatra toplinska obrada otpada s ciljem smanjenja volumena i štetnosti otpada te dobivanja inertnog produkta koji se može dalje zbrinuti.

Otpad iz kućanstva ima gotovo polovicu energijskoga potencijala ugljena, pa je ekonomski i ekološki opravdano dobivanje energije iz dijela toga otpada koji se ne može reciklirati. Čak je i NASA nedavno odobrila pirolitički projekt pretvaranja otpadne plastike, ostataka hrane i ljudskih izlučevina u gorivo za svemirske letjelice.

Toplinskom obradom otpada se ostvaruje [22]:

- smanjenje mase i volumena otpada – masa se smanjuje do 75 %, a volumen do 90 %,
- eliminacija bioloških onečišćivala – poput virusa, mikroba, bakterija i sl., što je najveća prednost toplinske obrade (većina ostalih metoda prerade otpada ne može uništiti ova onečišćivala),
- smanjenje emisija stakleničkih plinova – znatno se smanjuju emisije stakleničkih plinova u odnosu na emisije s odlagališta,
- izdvajanje anorganskih tvari – željezo, plemeniti metali i drugo,
- iskorištenje energije pohranjene u otpadu – zakonski uvjet bez kojega se ne može realizirati toplinska obrada otpada.



## 6.1. POSTUPCI PRIMIJENJENI U TOPLINSKOJ OBRADI OTPADA

Toplinska obrada otpada primjenjuje se za obradu širokog spektra kategorija otpada s nižim udjelom vlage, a uključuje postupke:

- 1) Izgaranja,
- 2) Pirolize, i
- 3) Rasplinjavanja.

1) **Izgaranje** je proces potpune toplinska razgradnje tvari s dovoljnom količinom kisika u svrhu potpune oksidacije goriva. [22]

Općenite karakteristike izgaranja otpadnih materijala jesu sljedeće [22]:

- potreban je višak zraka da bi se osiguralo potpuno izgaranje;
- maksimalne temperature u procesu su obično iznad 1000 °C;
- gorivo u potpunosti oksidira u ugljični dioksid i vodenu paru, ostavljajući samo mali dio ugljika u pepelu (manje od 3 % masenog udjela pepela);
- proces pretvara gotovo cijelu kemijsku energiju sadržanu u gorivu u toplinsku energiju, ne ostavljajući nepretvorenu kemijsku energiju u dimnim plinovima dok u pepelu ostaje vrlo mali udio nepretvorene kemijske energije.

2) **Piroliza** (otplinjavanje) je toplinska razgradnja tvari bez prisustva kisika.

Općenite karakteristike pirolize otpadnih materijala jesu sljedeće [22]:

- nije prisutan kisik (ili ga ima vrlo malo),
- temperature u procesu su relativno niske, 300 - 800 °C,
- produkti su sintetski plin (glavne gorive tvari su ugljični monoksid, vodik, metan te viši ugljikovodici, uključujući katran, parafine i ulja) i kruti ostatak (koji se sastoji od negorivog materijala i znatne količine ugljika),
- općenito nepostojanje oksidacije, kao i nedostatak dodatnog plina za razrjeđivanje, znači da će neto ogrjevna moć sintetskog plina dobivenog pirolizom biti veća od onog iz procesa rasplinjavanja (tipična neto ogrjevna moć plina iz pirolize je 10 - 20 MJ/m<sup>3</sup>),
- ukupan proces općenito pretvara manje kemijske energije goriva u toplinsku energiju nego što je to slučaj kod rasplinjavanja.

S povišenjem temperature reakcije povećava se i udio pirolitičkog plina u proizvodima reakcije, a smanjuje se udio krute i kapljevite faze. Pirolitički plin se obično spaljuje, a kruta se faza ili spaljuje ili prvo rasplinjuje, a zatim se spaljuju nastali plinovi. Dimni se plinovi mogu uvesti u generator para te se dobivena para iskorištava za grijanje ili pokretanje turbine spojene s električnim generatorom. [22]

**3) Rasplinjavanje** je postupak parcijalne toplinske razgradnje tvari u prisustvu kisika, no uz nedovoljnu količinu kisika da bi gorivo u potpunosti oksidiralo. Rasplinjavanje može biti toplinsko (s djelomičnim izgaranjem) ili plazmom.

Opće karakteristike rasplinjavanja otpada jesu sljedeće [22]:

- plin poput zraka, kisika, ili vodene pare koristi se kao izvor kisika i/ili služi kao plin nositelj za uklanjanje proizvoda reakcije s mjesta reakcije,
- proces se odvija pri prosječnim temperaturama, obično iznad 750 °C (kod rasplinjavanja plazmom > 1 600 °C),
- proizvodi su sintetski plin (glavne gorive tvari su metan, vodik, i ugljični monoksid) i kruti ostatak (koji se sastoji od negorivog materijala i male količine ugljika),
- tipična neto ogrjevna moć plina dobivenog rasplinjavanjem, s korištenjem zraka kao oksidansa je 4 do 10 MJ/m<sup>3</sup>, dok je uz korištenje kisika 10 do 15 MJ/m<sup>3</sup>.

Rasplinjavanje još nije raširen postupak u toplinskoj obradi otpada. Razlog je taj što gorivo mora biti relativno homogenog sastava, što znači da je za komunalni otpad potrebna predobrada. Postoje manja postrojenja u kojima je rasplinjavanje upotrijebljeno za obradu kapljevito opasnog otpada ili za obradu visokoenergetskih materijala kao što je plastični otpad. Tijekom termičke obrade komunalnog otpada rasplinjavanje se može primijeniti nakon pirolize kao metoda za naknadnu obradu krute faze. [22]

## **6.2. PROBLEMI PRI TOPLINSKOJ OBRADI OTPADA**

Mnogi znanstvenici i stručnjaci smatraju da su spalionice pogoni koji otpad pretvaraju u otrov. Naime, prilikom spaljivanja otpada dolazi do stvaranja različitih toksičnih spojeva koji izlaze iz dimnjaka spalionica i onečišćuju okoliš. Osim dioksina, nastaju i mnogi drugi vrlo

otrovni policiklički aromatski ugljikovodici, zatim teški metali te različiti toksični plinovi. [18]

U raspravama oko spalionica otpada ima više elemenata. Prihvaćanje odnosno neprihvaćanje od strane zajednice zbog emisija dioksina, pepela kao produkta, većeg priklanjanja materijalnoj nasuprot energijskoj uporabi. Također u korist toplinskoj obradi ne ide činjenica da je Danska nedavno odustala od spalionica, te uspostavljaju drugačiji način gospodarenja otpadom. Začuduje podatak, da su odustali od spalionica, a oko 80 % otpada su zbrinjavali na takav način. [18]

Zajednica često ne prihvaća spalionice iz više razloga [18]:

- protivi se novom velikom objektu u svojoj blizini,
- strah od njihova utjecaja na zdravlje,
- briga da će njihova izgradnja smanjiti recikliranje,
- nastajanje pepela koji treba negdje odložiti.

Prednosti toplinske obrade otpada jesu [4]:

- velika redukcija obujma ostatka obrade (preko 90 %),
- manji utjecaj na okoliš u odnosu na odlaganje neobrađena otpada,
- djelomična kompenzacija troškova proizvodnjom energije.

Nedostaci toplinske obrade otpada jesu [4]:

- relativno visoki troškovi investicija, i
- emisija štetnih tvari putem dimnih plinova u atmosferu.

Poseban problem svih spalionica otpada predstavlja kruti ostatak nakon spaljivanja. To je pepeo čija masa iznosi 10 do 20 % ukupne mase ulaznog otpada i čije zbrinjavanje nije povoljno riješeno. Taj pepeo predstavlja nusproizvod spaljivanja obogaćen toksičnim spojevima koji lako mogu dospjeti u okoliš. [18]

Problem predstavlja nepreciznost u mjerenju količine nastalih dioksina. Najteže za izmjeriti je dio primarne emisije dioksina u spalionici. Greška može iznositi čak do 50 %. Visoka

nesigurnost je posljedica teškoće uzimanja reprezentativnih uzoraka iz brze struje vrućih plinova i analize tih uzoraka sa dovoljnom preciznošću i točnošću. [18]

Slijedeći kratki prikaz istraživanja utjecaja spalionica na ljudsko zdravlje pružiti će neke odgovore, s druge strane postaviti će još više pitanja. [23]

Tablica 4. Pregled istraživanja o utjecaju spalionica na ljudsko zdravlje [23]

Država	Uzorak <sup>3</sup>	Vrsta toplinski obrađivanog otpada	Vrsta pretrage	Rezultati
SAD Shy et al., 1995.	3479 ljudi 3517 pregleda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalni</li> <li>• Biomedicinski</li> <li>• Opasni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spirometrija</li> <li>• Kapacitet pluća</li> <li>• Bris nosa</li> </ul>	Nema razlike u izloženosti zagađenom zraku niti u problemima sa dišnim sustavom između ispitivanih stanovnika i ostale populacije.
Velika Britanija Knox 2000.	22458 ljudi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalni</li> <li>• Medicinski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretrage karcinoma kod djece</li> </ul>	U rasponu od 5 km u krugu spalionice rizik za karcinom kod djece je 2:1, u odnosu na ostalu populaciju.
USA Hazucha et al., 2002.	358 stanovnika u blizini spalionice kroz tri godine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalni</li> <li>• Opasni</li> <li>• Medicinski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spirometrija</li> </ul>	Nema razlike u funkciji pluća, niti problema sa dišnim sustavom u odnosu na ostalu populaciju.
Koreja Leem et al., 2003.	13 radnika i 26 stanovnika u blizini spalionice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalni</li> <li>• Tehnološki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretrage krvi na dioksine i furane</li> </ul>	Visoko toksično okruženje, samo 30 % od broja ispitanih stanovnika ima dozvoljenu razinu dioksina i furana u krvi.
Italija Zambon et al., 2007.	172 ljudi 405 pregleda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalni</li> <li>• Tehnološki</li> <li>• Medicinski</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretrage sarkoma (slično karcinomu) u mekom tkivu</li> </ul>	Rizik od sarkoma je 3,3 puta veći od rizika kod ostale populacije i to kod oba spola.

<sup>3</sup> Stupac „Uzorak“ predstavlja broj ljudi te broj kontrola izvršenih na njima. Primjerice, statistički je za prvo istraživanje provedena 1,01 kontrola po čovjeku

U nastavku je naveden i objašnjen švedski model gospodarenja otpadom. Ovisno o gledištu on je pozitivan i negativan.

U Švedskoj 1 % otpada završi na odlagalištima. Postoje 32 centra za gospodarenje otpadom, odnosno spalionice *WTE* (*Waste-To-Energy*). Ta postrojenja godišnje prerade dva milijuna tona otpada. [24]

Odlaganje obrađenog otpada je još uvijek prihvatljivije od spaljivanja iz nekoliko razloga [9]:

- Rezultati spaljivanja su razne vrste pepela i to u količini od 30 % ukupne količine spaljenog otpada. Spaljivanje otpada nije konačna točka gospodarenja otpadom, jer još uvijek treba na prikladan način odložiti proizvedeni pepeo i filtere čiji je značajni dio klasificiran i kao opasni otpad.
- Zbrinjavanje neiskoristivog otpada odlaganjem na odlagalištima ne kosi se s načelom prevencije stvaranja otpada. Suprotno tome, rad spalionica protivi se ovom načelu, jer da bi one efikasno funkcionirale, moraju procesuirati određene količine otpada. U slučaju smanjenja opskrbe otpadom, iskustva pokazuju, postoji tendencija spaljivanja odvojeno prikupljenog otpada.
- Spaljivanje otpada je skuplje od ostalih oblika obrade (npr. mehaničko biološke obrade – MBO) otpada te njegovog naknadnog odlaganja.
- Energetska uporaba, odnosno energija dobivena spaljivanjem otpada ne čini spaljivanje otpada ekološki prihvatljivijim.

U Švedskoj koriste otpad, kako bi dobili energiju, koja služi za stvaranje električne energije ili grijanje naselja. [24]

U literaturi se navodi kako se kvaliteta zraka u Švedskoj znatno pogoršala od izgradnje spalionica, a i veći je broj obolijevanja od smrtonosnih bolesti. [24]

## 7. ODLAGALIŠTA OTPADA

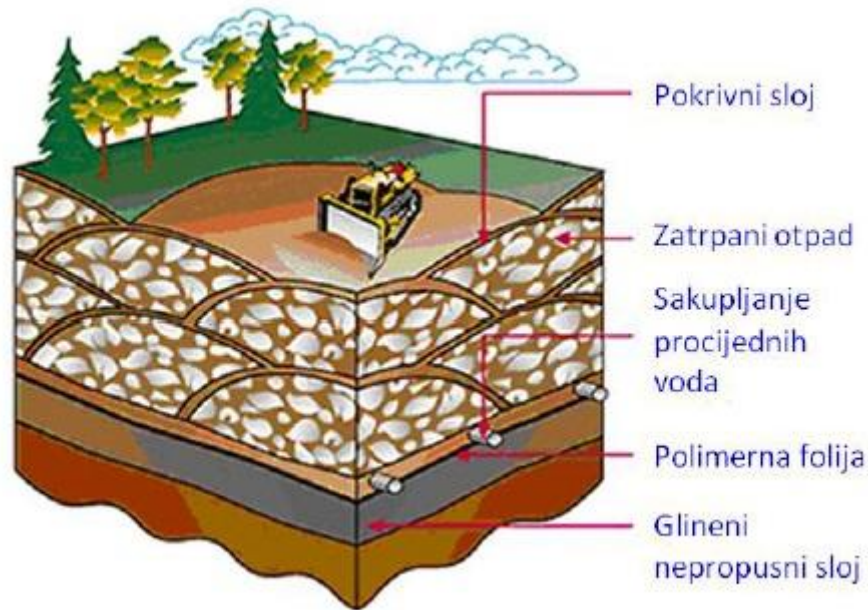
Premda se uporabi i recikliranju otpada posvećuje značajna pozornost, velik dio otpada završava na odlagalištima. Kako bi se poboljšala uporaba otpad se treba prikupljati odvojeno ako je to tehnički, okolišno i ekonomski opravdano. Ne smije ga se miješati s drugim otpadom, odnosno drugim materijalom koji posjeduje drugačije karakteristike.

Odlaganje otpada na odlagalištima podrazumijeva svako djelovanje koje nije uporaba, čak i u slučaju u kojem tijekom postupka dolazi do sekundarnih posljedica u obliku obnavljanja tvari ili energije. [1]

Odlaganje otpada je djelatnost kontroliranog, trajnog odlaganja otpada na građevine za odlaganje – odlagališta. To je posljednja faza u cjelovitom sustavu upravljanja otpadom. Ne može se izbjeći, ali stalno treba težiti izbjegavanju i smanjivanju otpada. Otpad na odlagalištu mora [3]:

- biti spremljen na siguran način,
- izoliran od okoliša tokom odlaganja,
- izoliran za dugi niz godina kad se prestane odlagati.

Pri odabiru lokacije za odlagališta otpada, trebalo bi se odabirati tlo s prirodnom nepropusnosti koje u nekim slučajevima može biti i stvoreno ljudskom rukom, a kvaliteta nepropusnosti ovisi o svojstvima otpada. Područja zasićenih vode te plavna ili geološki nestabilna područja su neprimjerena za takve svrhe. Prilikom odabira lokacije, mora se paziti na udaljenost od naselja zbog arhitektonskog i krajobraznog nesklada, prometa teških vozila i buke uslijed prometa, te moguće emisije prašine i neugodnih mirisa. [2]



Slika 20. Struktura odlagališta otpada [2]

U literaturi se mogu naći razne podjele odlagališta otpada, jer uz ljudsku povijest, stvaranja i odlaganja otpada, ne veže se samo jedna vrsta odlagališta, već postoje dobri i loši primjeri. U nastavku će biti riječi o vrstama odlagališta otpada.

## 7.1. VRSTE ODLAGALIŠTA OTPADA

Nekoliko je podjela odlagališta otpada, a dvije će biti navedene i objašnjene u nastavku poglavlja.

Odlagališta se, **prema vrsti otpada** koji se odlaže, dijele na tri skupine [1]:

- 1) odlagališta za opasni otpad,
- 2) odlagališta za neopasni otpad,
- 3) odlagališta za inertni otpad.

Komunalni otpad i industrijski otpad koji ne posjeduje karakteristike opasnog otpada odlagat će se na odlagalištima za neopasne vrste otpada. [1]

Nadalje postoji podjela odlagališta **prema uređenju**, a prikazuje se na sljedeći način [1 i 3]:

- 1. Dogovorna/nenadzirana/divlja odlagališta otpada** su, uglavnom, neuređeni manji prostori za odlaganje otpada koji nisu predviđeni odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima i za koje nije proveden postupak procjene utjecaja na okoliš. Ona ne raspolažu nijednom od neophodnih dozvola (lokacijskom, građevinskom, uporabnom). Uglavnom nisu u sustavu službeno organiziranog dovoza otpada ovlaštenih osoba. Nastaju neodgovornim odlaganjem i bacanjem otpada. U Hrvatskoj ima više od 500 ilegalnih odlagališta otpada.
- 2. Službena odlagališta otpada** su, uglavnom, veći neuređeni prostori za (trajno) odlaganje otpada, predviđeni odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima, za koja nije proveden postupak procjene utjecaja na okoliš niti raspolažu nijednom od neophodnih dozvola (lokacijskom, građevinskom, uporabnom), a rade na temelju rješenja ili odluke nadležnog tijela lokalne uprave i samouprave te su u sustavu službeno organiziranog dovoza otpada ovlaštenih komunalnih poduzeća. Na njima se skuplja sav komunalni otpad, često i dio opasnog otpada, a ne primjenjuju se nikakve mjere zaštite okoliša. Tako neodgovorno odloženi otpad direktno *ugrožava okoliš i zdravlje ljudi*. Glodavci i insekti prenose razne bolesti, šire se neugodni mirisi, a mogući su požari i eksplozije. Raspadom organskih tvari nastaju staklenički plinovi, dolazi do zagađenja tla, vode i zraka. Naknadna sanacija takvih odlagališta je vrlo skupa.
- 3. Odlagališta otpada u postupku legalizacije** su građevine za (trajno) odlaganje otpada, predviđene odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima za koja je započeo, ali još nije dovršen postupak procjene utjecaja na okoliš, odnosno, ishođenje potrebnih dozvola - lokacijske i građevinske, a za nova odlagališta i uporabne dozvole.
- 4. Legalna/nadzirana/sanitarna odlagališta otpada** su građevine za (trajno) odlaganje otpada, predviđene odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima i izgrađene u skladu s važećim propisima, a rade uz odobrenje nadležnog tijela lokalne samouprave na temelju provedene procjene o utjecaju na okoliš te ishođenih dozvola - lokacijske, građevinske i uporabne. Samo devet odlagališta otpada u Hrvatskoj odgovaraju propisanim uvjetima. Odlagalište otpada "Doline" u Bjelovaru je prvo odlagalište u RH izgrađeno prema svim važećim zakonskim propisima uvažavajući sve mjere zaštite.



Ova vrsta odlagališta, obzirom na to da je jedini pristojni način odlaganja otpada, bit će pobliže objašnjena i opisana u nastavku.

### ***Legalna/nadzirana/sanitarna odlagališta otpada***

Lokacija za sanitarno odlagalište, mora udovoljavati slijedećim zahtjevima:

- ne smije biti ni preblizu ni predaleko od grada (mora biti dostupno prijevozu),
- mogućnost korištenja nakon zatvaranja odlagališta (park, rekreacijska zona),
- imati dovoljno tla za dnevno prekrivanje otpada,
- biti dovoljno velika za prihvatanje otpada u predviđenom roku,
- po mogućnosti, imati prostor za preradu otpada.

Ova vrsta odlagališta gradi se u fazama, tako da se uz minimalna ulaganja može početi zbrinjavati otpad usporedno s izgradnjom slijedećih faza.

Faze odlaganja otpada:

#### 1) Razastiranje otpada u tankim slojevima

Otpad se svakodnevno razastire u tankom sloju i sabija teškim strojevima (kompaktorima), a na kraju dana taj sloj otpada se prekriva svježim slojem zemlje. Tako se ograničava pristup insektima, glodavcima i drugim životinjama, smanjena je mogućnost požara i širenja neugodnih mirisa.

#### 2) Zbijanje otpada na što manji volumen

Prekriva se vrlo zbijenim glinenim pokrovom, koji sprječava prodiranje oborinskih voda u odloženi otpad i omogućava njezinu sigurnu odvodnju.

