

# Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Assessment) kod planiranja upravljanja komunalnim otpadom grada Vrgorca

---

Jović, Augustin

Master's thesis / Diplomski rad

2017

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:771476>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Augustin Jović**

**Split, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Augustin Jović**

**Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Assessment) kod  
planiranja upravljanja komunalnim otpadom grada  
Vrgorca**

**Diplomski rad**

**Split, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: Augustin Jović  
BROJ INDEKSA: 595  
KATEDRA: **Katedra za Gospodarenje vodama i zaštita voda**  
PREDMET: Zbrinjavanje komunalnog tekućeg i krutog otpada

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Assessment) kod planiranja upravljanja komunalnim otpadom Grada Vrgorca

Opis zadatka:

Na temelju dostupnih podataka vezanih za postojeće odlagalište otpada Grada Vrgorca, potrebno je napraviti bilancu krutog otpada, predložiti različite varijante sanacije odlagališta te različite varijante načina gospodarenja otpadom u budućem razdoblju s osvrtom na nacionalni i europski zakonski okvir, dostupna tehnička rješenja, a sve kroz prizmu analize životnog ciklusa pojedino odabrane varijante. Kandidat pritom mora koristiti aktualnu literaturu kao i sve važeće i dostupne zakonske propise s kojima se regulira gospodarenje gospodarenje komunalnog krutog otpada.

U Splitu, 8.5.2017.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Doc. dr. sc. Veljko Srzić

# **Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Assessment) kod planiranja upravljanja komunalnim otpadom grada Vrgorca**

## ***Sažetak:***

Za potrebe rada proračunata je bilanca komunalnog krutog otpada Grada Vrgorca. Na temelju dobivenih podataka donešeno je nekoliko načina upravljanja odlagalištem komunalnog krutog otpada, kako sa financijske strane, tako i sa strane utjecaja na okoliš. Ispitane su tri varijante upravljanja komunalnim krutim otpadom za buduće razdoblje, kao i mogućnost saniranja postojećeg odlagališta. Interpretacija rezultata u pogledu utjecaja na okoliš te financijske analize provedene su prema principima analize životnog ciklusa ( LCA - *Life Cycle Analysis*). Rezultati su prikazani u grafičkom i u tabelarnom obliku. Na samom kraju komentirani su rezultati i donesen je zaključak s prijedlozima najboljeg mogućeg rješenja.

*Ključne riječi:* LCA, komunalni kruti otpad, MBO, spalionica otpada, odlagalište otpada

## **Life cycle analysis in municipal waste management planning of the town of Vrgorac**

## ***Abstract:***

For the purpose of the present thesis the balance sheet of the municipal solid waste of the town of Vrgorac has been calculated. Furthermore, the obtained data served as the basis for creation of several ways of managing the municipal solid waste landfill, both from financial and ecological aspect. Three different solutions of municipal solid waste management were analysed for the future period as well as possibilities of management of the existing landfill. The interpretation of the results from the ecological and financial point of view was conducted using the LCA (Life Cycle Analysis) approach. Finally, the results have been summarized in graphical and tabular form and elaborated in the conclusion along with several propositions for the best possible solutions.

*Key words:* LCA, municipal solid waste, MBT, waste incinerator, landfill

***Zahvala:***

*Zahvaljujem se svom mentoru Doc. dr. sc. Ivi Andriću na pruženoj pomoći i savjetima pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Također, zahvaljujem se cijeloj svojoj obitelji koja me uvijek podržavala i upućivala na pravi put, a posebno svojim roditeljima bez kojih sve ovo što sam do sad postigao nebi bilo moguće.*

*Hvala svim mojim prijateljima koji su mi najljepše godine odrastanja učinili nezaboravnima.*

## S a d r Ź a j

1. Uvod .....	3
2. Analiza životnog ciklusa LCA - općenito .....	5
3. Kružno gospodarstvo.....	11
4. Okvirna direktiva o otpadu (WFD – Waste Framework Directive).....	14
4.1. Hijerarhija otpada .....	16
4.2. Nusproizvodi .....	17
4.3. Prestanak statusa otpada .....	17
4.4. Sprječavanje nastanka otpada.....	18
5. Strategija upravljanja krutim otpadom.....	19
6. Osnovne i opće odredbe, zakonodavni okvir RH.....	24
7. Tehnologije gospodarenja otpadom .....	26
7.1. Općenito o tehnologijama gospodarenja otpadom u zemljama EU-a .....	26
7.2. MBO – Mehaničko-biološka obrada .....	27
7.2.1. Emisije štetnih plinova .....	29
7.3. Spaljivanje .....	31
7.4. Odlagalište otpada (Landfill).....	32
7.4.1. Plinovi i procjedna voda na odlagalištu .....	33
7.4.2. Faze nastajanja plinova na odlagalištu .....	34
7.4.3. Kontrola nad plinovima.....	37
7.4.4. Kontrola nad procjednim vodama .....	38
7.4.5. Tretiranje procjednih voda .....	39
8. Tehnički opis odlagališta komunalnog otpada Ajdanovac.....	41
8.1. Prostorna obilježja .....	41
8.2. Klimatska obilježja .....	43

---

8.3. Padaline .....	44
8.4. Vjetar .....	44
8.5. Hidrogeološka obilježja .....	45
8.6. Prometna infrastruktura .....	46
9. Bilanca komunalnog otpada odlagališta grada Vrgorca.....	47
9.1. Opis postojećeg stanja sakupljanja ,prijeevoza i zbrinjavanja otpada.....	47
9.2. Količina i sastav komunalnog otpada .....	47
9.3. Proračun količine otpada Grada Vrgorca .....	49
9.4. Biorazgradivost miješanog komunalnog otpada.....	51
9.5. Količina otpada koja se nalazi na odlagalištu Ajdanovac .....	52
10. LCA (Life Cycle Analysis) - proračun.....	54
10.1. Životni ciklus KKO (Komunalnog Krutog Otpada).....	54
10.2. Sakupljanje i transport .....	55
10.3. Mehanička i biološka obrada .....	56
10.4. Toplinska obrada (spaljivanje) .....	56
10.5. Biološka obrada .....	57
10.6. Odlagalište (Landfill) .....	57
10.7. LCA inventar - proračun.....	58
10.8. Analizirani scenariji upravljanja otpadom.....	61
10.9. Proračun cijena utrošene/dobivene energije i transporta .....	62
10.10. Grafički prikazi utjecaja na okoliš preko LCA analize .....	65
11. Zaključak .....	67
12. Literatura .....	68



## 1. Uvod

Zdrava životna sredina je preduvjet dobrog života i opstanka živih bića.

Društvo je postalo zabrinuto nad nekontroliranim iskorištavanjem prirodnih resursa i zagađenjem životne sredine, te se posljednjih desetljeća sve više uočava porast brige društva za stanje životne sredine. U tom cilju, i industrija i biznis iskazuju sve veću potrebu i interes za provođenje i izgradnju aktivnosti koje neće ugroziti stanje životne sredine [S1].

Moderna i uspješna poduzeća prepoznaju da je zaštita životne sredine ključ strateškog razvoja poslovanja. Razvijanjem djelatnosti na principima smanjenja zagađenja i upravljanja zaštitom životne sredine, poduzeća dobivaju značajnu prednost na tržištu.

**Analiza životnog ciklusa** (engl. **Life Cycle Analysis-LCA**) predstavlja jedan od ključnih alata koje napredna poduzeća, te nacionalna i lokalna upravna tijela koriste za razvoj novih i poboljšanje karakteristika postojećih proizvoda i sustava.

Svrha poboljšanja kvalitete životne sredine je da prepozna, procjeni i minimizira utjecaje na životnu sredinu proizvoda ili sustava. To se postiže kroz sistemsko razmatranje utjecaja proizvoda na životnu sredinu, zdravlje i sigurnost stanovnika tijekom cjelokupnog njegovog životnog ciklusa, odnosno od faze dizajna, preko proizvodnje, korištenja do konačnog odlaganja [S1].

Analiza životnog ciklusa (LCA) je analitički instrument koji postavlja okvir za analizu utjecaja proizvoda na životnu sredinu. Osnovni cilj ocjene utjecaja jeste da se prepozna i uspostave veze između životnog ciklusa proizvoda i usluga i potencijalnih utjecaja na životnu sredinu.

**LCA** proučava aspekte zaštite životne sredine i moguće utjecaje na životnu sredinu (npr. korištenje resursa i posljedice emisija zagađujućih materija po životnu sredinu), tijekom cjelokupnog životnog vijeka proizvoda od eksploatacije sirovina, preko proizvodnje, upotrebe i postupanja na kraju životnog ciklusa, recikliranja i konačnog odlaganja tj. „od nastanka do kraja“ [S1].

Proizvodnja i upotreba proizvoda koji će davati minimalnu količinu komunalnog i industrijskog otpada i razvoj tehnologija kojima će se ti materijali reciklirati, tretirati i konačno odlagati predstavljaju kretanje materijala u zatvorenom ciklusu [S1].

Osnovni principi za razvoj i eksploataciju tehnologije sa, bez ili sa minimalnim otpadnim materijama i minimalnim korištenjem energija su:

- upotreba obnovljivih izvora materijala i energije
- maksimalno korištenje otpadnih materijala i otpadne energije u proizvodnim procesima
- smanjenje nastanka otpada i smanjenje gubitaka energije u proizvodnji
- razvoj novih industrijskih proizvodnih procesa koji proizvode sa minimumom materijala i energetske gubitaka u razdoblju eksploatacije i nakon toga
- odgovorno korištenje prirodnih resursa, proizvoda i energije u svrhu industrije i potrošnje

Poseban problem predstavlja otpad koji nastaje u svim ljudskim aktivnostima kako u razvijenim, tako i u zemljama u razvoju. Otpad je ozbiljan ekološki, socijalni i ekonomski problem za sve zemlje svijeta. Način na koji otpad nastaje i kako se sa njim postupa ima utjecaj na svakoga građanina, mala i srednja poduzeća, na organe uprave i vlasti, te na međunarodno tržište [S1].

Tretiranje otpada predstavlja veliki izazov u razvoju tehnoloških postupaka koji su prihvatljivi za životnu sredinu (environmentally friendly technique). S druge strane, tretman otvara nova radna mjesta i otvara mogućnost za razvoj novog biznisa.

Politika upravljanja otpadom se projektira sa ciljem da se smanji ukupni utjecaj otpada na životnu sredinu i na korištenje prirodnih resursa kao i na same resurse. Politika upravljanja otpadom EU bazira se na hijerarhiji upravljanja otpadom, koja se s druge strane ne može uzimati „zdravo za gotovo“ imajući u vidu različite metode tretmana otpada i njihov utjecaj na životnu sredinu.

## 2. Analiza životnog ciklusa LCA - općenito

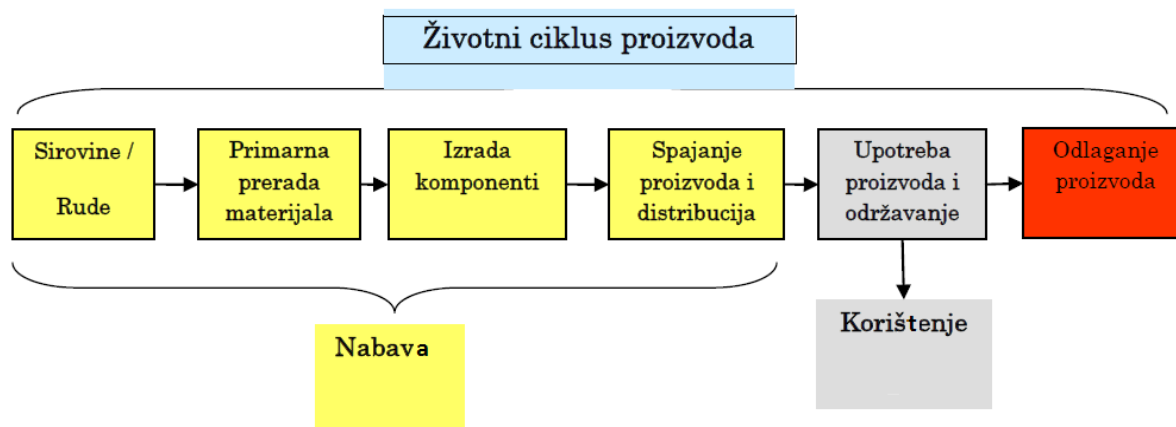
**Ocjenjivanje životnog ciklusa** (*eng. life cycle assessment-LCA*) u daljem tekstu **LCA** – je alat za donošenje odluke o izradi ili kvaliteti određenog proizvoda uz promatranje njegovog utjecaja na životnu sredinu imajući u vidu cjelokupan životni ciklus proizvoda, odnosno to je proces analize materijala, energije, emisija i otpada koje „producira“ proizvod kroz cjelokupan životni ciklus od nastanka, tj. počevši od resursa i eksploatacije materijala pa do konačnog odlaganja.

U osnovi, Ocjenjivanje životnog ciklusa je analitički instrument u okviru životne sredine koji pruža razumijevanje i usporedbu različitih proizvoda ili usluga kroz tzv. pristup ”od kolijevke do groba” (from cradle to grave) [S1].

LCA analizira sve i/ili više faza životnog ciklusa proizvoda, uzima u obzir različite utjecaje tih faza na životnu sredinu i prirodne resurse, ocjenjuje, analizira i prikazuje rezultate. Na ovaj način, LCA pomaže poduzećima da odluče do kojeg nivoa je potrebno „usaditi“ problematiku zaštite životne sredine u proces odlučivanja o karakteristikama proizvoda koji se proizvodi, odnosno o vrstama usluga koje poduzeće vrši.

LCA daje odgovore na pitanja:

- koje proizvode proizvesti,
- kako isprojektirati proizvod,
- koje vrste sirovina koristiti,
- koje izvore energije koristiti,
- kakav tip i koju ambalažu koristiti,
- kako upravljati nastalim otpadom,
- koji su relevantni indikatori utjecaja na životnu sredinu,
- koja je odgovarajuća strategija marketinga.



**Slika 1.** Životni ciklus proizvoda [S1]

LCA može pomoći donosiocima odluka:

- prepoznati i nenamjerne utjecaje aktivnosti (npr. Nenamjerna emisija plinova staklene bašte koja može ugroziti prednosti nove tehnologije),
- osigurati razmatranje svih medija životne sredine kroz cijeli životni ciklus (npr. podjednako razmatranje emisija u zrak, vodu i zemlju tokom izgradnje, rada i stavljanja van pogona postrojenja),
- spriječiti „prenošenje” problema zagađivanje iz jedne faze u drugu, između geografskih prostora i između medijima životne sredine (npr. LCA osigurava da se mjere zaštite zraka koje su primijenjene na jednom mjestu ne „pretvore“ u zagađenje voda na drugom),
- prepoznati mogućnosti za poboljšanje ekonomskih i performansi zaštite životne sredine različitih tehnologija, projekata, proizvoda i usluga (npr. kroz identifikaciju kritičnih točaka, tzv. “hotspots” koje je potrebno riješiti),
- komunicirati efikasnije sa različitim sudionicima koji su zainteresirani za informacije o eventualnim posljedicama projekata i tehnoloških opcija (npr. proces izrade LCA zahtjeva sudjelovanje različitih zainteresiranih strana čime se uspostavlja komunikacija i osigurava informiranost o punom utjecaju i/ili koristima koje određene promjene ili novi proizvodni procesi i proizvodi donose).

LCA može pomoći i u:

- utvrđivanju mogućnosti za poboljšanje zaštite životne sredine od utjecaja proizvoda u različitim fazama njihovog životnog ciklusa,
- informiranju različitih ciljnih grupa koje odlučuju u industriji, vladi i nevladinim organizacijama (npr. u cilju strateškog planiranja, utvrđivanju prioriteta, projektiranju ili izmjeni projekta za proizvode ili procese),
- izboru odgovarajućih pokazatelja (indikatora) učinka zaštite životne sredine, uključujući i postupke mjerenja zagađenja, i
- marketingu (npr. primjena sheme „eko“- obilježavanja, stvaranjem izjave u vezi sa zaštitom životne sredine, ili proizvodnjom deklaracije proizvoda u vezi sa zaštitom životne sredine).

LCA metoda daje pregled svake faze životnog ciklusa određenog proizvoda, od nabave materijala, kroz proizvodnju, distribuciju, upotrebu, ako je moguće ponovnu upotrebu ili reciklažu do konačnog odlaganja. Kroz ovaj postupak analize se također određuju i svi koraci ili procesi između različitih faza i za svaki od tih koraka se definiraju ulazi (materijali, resursi i energija) i izlazi (emisije u vodu, plinovi i čvrsti otpad) koji se uzimaju u obzir pri definiranju utjecaja.

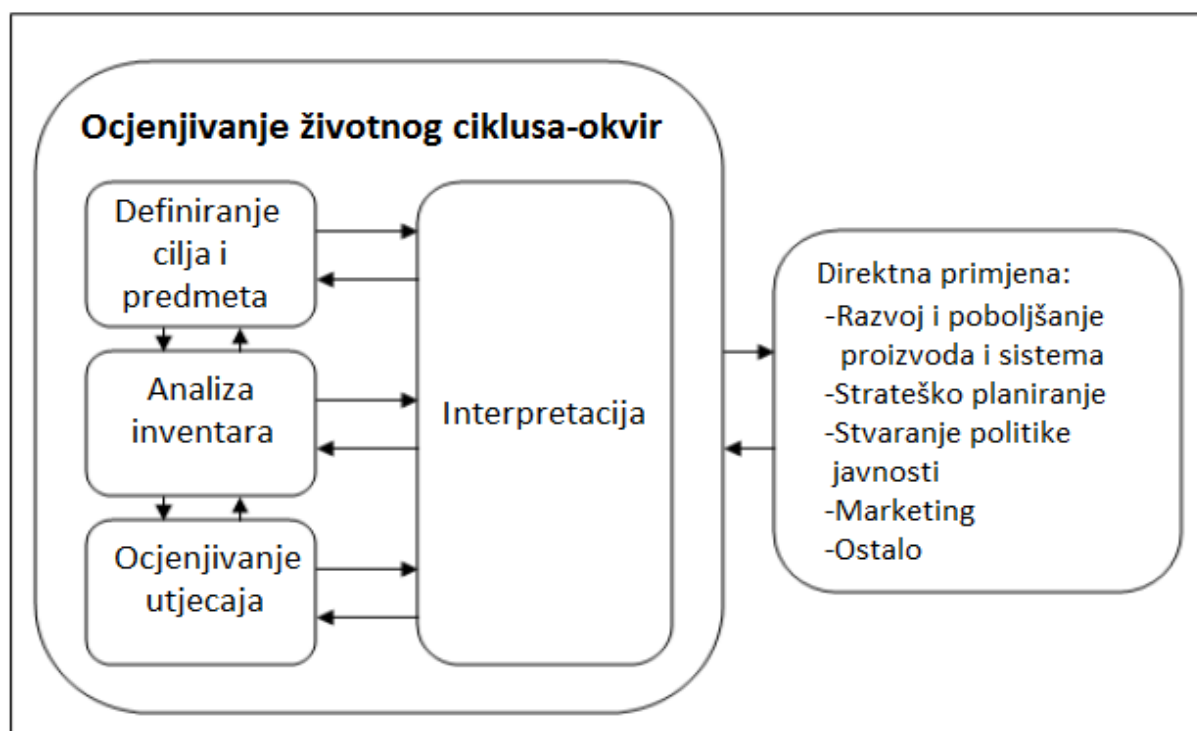
Prepoznavanje stanja životne sredine koja rezultira uslijed utjecaja određenih ulaza, odnosno izlaza se ocjenjuje kroz studiju ocjenjivanja utjecaja životnog ciklusa. Na osnovu ove studije se dobiva opća slika utjecaja promatranog sistema proizvoda ili usluga na životnu sredinu.

Dobivene informacije se mogu kombinirati sa drugim ocjenjivačkim metodama u cilju ocjene proizvoda ili usluge koje daju proizvode kroz cjelokupan njihov životni ciklus. Provođenjem studije ocjenjivanja životnog ciklusa za alternative proizvoda ili usluge omogućava se bolje razumijevanje i mogućnost određivanja utjecaja na životnu sredinu.

Ocjenjivanje životnog ciklusa je kompilacija/kombinacija i evaluacija ulaza i izlaza i potencijalnih utjecaja na životnu sredinu sustava proizvoda ili usluga kroz cjelokupan životni vijek [S1].

Ocjenjivanje životnog ciklusa - tehnika „ocjenjivanje životnog ciklusa“ je instrument koji uzima u obzir sve operacije vezane za jedan proizvod ili uslugu. Studija LCA obuhvaća četiri faze i zaključna razmatranja:

1. Faza definiranja cilja, područja primjene, i obujma LCA
  2. Faza prikupljanje podataka i formiranja inventara LCI (engl. Life cycle inventory)
  3. Faza ocjenjivanja utjecaja životnog ciklusa - LCIA (engl. Life cycle impact assessment)
  4. Faza Interpretacije rezultata primjene LCA
- Zaključna razmatranja



Slika 2. Faze studije ocjenjivanja životnog [S1]

Prvi korak u planiranju izrade inventara životnog ciklusa, faze analize životnog ciklusa (LCA), je **definiranje cilja i predmeta studije**. Prilikom definiranja cilja navodi se:

- primjena/svrha studije,
- razlog izvođenja,
- naziv korisnika studije,
- namjeravana primjena,
- pregled zainteresiranih strana i potencijalnih korisnika rezultata,
- naziv obrađivača studije,
- lista potencijalnih korisnika studije,
- da će se rezultati koristiti za poređenje u cilju predočavanja javnosti.

