

# Komparativna analiza različitih sustava gospodarenja komunalnim otpadom primjenom tehno-ekonomskih i LCA alata

---

Zajec, Darko

Undergraduate thesis / Završni 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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:166840>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-24**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Darko Zajec**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Slaven Dobrović

Student:

Darko Zajec

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem Vam, poštovani Profesore, što ste mi u svakom trenutku bili voljni pomoći; počevši od najranije faze planiranja i razrade ovog rada pa sve do danas, kada Vam ga s radošću predajem.

Zahvaljujem se i cijenjenom kolegi, znanstvenom novaku, Goranu Smoljaniću, mag. ing. mech., na velikoj i nesebičnoj pomoći prilikom izrade LCA analize varijanti, te obradi i odabiru grafičkih prikaza rezultata.

Hvala!

Darko Zajec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Darko Zajec** Mat. br.: 0035105642

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Komparativna analiza različitih sustava gospodarenja komunalnim otpadom primjenom tehnno-ekonomskih i LCA alata**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Comparative analysis of different municipal waste management systems using techno-economic and LCA tools**

Opis zadatka:

Unatoč činjenici da obvezujući hijerarhijski slijed postupanja s otpadom nalaže ponovno korištenje i recikliranje kao primarne mjere, često se kao prevladavajuća alternativa planira mehaničko-biološka obrada ili spaljivanje miješanog komunalnog otpada. Na važnost pravilnog izbora sustava postupanja otpadom kojeg jedinice lokalne samouprave moraju donijeti, ukazat će se primjenom LCA metodologije ili procjene životnog ciklusa (engl. *Life Cycle Assessment*) i tehnno-ekonomskom analizom na način da će se analizirati dvije varijante s dominantnim udjelom oprečnih postupanja na primjeru grada Zagreba. Prva varijanta s konceptom sustavne uspostave kružnog gospodarstva (engl. *circular economy*) građenom na dosljednom odvojenom prikupljanju, ponovnoj upotrebi i recikliranju te druga varijanta prema aktualnom radnom planu gospodarenja otpadom grada Zagreba koji se temelji na termičkoj obradi otpada.

U okviru završnog rada potrebno je načiniti slijedeće:


- Analiza podataka o količinama i vrstama otpada
- Tehničko definiranje varijanti – tehnički opis, bilance tvari i energije, brojačano i shematski
- Ekonomsko definiranje varijanti – koristiti postojeće procjene i literaturu, izraditi samostalni izračun za investicijske i pogonske troškove/prihode
- LCA analiza varijanti, komparativni prikaz rezultata
- Tehno-ekonomska analiza varijanti, komparativni prikaz rezultata

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

5. svibnja 2015.

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr. sc. Slaven Dobrović


Rok predaje rada:

1. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:

2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Bačen

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	V
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS SKRAĆENICA .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
UVOD .....	1
1. ANALIZA PODATAKA O KOLIČINAMA I VRSTAMA OTPADA.....	2
1.1. Komunalni otpad u gradu Zagrebu.....	2
1.1.1. Miješani komunalni otpad.....	3
1.1.2. Glomazni otpad .....	3
1.1.3. Otpad s tržnica.....	3
1.1.4. Ostaci od čišćenja ulica.....	3
1.1.5. Miješani otpad s divljih odlagališta (komunalni otpad koji nije specificiran na drugačiji način) .....	4
1.1.6. Odloženi komunalni otpad .....	4
1.1.7. Izdvojeno sakupljeni komunalni otpad.....	6
2. TEHNIČKO DEFINIRANJE VARIJANTI .....	8
2.1. Skice varijanti.....	8
2.2. Tehnička definicija varijante Zagreb sada .....	9
2.3. Tehnička definicija varijante Zagreb PTO .....	9
2.4. Tehnička definicija varijante Zagreb ZW (engl. zero waste).....	10
2.4.1. Podsustav smanjivanje količina otpada: Kućno kompostiranje .....	12
2.4.2. Podsustav odvojenog prikupljanja .....	12
2.4.3. Podsustav odvoza odvojenog otpada.....	13
2.4.4. Podsustav za prihvat u reciklažnim centrima .....	13
2.4.5. Podsustav za gospodarenje otpadnim materijalima, zbrinjavanje i odlaganje opasnog i ostalog otpada.....	13
3. EKONOMSKO DEFINIRANJE VARIJANTI .....	14
3.1. Ekonomska definicija varijante Zagreb sada .....	14
3.2. Ekonomska definicija varijante Zagreb PTO.....	14
3.2.1. Kupnja građevinskog zemljišta .....	14
3.2.2. Troškovi izgradnje PTOO .....	15
3.2.3. Pogonski troškovi.....	15

3.2.4.	Troškovi deponiranja visokotoksičnog pepela .....	15
3.2.5.	Analiza dobiti iz kogeneracijskog postrojenja PTOO .....	16
3.3.	Ekonomska definicija varijante Zagreb ZW .....	16
3.3.1	Definicija podsustava za kućno kompostiranje .....	16
3.3.2.	Definicija podsustava za odvojeno prikupljanje .....	16
3.3.3.	Definicija podsustava odvoza odvojenog otpada.....	17
3.3.4.	Definicija podsustava za prihvata u reciklažnim centrima .....	17
3.3.6.	Potencijalni troškovi posuda za biootpad .....	22
3.3.7.	Rekapitulacija glavnih prihoda i troškova .....	23
4.	LCA ANALIZA VARIJANTI I KOMPARATIVNI PRIKAZ REZULTATA .....	24
4.1.	Uvod .....	24
4.2.	LCA analiza gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu.....	24
4.2.1.	Definiranje cilja i opsega LCA analize .....	24
4.2.2.	Granice sustava .....	24
4.2.3.	Kvaliteta podataka.....	24
4.2.4.	Metoda .....	25
4.2.5.	Scenariji obuhvaćeni LCA analizom .....	26
4.3	Rezultati.....	26
4.3.1.	Generiranje mreže procesa .....	27
4.3.2	Karakterizacija podataka (engl. Characterization) .....	29
4.3.3.	Procjena oštećenja (engl. DamageAssessment).....	30
4.3.4.	Normalizacija (engl. Normalization) .....	30
4.3.5.	Jedinstveni rezultati (engl. Singlescores).....	32
4.3.6.	Usporedba po odabranim kategorijama .....	33
4.3.7.	Zaključak.....	37
5.	TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA VARIJANTI, KOMPARATIVNI PRIKAZ REZULTATA.....	38
5.1.	Troškovi deponiranja.....	38
5.3.	Pogonski troškovi .....	38
5.4.	Novootvorena radna mjesta .....	40
5.5.	Potencijalni prihodi .....	40
	ZAKLJUČAK .....	42
	LITERATURA.....	43

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Grafički prikaz količina MKO odloženog na odlagalište Prudinec.....	5
Slika 2.	Skica Komunalnog sustava grada Zagreba, trenutno stanje (Varijanta Zagreb sada).....	8
Slika 3.	Skica varijante s termičkom obradom komunalnog otpada umjesto odlaganja (Varijanta Zagreb pto).....	8
Slika 4.	Skica koncepta zasnovanog na modelu cirkularne ekonomije (Varijanta Zagreb ZW).....	9
Slika 5.	Model linearne ekonomije.....	10
Slika 6.	Model cirkularne ekonomije.....	10
Slika 7.	Shema ekološki zasnovanog sustava gospodarenja otpadom.....	11
Slika 8.	Sastav miješanog komunalnog otpada grada Zagreba.....	20
Slika 9.	Mreža procesa za varijantu Zagreb sada.....	27
Slika 10.	Mreža procesa za varijantu Zagreb PTO.....	28
Slika 11.	Mreža procesa za varijantu Zagreb ZW.....	29
Slika 12.	Karakterizacija podataka.....	30
Slika 13.	Procjena oštećenja.....	30
Slika 14.	Normalizacija.....	31
Slika 15.	Normalizacija prema kategoriji utjecaja.....	31
Slika 16.	Jedinstveni rezultati.....	32
Slika 17.	Jedinstveni rezultati prema kategoriji utjecaja.....	32
Slika 18.	Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb sada.....	33
Slika 19.	Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb PTO.....	33
Slika 20.	Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb ZW.....	34
Slika 21.	Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb sada.....	34
Slika 22.	Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb PTO.....	35
Slika 23.	Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb ZW.....	35
Slika 24.	Kancerogene tvari, varijanta Zagreb sada.....	36
Slika 25.	Kancerogene tvari, varijanta Zagreb PTO.....	37
Slika 26.	Kancerogene tvari, varijanta Zagreb ZW.....	37
Slika 27.	Grafički prikaz godišnjih troškova deponiranja.....	38
Slika 28.	Grafički prikaz pogonskih troškova-reciklažne linije.....	39
Slika 29.	Grafički prikaz pogonskih troškova-kompostište.....	39
Slika 30.	Grafički prikaz broja novootvorenih radnih mjesta.....	40
Slika 31.	Grafički prikaz strukture troškova i prihoda razmatranih varijanti.....	41
Slika 32.	Grafički prikaz sume troškova i prihoda razmatranih varijanti i.....	41



**POPIS TABLICA**

Tablica 1.	Neopasni i opasni komunalni otpad razrađen po načinu sakupljanja za 2012. godinu.....	2
Tablica 2.	Količina odloženog komunalnog otpada Grada Zagreba po vrstama i kategorizaciji otpada u 2012. godini prijavljenog od sakupljača.....	4
Tablica 3.	Komunalni otpad odložen na odlagalištu Prudinec – usporedba odloženih količina otpada od 2007. do 2012. godine za Grad Zagreb.....	5
Tablica 4.	Sastav miješanog komunalnog otpada Grada Zagreba.....	5
Tablica 5.	Odvojeno sakupljeni otpad na području Grada Zagreba u 2012. godini putem spremnika smještenih na javnim površinama i sakupljanjem svežnjeva kartona.....	6
Tablica 6.	Količine i vrste otpada koje su sakupljene u reciklažnim dvorištima, u Gradu Zagrebu, tijekom 2012. godine.....	7
Tablica 7.	Obrada biorazgradivog otpada s područja Grada Zagreba, ključni broj 20020.....	7
Tablica 8.	Uplate za Čistoća d.o.o. u 2012. godini.....	14
Tablica 9.	Troškovi za Čistoća d.o.o u 2012. godini.....	14
Tablica 10.	Troškovi kompleksa TOO.....	15
Tablica 11.	Okvirni godišnji prihodi kogeneracijskog postrojenja PTO.....	16
Tablica 12.	Reciklažni centri Zagreb- procjena investicijskih troškova.....	18
Tablica 13.	Broj novozaposlenih djelatnika u glavnim reciklažnim centrima.....	18
Tablica 14.	Godišnji trošak na novozaposlene djelatnike.....	19
Tablica 15.	Potrebne mjesečne količine vrećica u kućanstvu.....	19
Tablica 16.	Ukupni trošak vrećica.....	19
Tablica 17.	Potencijalni prihod od biootpada.....	20
Tablica 18.	Potencijalni prihod od papira/kartona.....	20
Tablica 19.	Potencijalni prihod od polimera, plastike.....	21
Tablica 20.	Potencijalni prihod od stakla.....	22
Tablica 21.	Potencijalni prihod od metala.....	22
Tablica 22.	Ukupni potencijalni prihodi od reciklabilnih tvari iz MKO.....	22
Tablica 23.	Trošak za posude za biootpad-zajedničko stanovanje.....	22
Tablica 24.	Trošak za posude-individualno stanovanje.....	22
Tablica 25.	Pregled novih godišnjih prihoda i troškova.....	23
Tablica 26.	Godišnji pogonski troškovi reciklažne linije za jedan reciklažni centar.....	38
Tablica 27.	Godišnji pogonski troškovi kompostišta za jedan reciklažni centar.....	39
Tablica 28.	Ukupni pogonski troškovi reciklažnih centara/godišnje.....	40

## POPIS SKRAĆENICA

MKO	Miješani komunalni otpad
PTOO	Postrojenje za termičku obradu otpada
ŽCGO	Županijski centar za gospodarenje otpadom
CUPOVGZ	Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb
LCA	Engl. Life Cycle Assessment
SNCR	Engl. Selective non-catalytic reduction

## SAŽETAK

Unatoč činjenici da obvezujući hijerarhijski slijed postupanja s otpadom nalaže ponovno korištenje i recikliranje, kao primarne mjere, često se kao prevladavajuća alternativa planira mehaničko-biološka obrada ili spaljivanje miješanog komunalnog otpada.

Svrha ovog rada je primjenom LCA metodologije ili procjene životnog ciklusa proizvoda (engl. *Life Cycle Assessment*), te tehno-ekonomskom analizom ukazati na važnost pravilnog izbora sustava postupanja s otpadom. Ova problematika razrađena je kroz pet poglavlja.

U prvom poglavlju analizirani su podaci o količinama i vrstama otpada u gradu Zagrebu, te načinu prikupljanja.

Drugo poglavlje razrađuje tehničku definiciju varijanti, polazeći od trenutnog stanja prikupljanja odvojenog, te miješanog komunalnog otpada.

Treće poglavlje razrađuje ekonomsku definiciju varijanti definiranih u drugom poglavlju. U izračunima investicijskih troškova i dobiti korišteni su egzaktni podaci, ali i procijenjene vrijednosti pojedinih stavki, u slučajevima kada egzaktni podaci nisu dostupni ili ne postoje.

U četvrtom poglavlju obrađen je komparativni prikaz rezultata LCA analize, a u petom poglavlju prikazani su komparativni rezultati tehno-ekonomske analize dviju varijanti. Analizirane su varijante uspostave koncepta kružnog gospodarstva (engl. *circulareconomy*) u usporedbi s aktualnim radnim planom gospodarenja otpadom grada Zagreba, koji se temelji na termičkoj obradi otpada.

Ključne riječi: otpad, miješani komunalni otpad, termička obrada otpada, odvojeno prikupljanje otpada, cirkularna ekonomija, recikliranje, LCA analiza, tehno-ekonomska analiza

## SUMMARY

Despite the fact that a binding hierarchy of waste management requires the re-use and recycling as primary measures, the mechanical-biological treatment or incineration of mixed municipal waste is often planned as a dominant alternative.

The purpose of this thesis is to show the importance of correct choice of the system of dealing with waste via application of the LCA methodology or Life Cycle Assessment of the product and using techno-economic analysis. This subject is elaborated in five chapters. The first chapter analyses data on the quantities and types of waste in the city of Zagreb, as well as the method of waste collection. The second chapter elaborates on the technical definition of variants, starting from the current situation of collecting separate and mixed municipal waste. The third chapter elaborates the economic definition of variants defined in the second chapter. In the calculations of investment costs and profits, I used exact data as well as estimated values of individual items in case when exact data are not available or do not exist. The fourth chapter dealt with the comparative analysis of LCA analysis results. The fifth chapter presents the comparative results of the techno-economic analysis of two variants. Analysed variants of establishing the concept of a circular economy have been analysed and compared with the current work plan of waste management in the city of Zagreb, which is based on the thermal waste treatment.

Keywords: waste, mixed municipal waste, thermal waste treatment, separate waste collection, circular economy, recycling, LCA analysis, techno-economic analysis

## UVOD

Što je otpad?

Općeprihvaćeni način razmišljanja o otpadu proizlazi iz naših zajedničkih iskustava. Koristimo nešto, više to ne trebamo, nazivamo to otpadom i pokušavamo ga se „riješiti“.

Ukoliko stvari koje ne želimo, ne prestanemo uklanjati iz naše okoline, postajemo zarobljeni gomilama otpada koji smo nagomilali. Jednoga dana napravimo veliko proljetno čišćenje, bacimo sve u smeće i osjećamo se puno bolje.

Ili, primjerice, na našem radnom stolu nagomilavaju se papiri, razne sitnice, stara oprema, posjetnice i dr. Jednog dana sve to jednostavno pometemo sa stola i ne zamaramo se previše gdje će sve to završiti- sve dok je naš stol čist!

Industrijski procesi, naprotiv, ne funkcioniraju na ovakav način. Industrija ovisi o detaljno razrađenim procesima. Ovi procesi imaju ulaze tvari i energije, proizvodne procese i izlaze. U tim procesima tvari „glatko klize“ iz jedne operacije u sljedeću, sve do finalnog proizvoda.

Dakle, razlika između otpada i proizvoda je sljedeća:

STVAR + VLASNIK+ NE ŽELIM OVU STVAR → OTPAD

STVAR + VLASNIK+ ŽELIM OVU STVAR → PROIZVOD

STVAR+ NEMA VLASNIKA → OTPAD (možda)

Jedna od predloženih definicija otpada, od strane vodećih svjetskih stručnjaka s područja otpada glasi: „Otpad je svaka stvar, za koju vlasnik ne želi preuzeti odgovornost“.

Ovaj rad analizira postojeće stanje nastanka, prikupljanja i zbrinjavanja miješanog komunalnog otpada u gradu Zagrebu, te razmatra dvije varijante bitno različitih koncepata postupanja s otpadom.

Prvi koncept temelji se na modelu linearne ekonomije i predviđa termičku obradu komunalnog otpada spaljivanjem, dok se drugi koncept temelji na uspostavi kružnog gospodarstva putem reciklažnih centara, u kojima bi preko 80% tvari ostalo očuvanih vrijednosti i bilo bi vraćeno nazad u proizvodne procese.

S druge strane, termička obrada komunalnog otpada generira oko 25% krutih otpadnih tvari, uništenih vrijednosti, u vidu manje ili više toksičnog pepela, kao i emisije ostalih štetnih tvari u okoliš.

# 1. ANALIZA PODATAKA O KOLIČINAMA I VRSTAMA OTPADA

## 1.1. Komunalni otpad u gradu Zagrebu

Zakon o održivom gospodarenju otpadom definira komunalni otpad kao otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva.

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

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, Mićevec i Turopoljski Markuševec.

Sakupljanjem je obuhvaćeno oko 371.000 korisnika, od čega je stambenih korisnika oko 360.000, a poslovnih korisnika oko 11.000 (stanje: IV/2014. godine).