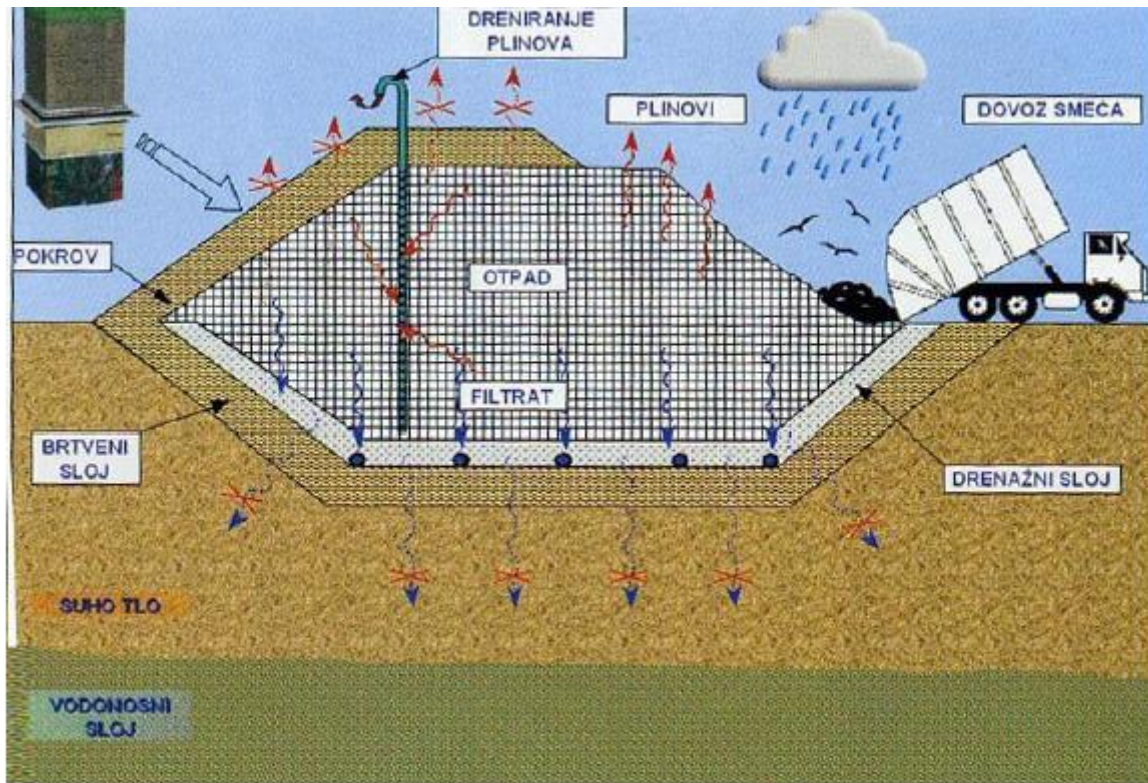
#### 3) Prekrivanje otpada slojem zemljanog materijala.

Sve vrijeme rada odlagališta i nakon zatvaranja mora se nadzirati kvaliteta podzemnih voda, te tekući i plinoviti raspadni produkti otpada. Prema svjetskim iskustvima, praćenje odlagališta se provodi u trajanju od približno 30 godina nakon zatvaranja odlagališta, a još mnogo godina nije dozvoljeno graditi kuće.

Svako ovakvo odlagalište mora imati:

- vodonepropusnu podlogu,
- drenažni sustav za prikupljanje procjednih voda i deponijskog plina,
- mora imati sustav nadzora kvalitete procjednih voda i odvodne vode.

Uređena odlagališta novijeg datuma imaju dvostruki sloj (sloj čine plastična folija i glina) na dnu i sustav za skupljanje tekućih i plinovitih raspadnih produkata. [6]



Slika 21. Sanitarno odlagalište otpada [3]

## 7.2. PROBLEMI ODLAGALIŠTA OTPADA

Na i uz odlagališta otpada, prisutni su brojni problemi. Za pretpostaviti je da je neugodni miris neizbježan nusprodukt. To predstavlja problem, na odlagalištima otpada, ali nažalost ne jedini. U nastavku bit će riječi o problemima koji se javljaju tamo gdje je duže vremensko razdoblje, prisutna veća količina otpada. [3]

Na odlagalištu se događa niz fizikalnih, kemijskih i bioloških reakcija. S obzirom da je otpad mješavina različitih često i opasnih tvari, te reakcije imaju nepredvidiv ishod. Oborine dodatno potiču biološku razgradnju, pa se s potpunim pravom može reći da je odlagalište veliki nekontrolirani reaktor. [3]

Tablica 5. Vrijeme potrebno za razlaganje određenih materijala u otpadu [26]

<b>VRSTA OTPADA</b>	<b>PROCIJENJENO VRIJEME RAZLAGANJA OTPADA</b>
Biootpad	Tjedan do dva
Papir	10 do 30 dana
Pamučna odjeća	2 – 5 mjeseci
Vuneni proizvodi	1 godina
Drvo	10 – 15 godina
Metalni spremnici	100 – 500 godina
Plastične vrećice	milijun godina
Staklene boce	Neodređeno

Produkti bioloških i kemijskih reakcija na odlagalištu su [4]:

- 1) Manje ili više mineralizirani čvrsti dijelovi otpada
- 2) Procjedne vode

To su sve vode (oborinske, površinske i podzemne) koje su bile u kontaktu s otpadom. Tamnosmeđe su, neugodnog mirisa. Zagađene su produktima biološke i kemijske razgradnje otpada, primjerice teškim metalima i različitim organskim otrovima (fenoli, pesticidi, dioksini i sl.). Na neuređenim odlagalištima odlaze u okolinu, zagađuju podzemne vode i ugrožavaju izvore pitke vode. U uređenim odlagalištima se najprije obrađuju i tek zatim uz stalni nadzor ispuštaju u prirodu. Djelomično se mogu reciklirati povratom u prostor odlagališta.

- 3) Odlagališni (deponijski) plin

Deponijski plin je produkt anaerobne biološke razgradnje otpada. Po sastavu je sličan bioplinu, sadrži metan (40 do 50 %) i ugljični monoksid (35 do 55 %), vodik, kisik, dušik i sumpor. Uzročnik je efekta staklenika. Kod neuređenih odlagališta slobodno odlazi u okoliš i može izazvati eksplozije. Na uređenim odlagalištima otpada kontrolirano se prikuplja i može se iskorištavati za proizvodnju električne i toplinske energije.

Veliki problem odlagališta je stvaranje metana koji se skuplja i spaljuje ili se koristi za stvaranje energije, npr. električne. Na odlagalištima se stvara bioplin koji nastaje anaerobnim

biološkim procesom iz organske komponente otpada. Bioplin se počinje stvarati otprilike dva mjeseca od početka odlaganja otpada, a razvija se neprestano dok ima otpada, pa čak i dugo godina nakon zatvaranja i zatrpavanja deponija. Bioplin se sastoji pretežno od metana (40 do 60 % volumno) i ugljičnog dioksida (37 do 57 % volumno), a sadrži i stotinjak drugih organskih sastojaka (3 % volumno) od kojih su većina otrovni, a neki i kancerogeni. Ima gorivu moć, oko 4 do 6 kWh/m<sup>3</sup>. Suvremeno sanitarno odlagalište mora imati opremu za skupljanje i spaljivanje bioplina. Ukoliko se odlagalište zatvori ta oprema mora ostati u upotrebi još godinama, dok se razvija bioplin. [3]

U nastavku poglavlja, će biti riječi o problemima i sanaciji odlagališta otpada u Hrvatskoj.

## **7.3. PRIMJERI SANACIJE ODLAGALIŠTA**

### **7.3.1. Sanacija odlagališta otpada u Hrvatskoj**

[1] Najveći problem zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj su odlagališta. Količina otpada raste, a infrastruktura koja bi taj otpad trebala zbrinuti nije dostatna. Sustav gospodarenja otpadom ne funkcionira u potpunosti, među ostalim i stoga što se propisi kojima se utvrđuje gospodarenje otpadom ne provode u cijelosti. Kriza gospodarenja otpadom će, ako se brzo ne učine značajne promjene, poprimiti velike razmjere. Negativno se odražava na sastavnice okoliša kao što su voda, zrak, more i tlo te na klimu, ljudsko zdravlje i drugi živi svijet. Osobito su ugrožene podzemne vode koje su glavni izvor zaliha pitke vode i temeljni nacionalni resurs. O tome hoće li se učinkovito i brzo riješiti sadašnji problemi gospodarenja otpadom ovisi kakvoća života građana, privlačnost RH kao turističkog odredišta i njezina međunarodna percepcija zemlje očuvanog okoliša i proizvodnje zdrave hrane.

U Hrvatskoj odlagališta otpada, posebice ona ilegalna, predstavljaju problem. Potrebno je sanirati ona odlagališta otpada, kojima je potrebna sanacija. U svim temeljnim dokumentima RH i EU, navodi se problem odlagališta otpada, te kao cilj se postavlja, zatvaranje i sanacija problematičnih točaka.

Kako bi se relevantna hijerarhija gospodarenja otpadom provela u djelo, Europska unija odredila je u direktivi WFD 2008/98/EZ nove ciljeve [1]:

- Do 2020. Godine priprema za ponovno korištenje i recikliranje otpadnih materijala, u najmanju ruku papira, metala, plastike i stakla iz domaćinstava, a moguće i iz drugih izvora u mjeri u kojoj su ti tokovi otpada slični otpadu iz kućanstava, povećat će se na najmanje 50 % težine otpada.
- Do 2020. Godine priprema za ponovno korištenje, recikliranje i druge vrste uporabe materijala iz neopasnog građevinskog otpada, uključujući postupke zatrpavanja u kojima se otpad koristi kao zamjena za druge materijale.

Važno je napomenuti da divlja odlagališta na teritoriju RH treba prenijeti u vlasništvo lokalne samouprave kako bi postojala odgovornost tekako bi mogla biti sanirana.

U nastavku je naveden pozitivan primjer iz prakse, a odnosi se na sanaciju odlagališta. Riječ je o sanaciji odlagališta na način na koji je to napravljeno u Latviji.

### **7.3.2. Sanacija odlagališta u Latviji**

[1] Nedostatak sanitarnih odlagališta bio je ključni problem gospodarenja otpadom u Latviji 1990. godine. Godine 1995. Utvrđeno je 500 općinskih odlagališta (smetlišta). Izgrađeno je devet novih odlagališta. Ministarstvo zaštite okoliša Latvije organiziralo je tehnološko i financijsko planiranje regionalnih centara za gospodarenje otpadom.

Zbog pristupanja EU, razvijen je 2000. godine složen provedbeni i financijski plan za Direktivu o odlagalištima. Procijenjeni troškovi za provedbu Direktive iznosili su 340 mil. EUR i to za:

- odlagališta – 155 milijuna EUR,
- kompostiranje – 32,5 milijuna EUR,
- zatvaranje i kontrolu zatvorenih odlagališta – 87,5 milijuna EUR,
- sustav prikupljanja otpada – 65 milijuna EUR.

Oba procesa, izgradnja novih te zatvaranje starih odlagališta, provedena su paralelno. Stara odlagališta zatvorena su za dovoz otpada tijekom jednog mjeseca nakon otvaranja novih, međutim aktivnosti sanacije bile su dugotrajnije.

Tablica 6. Stanje sa sanacijom odlagališta u Latviji [1]

Godina	Broj odlagališta	Broj izgrađenih odlagališta
1998.	558 odlagališta	
2003.	191 odlagališta	
2004.	148 odlagališta	3
2005.	109 odlagališta	1
2006.	99 odlagališta	1
2007.	84 odlagališta	1
2009.	Sva odlagališta zatvorena s 1. Srpnja	3

## 8. SORTIRANJE OTPADA

Sortiranje otpada je proces odvajanja otpada prema različitim vrstama. Sortiranje se može obavljati u kućanstvima, u vanjskim spremnicima za odvojeno prikupljanje otpada te u postrojenjima za sortiranje otpada (unutar odlagališta otpada, reciklažnog postrojenja ili postrojenja za toplinsku obradu otpada). [27]

Primarno, pri sortiranju otpada, otpad se mora odvojiti na kruti i vlažan otpad. Kruti otpad je primjerice drvo, plastika, staklo. Vlažan otpad je u glavnini organski (bio) otpad. Sekundarno otpad bi se još trebao odvajati na prirodno razgradiv i ne razgradiv otpad. Na kraju otpad se može sortirati na različite vrste, od kojih su najčešće [27]:

- papir,
- karton (uključujući i kartonsku ambalažu),
- staklo (čisto i obojano),
- plastika,
- tekstil,
- drvo, koža,
- guma,
- metal,
- biootpad,
- posebne kategorije otpada i opasni otpad, i
- ostali otpad.

Sortiranje je važan korak u načinu gospodarenja otpadom, osobito za djelatnost recikliranja. Kvaliteta procesa sortiranja određuje uspješnost, odnosno kvalitetu recikliranja. U prilog važnosti sortiranja otpada ide i to da su naknadne sanacije vrlo skupe. Postupak, bilo u

kućanstvu, bilo u industriji mora biti optimiziran. Optimizacijom procesa dobiva se visoka kvaliteta odvajanja različitih vrsta otpada u kratkom vremenskom periodu. [27]

Optimiziran proces sortiranja pruža sigurnost u kvalitetu i konzistentnost proizvoda dobivenih od recikliranih materijala. [27]

## **8.1. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM**

Prema zakonu RH sortiranje se treba realizirati u centrima za gospodarenje otpadom. Preporučljivo je da svaki Centar za gospodarenje otpadom (CGO) u svojem sastavu sadrži sortirno postrojenje. Sortirno postrojenje je građevina ili dio građevine, u kojoj se provodi postupak sortiranja otpada. Sortirna postrojenja najviše se vežu uz Centre za gospodarenje otpadom u kojima je glavna tehnologija gospodarenja recikliranje.

### **8.1.1. Struktura Centra za gospodarenje otpadom**

Svaki CGO trebao bi se sastojati od elemenata nabrojanih i objašnjenih u nizu koji slijedi. [28]

#### **1. Ulazno – izlaznu zonu**

#### **2. Reciklažno dvorište**

Koncept reciklažnih dvorišta zasniva se na tome, da se za određenu naseljenu oblast organizira pripremljeno i uređeno mjesto sa infrastrukturom, odnosno sa kvalitetnim pristupnim putovima, potrebnim brojem kontejnera i kanti za prijem razdvojeno skupljenih komponenti otpada iz komunalnog ili industrijskih otpada. Prijem ovih komponenti otpada vrše obučeni radnici koji pomažu građanima pri predaji i odlaganju prethodno sortiranih korisnih komponenti u određene kontejnere ili kante. Reciklažna dvorišta u principu odgovaraju konceptu skupljanja otpada kontejnerima koji se postavljaju na centralnom mjestu i nudi mogućnost prijema različitih komponenti iz otpada. [29]



Reciklažno dvorište mora imati prostor za glomazni otpad, spremnike za papir, staklo, PET i aluminijsku ambalažu, te prostor za skladištenje opasnog otpada iz kućanstva (npr. ambalaže od pesticida, boja, ulja, sredstava za čišćenje, otapala, ljepila, neonskih rasvjetnih tijela, živinih termometara, istrošenih akumulatora, baterija, motornih ulja, ambalaže i filtara motornih ulja, ostataka lijekova).

### **3. Postrojenje za mehaničko–biološku obradu otpada**

Ovo postrojenje mora imati prihvatnu jamu za istovar otpada, međuskladište biorazgradivog dijela otpada, postrojenje za mehaničku obradu, prostor za obradu teškog otpada, dio postrojenja za biostabilizaciju otpada.

### **4. Pogon za sortiranje / reciklažu otpada (sortirnica) je nadzirano i posebno opremljeno mjesto za odvojeno prikupljanje i iskoristivih, kao i problematičnih (opasnih i/ili potencijalno opasnih) otpadnih tvari.**

Prema „Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.- 2015. Godine“ [21] sortirnica nije obvezan objekt u sastavu centra za gospodarenje otpadom, ali se u skladu s planiranim vrstama, količinama, tokovima i načinima obrade otpada – može u takvom centru postaviti i koristiti.

Postoje različita konceptijska rješenja pogona za reciklažu/sortiranje otpada, ali svako od njih sastoji se od površina za prihvrat različitih vrsta otpada: papira, kartona, ambalažnog otpada, stakla, PET, glomaznog otpada i opasnih komponenata komunalnog otpada. U sortirnici se provodi selektivno sortiranje izdvojeno dopremljenog otpada, s ciljem da se dobije što više frakcija prikladnih za reciklažu i ponovno korištenje (npr. različite vrste plastike, PET, po bojama, PEHD, polipropilen, polistiren, papir, karton, metali).

Cilj tehnološkog procesa sortiranja je dobivanje što je moguće kvalitetnijih frakcija plastike, papira, kartona i metala.

Svi predviđeni prostori (površine, odjeljci/boksovi) u pogonu sortirnice postavljaju se tako da do njih bude moguć pristup vozilima većih dimenzija, kojima se reciklažni materijal dovozi, a kasnije distribuira prema krajnjim korisnicima ili ustanovama. Ovim načinom organizacije prostora omogućava se i tehnološka komunikacija između pojedinih prostora (površina, odjeljaka) unutar sortirnice, pri čemu se prikupljeni opasni otpad može

prikladnim prijevoznim sredstvom prevoziti iz prostora u kojemu se odvaja od ostalog dovezenog otpadnog materijala, do prostora u kojemu se skladišti. Odatle se naknadno odvozi na daljnju obradu, odnosno na konačno zbrinjavanje.

**5. Građevine za odlaganje otpada, inertnog i neopasnog** su adekvatno uređene plohe (odlagališta), na kojima se odlaže otpadni materijal, i to tek nakon prethodno provedene obrade.

U okviru odlagališnog prostora izdvajaju se dvije površine za odlaganje otpada:

- odlagalište neopasnog otpada
  - s plohom za kontrolirano odlaganje metanogene frakcije otpada,
  - s plohom za odlaganje ostalog neopasnog otpada,
  - s plohom za odlaganje neopasne frakcije mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.
- odlagalište inertnog otpada.

**6. Pogon za kompostiranje**

**7. Pogon za reciklažu građevinskog otpada**

**8. Uređaji za obradu oborinskih, otpadnih i procjednih voda te odlagališnog plina**

**9. Postrojenje za proizvodnju električne energije iz odlagališnog plina**

**10. Postrojenje za spaljivanje odlagališnog plina**

U ovom radu bit će posebno razmatrana postrojenja za sortiranje otpada. Stoga su vrste takvih postrojenja navedene i objašnjene u nastavku.

### 8.1.2. Vrste postrojenja za sortiranje

Otpad u postrojenja za sortiranje može dolaziti u raznim oblicima. Zato se postrojenje mora oblikovati u ovisnosti o načinu na koji otpad dolazi. U tom smislu razlikujemo [32]:

- 1) postrojenja za sortiranje sa dva toka otpada,
- 2) postrojenja za sortiranje s jednim tokom otpada, i
- 3) postrojenja za sortiranje miješanog komunalnog otpada.

Postrojenja za sortiranje s dva toka otpada su postrojenja u koja dolazi reciklabilni otpad (plastika, staklo, papir, metal, drvo). Međutim, svaka vrsta otpada dolazi zasebno i tako se sortira. Sortirno postrojenje projektirano na ovaj način mora imati najmanju količinu opreme za sortiranje. Ovakvo postrojenje je površinom najmanje, 1 000 do 5 000 m<sup>2</sup>. Otpad, odnosno reciklabilni materijali koji su sortirani u ovakvom postrojenju su „najčišći“, odnosno dobivaju se skoro potpuno čisti materijali različitih vrsta (npr. čisti PVC iz ostalih vrsta plastike). Jedini nedostaci ovakvih postrojenja su veći broj vozila za dovoz otpada, te veći broj kontejnera za sakupljanje otpada. [32]

Postrojenja za sortiranje sa jednim tokom otpada su takva postrojenja u koja dolazi samo reciklabilni otpad. Otpad koji dolazi sastoji se od miješanih frakcija odvojeno prikupljenog otpada. Iz tog razloga u postrojenju je potrebno nešto više opreme za sortiranje u usporedbi s postrojenjima za sortiranje s dva toka otpada. Međutim prijevoz i sakupljanje otpada su jeftiniji. Potreban je manji broj vozila za prijevoz otpada jer sakupljaju sav odvojeno prikupljeni otpad. Također potreban je manji broj kontejnera za odvojeno sakupljanje jer se svi reciklabilni materijali sakupljaju u isti kontejner. Ovakva postrojenja su nešto veće površine od onih prethodno opisanih, 5 000 do 14 000 m<sup>2</sup>. [32]

Postrojenja za sortiranje miješanog otpada još se nazivaju i prljave sortirnice. Primaju miješani otpad, dakle reciklabilne i ostale frakcije otpada. Procesom sortiranja izdvajaju se reciklabilni materijali iz otpada, ali u najmanjem postotku čistoće u odnosu na prethodno opisana postrojenja. Kod ovakvih postrojenja prijevoz i sakupljanje otpada su najjeftiniji u odnosu na druga. Međutim, ovakva postrojenja su najskuplja, a razlozi su sljedeći. Troškovi i količina opreme za razvrstavanje svih vrsta otpada su veći od onih za prethodno opisana postrojenja. Operativni troškovi ovog postrojenja su veći od onih u prethodno navedenim . Ova postrojenja mogu sakupiti 45 do 70 % reciklabilnih materijala iz miješanog otpada. Iako treba razumjeti da za 70 % izdvojenih materijala postrojenje mora biti znatno skuplje i imati

puno bolju opremu. Ovakva postrojenja zauzimaju i najveću površinu od svih navedenih, 14000 do 20 000 m<sup>2</sup>.