Druga faza Studije LCA - **Analiza inventara životnog ciklusa** podrazumijeva prikupljanje podataka i proceduru proračuna u cilju kvantificiranja relevantnih ulaza i izlaza sistema proizvoda. To je proces kojim se sakupljaju podaci za svaki jedinični proces u okviru granica sistema, koji se klasificiraju i uključuju:

- ulaze energije, ulaze sirovina, pomoćne ulaze, i druge fizičke ulaze,
- proizvode, ok-proizvode i otpad,
- emisije u zraku, ispuštanja u vodu i zemljište, i
- druge aspekte životne sredine.

U ovoj fazi određuju se svi materijalni i energetske ulazi i izlazi kroz cjelokupan životni ciklus proizvoda ili usluga, što obuhvaća materijalne i energetske bilance za svaki korak u životnom ciklusu. Faza analize inventara životnog ciklusa se sastoji iz sljedećih koraka:

- priprema za prikupljanje podataka,
- prikupljanje podataka,
- postupak obračuna,
- raspodjela-alokacija.

Treća faza LCA Studije, **Ocjenjivanje utjecaja životnog ciklusa LCIA** (*eng. life cycle impact assessment*) se vrši kroz uspostavljanje relacija - povezanosti ulaza i izlaza sa utjecajima na životnu sredinu. Ocjenjivanje se vrši u 2 koraka:

1. Organiziranje ili klasificiranje ulaznih i izlaznih podataka LCI u specifične kategorije
2. Svrstavanje ulaza i izlaza za svaku kategoriju na osnovu indikatora

Četvrta faza, **Interpretacija životnog ciklusa** je sustavni pristup za identificiranje, provjeru, kvalificiranje i ocjenjivanje informacija dobivenih na osnovu rezultata analize inventara životnog ciklusa i/ili ocjenjivanja utjecaja životnog ciklusa sistema proizvoda. Faza interpretacije treba donijeti rezultate koji su konzistentni sa definiranim ciljem i predmetom i koji dostižu zaključke, objašnjavaju ograničenja i osiguravaju preporuke. To je zapravo proces balansiranja važnosti utjecaja određenih efekata koje proizvod ili usluga proizvodi na životnu sredinu [S1].

Rezultati interpretacije se daju u obliku zaključaka i preporuka donositeljima odluka, a u skladu sa ciljem i predmetom studije.

Faza interpretacije može obuhvatiti iterativni proces preispitivanja i revidiranja predmeta LCA, kao i prirode i kvaliteta podataka prikupljenih na način koji je konzistentan sa definiranim ciljem.

Povezanost između Studije LCA i drugih instrumenata upravljanja životnom sredinom je neophodna da bi se istakle prednosti i ograničenja studije LCA u odnosu na definirani cilj i predmet faze. Ova procedura, uključujući i transparentan izvještaj, je neophodna da bi rezultati mogli poslužiti kao osnova za zaključak, preporuke i za donošenje odluka. Postoje tri elementa u fazi interpretacije životnog ciklusa:

1. Prepoznavanje značajnih pitanja na osnovu LCI i LCIA faze
2. Ocjenjivanje značajnih pitanja na osnovu kompletnosti, osjetljivosti i konzistentnosti provjere
3. Donošenje zaključaka, preporuka i pisanje izvještaja



### 3. Kružno gospodarstvo

Ispravan način upravljanja otpadom će u budućnosti biti od vrlo velike važnosti zbog sve većeg onečišćenja okoliša preko „divljih odlagališta“ te nepravilnog gospodarenja komunalnim otpadom, a strategija koju će Republika Hrvatska morati usvojiti kao članica EU naziva se **kružna ekonomija** ili **kružno gospodarstvo**.

Glavni zadatak pravilnog upravljanja komunalnim krutim otpadom je sprječavanje njegovog nastanka te što bolje korištenje nastalog otpada. Prateći smjernice kružnog gospodarstva, LCA analiza daje najbolje rezultate pri upravljanju komunalnim krutim otpadom.

Način upravljanja otpadom kroz kružno gospodarstvo, odnosno životni ciklus proizvoda, prikazan je na Slici 3.



Slika 3. Shematski prikaz upravljanja otpadom kroz „kružno gospodarstvo“ [I1]

Ne može se graditi budućnost na modelu „uzmi – napravi – baci”. Mnogi su prirodni resursi ograničeni te je potrebno naći ekološki i gospodarski održiv način kako se njima koristiti. U gospodarskom je interesu poduzeća da najbolje iskoriste svoje resurse.

U kružnom gospodarstvu vrijednost proizvoda i materijala održava se što je duže moguće; stvaranje otpada i upotreba resursa svode se na najmanju moguću mjeru, a resursi ostaju unutar gospodarstva i kad proizvod dođe do kraja životnog vijeka te se ponovno upotrebljavaju i stvaraju dodatnu vrijednost. Tim se modelom mogu stvoriti sigurna radna mjesta u Europi, potaknuti inovacije koje omogućuju konkurentnu prednost te osigurati zaštitu za ljude i okoliš, a potrošačima se mogu ponuditi trajniji i inovativni proizvodi koji će dovesti do uštede novca i bolje kvalitete života [11].

Prijedlozima u području gospodarenja otpadom uspostavlja se jasna dugoročna vizija **povećanja recikliranja i smanjenja odlaganja** otpada te se ujedno predlažu konkretne mjere za uklanjanje prepreka na terenu u pogledu boljšega gospodarenja otpadom uzimajući u obzir različite okolnosti u državama članicama.

Akcijskim planom za kružno gospodarstvo utvrđuju se mjere za „**zatvaranje kruga**” kružnoga gospodarstva i za sve faze životnog ciklusa proizvoda, od proizvodnje i potrošnje do gospodarenja otpadom i tržišta sekundarnih sirovina.

Akcijski plan obuhvaća i niz mjera usmjerenih na tržišne prepreke u posebnim sektorima ili tokovima materijala kao što su plastika, otpaci od hrane, kritične sirovine, izgradnja i rušenje objekata, biomasa i biološki proizvodi, kao i horizontalne mjere u područjima kao što su inovacije i ulaganja.

Cilj je plana usredotočiti se na pitanja u kojima djelovanje na razini EU-a donosi stvarnu dodanu vrijednost i može dovesti do napretka na terenu.

Za prelazak na kružno gospodarstvo potrebna je viša stopa recikliranja **plastike**. Plastika se sve više upotrebljava, no učinkovitost recikliranja zaostaje; u zemljama EU reciklira se manje od 25 % plastičnog otpada koji se prikupi, a oko 50 % završava na odlagalištima.

Također treba nastojati spriječiti i znatno smanjiti sve oblike **onečišćenja mora**, uključujući morski otpad. Procjenjuje se da će se provedbom zakonodavstva o gospodarenju otpadom morski otpad smanjiti za najmanje 25 %.

Rasipanje **hrane** je razlog za zabrinutost u Europi; procjenjuje se da se u EU-u godišnje baci 100 milijuna tona hrane. Hrana se gubi ili baca duž čitavog lanca opskrbe hranom: na poljoprivrednim gospodarstvima, u preradi i proizvodnji, u prodavaonicama, u restoranima i u kućanstvima. Osim gospodarskih i ekoloških učinaka rasipanja hrane, ono ima i važan društveni aspekt – doniranje viška hrane treba olakšati tako da sigurna, jestiva hrana može stići do onih kojima je najpotrebnija.

**Kritične sirovine** su od velike gospodarske važnosti za EU, no opskrba njima podrazumijeva i velike opasnosti. Upotrebljavaju se u mnogim elektroničkim uređajima kojima se svakodnevno koristimo; na primjer, pametni telefon može sadržavati do 50 različitih vrsta metala, uključujući kritične sirovine. Vrlo niska stopa recikliranja tih materijala znači da se propuštaju znatne gospodarske prilike. Pri prelasku na kružno gospodarstvo treba se usmjeriti na veći povrat kritičnih sirovina.

**Građevinski otpad** je otpad koji nastaje pri gradnji i rušenju objekata te je količinski jedan od najvećih u Europi prema vrsti otpada. Godišnje po osobi nastaje tona građevnog otpada i otpada od rušenja, što svake godine iznosi 500 milijuna tona u cijelom EU-u. Ne dolazi uvijek do prepoznavanja i povrata vrijednih materijala. Bolje gospodarenje otpadom u tom sektoru može znatno utjecati na kružno gospodarstvo.

**Biološki materijali**, kao što su drvo, usjevi ili vlakna, mogu se upotrebljavati za širok raspon proizvoda i u energetske svrhe. Osim što su alternativa proizvodima od fosilnih materijala, bio-materijali su i obnovljivi, biorazgradivi i mogu se kompostirati. Pri upotrebi bioloških resursa treba uzeti u obzir njihov životni vijek, utjecaje na okoliš i održivu nabavu. U kružnom gospodarstvu treba promicati kaskadnu upotrebu obnovljivih izvora s njezinim inovativnim potencijalom za nove materijale, kemikalije i procese [11].

#### 4. Okvirna direktiva o otpadu (WFD – Waste Framework Directive)

U smislu Okvirne direktive o otpadu, primjenjuju se sljedeće definicije:

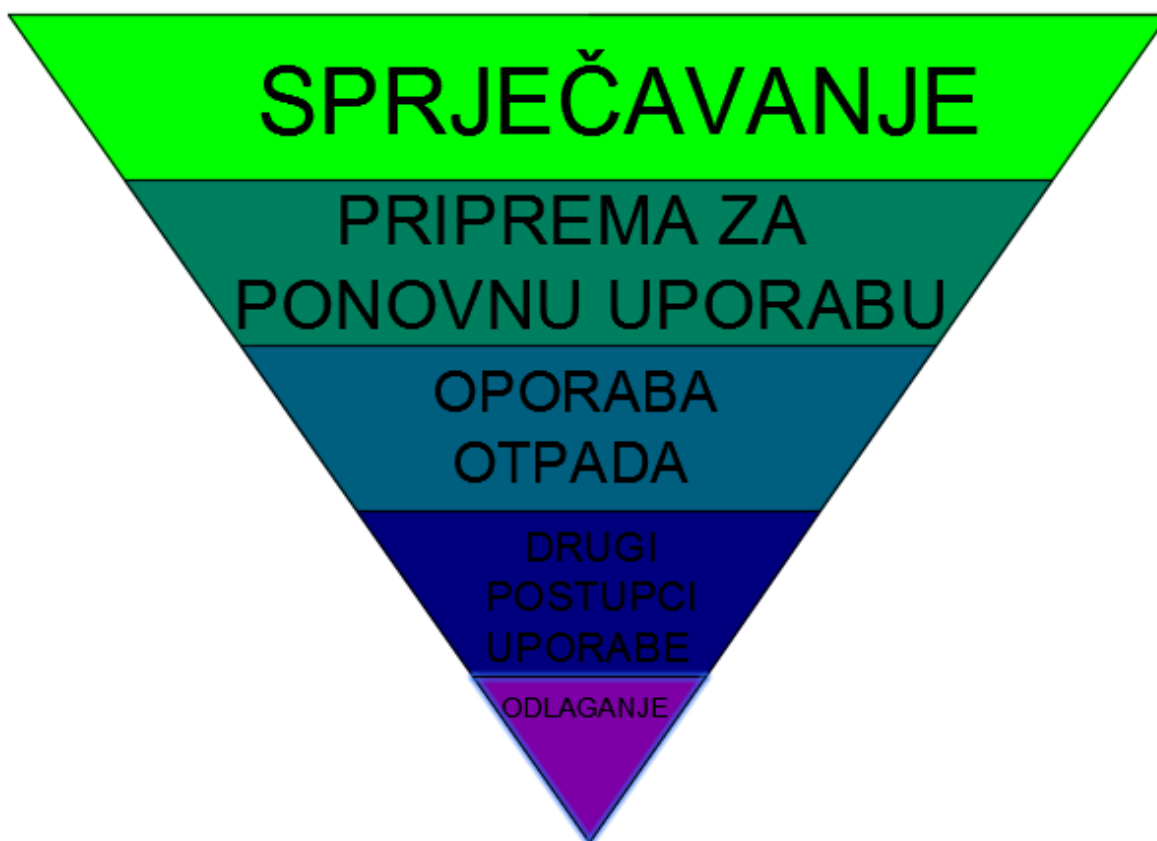
1. „otpad” znači svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje ili namjerava ili mora odbaciti;
2. „opasan otpad” znači otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava;
3. „otpadna ulja” znači mineralna ili sintetička ulja za podmazivanje ili industrijska ulja koja su postala neprikladna za uporabu za koju su prvobitno bila namijenjena, primjerice ulja iz motora s unutarnjim izgaranjem i ulja reduktora, ulja za podmazivanje, ulja za turbine i hidraulička ulja;
4. „bio-otpad” znači biorazgradivi otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i sličan otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda;
5. „proizvođač otpada” znači svaka osoba čijom aktivnošću nastaje otpad (izvorni proizvođač otpada) ili svaka osoba koja prethodnom obradom, miješanjem ili drugim postupkom mijenja sastav ili svojstva otpada;
6. „posjednik otpada” znači proizvođač otpada odnosno fizička ili pravna osoba koja posjeduje otpad;
7. „trgovac” znači svako poduzeće koje u nabavci, a kasnije i prodaji otpada, djeluje u ulozi nalogodavca, uključujući i posrednike koji otpad ne preuzimaju u fizički posjed;
8. „posrednik” znači svako poduzeće koje organizira uporabu ili zbrinjavanje otpada u ime drugih, uključujući posrednike koji otpad ne preuzimaju u fizički posjed;
9. „gospodarenje otpadom” znači skupljanje, prijevoz, uporaba i zbrinjavanje otpada, uključujući nadzor nad tim postupcima i naknadno održavanje lokacija zbrinjavanja, a obuhvaća i radnje koje poduzimaju trgovac ili posrednik;
10. „skupljanje” znači prikupljanje otpada, uključujući prethodno razvrstavanje i privremeno skladištenje otpada u svrhu prijevoza do postrojenja za obradu otpada;
11. „odvojeno skupljanje” znači skupljanje prilikom kojega se tijekom otpada drže odvojeno prema njegovoj vrsti i svojstvima kako bi se olakšala obrada;

12. „sprečavanje” znači mjere koje se poduzimaju prije nego je tvar, materijal ili proizvod postao otpad, kojima se smanjuju:
  - (a) količine otpada, uključujući smanjenje ponovnom uporabom proizvoda ili produljenjem životnog vijeka proizvoda;
  - (b) štetni učinci otpada na okoliš i zdravlje ljudi; ili
  - (c) sadržaj štetnih tvari u materijalima i proizvodima;
13. „ponovna uporaba” znači svaki postupak kojim se proizvodi ili dijelovi koji nisu otpad ponovno koriste u istu svrhu za koju su izvorno načinjeni;
14. „obrada” znači postupci oporabe ili zbrinjavanja, uključujući i postupke pripreme prije oporabe ili zbrinjavanja;
15. „oporaba” znači svaki postupak čiji glavni rezultat je otpad koji je koristan jer zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo upotrijebiti za tu određenu svrhu, ili otpad koji se priprema kako bi ispunio tu svrhu, u tvornici ili u širem gospodarskom smislu. U Prilogu II. naveden je neiscrpan popis postupaka oporabe;
16. „priprema za ponovnu uporabu” znači postupci oporabe kao što su provjera, čišćenje ili popravak, kojim se proizvodi ili dijelovi proizvoda koji su postali otpad pripremaju kako bi se mogli ponovno uporabiti bez dodatne predobrade;
17. „recikliranje” znači svaki postupak oporabe kojim se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu. Recikliranje obuhvaća preradu organskog materijala, ali ne uključuje energetska oporaba i preradu u materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za nasipavanje;
18. „regeneracija otpadnih ulja” znači svaki postupak oporabe (recikliranja) kojim se bazna ulja mogu proizvesti rafiniranjem otpadnih ulja, posebno uklanjanjem nečistoća, proizvoda oksidacije i aditiva sadržanih u takvim uljima;
19. „zbrinjavanje” znači svaki postupak koji nije oporaba, čak i kad postupak ima za sekundarnu posljedicu obnovu tvari ili energije. U Prilogu I. nalazi se neiscrpan popis postupaka zbrinjavanja;
20. „najbolje raspoložive tehnike” znači najbolje raspoložive tehnike prema definiciji iz članka 2. stavka 11. Direktive 96/61/EZ [D1].

#### 4.1. Hijerarhija otpada

Kao redoslijed prioriteta zakonodavstva i politike o sprečavanju nastanka otpada i gospodarenju otpadom primjenjuje se sljedeća hijerarhija otpada:

1. sprječavanje;
2. priprema za ponovnu uporabu;
3. oporaba otpada;
4. drugi postupci uporabe;
5. zbrinjavanje (odlaganje).



**Slika 4.** Hijerarhija gospodarenja otpadom

## 4.2. Nusproizvodi

Za tvar ili predmet koji nastaju kao rezultat proizvodnog procesa čiji primarni cilj nije proizvodnja te tvari ili predmeta, može se smatrati da nisu otpad već da su nusproizvod, ali samo ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti:

- daljnja uporaba tih tvari ili predmeta je osigurana,
- tvar ili predmet mogu se upotrijebiti izravno, bez dodatne obrade osim uobičajenim industrijskim postupcima,
- tvar ili predmet nastaje kao sastavni dio proizvodnog procesa,
- daljnja uporaba tvari ili predmeta je u skladu s propisima, tj. tvar ili predmet ispunjava sve relevantne zahtjeve u pogledu proizvoda, zaštite okoliša i zaštite zdravlja za tu konkretnu uporabu i neće dovesti do ukupnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.

## 4.3. Prestanak statusa otpada

Određeni otpad prestaje biti otpad ako je podvrgnut postupcima oporabe, uključujući recikliranje, i zadovoljava posebne kriterije utvrđene u skladu sa sljedećim uvjetima:

- tvar ili predmet uobičajeno se koriste za posebne namjene;
- za takvu stvar ili predmet postoji tržište i potražnja;
- tvar ili predmet ispunjavaju tehničke zahtjeve za posebne namjene i zadovoljavaju postojeće propise i norme koje važe za proizvode;
- uporaba tvari ili predmeta neće dovesti do ukupnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.

Tim je kriterijima, prema potrebi, potrebno obuhvatiti granične vrijednosti za onečišćujuće tvari i uzeti u obzir sve moguće štetne učinke tvari ili predmeta na okoliš [D1].

#### 4.4. Sprječavanje nastanka otpada

Nakon savjetovanja s dionicima, Komisija dostavlja Europskom parlamentu i Vijeću sljedeća izvješća uz koja prema potrebi prilaže prijedloge mjera kojima podupire aktivnosti sprečavanja i provedbu programa sprečavanja nastanka otpada, a koja obuhvaćaju:

- do kraja 2011., izradu privremenog izvješća o razvoju proizvodnje otpada i opsegu sprečavanja nastanka otpada, uključujući utvrđivanje smjernica razvoja ekoloških proizvoda koje nastoje riješiti kako proizvodnju otpada, tako i pitanje prisutnosti opasnih tvari u otpadu, s ciljem promicanja tehnologija usmjerenih na trajnost proizvoda, pogodnosti za ponovnu uporabu i recikliranje;
- do kraja 2011., utvrđivanje akcijskog plana za daljnje mjere potpore na europskoj razini, posebno s ciljem promjene postojećih obrazaca potrošnje;
- do kraja 2014., utvrđivanje ciljeva sprečavanja nastanka otpada i odvajanja otpada do 2020., na temelju najbolje dostupne prakse uključujući, ako je potrebno, reviziju pokazatelja koji se spominju u članku 29. stavku 4.ž [D1].



## 5. Strategija upravljanja krutim otpadom

Nacionalnom strategijom zaštite okoliša i Nacionalnim planom djelovanja za okoliš (Narodne novine, br. 46/02), utvrđeno je da je neodgovarajuće gospodarenje otpadom najveći problem zaštite okoliša u Hrvatskoj. 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.

Neuređeni sustav gospodarenja otpadom 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 kvaliteta života građana, privlačnost Hrvatske kao turističkog odredišta i njezina međunarodna percepcija zemlje očuvanog okoliša i proizvodnja zdrave hrane.

Svrha strategije je uspostaviti okvir unutar kojega će Hrvatska morati smanjiti količinu otpada koji proizvodi, a otpadom koji je proizveden održivo gospodarstvo.

Strategija sadrži osobito:

- ocjenu postojećeg stanja gospodarenja otpadom,
- osnovne ciljeve i mjere za gospodarenje otpadom,
- mjere za gospodarenje opasnim otpadom,
- smjernice za oporabu i zbrinjavanje otpada.

