

Hristina Stevanović Čarapina , Aleksandar Jovović, Jasna Stepanov

**Ocena životnog ciklusa LCA (Life Cycle Assessment)
kao instrument
u strateškom planiranju upravljanja otpadom**

Univerzitet Educons

Sremska Kamenica

2010

Edicija MONOGRAFIJE

mr Hristina Stevanović Čarapina, Univerzitet EDUKONS – Fakultet zaštite životne sredine

dr Aleksandar Jovović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

ms Jasna Stepanov Univerzitet EDUKONS – Fakultet zaštite životne sredine

**OCENA ŽIVOTNOG CIKLUSA LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT)
KAO INSTRUMENT U STRATEŠKOM PLANIRANJU UPRAVLJANJA OTPADOM**

Recenzenti:

dr Anđelka Mihajlov, redovni profesor,

Univerzitet EDUKONS – Fakultet zaštite životne sredine

dr Dragoslava Stojiljković, vanredni profesor,

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

dr Miroslav Stanojević, redovni profesor,

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

SADRŽAJ

SADRŽAJ	3
PREDGOVOR.....	7
IZVOD IZ RECENZIJA	8
TERMINI	9
Skraćenice.....	12
UVOD	13
I. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA LCA I	15
1.1. Metodologija	17
1.1.1. Definisane cilja i predmeta studije	18
1.1.2. Analiza inventara životnog ciklusa – LCI	21
1.1.3. Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa – LCIA.....	23
1.1.4. Interpretacija životnog ciklusa.....	26
1.1.5. Ograničenja pristupa analize životnog ciklusa.....	28
1.1.6. Zaključna razmatranja	28
II. INTEGRALNO PLANIRANJE UPRAVLJANJA OTPADOM.....	30
2.1. Tematska strategija za otpad EU	31
2.1.1. Uvođenje pristupa životnog ciklusa u politiku upravljanja otpadom.....	32
2.1.2. Promocija politika za upravljanje otpadom	32
2.1.3. Ključne koristi i pozitivni uticaji.....	32
2.2. Principi upravljanja otpadom	33
2.2.1. Princip održivog razvoja	33
2.2.2. Princip prevencije	33
2.2.3. Princip blizine i regionalni pristup upravljanju otpadom	33
2.2.4. Princip predostrožnosti	34
2.2.5. Princip zagađivač plaća.....	34
2.2.6. Princip hijerarhije u upravljanju otpadom	34
2.2.7. Princip najpraktičnijih opcija za životnu sredinu	34
2.2.8. Odgovornost proizvođača	34
2.2.9. Ostali principi	35
2.3. Elementi integralnog sistema upravljanja otpadom.....	35
2.3.1. Prognoza količina	37

2.3.2. Sakupljanje i transport	38
2.3.3. Transfer sakupljenog čvrstog komunalnog otpada.....	44
2.3.4. Opcije upravljanja otpadom	45
III. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA I UPRAVLJANJE OTPADOM.....	57
3.1. Komponente sistema integralnog upravljanje otpadom	59
3.2. Ocenjivanje životnog ciklusa otpada.....	59
3.2.1. Definisanje cilja i predmeta, funkcionalne jedinice	60
3.2.2. Analiza inventara.....	64
3.2.3. Ocenjivanje uticaja otpada.....	65
3.2.4. Interpretacija.....	67
3.3. Model- IWM -2 za sprovođenje LCA za otpad	67
3.3.1. Količine otpada- Ulaz otpada	72
3.3.2. Sakupljanje otpada	72
3.3.3. Sortiranje , MBT i RDF	75
3.3.4. Biološki tretman	79
3.3.5. Insineracija otpada.....	81
3.3.6. Deponovanje	82
IV. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	85
IV.1. Osnovni podaci o Gradu Sombor	85
IV.2. Rezultati istraživanja uticaja na globalno zagrevanje	89
IV.3. Rezultati istraživanja emisija zagadjujućih komponenti	90
V. LITERATURA	97
Beleška o autorima	100
Lista slika	
Slika 1.1. Životni ciklus proizvoda	15
Slika 1.2. Faze studije ocenjivanja životnog ciklusa	18
Slika1.3. jedinični proces	19
Slika1.4. Identifikacija ulaza i izlaza	20
Slika 1.5. Pojednostavljeni postupak analize inventara.....	22
Slika 1.6. Elementi LCIA faze.....	24
Slika 1. 7. Koncept indikatora	25