Tržište reciklabilnih materijala je rastuće. Materijali sortirani u postrojenju za sortiranje s dva toka otpada su najčisti te se prodaju za najvišu cijenu. Najniža cijena materijala je ona dobivena za otpad sortirani u postrojenjima za sortiranje miješanog otpada. Treba pronaći optimum između veličine i cijene postrojenja te prodajne cijene reciklabilnih materijala. Možda je najbolje rješenje postrojenje za sortiranje sa jednim tokom otpada. Međutim, najbolje rješenje ovisi o postojećem stanju. Ako neki grad ili država ima implementiran sustav zasebnog sakupljanja reciklabilnih materijala (npr. papir u različit kontejner od plastike), koliko ima smisla mijenjati sustav zbog projektiranja postrojenja za sortiranje. Takve zajednice će onda graditi postrojenje za sortiranje sa dvije struje otpada. Jedno je sigurno, postrojenja za sortiranje miješanog otpada su najveća, najskuplja i neisplativa. [32]

Tablica 7. Cijena reciklabilnih materijala na primjeru plastike [33]

<b>VRSTA PLASTIKE</b>	<b>PRIHOD [EUR/t]</b>
Posude	70
PET (polietilentereftalat)	130 – 10 000
LDPE (polietilen niske gustoće)	100
HDPE (polietilen velike gustoće)	500 – 1 750
PP (polipropilen)	500 – 2 500
EPS (ekspandirani polistiren)	330
PS (polistiren)	850 – 1 300
PVC (polivinil klorid)	550 – 1 400

## 8.2. RUČNO SORTIRANJE

Ručno sortiranje (*Totting*) je postupak sortiranja kod kojeg se ručno odvajaju različite vrste materijala. Kod tog se postupka sa konvejera ili poda, reciklabilni materijali odvajaju od ostalih vrsta otpada. Drugi način je izdvajanje opasnog otpada od reciklabilnih materijala. [30]

Ručno sortiranje je u nekim slučajevima ekonomski isplativ postupak odvajanja materijala koje je moguće reciklirati od ostalih vrsta otpada. [30]

Ručno sortiranje uključuje [30]:

- izdvajanje otpada koji bi mogao dovesti do zaustavljanja reciklažnog procesa, bilo zbog veličine, mase ili nesukladnosti sa ostalim prikupljenim reciklažnim materijalima,
- fino izdvajanje otpada nakon radnje sortiranja, zbog veće sigurnosti u kvalitetu i konzistentnost razvrstanih materijala, i
- izdvajanje reciklabilnih materijala iz ostalog otpada, na podu ili konvejeru.

Problem ručnog sortiranja nastaje spoznajom da u takvim pogonima različite frakcije otpada mora obavljati čovjek. Postavlja se pitanje je li rad u pogonima za ručno sortiranje štetan za ljudsko zdravlje. U tom smjeru zaposlenici u pogonima za ručno sortiranje otpada moraju biti opremljeni i obučeni na slijedeći način [30]:

- nositi zaštitnu opremu (rukavice, kaciga, zaštitne naočale, zaštitne čizme, maska, opremu za zaštitu od buke i reflektirajući prsluk),
- biti educirani o postupku ručnog sortiranja, i
- biti educirani o zaštiti na radu.

Ako se ručno sortiranje razmatra kao postupak sortiranja potrebno je imati na umu opasnosti tog postupka za zaposlenike. Ručno sortiranje na više načina može biti štetno za ljudsko zdravlje. Potrebno je u najvećoj mogućoj mjeri oblikovati radno mjesto i vrstu otpada koji se sortira, kako bi se ta štetnost pokušala izbjeći. Reumatska oboljenja česta su kod zaposlenika koji obavljaju postupak ručnog sortiranja. Iz navedenih razloga potrebno je optimizirati radno mjesto za takav postupak i to na sljedeći način [30]:

- optimizirati radno mjesto, odnosno visinu konvejera,
- omogućiti korištenje ručnih hvataljki i sličnih naprava za lakši dohvat otpada sa konvejera, kako bi se smanjila potreba za saginjanjem,
- postaviti spremnike tako da zaposlenici troše što manje energije za prebacivanje izdvojenih materijala u spremnik,
- područje na kojem se obavlja postupak treba biti ravno i čisto.

Potrebno je educirati zaposlenike o pojedinim vrstama otpada te prašini i parama, štetnim za zdravlje. Da bi se smanjila opasnost radnog mjesta potrebno je [30]:

- izbjegavati sortiranje otpada u kojem bi moglo biti igala i drugih oštrih predmeta,
- izbjegavati ručno sortiranje stakla,
- izbjegavati ručno sortiranje otpada koji može sadržavati opasne kemikalije,
- izbjegavati ručno sortiranje azbesta i drugih materijala koji mogu generirati štetnu prašinu,
- izbjegavati ručno sortiranje biološkog otpada,
- omogućiti više postaja za pranje ruku,
- zabraniti jelo i piće kraj uređaja za transport otpada.

Kako bi se ručno sortiranje otpada u budućnosti u potpunosti izbjeglo potrebno je razviti tendenciju automatizacije takvog procesa. Industrijalizacija, odnosno automatizacija procesa sortiranja mora omogućiti [27]:

- veću količinu i raznovrsnost otpada po vrstama,
- veće sigurnosne i higijenske mjere u sortirnim postrojenjima,
- sigurnost u kvalitetu i konzistentnost razvrstane sirovine (otpada),
- izdvajanje opasnog od korisnog otpada,
- ekonomsku isplativost postupka.



Slika 22. Ručno sortiranje [30]

### 8.3. AUTOMATSKI PROCES SORTIRANJA

Automatski sustavi sve više su potrebni u svakodnevnom životu pojedinca i zajednice u svim njenim aspektima. Automatski sustavi općenito, zamjenjuju čovjeka na zamornim, opasnim i monotonim poslovima. Naravno sortiranje, kao što je vidljivo u prethodnom poglavlju o ručnom sortiranju, se u konačnici može svesti na opasan, težak i monoton rad. Stoga, ne čudi razmatranje automatizacije kao rješenja za postupak sortiranja.

Ne može se zanemariti problematika automatskog sortiranja. Otpad na sustav za automatsko sortiranje dolazi u velikim količinama, različitim oblicima i sastavima. Do sada je jasno da otpad nije jednoznačan pojam. Pojavljuje se u različitim, nekada jako sličnim vrstama. Proizvodi općenito nisu proizvedeni od isključivo jedne vrste materijala. Tako kada proizvodi završe kao otpad, ne mogu se sortirati u jednu vrstu. Čak je i čovjeku nekada teško razabrati različite vrste otpada. Naravno nije lako napraviti mehanizme i naprave kojima bi se računalni sustav procesuiranja informacija približio ljudskom. Računalo obično procesira podatke, ne informacije. Najprije je potrebno jako dobro razumjeti ljudski sustav, te mehanizme koji omogućavaju čovjeku da razvrstava otpad po vrstama. Čovjek svojim vidom i drugim osjetilima, prepoznaje vrstu otpada o kojoj se radi. U mozgu („procesoru“), kako otpad prilazi, obrađuje se velika količina podataka. Čovjek tada dobiva informacije o kojoj vrsti otpada se radi, koja je veličina otpada koji prilazi, kojom silom bi trebao uzeti predmet da ga uspije podići, je li otpad otrovan ili ne i druge informacije koje mu pomažu da izvrši željenu radnju. Tako bi i automatskom sustavu trebalo biti omogućeno da pomoću različitih mehanizama, senzora, kamera i naprava može raspoznati različite vrste, veličine i mase otpadnog materijala. Naravno iza svih tih sustava se nalazi više procesora koji moraju obrađivati veliku količinu dobivenih podataka.

Otpad u kućanstvima je zapravo mješavina različitih vrsta otpada. Kućanski otpad sadrži različite vrste reciklabilnih materijala. Sadrži biološki otpad, ali i različite vrste toksičnih materijala i teških metala sadržanih u odbačenim proizvodima. Taj otpad se treba sortirati i obraditi kako bi se izbjeglo odlaganje na odlagalištima otpada, koja su kako je ranije objašnjeno, dugoročni problem zajednice. Također sav reciklabilni otpad izdvojen iz ostalog otpada može se prodati. Sortiranje je važan korak u obradi takvog otpada. Sortiranje bi se najprije trebalo odvijati u kućanstvima. Čak i takav otpad bi se trebao ponovno sortirati u

postrojenju. Što je veći broj kućanstava to je više mogućnosti za pogrešku u sortiranju otpada u jer je veća varijacija između pojedinaca. [31]

U nastavku će biti navedena i objašnjena tehnologija potrebna za automatsko sortiranje, koja će se još koristiti pri koncipiranju postrojenja za automatsko sortiranje.

### **8.3.1. Tehnologija koja se koristi pri automatskom sortiranju**

#### ***8.3.1.1. Predobradne operacije***

Pri dolasku otpada u postrojenje za sortiranje otpad mora proći kroz predobradne operacije. Najprije se vertikalnim konvejerima, prikazuje Slika 23., otpad podiže na određenu visinu prikladnu za nastavak obrade u ostalim uređajima. Otpad se zatim vadi iz vreća. Postupak se može obavljati ručno i automatski.



Slika 23. Vertikalni konvejer [40]

Za automatsko vađenje otpada iz vreća postoji nekoliko vrsta uređaja. U nastavku su navedeni i objašnjeni uređaji koji služe za odvajanje otpada iz vreća u kojima dolazi. Također slijedi pregled uređaja za izdvajanje sitne frakcije od ostatka otpada.

#### ***Rotacijsko sito - bubanj***

Rotirajući bubanj sa otvorima dimenzija do 30 mm, prikazan je na slici 24., služi za odvajanje sitne frakcije od ostatka otpada. Sitna frakcija otpada kroz otvore na bubnju pada u spremnike



ili uređaj za transportiranje ispod bubnja. Transportnim uređajima otpad se transportira na daljnju obradu ili na odlagalište. Bujanj kroz koji otpad prolazi nagnut je pod malim kutom, kako bi se ostvarilo gravitacijsko dodavanje. Najčešći sustav za vađenje otpada iz vreća je nož u bubnju. Rotacijom bubnja rotiraju se vreće koje se na taj način režu. Nož u bubnju posljedično, blago usitnjava i otpad. Noževi ne smiju rezati otpad na sitne dijelove. Usitnjeni otpad nije potreban ni poželjan za rad senzorskih sustava. Ipak mora biti blago usitnjen i to zbog nedostatka sortiranja u kućanstvima. Primjerice, bio otpad bačen u plastičnu ili kartonsku kutiju (kora banane u kutiji keksa). [32]



Slika 24. Rotacijsko sito [32]

#### *Vibracijski dodavač*

Vibracijski dodavač, prikazan na slici 25., još je jedan način odvajanja sitne frakcije iz ostatka otpada. Vibracijski dodavač sastoji se od niza rešetkastih polica koje vibriraju određenom brzinom. Ovim uređajem se otpad spušta sa određene visine do konvejera. Vibracije omogućuju separaciju sitne frakcije otpada kroz rešetke. Sitna frakcija otpada pada u spremnik ili uređaj za transportiranje koji vodi na daljnju obradu ili na odlagalište. Vibracijski dodavač svoju primjenu pronalazi u raspoređivanju otpada za nastavak obrade. Navedena funkcija ovog uređaja od velike je važnosti za uređaje objašnjene u nastavku. [32]



Slika 25. Vibracijski dodavač [40]

#### *Uređaj za transport otpada*

Otpad se između različitih uređaja za obradu transportira konvejerima. Konvejeri su uređaji koji se sastoje od dva valjka i gumene trake koja spaja valjke. Rotacijom valjaka linearno se kreće gumena traka na njima te tako prenosi predmete s jednog mjesta (ulaza na konvejer), na drugo mjesto.

Nakon pregleda osnovnih uređaja za predobradu otpada slijedi pregled uređaja za sortiranje različitih vrsta materijala iz otpada.

#### **8.3.1.2. Uređaji za uklanjanje metala iz otpada**

##### *Industrijski magneti*

Metali se iz otpada uklanjaju magnetima. Naravno metali koji se uklanjaju magnetima su magnetični. Nemagnetični metali se iz otpada uklanjaju na drugi način. Magnet za uklanjanje magnetičnih metala je obično veliki industrijski magnet, prikazan na slici 26., koji na sebe

privlači magnetični metalni otpad. Smješta se iznad uređaja za transportiranje otpada, pod kutom od 90°.



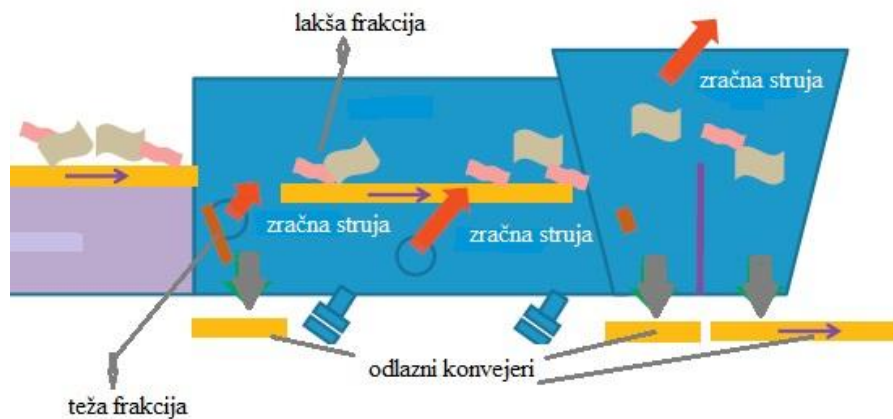
Slika 26. Industrijski magnet [32]

#### *Eddy current separator*

Za uklanjanje nemagnetičnih metala iz otpada najčešće se koristi *eddy current* separator. Ovaj separator koristi magnetsko polje kako bi uklonio nemagnetične metale, poput aluminija. Takav separator sadrži induktivni senzor. To je bezkontaktni senzor pa metalne predmete pri prepoznavanju ne mora dodirivati. Električna struja stvara magnetsko polje. Rotor rotira velikom brzinom te tako u metalnom (magnetičnom i/ili nemagnetičnom) predmetu inducira električno polje. Inducirano električno polje u metalnom predmetu je suprotnog polariteta od onog u rotoru. Kada metal prolazi kroz takvo magnetsko polje on mijenja parametre polja. Tako ovaj separator odbaci metalni predmet dalje od rotora, odnosno u otvore uz konvejer. Iz tih otvora metalni predmet padaju u spremnik ili na drugi konvejer koji ih vodi u postrojenje za recikliranje metalnog otpada. [34 i 32]

### 8.3.1.3. Uređaj za razdvajanje otpada po masi

Ranije su opisane metode izdvajanja sitnije frakcije otpada. Ako postoji potreba otpad se može razdvojiti na teže i lakše komponente. To je omogućeno *zračnim separatorom*. Ovaj sustav koristi zračne struje da razdvoji lakše od težih vrsta otpada. Otpad dolazi na konvejeru i prilazi zračnoj struji malog tlaka, ali velike brzine. Zračna struja se dobiva klasičnim centrifugalnim puhalima. Najteži otpad već u tom dijelu pada na konvejer ili spremnik ispod. Ostatak otpada zračnom strujom odlazi na konvejer iznad. Ostatak otpada dolazi na sljedeću struju zraka te najlakši otpad (lagana plastika, lakši papir, PS), odlazi na konvejer iznad. Ostali dio otpada pada na kovejer ispod. Zračna struja može biti preusmjerena i vraćena u sustav. To se radi posebice ako je sortirnica u zatvorenom postrojenju, gdje se zbog izbačene prašine može ugroziti sigurnost djelatnika. [32]



Slika 27. Presjek zračnog separatora [32]

### 8.3.1.4. Senzori za sortiranje

Jedan od načina za izdvajanje željenih materijala iz otpada je optičko sortiranje. Svaki optički sustav radi na osnovi toga da svaki materijal ima jedinstvenu površinu koja apsorbira svjetlost u različitim količinama. Tako se u računalo vraćaju različiti odzivi svjetla. Računalo pomoću algoritama nadahnutih umjetnom inteligencijom prepoznaje određenu vrstu otpada. Trenutno je to najefikasniji sustav automatskog sortiranja otpada. [31] Takav sustav, za sada, je jedini u mogućnosti raspoznati različite vrste otpada.

Ovim sustavom je moguće otpad izdvajati pomoću različitih senzora, manipulatora, robota, naprava i slično. Ovakav sustav pruža veću ekonomsku isplativost u odnosu na sustav ručnog sortiranja. Proizvođači ovakve opreme tvrde da je efikasnost sortiranja 90 do 95 %. [31]

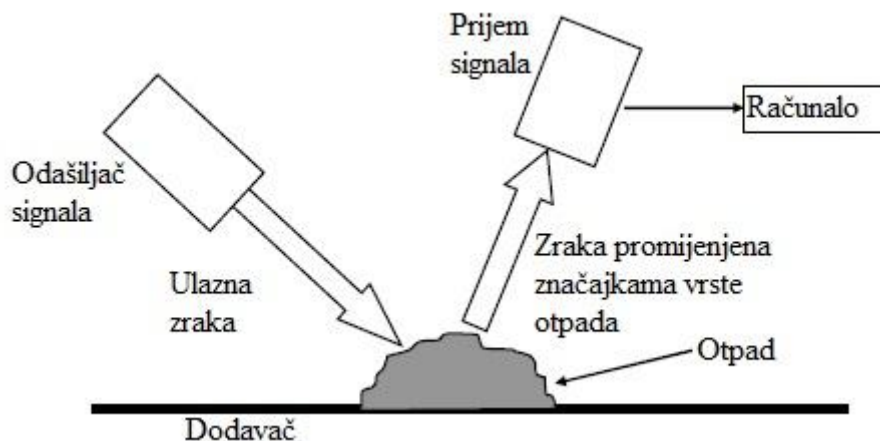
Senzor je uređaj koji otkriva i signalizira promjenu stanja. Senzorom se može izmjeriti mjerljiva veličina, poput udaljenosti, veličine ili boje. [34]

Sustavi za sortiranje sensorima sadrže tri komponente [31]:

- prilaznu jedinicu – vibracijski dodavači, konvejeri,
- senzorsku jedinicu – senzori različitih vrsta otpada,
- jedinica za uklanjanje – roboti, manipulatori, zračni pištolji.

Zadaća prilazne jedinice je razdvajanje i transport otpada do senzorske jedinice. Naime, otpad mora biti razmaknut jedan od drugog kako bi senzori mogli razaznati granice svake komponente. To je nužno jer pomoću tih granica jedinica za uklanjanje prihvaća otpad i izbacuje ga s dodavača. Otpad na dodavaču mora biti ujednačenog rasporeda. Svako povećanje volumena otpada, odnosno njegovo nagomilavanje na određenim dijelovima znači gubitak kvalitete sortiranja. Također treba paziti da otpad ne bude kontaminiran drugim vrstama otpada, primjerice plastična čaša omotana korom banane. Čak i moderni NIR senzori (*Near-InfraRed*) imali bi otežanu zadaću pri prepoznavanju odziva infracrvenog spektra plastike u takvom slučaju. [31]

Zadaća senzorske jedinice je odašiljanje zrake na otpad na dodavaču. Odzivom poslanih zraka senzor prepoznaje vrstu otpada. Senzorska jedinica kamerama i laserima mjeri dimenzije otpada te šalje signal u računalo gdje se on obrađuje. Računalo zatim, šalje zadatak jedinici za uklanjanje. U zadatku su definirane izmjere i orijentacija predmeta. Jedinica za uklanjanje ima zadaću odstraniti otpad sa dodavača i odložiti ga u spremnike, ovisno o vrsti otpada. [31]



Slika 28. Princip rada optičkih senzora [31]

Središte cijelog procesa sortiranja sensorima su računalo, mikrokontroleri PLC-ovi (*Programmable logic controller*). Računalo procesira veliku količinu podataka sa različitih senzora te daje naredbe jedinici za uklanjanje. Mikrokontroleri i PLC imaju važnu zadaću. Oni kontroliraju sve elemente sustava, primjerice dotok otpada u senzorsku jedinicu, jedinicu za uklanjanje, senzorsku jedinicu i dodavače. [36 i 37]

Svaki takav sustav koristi strojni vid. Glavni alat takvog sustava je kamera. Ona se koristi u svrhu optičkog, bez kontaktnog i automatskog primanja informacija o prizoru te njihove daljnje obrade. Taj vid se razlikuje od ljudskog vida. Sustavi strojnog vida koriste [35]:

- jednu ili više kamera,
- analogno – digitalnu pretvorbu (ADC),
- digitalno procesuiranje signala, i
- vizijsku programsku podršku.

U nastavku slijedi pregled senzora koji se koriste u postrojenjima za automatsko sortiranje otpada.

Optički senzori, najčešće su NIR senzori i senzori vidljive senzori (VIS), a rjeđe se koriste X zrake (RTG), zbog veće količine razvijene energije. Uređaj koji koristi kombinaciju optičkih senzora prikazan je na slici 28.





Slika 29. Optički uređaj za sortiranje otpada [40]

#### *NIR (Near-InfraRed) senzor*

Koristi vrstu infracrvene svjetlosti koja je po valnoj duljini blizu infracrvenoj, a posjeduje veću količinu energije od infracrvene svjetlosti. Takva zraka infracrvene svjetlosti pada na predmet. Od njega se odbija u dio za prijem signala te prema različitim odzivima valnih duljina, odnosno intenziteta vraćene svjetlosti prepoznaje o kojem se materijalu radi. Ovaj senzor ne raspoznaje samo primjerice plastiku od papira, već i vrstu plastike (npr. polietilen (PE) od polipropilena (PP)) te vrstu papira. [32]

NIR senzor može prepoznavati [38]:

- različite vrste polimera (PE, PP, PS, PVC, EPS, ABS, PET) po vrstama,
- papir prema vrstama,
- kamen i drvo po vrstama, i
- građevinski otpad.