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 obavlja se 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.

**Tablica 1. Neopasni i opasni komunalni otpad razrađen po načinu sakupljanja za 2012. godinu**

	Količina neopasnog komunalnog otpada [t]	Količina opasnog komunalnog otpada [t]	Ukupno neopasni i opasni komunalni otpad [t]
Otpad sakupljen u kućanstvima	246.465,70	13,60	246.479,30
Otpad sakupljen iz spremnika s javnih površina	2.645,90	0	2.645,90
Otpad iz gradskih reciklažnih dvorišta	2.155,90	17,29	2.173,20
Otpad-sabirna mjesta i otkup	6.426,40	0,32	6.426,80
Otpad predan izravno oporabitelju	42.490,70	3,20	42.493,90
Drugi način sakupljanja	95,10	0	95,10
<b>SVEUKUPNO SAKUPLJENO:</b>	<b>300.279,70</b>	<b>34,40</b>	<b>300.314,10</b>

### **1.1.1. Miješani komunalni otpad**

U gradu Zagrebu miješani komunalni otpad iz kućanstva sakuplja se u posudama i vrećicama, pri čemu u približno 5% kućanstava vrećice još nisu zamijenjene s posudama. Odvoz je organiziran na način 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 s 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. Ovome treba dodati i određeni broj specijalnih vozila kojima se odvozi miješani komunalni otpad od pravnih osoba (grajferi, auto podizači i roll-kiperi). Neopasni komunalni otpad se osim organiziranog odvoza od kućanstava sakuplja i u ostalim sustavima kao što su spremnici na javnim površinama, reciklažna dvorišta, razna sabirna mjesta i otkupne stanice.

### **1.1.2. Glomazni otpad**

Redovni odvoz glomaznog otpada iz kućanstava 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 dvorištima, 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 dr.) 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 se 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.

### **1.1.3. Otpad s tržnica**

Otpad s tržnica sakuplja se u Gradu Zagrebu svakodnevno sa 23 lokacije, u odgovarajuće spremnike (volumena 1.100 l i sl.), uz određeni stupanj odvajanja biootpada.

### **1.1.4. Ostaci od čišćenja ulica**

Čišćenje i pranje javnih površina jedna je od komunalnih djelatnosti koju u gradu Zagrebu obavlja Zagrebački holding d.o.o.-Podružnica Čistoća. Čišćenje javnih prometnih površina obavlja se iz higijenskih, estetskih i sigurnosnih razloga.

### 1.1.5. Miješani otpad s divljih odlagališta (komunalni otpad koji nije specificiran na drugačiji način)

Pod ovim se otpadom podrazumijeva otpad nastao čišćenjem tzv. divljih odlagališta. Na mjestu sakupljanja ove vrste otpada, odvaja se metalni otpad, električna i elektronička oprema i otpadne auto gume, te potencijalno opasni otpad u posudama (obično u bačvama i kantama).

### 1.1.6. Odloženi komunalni otpad

Jedino legalno odlagalište na koje se danas odlaže miješani komunalni otpad Grada Zagreba je odlagalište Prudinec, smješteno 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 do kraja 2018. godine.

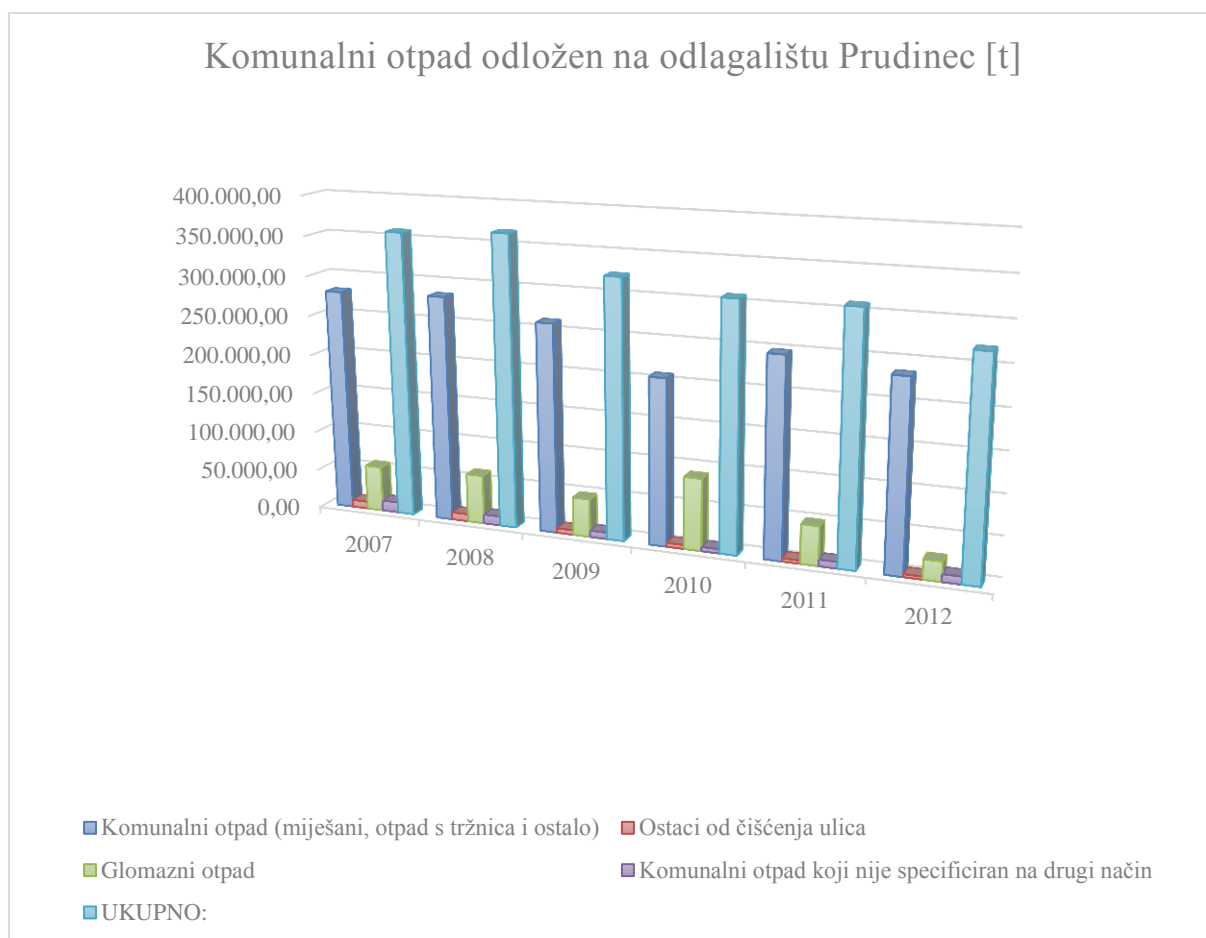
**Tablica 2. Količina odloženog komunalnog otpada Grada Zagreba po vrstama i kategorizaciji otpada u 2012. godini prijavljenog od sakupljača**

Ključni broj	Naziv otpada	Količina u 2012. [t]
20 02 02	Zemlja i kamenje	9.846,90
20 02 03	Ostali otpad koji nije biorazgradiv	96,90
20 03 01	Miješani komunalni otpad	221.966,10
20 03 02	Otpad s tržnica	3.102,40
20 03 03	Ostaci od čišćenja ulica	3.715,10
	<b>UKUPNO:</b>	<b>270.345,20</b>

**Tablica 3. Komunalni otpad odložen na odlagalištu Prudinec – usporedba odloženih količina otpada od 2007. do 2012. godine za Grad Zagreb**

Naziv otpada	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.
Komunalni otpad (miješani, otpad s tržnica i ostalo)	279.579,80	283.448,00	261.552,40	207.552,00	247.666,70	235.012,30
Ostaci od čišćenja ulica	8.874,00	9.096,50	5.718,90	4.909,20	4.124,80	3.715,00
Glomazni otpad	57.307,60	61.723,00	47.904,70	90.031,20	48.876,60	24.711,80
Komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način	13.083,00	11.531,00	8.200,10	5.357,00	8.183,40	9.606,00
<b>UKUPNO:</b>	<b>358.844,40</b>	<b>365.798,50</b>	<b>323.376,10</b>	<b>307.849,40</b>	<b>308.851,50</b>	<b>270.345,10</b>





**Slika 1. Grafički prikaz količina MKO odloženog na odlagalište Prudinec**

**Tablica 4. Sastav miješanog komunalnog otpada Grada Zagreba**

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

Izvor: Program unaprjeđenja sustava reciklaže u Gradu Zagrebu (IPZ Uniprojekt TERRA, 2010.)

### 1.1.7. 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 godina prošlog stoljeća izgrađene su kompostane Markuševac, Jankomir i Jakuševac, primarno za oporabubiootpada 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.

**Tablica 5. Odvojeno sakupljeni otpad na području Grada Zagreba u 2012. godini putem spremnika smještenih na javnim površinama i sakupljanjem svežnjeva kartona**

Ključni broj	Vrsta otpada	Količina [t]
20 01 01	Papir i karton	1.567,3
15 01 07	Staklena ambalaža	886,7
15 01 02	Ambalaža od plastike	191,9
	<b>UKUPNO:</b>	<b>2.645,9</b>

Izvor: Bilanca otpada za Grad Zagreb u 2012.

Reciklažno dvorište (RD) je građevina namijenjena razvrstavanju i privremenom skladištenju posebnih vrsta otpada. Reciklažna dvorišta imaju važnu ulogu u cjelovitom sustavu gospodarenja otpadom, jer služe kao poveznica s kojom se osigurava veza između građana, ovlaštenih sakupljača otpada i ovlaštenih obrađivača otpada.

Komponente komunalnog otpada koje se dovoze u reciklažna dvorišta su: papir, karton, plastika, metalna ambalaža, stiropor, stare baterije, stakleni ambalažni otpad, ravno staklo, PET-boce, PE-folija, limenke, stari lijekovi, otpadne gume bez naplataka (do 4 komada), metalni glomazni otpad, elektronički otpad, glomazni otpad, akumulatori, fluorescentne cijevi i zeleni otpad.

Od 15. lipnja 2009. na reciklažnom dvorištu Stenjevec (Gospodska bb) Zagrebački holding d.o.o. Podružnica Čistoća, iz kućanstava preuzima otpadna motorna i jestiva ulja, zauljenu ambalažu, te ambalažu onečišćenu opasnim tvarima (boje, lakovi i drugo), a od 16. studenoga 2009. građevni otpad od građana preuzimaju reciklažna dvorišta Stenjevec – Gospodska bb, Jakuševac – Sajmišna cesta bb, kod ulaza na odlagalište otpada i zeleni otok Sesvete – Jelkovečkabb.

Odvojeno sakupljeni otpad iz kućanstava, koji se privremeno skladišti na lokaciji reciklažnih dvorišta, direktno se predaje ovlaštenim sakupljačima ili obrađivačima ili se prevozi na druge pogodne lokacije radi daljnje obrade.

**Tablica 6. Količine i vrste otpada koje su sakupljene u reciklažnim dvorištima, u Gradu Zagrebu, tijekom 2012. godine**

Ključni broj	Vrsta otpada	Količina [t]
13 02 08*	Ostala maziva ulja za motore i zupčanike	0,9
15 01 01	Ambalaža od papira i kartona	154,0
15 01 02	Ambalaža od plastike	25,5
15 01 04	Ambalaža od metala	0,0
15 01 07	Staklena ambalaža	27,8
15 01 10*	Ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena opasnim tvarima	14,7
16 06 01*	Olovne baterije	0,2
18 01 09	Lijekovi koji nisu navedeni pod 18 01 08	0,2
20 01 01	Papir i karton	38,7
20 01 21*	Fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	1,4
20 01 33*	Baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže te baterije	0,1
20 01 34	Baterije i akumulatori, koji nisu navedeni pod 20 01 33	1,5
20 01 36	Odbačena električna i elektronička oprema, koja nije navedena pod 20 01 21, 20 01 23 i 20 01 35	231,4
20 01 38	Drvo koje nije navedeno pod 20 01 37	547,4
20 02 01	Biorazgradivi otpad	138,4
20 03 07	Glomazni otpad	990,9
	<b>UKUPNO:</b>	<b>2.173,1</b>

Izvor: Bilanca otpada za Grad Zagreb u 2012.

Obrada biorazgradivog otpada s područja Grada Zagreba, ključni broj 20 02 01, tj. tzv. „zelenog otpada“ s javnih površina i drugih izvora provodi se u kompostani, a količine sakupljenog i obrađenog biorazgradivog otpada prikazuju se u tablici 7.

**Tablica 7. Obrada biorazgradivog otpada s područja Grada Zagreba, ključni broj 20 02 01**

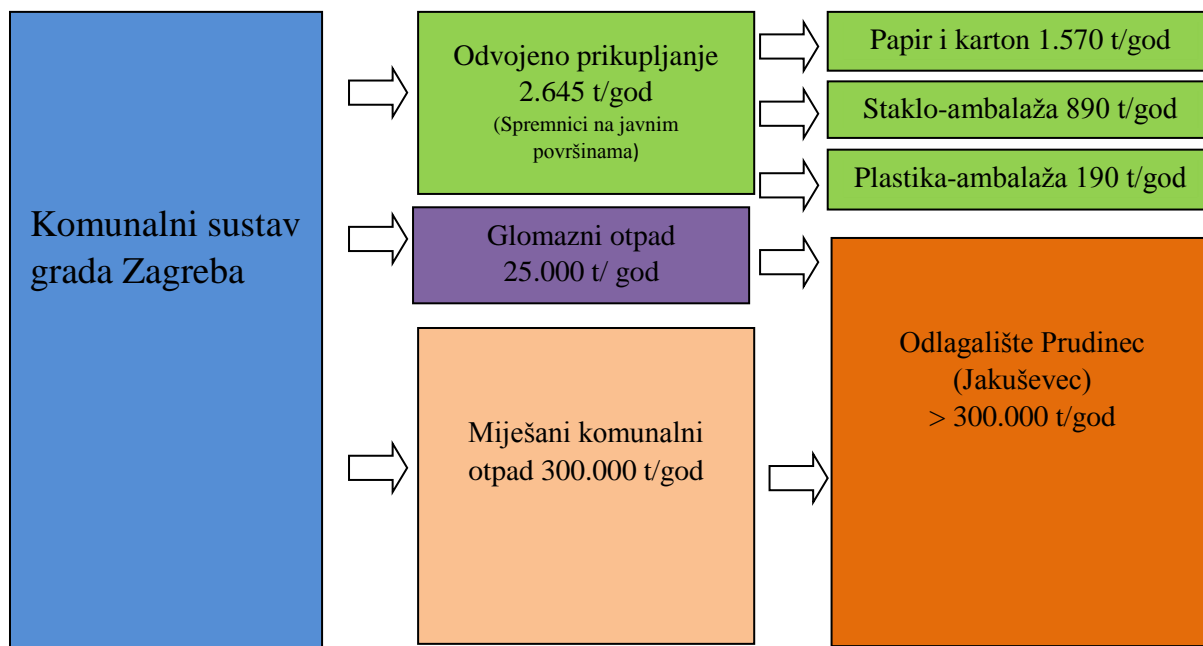
Biorazgradivi otpad [t]							
Ključni broj	Naziv otpada	2007. god.	2008. god.	2009. god.	2010. god.	2011. god.	2012. god.
20 02 01	Biorazgradivi otpad	13.391	14.591	14.785	15.055	17.972	21.727

Izvor: Bilance otpada za Grad Zagreba 2007.-2012.

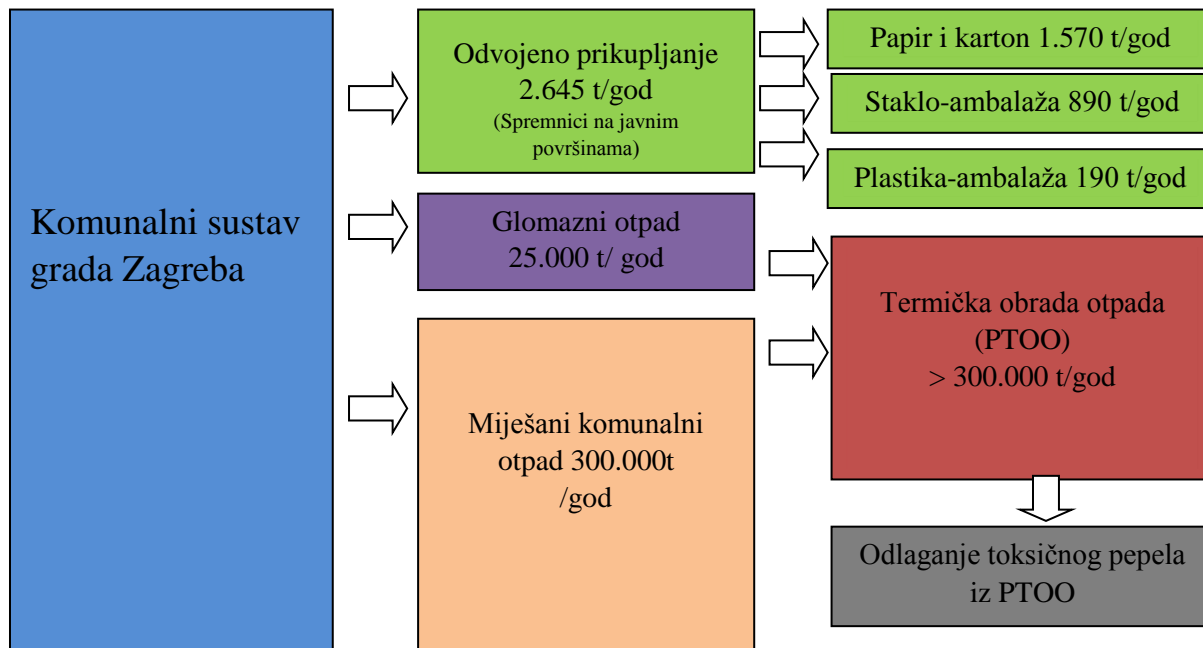
Izvor: Bilanca otpada za Grad Zagreb u 2011.