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 sa načelima održivog razvoja [S2].

Oblikovanje ove Strategije, osobito u izboru mjesta 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.

## **1. Hijerarhija gospodarenja otpadom**

- Prioriteti su izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada te smanjivanje njegovih opasnih svojstava
- Ako se nastajanje otpada ne može izbjeći ili 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

## **2. Korištenje najboljih dostupnih tehnologija u odnosu na troškove i ekološku prihvatljivost**

Emisije u okoliš, propisane posebnim propisima, iz postrojenja za obradu otpada i odlagališta otpada moraju se umanjiti, koliko je to moguće, na tehnički i gospodarski najučinkovitiji način.

## **3. Odgovornost proizvođača**

Proizvođač proizvoda od kojeg 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.

## **4. 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.

U okviru ovih načela Strategija posebno vodi računa i o sljedećim načelima:

## **5. Podupiranje približavanja i priključivanja EU-u**

Proces prenošenja i ugrađivanja politike i pravne stečevine EU o gospodarenju otpadom u ustavno-pravni sustav RH, provoditi tako da se izborom i primjenom načina, sustava i tehnologija gospodarenja otpadom, tamo gdje je to moguće, odabere ono što je dokazano, a odgovara okolišu, kulturnom i gospodarskom naslijeđu i mogućnostima Republike Hrvatske.

## **6. Uklanjanje nedostataka današnje politike i prakse gospodarenja otpadom**

Potrebno je na temelju uočenja 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.

## **7. Onečišivač plaća**

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

## **8. Pravo na pristup informacijama, sudjelovanje javnosti u odlučivanju i pristup pravosuđu**

## **9. 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 priprema za odgovorno donošenje odluka, uz razvijanje spremnosti svakog pojedinca za osobno djelovanje.

## **10. 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.

## **11. Etapni pristup**

Treba postupno poboljšavati sustav, kroz mjerljive etape, uz praćenje, nadzor i provjeru izvršenja etapnih zadataka [S2].

U cilju ostvarenja Strategije određeni su sljedeći prioriteti:

- usklađivanje zakonske regulative s regulativom EU-a i osiguravanje njene provedbe,
- odgoj i obrazovanje za okoliš i gospodarenje otpadom,
- izbjegavanje nastajanja otpada - smanjivanje količina i opasnih svojstava otpada,
- povećavanje naplativosti naknada za opterećenje okoliša otpadom,
- povećavanje financijskih sredstava za gospodarenje otpadom,
- povećavanje odvojenog sakupljanja otpada,
- sanacija postojećih odlagališta,
- povećavanje kvalitete i opsega podataka o količinama i tokovima otpada,
- izgradnja građevina i uređaja za uporabu otpada,
- povećavanje udjela kontroliranog skupljanja i zbrinjavanja otpada.

Ukupna količina proizvedenog otpada procjenjuje se na oko 13,2 mil. t/god. ili oko 2,97 tona otpada godišnje po stanovniku [S2].

U Strategiji se koristi Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada usklađena s Europskom listom otpada.

Značajan problem u Hrvatskoj je već desetljećima neodrživo gospodarenje komunalnim otpadom koji uglavnom završava na neuređenim odlagalištima i štetno utječe na zdravlje, prostor i okoliš. Ratna zbivanja do sredine devedesetih i gospodarske teškoće su još više potencirale taj problem.

Godine 2000. bilo je 1.172.534 tone komunalnog otpada, od čega je 928.438 tona odloženo na odlagališta, a ostatak 183.385 tona, nije bio obuhvaćen organiziranim skupljanjem otpada. Od stanovništva je odvojeno sakupljeno oko 60.000 tona otpada od kojeg je u kompostanama obrađeno oko 10.000 tona.

Do 2003. ukupno je odloženo oko 34,5 mil. m<sup>3</sup> otpada na 281 odlagalište, od toga na 60 većih, s prosječno 0,79 m<sup>3</sup>, odnosno 191 kg/stanovnik/god.

Divljih odlagališta ima oko 3.000 i njihov se broj stalno mijenja jer se neka saniraju, ali se javljaju i nova. Inspeksijski nadzor nije dovoljan, kazne nisu primjerene, a odgoj i obrazovanje nisu dostatni [S2].

U Hrvatskoj je tjedni odvoz komunalnog otpada češći nego u EU, što stvara povećane troškove. Prosječna godišnja cijena za odvoz otpada po kućanstvu za stan od 60 m<sup>2</sup> u Hrvatskoj iznosi 246 kn, odnosno 32 eura, bez troškova odlaganja i sanacije odlagališta.

U Zagrebu cijena za odvoz komunalnog otpada iznosi 475 kn/t/ po domaćinstvu/god. ili 64 eura/t/, u što je uključena i sanacija odlagališta Prudinec.

U velika su odlagališta uključena ona koja zadovoljavaju jedan od sljedećih postavljenih uvjeta:

- više od 10.000 stanovnika,
- 40.000m<sup>3</sup>/god odloženog otpada,
- 5 ha površine, itd.

Velika su odlagališta do sada primila 85% registriranog otpada, a njima gravitira 72% stanovništva Hrvatske.

Gotovo 67% svih aktivnih odlagališta nije predviđeno prostorno-planskim dokumentima i za njih nije proveden postupak procjene utjecaja na okoliš te ne raspolažu niti jednom od potrebnih dozvola [S2].

Strategijom se utvrđuju sljedeći strateški ciljevi gospodarenja otpadom:

- Izbjegavanje nastajanja i smanjivanje količina otpada na izvoru te otpada kojeg se mora odložiti, uz materijalnu i energetske oporabu otpada,
- Razvitak infrastrukture za cjeloviti sustav gospodarenja otpadom,
- Smanjivanje rizika od otpada,
- Doprinos zaposlenosti u Hrvatskoj,
- Edukacija upravnih struktura, stručnjaka i javnosti za rješavanje problema gospodarenja otpadom.

Opće mjere za ostvarivanje ciljeva su:

- Istraživanje i utvrđivanje stvarnog stanja gospodarenja otpadom,
- Unapređivanje informacijskog sustava i izvještavanja o otpadu,
- Prilagodba propisa o otpadu EU-propisima
- Razvijanje sustava odgoja i obrazovanja, informiranja i komunikacije o otpadu,
- Institucionalno jačanje,
- Doprinos zaposlenosti.

## 6. Osnovne i opće odredbe, zakonodavni okvir RH

Pod pojmom **zaštite okoliša** podrazumijeva se zaštita voda i mora, tla i zraka. Zaštitom okoliša osigurava se cjelovito očuvanje kakvoće okoliša ,očuvanje prirodnih zajednica, racionalno korištenje prirodnih izvora i energije što su osnovni uvjeti zdravog i održivog razvoja [F1].

Programom zaštite okoliša posebno se utvrđuje:

- stanje onečišćenja okoliša po sastavnim dijelovima i prostornim cjelinama
- mjere za predviđanje, sprječavanje i ograničavanje onečišćenja okoliša
- subjekti koji su dužni provoditi mjere i ovlaštenja u svezi s provođenjem mjera zaštite okoliša
- smjernice i mjere za očuvanje i unapređenje zaštite okoliša
- način provođenja interventnih mjera u izvanrednim slučajevima onečišćavanja okoliša
- izvori financiranja za provođenje pojedinih mjera i procjena visine pojedinih sredstava

Zakon o otpadu (NN178/04, 111/06 ,60/08) uređuje način gospodarenja otpadom koji predstavlja skup aktivnosti, odluka i mjera usmjerenih na:

- sprječavanje nastanka opada, smanjivanje količine otpada i/ili njegova štetnog utjecaja na okoliš.
- obavljanje skupljanja, prijevoza, uporabe, zbrinjavanja i drugih djelatnosti u svezi s otpadom, te nadzor nad obavljanjem tih djelatnosti.
- skrb za odlagališta koja su zatvorena.

S otpadnim tvarima treba se postupati na način da se ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i ne rabe postupci i/ili načini koji bi mogli štetiti okolišu, a posebice kako bi se izbjeglo:

- rizik onečišćenja mora i voda, tla i zraka
- nastajanje eksplozije ili požara
- pojava buke
- ugrožavanje biljnog i životinjskog svijeta
- štetan utjecaj na područja kulturno-povijesnih, estetskih i prirodnih vrijednosti
- narušavanje javnog reda i mira

Osnovni ciljevi postupanja s otpadom su:

- izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada i smanjivanje opasnih svojstava otpada, i to posebice: razvojem čistih tehnologija koje koriste manje prirodnih izvora i tehničkim razvojem i promoviranjem proizvoda koji ne pridonose ili, u najmanjoj mogućoj mjeri pridonose, povećanju štetnog utjecaja otpada i opasnosti onečišćenja te razvojem odgovarajućih metoda zbrinjavanja opasnih tvari sadržanih u otpadu namijenjenom uporabi.
- Oporaba otpada recikliranjem, ponovnom uporabom ili obnovom odnosno drugim postupkom koji omogućava izdvajanje sekundarnih sirovina, ili uporabu otpada u energetske svrhe, zbrinjavanje otpada na propisan način te sanacija otpadom onečišćenog okoliša [F1].

Sukladno Zakonu o otpadu (NN178/04, 111/06, 60/08), osobe registrirane za obavljanje djelatnosti skupljanja, uporabe i/ili zbrinjavanja (obrade, odlaganja, spaljivanja i drugih načina zbrinjavanja otpada), odnosno za djelatnost gospodarenja posebnim kategorijama otpada, ne smiju započeti obavljati djelatnost prije nego pribave Zakonom propisanu dozvolu.

Dozvolom se određuje:

- vrsta otpada s kojima se posluje,
- količine otpada s obzirom na vrste s kojima se posluje i s obzirom na raspoložive kapacitete mjesta poslovanja otpadom,
- ispunjavanje propisanih uvjeta (tehnički uvjeti za rad, način i sustav praćenja),
- mjere opreza koje iz sigurnosnih razloga treba poduzeti
- postupak uporabe i/ili način obrade, odnosno drugog načina gospodarenja s otpadom,
- lokacija i mjesto odlaganja

Dozvola se izdaje na određeni rok, a najduže na rok od pet godina

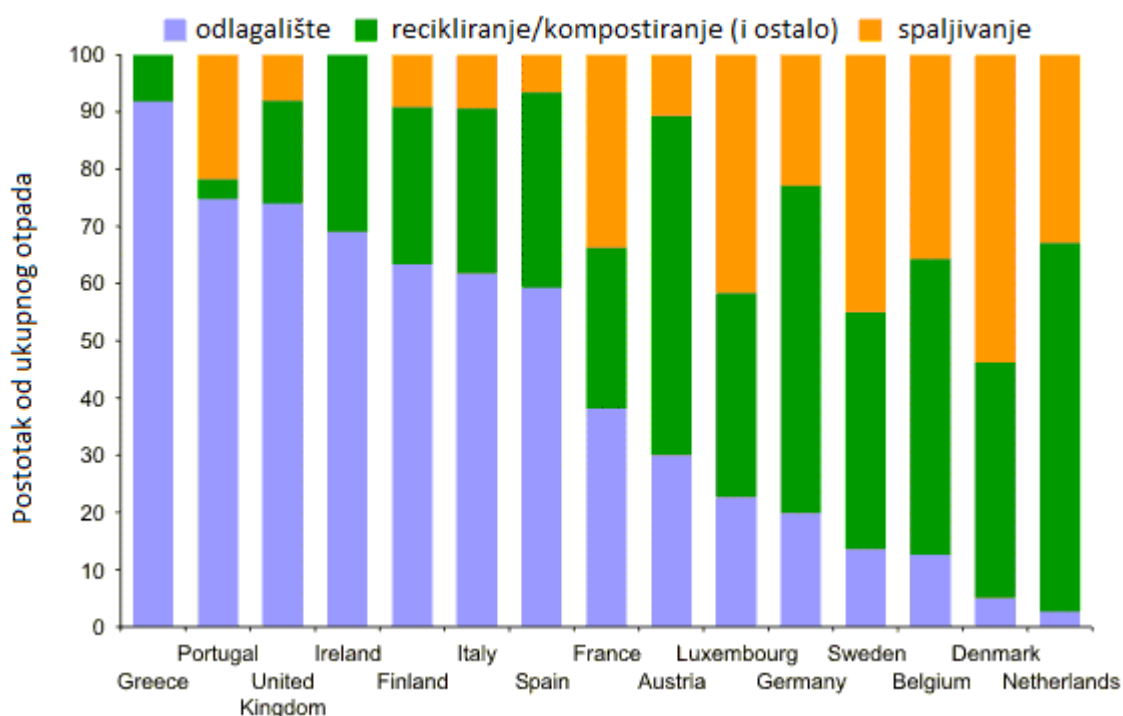
## 7. Tehnologije gospodarenja otpadom

### 7.1. Općenito o tehnologijama gospodarenja otpadom u zemljama EU-a

Analizirati će se tri tehnologije gospodarenja otpadom:

- MBO – Mehaničko-biološka obrada
- Spaljivanje
- Odlagalište otpada

Svaka tehnologija ima svoje prednosti i mane, te u većoj ili manjoj mjeri utječe na okoliš i društvo. Korištenje tehnologija gospodarenja opadom se značajno razlikuje po zemljama Europske unije. Manje razvijene zemlje gotovo nikako ne recikliraju otpad, te većina otpada završi na odlagalištu, dok razvijenije zemlje imaju veliku stopu reciklaže, te u velikoj količini spaljuvaju otpad i koriste dobivenu energiju kao gorivo. Slika 5. jasno pokazuje udio korištenih tehnologija po zemljama EU-a.



Slika 5. Upravljanje otpadom u zemljama EU-a



## 7.2. MBO – Mehaničko-biološka obrada

Analizirane su dvije glavne opcije za MBO proces - MBO proces nakon kojeg slijedi odlaganje otpada komposta i preusmjeravanje dijela papira, plastike, tekstila, raznih gorivih i raznih negorivih tvari na:

- izravno odlaganje
- masovno spaljivanje

Energija koja se dobije spaljivanjem se oporabi kao struja. Udio odbačenog otpada koji je preusmjeren na neku drugu obradu je sljedeći:

- |                        |      |
|------------------------|------|
| • papir                | 20%  |
| • plastika             | 100% |
| • tekstil              | 50%  |
| • razne gorive tvari   | 50%  |
| • razne negorive tvari | 100% |

Mehaničko-biološka obrada uključuje mehaničko sortiranje cijelog otpada na biorazgradive frakcije i frakcije koje se odbacuju. Biorazgradive frakcije se nakon toga mogu kompostirati ili anaerobno digestirati (AD) da bi se smanjilo stvaranje metana.

Obrada općenito djeluje razvrstavanjem otpada prije kompostiranja radi uklanjanja bionerazgradive komponente, u bubnju za homogenizaciju gdje se otpad spušta u rotirajući bubanj kroz razdoblja od nekoliko sati do nekoliko dana.

Razgradnji pomaže i dodavanje vode. Materijal se zatim prosije kako bi se uklonili materijali koji nisu slomljeni. To su uglavnom tekstil, plastika i metali. Očito postoje neki organski materijali pomiješani s materijalima koji se odbacuju, ali je udio mali. Metali se uklanjaju da bi se reciklirali, a ostatak nakon sortiranja ili se odlaže, ili se koristi kao pokrov za odlagalište ili se spaljiva.

Biorazgradiva frakcija se dalje ili kompostira ili anaerobno probavlja. Biofiltri se mogu koristiti za smanjenje mirisa i bioaerosola, a u nekim slučajevima dodatni filtri se koriste za kontrolu otpuštanja hlapljivih organskih spojeva [S3].

Kompostirani ostatak iz MBO procesa je smanjen količinski i znatno mu je smanjen kapacitet proizvodnje odlagališnog plina i procjednih voda nakon odlaganja na odlagalištima za razliku od neobrađenog otpada. Kako je napravljen od neproizvodnog odvojenog otpada, proizvod nije dovoljno kvalitetan da bude prikladan za korištenje u poljoprivredne ili hortikulturne uporabe, iako je pogodan za uporabu kao materijal za pokrivanje odlagališta ili može se koristiti za obnovu zemljišta na odlagalištu. U Austriji, uporaba MBO ostatka kao poboljšivač tla je zabranjen.

U MBO procesu su integrirani različiti procesi i postoji širok raspon konfiguracija postrojenja. MBO objekt obično se nalazi na odlagalištu kako bi se smanjio daljnji transport obrađenog otpada. Preostali KKO (Komunalni Kruti Otpad) se isporučuje na odlagalište i drobi se. Zdrobljeni otpad zatim se unosi u bubanj za prosijavanje. Materijal <100-150 mm prolazi do komposcijskog bubnja, nakon magnetskog uklanjanja obojenih metala za recikliranje. Materijal u bubnju za kompostiranje se ubrza u periodično rotirajućem bubnju, a dodaje se voda kako bi se održala razina vlage, a ponekad se dodaje i kanalizacijski mulj za ko-kompostiranje. Preveliki materijal se vadi iz kompresorskog bubnja i odvaja se za spaljivanje (kao RDF gorivo, RDF - Refuse-Derived Fuel) ili izravno odlaganje. Kompostirani otpad može se odvesti na sazrijevanje u kompostnim gomilama, ili podvrgnuti određenom razdoblju anaerobne digestije prije konačnog sazrijevanja. Sazrijevanje komposta može se odvijati u specijalnim posudama.

Opseg u kojem labilna organska tvar se degradira tijekom MBO-a uvelike ovisi o trajanju faze kompostiranja. Neki njemački sustavi koji postižu vrlo visok stupanj stabilizacije (mjereno respirimometrijskim testovima na kompostu) mogu potrajati nekoliko mjeseci, dok niže razine stabilizacije koje zahtijevaju austrijski i talijanski standardi mogu se postići u roku od 40 do 60 dana. Proces se opsežno nadzire i kontrolira računalnim sustavima kako bi se osiguralo pouzdana i reproduktivna izvedba [S3].

Dugoročno ponašanje visoko stabiliziranih MBO ostataka predviđeno je iz serije detaljnih pokusa koji koriste reaktore za simulaciju odlagališta. Rezultati su pokazali da:

- MBO smanjuje potencijal emisije odlagališnih plinova za 90% u usporedbi s netretiranim KKO. Preostali potencijal emisije karakterizira polu život od 15 do 30 godina, oko 10 godina dulje nego za netretirani KKO. Autori zaključuju da spora stopa preostalih emisija CH<sub>4</sub> znači da će u svim materijalima koji oksidiraju metan u pokrovnom tlu, vrlo vjerojatno, oksidirati sav CH<sub>4</sub> koji je oslobođen.

- Preostali otpad iz MBO-a može se zbijati do vrlo visoke gustoće na odlagalištima otpada (cca  $1,5 \text{ t} / \text{m}^3$ ), što rezultira vrlo niskim hidrauličkim vodljivostima (u rasponu od  $1 \times 10^{-10}$  do  $5 \times 10^{-9} \text{ m} / \text{s}$ ). Kao posljedica slabe infiltracije vode, proizvodnja procjednih voda minimizirana je, kao i udio ukupnog dušika i ukupnog sadržaja ugljika u procjednoj otopini smanjen je do 95% i 80-90%.

Terenski pokusi na ostacima MBO-a na odlagalištima pokazali su nekoliko prednosti ovisno o načinu kojim upravljamo odlagalištem. MBO ostatak može se zbijati do vrlo velike gustoće ( $\sim 1,5 \text{ t} / \text{m}^3$ ) koristeći konvencionalne kompaktore otpada. Radno područje može se držati na minimumu, kako bi se smanjile mogućnosti za ulazak vode u otpad. Gotovo područje treba prekriti najprije s propusnim drenažnim slojem, a zatim s mješavinom kompostiranog tla iz MBO-a od oko 0,8 m dubine da djeluje kao sloj za oksidaciju metana. Ispitivanja su pokazala da se anaerobni uvjeti razvijaju u zbijenom MBO ostatku, ali kako je otpad je vrlo otporan na daljnje anaerobno raspadanje, vrlo malo plina se formira i ono što se formira se potpuno oksidira. Stoga se izbjegava potreba daljnjeg prikupljanja plina. Visoka gustoća zbijanja i vrlo niska stopa infiltracije vode također smanjuje potrebu za tretmanom otpadnih voda [S3].

### 7.2.1. Emisije štetnih plinova

Kroz analizu se u obzir uzimaju sljedeći koraci:

- **Mobilizacija.** To uključuje prikupljanje i transport otpada od domaćinstva do MBO postrojenja, transport RDF-a u spalionicu i oporabljeni metal u reprocesoru, te transport otpada spalionice. Pretpostavlja se da se pogon za MBO nalazi na odlagalištu, te nema značajnijeg prijevoza kompostnog proizvoda.
- **Tretman.** Emisije povezane s MBO procesom, odlaganje ostataka i spaljivanje RDF frakcije.
- **Zbrinjavanje.** Emisije stakleničkih plinova i ugljik koji se izdvajaju na odlagalištu.
- **Raspršene emisije.** Izbjegavane emisije stakleničkih plinova i energije iz spaljivanja RDF-a, te bilo koja energija izbjegnuta prikupljanjem i korištenjem odlagališta otpada.