#### *Senzor vidljive svjetlosti (VIS)*

Ovaj senzor koristi spektar vidljive svjetlosti elektromagnetskog zračenja. Najčešće se koristi zajedno sa NIR senzorima i kamerama. Pomoću ovog senzora NIR senzor prepoznaje o kojim vrstama stakla, plastike, keramike i/ili papira se radi na osnovu njihovih boja. Proces prepoznavanja odvija se tako da senzor odašilje valne duljine različitih boja na otpadni materijal. Zraka koja se vrati u senzor na osnovi njene razlike u odnosu na poslanu zraku, daje informaciju NIR senzoru o kojoj se boji odnosno vrsti materijala radi. [32]

### *Senzor X zraka*

Koristi X zrake za analizu promatrane vrste materijala. Analizira odzive različitih materijala te dobiva informacije o njihovim vrstama na temelju razlike u gustoći vraćenih X zraka. Najčešće se koristi za prepoznavanje različitih vrsta plastike. [32]

Prethodno navedeni senzori, računalu, služe za razlikovanje vrsta materijala, a senzori opisani u nastavku imaju malo drugačiju funkciju.

### *Kapacitivni senzor*

Bez kontaktni senzor za otkrivanje metala, nemetala, krutina i tekućina. Posebice je dobar u otkrivanju nemetala, dok je induktivni senzor (*eddy current*) bolji, odnosno pouzdaniji u otkrivanju metala. Omotan je materijalom koji može zadržavati električni naboj. Kada neki predmet prilazi takvom senzoru dio električnog naboja prijeđe na taj materijal te se time smanjuje količina naboja na senzoru. Ta promjena u elektrostatskom polju upućuje na prisutnost predmeta. Najčešće se koristi prilikom dolaska otpada do zračnog separatora. Tada senzor uoči otpad te se separator uključuje. Takav senzor se stavlja zato da zračni separator ili slični uređaj ne bi morao stalno raditi. Može se primijeniti i za pokretanje konvejera u ovisnosti o prisustvu otpada. [34]

### *Ultrazvučni senzor*

Bez kontaktni senzor. Koristi ultrazvučne valove kako bi otkrio postojanje predmeta. Kao i prethodni senzor, najčešće se koristi da drugim uređajima signalizira prisutnost otpada. [36]

### **8.3.1.5. Sustavi za separaciju otpada sa konvejera**

Nakon određivanja vrste materijala iz struje otpada potrebno je prepoznate vrste odvojiti u odgovarajući spremnik. Više je sustava koji se koriste za odvajanje željenog ili neželjenog otpada sa konvejera.

### *Robot/manipulator*

Uređaj uzima otpad sa konvejera i stavlja ga u spremnik. Robot dobiva zadatak od računala te dolazi do otpada koji se kreće i uzima ga hvataljkom. Hvataljka je zbog sigurnosti, odnosno nesavršenosti pri mjerenju uvijek više otvorena. Robot koristi brze, precizne i ponovljive pokrete. Jedan takav uređaj prikazan je na slici 29.[37]

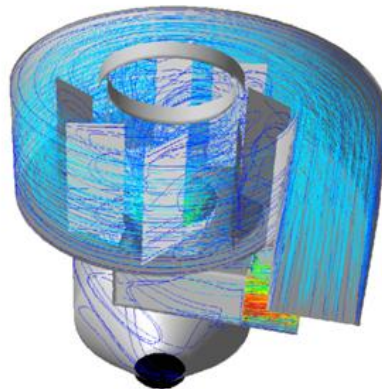




Slika 30. Manipulator za uklanjanje otpada lijevo, desno je prikazana hvataljka [40]

### *Zračni pištolj*

Zračni pištolj, prikazan na slici 30., koristi struju stlačenog zraka koju ispuhuje kroz mlaznicu. Ta struja zraka otpuhuje otpad po vrstama u željeni spremnik. Nekada je takav separator nespretnan za uporabu jer je otpad koji prolazi blizu jedan drugome. Tako separator koji jednu vrstu otpada treba odvojiti u spremnik zapravo odvoji nekoliko otpadnih materijala. Međutim, upravo iz navedenog razloga postoji zračni pištolj koji koristi preciznije i odvojene zračne struje za sortiranje. Takav sustav ima tako postavljene mlaznice da sprječava kovitlanje zraka, a time i otpada. [32]



Slika 31. Zračni pištolj [32]

### *Linearni aktuator*

Za uklanjanje predmeta sa konvejera može se upotrijebiti i neki drugi elektro-mehanički uređaj, primjerice linearni aktuator. Taj uređaj koristi linearne pokrete kojima dolazni otpad preusmjerava u odgovarajuće spremnike. [32]

U narednim točkama prikazat će se komercijalni sustavi automatskog sortiranja otpada.

### 8.3.2. Postrojenje za sortiranje poduzeća Karlsortering

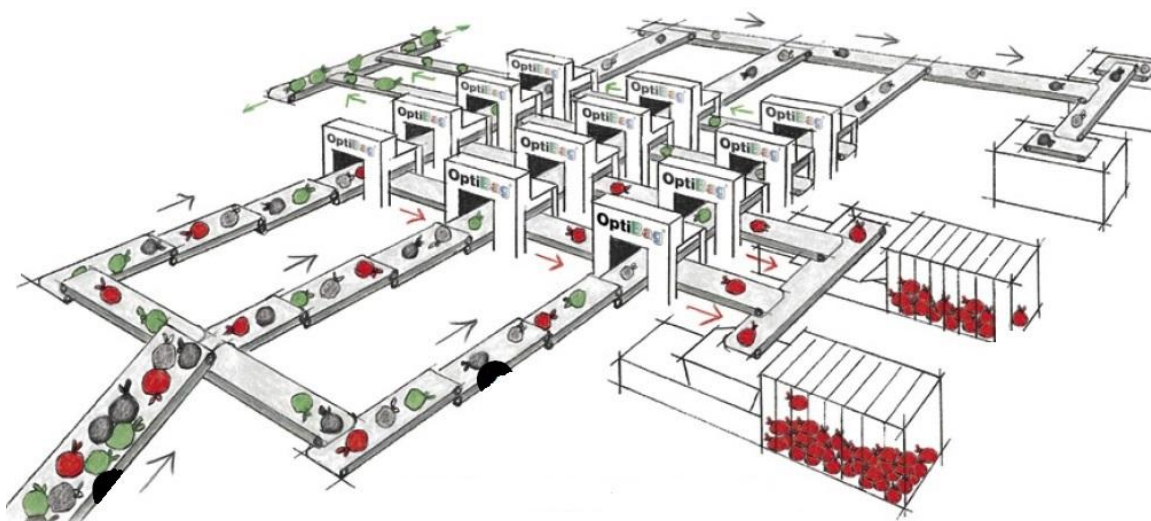
Poduzeće Karlsortering razvilo je OptiBag sustav sortiranja otpada. Njihov koncept je slijedeći. U kućanstvima se otpad razvrstava u vrećice različitih boja. Boja vrećice ovisi o vrsti otpada u njoj. Oprema u takvom postrojenju je jeftina jer senzor jedino treba raspoznavati boje. Takvi senzori nisu skupi i nije potrebno puno procesora jer ovaj sustav ne generira veliki broj podataka.

Vrećice u bojama stavljaju se na ulazni konvejer. Taj konvejer transportira vrećice prema uređaju za sortiranje (manipulatoru).

Nakon što vizijski sustav u senzorskoj jedinici prepozna o kojoj je boji vrećice riječ, daje se nalog manipulatoru za izvođenje radnje. Manipulator pomiče vrećicu s dolaznog konvejera na konvejer koji transportira određenu boju vrećice.

Na kraju procesa vrećice se mogu otvoriti i krenuti u sustav za daljnje sortiranje, po vrsti materijala u otpadu (npr. PVC iz plastike, zeleno staklo iz stakla, itd.). Tada ovaj sustav postaje sličan postrojenjima za recikliranje sa dva toka otpada (vidi poglavlje 8.1.2.).

U nastavku je sustav prikazan na slici 31.



Slika 32. OptiBag sustav [39]

### 8.3.3. Postrojenje za sortiranje poduzeća ZenRobotics

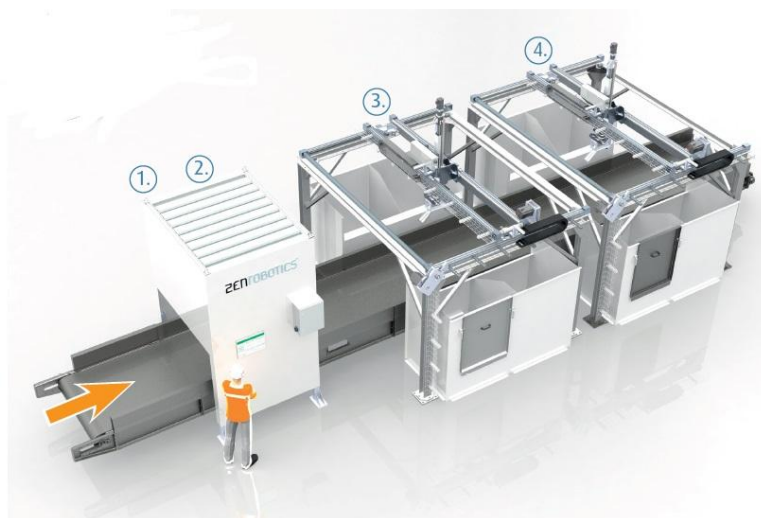
[40] Poduzeće ZenRobotics razvilo je automatizirani postupak za sortiranje otpada pomoću manipulatora. Njihov sustav sortira građevinski otpad na nekoliko vrsta. To su beton, cigla, metal, drvo, tvrda plastika i sitni građevinski otpad. Korisnici ovog sustava odnosno njihovi kupci zarađuju prodajom sirovih materijala sortiranih iz ostalog građevinskog otpada.

Prije dolaska otpada na ovaj sustav potrebno je obaviti predobradu otpada. U ovom slučaju, predobrada otpada podrazumijevaj:

- eliminaciju sitnog otpada (< 80 do 150 mm),
- eliminaciju krupnog otpada (> 1 do 1,5 m),
- eliminaciju „2D otpada“ (folije, papir, karton, tepisi,
- raspored otpada po konvejeru mora biti veći ili jednak 30 mm slobodnog prostora između objekata.

ZenRobotics sustav funkcionira na slijedeći način:

1. Mjerna jedinica prikuplja podatke o izmjerama i orijentaciji dolazne struje otpada pomoću 2D i 3D kamera.
2. Senzorska jedinica pomoću kombinacije senzora (NIR senzor, senzor vidljive svjetlosti (VIS), laser i detektor metala) daje informaciju o vrsti materijala predmeta.
3. Računalo, procesor, odnosno mozak analizira prikupljene podatke i kontrolira manipulator.
4. Manipulator uzima pojedine vrste otpada pojedinačno, velikom brzinom i točnošću.



Slika 33. Model sustava ZenRobotics [40]

ZenRobotics prodaje dva sustava sa manipulatorima. ZRR1 (jedan manipulator), ZRR2 (dva manipulatora), a u nastavku su dane njihove karakteristike.

Za oba modela vrijedi:

- maksimalna masa predmeta je 20 kg,
- maksimalne dimenzije predmeta su duljina 1,5 m, a širina 0,5 m,
- područje hvatanja ruke je udaljenosti, duljina 2 m, a širina 1,4 m.

Model ZRR1 (podaci za jedan manipulator):

- maksimalna brzina uzimanja predmeta u satu iznosi 2000 (masa predmeta je maksimalno 5 kg za takvu brzinu)
- duljina manipulatora je 6 m uključujući sigurnosni kavez,
- cijena sustava je 395000 EUR.

Model ZRR2 (podaci za dva manipulatora):

- maksimalna brzina uzimanja predmeta u satu iznosi 4000 (masa predmeta je maksimalno 5 kg za takvu brzinu),
- duljina manipulatora je 9,5 m uključujući sigurnosni kavez,
- cijena sustava je 495 000 EUR.

Cijene dodatne opreme koju je moguće implementirati u sustav:

- sustav za sortiranje metala po vrstama košta 29000 EUR,
- sustav za kontrolu brzine konvejera košta 19000 EUR,
- sustav za kontrolu doziranja otpada košta 25000 EUR.

Poduzeće ZenRobotics naplaćuje licencu softera, a cijena iznosi 8 EUR/h rada sustava.

Izračun isplativosti investicije:

1) prosječni kapacitet sortiranja:

- 3000 uzimanja predmeta mase 1 kg u satu, dakle 3 t/h.

2) količina u godini:

- postrojenje godišnje radi 3 300 sati,

- količina otpada u jednom satu pomnožena sa 3 300 sati daje godišnju masu otpada od 10 000 tona.

3) prihod:

- procijenjena cijena tone otpada je 50 EUR,
- godišnja masa obrađenog otpada 10.000 tona pomnožena sa procijenjenom cijenom otpada 50 EUR daje prihod od 500.000 EUR godišnje.

4) vrijeme povrata uložениh sredstava:

- cijena ZRR2 (dva robota u liniji) je 500.000 EUR,
- troškovi licenci i rada pogona godišnje iznose 40.000 EUR,
- vrijeme povrata investicije obzirom na godišnji prihod je u manje od dvije godine.

Sustav ZenRobotics-a u usporedbi sa ručnim sortiranjem: (\*cijene rada radnika i postrojenja nisu prema hrvatskim, već prema švedskim standardima)

1) Ručno sortiranje:

- cijena sata rada radnika je 25 EUR,
- cijena 3.300 sati rada radnika je 82 500 EUR,
- prosječna brzina uzimanja predmeta mase 1 kg u satu rada je 800 do 1 200,
- radnika je 70 % ukupnog radnog vremena,
- prosječna brzina uzimanja predmeta mase 1 kg godišnje pomnožena sa satima rada u godini i korisnim vremenom rada radnika daje 2 310 000 kg, odnosno 2 310 tona obrađenog otpada godišnje.

2) ZenRobotics sustav sortiranja:

- troškovi rada pogona godišnje, dakle za 3 300 radnih sati iznose 40 000 EUR,
- prosječna brzina uzimanja predmeta mase 1 kg u satu je 3 000,
- korisno vrijeme rada postrojenja je 90 % ukupnog radnog vremena,
- prosječna brzina uzimanja predmeta mase 1 kg godišnje pomnožena sa satima rada u godini i korisnim vremenom rada postrojenja daje 8 900 000 kg, odnosno 8 900 tona obrađenog otpada godišnje.

### 3) Zaključno:

- jedan ZenRoboticsov sustav zamjenjuje 3,9 radnika;
- broj od 3,9 radnika pomnožen sa godišnjom cijenom rada radnika daje uštedu od 321 750 EUR, od toga se oduzimaju godišnji troškovi rada pogona 40.000 EUR i dobiva se ušteda od 281 750 EUR na 3,9 radnika,
- vrijeme isplativosti zamjene ručnog sustava sortiranja otpada, ZenRobotics sustavom je 1,2 godine.

#### Prednosti ZenRobotics sustava:

- brzi povrat uložениh sredstava,
- velika brzina sortiranja,
- rad u tri smjene,
- napredni algoritmi i procesori – konstantno uče, identificiraju predmete na temelju iskustava, a mogu biti nadograđeni i prepoznavati „nove“ komponente otpada,
- točnost,
- oprema je u skladu sa najnovijim tehnologijama.

#### Nedostaci ZenRobotics sustava:

- potrebno je uklanjanje većih komponenta otpada prije sortiranja,
- manja je brzina uzimanja težih predmeta sa konvejera,
- sortiranje malog broja komponenti otpada – samo građevinski otpad,
- sustav nije postavljen kružno, već linearno te je potrebno kupovati nove robote i senzorske jedinice za nadogradnju, odnosno povećanje kapaciteta sustava,
- cijena sustava,
- velika cijena dodatne opreme koja bi obzirom na cijenu cijelog sustava mogla biti uključena u nju.

## **9. KONCEPT SUSTAVA ZA AUTOMATSKO SORTIRANJE OTPADA U GRADU ZAGREBU**

### **9.1. OTPAD U GRADU ZAGREBU**

U svrhu ovog rada bit će prikazan detaljan sastav otpada u Gradu Zagrebu, kako bi se mogli dati prijedlozi o broju i kapacitetu građevina za sortiranje otpada na naznačenom području. U nastavku su navedene građevine, oprema i uređaji koji su na području Grada Zagreba u funkciji gospodarenja otpadom.

#### *Sustav posuda i spremnika na javnim površinama [41]*

Posude i spremnici su na javnim površinama Grada Zagreba postavljeni kao zeleni otoci, reciklažna dvorišta ili samostalno. Posude i spremnici za miješani komunalni otpad smješteni su na javnim gradskim površinama ili unutar objekata i drugih prostora za tu namjenu.

Na javnim gradskim površinama raspoređeno je oko 1.865 spremnika za izdvojeno sakupljanje papira i kartona, 1.400 spremnika za sakupljanje ambalažnog stakla, 1.004 spremnika za sakupljanje ambalažne plastike. Uz navedeno, u trgovinama i na javnim površinama otpadne baterije se sakupljaju u oko 337, a stari lijekovi u 23 namjenske posude.

#### *Reciklažna dvorišta [41]*

Na području Grada Zagreba do kraja 2012. godine radilo je pet reciklažnih dvorišta i četiri zelena otoka od kojih Zagrebački Holding d.o.o.- Podružnica čistoća vodi: RD Stenjevac, RD Tunel, RD Jakuševac, ZO Kajzerica, ZO Sesvete, ZO Maksimir, ZO Dubrava, a poduzeće Unijapapir d.d. vodi: RD Utrine i RD Kuniščak.

#### *Odlagalište Prudinec [41]*

Odlagalište Prudinec jedino je legalno odlagalište na koje se danas odlaže miješani komunalni otpad Grada Zagreba. Smješteno je na desnoj obali Save kod naselja Jakuševac, unutar užeg gradskog područja, a između vodozaštitnih zona najvećih postojećih i planiranih vodocrpilišta Grada (Črnkovec i Petruševac).

Prijedlogom izmjena i dopuna Prostornog plana Grada Zagreba predviđeno je da se odlagalište Prudinec može koristiti najduže do kraja 2018. godine.

Na odlagalištu Prudinec odlaže se neopasni i inertni otpad koji mora zadovoljiti kriterije za odlaganje prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada.

#### *Uređaj za obradu metalnog otpada [41]*

Metalni otpad se mehanički obrađuje na uređaju za separaciju metalnog od nemetalnog otpada na području industrijske zone Jankomir.

#### *Uređaji za sortiranje i obradu papira i plastike [41]*

Na području Grada Zagreba postoje dva postrojenja za sortiranje i obradu papira, kartona i plastičnog otpada na lokacijama na Žitnjaku i u Sesvetama.

#### *Uređaj za obradu staklenog krša [41]*

Stakleni krš se obrađuje u pogonu u Sesevskom Kraljevcu.

#### *Uređaj za obradu građevnog otpada [41]*

Uređaj za obradu građevnog otpada smješten je na lokaciji odlagališta Prudinec.

#### *Kompostane [41]*

Biorazgradivi otpad obrađuje se na kompostanama (Markuševac i Prudinec) kojima upravlja tvrtka Zagrebački holding d.o.o.- Podružnica Zrinjevac.