## 2. TEHNIČKO DEFINIRANJE VARIJANTI

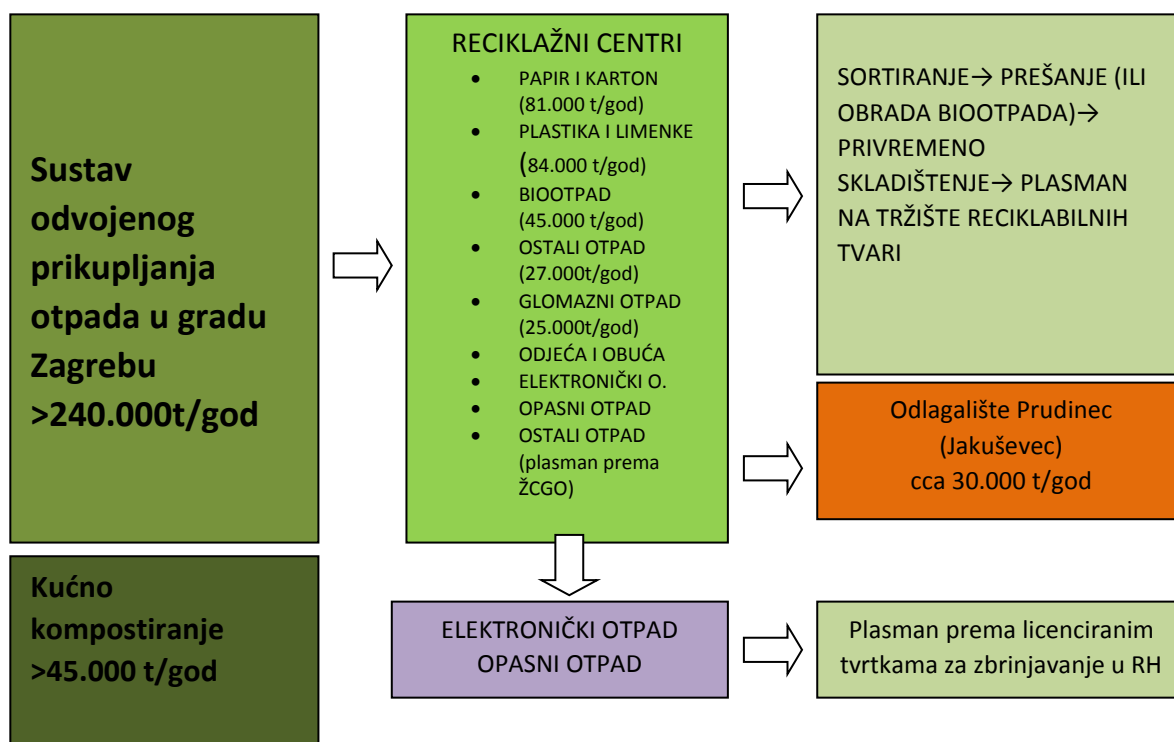
### 2.1. Skice varijanti



Slika 2. Skica Komunalnog sustava grada Zagreba, trenutno stanje (Varijanta Zagreb sada)



Slika 3. Skica varijante s termičkom obradom komunalnog otpada umjesto odlaganja (Varijanta Zagreb PTO)



Slika 4. Skica koncepta zasnovanog na modelu cirkularne ekonomije (Varijanta Zagreb ZW)

## 2.2. Tehnička definicija varijante Zagreb sada

Ova varijanta definirana je kao postojeće stanje u gradu Zagrebu, opisano pod 1.1 (Tablica 1).

## 2.3. Tehnička definicija varijante Zagreb PTO

Ova varijanta umjesto odlaganja miješanog komunalnog otpada i dijela glomaznog otpada, na odlagalište, podrazumijeva termičku obradu cca 300.000 t/god miješanog komunalnog i glomaznog otpada, spaljivanjem u spalionici otpada (PTOO).

PTOO uključuje devet istovarnih mjesta za otpad, te jedno istovarno mjesto za kanalizacijski mulj iz CUPOVGZ-a, s dvije, odvojene, linije spaljivanja tehnikom vrtložnog sloja, nazivnog kapaciteta 30t/h. Postrojenja za pročišćavanje dimnih plinova bila bi projektirana prema Direktivi o industrijskim emisijama EU 2010/75. Smanjenje emisija štetnih tvari iz PTOO provodilo bi se SNCR postupkom u ložištu spalionice, otprašivanjem s elektrostatskim filtrima, zatim polusuhim postupkom s vapnenom kašom i aktivnim ugljenom, te završnimotprašivanjem vrećastim filtrima.

Nazivni kapacitet PTOO je 400.000 t/god. Procjena je da bi nakon termičke obrade ostajalo 33.000 tona pepela s dna kotla, 60.000 tona solidificiranog letećeg pepela, te 8.000-16.000 tona pepela s radioaktivnom materijom koji bi se zbrinjavao na odlagalištu opasnog otpada.

PTOO uključuje i postrojenje za baliranje otpada radi privremene pohrane otpada kojeg u tom trenutku nije moguće termički obraditi (vrijeme remonta ili zastoja).

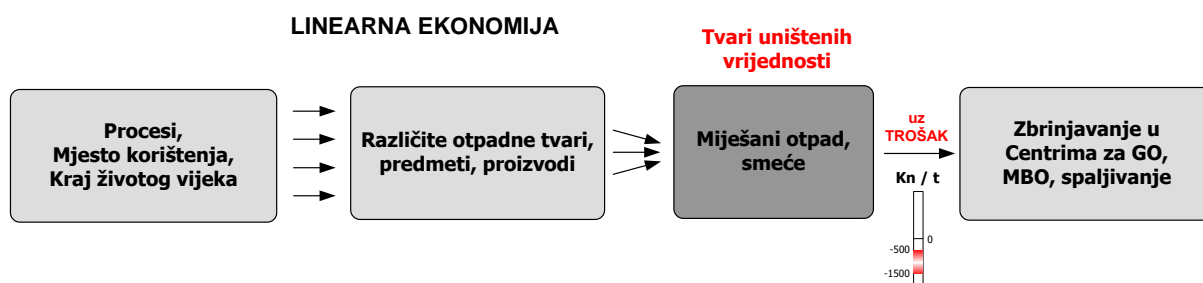
PTOO je predviđeno kaokogeneracijsko postrojenje koje bi u režimu maksimalne proizvodnje toplinske energije proračunski proizvelo 72.280 MWh električne energije godišnje i 547.200 MWh toplinske energije, te u režimu isključive proizvodnje električne energije 171.760 MWh električne energije godišnje.

Kako bi se proces gorenja održavao u projektnom režimu rada, postrojenju je nužno osigurati dodatno gorivo (plinsko ulje ili plin) čiji trošak značajno participira u pogonskim troškovima postrojenja, koji iznose 700/1.000 kn/t otpada.

#### 2.4. Tehnička definicija varijante Zagreb ZW (engl. zero waste)

Ova varijanta podrazumijeva koncept uspostave kružnog gospodarstva (engl: *circular economy*).

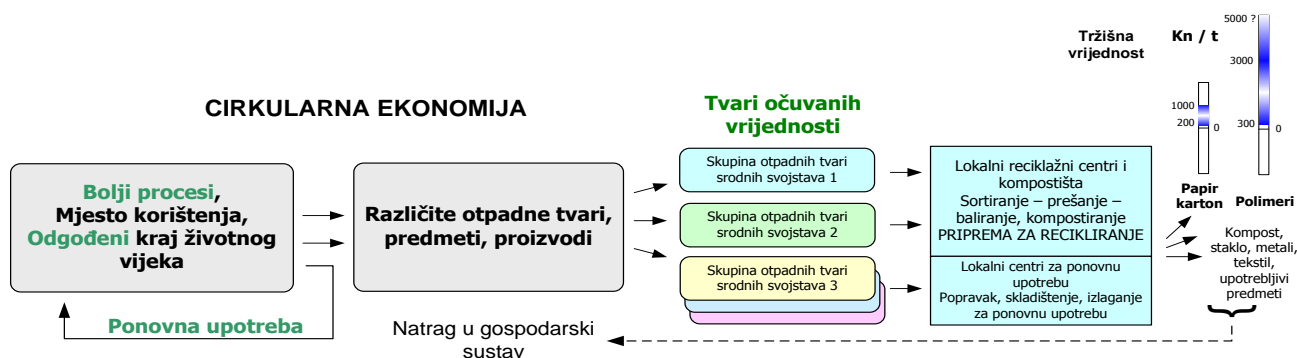
Varijante *Zagreb sada* i *Zagreb PTO* temelje se na modelu linearne ekonomije, dok je varijanta *Zagreb ZW* temeljena na modelu cirkularne ekonomije, u kojem vrijednosti stvari ostaju očuvane, te je konceptualno bitno različit od linearnog modela.



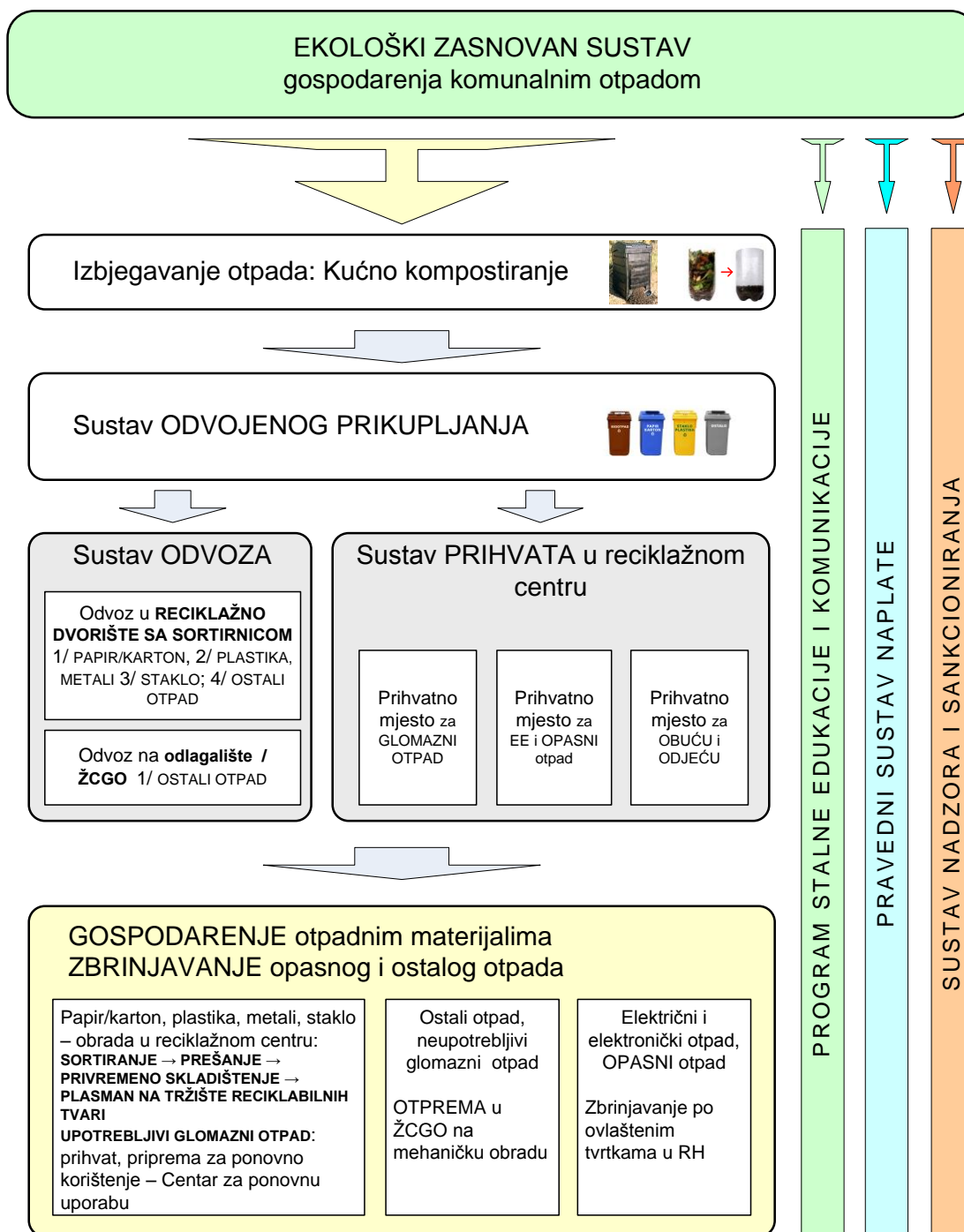
Slika 5. Model linearne ekonomije

Varijanta *Zagreb ZW* svojevrsna je paradigma tj. koncept uspostave potpunog kružnog gospodarstva. U praksi je taj sustav više ili manje ostvariv, ovisno o ekološkoj svijesti pojedinaca i zajednice, želji, volji i financijskoj raspoloživosti pojedinaca, a zatim i cijele lokalne zajednice da se takav sustav implementira.

U teorijskom slučaju implementacije sustava u iznosu od 100%, stupanj nastanka otpada bilo koje vrste, uključujući i MKO, iznosio bi 0.



Slika 6. Model cirkularne ekonomije



**Slika 7. Shema ekološki zasnovanog sustava gospodarenja otpadom**

Ova varijanta podrazumijeva četiri glavna zagrebačka reciklažna centra (Sjever, Istok, Zapad, Jug), definiranih od podsustava opisanih u nastavku.

### **2.4.1.    *Podsustav smanjivanje količina otpada: Kućno kompostiranje***

Kućno kompostiranje vrlo je važna karika u lancu ekološki zasnovanog sustava gospodarenja komunalnim otpadom, jer je na taj način djelomično izbjegnuto nastajanje samog otpada.

Promjena svijesti građana za koje je sav otpad osim npr. glomaznog i elektroničkog otpada, te povratne PET i staklene ambalaže, miješani komunalni otpad, može se postići jedino individualizacijom odgovornosti, tj. izgradnjom svijesti svakog pojedinca, kroz programe stalne edukacije i komunikacije, gdje bi se svaku osobu još od predškolske dobi educiralo o sveukupnoj važnosti kompostiranja i odvojenog prikupljanja otpada.

Izdvajanjem komposta iz otpada, smanjili bismo količinu ukupno nastalog otpada do 30% (cca. 90.000t/god). Kako građanima koji stanuju u stambenim zgradama postupak kompostiranja nije moguć, nužno je u svaku pojedinu stambenu jedinicu uvesti vrećicu ili posudu za biootpad. U daljnjoj će se analizi uzeti pretpostavka da se 50% biootpadakompostira u dvorištima građana, dok se preostalih 50% (cca45 000 t/god) odvojeno sakuplja i kompostira u četiri glavna zagrebačka reciklažna centra.

Pravedni sustav naplate, prema stvarno proizvedenoj količini MKO također bi bio vrlo poticajna mjera u cilju smanjivanja količine nastalog MKO.

Adekvatni sustav nadzora i sankcioniranja koji je već prisutan u mnogim zapadnim zemljama, također je nužan, kako bi se građani uistinu pridržavali reda oko kućnog kompostiranja i odvojenog prikupljanja otpada.

### **2.4.2.    *Podsustav odvojenog prikupljanja***

Za razliku od sadašnjeg modela gdje pojedinac može birati između kućne posude za MKO i odvajanja i odvoženja odvojeno prikupljenog otpada do pojedinih kvartovskih „Eko zona“, ovaj sustav predviđa da se otpad, osim stakla, odvojeno prikuplja u za to predviđene vrećice različitih boja, načinjenih od različitih materijala- ovisno o vrsti otpada koji se prikuplja. Na taj se način otpad odvaja odmah u trenutku nastanka; u svakom domu, tvrtci, instituciji i dr.

Za staklo je i dalje predviđeno odvojeno prikupljanje u tzv. kvartovskim „zvonima“.

Predviđene su četiri osnovne vrste odvajanja otpada u, uzevši u obzir sadašnje stanje, sljedećim količinama:

- PAPIR I KARTON→ 81.000 t/god
- PLASTIKA I LIMENKE→ 84.000 t/god
- BIOOTPAD→ 45.000 t/god
- OSTALI OTPAD→ 27.000t/god



### **2.4.3. Podstav odvoza odvojenog otpada**

Sukladno odvojenom prikupljanju otpada, nužno je u postojećem sustavu odvoza izvršiti preinake, kako bi se svaki pojedini otpad zasebno transportirao u podstav za prihvata u reciklažnim centrima. Broj kamiona bio bi veći od broja kamiona koje trenutno koristi Čistoća, ali bi ti kamioni bili manji.

Predviđena vozila ne bi nužno morala biti opremljena hidrauličkom podiznom platformom, što u startu smanjuje investicijske troškove prilikom nabavke vozila, smanjuje troškove budućih servisa, te eliminira potencijalno nastajanje problematičnog otpada (hidrauličko ulje iz sustava hidraulike).

### **2.4.4. Podstav za prihvata u reciklažnim centrima**

- RECIKLAŽNO DVORIŠTE SA SORTIRNICOM (papir i karton, plastika, staklo, metali, biootpad)
- PRIHVAT GLOMAZNOG OTPADA
- PRIHVAT ODJEĆE I OBUĆE
- PRIHVAT ELEKTRONIČKOG I OPASNOG OTPADA
- ODVOZ NA ODLAGALIŠTE (ŽCGO)- OSTALI OTPAD

### **2.4.5. Podstav za gospodarenje otpadnim materijalima, zbrinjavanje i odlaganje opasnog i ostalog otpada**

Za reciklabilne tvari (papir i karton, staklo, metali i biootpad) predviđena je obrada u 4 faze:

1. SORTIRANJE
2. PREŠANJE (ili obrada biootpada)
3. PRIVREMENO SKLADIŠTENJE
4. PLASMAN NA TRŽIŠTE RECIKLABILNIH TVARI

Za upotrebljivi glomazni otpad (namještaj, stolarija, kućanski aparati i sl.) predviđeno je da se nakon prihvata otpada izvrše eventualni potrebni popravci ili dorade, te se proizvod plasira na tržište putem Centra za ponovnu uporabu. Ostali neupotrebljivi glomazni otpad (šuta, lomljevina kod adaptacija i sl.) upućuje se prema ŽCGO na mehaničku obradu.