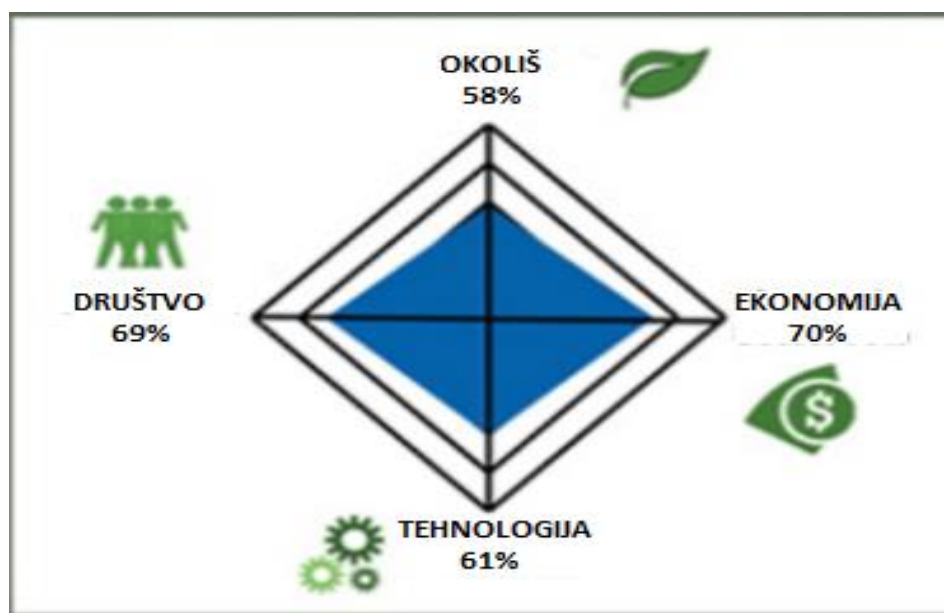
Model pretpostavlja da se nakon odvajanja metala materijal odvaja u frakcije za kompostiranje i frakcije koje se odbacuju. Kompozitna frakcija se može koristiti kao ulaz u anaerobni digester (AD), ali pretpostavljamo da slijedi komposterska staza, uz odlaganje kompostiranog ostatka na odlagalište.

Za frakcije koje smo odbacili modeliramo dva pravaca: odlagalište ili spaljivanje. Trenutno su relativno visoki troškovi spaljivanja što znači da je odlagalište više uobičajena opcija, no spaljivanje može biti značajnije u budućim scenarijima.

Korištenje energije, naravno, odnosi se na trajanje procesa kompostiranja, osobito na broj puta koliko se materijal okrenuo. Podaci koji su nam dostupni ukazuju na to da je potrebna potrošnja energije od oko 0,5 kWh / t ulaznog materijala za svaki događaj okretanja. Potrebno je još 10 dodatnih okretanja da bi se proizveo vrlo visoko stabilizirani otpad, u usporedbi s kraćim vremenima. Razlika u korištenju energije između visoko stabiliziranih i slabije stabiliziranih ostataka stoga bi bio oko 5 kWh / t otpada, sa visokom stopom varijacije. Pretpostavljena je prosječna vrijednost od 50 kWh električne energije po toni otpada.

Informacije iz Njemačke pokazuju da su troškovi MBO-a su oko 87 €/ t, uključujući naknade za odlaganje odlagališta. Međutim, kako su troškovi upravljanja otpadom u Njemačkoj obično viši nego za druge članove EU-a, usvojene su niže brojke za EU u cjelini. Usvojene su brojke od 60 €/ t za MBO s odlagalištem i 75 €/ t za MBO s spaljivanjem [S3].

Zbog tehnologija koje koristi, MBO postrojenje u većoj ili manjoj mjeri ima različite utjecaje kako na okoliš, tako i na samo društvo u cjelini. Slika 6. prikazuje intezitet utjecaja MBO postrojenja na određene komponente ljudske svakodnevnice.



**Slika 6.** Utjecaj MBO postrojenja na određene komponente održivosti sustava upravljanja KKO

### 7.3. Spaljivanje

Alternativa masovnom spaljivanju koja ima ograničene primjene je u proizvodnji i izgaranju RDF-a, od papira, plastike i tekstila. U ovoj analizi razmatramo stakleničke plinove iz RDF-a, koji se spaljuju u zasebnim spremnicima, ili služe kao zamjena za ugljen u cementnoj peći ili stanici s prahom za gorivo. Ovdje pretpostavljamo da RDF služi kao zamjena za ugljen na ekvivalentnom energetske sadržaju i da nema promjene u toplinskoj učinkovitosti.

Jasno je da postojeće postrojenje, ako je RDF nisu korišten, koristi više drva, treseta ili ugljena. Međutim, ako je potrebno izgraditi novi objekt, električna energija bi se na ovaj način mogla proizvoditi s mnogo nižim emisijskim faktorom, kao npr. s vjetrom ili biomasom, čime se smanjuje mogućnost nastajanja stakleničkih plinova.

RDF opcije također uzrokuju stakleničke plinove iz zbrinjavanja preostalog KKO (uglavnom otpad, ali i staklo i razni materijali), te iz recikliranja metala koji su prikupljeni tijekom razvrstavanja i pripreme goriva.

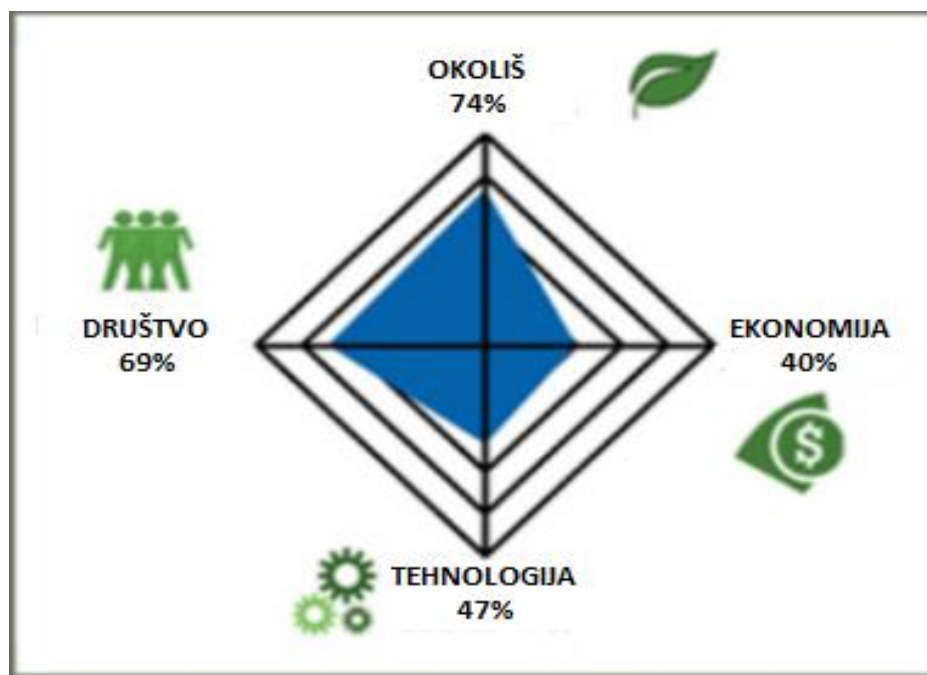
Emisije stakleničkih plinova iz odlagališta KKO-a dominiraju emisijom metana, koje su samo djelomično nadoknađene sekvenciranjem ugljika, što rezultira pozitivnim tokom stakleničkih plinova od oko 260 kg CO<sub>2</sub> ekvivalent / tona KKO.

Recikliranje metala (za koje se pretpostavlja da su 4% željezni i 1% aluminij u KKO) od KKO-a obrađenih u RDF daje značajnu uštedu u emisijama od oko 160 kg CO<sub>2</sub> / tona KKO-a.

U konačnici, izgaranje RDF-a povećava ukupni pozitivni tok stakleničkih plinova (oko 180 CO<sub>2</sub> ekvivalent / tona KKO), u usporedbi s negativnim tokom od oko 230 kg CO<sub>2</sub> ekvivalent / tona za ko-pečenje kao zamjena ugljena u cementnim pećima ili elektranama na plinovita goriva.

Rezultati se temelje na prosječnoj potrošnji električne energije u EU kao zamijenjenom izvoru energije, osim za izgaranje u elektranama ili cementnim pećima, gdje se pretpostavlja se da će ugljen biti ugljen zamijenjen [S3].

Na Slici 7. je prikazan utjecaj spalionice otpada na cjelokupno društvo. Iz slike je jasno vidljivo da je spalionica otpada za okoliš najpovoljnije rješenje.



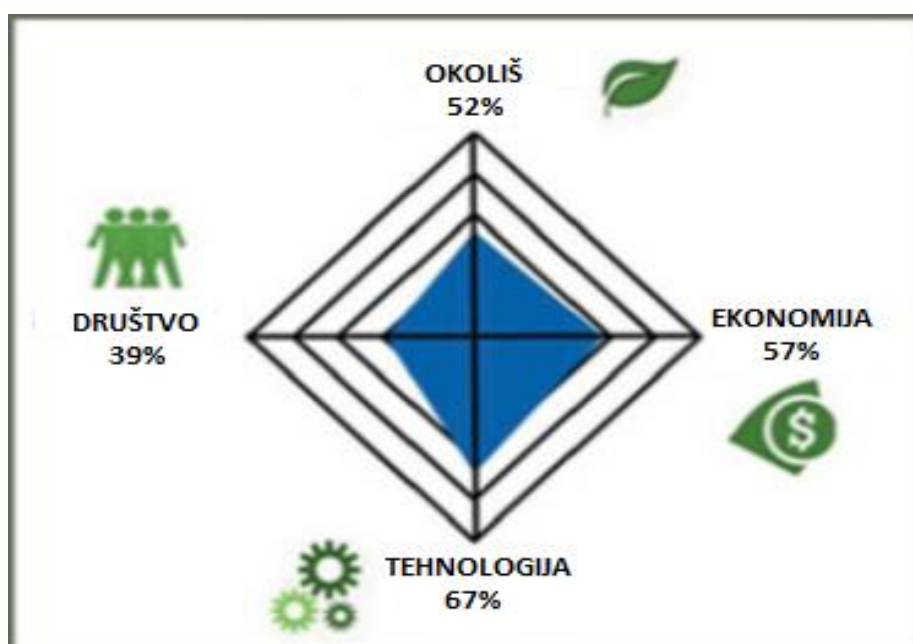
**Slika 7 .** Utjecaj spalionice otpada na određene komponente održivosti sustava upravljanja KKO

Izgaranje RDF-a trenutno iznosi manje od 10% spaljenog otpada. Gdje se koristio RDF kao izravna zamjena za ugljen u elektranama ili cementnim pećima, a ostatak se odlagao na odlagalište otpada prema prosječnim standardima EU, rezultat je ne negativan tok stakleničkih plinova. Udio stakleničkih plinova je mnogo manji od onog koji je rezultat odlaganja rasutog KKO-a prema prosječnom standardu EU-a za odlagališta otpada, ali slične veličine od onoga što se može postići najvišim standardima kod upravljanja odlagalištima otpada [S3].

#### 7.4. Odlagalište otpada (Landfill)

Odlagalište otpada (landfill) možemo definirati kao kontrolirano odlaganje krutog otpada na tlo, te se po tome razlikuje od „divljih odlagališta“, koje karakteriziraju manjak kontrole nad procesima odlaganja otpada te slabo upravljanje otpadom. Odlagališta otpada su još uvijek zastupljena u manje razvijenim zemljama EU-a, posebno u određenim zemljama na jugu, ali se sve manje prakticira.

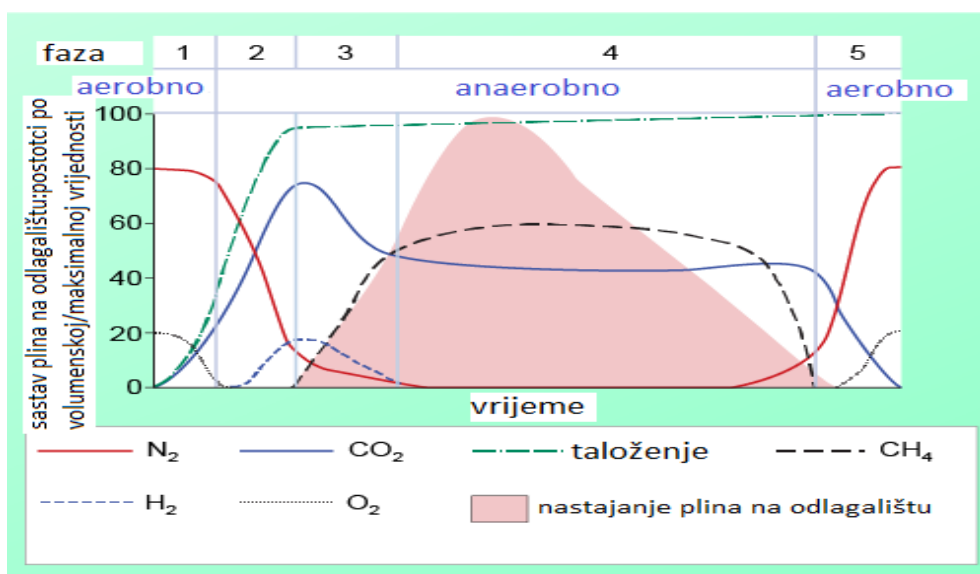
U praksi se razlikuju nekoliko vrsta odlagališta te načina na koje njima upravljamo. Postoje mala, plitka odlagališta na kojima se ne vodi računa o vrsti ili količini otpada koje se odlaže, te se ne prikupljaju staklenički plinovi kao ni procjedne otpadne vode. S druge strane, postoje velika, duboka odlagališta gdje se vrsta i količina otpada neprestano kontrolira, zbija i prekriva, plinovi se skupljaju da bi se dalje koristili u energetske svrhe, a otpadne procjedne vode se uredno skupljaju, te se nad njima vrše određeni tretmani da ne dođe do zagađenja podzemnih voda koje služe za pićem. Kao posljedica načina upravljanja odlagalištem, nastaju različite mješavine stakleničkih plinova, ovisno o samoj vrsti otpada, te o načinu na koji postupamo s otpadom, a samim time i širok raspon naknada za otpad. Odlagalište otpada je najgora tehnologija upravljanja otpadom od tri prethodno opisane tehnologije, što je vidljivo na Slici 8.



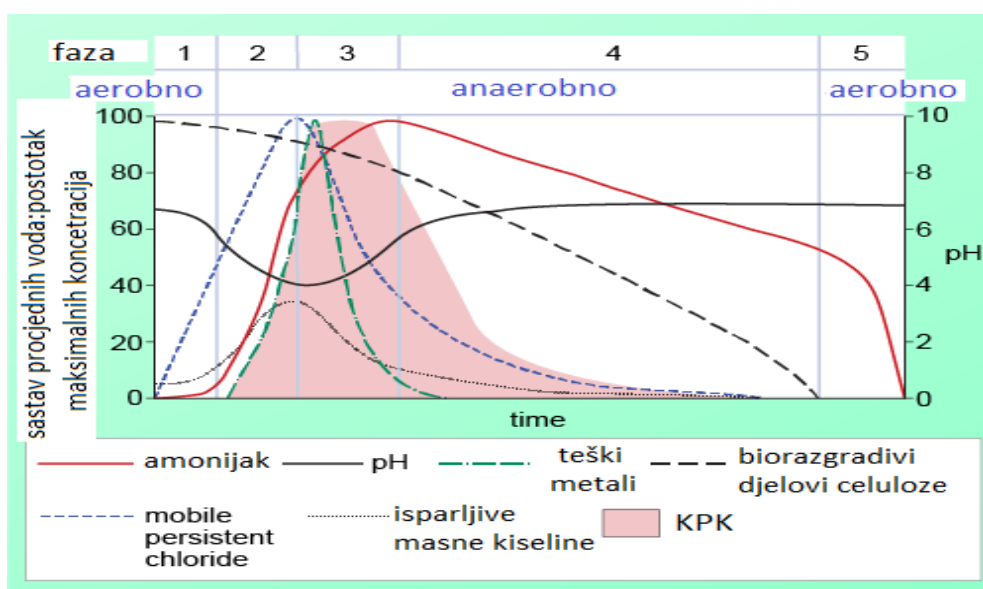
**Slika 8.** Utjecaj odlagališta otpada na određene komponente održivosti sustava upravljanja KKO

#### 7.4.1. Plinovi i procjedna voda na odlagalištu

Plinovi nastaju kada se bilo koji bio-razgradivi materijali odlože uz prisustvo vode. Procjedna voda nastaje od kišnice i površinskih voda, koje se cijede kroz otpad, zajedno sa vodom koja se već nalazi u samom otpadnom materijalu. Plinovi i otpadne vode nastaju kroz pet faza, kako je prikazano na Slici 9. i na Slici 10.



Slika 9. Sastav plina na odlagalištu kroz vrijeme [M1]



Slika 10. Sastav procjernih voda na odlagalištu kroz vrijeme [M1]

### 7.4.2. Faze nastajanja plinova na odlagalištu

#### Faza 1 : Aerobna razgradnja

Kada se otpad prvi put odlaže, uvjeti su aerobni i ima dovoljno zaliha kisika, vode i tvari koje su nužne za razvoj mikroorganizama. Pod ovakvim uvjetima aerobni organizmi počinju da razgrađuju otpad. Ugljikohidrati se razgrađuju na jednostavnije šećere (npr. glukoza), ugljični dioksid i vodu.



Ove aerobno razgradive reakcije su egzotermne, zbog čega je aerobna faza razgradnje praćena sa porastom temperature. Kolika će biti temperatura ovisi o količini prisutnog kisika. Početna količina kisika ovisi o tome kako je otpad zbijen, ali uobičajene temperature na vrhu se kreću u rasponu od 45-70 °C . U ekstremnim slučajevima, ovo može dovesti do sagorijevanja odloženog otpada.

Ovi aerobni uvjeti ne traju dugo. Kako se otpad odlaže, on se sve više zbija i sliježe te se uskoro prekriva sa novim slojem otpada ili nekim slojem prekrivnog materijala. Nakon nekoliko dana razina kisika se smanji, zbog aerobnih procesa i prekrivanja novim materijalom, pa samim time aerobni mikroorganizmi postaju neaktivni te se počinju razvijati anaerobni uvjeti.

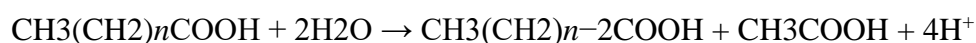
### *Faza 2 : Hidroliza i fermentacija*

Kako se faza 1 (aerobna razgradnja) privodi kraju, fakultativni anaerobi (aerobni mikroorganizmi koji mogu živjeti i u anaerobnim uvjetima) postaju važni. Ovi mikroorganizmi razlažu ugljikohidrate u šećere u nekoliko reakcija hidrolize :



Ovi se šećeri razlažu na ugljikov dioksid i vodu u procesu fermentacije.

Nastaju lipidi hidrolize u višefaznoj reakciji, kod koje se u svakoj fazi smanjuje duljina lipidne molekule i oslobađa molekula octene kiseline:



Proteini se u početku razlažu na jednostavnije amino kiseline, neke aminokiseline su inkorporirane sa rastućom populacijom mikroorganizama, dok se ostale aminokiseline dalje razlažu na amonijak i masne kiseline (npr. octena kiselina).

Formiranje plina i otpadnih voda postaje sve važnije tijekom druge faze. Otpadne vode koje se formiraju u ovoj fazi imaju velik sadržaj amonijaka, a plin može sadržavati i do 80% ugljikova dioksida i do 20% vodika, a ostatak je dušik. Temperatura otpada tijekom ove faze je 30-50 °C.

### *Faza 3 : Acetogeneza*

U ovoj su fazi anaerobni uvjeti u potpunosti razvijeni. Acetogeni mikroorganizmi pretvaraju organske kiseline (koje su formirane u fazi 2) u jednostavnije organske kiseline (octena kiselina), kiselinske derivate, ugljikov dioksid i vodik. Drugi organizmi reagiraju sa

ugljikohidratima koji su nastali hidrolizom da bi proizveli još octene kiseline. Ova se reakcija može zapisati :



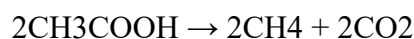
Ostale reakcije koje uključuju znatno složenije ugljikohidrate, ugljikov dioksid i vodik također daju octenu kiselinu smanjujući količinu ugljikova dioksida i vodika u plinskoj fazi.

Otpadna voda koja nastaje u ovoj fazi je izrazito kisela, sa pH faktorom koji može pasti do 4. Pod ovakvim uvjetima raste stopa razgradivosti metala, pa samim time otpadna voda sadrži veliku koncentraciju metala.

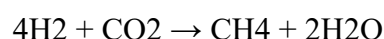
Kako koncentracija vodika i ugljikova dioksida opada, postaju aktivni mikroorganizmi koji formiraju metan.