### **9.1.1. Komunalni otpad**

Postavljanje novih, kao i obnova dotrajalih posuda u kućanstvima te sakupljanje i organizirani odvoz komunalnog otpada iz kućanstva i komunalnog otpada iz gospodarstva s područja Grada Zagreba, u nadležnosti je tvrtke Zagrebački holding d.o.o. - Podružnica Čistoća. [41]

Sakupljanje i odvoz komunalnog otpada organiziran je na cijelom području Grada Zagreba. Sukladno odredbama Zakona o komunalnom gospodarstvu, sakupljanje komunalnog otpada u Gradu Zagrebu obavlja Zagrebački holding d.o.o. – Podružnica Čistoća. Komunalni otpad organizirano se sakuplja u 17 gradskih četvrti te na području naselja Stupnik, Mičevac i Turopoljski Markuševac. Sakupljanjem je obuhvaćeno oko 371 000 korisnika, od čega je stambenih korisnika oko 360 000, a poslovnih korisnika oko 11 000. [41]

Uslugom organiziranog sakupljanja, odvoza i odlaganja komunalnog otpada obuhvaćena su sva kućanstva, a uslugom odlaganja na odlagalištu Prudinec gotovo svi gospodarski subjekti koji djeluju na području grada Zagreba. Prikupljanje krupnog (glomaznog) otpada se obavlja u specijaliziranim spremnicima smještenima na javnim površinama - mobilnim reciklažnim dvorištima prema unaprijed utvrđenom rasporedu te u reciklažnim dvorištima tijekom cijele godine. Neopasni otpad s područja Samobora i Svete Nedjelje sada se odlaže na zagrebačkom odlagalištu Prudinec. [41]

U tablici 9. je prikazan detaljni pregled sastava otpada u Gradu Zagrebu prema ključnim brojevima. U tablici 8. dan je pregled ključnih brojeva otpada u odnosu na vrstu otpada. [41]

Tablica 8. Pregled ključnih brojeva otpada u odnosu na vrstu otpada [7]

Ključni broj	Opis
15 01 01	Ambalaža od papira i kartona – kartonske kutije i druga ambalaža
15 01 02	Ambalaža od plastike – PET, PE folija, PS
15 01 04	Ambalaža od metala – čelične, aluminijske i ostale metalne posude
15 01 07	Staklena ambalaža – bezbojne, smeđe, zelene, miješane staklene boce i staklenke
15 01 10*	Ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena opasnim tvarima
20 01 01	Papir i karton – papir (novine, uredski papir) ne ambalažni, knjige, miješani papir i karton, papirnate vreće, papirnati ručnici, papir za brisanje
20 01 21*	Fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu – katodne cijevi, zasloni računala, fluorescentne cijevi/žarulje
20 01 25	Jestiva ulja i masti – ulje za kuhanje, životinjsko i biljno ulje
20 01 27*	Boje, tinta, ljepila i smole koje sadrže opasne tvari – premazi, boja u prahu, halogenirane i nehalogenirane boje, ljepila na bazi otapala, tinta (epoksidna)
20 01 32	Lijekovi – farmaceutski proizvodi, otpad od farmaceutika
20 01 33*	Baterije i akumulatori – baterije (olovno kisele, sa živom, nikal kadmij, miješane), auto akumulatori
20 01 34	Baterije i akumulatori – baterije (alkalne, litijske, od metalnih hidrida)
20 01 35*	Električna i elektronička oprema – bijela tehnika (koja sadrži opasne tvari), TV, video i CD playeri, mobiteli, tosteri, sušila za kosu
20 01 36	Električna i elektronička oprema – bijela tehnika (koja ne sadrži opasne tvari)
20 01 37*	Drvo koje sadrži opasne tvari – građevno drvo, otpad od rezanja drveta
20 01 38	Drvo koje ne sadrži opasne tvari – pluto, olovke, netretirano građevno drvo
20 01 39	Plastika – boce, folija, računalni i čvrsti diskovi, vreće, laminati. LDPE
20 01 40	Metali – mjed, aluminij, aluminijska folija, željezo, kućanski aparati
20 02 01	Biorazgradivi otpad – zeleni otpad, kora, trava, gnoj, otpad iz vrtova
20 02 02	Zemlja i kamenje – kamen, otpad iz vrtova, zemlja, miješani zemlja i kamenje
20 02 03	Ostali otpad koji nije biorazgradiv – mješavine razlomljenog kamenja
20 03 01	Miješani komunalni otpad – miješani otpad iz kućanstava, proizvodnih pogona
20 03 02	Otpad s tržnica
20 03 03	Ostaci od čišćenja ulica – otpaci, muljevi iz slivnika, ostaci od čišćenja cesta
20 03 07	Glomazni otpad – stolice (plastične, metalne, drvene), namještaj, madraci
20 03 99	Komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način – npr. od čišćenja plaža

Tablica 9. Detaljan pregled sastava otpada u Gradu Zagrebu prema ključnim brojevima [7]

Ključni broj otpada	Skupljeno, t	Upućeno na odlaganje, t	Upućeno na oporabu, t	Upućeno na kompostiranje, t
15 01 01	1 434,76		1 243,76	
15 01 02	1 847,69		1 785,72	
15 01 04	82,55		80,56	
15 01 07	4 753,93		4 753,93	
15 01 10*	19,81		19,81	
20 01 01	2 089,50			
20 01 21*	1,84		1,84	
20 01 25	123,74		120,20	
20 01 27*	2,38			
20 01 32	0,36			
20 01 33*	2,78		2,78	
20 01 34	25,49		23,45	
20 01 35*	1 645,86		1 645,86	
20 01 36	134,76		134,76	
20 01 37*	98,50		98,50	
20 01 38	820,81		82,57	
20 01 39	50,00		14,00	
20 01 40	359,00		359,00	
20 02 01	16 335,34			16 335,34
20 02 02	13 382,80	13 382,80		
20 02 03	155,86	153,50	2,36	
20 03 01	219 823,70	219 818,88	1,26	
20 03 02	2 374,84	2 374,84		
20 03 03	3 595,27	3 583,09	12,18	
20 03 07	23 336,31	22 532,00	804,31	
20 03 99	12 208,49	11 644,59	563,90	
Ukupno, t	304 706,42	273 489,70	11 750,79	

### 9.1.2. Miješani komunalni otpad

U gradu Zagrebu miješani komunalni otpad iz kućanstva se sakuplja u posudama i vrećicama pri čemu u oko 5 % kućanstava vrećice još nisu zamijenjene posudama. Odvoz je organiziran tako da je grad podijeljen na dvije zone: zonu A (istočni dio grada) i zonu B (zapadni dio grada). Svaka od njih je prostorno podijeljena na podjednaki broj programa odvoza otpada, s time da se otpad u zoni A odvozi ponedjeljkom, srijedom i petkom, a u zoni B utorkom, četvrtkom i subotom.

U najužem centru grada otpad se odvozi svakodnevno, a u pojedinim rubnim dijelovima grada jednom ili dva puta tjedno. Sakupljanje miješanog komunalnog otpada od pravnih osoba regulirano je ugovorom kojim se definira način sakupljanja otpada na mjestu nastanka (vrsta i broj spremnika) te dinamika odvoza otpada sa lokacije, odnosno Pravilnikom o načinu pružanja i plaćanja usluga odvoza i odlaganja otpada Zagrebačkog holdinga d.o.o. – Podružnice Čistoća.

Ukupno je na sakupljanju miješanog komunalnog otpada u gradu Zagrebu na 204 programa rada dnevno angažirano 98 specijalnih vozila za sakupljanje otpada (smećara). Ovome treba dodati i određeni broj specijalnih vozila kojima se odvozi miješani komunalni otpad od pravnih osoba. Neopasni komunalni otpad se osim organiziranog odvoza od kućanstva sakuplja i u ostalim sustavima kao što su spremnici na javnim površinama, reciklažna dvorišta, razna sabirna mjesta i otkupne stanice.

Tablica 10. Sastav miješanog komunalnog otpada (20 03 01) Grada Zagreba 2012. [41]

Redni broj	Komponenta	Mas %
1	Papir i karton	27,1
2	Kuhinjski biootpad	26,5
3	Plastika	26,4
4	Pelene	5,5
5	Vrtni biootpad	4,1
6	Staklo	3,6
7	Tekstil	3,4
8	Metal	1,1
9	Drvo	1,0
10	Inertni otpad	0,7
11	Posebni otpad	0,6
12	Guma	0,0

**Množenjem količine 219 823,70 t miješanog komunalnog otpada godišnje u Gradu Zagrebu, sa udjelom pojedine frakcije iz tablice 11., dobivene su slijedeće godišnje količine otpada po vrstama:**

- papir i karton – 59 250 t/a,
- biootpad – 58 250 t/a,
- plastika – 58 000 t/a,
- staklo – 10 000 t/a,
- metal – 2400 t/a.

Temeljem navedenih iznosa zajedno sa onim izdvojeno sakupljenog otpada iz tablice 12. pri obrazlaganju koncepta bit će napravljena kalkulacija količina obrađenog otpada u postrojenjima godišnje.

### **9.1.3. Glomazni otpad**

Redovni odvoz glomaznog otpada iz kućanstva u gradu Zagrebu organiziran je dva puta godišnje po gradskim četvrtima, ulicama ili bivšim mjesnim zajednicama s obzirom da programi odvoza glomaznog otpada ne obuhvaćaju uvijek cijelu četvrt, ulicu ili mjesnu zajednicu. Prikupljanje glomaznog otpada obavlja se u specijaliziranim spremnicima smještenima na javnim površinama – mobilnim reciklažnim dvorišta prema unaprijed utvrđenom rasporedu.

O rasporedu odvoza glomaznog otpada u svojoj četvrti građani se obavještavaju putem računa za odvoz otpada te putem internetske stranice Zagrebačkog holdinga d.o.o. – Podružnice Čistoća. Prilikom sakupljanja glomaznog otpada posebno se na mjestu nastanka izdvaja metalni otpad, otpadna električna i elektronička oprema (hladnjaci, štednjaci, peći, elektronička oprema i drugo) i otpadne auto gume. Osim toga, građani tijekom cijele godine mogu glomazni otpad predati u reciklažna dvorišta bez plaćanja naknade.

Od 1. srpnja 2014. godine sakupljanje glomaznog otpada iz kućanstava obavljat će dva puta godišnje isključivo na zahtjev korisnika usluga bez plaćanja dodatne naknade, a građani mogu i dalje odlagati glomazni otpad i u reciklažnim dvorištima tijekom cijele godine također bez naknade.

#### 9.1.4. Izdvojeno sakupljeni komunalni otpad

Gospodarenje otpadom u Gradu Zagrebu predmet je različitih analiza i studija kao i konkretnih aktivnosti već tridesetak godina. Uvođenje različitih postupaka gospodarenja otpadom započelo je u Zagrebu još sredinom osamdesetih godina. Odvojeno prikupljanje ambalažnog stakla najstariji je zagrebački projekt recikliranja komunalnog otpada započet još 1988. godine, a odvojeno sakupljanje otpadnog papira započelo je 1991. godine. 1995. započelo se sa odvojenim sakupljanjem plastične i metalne ambalaže. Tijekom devedesetih izgrađene su kompostane Markuševac, Jankomir i Jakuševac, primarno za oporabu biootpada iz vrtova i parkova u Gradu Zagrebu.

Na području grada na javnim površinama razmješteni su plavi, zeleni i žuti spremnici za sakupljanje papira, staklene ambalaže i plastične ambalaže. U tablici je dan pregled odvojeno sakupljenog otpada u Gradu Zagrebu 2012. godine.

Tablica 11. Sastav i količine izdvojeno sakupljenog otpada u Gradu Zagrebu 2012. [41]

Papir, t	Plastika, t	Staklo, t	Metal, t	Glomazni otpad, t	Tekstil, t	Biootpad, t
3 542,269	1 897,69	4 753,938	441,558	23 336,310	0	18 833,92

## 9.2. PLANIRANE AKTIVNOSTI GOSPODARENJA OTPADOM U GRADU ZAGREBU

Planirane aktivnosti gospodarenja otpadom u Gradu Zagrebu jesu:

1. Povećanje nadzora toka otpada
2. Mjere izbjegavanja i smanjivanja otpada
3. Unapređivanje cjelovitog sustava gospodarenja otpadom
4. Edukacija i komunikacija s javnošću
5. Razvoj sustava odvojenog sakupljanja „približavanjem mjestu nastanka, naročito komunalnog otpada“
6. Povećanje udjela odvojeno prikupljanog otpada
7. Unapređenje recikliranja i ponovne uporabe otpada
8. Obrada ostatnog otpada prije konačnog zbrinjavanja

9. Smanjivanje udjela biorazgradivog otpada koji treba odložiti
10. Postupno napuštanje odlaganja neobrađenog otpada (do kraja 2018. godine)
11. Samoodrživo financiranje sustava gospodarenja komunalnim otpadom prema Zakonu o otpadu.

Uvođenjem sustava naplate odvoza miješanog komunalnog otpada prema količini kućanstva će se dodatno potaknuti odvojeno sakupljanje iskoristivog otpada. Za odvojeno prikupljanje komunalnog otpada u Gradu Zagrebu, organiziraju se i nadopunjavaju sljedeći sustavi primarnog sakupljanja otpada [41]:

- sustav spremnika od 2 i 3 m<sup>3</sup> za odvojeno sakupljanje iskoristivog otpada (papir, plastika, staklena ambalaža) na zelenim otocima,
- uspostava sustava informatičkog praćenja odvojenog sakupljanja otpada,
- izgradnja novih reciklažnih dvorišta za prihvrat otpada iz kućanstava (planira se izgradnja barem jednog reciklažnog dvorišta u svakoj gradskoj četvrti).

#### *Reciklažni (zeleni) otoci* [41]

Posude/spremnici za korisni otpad se postavljaju na pojedinim lokacijama na javnim površinama grada Zagreba. Tako postavljene posude/spremnici za sakupljanje otpadnog papira, ambalažnog stakla, plastične, metalne i ostale ambalaže na jednoj lokaciji čine "zeleni otok".

Lokacije zelenih otoka određuju se primjenom sljedećih kriterija: maksimalna udaljenost od mjesta stanovanja do mjesta za smještaj otoka mora biti oko 200 m i jednom reciklažnom otoku treba gravitirati najmanje 500 stanovnika. Međutim, s obzirom da je gustoća stanovnika različita od navedene, pri odabiru lokacija, uz uvažavanje slobodnih površina, prometnica i zelenih površina u gradu Zagrebu, primjenjuju se i drugi kriteriji. Iznimka za postavljanje pojedinačnih spremnika moguća je ukoliko na određenom prostoru postoji neki veći proizvođač određene vrste otpada (restorani, kafići, uredske prostorije s većim brojem zaposlenih i slično).

Predviđa se postupna zamjena postojećih spremnika i dopuna spremnicima volumena 2 i 3 m<sup>3</sup>. Zeleni otok imat će 3 do 4 spremnika volumena 2 i 3 m<sup>3</sup> i to plavi za papir, zeleni za ambalažno staklo i žuti za plastičnu i metalnu ambalažu.

### *Reciklažno dvorište [41]*

Planira se izgradnja reciklažnih dvorišta na način da u svakoj gradskoj četvrti postoji barem jedno. Potrebni radni prostor za svako reciklažno dvorište iznosi od oko 600 do 3000 m<sup>2</sup>. Reciklažno dvorište mora udovoljavati osnovnim tehničko-tehnološkim uvjetima sukladno odredbama Pravilnika o gospodarenju otpadom.

Postupanje i radne procedure u reciklažnim dvorištima moraju biti usklađene sa Zakonom o održivom gospodarenju otpadom, Pravilnikom o gospodarenju otpadom i pravilnicima o postupanju s posebnim kategorijama otpada.

Organizirano sakupljanje glomaznog otpada u reciklažnim dvorištima obavlja se u skladu s propisima, te se na taj način unapređuje kvaliteta usluge i smanjuju troškovi. U tu svrhu se postavljaju rolo-spremnici koji služe za sakupljanje glomaznog otpada, koji je pretežno metalnog sastava i glomaznog otpada, koji je pretežno nemetalnog sastava.

U tablici je pregled reciklažnih dvorišta u Gradu Zagrebu, te ključni brojevi otpada i njihova količina u 2013. godini.

Tablica 12. Pregled lokacija i količina prikupljenog otpada u reciklažnim dvorištima u Gradu Zagrebu 2012. [41]

Reciklažno dvorište	Ključni broj otpada	Količina (t)
Stenjevec, Tunel, Jakuševac, Špansko, Utrina, Trešnjevka, Dubrava, Prilesje, Kajzerica, Sesvete, Kuniščak	15 01 01, 15 01 02, 15 01 07, 15 01 10*, 20 01 01, 20 01 21*, 20 01 32, 20 01 33*, 20 01 34, 20 01 35*, 20 01 36, 20 01 38, 20 02 01, 20 03 07	3 486,869

### **9.3. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM U GRADU ZAGREBU (ZCGO)**

Planira se napuštanje odlaganja neobrađenog ostatnog otpada i daljnje unapređivanje odvojenog sakupljanja otpada, recikliranja i oporabe pojedinih vrsta otpada kombiniranjem



biološke, mehaničke i termičke obrade i odlaganja samo obrađenog otpada, kako zbog prilagodbe normama EU, tako i radi zaštite okoliša i zdravlja ljudi. Planirani cjeloviti i održivi sustav gospodarenja otpadom najbolje je dostupno rješenje za sve vrste otpada. [41]

Za određene vrste otpada koriste se različiti postupci obrade s ciljem potpunog izbjegavanja ili što je moguće većeg smanjenja količina ostatnog otpada. Obradom se ostatni otpad mineralizira i, što je najvažnije, smanjuju se opasnosti odlaganja. Budući da je u gospodarenje otpadom potrebno uložiti velika financijska sredstva važno je što više smanjiti masu i volumen otpada, a zbog ograničene dostupnosti energije i sirovina iz otpada iskoristi sve što je ekonomski isplativo. [41]

Odvajanje tokova otpada na mjestu nastanka omogućuje da se korištenje najbolje dostupne tehnologije<sup>4</sup> provodi uz prihvatljive troškove. Zbrinjavanje ukupnog neobrađenog otpada putem odlagališta je ograničeno i kvantificirano prema hrvatskim i europskim propisima. [41]

Najbolje raspoložive tehnologije u zbrinjavanju krutog komunalnog otpada su one kojima se postižu najbolji učinci u smanjenju količina otpada kojeg je potrebno zbrinuti odlaganjem, iskorištavanju energije otpada i odlagališnog plina te smanjenju emisija u zrak. [41]

Zbog nedostatka prostora za odlaganje otpada u gradu Zagrebu, a nakon izdvajanja korisnog otpada radi reciklaže ili oporabe, planirana je termička obrada ostatnog komunalnog otpada, neopasnog proizvodnog otpada i otpadnog mulja s pročištača otpadnih voda Grada Zagreba. [41]

Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom mora biti usklađen s važećim propisima zaštite okoliša, što uključuje procese i objekte za razdvojeno sakupljanje određenih vrsta otpada te uspostavljanje Zagrebačkog centra za gospodarenje otpadom (ZCGO) koji treba omogućiti cjelovito gospodarenje otpadom po gospodarskim i ekološkim načelima. Grad Zagreb je krajem 2013. osnovao trgovačko društvo Zagrebački centar za gospodarenje otpadom d.o.o. koje je zaduženo za organizacijske, administrativne i tehničke pripreme na uspostavljanju Zagrebačkog centra za gospodarenje otpadom. [41]

---

<sup>4</sup> engl. *Best Available Technology*

ZCGO u najvažnijim funkcijskim cjelinama: mehaničko sortiranje otpada, termička obrada ostatnog otpada koji nije moguće reciklirati i uređeno odlagališta za neopasne ostatke koji nastaju termičkom obradom otpada. ZCGO se uspostavlja u Resniku, uz Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Grada Zagreba i istočnom produžetku te lokacije. [41]

U ZCGO-u se funkcijski uspostavlja [41]:

- prihvata svog otpada za koji je organizirano odvojeno sakupljanje, prihvata glomaznog otpada, prihvata otpada od čišćenja „divljih odlagališta“, te prihvata potencijalno problematičnog otpada iz kućanstva,
- prihvata miješanog komunalnog otpada,
- mehaničku obradu otpada,
- privremeno skladištenje otpada razvrstanog po vrsti i kvaliteti do njegove otpreme na daljnju preradu,
- kompostiranje biorazgradivog otpada,
- energetska uporaba ostatnog otpada koji nije moguće reciklirati,
- odlaganje ostataka koji nastaje termičkom obradom otpada na uređeno odlagalište otpada nakon zatvaranja zagrebačkog odlagališta Prudinec 2018. godine,
- vođenje i unaprjeđivanje sustava gospodarenja otpadom uz praćenje i statističku obradu svih značajki tog sustava.

ZCGO uključuje i objedinjuje sljedeće tehnološke cjeline [41]:

- sortirnice za sve odvojeno sakupljene korisne komponente iz otpada sakupljene putem spremnika smještenih na javnim gradskim površinama i spremnicima postavljenim na mjestu nastanka otpada na lokaciji ZCGO-a u Resniku,
- sortirnica za glomazni otpad i otpad od čišćenja „divljih odlagališta“te potencijalno problematični otpad iz kućanstava na lokaciji ZCGO-a u Resniku,
- privremena skladišta s utovarnim rampama za otpremu na daljnju preradu očišćenog i sortiranog otpada po vrsti i kvaliteti na lokaciji ZCGO-a u Resniku,
- privremena skladišta problematičnog otpada iz kućanstva na lokaciji ZCGO-a u Resniku,
- Postrojenje za termičku obradu otpada (PTOO) na lokaciji ZCGO-a u Resniku,
- kompostane na više lokacija u gradu Zagrebu,
- usklađeno i uređeno odlagalište za neopasne ostatke termičke obrade otpada na lokaciji Resnik, istočno od CUPOVGZ-a.

## 9.4. KONCEPT GOSPODARENJA OTPADOM U GRADU ZAGREBU

Potreba za automatskim sortiranjem otpada objašnjena je u poglavlju 8.3. Prikazan je pregled tehnologije koja se koristi pri automatskom sortiranju otpada. Cilj je dati pregled opreme koja bi se koristila u postrojenju za automatsko sortiranje u Gradu Zagrebu.

U prethodnom poglavlju naveden je sastav otpada u Gradu Zagrebu. Prikazan je pregled budućih građevina koje se planiraju izgraditi na naznačenom području. Tako je planirana izgradnja postrojenja za sortiranje. U Planu nije naznačeno da planirano postrojenje mora biti ručno ili automatsko.

U ovom diplomskom radu će u svrhu zaokreta politike u Gradu Zagrebu, od spalionica prema sortiranju i recikliranju, biti naveden prijedlog rješenja automatskog sortiranja otpada.

**Rješenje se sastoji od dvaju postrojenja za sortiranje otpada:**

- **postrojenje za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada na području Grada**
- **postrojenje za sortiranje miješanog komunalnog otpada.**

Postrojenje za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada bilo bi postrojenje s dva toka otpada (vidjeti poglavlje 8.1.2.). Ovo postrojenje je u odnosu na postrojenje za sortiranje s jednim tokom otpada i za miješani komunalni otpad najjeftinije te zauzima najmanju površinu. U to postrojenje pristizao bi sav odvojeno sakupljeni otpad sa područja Grada Zagreba.