Za zbrinjavanje električnog i elektroničkog, te opasnog otpada predviđeno je zbrinjavanje u tvrtkama koje su ovlaštene za gospodarenje elektroničkim i opasnim otpadom u RH.

### 3. EKONOMSKO DEFINIRANJE VARIJANTI

#### 3.1. Ekonomska definicija varijante Zagreb sada

Definicija ove varijante temelji se na modelu budžeta, koji za potebe zbrinjavanja MKO i glomaznog otpada formiraju građani, tvrtke i Grad Zagreb svojim uplatama Zagrebačkom holdingu d.o.o.

Budžet, koji je većim dijelom naplaćen od građana (oko 350.000 kućanstava), zatim tvrtki na području grada Zagreba (oko 15.000 tvrtki), te Grada Zagreba, iznosi cca 460 mil kn/godišnje. Iz tog budžeta, osim troškova plaća zaposlenika (1561 zaposlenik u 2012. godini s brutto plaćom u iznosu od 7.563,00 kn), troškova održavanja strojnog parka, te ostalih troškova, Čistoća plaća i naknadu podružnici ZGOS, koja je također u sustavu Zagrebačkog holdinga d.o.o., u iznosu od 322,00 kn + PDV/ toni deponiranog MKO.

**Tablica 8. Uplate i troškovi za Čistoća d.o.o. u 2012.**

Čistoća d.o.o. - Uplate u 2012. godini, mil kn		Čistoća d.o.o. - Troškovi u 2012. godini, mil kn	
Građani	248	Troškovi zaposlenika	198
Tvrtke	82	Naknada ZGOS	80,5
Grad Zagreb	84	Održavanje strojnog parka	88
Ostalo	45	Ostalo	92,5
<b>SVEUKUPNO:</b>	<b>459</b>	<b>SVEUKUPNO:</b>	<b>459</b>

#### 3.2. Ekonomska definicija varijante Zagreb PTO

Definicija ove varijante umjesto odlaganja miješanog komunalnog otpada na odlagalištu Prudinec, sadrži ekonomske pokazatelje koji obuhvaćaju investicijski trošak PTOO, pogonske trškove PTOO, troškove deponiranja visokotoksičnog pepela, te dobit koja je pribavljena iz kogeneracijskog postrojenja PTOO.

Prilikom analize varijante *Zagreb PTO*, za referentno stanje sustava prikupljanja i odvoza MKO, uzet je postojeći infrastrukturni i logistički model, tj. ne uzimaju se u izračun nikakva dodatna, izvanredna ulaganja u ovaj dio sustava.

Razmotrit će se investicijski troškovi kupnje građevinskog zemljišta i gradnje kompleksa postrojenja za termičku obradu (PTOO), pogonski troškovi postrojenja, plaće zaposlenika PTOO i troškovi deponiranja visokotoksičnog pepela.

U analizi dobiti prikazat će se dobit koju bi ostvarilo PTOO, dizajnirano kao kogeneracijskopostrojenje; u kombinaciji dva režima rada-režimu maksimalne proizvodnje toplinske energije, te u režimu maksimalne proizvodnje električne energije.

##### 3.2.1. Kupnja građevinskog zemljišta

Ovaj trošak izračunat je na osnovu tržišne cijene građevinskog zemljišta u gradu Zagrebu, u iznosu od 230 kn/m<sup>2</sup>. Planskim dokumentima, za gradnju postrojenja predviđeno nešto manje od 50 ha zemljišta.

### 3.2.2 Troškovi izgradnje PTOO

Planskim dokumentima za Grad Zagreb predviđa se investicijska vrijednost postrojenja u iznosu od 2,7 milijardi kuna. Sličan projekt realiziran je u talijanskom gradu Brescii, čiji se je trošak izgradnje PTOO, unatoč inicijalnoj procjeni investicije u iznosu od 400 milijuna USD, popeo do vrtooglavih 1 milijardu USD. Iz ovog potonjeg slučaja nije, naravno, moguće jednoznačno zaključiti koliko će se troškovi zagrebačke spalionice povećati, ali je realno očekivati značajna povećanja u odnosu na predviđeni iznos.

Amortizacijski period predviđen je na rok od 25-30 godina, te je u tom periodu nužno osigurati iste (projektne) količine otpada- *put or pay agreement* sastavni je dio ugovora. U tom bi periodu bilo kakve perspektive razvoja komunalnog sustava odvojenog prikupljanja bile u potpunosti blokirane.

### 3.2.3 Pogonski troškovi

Ovi troškovi kreću se u rasponu od 700-1.000 kn/t MKO

Pod pogonskim troškovima podrazumijevaju se troškovi za:

1. **Izvršene planirane i ne planirane radove** (servisi, nabava i zamjena dotrajalih pozicija i sklopova postrojenja, popravci i zamjena sustava kontrole i nadzora postrojenja i dr.).
2. **Troškovi za dodatno gorivo**(eng. *Additional fuel*), tj. gorivo koje je nužno dodavati u proces izgaranja, kako bi se vlažna heterogena goriva smjesa kao što je MKO uopće mogla zapaliti i izgarati.
3. **Plaće zaposlenika:**  
U izračunu je predviđeno da bi cjelokupan posao oko nadzora i upravljanja postrojenjem za termičku obradu MKO obavljalo 40 zaposlenika, s prosječnom mjesečnom brutto plaćom u iznosu od 6.500 Kn
4. **Troškovi amortizacije i troškovi kreditiranja**

### 3.2.4 Troškovi deponiranja visokotoksičnog pepela

Ovi troškovi predstavljaju troškove manipulacije i zbrinjavanja toksičnog pepela i troske na posebna, za to predviđena odlagališta. Ovaj otpad čini oko 25% mase MKO prije toplinske obrade, što bi u konkretnom slučaju iznosilo oko >75 tisuća tona godišnje.

**Tablica 9. Troškovi kompleksa PTOO**

Troškovi kompleksa PTOO [kn]	
Građevinsko zemljište cca 50 ha	>115 mil [jednokratno]
Trošak investicije PTOO	>2.7 mld [jednokratno]
Pogonski troškovi postrojenja	>200 mil [godišnje]
Troškovi deponiranja visokotok. pepela	cca 30 mil [godišnje]
<b>SVEUKUPNO TROŠKOVI JEDNOKRATNO:</b>	<b>&gt;2.82 mlrd</b>
<b>SVEUKUPNO TROŠKOVI GODIŠNJE:</b>	<b>&gt; 230mil</b>

### 3.2.5. Analiza dobiti iz kogeneracijskog postrojenja PTOO

PTOO je prema Planu gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu projektirano kao kogeneracijsko postrojenje koje bi u režimu maksimalne proizvodnje toplinske energije proračunski proizvelo 72.280 MWh električne energije godišnje i 547.200 MWh toplinske energije, te u režimu isključive proizvodnje električne energije 171.760 MWh električne energije godišnje.

U priloženoj tablici mogu se vidjeti okvirni godišnji prihodi za slučajeve kada bi postrojenje radilo u režimu maksimalne proizvodnje toplinske energije, odnosno u režimu proizvodnje isključivo električne energije. Točan izračun omjera toplinske i električne energije predmet je složenog modela optimiranja kogeneracijskog postrojenja. Realno je za očekivati netto dobit od cca 60-70milijuna kuna godišnje.

**Tablica 10. Okvirni godišnji prihodi kogeneracijskog postrojenja PTO**

PTOO Kogeneracijsko postrojenje		
	Topl. energija MWh/god.	El. energija MWh/god.
Max. proizvodnja topl. energije	547.200	72.280
Proizvodnja isključivo el. energije	/	171.760
<b>OKVIRNI GODIŠNJI PRIHODI kn:</b>	<b>82 mil</b>	<b>78 mil</b>

### 3.3. Ekonomska definicija varijante Zagreb ZW

#### 3.3.1 Definicija podsustava za kućno kompostiranje

Podjelom grada Zagreba na četiri velika reciklažna centra: **RC Istok, RC Zapad, RC Sjever i RC Jug**, predviđeno je da svaki od četiri centra ima jedan terenski tim od dvoje ljudi, koji će po pozivu građana zbog eventualno neugodnog mirisa ili drugih problema s kompostištem, izaći na teren, tretirati kompostište s piljevinom (celuloza), vapnom ili aktivnim mikrobiološkim materijalom, te zaliti kompostište vodom koja je osigurana u svakom kućanstvu.

#### **PROCJENA INVESTICIJSKIH I GODIŠNJIH TROŠKOVA TERENSKIH TIMOVA ZA OBRADU KOMPOSTIŠTA:**

1. Teretna vozila (4kom- amortizacija) cca 200.000 kn/god
2. Godišnja plaća (8 djelatnika): 800.000 kn/god
3. Troškovi goriva, registracije i održavanja vozila: 84.000 kn/god
4. Organski materijali za tretiranje komposta (400 kg dnevno): 1,04 mil kn/god

#### 3.3.2 Definicija podsustava za odvojeno prikupljanje

U ekonomskoj definiciji podsustava za odvojeno prikupljanje otpada nastalog u kućanstvima, predviđeno je po četiri vrećice (papir i karton, plastika, biootpad, ostali otpad), dok bi se nepovratna staklena ambalaža i dalje prikupljala na zajedničkim prikupnim mjestima u tzv.

kvartovskim „zvonima“ za staklenu ambalažu. U obzir dolazi i varijanta s tri vrste vrećica plus posuda za biootpad.

Napunjene vrećice bi se potom odlagale na mjesta za prikup, a razlikovale bi se po boji, vrsti materijala i sl.

Prikupljanje na taj način odvojeno sakupljenog otpada vršilo bi se metodom „od vrata-do vrata“.

U točki 3.3.4.2. dan je tablični prikaz prosječnog sastava kućanstava prema broju članova i potrebnog volumena posuda za biootpad- za dvije varijante odvojenog prikupljanja otpada: Fizičke osobe- zajedničko stanovanje (stambene zgrade) i fizičke osobe- individualno stanovanje (samostojeće kuće).

Pravne osobe se u ovoj analizi neće detaljnije razmatrati, jer zahtijevaju individualni pristup po pitanju kapacitiranja sustava za odvojeno prikupljanje, ovisno o djelatnosti kojom se bave npr. restoran, autoservis, računovodstveni ured, trgovina mješovitom robom i dr. proizvode otpad značajno različitog sastava.

### **3.3.3. Definicija podsustava odvoza odvojenog otpada**

Za potrebe ove analize uzeti će se isti broj djelatnika, s istim troškovima plaće, troškovima strojnog parka, te ostalim troškovima, kao što je definirano u poglavlju 3.1.

Podrazumijeva se da bi se radna mjesta pojedinih djelatnika redefinirala, rute kamiona za prikup i odvoz otpada bi se skratile, ali bi se broj odvoza otpada povećao.

### **3.3.4. Definicija podsustava za prihvata u reciklažnim centrima**

Prilikom definiranja ovog podsustava, promatrat će se investicijski troškovi u zemljište, hale i opremu reciklažnih centara, troškovi na novozaposlene djelatnike reciklažnih centara, troškovi odvojenog prikupljanja otpada, te potencijalni prihodi iz reciklabilnih tvari iz miješanog komunalnog otpada. Troškovi odvoza otpada uzeti su, za potrebe ove analize otprilike isti pa se oni međusobno poništavaju. Prikazat će se i razlika troškova deponiranja toksičnog pepela iz varijante Zagreb PTO s troškovima odvoza ostalog otpada iz reciklažnih centara na ŽCGO.

Prikaz investicijskih troškova u zemljište i opremu za četiri glavna gradska reciklažna centra dan je u tablici 11.

U četiri nova glavna reciklažna centra predviđeno je i dodatno zapošljavanje oko 500 djelatnika, uz ukupni godišnji trošak novozaposlenih u iznosu od 46 mil kn/god (brutto).

## 3.3.4.1. Investicijski troškovi reciklažnog centra

Tablica 11. Reciklažni centri Zagreb-procjena investicijskih troškova

<b>Reciklažni centar Zagreb</b>	jedinica	Broj jedinica	jed. cijena	cijena, kn
Zemljište	m <sup>2</sup>	25.000		0
Hala reciklažnog centra	m <sup>2</sup>	5.000	7.500,00	37.500.000,00
Uređenje terena i asfaltiranje	m <sup>2</sup>	25.000	500,00	12.500.000,00
Centar za ponovnu upotrebu	m <sup>2</sup>	50.000	600,00	30.000.000,00
Natkriveno skladište	m <sup>2</sup>	240	1.000,00	240.000,00
Objekt za djelatnike	m <sup>2</sup>	200	7.500,00	1.500.000,00
Ograda, rasvjeta, instalacije			800.000,00	800.000,00
Ostalo				500.000,00
<b>UKUPNO kn:</b>				<b>83.040.000,00</b>

<b>Oprema reciklažnog centra</b>	jedinica	Broj jedinica	jed. cijena	cijena, kn
Sortirna linija	kom	4	2.200.000,00	8.800.000,00
Preša visokog tlaka i balirka	kom	2	1.200.000,00	2.400.000,00
Viličar s opremom	kom	12	180.000,00	2.160.000,00
Pomoćno vozilo	kom	4	220.000,00	880.000,00
Oprema reciklažnog dvorišta			600.000,00	600.000,00
Ostalo				200.000,00
<b>UKUPNO kn:</b>				<b>15.040.000,00</b>

<b>Kompostište</b>	jedinica	Broj jedinica	jed. cijena	cijena, kn
Zemljište	m <sup>2</sup>	40.000		0
Uređenje terena i asfaltiranje	m <sup>2</sup>	80.000	300,00	24.000.000,00
Objekt za djelatnike	m <sup>2</sup>	200	7.000,00	1.400.000,00
Natkriveno skladište za zrenje komposta	m <sup>2</sup>	3.200	800,00	2.560.000,00
Skladište, pakirnica, laboratorij	m <sup>2</sup>	1.600	1.200,00	1.920.000,00
Ostalo				500.000,00
<b>UKUPNO kn:</b>				<b>30.380.000,00</b>
<b>UKUPNO RECIKLAŽNI CENTAR kn:</b>				<b>128.460.000,00</b>

Tablica 12. Broj novozaposlenih djelatnika u glavnim reciklažnim centrima

<b>Broj novozaposlenih</b>	
Reciklažni centri	320
Kompostište	128
Transportni sustav	32
Ostalo osoblje	32
<b>UKUPNO</b>	<b>512</b>

**Tablica 13. Godišnji trošak za novozaposlene djelatnike**

<b>Troškovi plaća novozaposlenih</b>	
Reciklažni centar	28.800.000,00 kn
Kompostište	11.520.000,00 kn
Transportni sustav	2.880.000,00 kn
Ostalo osoblje	2.880.000,00 kn
<b>UKUPNO kn:</b>	<b>46.080.000,00</b>

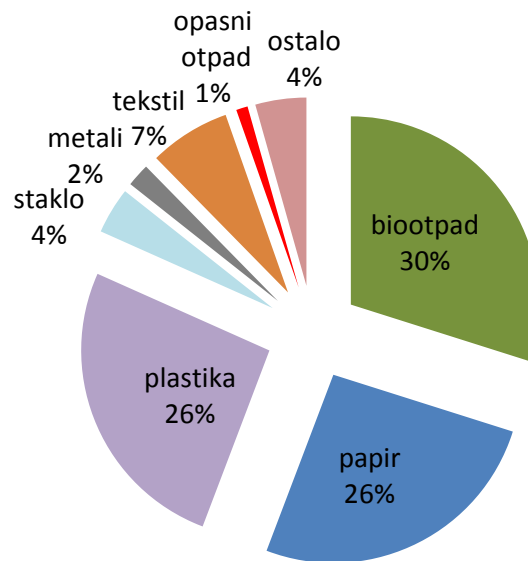
**Tablica 14. Potrebne mjesečne količine vrećica u kućanstvu**

Mjesečne količine - vrećice	Individual. stanovanje	Kolektiv. stanovanje
Vrećice za plastiku, 2 × mjesečno	260.000 mjesečno	440.000 mjesečno
Vrećice za papir i kar. 2 × mjesečno	260.000 mjesečno	440.000 mjesečno
Vrećice biootpad, 1 × tjedno	-	880.000 mjesečno

**Tablica 15. Ukupni trošak vrećica**

Mjesečni trošak - vrećice	Individual. stanovanje	Kolektiv. stanovanje
Vrećice za plastiku, 0,46 kn	119.600,00	202.400,00
Vrećice za papir i karton, 0,76 kn	197.600,00	167.200,00
Vrećice biootpad, 2,20 kn	-	1.936.000,00
<b>Ukupno kn:</b>	317.200,00	2.305.600,00
<b>Sveukupno mjesečno kn:</b>	<b>2.622.800,00</b>	
<b>Sveukupno godišnje kn:</b>	<b>31.473.600,00</b>	

### 3.3.5. Potencijalni prihodi od reciklabilnih tvari



Slika 8. Sastav miješanog komunalnog otpada grada Zagreba

Tablica 16. Potencijalni prihod od biootpada

<b>Biootpad</b>	od	do	
Količina/god	40.000,00	50.000,00	t/god
Volumno	80.000,00	100.000,00	m <sup>3</sup> /god
Cijena	200,00	200,00	kn/m <sup>3</sup>
<b>Potencijalna vrijednost kn:</b>	<b>16.000.000,00</b>	<b>20.000.000,00</b>	

Tablica 17. Potencijalni prihod od papira/kartona

<b>Papir/karton</b>				
Količina/god	81.000	t		
	Udio u papir/kartonu	Masa,t	Jedinična cijena kn/t	Potencijalna vrijednost kn
Karton	35%	28.350	600,00	17.010.000,00
Uredski papir	8%	6.480	900,00	5.832.000,00
Novinski papir	22%	17.820	650,00	11.583.000,00
Miješani papir	25%	20.250	450,00	9.112.500,00
Višeslojna ambalaža	10%	8.100	0	0
<b>UKUPNO kn:</b>				<b>43.537.500,00</b>



**Tablica 18. Potencijalni prihod od polimera, plastike**

<b>Polimeri, plastika</b>				
Količina/god	78.000	t		
	Udio u plastičnom otpadu	Masa, t	Jedinična cijena kn/t	Potencijalna vrijednost u kn
Miješana kruta plastika, HDPE i ostalo	20%	15.600	300,00	4.680.000,00
PET, van Pravilnika	20%	15.600	1200,00	18.720.000,00
PE folija	30%	23.400	1500,00	35.100.000,00
Ostalo	20%	15.600	100,00	1.560.000,00
<b>UKUPNO kn:</b>		<b>70.200</b>		<b>60.060.000,00</b>

**Tablica 19. Potencijalni prihod od stakla**

<b>Staklo</b>		
Količina/god	12.000	t
Cijena	70,00	kn/t
<b>Potencijalna vrijednost:</b>	<b>840.000,00</b>	<b>kn</b>

**Tablica 20. Potencijalni prihod od metala**

<b>Metali</b>				
Količina/god	6.000	t		
	Udio u metalnom otpadu	Masa, t	Jedinična cijena kn/t	Potencijalna vrijednost u kn
Otpadni obojeni metali	10%	600	7.000,00	4.200.000,00
Al limenke	10%	600	2.000,00	1.200.000,00
Fe limenke	25%	1.500	600,00	900.000,00
Otpadno željezo	20%	1.200	1.200,00	1.440.000,00
Kablovi razni	3%	180	1.500,00	270.000,00
Olupine i kuć. aparati	30%	1.800	400,00	720.000,00
Akumulatori	2%	120	1.500,00	180.000,00
<b>UKUPNO kn:</b>				<b>8.910.000,00</b>

**Tablica 21. Ukupni potencijalni prihodi od reciklabilnih tvari iz MKO**

Vrsta odvojeno prikupljenog otpada	Potencijalni prihod, kn/ godišnje
Papir/ karton	43.537.500,00
Polimeri/ plastika	60.060.000,00
Kompost	20.000.000,00
Staklo	840.000,00
Metali	8.910.000,00
<b>UKUPNI PRIHODIkn:</b>	<b>133.347.500,00</b>

**3.3.6. Potencijalni troškovi posuda za biootpad**

Ukoliko bi se umjesto vrećica za odvojeno prikupljanje biootpada u kućanstvima uvele posude, tablice 22. i 23. prikazuju investicijske troškove posuda za biootpad.