#### *Faza 4 : Metanogeneza*

Ova faza u pravilu neće početi bar šest mjeseci nakon što smo odložili otpad, te može proći više godina dok se uvjeti za metanogenezu u potpunosti ne ostvare. Kroz ovu fazu, metanogeni postaju sve više aktivni te generiraju metan i ugljikov dioksid iz octene kiseline :



U isto vrijeme, ugljikov dioksid i vodik (nastali za hidrolize lipida) se udružuju sa ostalim metanogenim bakterijama da generiraju dodatni metan :



Konačni plin sadrži oko 60% metana i 40% ugljikova dioksida. Koncentracija metana značajno raste narednih 3 do 12 mjeseci nakon ove faze, te ože nastaviti rasti 15 do 30 godina nakon prestanka odlaganja. Male količine plina mogu se generirati čak i 100 godina nakon prestanka odlaganja.

Razlaganje organskih kiselina rezultira porastom pH vrijednosti otpadnih voda, a temperatura otpada na odlagalištu se kreće u rasponu od 30-65°C.

#### *Faza 5 : Oksidacija*

Kada proizvodnja organskih kiselina i degradacija počinju slabiti, usporava se i proizvodnja metana i ugljikova dioksida i zrak se počinje raspršivati .Nastanu aerobni uvjeti te, pod ovim uvjetima, preostali metan oksidira uz pomoć aerobnih bakterija. Kako se ova faza bliži kraju možemo reći da odlagalište prestaje biti štetno za okoliš. [M1]

### 7.4.3. Kontrola nad plinovima

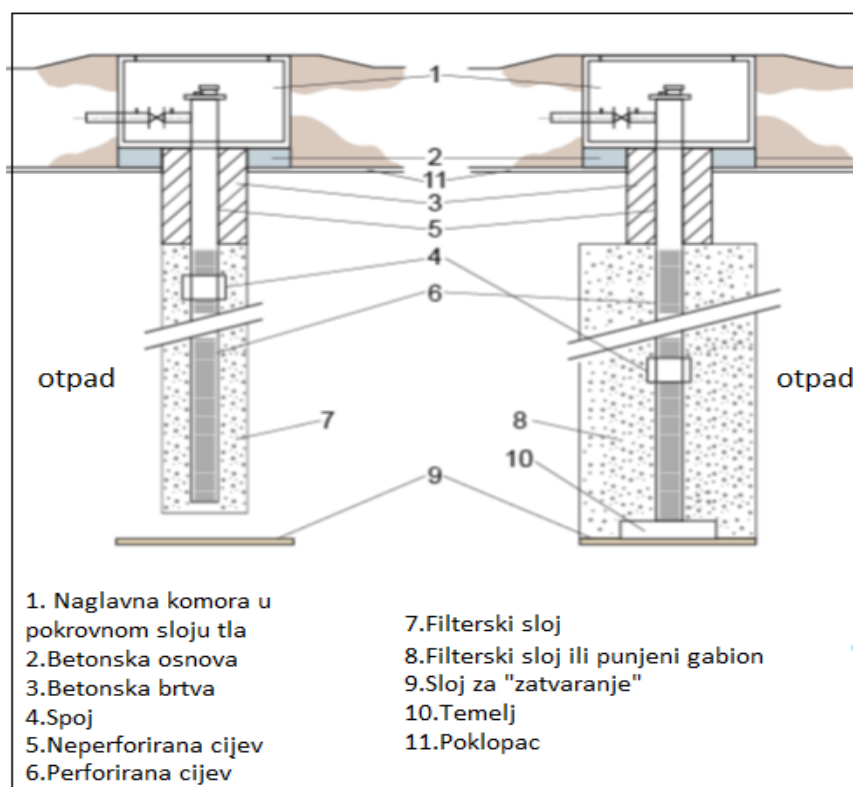
Plinovi sa odlagališta se mogu kretati na velike udaljenosti, te mogu biti opasni iz više razloga:

- ako se plinovi zarobe u zatvorenom prostoru može doći do eksplozije,
- smrad može naštetiti zdravlju ljudi,
- produkti sa odlagališta mogu naštetiti biljnom pokrovu i vegetaciji,
- neprijatan boravak na zraku.

Nadalje, metan značajno utječe na efekt staklenika. Sve su to razlozi zbog kojih je potrebno pravilno postupati sa plinovima koji se generiraju na odlagalištu.

Teoretski, svaka tona komunalnog otpada sadrži oko 400 m<sup>3</sup> plinova .Ako se pravilno postupa sa otpadom, količina plinova će biti znatno manja. Ukoliko se otpad reciklira odlagalište će sadržavati manju količinu biorazgradivog otpada.

Da bi plin sa odlagališta što manje štetio okolišu i zdravlju ljudi potrebno je izgraditi određena postrojenja koja prikupljaju plin sa odlagališta .Plin se „izvlači“ kroz mrežu bušotina na odlagalištu. Ove bušotine najčešće imaju promjer 0.3 – 0.6 metara. Tipičan primjer prikupljanja plinova na odlagalištu je prikazan na Slici 11.



Slika 11. Presjek postrojenja za prikupljanje plinova na odlagalištu otpada

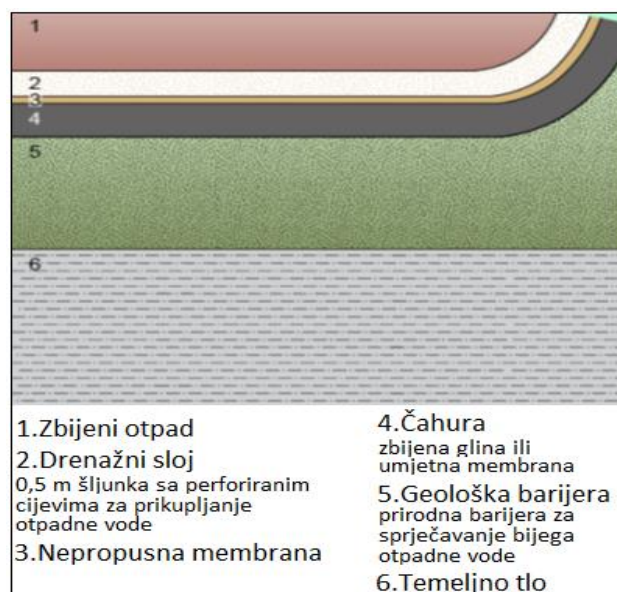
Prikupljeni plin je potrebno odložiti ili zapaliti. Ako ga odlučimo zapaliti također možemo nastalu toplinu iskoristiti kao energiju. Najgore je plin pustiti u atmosferu ,jer plin sa odlagališta sadrži veliku količinu metana koji, osim što je štetan za zdravlje ljudi, značajno utječe na efekt staklenika (metan je 20 puta štetniji od ugljikova dioksida). U Tablici 1. su tablici prikazane emisije sagorijevanja pojedinih plinova koji se mogu naći na odlagalištu:

**Tablica 1.** Emisija sagorijevanja plinova sa odlagališta otpada

Emisija	Mjerna jedinica	Raspon vrijednosti
CO <sub>2</sub>	%	13.1–17.6
CO	mg m <sup>-3</sup>	508–2600
SO <sub>2</sub>	mg m <sup>-3</sup>	18–540
NO <sub>x</sub>	mg m <sup>-3</sup>	360–1500
HCl	mg m <sup>-3</sup>	0.2–584
Određene tvari	mg m <sup>-3</sup>	1.7–51
Ukupni ugljikovodici	mg m <sup>-3</sup>	530–5260
Dioksini	ng m <sup>-3</sup>	0.0009–0.61

#### 7.4.4. Kontrola nad procjednim vodama

Kako moramo kontrolirati plinove na odlagalištu, tako moramo kontrolirati i otpadne procjedne vode. Konstrukcija „čahure“ i poklopac imaju ključnu ulogu kod kontrole nad procjednim vodama te njihovom formiranju i curenju. Poklopac smanjuje ulaz kišnice, dok čahura sprječava da otpadna voda procuri u okoliš. Unatoč svemu, neizbježno je da će se formirati određena količina otpadne vode na odlagalištu. Voda će doći na odlagalište dok se ono gradi, prije nego se poklopac ugradi, te će se kasnije formirati procjedna otpadna voda. Zbog toga razloga odlagalište mora imati postrojenje za prikupljanje procjedne otpadne vode. Primjer na koji način tretirati procjedne otpadne vode prikazan je na Slici 12.



Slika 12. Sistem prikupljanja procjedne otpadne vode

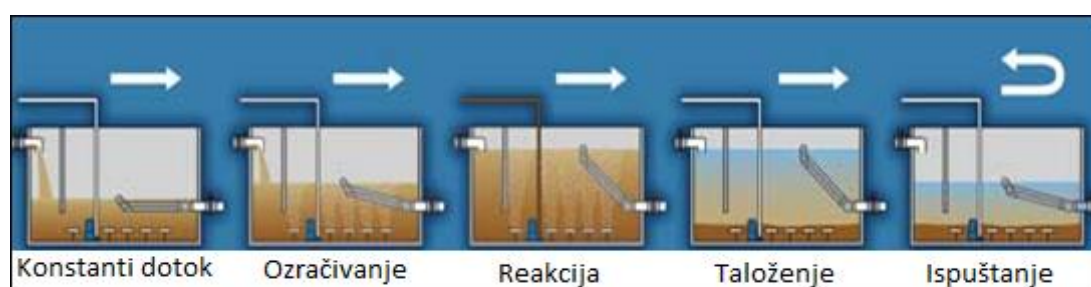
#### 7.4.5. Tretiranje procjednih voda

Kada prikupimo procjednu otpadnu vodu, potrebno je pravilni njima tretirati prije nego ih ispuštimo u kanalizaciju ili u neki vodotok. Pri upravljanju sa procjednim otpadnim vodama moramo imati na umu :

- vrsta otpada koja se odlaže,
- očekivani protok i njegovo variranje,
- očekivanu koncentraciju otrovnih tvari i njihovo variranje,
- utjecaj na okoliš i mjesto odlaganja.

Protok i sastav postojećeg efluenta u kanalizaciji te količina i upotreba vode u vodotoku će također utjecati na mjesto odlaganja. Ovi su kriteriji specifični za svako drugo mjesto.

Jedna od najučinkovitijih metoda za tretiranje procjednih otpadnih voda je **SBR** (Sequencing Batch Reactor) proces s aktiviranim muljem, prikazanim na Slici 13.



Slika 13. Shematski prikaz SBR procesa

Procjedna voda se unosi u reaktor, a zatim se propuše kako bi se smanjio **BPK** (**Biokemijska Potrošnja Kisika**) i **KPK** (**Kemijska Potrošnja Kisika**). Istovremeno dolazi do procesa nitrifikacije, koji pretvara amonijak u nitrite, a zatim nitrate. Nakon faze aeracije, procjedna voda se ostavi da se slegne, a tekućina se odvodi iz vrha reaktora, ostavljajući nastali mulj u reaktoru.

Ako je potrebno, efluent se zatim može tretirati u denitrifikacijskoj fazi u anoksičnom reaktoru kako bi se pretvorili nitriti u otpadnim vodama u dušik.

Korištenje procjednih voda u navodnjavanju zemljišta zahtijeva da postoji dovoljno velika površina obrasloga zemljišta da bi se izbjeglo preopterećenje za prirodne procese koji će s vremenom pročititi procjedne vode.

Kada procjedne vode raspršimo po zemlji, njihova količina će se značajno smanjiti zbog procesa isparavanja i transpiracije. Evapotranspiracija se može značajno povećati koristeći standardne poljoprivredne tehnike raspršivanja.

Procjedne vode se zatim cijede kroz tlo, čime pružaju priliku za :

- mikrobnu razgradnju organskih spojeva,
- uklanjanje iona taloženjem ili izmjenom iona ,
- mogućnost brzog unosa sastojaka poput amonijaka kroz biljke.

Moguće je da će raspršivanje procjednih voda dovesti do širenja štetnih patogena, no kako stvari sada stoje, to ne bi trebalo predstavljati problem. Trenutno ne postoje informacije da bi dali dugoročnu prognozu učinka prskanja procjednih voda po tlu. Treba redovito pratiti i procjedne vode i tlo kako bi se osiguralo da koncentracija metala i postojanih organskih spojeva ne prijeđe kritičnu razinu.

## 8. Tehnički opis odlagališta komunalnog otpada Ajdanovac

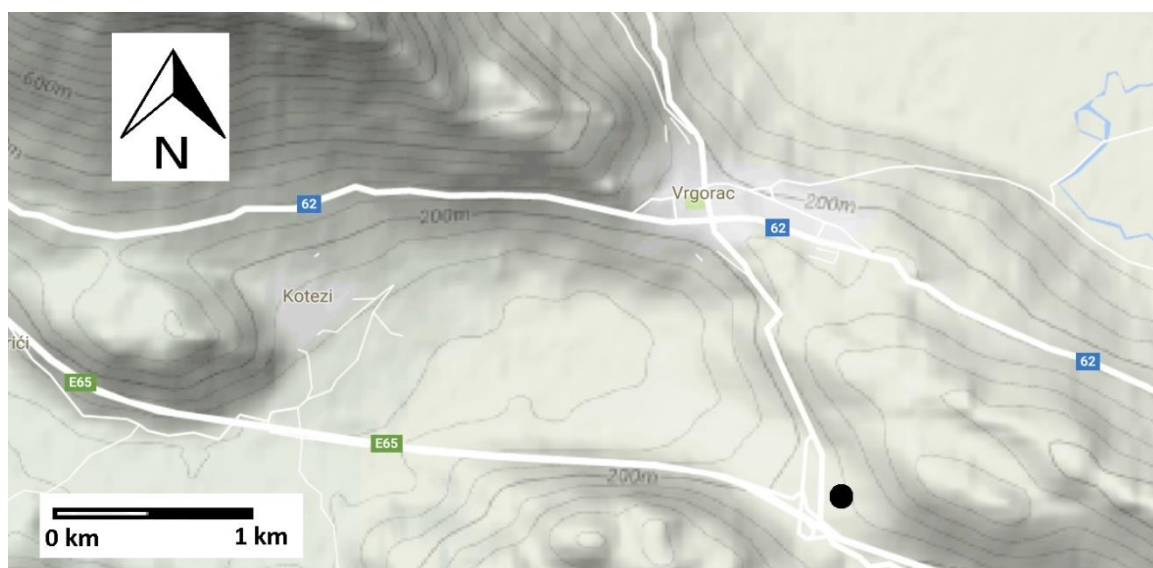
### 8.1. Prostorna obilježja

Odlagalište Ajdanovac prostorno-planskom dokumentacijom **nije** predviđeno kao lokacija odlagališta komunalnog otpada.

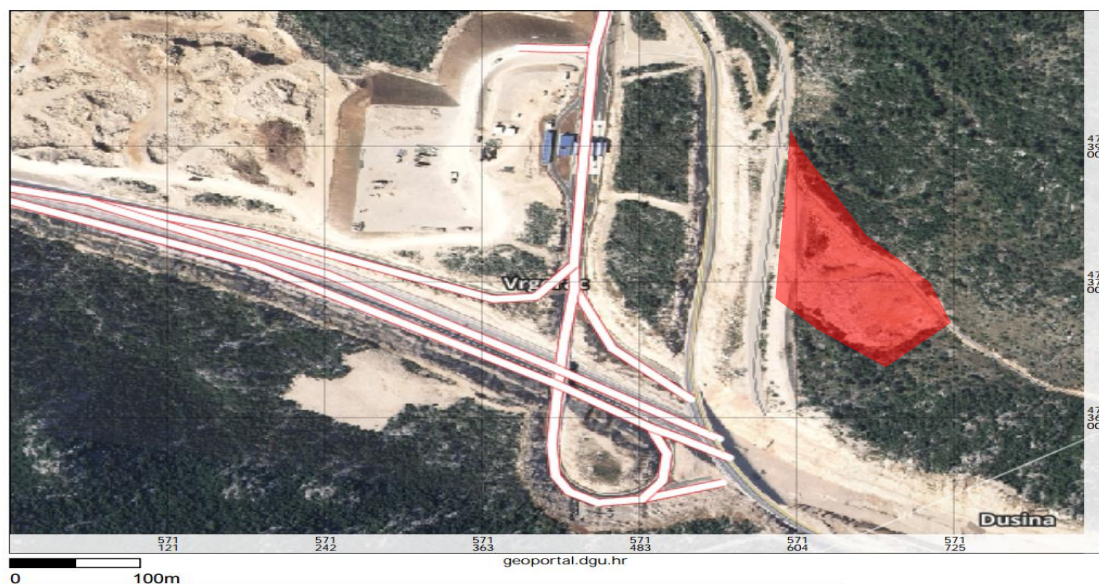
Hitnost sanacije i uređenja odlagališta Ajdanovac proizlazi iz sljedećih činjenica:

- odlagalište se nalazi u II. zoni sanitarne zaštite: prema "Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta" (NN 55/02),
- lokacija odlagališta se nalazi na cca 100 m od ruba kolnika Jadransko-jonske autoceste, sektor Split-Ploče, podsektor Ravča-Ploče, dionica Ravča-Vrgorac.

Lokacija Ajdanovac nalazi se oko 2 km jugoistočno od samog grada Vrgorca, uz cestu Vrgorac-Ploče (Slika 14). Najbliža naselja su: sjeverozapadno od odlagališta - Plana, udaljeno je oko 1,0 km zračne linije, istočno od odlagališta Ilići i Mihaljevići udaljeni oko 0,87 km, te južno od odlagališta Vina, udaljeno oko 0,87 km. Odlagalište je na cestu Vrgorac-Ploče spojeno pristupnom cestom u duljini od oko 140 metara (mjereno do ulaza u odlagalište). Sa zapadne strane postojećeg odlagališta izveden je nasip od kamenog materijala (kao vizualna barijera prema budućem čvorištu) koji će se koristiti i za potrebe sanacije – kao obodni (potporni) nasip. Spomenuti nasip predstavlja granicu zahvata prema zapadu. Približna visina nasipa iznosi oko 4 – 8 m (unutarnja strana nasipa) [I2].



**Slika 14.** Topografska karta s naznačenom lokacijom odlagališta otpada **Ajdanovac**



**Slika 15.** Ortofoto karta s naznačenom lokacijom odlagališta otpada **Ajdanovac**

Odlagalište otpada Ajdanovac je u funkciji od 1970. godine i na njemu je komunalni otpad s područja Vrgorca odlagan do 1996. godine kada je odlagalište zatvoreno, a otpad se počeo odvoziti na odlagalište Donja Gora u blizini Podgore. Budući da je 2005. započeta sanacija odlagališta Donja Gora u Podgori, otpad iz područja Vrgorca opet se počeo odlagati na odlagalištu Ajdanovac. Gradsko poglavarstvo Grada Vrgorca u listopadu 2003. godine donijelo je Odluku o privremenom odlagalištu komunalnog otpada, na osnovu koje se i danas odlaže otpad na predmetnom odlagalištu [I2].



**Slika 16.** Odlagalište komunalnog otpada Ajdanovac [I2]





Slika 17. Odlagalište komunalnog otpada Ajdanovac [I2]

Odlagalište **ne udovoljava** uvjetima "Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada" (NN 117/07) pa su značajni negativni utjecaji koje ovakvo odlagalište stvara na okoliš.

## 8.2. Klimatska obilježja

Područje Grada Vrgorca ima izmijenjenu mediteransku klimu. To je klimatski tip karakterističan za Dalmatinsku Zagoru i druge prostore koji se nalaze u neposrednom zaleđu Jadranskog primorja do kojih bar djelomično dopiru mediteranski utjecaji.

Mediteranski utjecaju dopiru iz doline Neretve preko polja Jezero i Rastok i najizrazitiji su u istočnom dijelu područja. Utjecaji slabe idući ka zapadnim dijelovima grada.

Ova se klima karakterizira nižim srednjim temperaturama i znatno većim količinama padalina nego u primorskom pojasu, ali je raspored padalina tokom godine zadržao mediteranski režim. Preko 70% ukupnih padalina je u zimskoj polovici godine, od početka listopada do ožujka [P1].

### 8.3. Padaline

Registrirane oborine na meteorološkoj postaji Vrgorac za petnaestogodišnji period pokazuju da ovo područje ima znatno veću količinu padalina u odnosu na primorski pojas, ali raspored padalina tijekom godine ima tipični mediteranski režim. Preko 70% ukupnih padalina je u zimskoj polovici godine, od početka listopada do ožujka [P1].

**Tablica 2.** Srednje mjesečne i godišnje padaline za meteorološku postaju Vrgorac [P1]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
186	171	200	164	113	50	25	48	127	229	346	305
Proljeće			Ljeto			Jesen			Zima		
477			123			702			662		
Vegetacijski period 756 mm (38,4%)											
Godišnja 1964											

### 8.4. Vjetar

Na području grada Vrgorca prevladavajući vjetrovi su iz sjeveroistočnog (bura, levanat) i jugoistočnog (jugo), ali su česti i iz zapadnog kvadranta. Učestalost jakih i olujnih vjetrova dvostruko je manja nego u susjednom primorju, a prosječno pušu 20 jaki, odnosno 2 dana olujni vjetrovi [P1].