Drugo postrojenje za sortiranje bilo bi postrojenje za miješani komunalni otpad. Razlog projektiranja ovog postrojenja je što veliki dio otpada Grada Zagreba zauzima miješani komunalni otpad. Taj otpad nije pogodan za automatsko sortiranje. Tendencija je razdvajanje otpada. Tako će za ovo postrojenje za sortiranje biti predloženo jednostavno i higijensko rješenje. U konačnici iz ovog postrojenja otpad će na daljnju obradu biti transportiran u postrojenje za sortiranje odvojeno sakupljenog otpada.

Ranije je objašnjeno kako je gospodarenje otpadom problem Grada Zagreba. Glavni grad Republike Hrvatske još uvijek nema infrastrukturu planiranu Planom gospodarenja otpadom. Grad Zagreb se planom koji uključuje izgradnju postrojenja za toplinsku obradu otpada opredjeljuje za politiku koja se sve više napušta. Nezadovoljstvo po tom pitanju, posebice

izražavaju građani koji žive u blizini mjesta na kojem je planirana izgradnja postrojenja ovog tipa. Ovim konceptom navedena rješenja riješit će problem otpada u Gradu Zagrebu. Cilj je zaobići politiku zagovaranja izgradnje postrojenja za toplinsku obradu otpada. Već je objašnjena opasnost koju predstavlja život u blizini takvog postrojenja (vidjeti poglavlje 6.2.). Isto tako većina zapadno europskih zemalja (Danska, Austrija, Slovenija, Njemačka), već neko vrijeme zagovara zatvaranje postrojenja za toplinsku obradu otpada. Razlozi zatvaranja nisu ekonomske već etičke prirode. Stručnjaci, tako i inženjeri imaju moralnu odgovornost voditi društvo u pravom smjeru. Koncept koji slijedi projektiran je s ciljem zaštite građana te sveobuhvatne okoline Grada Zagreba od zagađenja koje može uzrokovati postrojenje za toplinsku obradu otpada. Potrebno je dati model koji svojom strukturom i rezultatima može konkurirati planiranom rješenju.

U nastavku bit će prikazan prijedlog postrojenja i opreme u postrojenjima za automatsko sortiranje na području Grada Zagreba. Taj model, kako je objašnjeno u prethodnom odlomku, donijet će nova rješenja te potaknuti ideje za rješavanje problema gospodarenja otpadom u Gradu Zagrebu. Koncept koji slijedi nije trošak već, kao i postrojenja za toplinsku obradu otpada, donosi profit.

Modeli uređaja i postrojenja na slikama u nastavku rada rađeni su u programu CATIA V5 R20.

#### **9.4.1. Postrojenje za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada u Gradu Zagrebu**

Postrojenje za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada sastoji se od nekoliko linija za sortiranje. Svaka linija obrađuje zasebnu frakciju otpada. Linije za sortiranje postavljene su paralelno jedna uz drugu. Tako prema frakciji otpada koji se na njima sortira mora postojati linija za sortiranje:

- 1) plastike,
- 2) papira i kartona,
- 3) metala, i
- 4) stakla.

Svaka navedena linija mora sadržavati uređaje za predobradu dolaznog otpada.

#### ***9.4.1.1. Linija za predobradu otpada***

Linija za predobradu otpada nalazi se ispred svake linije za sortiranje i redom sadrži slijedeće uređaje.

##### *Uređaj za ulaz otpada u postrojenje*

Dio za doziranje otpada je vertikalni konvejer koji dolazni otpad transportira na određenu visinu prikladnu za rad uređaja u nastavku.

##### *Rotacijsko sito – bubanj*

Rotacijsko sito je bubanj u koji otpad dolazi sa vertikalnog konvejera. Nagnuto je pod kutom kako bi se omogućilo gravitacijsko doziranje otpada. Bubanj je opremljen nožem koji pri rotaciji bubnja služi za rezanje vrećica u kojim otpad dolazi. Na bubnju se nalaze otvori promjera 20 mm koji služe za odvajanje sitne frakcije iz otpada. Sitna frakcija otpada iz bubnja pada na konvejer koji transportira otpad u spremnike sitnog otpada. Bubanj dozira otpad na slijedeći uređaj.

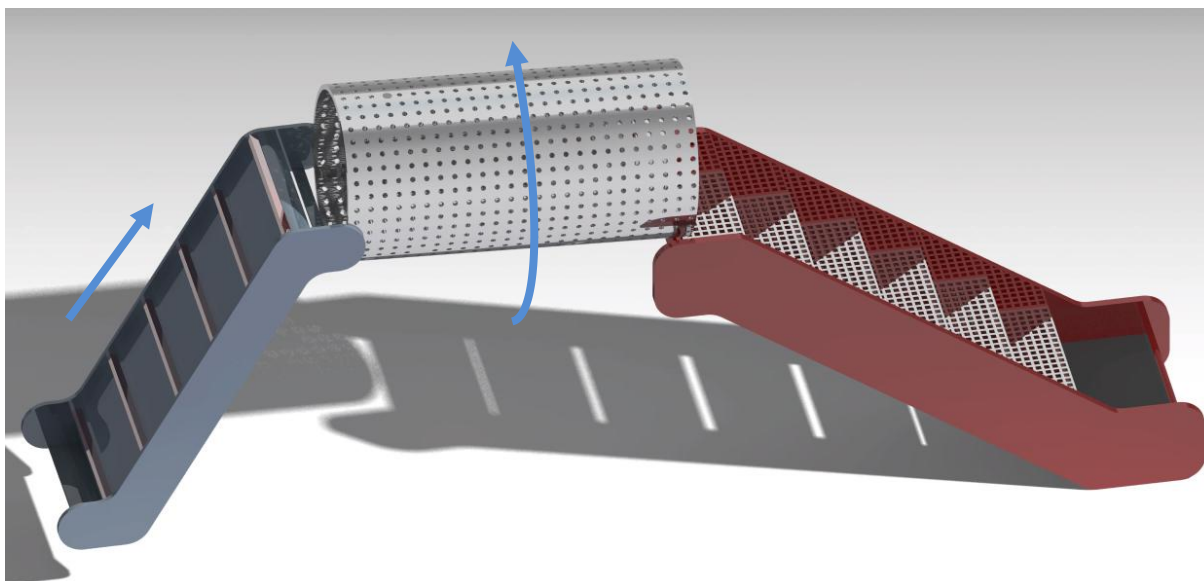
##### *Vibracijski dodavač*

Vibracijski dodavač je uređaj koji koristi vibracije za doziranje otpada na tračni transporter – konvejer. Ovaj uređaj nije potreban kod svih linija za sortiranje već samo kod onih koji koriste optičke senzore za razdvajanje otpada. Naime, za optimalan rad optičkih senzora, predmeti moraju biti međusobno udaljeni 30 mm.

##### *Tračni transporter – konvejer*

Konvejer je uređaj koji, u ovom slučaju, služi za transport otpada između uređaja na liniji za sortiranje.

Slika 34. prikazuje opremu u pogonu za predobradu otpada.



Slika 34. Ulaz otpada u rotacijsko sito te doziranje otpada putem vibracijskog dodavača

Nakon operacija predobrade otpada otpad može biti transportiran zasebno na svaku liniju za sortiranje. Svaka linija za sortiranje sa svom pripadajućom opremom navedena je u nastavku.

#### ***9.4.1.2. Linija za sortiranje plastike***

Linija za sortiranje plastike sastoji se od:

- uređaja za predobradu, uključujući vibracijski dodavač,
- senzorske jedinice,
- jedinice za uklanjanje otpada sa konvejera,
- spremnika za različite vrste plastike.

Konvejer sa linije za predobradu otpada transportira plastični otpad na uređaje koji razdvajaju plastiku po vrsti. Linija za predobradu otpada u ovom postrojenju mora sadržavati vibracijski dodavač na kojem je otpad prethodno razmaknut jer je to, kao što je ranije objašnjeno, nužno za optimalan rad sljedećih uređaja.

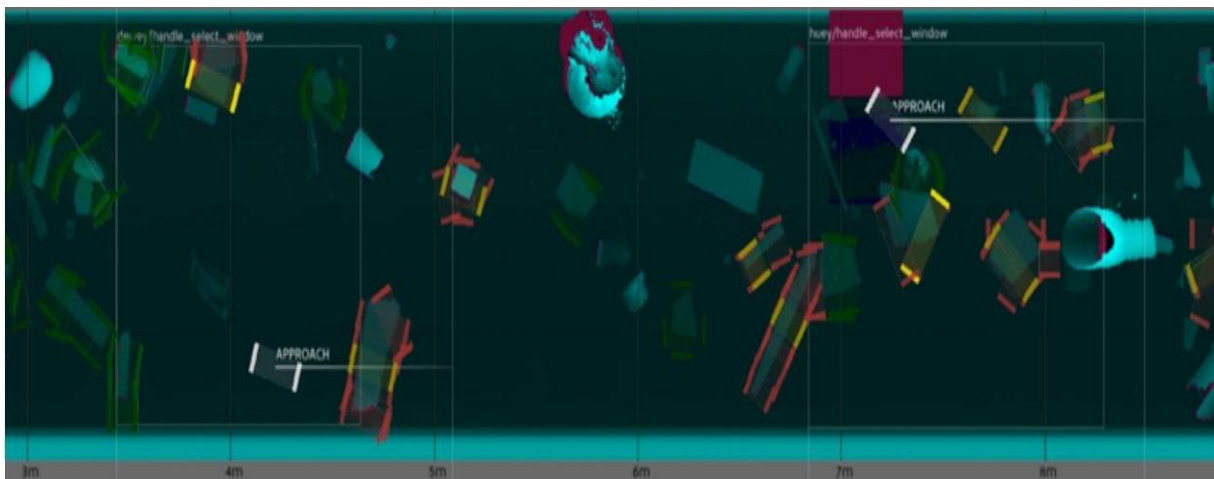
##### *Senzorska jedinica*

Senzorska jedinica sastoji se od 2D i 3D kamera, linearnog lasera, NIR senzora (separatora) i VIS senzora. Navedeni dijelovi zatvoreni su unutar uređaja. Uređaj mora biti zatvoren zbog

osvjetljenja, koje je najvažnije za rad optičkih sustava raspoznavanja. Osvjetljenje mora biti kvalitetno, konzistentno i kontrolirano.

NIR senzor odašilje infracrvenu svjetlost na predmet te prima zraku drugačijeg intenziteta od poslane. VIS senzor odašilje spektar elektromagnetskog zračenja – vidljivu svjetlost. Zrake svjetlosti se se nakon odbijanja od predmeta vraćaju u senzor. Analizom zraka vraćenih iz ovih dvaju senzora, određuje se vrsta materijala, odnosno vrsta plastike. Vrsta plastike određena je na temelju boje promatranog materijala dobivene VIS senzorom i odziva na spektar elektromagnetskog zračenja u infracrvenom području dobivenog NIR senzorom.

2D i 3D kamere te laser služe za mjerenje dimenzija predmeta koji dolaze. Kamera određuje centar predmeta i karakteristične nesimetrične dijelove na njemu. Skup podataka sa kamera i lasera obrađuje se u računalu. U računalu se mogu uključiti različiti alati koji služe za lakšu obradu i bolje razumijevanje dobivenih podataka. Dostupan je alat koji eliminira distorziju slike. Naime distorzija je posljedica različitog povećanja predmeta u različitim točkama na slici (predmeti u daljini čine se manji). Također može se upotrijebiti alat koji prepoznaje rubove predmeta bez obzira na njegovu orijentaciju. Računalo analizira podatke te informacije o dimenzijama i orijentaciji predmeta šalje u jedinicu za uklanjanje predmeta sa konvejera.



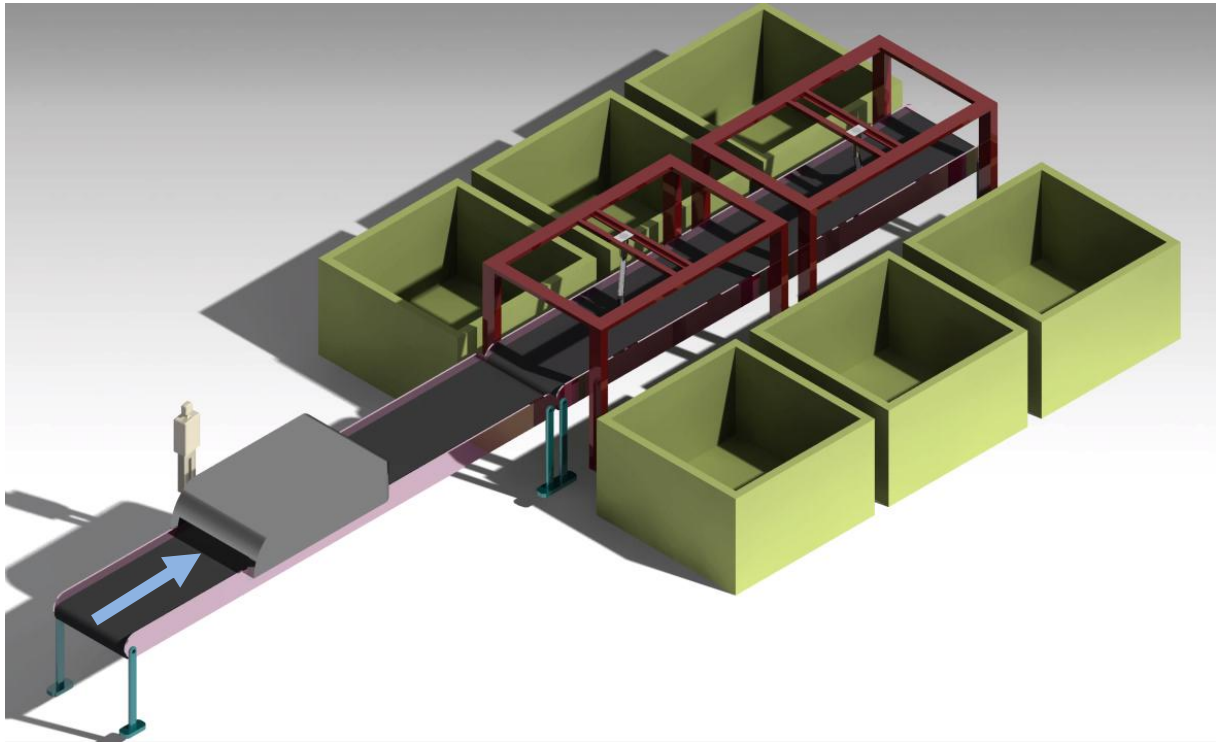
Slika 35. Tlocrtni prikaz prolaza otpada kroz senzorsku jedinicu [40]

#### *Jedinica za uklanjanje predmeta s konvejera*

Manipulator uklanja predmete s konvejera. Ima veliku brzinu uzimanja predmeta sa trake. Ako se primjenjuje sustav sa dva manipulatora onda se brzina konvejera može povećati, jer

predmete koje ne uhvati prva ruka, uzima druga. Brzina trake, odnosno kretanje trake nije ograničenje. Naime na sustav se obavezno primjenjuje enkoder koji robotu daje informacije o položaju predmeta kao da stoje, iako se kreću.

Otpad se sa konvejera može maknuti i linearnim aktuatorom. Linearni aktuator linearnim izbačajem klipa gura otpad u željeni spremnik.



Slika 36. Linija za sortiranje plastike

U nastavku je potrebno prikazati procijenjenu količina otpada koja se može obraditi na ovom postrojenju, te je u tu svrhu napravljena slijedeća kalkulacija.

Zbrojenim količinama otpada iz tablice 11. za količine pojedinačnih otpada u miješanom komunalnom otpadu i tablice 12. za količine izdvojeno sakupljenog otpada godišnje za plastiku je dobivena slijedeća količina 60 000 t/godina.

Manipulator uzima 3000 komada plastike u satu.

Masa jednog komada plastike u prosjeku je procijenjena na 0,5 kg po komadu.

Manipulator godišnje radi 334 dana, 30 dana oduzeto je radi održavanja sustava. Kada se dani preračunaju u sate dobiva se 8000 sati u godini.



Masa otpada koju manipulator obradi u jednom satu je 1500 kg, dakle 1,5 tona.

Dobivena masa otpada u satu pomnožena sa brojem sati u godini daje rezultat od 12 000 tona godišnje.

Postrojenje za sortiranje otpadne plastike godišnje može obraditi 12 000 tona, a procijenjena količina plastičnog otpada u Gradu Zagrebu je 60 000 tona godišnje. **Zaključuje se da je na području Grada potrebno pet postrojenja za obradu otpadne plastike.**

#### ***9.4.1.3. Linija za sortiranje papira i kartona***

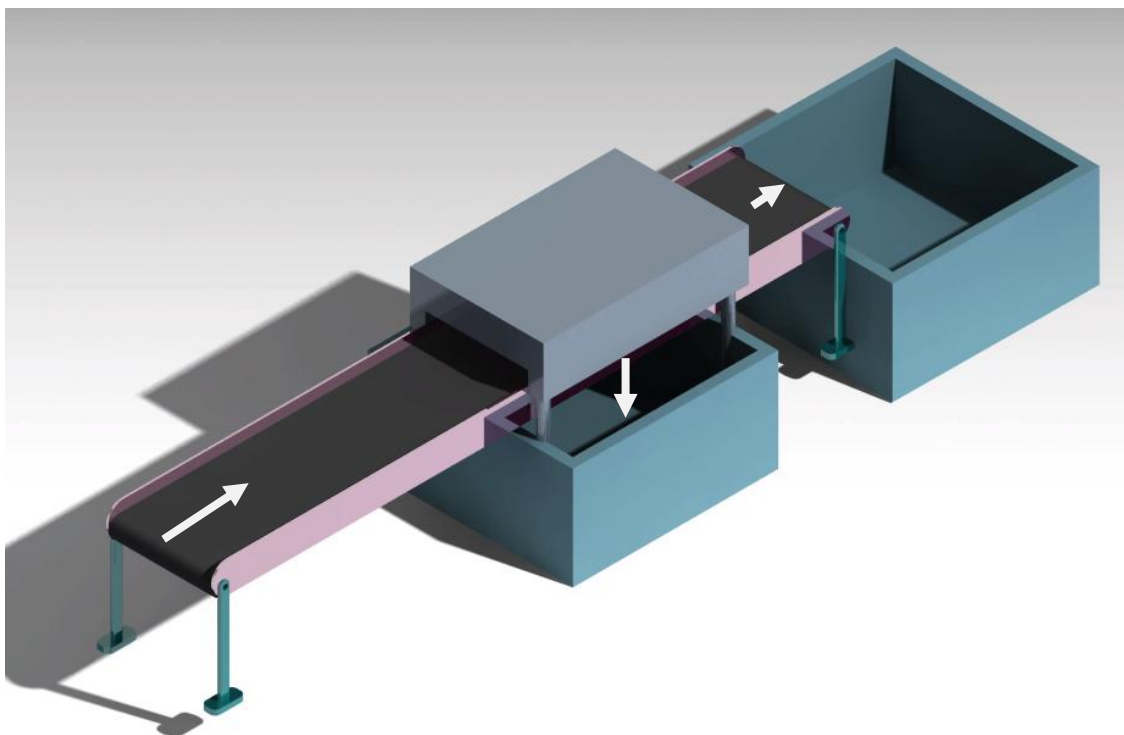
Linija za sortiranje papira i kartona sastoji se od:

- uređaja za predobradu, bez vibracijskog dodavača,
- zračnog separatora, i
- spremnika za papir i karton.

Otpad na liniju za sortiranje papira dolazi sa linije za predobradu otpada, koja u ovom slučaju ne sadrži vibracijski dodavač jer nije potreban s obzirom na uređaje opisane u nastavku.

#### *Zračni separator*

Na liniji za sortiranje papira i kartona jedini potreban uređaj je zračni separator. Zračni separator inače služi za odvajanje teže od lakše frakcije otpada. U ovom slučaju sa papirom i kartonom to je dovoljno. U poglavlju opisana tehnologija rada zračnog separatora, a u nastavku je dana slika. Karton je teži te ga zračne struje ne mogu prebaciti na konvejer iznad. Na drugu stranu papir je lakši pa ga zračne struje prebacuju na konvejer iznad. Tako je papir odvojen od kartona.



Slika 37. Linija za sortiranje papira i kartona

U nastavku je potrebno prikazati procijenjenu količina otpada koja se može obraditi na ovom postrojenju, te je u tu svrhu napravljena slijedeća kalkulacija.

Zbrojenim količinama otpada iz tablice 11. za količine pojedinačnih otpada u miješanom komunalnom otpadu i tablice 12. za količine izdvojeno sakupljenog otpada godišnje za papir i karton je dobivena slijedeća količina 62 750 t/godina.

Brzina konvejera koji transportira otpad od papira i kartona je procijenjena na 1m/s.

Širina konvejera je 1 m.

Put koji otpad pređe u jednom satu dan je slijedećim izrazom:

$$s = v \cdot t = 1 \cdot 3600 = 3600 \text{ m}$$

pri čemu su:

$s$  – put otpada, m,

$t$  – vrijeme od 1 h, dakle 3600 s,

$v$  – brzina trake.

Dobiveni put otpada zajedno sa širinom trake daje površinu prelaska otpada u satu slijedećim izrazom:

$$P = s \cdot b = 3600 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2$$

pri čemu su:

$P$  – prijeđena površina otpada na traci,

$b$  – širina trake.

Konvejer u jednom satu obradi površinu od  $3600 \text{ m}^2$  otpada.

Procijenjeno je da na jedan metar kvadratni trake dolazi 1 kg otpada.