Trošak vrećica za biootpad prikazan je u tablici 15, zajedno s troškovima vrećica za odvojeno prikupljanje ostalih vrsta otpada.

**Tablica 22. Trošak za posude za biootpad - zajedničko stanovanje**

Fizičke osobe – zajedničko stanovanje/ posude		
Broj čl. kućanstva	Broj kućanstava	Jed. cijena
1 član	82.801	24,24
2 člana	61.966	31,90
3 člana	44.260	39,56
4 člana	26.068	47,22
5 članova	4.209	54,87
6 i više članova	676	62,53
ukupno	219.981	
<b>UKUPNO kn:</b>		<b>cca 7,25 mil</b>

**Tablica 23. Trošak za posude-individualno stanovanje**

Fizičke osobe – individualno st./ posude		
Volumen posude	Broj kućanstava	Jed. cijena
kanta 120 l	129.263	43,32
kanta 240 l	681	72,75
kanta 360 l	54,5	111,64
ukupno	129.998	
<b>UKUPNO kn:</b>		<b>5,65 mil</b>

### 3.3.7. Rekapitulacija glavnih prihoda i troškova

U tablici 24. dan je prikaz potencijalnih prihoda, te pojedinih troškova na godišnjoj razini: troškovi deponiranja za miješani komunalni otpad (ostali otpad kod odvojenog prikupljanja), trošak deponiranja toksičnog pepela iz postrojenja za termičku obradu, dodatni trošak za vrećice, dodatni trošak amortizacije, dodatni pogonski troškovi, te trošak plaća novozaposlenih djelatnika.

Trošak vrećica prikazan je kao razlika u troškovima vrećica za MKO i vrećica za odvojeno prikupljanje.

Trošak za novozaposlene ima izuzetno pozitivnu socijalnu dimenziju, s obzirom da predstavlja novootvorena radna mjesta, kojih bi u varijanti termičke obrade otpada bilo oko četrdesetak, a kod reciklažnih centara čak više od pet stotina novih radnih mjesta.

**Tablica 24. Pregled novih godišnjih prihoda i troškova**

<b>Pregled novih prihoda i troškova u kunama godišnje</b>	<b>Odlaganje MKO na odlagalište Prudinec</b>	<b>Termička obrada otpada u PTOO</b>	<b>Odvojeno prikupljanje i ponovna uporaba</b>
Prodaja recikl. tvari	0	0	133.000.000,00
Prodaja el. i topl. energije*		80.000.000,00	
Trošak deponija/ZGOS	-96.600.000,00	0	-9.660.000,00
Trošak za novo osoblje	0	0	-46.000.000,00
Dodatni trošak vrećica	0	0	-6.000.000,00
Dodatni trošak amortizacije	0	0	-4.300.000,00
Dodatni pogonski troškovi	0	-300.000.000,00	-23.200.000,00
Trošak deponiranja pepela	0	-30.000.000,00	0
<b>Ukupno, kn/godišnje</b>	<b>-96.600.000,00</b>	<b>-250.000.000,00</b>	<b>43.840.000,00</b>

\*Za optimalne uvjete proizvodnje i otkupa električne i toplinske energije i uz prethodnu izgrađenost priključne infrastrukture

## 4. LCA ANALIZA VARIJANTI I KOMPARATIVNI PRIKAZ REZULTATA

### 4.1. Uvod

Prema normi ISO 14040:2006, procjena životnog ciklusa odnosno LCA (engl. *Life Cycle Assessment*) je definiran kao „kompilacija i evaluacija ulaznih i izlaznih parametara te potencijalnog utjecaja na okoliš nekog sustava kroz njegov životni vijek“. Prema tome, LCA analiza obuhvaća sve stadije pripadnog životnog ciklusa nekog procesa ili proizvoda – od dobave sirovina preko izrade materijala, sklapanja i korištenja do njegovog konačnog odbacivanja ponovnom upotrebom, recikliranjem ili odlaganjem. U tim stadijima sadržani su svi utjecaji koji opterećuju okoliš poput nabave sirovina, štetnih emisija proizvodnje i transporta, iskorištavanje krajolika itd.

Zbog svojih mogućnosti ukupne predodžbe praćenja procesa ili proizvoda *od kolijevke do groba* ('*cradle-to-grave*' pristup), a posebno mogućnosti usporedbe raznih varijanti, LCA se uvelike koristi kod izrade novih proizvoda, poboljšavanja starih, izbora najboljeg proizvoda te kod donošenja poslovnih ili strateških odluka.

### 4.2. LCA analiza gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu

#### 4.2.1. Definiranje cilja i opsega LCA analize

Cilj LCA analize gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu je utvrđivanje i usporedba utjecaja na okoliš tri varijante postupanja s otpadom. Prva (nulta) varijanta (*Zagreb sada*) opisuje stanje u kojem se najveći dio otpada zbrinjava na odlagalištu otpada, uz nizak postotak odvojeno prikupljenih komponenti. Druga varijanta opisuje sustav u kojem se miješani komunalni otpad, umjesto zbrinjavanja na odlagalištu, termički obrađuje u PTOO. Treća varijanta uključuje koncept uspostave kružnog gospodarstva, razrađen u poglavlju 3.

#### 4.2.2. Granice sustava

Granice obuhvata LCA analize obuhvaćaju sve procese i postupke od prikupljanja otpadnih materijala, transporta do reciklažnog centra, procesiranja, odvoza do oporabitelja te sam postupak uporabe. Neodvojeni miješani komunalni otpad jednako se prati do odlagališta, kao i do postrojenja za termičku obradu otpada, te uzimajući u obzir korištene tehničke mjere zaštite okoliša, analizira se njegov utjecaj na okoliš.

U analizi su obuhvaćeni materijali koji se javljaju u otpadu a pripadaju nekoj od glavnih komponenata otpada (npr. polietilen → plastika itd.), te svi procesi povezani s njima. Dakle, granicu sustava analize čini nastanak raznih proizvoda sadržanih u miješanom komunalnom otpadu, te njihovo zbrinjavanje nakon upotrebe.

#### 4.2.3. Kvaliteta podataka

Materijali i procesi korišteni za izradu ove analize dio su baza podataka koje se nalaze u sklopu alata za izradu LCA analize (npr. Ecoinvent, USLCI, Australasian LCI itd.) dok su podaci o količinama i transportu preuzeti iz literature.

#### 4.2.4. Metoda

Za izradu analize i interpretaciju rezultata korištena je metoda IMPACT 2002+:

Ova metoda je kombinacija 4 metode (*IMPACT 2002*, *Eco-indicator 99*, *CML* i *IPCC*) i uzima u obzir četiri kategorije oštećenja:

1. **Ljudsko zdravlje** (engl. *Human Health*) - jedinica: DALY
2. **Kvaliteta ekosustava** (engl. *Ecosystem Quality*) - jedinica: PDF\*m<sup>2</sup>\*yr
3. **Klimatske promjene** (engl. *Climate Change*) - jedinica: kg CO<sub>2</sub>eq ispuštenog u atmosferu
4. **Resursi** (engl. *Resources*) - jedinica: MJ primarne neobnovljive energije

Kategorije utjecaja koje obrađuju ova metoda prikazane su u sljedećoj tablici.

<b>Impact 2002+</b>
Kancerogeni (engl. <i>Carcinogens</i> )
Nekancerogeni (engl. <i>Non-carcinogens</i> )
Respiratorni anorganski spojevi (engl. <i>Respiratory Inorganics</i> )
Ionizirajuće zračenje (engl. <i>Ionizing Radiation</i> )
Oštećenje ozonskog sloja (engl. <i>Ozone Layerdepletion</i> )
Respiratorni organski spojevi (engl. <i>Resp. Organics</i> )
Vodena ekotoksičnost (engl. <i>Aquatic Ecotoxicity</i> )
Ekotoksičnost tla (engl. <i>Terrestrial Ecotoxicity</i> )
Zakiseljavanje/nutrikacija tla (engl. <i>Terrestrial acid./nutri.</i> )
Zaposjedanje zemljišta (engl. <i>Land Occupation</i> )
Zakiseljavanje voda (engl. <i>Aquatic Acidification</i> )
Eutrofikacija voda (engl. <i>Aquatic Eutrophication</i> )

Globalno zatopljenje (engl. <i>Global Warming</i> )
Neobnovljiva energija (engl. <i>Non-renewable Energy</i> )
Vađenje minerala (engl. <i>Mineral Extraction</i> )

#### 4.2.5. Scenariji obuhvaćeni LCA analizom

LCA analiza je provedena za ukupno tri scenarija:

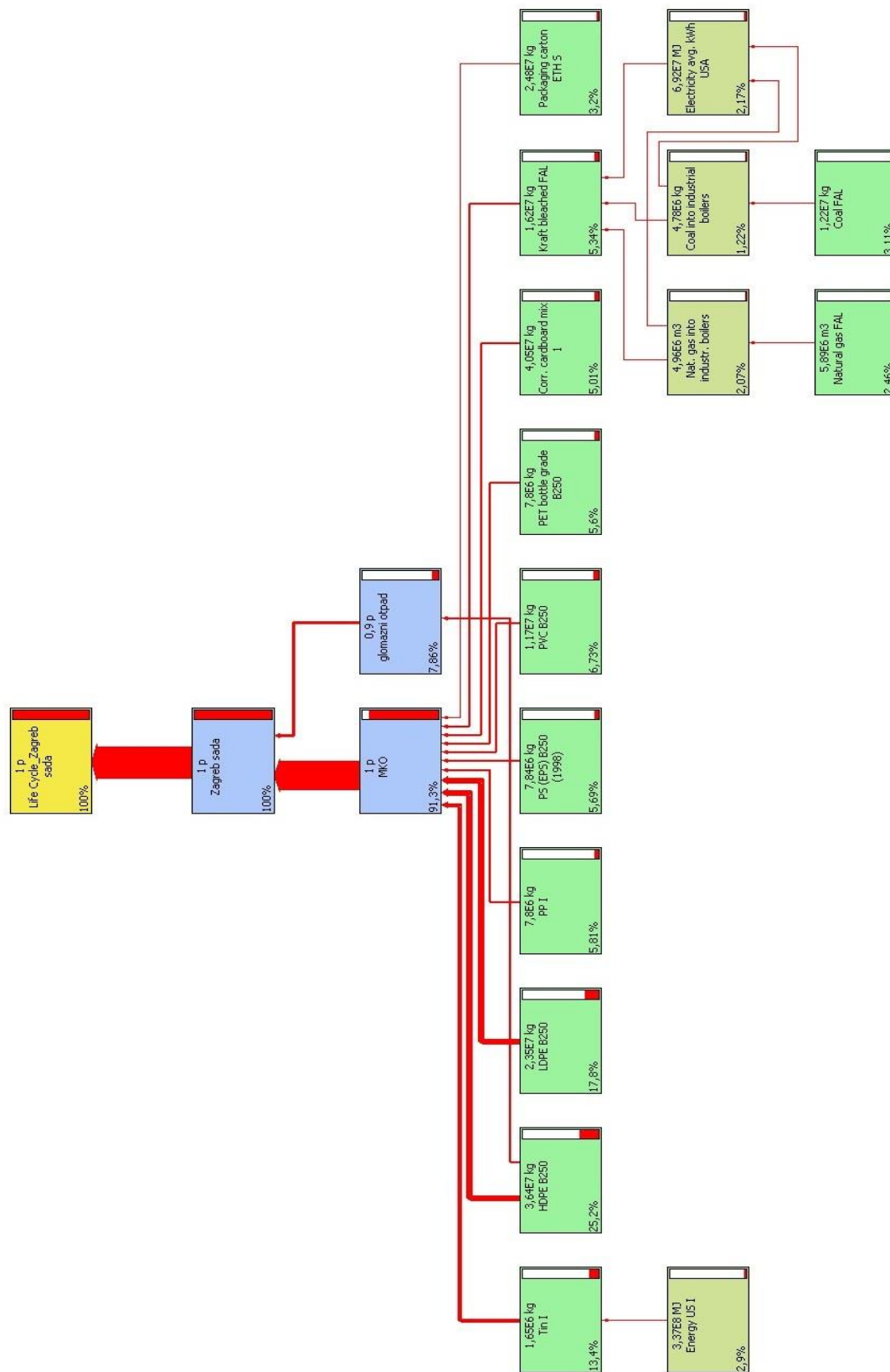
<b>Scenarij 0.</b>	Sustav Zagreb sada	Odlaganje MKO i glomaznog otpada na odlagalište Manji dio otpada prikuplja se odvojeno
<b>Scenarij 1.</b>	Sustav Zagreb PTO	Termička obrada miješanog komunalnog otpada i dijela glomaznog otpada Manji dio otpada prikuplja se odvojeno
<b>Scenarij 2.</b>	Sustav Zagreb ZW	Uspostava sustava kružnog gospodarstva 90% MKO se reciklira 10 % ostalog otpada odlaže se na odlagalištu

Podaci o prosječnom sastavu miješanog komunalnog otpada, ukupnoj količini odvojeno prikupljenog otpada uzeti su iz tablica 3. i 4. Prosječna putanja koju maraju prijeći kamioni za dovoz otpada, uzeta je kao iskustveno procijenjena vrijednost.

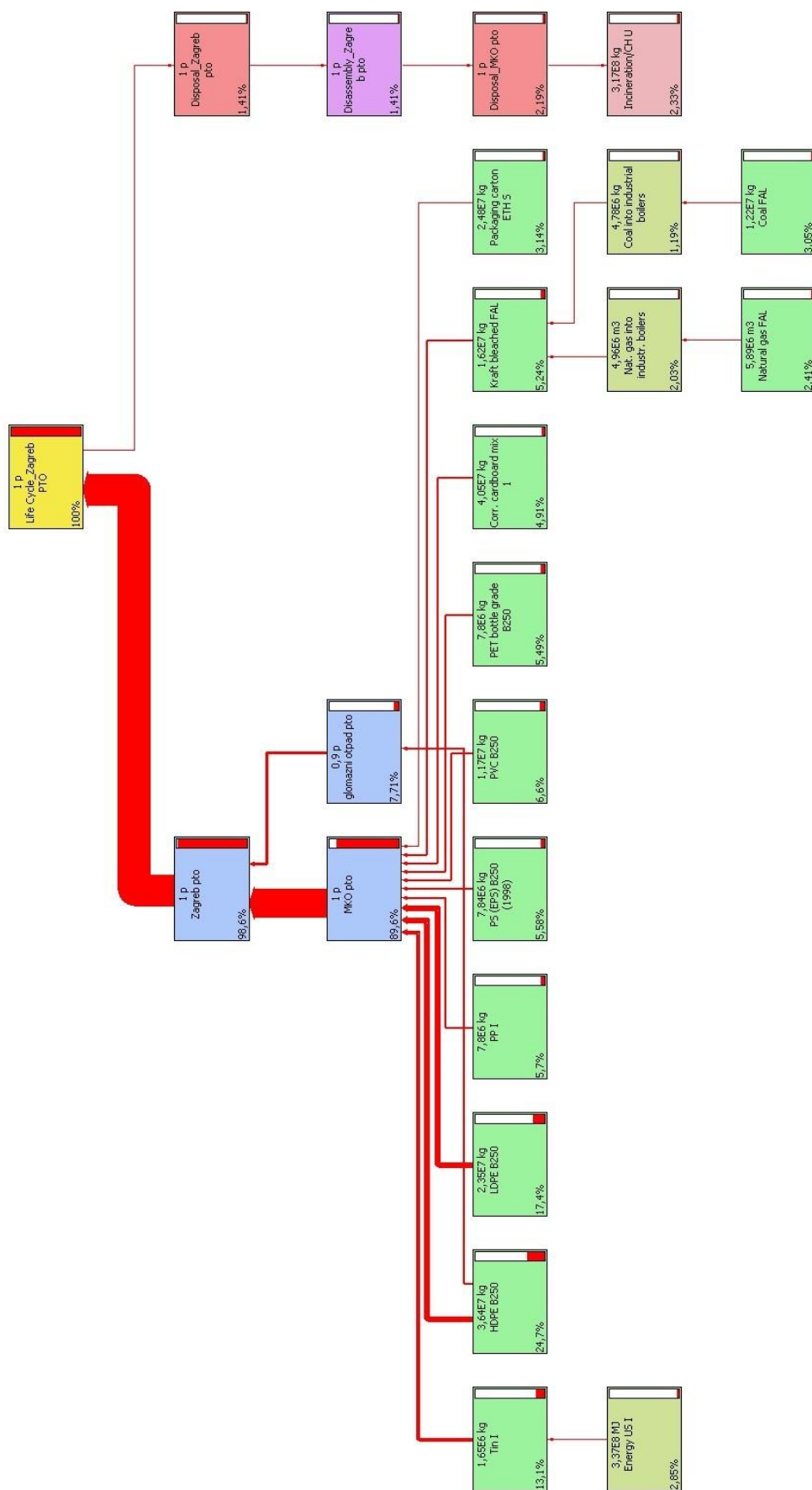
### 4.3 Rezultati

Svi rezultati temeljeni su na godišnjoj količini otpada od 300.000 tona.