Tokom godine uglavnom prevladavaju tri tipa vremena:

1. suh, hladan i uglavnom vedar tip vremena zastupljen u toku zime i početkom proljeća, uz buru i tramontanu;
2. topao i vlažan tip vremena (kišni) koji nastaje uz jugo i lebić;
3. vedar, suhi i vrući tip, karakterističan za ljetne tišine ili lagane vjetrove iz zapadnog i sjeveroistočnog kvadranta. One najčešće javlja u srpnju i kolovozu, obično uz ljetne suše.

## 8.5. Hidrogeološka obilježja

Hidrogeološka područja Grada Vrgorca uglavnom su vezana za sliv izvora Banje i Butine. Šire područje sliva izgrađuju pretežno karbonatne naslage trijasa, jure i krede te karbonatne i klastične naslage tercijara, a polja su prekrivena tercijarnim naslagama. Područje odlikuje se intenzivnom tektonskom poremećenošću. Za područje slivova Banje i Butine interesantne su tektonske jedinice Biokovo, Biokovska Zagora i Imotski.

S obzirom da se radi o vrlo okršenom terenu kretanje podzemnih voda u ovom području možemo okarakterizirati kao vrlo složeno, a uvelike ovisi o količini oborina. Sliv izvora Banje i Butine dio je šireg sliva priobalnih izvora i izvora u dolini Neretve od Ploča do Metkovića.

Podzemne vode dolaze iz smjerova Slivno, Puteševica i Šipovača, te za vrijeme velikih voda poplavi dio Rastok polja iz kojeg voda odlazi ponorima koji se nalaze na području Potprologa. Za velikih voda je i polje kod Slivna djelomično pod vodom, a u vrijeme najvećih kiša izlazi voda i iz jame Gvozdenica.

U sušnom razdoblju dubina do podzemne vode znatno se povećava tako da se u Slivnom spusti i do 100 m ispod najniže kote polja. U Rastok polju na izvoru Banja razina podzemne vode se također spušta i do cca 50 m ispod kote izvora.

Može se kazati da izvore Banja i Butina treba promatrati kao jednu cjelinu jer je sliv izvora Banja dio sliva Butine.

Banja se nalazi na krajnjem sjeverozapadu Rastok polja. To je jama sa vodom i funkcijom povremenog izvora. Otvor jame nalazi se na koti od 75 m.n.m.

Izvor Butina nalazi se na sjevernom rubu Vrgoračkog polja, u mjestu Dusina, na koti od oko 27 m.n.m [P1].

## 8.6. Prometna infrastruktura

Osnovu cestovne mreže vrgoračkog područja danas čini:

*Jadranska autocesta*

*Državne ceste:*

- D 62; Dugopolje (D1) – Šestanovac – Zagvozd – Vrgorac – Kula Norinska – Metković (D9)

- D 512; Makarska (D8) – Ravča

*Županijske ceste:*

- Ž 6199; D 62 – Kozica – Šošići – D 512

- Ž 6201; Poljica Kozička – Stilja – Prapatnice – Vrgorac (D62)

- Ž 6207; Katezi – Vrgorac (D 62)

- Ž 6208; Vrgorac (D62) – Staševica – D513

- Ž 6209; Ž 6201 – Banja – Orah – (gr. R. BIH)

- Ž 6210; Podprolog – Veliki Prolog (D 62)

- Ž 6211; Ž6208 – Dusina – Otrić Seoci – D513

Ovisno o stupnju razvijenosti cestovne mreže, može se reći da je područje Grada Vrgorca zadovoljavajuće povezano sa regionalnim centrom Splitom i ostalim manjim centrima.

Na navedenim prometnicama postoje uska grla prometa. Bitan nedostatak lokalnih cesta je nepostojanje prometne signalizacije [P1].

## 9. Bilanca komunalnog otpada odlagališta grada Vrgorca

Postojeće stanje količina, vrsta i sastava otpada na području **Grada Vrgorca**, koje uključuje 24 gradska naselja:

Banja, Dragljane, Draževitići, Duge Njive, Dusina, Kljenak, Kokorići, Kozica, Mijaca, Orah, Podprolog, Poljica Kozička, Propatnice, Raščane, Ravča, Stilja, Umčani, Veliki Prolog, Vina, višnjica, Vlaka, Vrgorac i Zavojne.

Uslugom organiziranog skupljanja i zbrinjavanja otpada danas su obuhvaćena sva naselja područja Grada Vrgorca.

### 9.1. Opis postojećeg stanja sakupljanja ,prijevoza i zbrinjavanja otpada

Organiziranim skupljanjem i zbrinjavanjem otpada iz domaćinstava bilo je obuhvaćeno cijelo područje Grada Vrgorca, odnosno oko 6.572 stanovnika (popis 2011.) u 2.245 domaćinstava.

Odvoz komunalnog otpada od domaćinstava i gospo darstva obavlja se dva puta tjedno, a za gospodarstvo tri puta tjedno i po pozivu. Skupljeni otpad se odvozi i zbrinjava na odlagalištu „Ajdanovac“ u Gradu Vrgorcu.

### 9.2. Količina i sastav komunalnog otpada

Količina komunalnog otpada na godišnjoj razini računa se na način da se broj stanovnika pomnoži sa količinom otpada po stanovniku te sa brojem dana u godini. Procjenjuje se da prosječan stanovnik Republike Hrvatske dnevno proizvodi 2,2 kilograma krutog otpada, po čemu Republika Hrvatska spada u razvijenije zemlje svijeta, čime smo na strani sigurnosti pri dimenzioniranju odlagališta. Količinu godišnjeg otpada možemo lako izračunati po Izrazu 1.

$$\text{količina godišnjeg otpada} = 2,2 \text{ (kg/dan)} * 365 * \text{broj stanovnika} \quad (1)$$

Komunalni otpad je različitog sastava, te je potrebno proračunati količinu svake vrste otpada (metal, drvo itd.). Tablica 3 prikazuje udio pojedinih komponenti otpada koji su korišteni za proračun ukupne količine otpada na odlagalištu Ajdanovac.

**Tablica 3.** Udio pojedinih vrsta otpada na odlagalištu [S2]

<b>SASTAVNICA</b>	<b>UDIO(%)</b>
Metal	2,07
Drvo	0,98
Tekstil/odjeća	3,71
Papir i karton	23,19
Staklo	3,65
Plastika	22,87
Guma	0,22
Koža/kosti	0,45
Kuhinjski otpad	30,93
Vrtni otpad	5,68
Ostali otpad	6,25

### **9.3. Proračun količine otpada Grada Vrgorca**

Proračun otpada Grada Vrgorca se odnosi na odlagalište Ajdanovac. Odlagalište je otvoreno 1970. godine te je bilo u funkciji do 1996. godine. U razdoblju od 1996. do 2005. godine odlagalište je zatvoreno , te se otpad Grada Vrgorca odvezio na odlagalište Donja Gora. Od 2005. godine odlaganje otpada se ponovo odvija na odlagalištu Ajdanovac.

Broj stanovnika Grada Vrgorca za godine 1971. , 1981. , 1991. , 2001., 2011. preuzet je sa Hrvatskog zavoda za statistiku , a broj stanovnika za sve ostale godine dobiven je linearnom interpolacijom.

Količina mješovitog komunalnog otpada dana je u Tablici 4.

**Tablica 4.** Proračun količine otpada za odlagalište Ajdanovac

GODINA	STANOVNIŠTVO	kg/god	METAL	DRVO	TEKSTIL/ODJ	PAPIR I KARTON	STAKLO	PLASTIKA	GUMA	KOŽA/KOSTI	KUH.-OTPAD	VRTNI OTPAD	OSTALI OTPAD	UKUPNO
1970	9927	7971381	165007,5867	78119,53	295738,2351	1848563,254	290955,4	1823055	17537,04	35871,2145	2465548,14	452774,4408	498211,3125	7971381
1971	9778	7851734	162530,8938	76946,99	291299,3314	1820817,115	286588,3	1795692	17273,81	35332,803	2428541,33	445978,4912	490733,375	7851734
1972	9629	7732087	160054,2009	75774,45	286860,4277	1793070,975	282221,2	1768328	17010,59	34794,3915	2391534,51	439182,5416	483255,4375	7732087
1973	9480	7612440	155757,508	74601,91	282421,524	1765324,836	277854,1	1740965	16747,37	34255,98	2354527,69	432386,592	475777,5	7612440
1974	9331	7492793	155100,8151	73429,37	277982,6203	1737578,697	273486,9	1713602	16484,14	33717,5685	2317520,87	425590,6424	460821,625	7492793
1975	9182	7373146	152624,1222	72256,83	273543,7166	1709832,557	269119,8	1686238	16220,92	33179,157	2280514,06	418794,6928	453343,6875	7373146
1976	9033	7253499	150147,4293	71084,29	269104,8129	1682086,418	264752,7	1658875	15957,7	32640,7455	2243507,24	411998,7432	445865,75	7253499
1977	8884	7133852	147670,7364	69911,75	264665,9092	1654340,279	260385,6	1631512	15694,47	32102,334	2206500,42	405202,7936	445865,75	7133852
1978	8735	7014205	145194,0435	68739,21	260227,0055	1626594,14	256018,5	1604149	15431,25	31563,9225	2169493,61	398406,844	438387,8125	7014205
1979	8586	6894558	142717,3506	67566,67	257788,1018	1598848	251651,4	1576785	15168,03	31025,511	2132486,79	391610,8944	430909,875	6894558
1980	8437	6774911	140240,6577	66394,13	251349,1981	1571101,861	247284,3	1549422	14904,8	30487,0995	2095479,97	384814,9448	423431,9375	6774911
1981	8288	6655264	137763,9648	65221,59	246910,2944	1543355,722	242917,1	1522059	14641,58	29948,688	2058473,16	378018,9952	415954	6655264
1982	8209	6591827	136450,8189	64599,9	244556,7817	1528644,681	240601,7	1507551	14502,02	29663,2215	2038852,09	374415,7736	411989,1875	6591827
1983	8130	6528390	135137,673	63978,22	242203,269	1513933,641	238286,2	1493043	14362,46	29377,755	2019231,03	370812,552	408024,375	6528390
1984	8051	6464953	133824,5271	63356,54	239849,7563	1499222,601	235970,8	1478535	14222,9	29092,2885	1999609,96	367209,3304	404059,5625	6464953
1985	7972	6401516	132511,3812	62734,86	237496,2436	1484511,56	233655,3	1464027	14083,34	28806,822	1979988,9	363606,1088	400094,75	6401516
1986	7893	6338079	131198,2353	62113,17	235142,7309	1469800,52	231339,9	1449519	13943,77	28521,3555	1960367,83	360002,8872	396129,9375	6338079
1987	7814	6274642	129885,0894	61491,49	232789,2182	1455089,48	229024,4	1435011	13804,21	28235,889	1940746,77	356399,6656	392165,125	6274642
1988	7735	6211205	128571,9435	60869,81	230435,7055	1440378,44	226709	1420503	13664,65	27950,4225	1921125,71	352796,444	388200,3125	6211205
1989	7656	6147768	127258,7976	60248,13	228082,1928	1425667,399	224393,5	1405995	13525,09	27664,956	1901504,64	349193,2224	384235,5	6147768
1990	7577	6084331	125945,6517	59626,44	225728,6801	1410956,359	222078,1	1391486	13385,53	27379,4895	1881883,58	345590,0008	380270,6875	6084331
1991	7497	6020091	124615,8837	58996,89	223345,3761	1396059,103	219733,3	1376795	13244,2	27090,4095	1862014,15	341941,1688	376255,6875	6020091
1992	7506	6027318	124765,4826	59067,72	223613,4978	1397735,044	219997,1	1378448	13260,1	27122,931	1864249,46	342351,6624	376707,375	6027318
1993	7515	6034545	124915,0815	59138,54	223881,6195	1399410,986	220260,9	1380100	13276	27155,4525	1866484,77	342762,156	377159,0625	6034545
1994	7524	6041772	125064,6804	59209,37	224149,7412	1401086,927	220524,7	1381753	13291,9	27187,974	1868720,08	343172,6496	377610,75	6041772
1995	7533	6048999	125214,2793	59280,19	224417,8629	1402762,868	220788,5	1383406	13307,8	27220,4955	1870955,39	343583,1432	378062,4375	6048999
1996	7542	6056226	125363,8782	59351,01	224685,9846	1404438,809	221052,2	1385059	13323,7	27253,017	1873190,7	343993,6368	378514,125	6056226
2005	7185	5769555	119429,7885	56541,64	214050,4905	1337959,805	210588,8	1319497	12693,02	25962,9975	1784523,36	327170,724	360597,1875	5769555
2006	7083	5687649	117734,3343	55738,96	211011,7779	1318965,803	207599,2	1300765	12512,83	25594,4205	1759189,84	323058,4632	355478,0625	5687649
2007	6981	5605743	116038,8801	54936,28	207973,0653	1299971,802	204609,6	1282033	12332,63	25225,8435	1733856,31	318406,2024	350358,9375	5605743
2008	6879	5523837	114343,4259	54133,6	204934,3527	1280977,8	201620,1	1263302	12152,44	24857,2665	1708522,78	313753,9416	345239,8125	5523837
2009	6777	5441931	112647,9717	53330,92	201895,6401	1261983,799	198630,5	1244570	11972,25	24488,6895	1683189,26	309101,6808	340120,6875	5441931
2010	6675	5360025	110952,5175	52528,25	198856,9275	1242989,798	195640,9	1225838	11792,06	24120,1125	1657855,73	304449,42	335001,5625	5360025
2011	6572	5277316	109240,4412	51717,7	195788,4236	1223809,58	192622	1206922	11610,1	23747,922	1632273,84	299751,5488	329832,25	5277316
2012	6469	5194607	107528,3649	50907,15	192719,9197	1204629,363	189603,2	1188007	11428,14	23375,7315	1606691,95	295053,6776	324662,9375	5194607
2013	6366	5111898	105816,2886	50096,6	189651,4158	1185449,146	186584,3	1169091	11246,18	23003,541	1581110,05	290355,8064	319493,625	5111898
2014	6263	5029189	104104,2123	49286,05	186582,9119	1166268,929	183565,4	1150176	11064,22	22631,3505	1555528,16	285657,9352	314324,3125	5029189
2015	6160	4946480	102392,136	48475,5	183514,408	1147088,712	180546,5	1131260	10882,26	22259,16	1529946,26	280960,064	309155	4946480
2016	6057	4863771	100680,0597	47664,96	180445,9041	1127908,495	177527,6	1112344	10700,3	21886,9695	1504364,37	276262,1928	303985,6875	4863771



#### 9.4. Biorazgradivost miješanog komunalnog otpada

Miješani komunalni otpad će se svake godine djelomično ili u potpunosti razgraditi, što ovisi o vrsti otpada. Količina otpada koja se razgradila računa se po Izrazu 2:

$$m_B = m \times f_B \quad (2)$$

gdje su:

$m_B$ -masa biorazgradive komponente pojedine vrste komunalnog otpada odložene na odlagalištu (t)

$m$ -ukupna masa pojedine vrste komunalnog otpada odložene na odlagalištu (t)

$f_B$ -koeficijent za računanje biorazgradive komponente (-)

Koeficijent za računanje biorazgradive komponente ovisi o vrsti otpada, kreće se u rasponu od 0-1, te je prikazan u Tablici 5.

**Tablica 5.** Koeficijent biorazgradivosti za pojedine vrste komunalnog otpada [S2]

<b>PRIMARNA SASTAVNICA</b>	<b>f<sub>B</sub></b>
Papir i karton	1
Metal	0
Drvo	0,5
Staklo	0
Tekstil/odjeća	0,5
Plastika	0
Guma	0
Organski otpad	1
Ostali otpad	0,5

## 9.5. Količina otpada koja se nalazi na odlagalištu Ajdanovac

Nakon proračuna biorazgradivosti miješanog komunalnog otpada možemo izračunati koliko se otpada nakon degradacije nalazi na odlagalištu. Rezultati su vidljivi u Tablici 6.

**Tablica 6.** Količina otpada koja se nalazi na odlagalištu komunalnog otpada Ajdanovac

<b>PRIMARNA SASTAVNICA</b>	<b>KOLIČINA OTPADA (TONE)</b>
Metal	5068,26
Drvo	1199,73
Tekstil/odjeća	4541,84
Papir/karton	0,00
Staklo	8936,78
Plastika	55995,71
Guma	538,65
Koža/kosti	0,00
Kuhinjski otpad	0,00
Vrtni otpad	0,00
Ostali otpad	7651,36

Sumiranjem svih sastavnica dolazi se do zaključka da se na odlagalištu „Ajdanovac“ nalazi **83932,36311** tona komunalnog miješanog otpada.

Potrebno je odrediti koliki prostor zauzima ta količina otpada. Kreće se od pretpostavke da se gustoća krutog komunalnog otpada kreće u rasponu od 100-200 (kg/m<sup>3</sup>). U daljnjem proračunu uzeto je da je gustoća otpada  $\rho=200$  (kg/m<sup>3</sup>). Uvrštavanjem podataka u Izraz 3 dobivamo volumen otpada koji se trenutno nalazi na odlagalištu Ajdanovac.

$$V=m / \rho \text{ (m}^3\text{)} \quad (3)$$

gdje je:

V - potreban volumen za zbrinuti otpad (m<sup>3</sup>)

m - masa otpada koja se trenutno nalazi na odlagalištu (kg)

p - gustoća otpada (kg/m<sup>3</sup>)

$$V = m / \rho = 83932363,11 \text{ (kg)} / 200 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 419661,80 \text{ m}^3$$

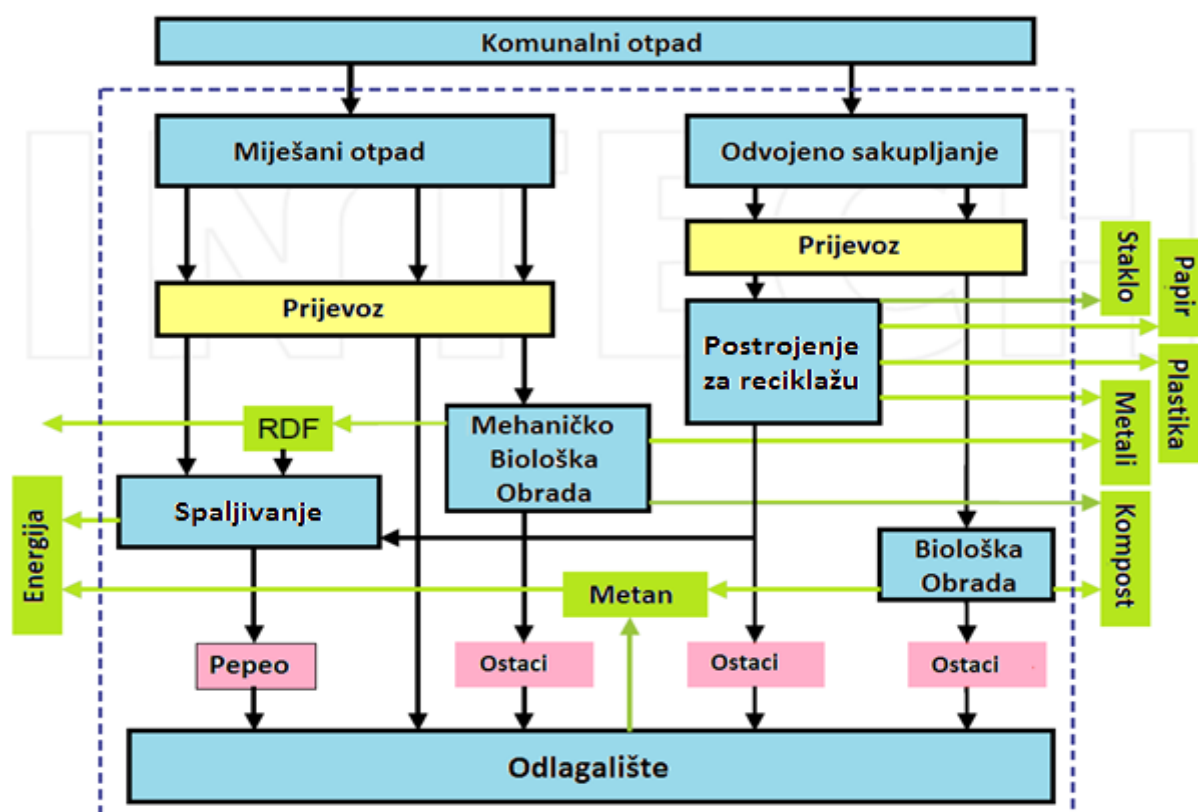
## 10. LCA (Life Cycle Analysis) - proračun

### 10.1. Životni ciklus KKO (Komunalnog Krutog Otpada)

Granica LCA sustava je sučelje između sustava gospodarenja otpadom i okoliša ili drugog proizvodnog sustava. Životni ciklus počinje onda kada materijal ili proizvod postane otpad. KKO se onda skuplja zajedno kao miješani otpad ili se skupljaju posebno pojedine vrste otpada. Svaka metoda skupljanja otpada ima svoju određenu infrastrukturu, kao i prijevozna sredstva. Nakon faze sakupljanja slijedi transportna faza. U sustavu upravljanja KKO u razvijenim zemljama, miješani otpad može se dalje odvesti na odlagalište, u postrojenja za dobivanje energije iz otpada, ili u MBO postrojenje (Mehaničko Biološka Obrada). Odvojeni suhi otpad (papir, plastika, staklo, aluminij itd.) može ići u postrojenje za reciklažu, a vlažni otpad može direktno ići u postrojenje za biološku obradu.