Obzirom da na 1 metar kvadratni trake dolazi 1 kg otpada potrebno je izračunati masu otpada na prijeđenoj površini. Slijedećim izrazom izračunata je masa obrađenog otpada.

$$1 \text{ kg} \cdot \frac{3600 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}}{1 \text{ m}^2} = 3600 \text{ kg/h} = 3,6 \text{ t/h.}$$

Postrojenje godišnje radi 334 dana, 30 dana oduzeto je radi održavanja sustava. Kada se dani preračunaju u sate dobiva se 8000 sati u godini.

Dakle, dobivena masa od 3,6 tona obrađenog otpada u satu pomnožena sa 8000 radnih sati u godini daje masu obrađenog otpada godišnje od 30 000 tona.

Postrojenje za sortiranje otpadnog papira i kartona godišnje može obraditi 30 000 t, a procijenjena količina otpadnog papira i kartona u Gradu Zagrebu je 62 750 t/godina.

**Zaključuje se da su potrebna dva postrojenja za obradu otpadnog papira i kartona na području Grada.**

#### ***9.4.1.4. Linija za sortiranje metala***

Otpad na liniju za sortiranje metala dolazi sa linije za predobradu otpada. Na liniji za predobradu metalnog otpada nije potreban vibracijski dodavač jer nije potreban s obzirom na uređaje u nastavku.

Linija za sortiranje metalnog otpada sastoji se od:

- uređaja za predobradu bez vibracijskog dodavača
- magnetskog separatora – industrijski magnet koji na sebe privlači magnetične metale (npr. željezo, čelik), opisan u poglavlju 8.3.1.2.;
- eddy current separatora – uređaj koji koristi elektromagnetsko polje za detekciju i odlaganje metalnog nemagnetičnog otpada (npr. aluminij), opisan u poglavlju 8.3.1.2.;
- spremnika za različite vrste metala.



Slika 38. Linija za sortiranje metala

U nastavku je potrebno prikazati procijenjenu količina otpada koja se može obraditi na ovom postrojenju, te je u tu svrhu napravljena slijedeća kalkulacija.

Zbrojenim količinama otpada iz Tablice 11. za količine pojedinačnih otpada u miješanom komunalnom otpadu i Tablice 12. za količine izdvojeno sakupljenog otpada godišnje za metal je dobivena slijedeća količina 3000 t/godina.

Brzina konvejera koji transportira metalni otpad je procijenjena na 0,5 m/s.

Širina konvejera je 1 m.

Put koji otpad pređe u jednom satu dan je slijedećim izrazom:

$$s = v \cdot t = 0,5 \cdot 3600 = 1800 \text{ m}$$

pri čemu su:

$s$  – put otpada, m,

$t$  – vrijeme od 1 h, dakle 3600 s,

$v$  – brzina trake.

Dobiveni put otpada zajedno sa širinom trake daje površinu prelaska otpada u satu slijedećim izrazom:

$$P = s \cdot b = 1800 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1800 \text{ m}^2$$

pri čemu su:

$P$  – prijeđena površina otpada na traci,

$b$  – širina trake.

Konvejer u jednom satu prođe površinu od 1800 m<sup>2</sup>.

Procijenjeno je da na jedan metar kvadratni trake dolazi 5 kg metalnog otpada.

Obzirom da na jedan metar kvadratni trake dolazi 5 kg otpada potrebno je izračunati masu otpada na prijeđenoj površini. Slijedećim izrazom izračunata je masa obrađenog otpada.

$$5 \text{ kg} \cdot \frac{1800 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}}{1 \text{ m}^2} = 9000 \text{ kg/h} = 9 \text{ t/h.}$$

Postrojenje godišnje radi 334 dana, 30 dana oduzeto je radi održavanja sustava. Kada se dani preračunaju u sate dobiva se 8000 sati u godini.

Dakle, dobivena masa od 9 tona obrađenog otpada u satu pomnožena sa 8000 radnih sati u godini daje masu obrađenog otpada godišnje od 72 000 tona.

Postrojenje za sortiranje otpadnog metala godišnje može obraditi 72 000 t, a procijenjena količina otpadnog metala u Gradu Zagrebu je 3000 t/godina. **Zaključuje se da je potrebno jedno postrojenje za obradu otpadnog metala na području Grada.**

#### ***9.4.1.5. Linija za sortiranje stakla***

Linija za sortiranje stakla sastoji se od:

- uređaja za predobradu, uključujući vibracijski dodavač,
- senzorske jedinice,
- jedinice za uklanjanje otpada sa konvejera,
- spremnika za različite vrste stakla.

Otpad na liniju za sortiranje stakla dolazi sa linije za predobradu. Na liniji za predobradu staklenog otpada uz ostale elemente mora se nalaziti vibracijski dodavač. Taj element mora postojati zato što staklo, isto kao i plastika mora prolaziti kroz jedinicu sa optičkim sensorima za koju je preduvjet da otpad mora biti malo udaljen jedan od drugoga.

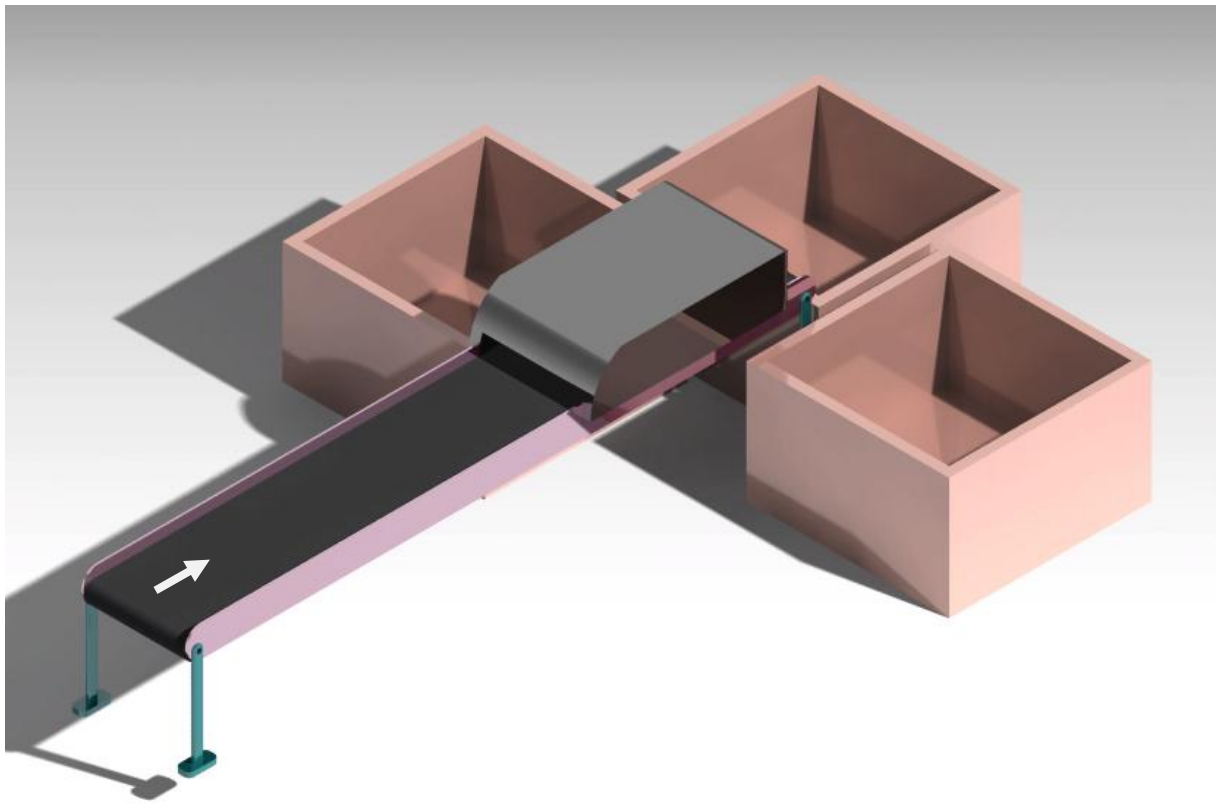
#### *Senzorska jedinica*

Jedinica sa sensorima na ovoj liniji je nešto drugačija u odnosu na onu na liniji za sortiranje plastike. Na ovoj liniji ne mora se nalaziti NIR senzor već je dovoljan samo VIS senzor. NIR senzor nije potreban jer je staklo koje god boje sličnog sastava, za razliku od plastike. Tako je potreban samo VIS senzor koji prepoznaje o kojoj se boji radi, a kod stakla to mogu biti smeđa, zelena i bijela boja.

#### *Jedinica za uklanjanje*

Isto tako na liniji za sortiranje stakla za uklanjanje otpada sa konvejera nije potreban robot (manipulator). Ovdje je dovoljan zračni pištolj, opisan u poglavlju. Taj uređaj koristi struju stlačenog zraka da odbaci otpad u željeni spremnik. Ovaj sustav je kod staklenog otpada

produktivan Kod nekih vrsta otpada može doći do kovitlanja otpada zbog nedovoljne težine. Kod staklenog otpada to nije slučaj.



Slika 39. Linija za sortiranje stakla

U nastavku je potrebno prikazati procijenjenu količina otpada koja se može obraditi na ovom postrojenju, te je u tu svrhu napravljena slijedeća kalkulacija.

Zbrojenim količinama otpada iz Tablice 11. za količine pojedinačnih otpada u miješanom komunalnom otpadu i Tablice 12. za količine izdvojeno sakupljenog otpada godišnje za staklo je dobivena slijedeća količina 15 000 t/godina.

Brzina konvejera koji transportira stakleni otpad procijenjena je na 0,5 m/s.

Širina konvejera je 1 m.

Put koji otpad pređe u jednom satu dan je slijedećim izrazom:

$$s = v \cdot t = 0,5 \cdot 3600 = 1800 \text{ m}$$

pri čemu su:

$s$  – put otpada, m,

$t$  – vrijeme od 1 h, dakle 3600 s,

$v$  – brzina trake.

Dobiveni put otpada zajedno sa širinom trake daje površinu prelaska otpada u satu slijedećim izrazom:

$$P = s \cdot b = 1800 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1800 \text{ m}^2$$

pri čemu su:

$P$  – prijeđena površina otpada,

$b$  – širina trake.

Konvejer u jednom satu prođe površinu od  $1800 \text{ m}^2$ .

Procijenjeno je da na jedan metar kvadratni trake dolazi 1 kg staklenog otpada.

Obzirom da na jedan metar kvadratni trake dolazi 1 kg otpada potrebno je izračunati masu otpada na prijeđenoj površini. Slijedećim izrazom izračunata je masa obrađenog otpada.

$$1 \text{ kg} \cdot \frac{1800 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}}{1 \text{ m}^2} = 1800 \text{ kg/h} = 1,8 \text{ t/h.}$$

Postrojenje godišnje radi 334 dana, 30 dana oduzeto je radi održavanja sustava. Kada se dani preračunaju u sate dobiva se 8000 sati u godini.

Dakle, dobivena masa od 1,8 tona obrađenog otpada u satu pomnožena sa 8000 radnih sati u godini daje masu obrađenog otpada godišnje od 15 000 tona.

Postrojenje za sortiranje staklenog otpada godišnje može obraditi 72 000 t, a procijenjena količina otpadnog stakla u Gradu Zagrebu je 15 000 t/godina. **Zaključuje se da je potrebno jedno postrojenje za obradu staklenog otpada na području Grada.**



#### **9.4.2. Postrojenje za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada u Gradu Zagrebu**

Postrojenje za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada projektirano je kao postojenje za sortiranje sa jednim tokom otpada, opisano u poglavlju 8.1.2.

Tendencija gospodarenja miješanim komunalnim otpadom u Gradu Zagrebu je razdvajanje istog u kućanstvima. Opisani model OptiBAG švedskog poduzeća Kralsortening može biti primijenjen i u Zagrebu. Ideja je da se otpad u kućanstvima razdvaja u vrećice različitih boja ili različitog BAR koda istaknutog na vrećicama. BAR kod bi bio velikog fonta tako da bude vidljiv RFID čitaču u bilo kojoj orijentaciji vrećice.

Miješani komunalni otpad može biti sortiran i na druge načine. Međutim, ovaj otpad, kada su sve frakcije pomiješane nije „zahvalan“ za sortiranje. Takav otpad može biti sortiran, ali je efikasnost sortiranja izmiješanih frakcija otpada vrlo niska, 40 – 70 %.(vidi poglavlje 8.1.2.), Za sortiranje izmiješanih frakcija miješanog komunalnog otpada potrebna je skuplja oprema, a otpad nakon sortiranja može biti kontaminiran nekom drugom vrstom otpada (npr. kora od banane u plastičnoj kutijici).

Za svaki od reciklabilnih vrsta otpada, dakle plastiku, papir i karton, metal i staklo, postojala bi zasebna vrećica. U kućanstvima bi se otpad, ovisno o vrsti sortirao u vrećice. Te vrećice bi vozilo zatim pokupilo iz spremnika miješanog komunalnog otpada koje posjeduje svako kućanstvo. Otpad bi bio transportiran u postrojenje za sortiranje slijedećeg rasporeda.

Sortirno postrojenje za miješani komunalni otpad sadržavalo bi:

- ulazni konvejer;
- vibracijski dodavač;
- senzorsku jedinicu;
- uređaj za razdvajanje istovrsnih vrećica po konvejerima;
- konvejere za transport istovrsnih vrećica do spremnika;
- spremnike za istovrsne vrećice.

Na ulazu otpada u postrojenje otpad bi se stavljao na ulazni konvejer. Ulazni konvejer bi transportirao otpad prema vibracijskom dodavaču.

Vibracijski dodavač bi vibracijama radio razmak između vrećica, potreban pri dolasku vrećica u senzorsku jedinicu.

#### *Senzorska jedinica*

U senzorskoj jedinici VIS senzor ako su vrećice različitih boja ili RFID čitač ako su na vrećicama istaknuti različiti BAR kodovi, bi prepoznavao koji je sastav otpada u vrećicama. Na osnovi analiziranih podataka računalo bi slalo naredbe uređaju koji razdvaja vrećice u ovisnosti o sastavu otpada u njima.

#### *Uređaj za razdvajanje vrećica*

Uređaj koji razdvaja vrećice po konvejerima je linearni aktuator. Taj uređaj koristi linearne pokrete kojima dolazne vrećice raspodjeljuje po odgovarajućim konvejerima. Odlaznih konvejera bilo bi četiri, toliko koliko je i različitih vrećica. Vrećice bi odlaznim konvejerima bile transportirane do odgovarajućih spremnika iste vrste otpada.

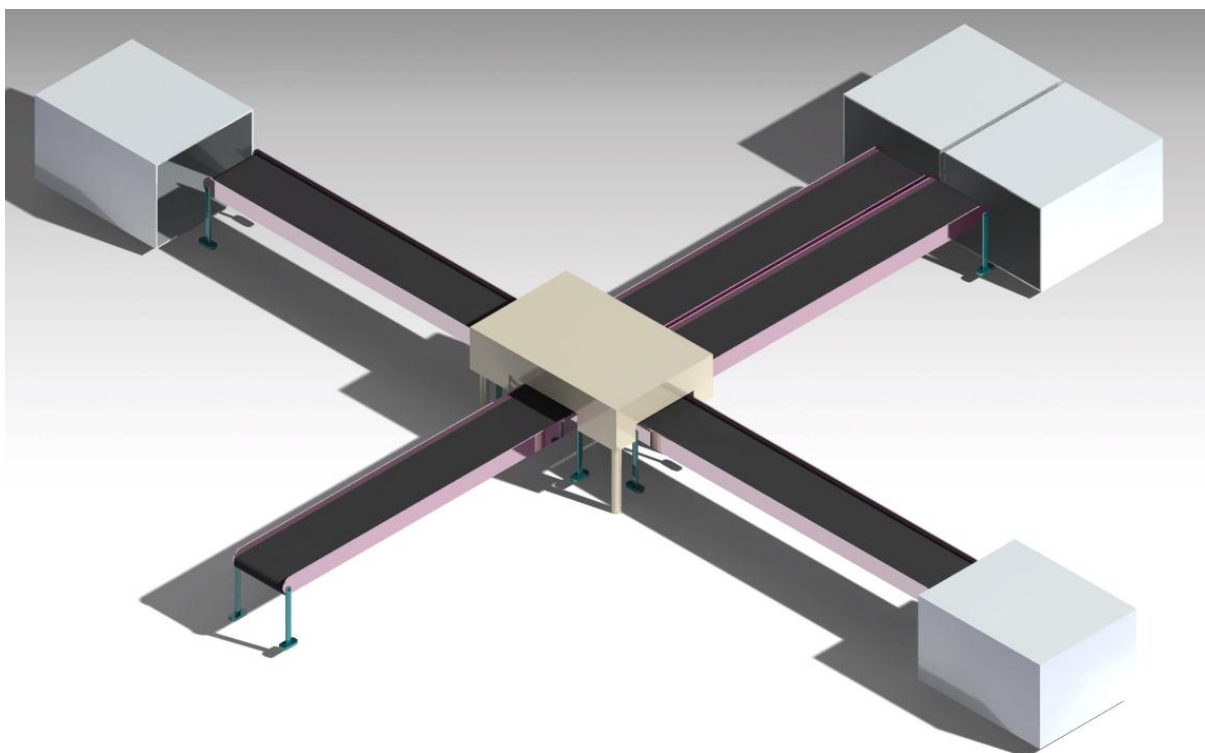
#### *Spremnici za istovrsne vrećice*

Nakon smještaja vrećica u spremnike u spremnicima se može vršiti vizualna kontrola. Vizualnom kontrolom se mogu ukloniti neodgovarajuće vrećice, odnosno one koje sadrže otpad drugačiji od onog u ostalim vrećicama u spremniku. Te zalutale vrećice su pogreškom uređaja ili senzora završile u krivom spremniku.

Iz tih spremnika razdvojene vrećice bi se transportirale u prethodno opisana postrojenja za sortiranje različitih vrsta otpada. U tim postrojenjima odnosno linijama, otpad se sortira ovisno o vrsti materijala u otpadu, primjerice PVC ili PET iz plastičnog otpada. Tako bi bilo koja frakcija otpada koja je u kućanstvima pogrešno sortirana u ovim postrojenjima bila uklonjena.

Ovaj način sortiranja miješanog komunalnog otpada je jednostavan, brz, i higijenski. Još jedna prednost ovog načina sortiranja je to da nije potreban dodatni prostor za sortiranje otpada u kućanstvima.

Stanovništvo se o ovom načinu sortiranja miješanog komunalnog otpada može educirati provjerenim modelima edukacije.



Slika 40. Postrojenje za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada u Gradu Zagrebu

U nastavku je potrebno prikazati procijenjenu količina otpada koja se može obraditi na ovom postrojenju, te je u tu svrhu napravljena slijedeća kalkulacija.

Zbrojenim količinama otpada iz tablice 11. za količine pojedinačnih otpada u miješanom komunalnom otpadu i tablice 12. za količine izdvojeno sakupljenog otpada godišnje za miješani komunalni otpad (plastika, staklo, papir i karton, metal, biootpad) je dobivena slijedeća količina 218 000 t/godina.

Brzina konvejera koji transportira miješani komunalni otpad u vrećicama procijenjena je na 1 m/s.

Širina konvejera je 1 m.

Put koji otpad pređe u jednom satu dan je slijedećim izrazom:

$$s = v \cdot t = 1 \cdot 3600 = 3600 \text{ m}$$

pri čemu su:

$s$  – put trake, m,

$t$  – vrijeme od 1 h, dakle 3600 s,

$v$  – brzina trake.

Dobiveni put otpada zajedno sa širinom trake daje površinu prelaska otpada u satu slijedećim izrazom:

$$P = s \cdot b = 3600 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2$$

pri čemu su:

$P$  – prijeđena površina otpada,

$b$  – širina trake.

Konvejer u jednom satu prođe površinu od 1800 m<sup>2</sup>.

Procijenjeno je da na jedan metar kvadratni trake dolazi 16 kg miješanog komunalnog otpada u 16 vrećica.

Obzirom da na jedan metar kvadratni trake dolazi 16 kg otpada potrebno je izračunati masu otpada na prijeđenoj površini. Slijedećim izrazom izračunata je masa obrađenog otpada.

$$16 \text{ kg} \cdot \frac{3600 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}}{1 \text{ m}^2} = 57\,600 \text{ kg/h} = 57,6 \text{ t/h.}$$

Postrojenje godišnje radi 334 dana. Zbog održavanja oduzet je jedan mjesec. Kada se dobiveni dani preračunaju u sate dobiva se – 8000 h/godina.

Dakle, dobivena masa od 57,6 tona obrađenog otpada u satu pomnožena sa 8000 radnih sati u godini daje masu obrađenog otpada godišnje od 460 000 tona.

Postrojenje za sortiranje miješanog komunalnog otpada godišnje može obraditi 460 000 t, a procijenjena količina otpadnog stakla u Gradu Zagrebu je 218 000 t/godina. **Zaključuje se da je potrebno jedno postrojenje za obradu miješanog komunalnog otpada na području Grada**

### 9.4.3. Specifikacija sustava automatskog sortiranja otpada u Gradu Zagrebu

Rezultati projektiranja koncepta postrojenja za automatsko sortiranje otpada na području Grada Zagreba, što uključuje: dimenzije, cijenu, broj postrojenja i lokacije, prikazani su u tablici 13.