## 4.3.1. Generiranje mreže procesa

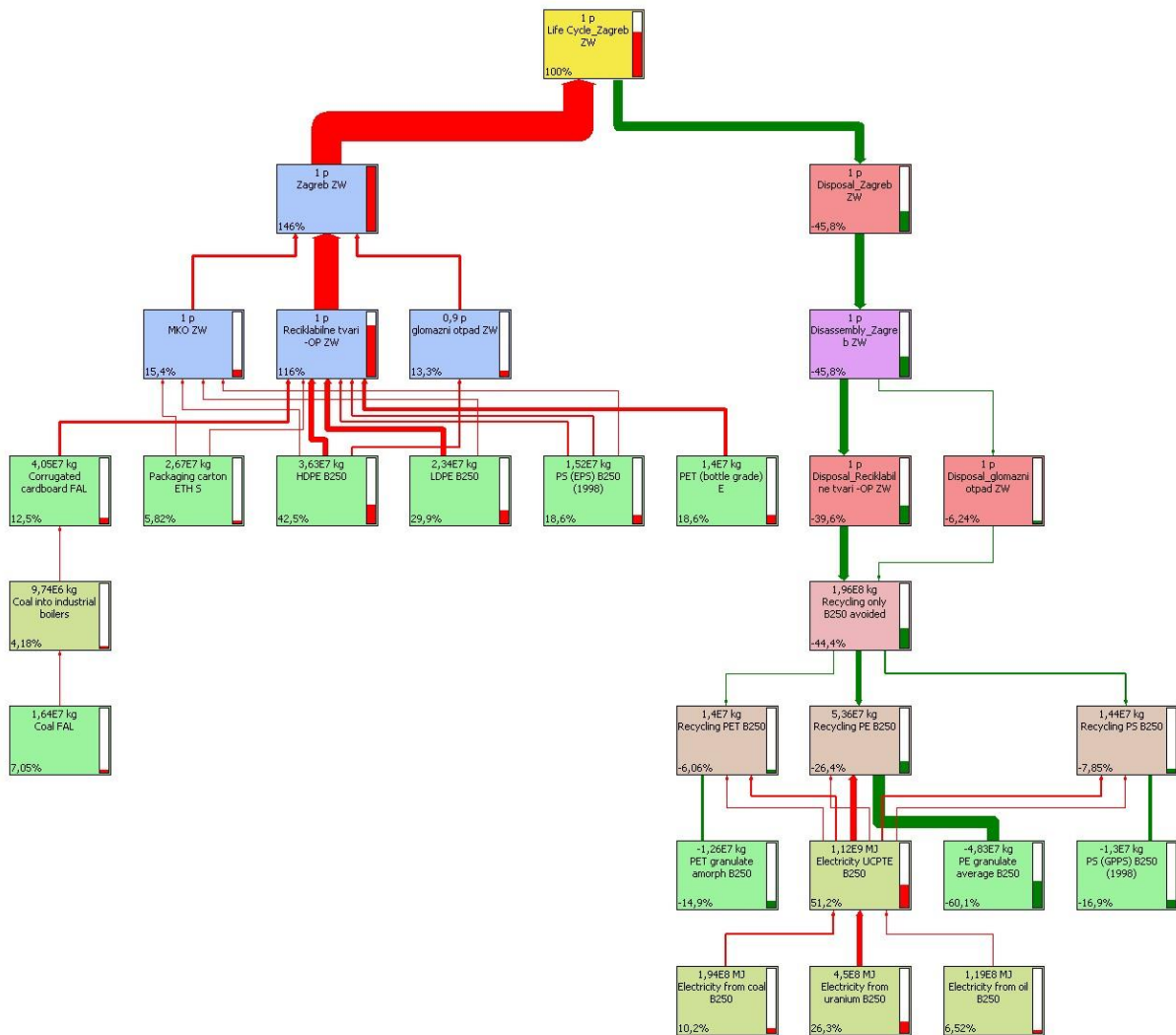


Slika 9. Mreža procesa za varijantu Zagreb sada



Slika 10. Mreža procesa za varijantu Zagreb PTO

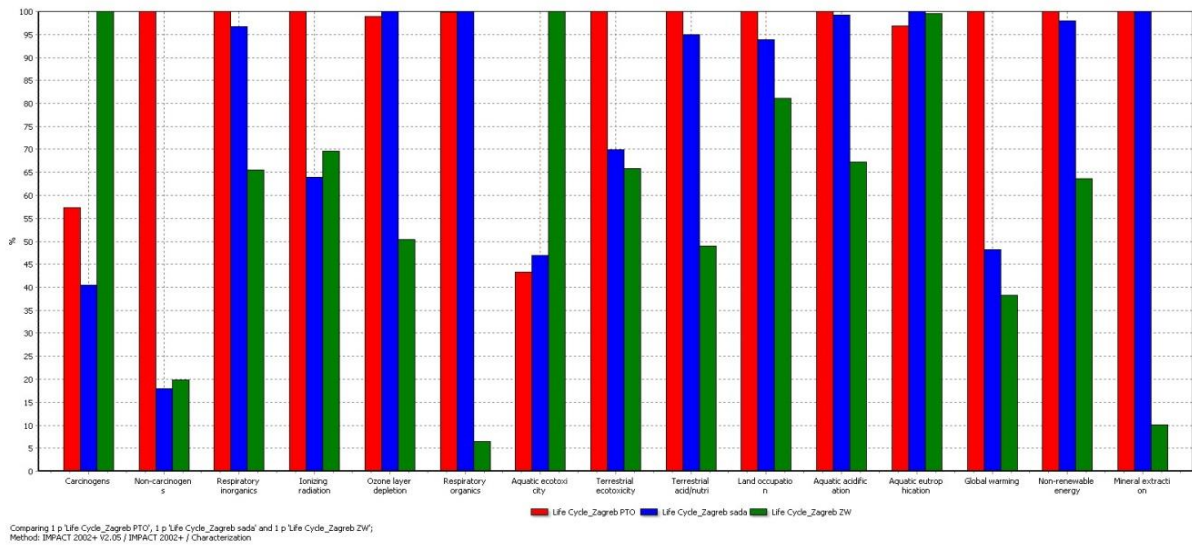




Slika 11. Mreža procesa za varijantu Zagreb ZW

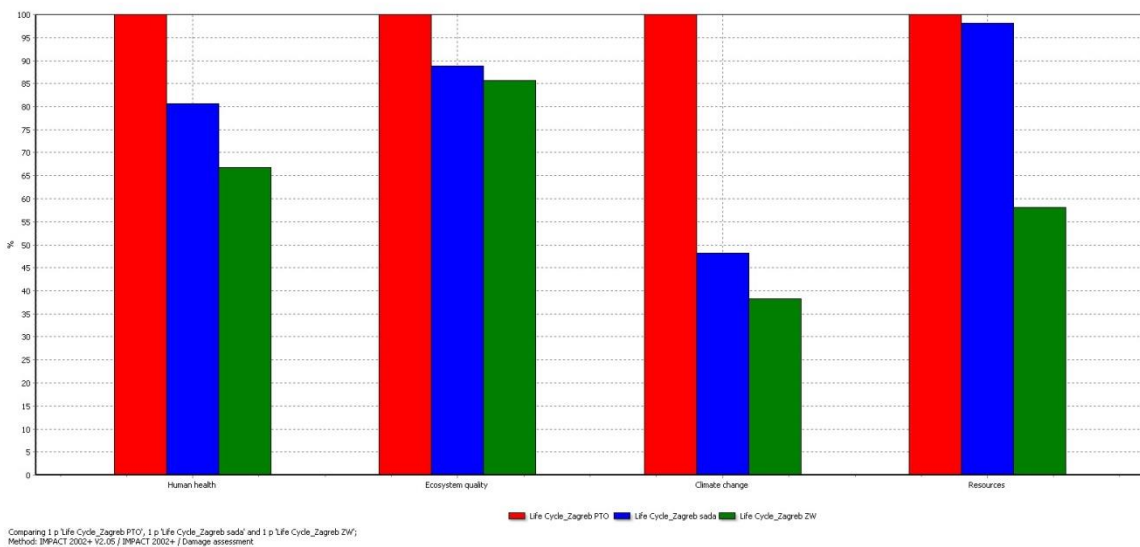
#### 4.3.2 Karakterizacija podataka (engl. Characterization)

Za interpretaciju rezultata pojedine kategorije utjecaja nužno je svaki rezultat analize inventara procesa množiti s faktorom karakterizacije. Negativne vrijednosti u dijagramima daju podatak o pozitivnom doprinosu očuvanju okoliša.



Slika 12. Karakterizacija podataka

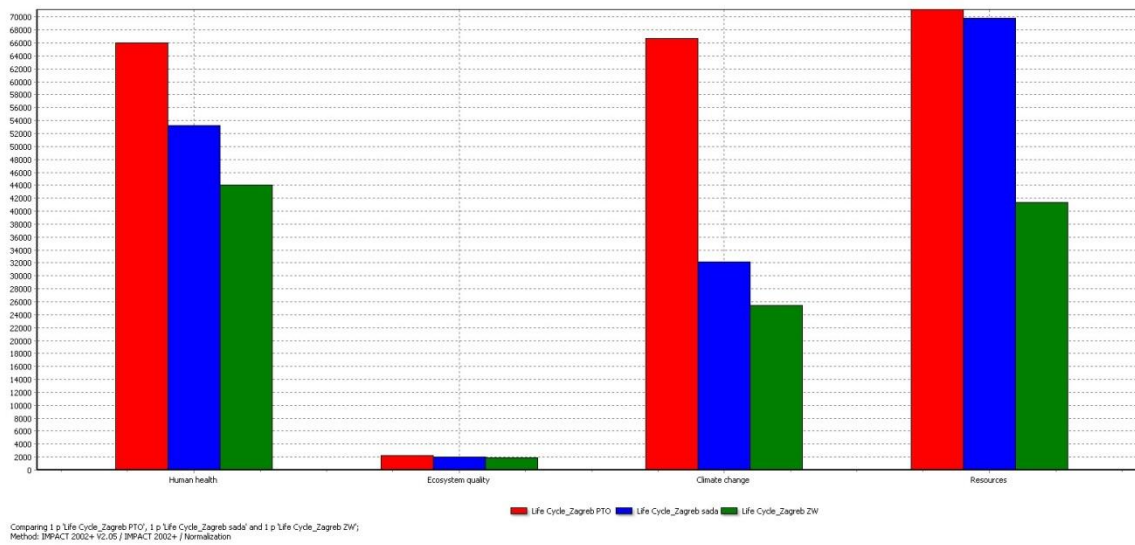
### 4.3.3. Procjena oštećenja (engl. Damage Assessment)



Slika 13. Procjena oštećenja

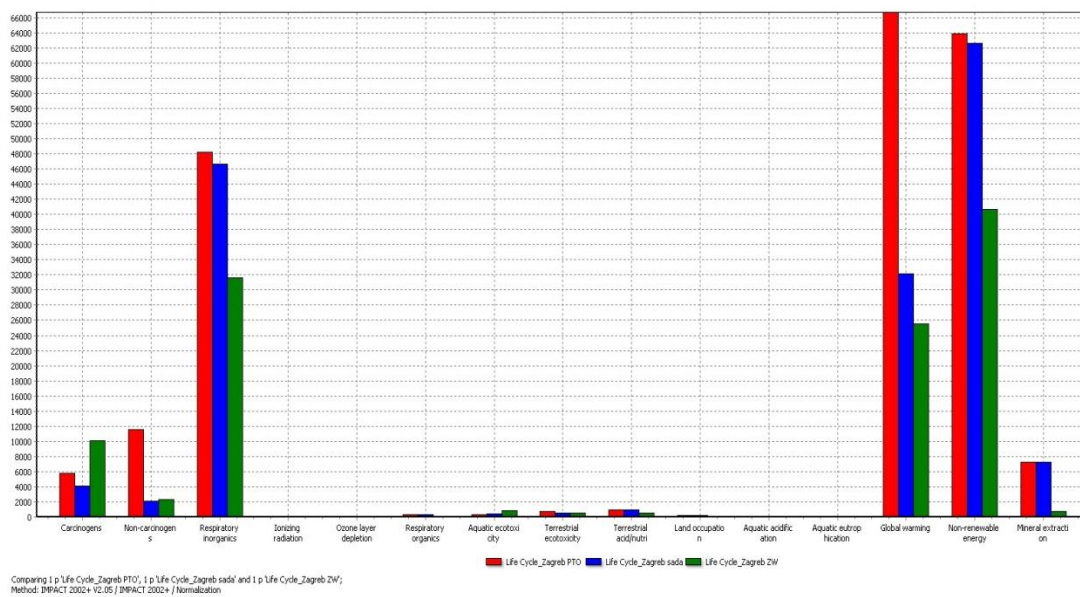
### 4.3.4. Normalizacija (engl. Normalization)

Prema normi ISO 14044-2006, normalizacija je izračun značaja rezultata pokazatelja oštećenja u odnosu na referentni podatak. Normalizirani podaci pokazuju značaj pojedine kategorije utjecaja na životni ciklus.



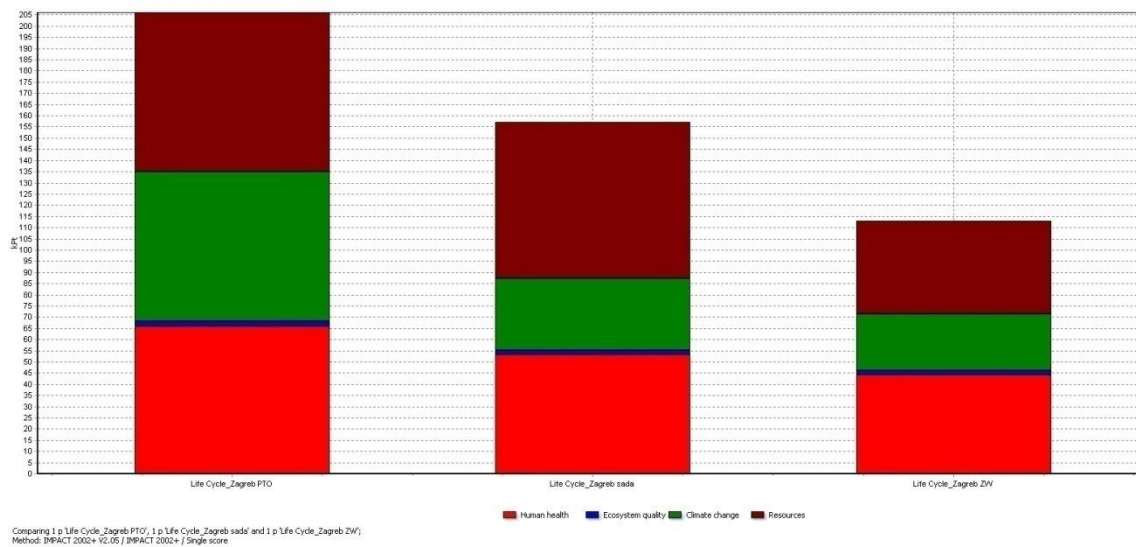
Slika 14. Normalizacija

- prema kategoriji utjecaja



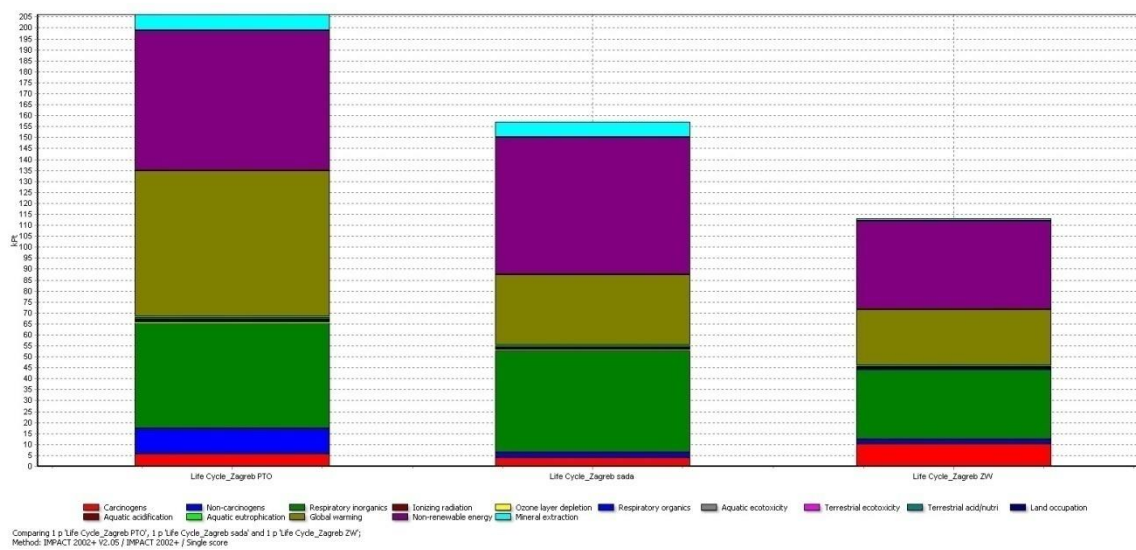
Slika 15. Normalizacija prema kategoriji utjecaja