U svakoj fazi upravljanja KKO, proizvodi se prikazuju u zelenim pravokutnicima, a ostaci svakog od njih završavaju na odlagalištu. Odlagalište (landfill) je kraj životnog ciklusa KKO.

Slika 18. prikazuje životni ciklus komunalnog krutog otpada [A1].

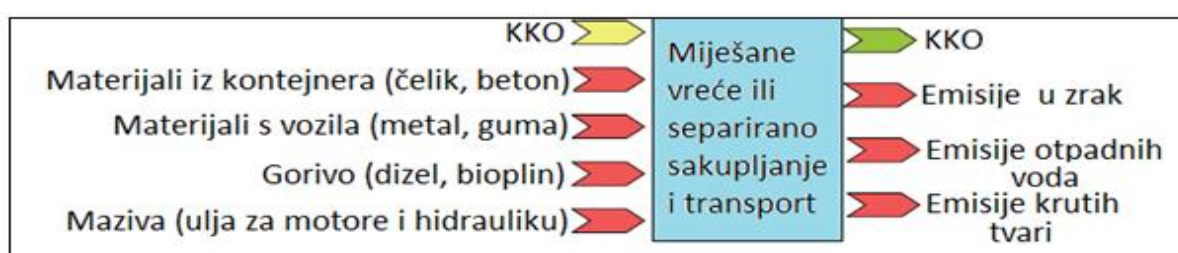


Slika 18. Cijeli životni ciklus Komunalnog Krutog Otpada (KKO) [A1]

## 10.2 Sakupljanje i transport

Sakupljanje KKO može se vršiti ili u vrećama sa miješanim otpadom ili u kutijama sa separiranim otpadom. Sakupljanje u vrećama sa miješanim otpadom se najviše u svijetu koristi, no međutim odvojeno sakupljanje je nužno za ispravno recikliranje materijala.

Slika 19. [A1] pokazuje komponente LCA inventara za analizu transporta KKO kroz ulazne i izlazne parametre (input and output) pri sakupljanju i samom transportu. Ulazni podaci su KKO, te materijali i energija potrebne infrastrukture. Izlazni parametri ovih procesa su opet KKO, te zrak, voda i krute „emisije“.

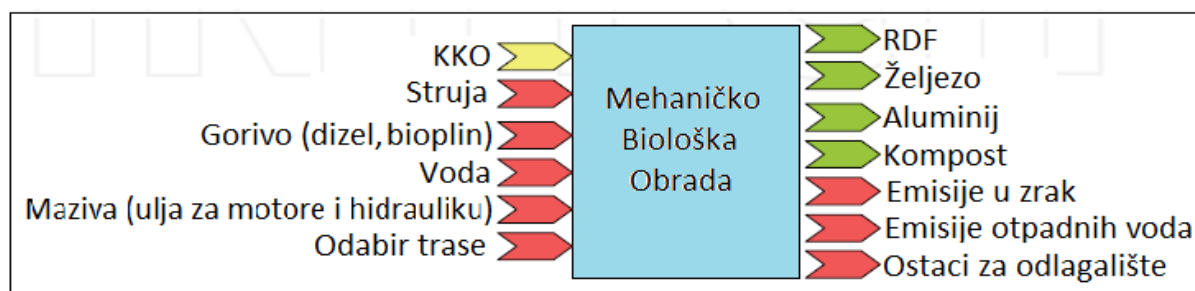


**Slika 19.** Komponente LCA inventara za faze sakupljanja i transporta KKO

Sljedeći parametri se moraju uzeti u obzir da bi se dobila učinkovita LCA analiza kod faze sakupljanja i faze transporta KKO:

- Selektivni sustav prikupljanja,
- Kontejnerski materijal (HDPE, čelik, staklo),
- Učestalost sakupljanja KKO,
- Daljina transporta,
- Vrsta uređaja sa sakupljanje,
- Gorivo uređaja za sakupljanje (dizel, bioplin),
- Gustoća otpada u kontejnerima i sredstvu za sakupljanje,
- Veličina kontejnera,
- Postotak popunjenosti kontejnera otpadom.

### 10.3. Mehanička i biološka obrada



Slika 20. Komponente LCA inventara za MBO postrojenje [A1]

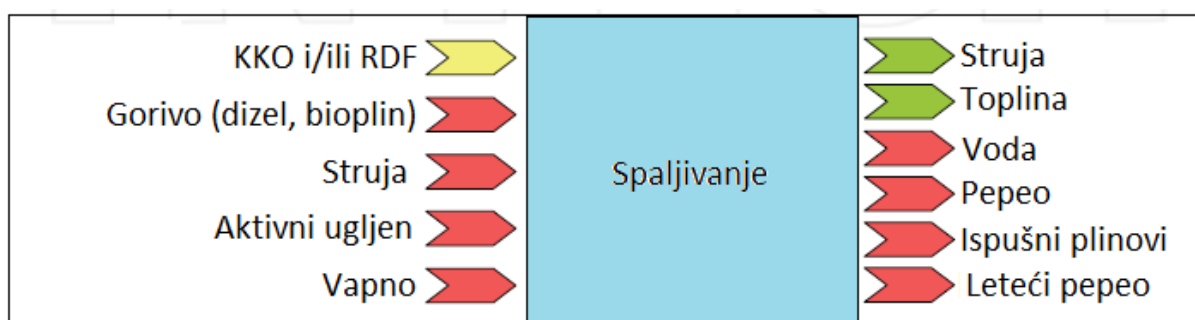
Mehanička i biološka obrada (MBO) su procesi koji generiraju mnogo korisnih produkata. Ulaz za MBO uključuju vreće sa miješanim KKO, struja, gorivo, voda, maziva (ulja za motore i hidrauliku) te ostale materijale. Izlazi su reciklirani materijali (željezo i aluminij), RDF (koji u konačnici može biti korišten kao izvor energije), kompost, emisije u zrak i vodu te određeni ostaci koji završavaju na odlagalištu.

### 10.4. Toplinska obrada (spaljivanje)

Glavni ulazi i izlazi kada se vrši LCA analiza pogona za spaljivanje su:

Ulazi: KKO, struja, ostala goriva (dizel, bioplin ili čak ugljen), voda i aktivni ugljen (za kontrolu nad zagađenjem zraka).

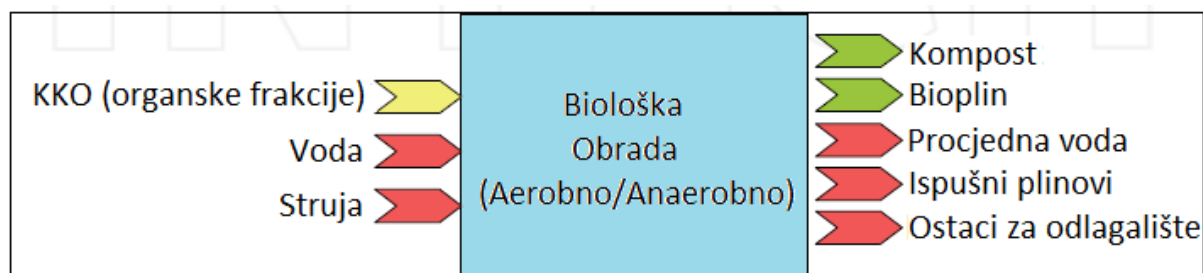
Izlazi: gorivi plinovi (HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dioksidi, CO, PM10, HF), pepeo, željezni otpad, generirana struja, ispuštanje vode i ostaci za kontrolu onečišćenja zraka.



Slika 21. Komponente LCA inventara postrojenja za spaljivanje [A1]

## 10.5. Biološka obrada

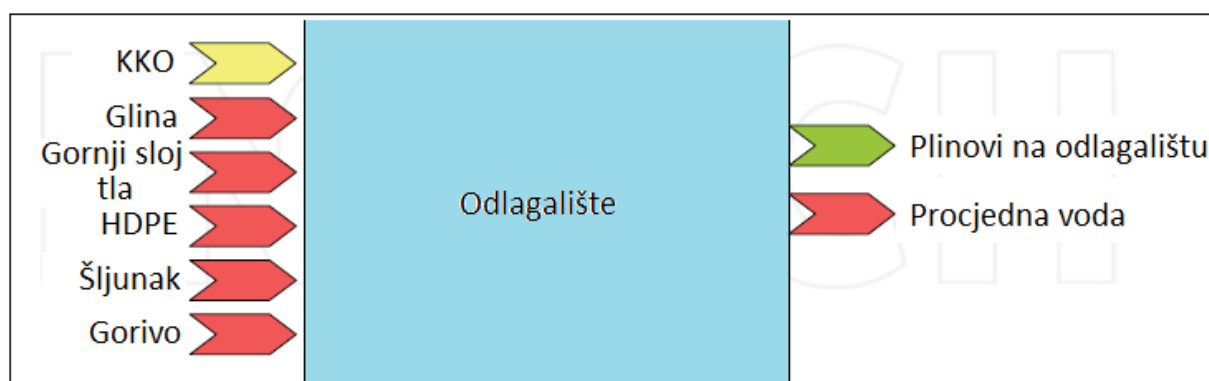
Razlikuju se dva procesa pod pojmom „biološka obrada“ kod upravljanja komunalnim krutim otpadom: kompostiranje i anaerobna razgradnja. Biorazgradive frakcije KKO ulaze u oba prethodno spomenuta procesa. Kompostiranje je aerobni proces. Razgradivi organski ugljik u KKO pretvori se u CO<sub>2</sub>.



Slika 22. Komponente LCA inventara postrojenja za biološku obradu [A1]

## 10.6. Odlagalište (Landfill)

Odlagalište je prva i najstarija opcija tretiranja komunalnog krutog otpada. Tipovi odlagališta diljem svijeta kreću se od nekontroliranih divljih odlagališta do kvalitetno projektiranih objekata s kontrolom procjednih voda i ispušnih plinova. Kada se KKO direktno odloži, dolazi do anaerobne biološke razgradnje, koja kao produkt daje plinove na odlagalištu i procjedne vode. Preko 90% pretvorenog organskog ugljika se ispušta u atmosferu kao CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>, a ostatak se ispusti u okoliš kroz procjedne vode.



Slika 23. Komponente LCA inventara postrojenja za odlagalište (landfill) [A1]

## 10.7. LCA inventar - proračun

**Tablica 7.** LCA inventar s vrijednostima korištenim pri modeliranju svih procesa gospodarenja komunalnim krutim otpadom (GEMIS® 4.4.2 2007; Umberto® 5.5, Boer et al. 2007; Fricke et al. 2002; McDougall et al. 2001)

Proces	Pod-proces	Iznos	Jedinica mjerenja
<b>Aerobno MBO</b>			
Potrebno struje		20-50	kWh/t KKO
Potrebno ulja		0.5	l/t KKO
Količina ispušnih plinova ovisno o ulazu u postrojenje		6,000-10,000	m <sup>3</sup> /t
RDF proizvodnja		120	kg/t KKO
<b>Anaerobno MBO</b>			
Proizvodnja bioplina		125-135	Nm <sup>3</sup> /t KKO
		380	Nm <sup>3</sup> /t organske tvari
Razgradnja organske tvari		47-53 %	
Potrebno struje	Mehanički pre-tretman	25	kWh/t KKO
	Razgradnja	138	
Potrebno topline	Razgradnja	79	
Potrebno ulja		0.5	l/t KKO
Stopa učinkovitosti		35 %	Struja
		42 %	Toplina
<b>Sanacija odlagališta</b>			
Potrebno struje	Odlaganje	2	kWh/t KKO
	Sakupljanje bioplina	0.15	kWh/m <sup>3</sup> bioplina
Potrebno struje za upravljanje procjednim vodama		22	kWh/m <sup>3</sup> procjednih voda
Potrošnja ulja		1	l/t KKO
<b>Spaljivanje mase</b>			
Natrijev kalcit	Uklanjanje sumpor dioksida	1.2	CaOH/kg SO <sub>2</sub>
Natrijev kalcit	Uklanjanje klora	1.4	CaOH/kg HCl
Potrebni naftni koks		0.0005	Naftni koks/kg dimnog plina
Potrebni amonijev hidroksid		0.0002	kg NH <sub>4</sub> OH/t dimnog plina
Stopa učinkovitosti		20 %	Struja
		25 %	Toplina
<b>Postrojenje za reciklažu</b>			
Potrebno struje	Papir/karton	5.35	kWh/t
Potrebno ulja		0.64	l/t
Potrebno struje	Staklo	10	kWh/t
Potrebno ulja	Plastika	2.4	l/t
	Metal		



Proračun se vrši na godišnjoj razini, odnosno nas zanima količina otpada koju kroz godinu dana generiraju stanovnici Vrgorca. Pretpostavka je da prosječan stanovnik Republike Hrvatske dnevno proizvede 2,2 kg miješanog otpada. Za proračun su korišteni podaci za 2016. godinu, te su u Tablici 8 prikazane količine miješanog otpada koje su proizvedene u Vrgorcu za tu godinu.

**Tablica 8.** Bilanca sastava KKO za godinu 2016, Vrgorac

PLASTIKA	1112,23 t
PAPIR	1127,91 t
METAL	100,68 t
STAKLO	177,53 t
OSTATAK/ORGANSKO	2106,50 t
UKUPNO (2016.)	4863,77 t

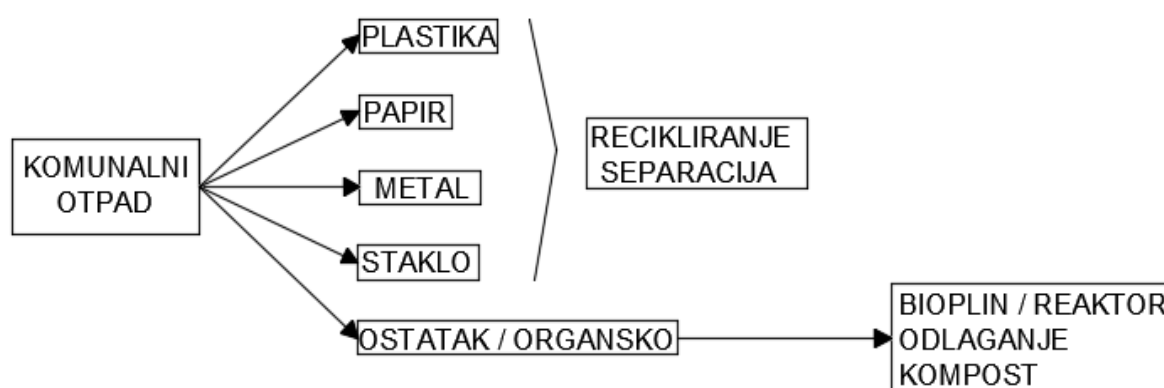
Kod upravljanja KKO odvijaju se brojni procesi. Određeni procesi zahtijevaju neke energente da bi se mogli odvijati (struja, ulje itd.), a ti isti procesi daju određene produkte koji u većoj ili manjoj mjeri utječu na okoliš. LCA analiza u obzir uzima sve te parametre, te interpretira njihov utjecaj na okoliš. Koristeći LCA inventar (Tablica 7) jednostavno je proračunati količine svih potrebnih energenata te produkata koji nastaju kod upravljanja KKO. Kao ulazni podaci korištene su vrijednosti dobivene proračunom bilance KKO za Grad Vrgorac, koji su prikazani u Tablici 4. Rezultati proračuna su dani u Tablici 9.

**Tablica 9.** Proračunate LCA inventara s vrijednostima korištenim pri modeliranju svih procesa gospodarenja komunalnim krutim otpadom

PROCES	PODPROCES	IZNOS	JEDINICA
<b>AEROBNO MBO</b>			
POTREBNO STRUJE		243188,55	kWh
POTREBNO ULJA		2431,8855	l
KOLIČINA ISPUŠNIH PLINOVA		48637710	m <sup>3</sup>
RDF PROIZVODNJA		583652,52	kg
<b>ANAEROBNO MBO</b>			
PROIZVODNJA BIOPLINA		656609,085	Nm <sup>3</sup>
		800469,62	Nm <sup>3</sup>
RAZGRADNJA ORGANSKE TVARI		0,53	
POTREBNO STRUJE	MEHANIČKI PRETRETMAN	121594,275	kWh
	RAZGRADNJA	671200,398	kWh
POTREBNO TOPLINE	RAZGRADNJA	384237,909	kWh
POTREBNO ULJA		2431,8855	l
STOPA UČINKOVITOSTI		35%	struja
		42%	toplina
<b>ODLAGALIŠTE</b>			
POTREBNO STRUJE	ODLAGANJE	9727,542	kWh
POTREBNO ULJA		4863,771	l
STRUJA-PROCJEDNE VODE		-	-
<b>SPALJIVANJE MASE</b>			
NATRIJEV KALCIT	UKLANJANJE KLORA	-	-
POTREBNI NAFTNI KOKS		-	-
POTREBNI AMONIJEV HIDROKSID		-	-
STOPA UČINKOVITOSTI		20%	struja
		25%	toplina
<b>POSTROJENJE ZA RECIKLAŽU</b>			
POTREBNO STRUJE	PAPIR/KARTON	6034,3185	kWh
POTREBNO ULJA		721,8624	kWh
POTREBNO STRUJE	STAKLO	1775,28	kWh
POTREBNO ULJA	PLASTIKA	2669,6256	kWh
	METAL	241,632	kWh

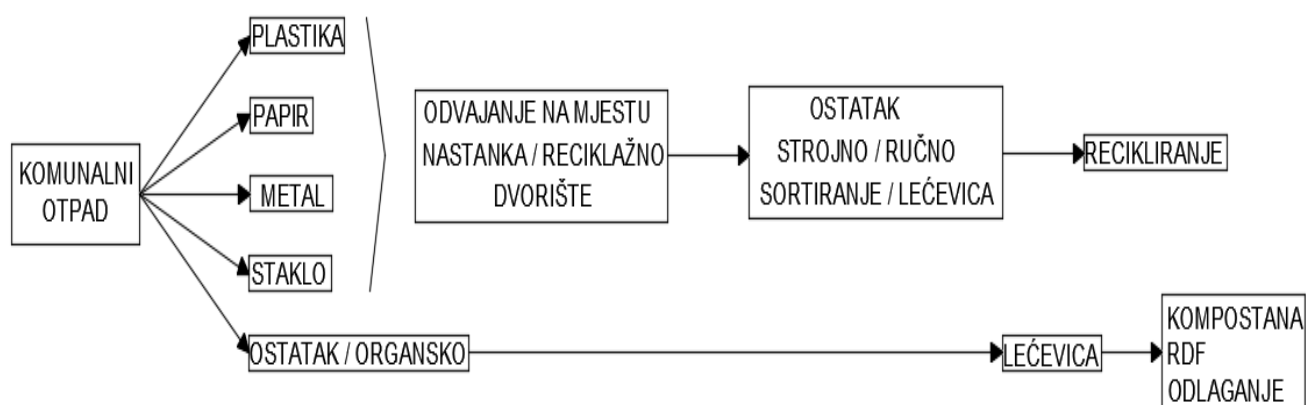
## 10.8. Analizirani scenariji upravljanja otpadom

Analizirati će se tri moguća rješenja upravljanja KKO. Prvo rješenje je prikazano na Slici 24., gdje sve radimo „na licu mjesta“, tj. sav prikupljeni otpad se obradi i zbrine na propisan način u Vrgorcu, odnosno na odlagalištu Ajdanovac. Plastiku, papir, metal i staklo je potrebno reciklirati, te bi se za tu svrhu izgradila reciklažna dvorišta, a organski otpad bi se iskoristio na najbolji mogući način, za proizvodnju bioplina i komposta, te bi u krajnjem slučaju išao na odlaganje.



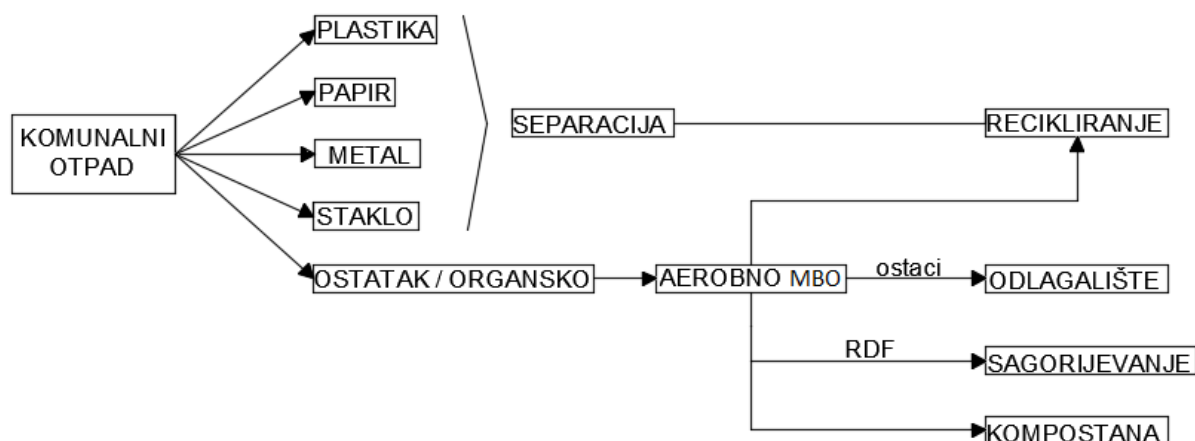
Slika 24. Rješenje 1 [A2]

U drugom scenariju se dio otpada obrađuje u Vrgorcu, a dio se kamionima odvozi u planirani RCGO Lećevice. Otpad koji se može reciklirati se obrađuje u Vrgorcu na lokaciji Ajdanovac, te je kao i u prvom scenariju potrebno izgraditi reciklažna dvorišta, dok bi se organski otpad odvezio u Lećevice u kompostane, spalionice otpada, te bi se opet u krajnjem slučaju odlagao. Shematski prikaz ovog rješenja vidljiv je na Slici 25.