Tablica 13. Specifikacija sustava automatskog sortiranja otpada u Gradu Zagrebu

Postrojenje		Dimenzije, m <sup>2</sup>	Cijena, kn	Broj postrojenja	Lokacija
Predobrada otpada	1 <sup>5</sup>	1000	50 000	3	U postrojenjima za sortiranje papira i kartona te metala
	2 <sup>6</sup>	1500	80 000	7	U postrojenjima za sortiranje plastike, stakla te miješanog komunalnog otpada
Sortiranje plastike		3000	3 150 000	5	Sesvete, Dubrava, Trešnjevka, Špansko, Resnik
Sortiranje papira i kartona		2500	1 000 000	2	Žitnjak, Sesvete
Sortiranje metala		2500	1 000 000	1	Jankomir
Sortiranje stakla		3000	1 000 000	1	Sesvetski Kraljevec
Sortiranje miješanog komunalnog otpada		10 000	2 000 000	1	Jakuševac
<b>UKUPNO</b>		21 000	25 000 000	10	

Postrojenja za predobradu otpada svojim dimenzijama i cijenom ulaze u ostala razmatrana postrojenja. Dakle njih je deset kao i drugih postrojenja jer su sastavni dio svakog.

Dimenzije postrojenja određene su u skladu sa dimenzijama karakterističnim pojedinim tokovima otpada u postrojenju (vidjeti poglavlje 8.1.2.).

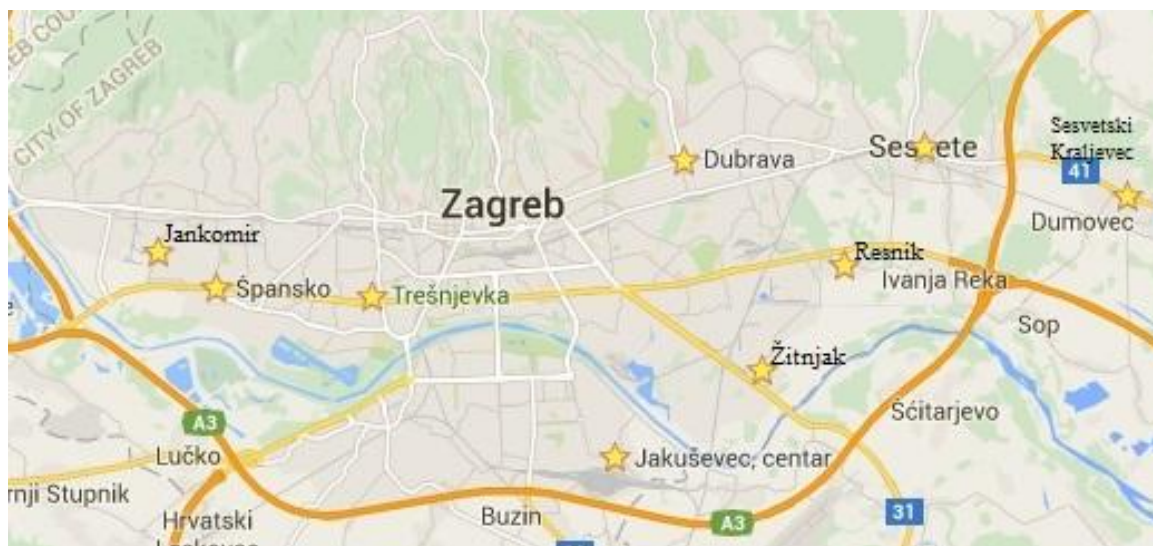
Cijene postrojenja su procijenjene na temelju cijena uređaja koji se u postrojenjima nalaze.

Lokacije postrojenja određene su u skladu sa već postojećim lokacijama za gospodarenje otpadom u Gradu Zagrebu. Postrojenja za sortiranje plastike predviđena su kao produžetak reciklažnih dvorišta. Postrojenja za sortiranje papira i kartona predviđena su na već

<sup>5</sup> Postrojenje za predobradu otpada s vibracijskim dodavačem

<sup>6</sup> Postrojenje za predobradu otpada bez vibracijskog dodavača

postojećim lokacijama Žitnjak i Sesvete, isto tako za metal na Jankomiru te za staklo u Sesvetskom Kraljevcu.



Slika 41. Predložene lokacije postrojenja za automatsko sortiranje u Zagrebu

U nastavku je prikazana tablica specifikacije ZCGO-a. Ona daje uvid u planiranu tehničku dokumentaciju te objekte koji će biti izgrađeni unutar postrojenja.

Tablica 14. Specifikacija ZCGO-a [41]

TEHNIČKA DOKUMENTACIJA	Cijena, kn
Provedbeni elaborat za smanjivanje i izbjegavanje nastanka otpada	500 000
Elaborat – sortiranje otpada u zimskom i ljetnom razdoblju	600 000
Uspostava sustava informatičkog praćenja odvojenog sakupljanja otpada	2 000 000
Izrada studije izvodivosti za ZCGO	15 000 000
<b>UKUPNO</b>	<b>18 100 000</b>
OBJEKTI	
Reciklažna dvorišta	20 000 000
Opremanje i korištenje prostora za mehaničku obradu otpada na Prudinec	30 000 000
Sortirnica odvojeno sakupljenih komponenti otpada	55 000 000
Otpremna skladišta u sklopu ZCGO-a	25 000 000
Predobrada i termička obrada ostatnog komunalnog otpada, neopasnog proizvodnog otpada i mulja	2 700 000 000
Objekt za privremeno skladištenje problematičnog otpada iz kućanstva	7 000 000
Monitoring <sup>7</sup> na lokacijama Resnik – Prudinec	6 300 000
Edukacija i komuniciranje s javnošću vezana uz gospodarenje otpadom	16 000 000
Ulaganje u odlagalište Prudinec – zatvaranje	20 000 000
Sanacija „divljih odlagališta“	70 000 000
<b>UKUPNO</b>	<b>2 949 300 000</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>2 967 400 000</b>

<sup>7</sup> tj. nadzor

Usporedbom tablica 13. i 14. vidljive su znatne razlike u cijenama. Dok je u ovome radu predloženom konceptu cijena svih postrojenja za sortiranje uključujući i ono za miješani komunalni otpad 25 000 000 kuna, u Planu za gospodarenje otpadom u gradu Zagrebu cijena sortirnice samo za izdvojeno sakupljeni otpad je 55 000 000 kuna.

U tablici 14. može se vidjeti da cijena postrojenja za toplinsku obradu otpada značajno odstupa od ostalih. Osim što su vrlo skupa, postrojenja za toplinsku obradu u ostalim razvijenim zemljama se postupno zatvaraju (u ovom radu navedeni su nedostaci takvih postrojenja). Ako se postrojenje za toplinsku obradu u Gradu Zagrebu i realizira, pitanje je koliko će dugo ostati otvoreno. Naime, moguće je da će Grad Zagreb krenuti za ostalim razvijenim gradovima i odustati od navedenog postrojenja, kada ono već bude izgrađeno (što bi imalo teške financijske posljedice).

Model sustava za automatsko sortiranje otpada u Gradu Zagrebu koncipiran u ovom radu, predstavlja novo rješenje u održivom gospodarenju otpadom Grada. Trebalo bi razmotriti ovaj prijedlog rješenja zato što je osjetno jeftinije od bilo kojeg predlaganog Planom gospodarenja otpadom Grada Zagreba. Ponuđeno rješenje pružit će mogućnosti zaposlenja, kako stručnjaka tako i svakog radnika u postrojenju, na svim razinama. Automatsko sortiranje otpada ovim načinom može riješiti dosadašnje stanje u gospodarenju otpadom. Ono omogućuje zaradu, ne samo izdvojenim sakupljanjem otpada već i izdvojenim korisnim materijalima iz miješanog komunalnog otpada.

## 10. ZAKLJUČAK

Održivo gospodarenje otpadom važan je društveni alat. Otpad se mora smanjivati počevši od prijevoza sve do prodaje, potrošnje, korištenja i odlaganja, a pritom se ne smije stvarati smeće. Iz otpada se moraju izdvajati korisni sastojci za reciklažu i proizvodnju. Mjere praćenja, informiranje, upravljanje, propisi, edukacija, komunikacija s javnosti, važni su alati uspješnog gospodarenja otpadom. Svijest o problemu otpada mora biti opća. Nužno je da svi, od državnih struktura, proizvođača, do krajnjeg potrošača, shvate bit problema i da se pronađe zajednički put za ostvarivanje cjelovitog sustava održivog gospodarenja otpadom.

Na odlagalištima otpada i u okolini stvara se veće zagađenje, od onog vidljivog. Procjedne vode se svakog trena slijevaju u zemlju i čine štetu postojećem bio sustavu. Štetni plinovi odlaze u atmosferu te se u konačnici trujemo svojim vlastitim otpadom. Odlagališta treba sanirati i zatvarati. U zakonskoj regulativi RH, planu i strategiji gospodarenja otpadom, EU regulativama i zakonima, određen je vremenski rok do kojega broj odlagališta i količina otpada na njima mora biti pod kontrolom .

Toplinska obrada otpada jedno je od predlaganih rješenja. Velika količina otpada mora biti obrađena da bi se korisna energija mogla upotrijebiti. Tako su brojne zemlje pribjegavale uvozom dodatnih količina otpada i spaljivanju čak i odvojeno prikupljenog otpada. Međutim prilikom spaljivanja otpada u atmosferu se ispuštaju dioksini, izrazito otrovna tvar. Tako se sve više razvijenih zemalja okreće politici zatvaranja postrojenja za toplinsku obradu otpada.

Neodgovarajuće gospodarenje otpadom predstavlja problem prilikom zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj. Otpad raste, a infrastruktura koja bi ga trebala zbrinjavati, nedostatna je. Gospodarenje otpadom ne funkcionira koliko bi trebalo zato što se propisi ne provode u



cijelosti, a to se negativno odražava na sastavnice okoliša kao što su voda, zrak, more i tlo te na klimu, ljudsko zdravlje i drugi živi svijet. Osobito su ugrožene podzemne vode koje su glavni izvor zaliha pitke vode i temeljni nacionalni resurs.

Kako dosadašnji načini gospodarenja otpadom nisu dali očekivane rezultate potrebno je pregledati drugačija rješenja. Reciklabilne frakcije otpada mogu se prodati na tržištu. Tako otpad od problema društva, postaje njegov resurs. Da bi se reciklabilne frakcije izdvojile iz otpada, potrebno je sortirati. Upravo je to obrađeno u ovom radu, a poseban naglasak stavljen je na automatsko sortiranje.

Automatizacija procesa neizostavna je u modernom životu ljudi. Takvi procesi udaljuju čovjeka od monotonog i opasnog rada te mu omogućuju kvalitetniji život. Ručni postupak sortiranja sadrži brojne opasnosti, ozljede na radnom mjestu i oboljenja. Zbog toga je automatizacija procesa sortiranja nužna. Tehnologija za takav postupak postoji te ju je potrebno primijeniti. U ovom radu dan je pregled takve tehnologije, tehnologije čiji je rezultat efikasnost procesa sortiranja i do 95 %.

Model automatskog sortiranja otpada koncipiran je za Grad Zagreb. Otpad Grada Zagreba zauzima čak 20 % ukupnog otpada Republike Hrvatske. Zato je Zagreb izabran za predmet ovog rada. Ponuđen je koncept koji se sastoji od nekoliko razdvojenih postrojenja za sortiranje otpada. Obzirom na količine otpada u Gradu Zagrebu i procjenu brzine sortiranja pojedinih reciklabilnih frakcija dobiveni su slijedeći rezultati:

- jedno postrojenje za sortiranje miješanog komunalnog otpada, prethodno sortiranog kod kuće,
- pet postrojenja za sortiranje otpadne plastike,
- dva postrojenja za sortiranje otpadnog papira i kartona, i
- po jedno postrojenje za sortiranje otpadnog metala te otpadnog stakla.

Osim broja, za svako navedeno postrojenje procijenjene su dimenzije, cijena te lokacija.

Dimenzije u radu predloženih postrojenja su male u usporedbi s dimenzijama trenutačno u Gradu postojećih postrojenja za sortiranje otpada. Prednost manjih dimenzija sortiranih postrojenja je olakšani smještaj na različite lokacije. Procijenjene dimenzije projektiranih

postrojenja su od 2500 m<sup>2</sup> do 10 000 m<sup>2</sup> postrojenja za automatsko sortiranje miješanog komunalnog otpada.

Cijena izgradnje projektiranih postrojenja bila bi znatno niža od one predviđene za izgradnju određenih objekata ZCGO-a. Cijena svih postrojenja za sortiranje u ovom radu, što uključuje sortirnice za odvojeno prikupljeni i miješani komunalni otpad procijenjena je na 25 000 000 kuna. Dok cijena samo postrojenja za sortiranje odvojeno prikupljenih komponenti otpada u ZCGO-u, bez naznake na korištenu tehnologiju (automatsku ili ručnu) iznosi 55 000 000 kuna. Sortiranje je samo sporedni dio plana ZCGO-a jer je takva tehnologija sporedna u tom postrojenju (primarna je toplinska obrada).

Budući rad kojim je moguće poboljšati predloženi koncept je povećanje kapaciteta ili izgradnja većeg broja postrojenja, kako bi se mogao obrađivati otpad iz šire okolice Grada. Isto tako može se napraviti kalkulacija koliko bi bilo uspješno izgraditi samo jedan predloženi koncept, primjerice na području Resnika, gdje se i planira izgradnja Zagrebačkog centra za gospodarenje otpadom. Moguće je proširiti koncept na razvoj spremnika za otpad na ulici ili u kućanstvima koji bi bio prilagođen predloženom modelu. Budući rad može težiti i prema razvoju tehnologije automatskog sortiranja otpada. Primjerice trebalo bi provoditi daljnja istraživanja i stvarati nove proizvode i tehnologiju za automatsko sortiranje. Isto tako moguće je u sustav implementirati nove nadolazeće tehnologije, poput mobilnih robota. Oni bi mogli pružiti potpunu automatizaciju procesa sortiranja. Osim što bi kontrolirali proces oni bi mogli uklanjati materijale koji bi procesu mogli nanijeti štetu (primjerice veliki predmeti, otrovni otpad). Daljnji rad mogao bi ići u smjeru rasklopljivosti glomaznog otpada pomoću mobilnih robota.

Održivo gospodarenje otpadom na visokoj tehnološkoj razini izravno pridonosi kvaliteti života u nekoj zemlji ali i gospodarstvenom razvoju.

## 11. LITERATURA

- [1] Regionalni centar zaštite okoliša: EU i zaštita okoliša – gospodarenje otpadom na lokalnoj razini, Znanje d.d., Zagreb, 2009.
- [2] Sofilić, T., Brnardić, I.: Gospodarenje otpadom, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2013.
- [3] Ivković, E.: Zbrinjavanje otpada, 2012.  
[http://www.ssmareljkovicab.skole.hr/upload/ssmareljkovicab/newsattach/200/GOSPODARENJE-OTPADOM\\_SKRIPTA.pdf](http://www.ssmareljkovicab.skole.hr/upload/ssmareljkovicab/newsattach/200/GOSPODARENJE-OTPADOM_SKRIPTA.pdf), Pristupljeno: 2014.12.15
- [4] Prelec, Z.: Inženjerstvo zaštite okoliša, Rijeka, 2012.  
[http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_teh\\_term\\_energ/katedra4/Inzenjerstvo\\_zastite\\_okolisa/9.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_zastite_okolisa/9.pdf), Pristupljeno: 2014.12.22.
- [5] Kemeter, D.: Održivo gospodarenje otpadom, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, 2015.
- [6] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (MZOIP): Operativni program – Okoliš 2007 – 2013., 2007.  
[http://www.strukturnifondovi.hr/UserDocsImages/Documents/Strukturni%20fondovi%202007.%20-%202013/OP%20Okoli%C5%A1/operativniprogramokoli\\_2007-2013-hrvatskijezik-1383574708.pdf](http://www.strukturnifondovi.hr/UserDocsImages/Documents/Strukturni%20fondovi%202007.%20-%202013/OP%20Okoli%C5%A1/operativniprogramokoli_2007-2013-hrvatskijezik-1383574708.pdf), Pristupljeno: 2015.03.21
- [7] Agencija za zaštitu okoliša (AZO): Izvješće o komunalnom otpadu za 2013. godinu, 2014.  
<http://www.azo.hr/Izvjesca31>, Pristupljeno: 2015.03.21
- [8] Ceppa, C., Marino, G.P.: Food – pack waste systemic management – Alternative ways to reuse materials and to develop new business, products and local markets, The 7<sup>th</sup> International Conference on Waste Management and Technology, 2012.
- [9] Šimunović, Ž.: Nula otpada – Priručnik za gospodarenje otpadom, Zelena akcija, Zagreb, 2007. [http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena\\_akcija/document\\_translations/607/doc\\_files/original/ZA\\_prirucnik\\_nulaotpada\\_web.pdf?1271514511](http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena_akcija/document_translations/607/doc_files/original/ZA_prirucnik_nulaotpada_web.pdf?1271514511), Pristupljeno: 2014.12.21

- [10] <http://www.iflscience.com/environment/packaging-free-supermarket-coming-germany>,  
Pristupljeno: 2015.03.21
- [11] <http://www.iflscience.com/technology/biodegradable-plastic-option-shrimp-shells>,  
Pristupljeno: 2015.03.21
- [12] <http://www.iflscience.com/environment/biodegradable-plastics-waste-methane>,  
Pristupljeno: 2015.03.21
- [13] <http://www.iflscience.com/environment/meet-next-generation-waste-free-food-packaging>,  
Pristupljeno: 2015.03.21
- [14] Kranjčev List, Ana: Mogućnosti primjene otpadnog mulja kao ostatka tehnološkog procesa recikliranja papira, 2010.  
<http://www.podravka.hr/repository/files/8/c/8c50cf23ea1efa03c01e74426b0d6def.pdf>,  
Pristupljeno: 2015.01.14
- [15] Pintarić A., Filetin T.: Analiza recikličnosti proizvoda, III simpozij gospodarenje otpadom – Zagreb '94., 1994.
- [16] Lakušić, S., Haladin, I., Baričević, A.: Primjena reciklirane gume u proizvodnji apsorbirajućih betonskih barijera za zaštitu od buke, 2011.
- [17] Eko revija: Glasilo Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Godište II – broj 7, 2006.
- [18] Mreža zelenih telefona: Istraživanje i usporedba EU i hrvatskih standarda u gospodarenju otpadom, Zagreb, 2007.
- [19] Hrvatski sabor: Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, 2005.  
<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289920.html>, Pristupljeno: 2015.04.10
- [20] Vlada Republike Hrvatske: Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015., 2007. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/299087.html>,  
Pristupljeno: 2015.05.07
- [21] Državni ured za reviziju: Izvješće o obavljenoj reviziji učinkovitosti provedbe plana gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj, 2014. <http://www.revizija.hr/izvjesca/2014/rr-2014/revizije-ucinkovitosti/gospodarenje-otpadom/provedba-plana-gospodarenja-otpadom-u-republici-hrvatskoj.pdf>, Pristupljeno: 2015.04.10
- [22] Dobrović, S., Schneider, D., R.: Energija iz otpada, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010.
- [23] Health Protection Scotland: Incineration of Waste and Reported Human Health Effects, Scottish Environmental Protection Agency Incineration of Waste and Reported Human Health Effects, Glasgow, 2009.

[24] <http://www.iflscience.com/environment/less-1-swedens-trash-ends-landfills>,

Pristupljeno: 2015.04.29

[25] Taylor, R., Allen, A.: Waste disposal and landfill

[26] Joice, J., Abin, J., Della, S., etc.: Automatic plastic separating technology for solid waste disposal, International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development, 2013.

[27] Waste sorting and recycling;

[28] APO d.o.o.: Tehničko – tehnološko rješenje za novi zahvat: „Centar za gospodarenje otpadom Zadarske županije“, Zagreb, 2010.

[29] Sredojević, J.: Razdvojeno sakupljanje komponenti otpada uslov za efikasnu reciklažu i zaštitu okoliša, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Fojnica (BiH), 2005.

[30] Health and Safety Executive (HSE): Hand sorting of recyclables

[31] Killman, D., Pretz, T.: Possibilities of sensor based sorting regarding recycling of waste, Institut und Lehrstuhl für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe, Aachen, 2006.

[32] Rogoff, M., J.: Solid waste Recycling and processing, Elsevier, 2014.

[33] Ragossnig, A.: Destination process specific – Optimization of Waste Processing Using Innovative Treatment Technology, University of Applied Sciences

[34] Cik, L., S.: Self – sorting recycle bin, University Teknikal Malaysia Melaka, Faculty of Electronic and Computer Engineering, 2008.

[35] Jerbić, B.: Vizijski sustavi, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.

[36] Pushpa, M., K., Gupta, A., Shaikh, S., M., etc.: Microcontroller Based Automatic Waste Segregator, Department of Electronics and Instrumentation Engineering, MSRIT, Bengaluru (Indija), 2015.

[37] Dudhal, S., M., Jonwal, B., S., Chaudari, H., P.: Waste segregation using programmable logic controller, Department of Instrumentation and Control Engineering, AISSMS Institute of Information Technology, Pune (Indija)

[38] Ligus, G.: Municipal waste management model with the use of optical sorting elements, Opole University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, 2012.

[39] Kallsortering: Smart Waste Sorting – OptiBag, SFL group, Švedska

[40] ZenRobotics: ZenRobotics recycler – Fully automated recycle solution, Švedska

[41] IPZ, OIKON, IGH: Plan gospodarenja otpadom u Gradu Zagrebu za razdoblje do 2015. godine, Zagreb, 2014.