### 4.3.5. Jedinstveni rezultati (engl. Single Scores)



Slika 16. Jedinstveni rezultati

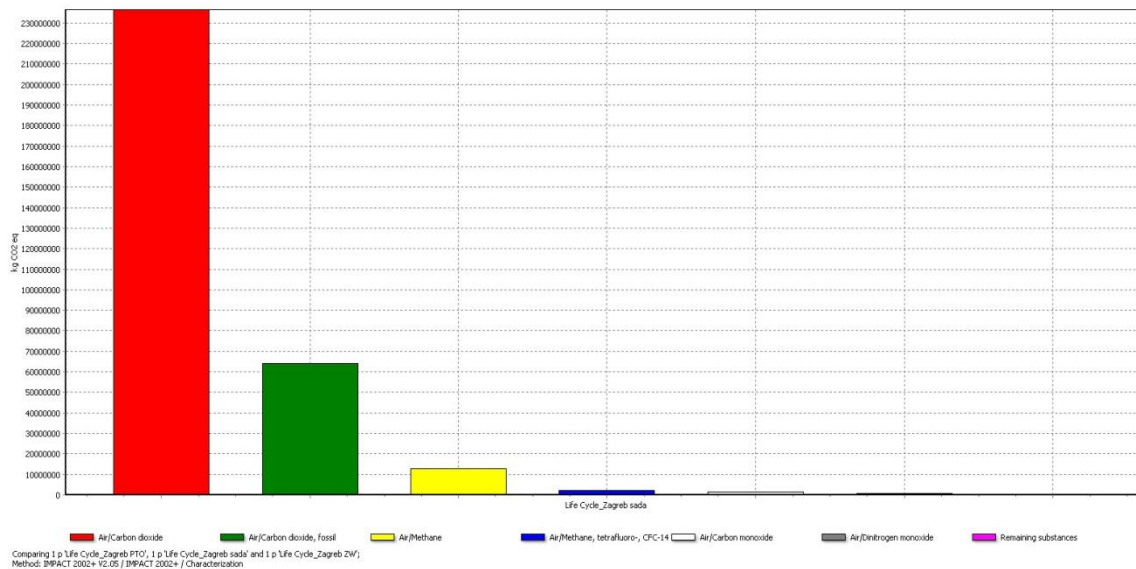
- prema kategoriji utjecaja



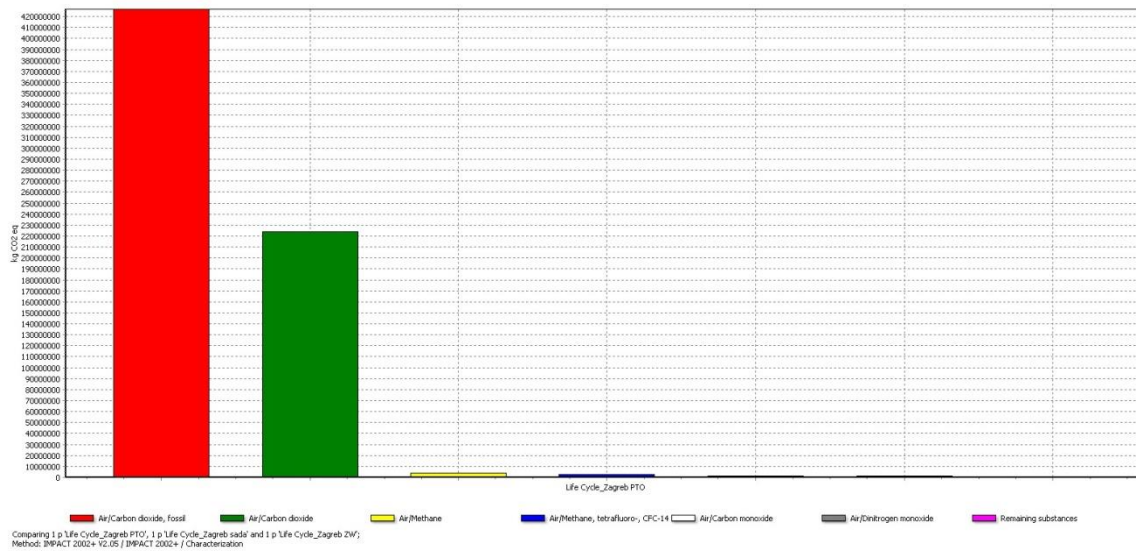
Slika 17. Jedinstveni rezultati prema kategoriji utjecaja

### 4.3.6. Usporedba po odabranim kategorijama

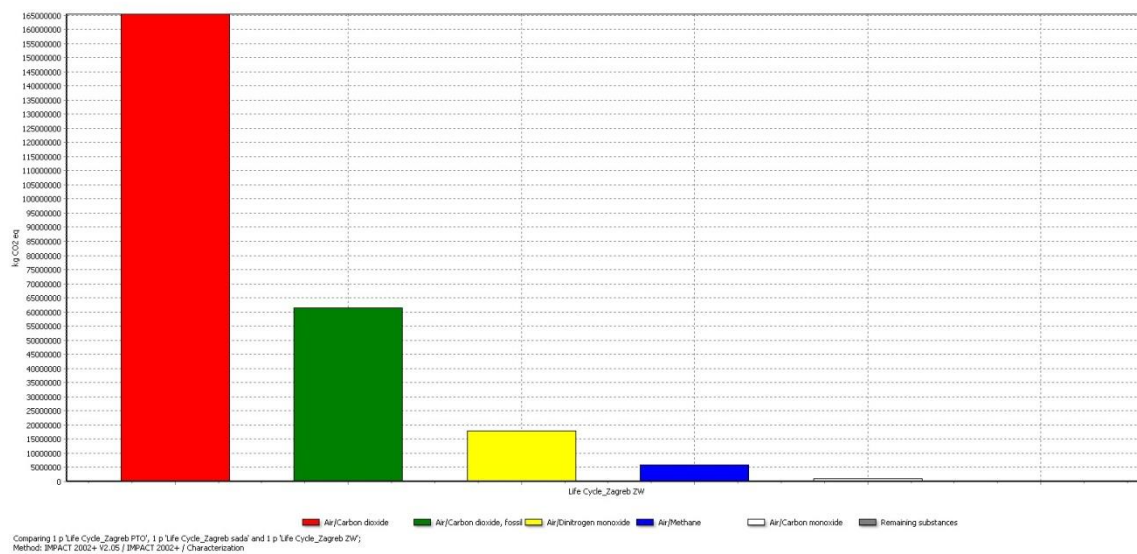
#### 4.3.6.1 Globalno zatopljenje (kg CO<sub>2</sub>eq)



Slika 18. Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb sada

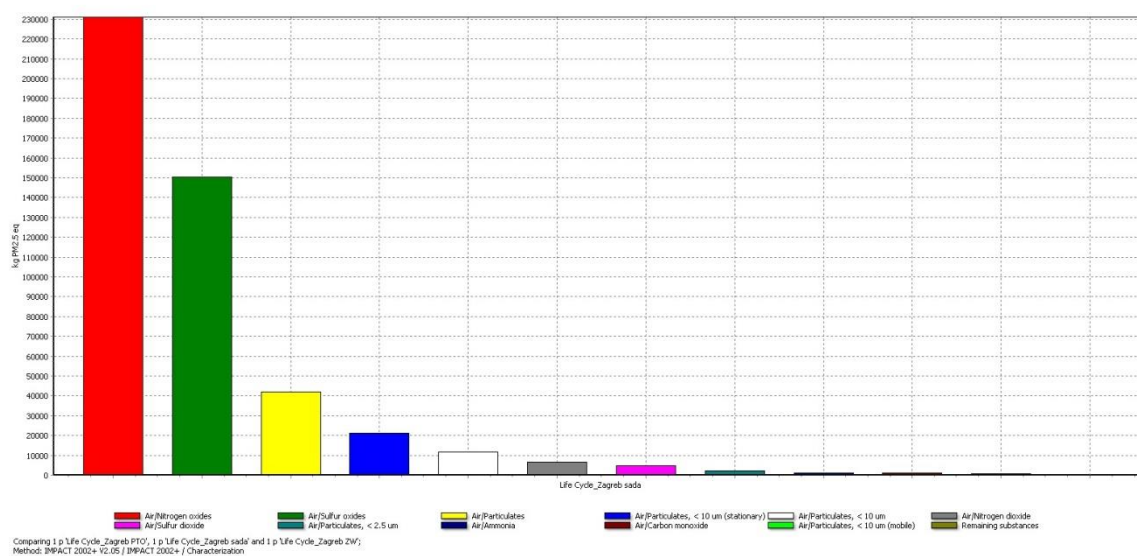


Slika 19. Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb PTO

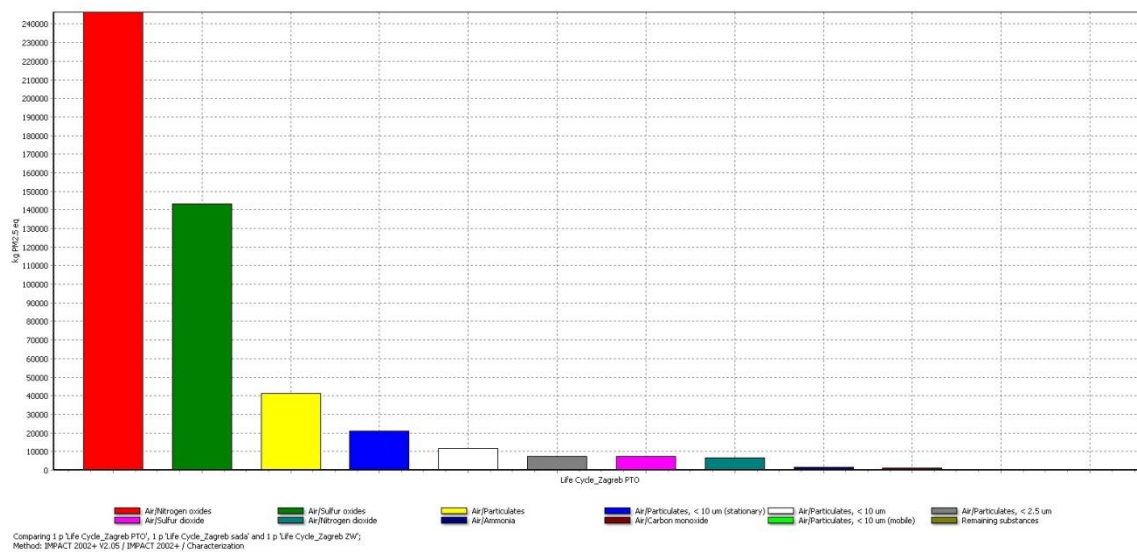


**Slika 20. Godišnje emisije stakleničkih plinova, varijanta Zagreb ZW**

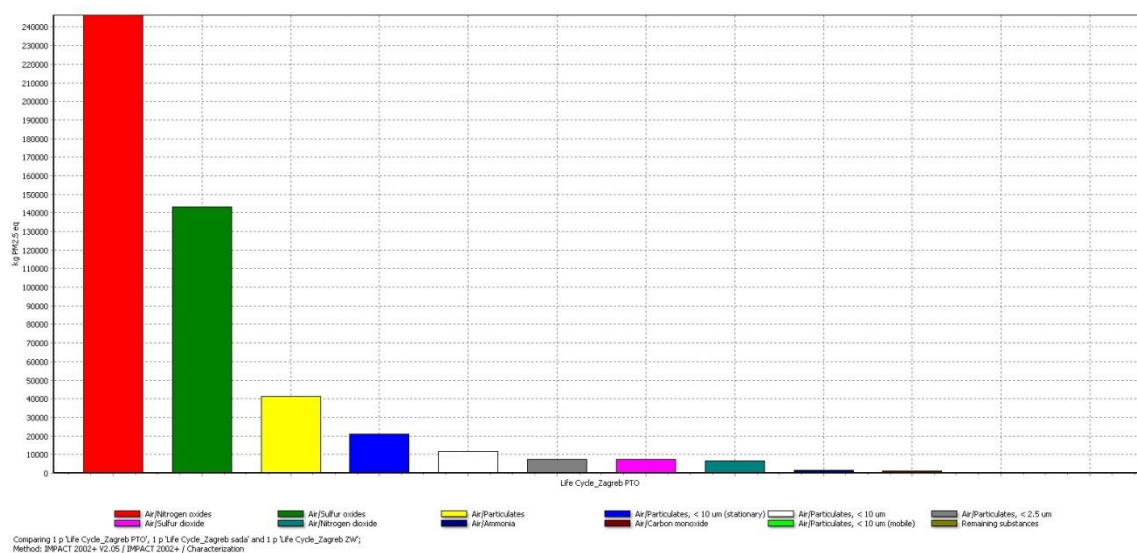
#### 4.3.6.2. Respiratorne anorganske tvari