Slika 25. Rješenje 2 [A2]

Treće moguće rješenje je da se sav otpad koji je prikupljen na odlagalištu komunalnog krutog otpada Ajdanovac kamionima preveze u RCGO Lečevica. Na Slici 26. je prikazan slijed radnji kod prethodno opisanog rješenja. Plastika, papir, metal i staklo se nakon separacije recikliraju, a preostali organski otpad se nakon aerobne mehaničko-biološke obrade šalje na sagorijevanje (RDF), u kompostanu ili pak na recikliranje, a dio koji se nikako ne može iskoristiti ide na odlagalište.



Slika 26. Rješenje 3 [A2]

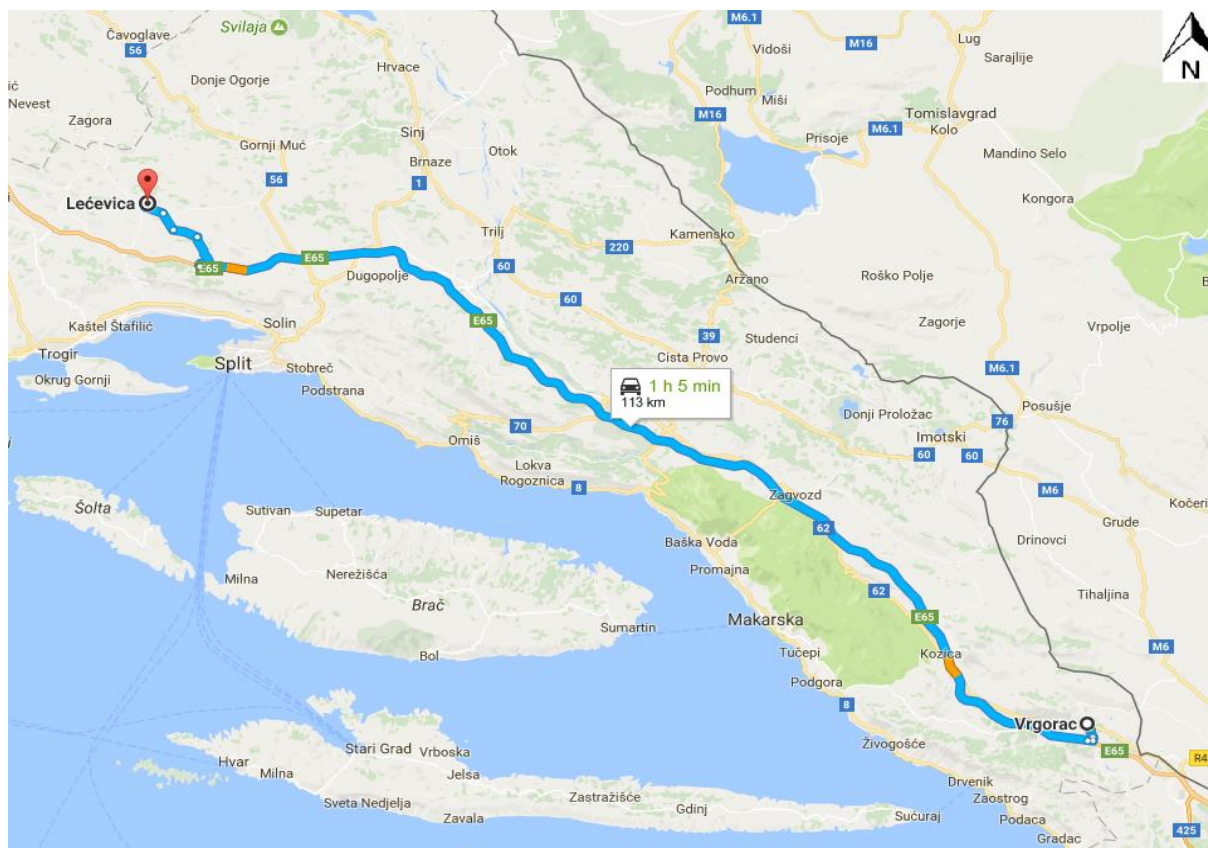
### 10.9. Proračun cijena utrošene/dobivene energije i transporta

Svako od tri ponuđena rješenja zahtjeva određenu količinu energenata (struje i toplinske energije) da bi uopće moglo raditi, no također se iz otpada može dobiti određena količina energije u istom obliku. Tablica 10. prikazuje količinu utrošene/dobivene energije za svaki određeni scenarij te samu cijenu utrošene/dobivene energije na godišnjoj razini. Pri proračunu se uzima da je prosječna cijena jednog kWh 0,10 €, te da je ukupna količina proizvedenog otpada za 2016. godinu 4863,77 tona.

**Tablica 10.** Proračun utrošene/dobivene energije te njihovih cijena za pojedine scenarije

Scenarij	Elektricitet (kWh/t)		Toplina (kWh/t)		Cijena energije (€)	
	utrošeno	dobiveno	utrošeno	dobiveno	utrošeno	dobiveno
1.	55	-	-	-	26750,74	-
2.	191	292	90	350	136671,94	312254,03
3.	290	892	155	1578	216437,76	1201351,19

Jedna od važnijih stavki pri upravljanju otpadom je njegov prijevoz, od mjesta nastanka do mjesta obrade i odlaganja. Prijevoz je u pravilu najskuplja stavka kod upravljanja komunalnim krutim otpadom te ga je potrebno posebno razmotriti. Da bi se izračunala cijena prijevoza otpada od Vrgorca do RCGO Lečevica potrebno je znati koliko kilometara je duga ruta te kolika je potrošnja i kapacitet kamiona za prijevoz otpada. Za transport otpada od Vrgorca do RCGO Lečevica je odabrana ruta koja je prikazana na Slici 27., te je sa slike vidljivo da ruta u jednom smjeru iznosi 113 km, odnosno 226 km u oba smjera.

**Slika 27.** Ruta prijevoza KKO od Vrgorca do Lečevice

Kao prijevozno sredstvo koristi se kamion nosivosti 40 tona, te se iz Tablice 11. može očitati njegova specifična potrošnja.

**Tablica 11.** Potrošnja energije kamiona [S4]

Vrsta transporta	Prijevozno sredstvo	Diesel (kg/t*km)
Cestovni	Kamion-nosivost 16t CH	0,072
	Kamion-nosivost 28t CH	0,050
	<b>Kamion-nosivost 40t CH</b>	<b>0,036</b>

Uzevši u obzir da je prosječna cijena 1 litra Diesela 1,20 €, te da cijena cestarine za autocestu od Vrgorca do Vučevice (izlaz najbliži RCGO Lečevica) u jednom smjeru za kamion iznosi 14.69 € lako je proračunati ukupni godišnji trošak prijevoza za sva 3 prethodno opisana scenarija. Rezultati su prikazani u Tablici 12., a u proračunu se uzima da gustoća Diesel goriva iznosi 0,845 kg/m<sup>3</sup>. Troškovi amortizacije vozila nisu uzeti u obzir.

**Tablica 12.** Količine i cijene prijevoza za sve scenarije

Scenarij	Količina prijevoza (t/god)	Cijena prijevoza godišnje
1	-	-
2	2106,499	25311,07 €
3	4863,771	58430,65 €

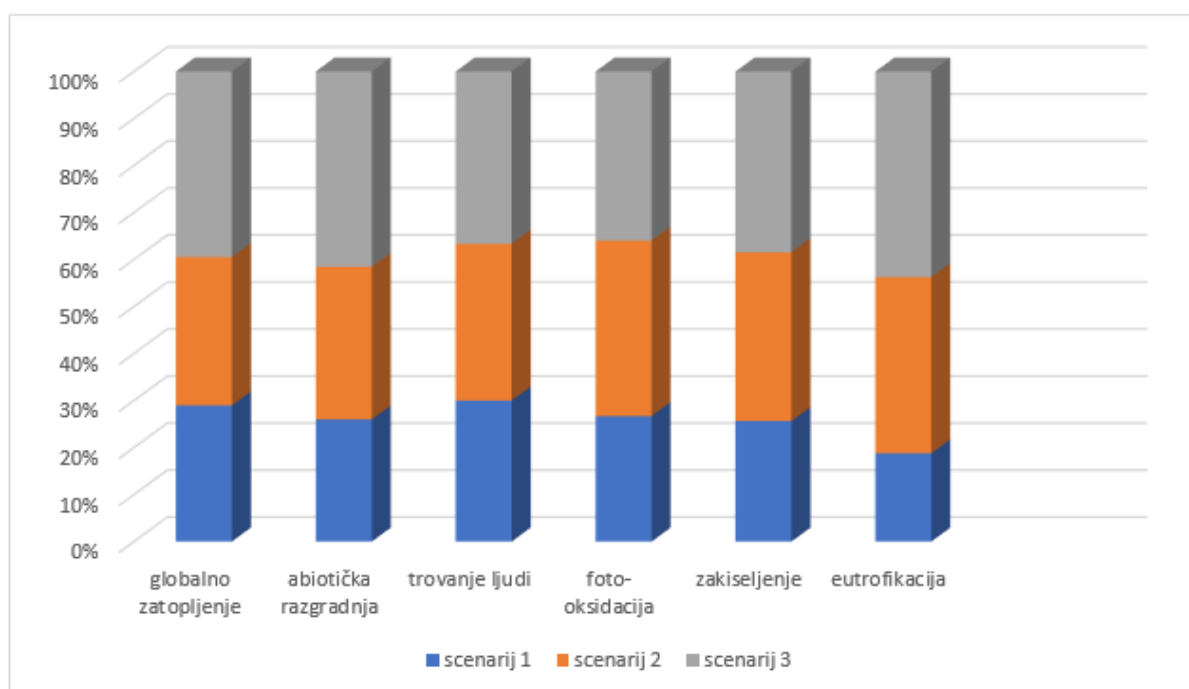
Ako se želi dobiti ukupnu cijenu za upravljanje odlagalištem na godišnjoj razini potrebno je zbrojiti cijenu utrošene/dobivene energije sa troškovima prijevoza. Rezultati su prikazani u Tablici 13.

**Tablica 13.** Ukupne godišnje cijene za godinu 2016 za pojedine scenarije

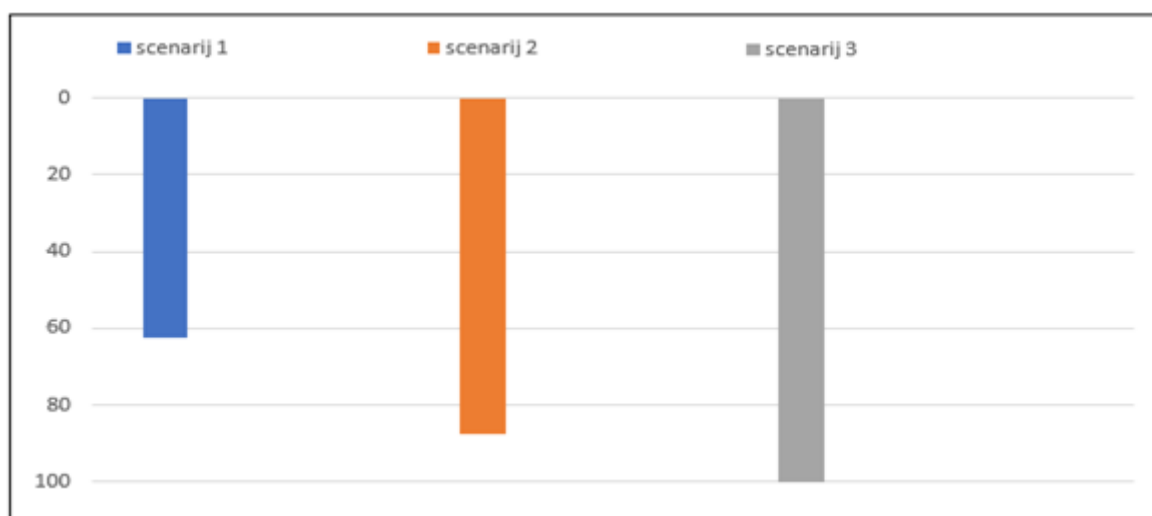
Scenarij	Godišnje cijene (€)	
	Utrošeno	dobiveno
1	26750,74	-
2	161983,01	312254,03
3	274868,41	1201351,19

### 10.10. Grafički prikazi utjecaja na okoliš preko LCA analize

Prema radu Antonopulus et al. (2012) [A2] koji analizira stanje otpada na Peloponeskom poluotoku preko LCA analize, linearnom su interpolacijom prikazani rezultati utjecaja na okoliš za sva tri promatrana scenarija upravljanja komunalnim krutim otpadom na odlagalištu Ajdanovac. Na Slici 28. prikazani su intenziteti negativnih utjecaja na okoliš svih navedenih scenarija. Iz slike je jasno vidljivo da scenarij broj 3 ima u konačnici najgori utjecaj na okoliš, a pogotovo u vidu globalnog zatopljenja, abiotske razgradnje i eutrofikacije, što je u konačnici i očekivano, jer se u scenariju 3 sav otpad odvozi iz Vrgorca na RCGO Lečevica, a samim time se javlja velika količina ispušnih plinova iz kamiona.

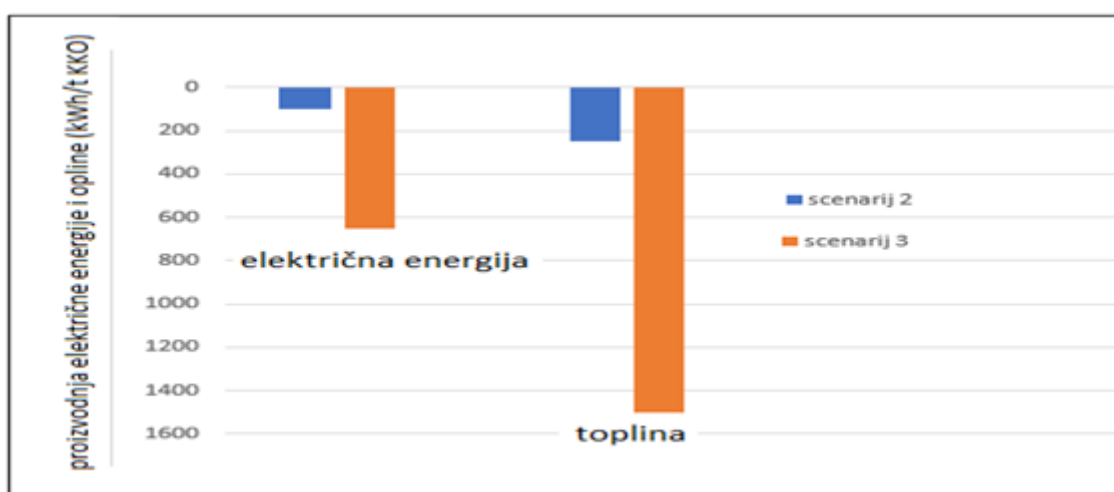
**Slika 28.** Intenzitet utjecaja na okoliš svih navedenih scenarija

Na Slici 29. su prikazani negativni utjecaji na okoliš. Jasno je sa slike vidljivo da je scenarij 3 za okoliš najgora moguća opcija iz prethodno navedenih razloga (staklenički plinovi prilikom transporta). Rezultati su ovaj put prikazani relativno u odnosu na najgori mogući scenarij. Po ovome proračunu za okoliš je najprikladniji scenarij 1 gdje se svi procesi gospodarenja otpadom rade u samom Vrgorcu bez ikakvog transporta kamionima. Sa slike se može jednostavno uočiti da uključivanjem faze transporta u sustav gospodarenja otpadom negativni utjecaji na okoliš značajno rastu.



**Slika 29.** Relativni negativni utjecaji na okoliš navedenih scenarija

Iz otpada se raznim procesima mogu dobiti određene količine električne i toplinske energije. Na Slici 30. je prikazana količina energije koja se može dobiti iz scenarija 2 i scenarija 3.



**Slika 30.** Električna i toplinska energija koja se može dobiti iz scenarija 2 i 3



## 11. Zaključak

U ovom radu su analizirana tri scenarija upravljanja komunalnim krutim otpadom Grada Vrgorca. Trenutna lokacija odlagališta otpada Grada Vrgorca (Ajdanovac) nije predviđena kao trajno odlagalište otpada, te su donešena tri moguća rješenja da se otpad sa „divljeg“ odlagališta Ajdanovac zbrine na propisan način.

Prvo rješenje je da se sav otpad na odgovarajući način zbrine na samoj lokaciji Ajdanovc. U tu je svrhu potrebno izgraditi određena postrojenja (reciklažna dvorišta, kompostane itd.), te sav otpad obrađivati „na licu mjesta“.

Drugo rješenje je da se dio otpada koji se može reciklirati (plastika, papir, metal i staklo) obrađuje u Vrgorcu na lokaciji Ajdanovac, a organski ostatak otpada se odvozi kamionima u RCGO Lečevica u kompostane i na spaljivanje.

Treće analizirano rješenje je da se sav otpad kamionima odvozi u RCGO Lečevica.

U ovom je radu napravljena financijska analiza i analiza utjecaja na okoliš.

Što se tiče financijske analize, proračunate su cijene utrošene/dobivene energije te cijene samog transporta otpada iz Vrgorca u RCGO Lečevica (u analizu su uključene cijene cestarine autoputa). Analiza je pokazala da scenarij 3 troši najviše energije, gotovo 275000,00 € na godišnjoj razini (cijena preko 10 puta veća nego za scenarij 1), ali također se iz scenarija 3 može najviše zaraditi iz otpada. Proračunato je da cijena dobivene energije za scenarij 3 iznosi preko 1200000,00 €, što je gotovo 4 puta više nego što se može zaraditi iz scenarija 2. Iz scenarija 1 se ne može dobiti energija jer sav otpad ide na odlagalište (landfill). Zaključeno je da je scenarij 3 u smislu financijske isplativosti najbolji.

Što se tiče analize utjecaja na okoliš, scenarij 3 je najnepovoljniji. Razlog tome su staklenički plinovi koje ispuštaju kamioni prilikom transporta otpada iz Vrgorca u RCGO Lečevica, pa se samim time povećava opasnost od globalnog zatopljenja, abiotičke razgradnje, trovanja ljudi, fotooksidacije, zakiseljenja i eutrofikacije. Scenarij 1 je u tom pogledu najpovoljniji za okoliš.

## 12. Literatura

- [A1] Abeliotis K. (2011). Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management, Greece
- [A2] Antonopoulos IS1, Karagiannidis A, Tsatsarelis T, Perkoulidis G. (2012). Applying waste management scenarios in the Peloponnese Region in Greece: a critical analysis in the frame of life cycle assessment.. Environmental Science and Pollution Research 20(4):2499-511.
- [D1] Direktiva 2008/98/ez Europski parlament i Europska komisija o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva. (2008). (URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=HR>).
- [F1] Fundurulja D. (2006). Plan gospodarenja otpadom Grada Vrgorca. IPZ Uniprojekt TERRA.
- [I1] - Informativni pregled-Paket o kružnom gospodarstvu: Pitanja i odgovori. (2015). EK, Bruxelles (URL: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-6203\\_hr.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_hr.htm)).
- [I2] Izrada plana sanacije i zatvaranja odlagališta otpada «Ajdanovac». (2007). IGP, IGH d.d. Zagreb.
- [M1] Margeta J. (2017). Upravljanje krutim komunalnim otpadom. Split.
- [P1] Prostorni plan uređenja Grada Vrgorca. (2006). Vjesnik - službeno glasilo Grada Vrgorca 09/06
- [S1] Stevanović Čarapina H, Jovović A, Stepanov J. (2010). Ocena životnog ciklusa LCA (Life Cycle Assessment) kao instrument u strateškom planiranju upravljanja otpadom. Srbija
- [S2] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske NN 130/2005. (2005). (URL: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_11\\_130\\_2398.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_11_130_2398.html)).
- [S3] Smith A, Brown K, Ogilvie S, Rushton K, Bates J. (2001). Waste Management Options and Climate Change. Final report to the European Commission, DG Environment (URL: [http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate\\_change.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf)).
- [S4] Spielmann M, Scholz RW. (2004). Life Cycle Inventories of Transport Services. Background Data for Freight Transport . Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Natural and Social Science Interface, ETH Zentrum HAD, Switzerland