**Slika 21. Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb sada**

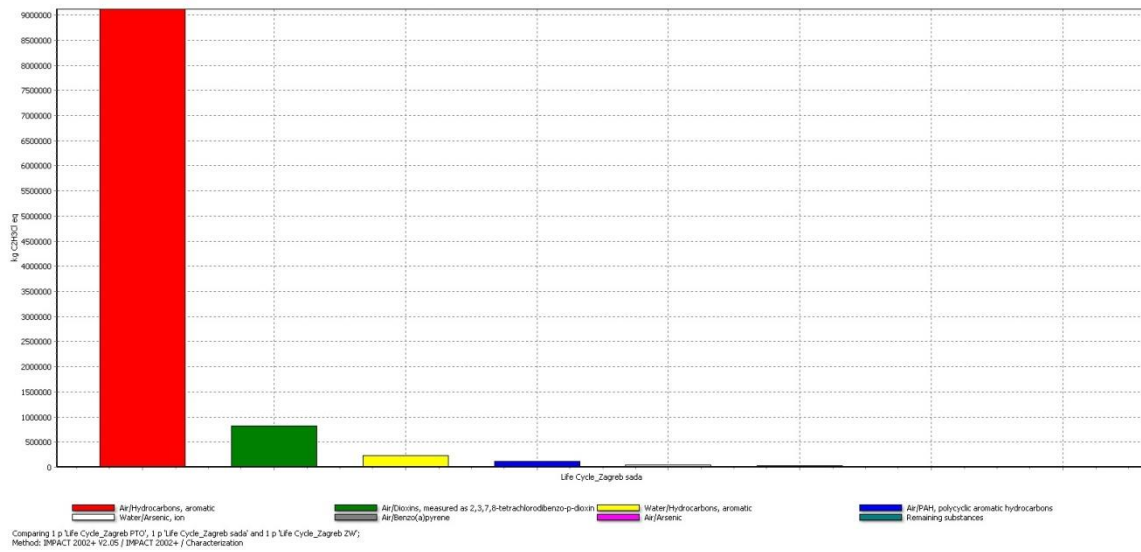


Slika 22. Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb PTO

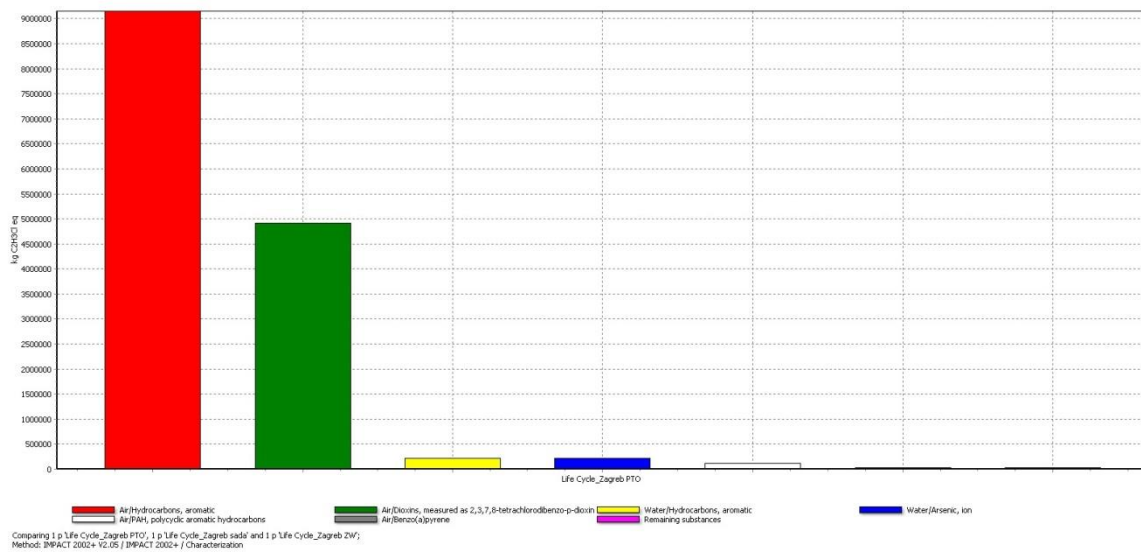


Slika 23. Respiratorne anorganske tvari, varijanta Zagreb ZW

4.3.6.3. Kancerogene tvari

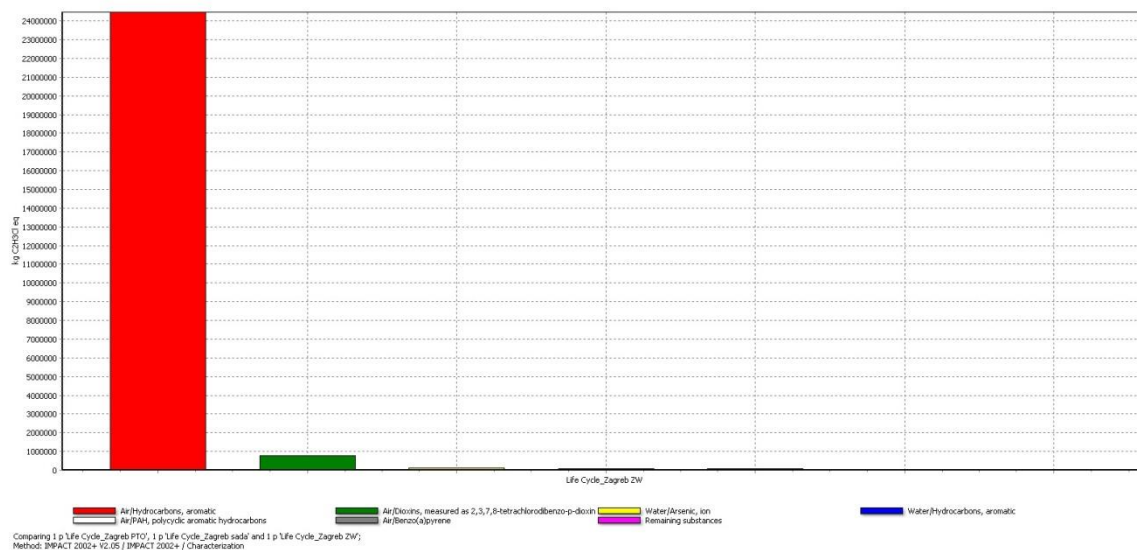


Slika 24. Kancerogene tvari, varijanta Zagreb sada



Slika 25. Kancerogene tvari, varijanta Zagreb PTO





**Slika 26. Kancerogene tvari, varijanta Zagreb ZW**

#### 4.3.7. Zaključak

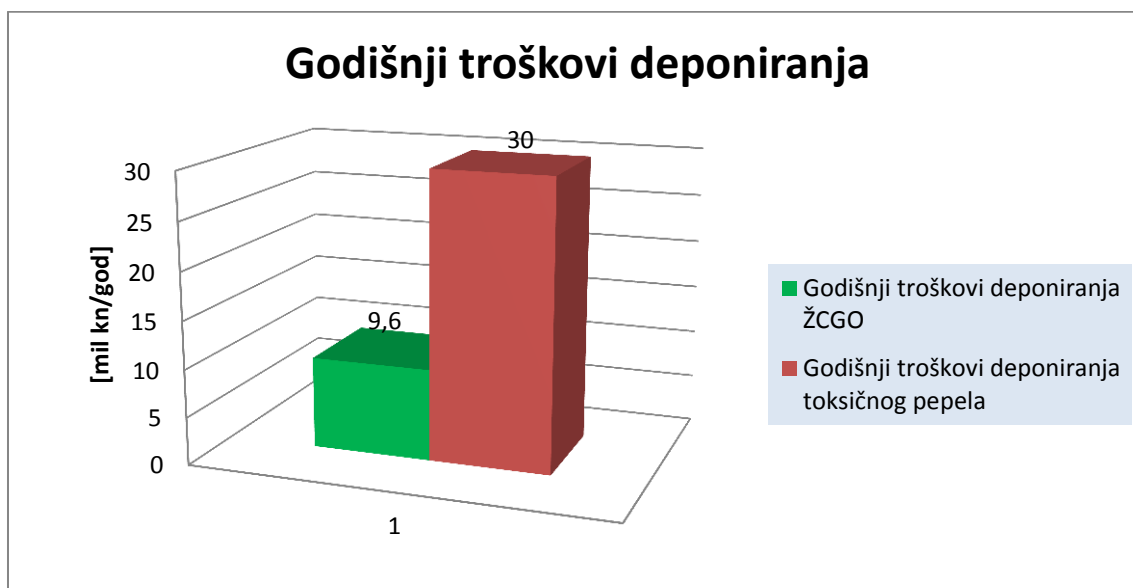
Implementacijom sustava odvojenog prikupljanja otpada temeljenog na uspostavi kružnog gospodarstva, te njegovog recikliranja, smanjuju se svi značajni utjecaji na ljudsko zdravlje, povećava se kvaliteta ekosustava i značajno se smanjuju iskorištavanja nepovratnih prirodnih resursa.

## 5. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA VARIJANTI, KOMPATIVNI PRIKAZ REZULTATA

Pregled glavnih troškova i prihoda dan je u Tablici 25., poglavlje 3.

U nastavku će još biti prikazani usporedni troškovi deponiranja, te pogonski troškovi reciklažnih centara.

### 5.1. Troškovi deponiranja

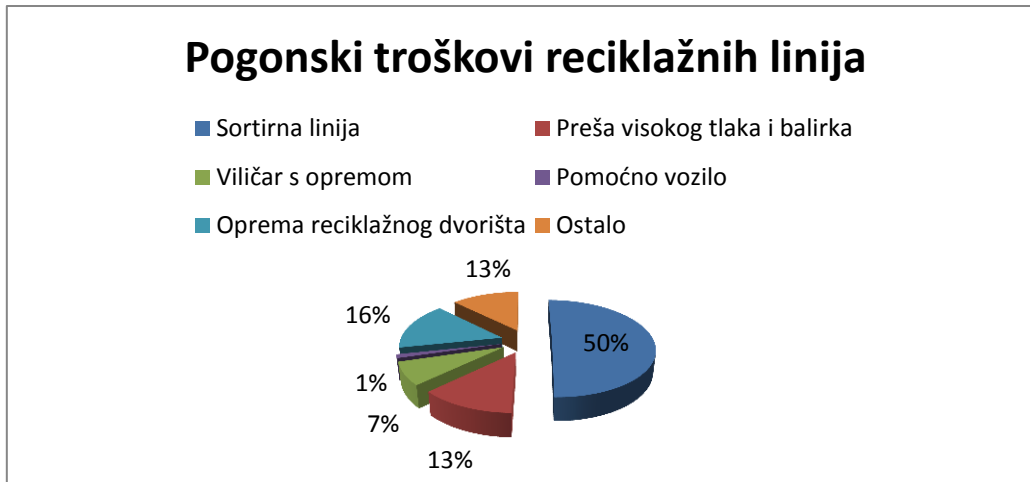


Slika 27. Grafički prikaz godišnjih troškova deponiranja

### 5.3. Pogonski troškovi

Tablica 25. Godišnji pogonski troškovi reciklažnih linija za jedan reciklažni centar

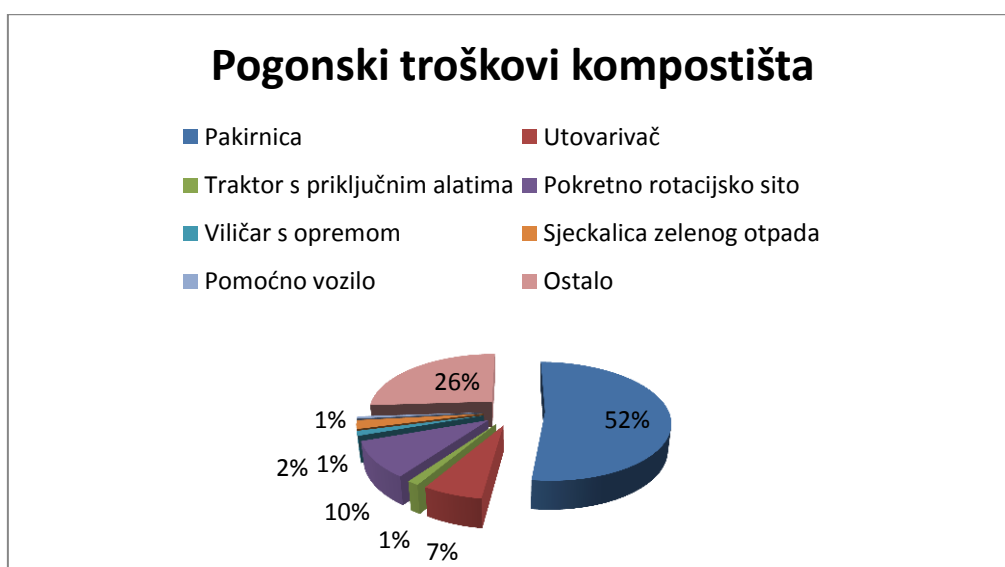
<b>Pogonski troškovi reciklažnih linija</b>	jedinica	broj jedinica	jed. cijena servisa	cijena, kn
Sortirna linija	kom	4	200.000,00	800.000,00
Preša visokogtlaka i balirka	kom	2	100.000,00	200.000,00
Viličar s opremom	kom	12	10.000,00	120.000,00
Pomoćno vozilo	kom	4	5.000,00	20.000,00
Oprema reciklažnog dvorišta			250.000,00	250.000,00
Ostalo				200.000,00
<b>UKUPNO</b>				<b>1.590.000,00</b>



Slika 28. Grafički prikaz pogonskih troškova-reciklažne linije

Tablica 26. Godišnji pogonski troškovi kompostišta za jedan reciklažni centar

<b>Pogonski troškovi kompostišta</b>	jedinica	broj jedinica	jed. cijena servisa	cijena, kn
Pakirnica	kom	4	200.000,00	800.000,00
Utovarivač	kom	4	25.000,00	100.000,00
Traktor s priključnim alatima	kom	4	5.000,00	20.000,00
Pokretno rotacijsko sito	kom	2	75.000,00	150.000,00
Viličar s opremom	kom	2	10.000,00	20.000,00
Sjeckalica zelenog otpada	kom	2	18.000,00	36.000,00
Pomoćno vozilo	kom	2	5.000,00	10.000,00
Ostalo				400.000,00
<b>UKUPNO</b>				<b>1.536.000,00</b>

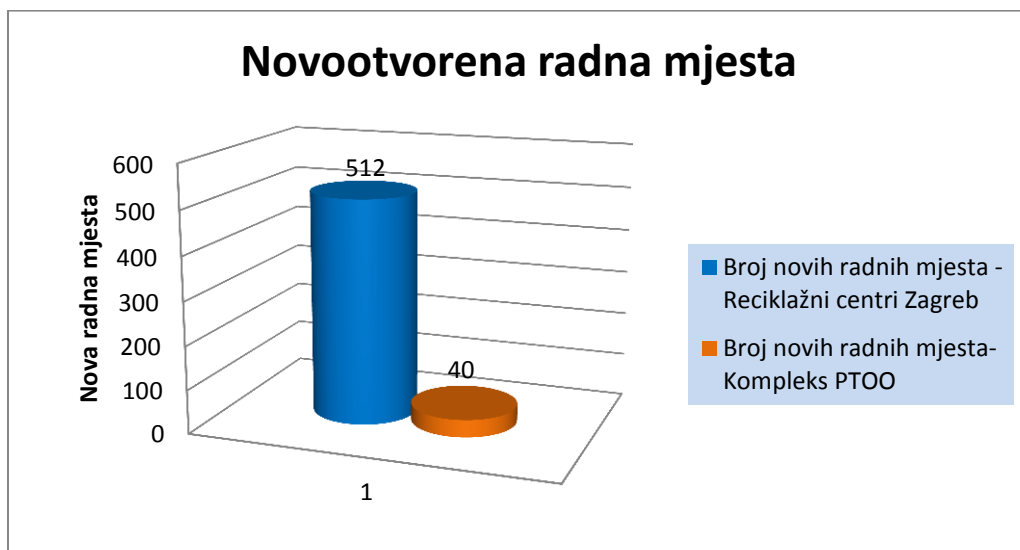


Slika 29. Grafički prikaz pogonskih troškova-kompostišta

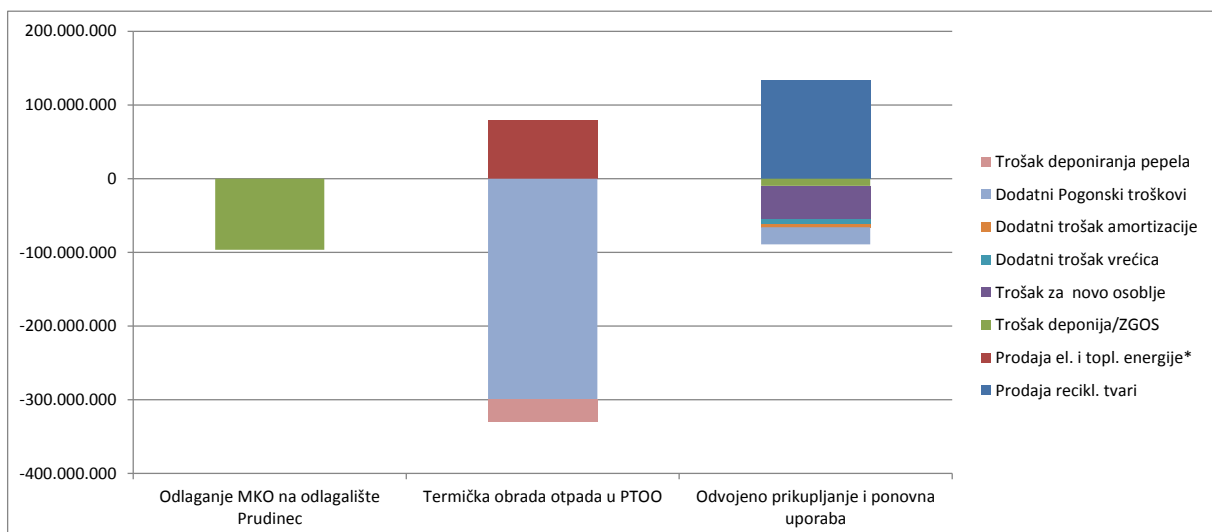
**Tablica 27. Ukupni pogonski troškovi reciklažnih centara/godišnje**

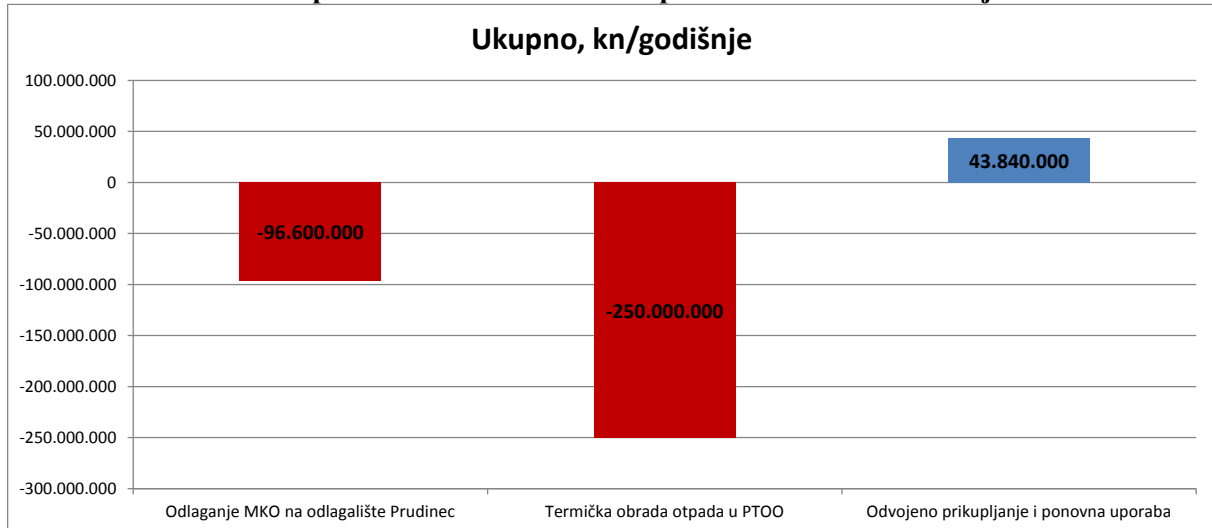
deponij ŽCGO	9.660.000,00
kompost-terenski timovi	1.040.000,00
plaće novozaposlenih	46.000.000,00
reciklažne linije-sve	6.360.000,00
kompostišta-sva	6.144.000,00
<b>UKUPNO</b>	<b>69.204.000,00</b>

#### 5.4. Novootvorena radna mjesta

**Slika 30. Grafički prikaz broja novootvorenih radnih mjesta**

#### 5.5. Potencijalni prihodi



**Slika 31. Grafički prikaz strukture troškova i prihoda razmatranih varijanti****Slika 32. Grafički prikaz sume troškova i prihoda razmatranih varijanti**

## **ZAKLJUČAK**

Provedenom tehno-ekonomskom analizom i analizom cjelokupnog utjecaja na okoliš, na primjeru postupanja s komunalnim otpadom grada Zagreba, svi pokazatelji upućuju na to da su rješenja koja se temelje na recikliranju odvojeno prikupljenog komunalnog otpada ne samo ekonomski i socijalno najprihvatljivija, nego u potpunosti isključuju mogućnost nastanka i unosa u okoliš novih, visokotoksičnih tvari, koje je potrebno dodatno zbrinjavati na adekvatan način.

## LITERATURA

- [1] Connet, P.: The zero waste solution, vlastita naklada, SAD, 2013.
- [2] Agencija za zaštitu okoliša: Izvješće o komunalnom otpadu za 2013. godinu, Zagreb, 2015.
- [3] Grupa autora: Strateška studija o utjecaju na okoliš prijedloga plana gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu do 2015., Grad Zagreb, Zagreb 2014.
- [4] Grupa autora: Plan gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu za razdoblje do 2015. godine, Grad Zagreb, Zagreb, 2014.
- [5] Agencija za zaštitu okoliša: Katalog otpada, online PDF datoteka
- [6] Dobrović, S.: Nastavni materijali
- [7] Dobrović, S., Smoljanić, G.: LCA analiza sustava gospodarenja otpadom otoka Krka, FSB Zagreb, 2014.
- [8] ZGOS: Cjenik usluga, PDF online datoteka
- [9] Jutarnji list: online arhiva, izdanje 3.3.2013.
- [10] Večernji list : online arhiva, izdanje 13. 6. 2014.