Slika 1.8. – Odnosi između elemenata LCA	27
Slika 1.9. Pozicija LCA studije u okviru sistema upravljanja životnom sredinom.....	28
Slika2.1. Elementi sistema upravljanja čvrstim komunalnim otpadom.....	35
Slika 2.2. Opšta šema sakupljanja i transporta	39
Slika 2.3. Podzemni kontejneri sa pražnjenjem dizalicom i vozilima sa bočnim ili zadnjim utovarom.....	40
Slika 2.4.; Kontejner 1,1m3.....	40
Slika 2.5. Kante 240 litara	40
Slika 2.6. . Šematski prikaz modela direktnog transporta velikih kontejnera.....	42
Slika 2. 7. Šematski prikaz sistema stacionarnih kontejnera	43
Slika 2.8. - Planiranje rute vozila.....	44
Slika 2.9. Šema transfer stanica.....	44
Slika2.9. Sortiranje reciklabila otpada	46
Slika 2.10. posude za sakupljanje reciklabila	47
Slika .2.11. - Postrojenje za sortiranje iz ukupne mase otpada	48
Slika 2.12. - Kompostiranje u individualnim domaćinstvima (Čačak).....	49
Slika .2.13. - Kompostiranje u stambenim blokovima (Švajcarska)	49
Slika 2.14. - Kompostno polje	50
Slika 2.15. postrojenje za kompostiranje , Augzburg.....	50
Slika 2.16. postrojenje za proizvodnju RDF	51
Slika 2.17. - insinator u Šangaju, Kina.....	52
Slika 3.1. Opšti sistem životnog ciklusa proizvoda.....	58
Slika 3.2.. Granice sistema za opcije tretmana otpada.....	60
Slika 3.3 ⁷² . Granice sistema za ocenjivanje životnog ciklusa čvrstog otpada.	62
Slika 3.4. Komponente integralnog sistema upravljanja otpadom.....	65
Slika 3.5. Glavni/ulazni okvir IWM-2 software	69
Slika 3.6. Model integralnog upravljanja otpadom , definisan kroz IWM.2 program.....	71
Slika 3.7. Granice sistema za transport i sakupljanje.....	73
Slika 3.8 .Granice sistema za centralno sortiranje.....	76
Slika 3.9 Detaljna analiza ulaza izlaza za proizvodnju RDF goriva.....	78
Slika 3.10. Granica sistema za biološki tretman otpada	80
Slika 3.11. . Granica sistema termičkog tretmana otpada.....	82
Slika 3.12. Granica sistema za deponovanje otpada	83
Slika 4.1. Granice sistema za tretman otpada-deponovanje.....	85

Slika 4.3. Ulaz otpada- oblast sistema	86
Slika 4.2.. Maseni udeo svih kategorija otpada za grad Sombor	87
Slika 4.4. Količina otpada data u kg/stan/god i morfološki sastav otpada	87
Slika 4.5. Komparacija scenarija, ukupan čvrsti otpad koji nastaje i koji se odlaže na deponiju (t)	88
Slika 4.6. Poredjenje scenarija kroz emisije gasova koje doprinose globalnom zagrevanju GWP (g).	90
Slika 4.7. Emisije CO2 iz različitih opcija	91

Lista tabela

Tabela 1.1. : Lista projekata i baza podataka za LCA	23
Tabela 1.2. Primeri pojava, kategorija i indikatora	25
Tabela 3.1 Definisane granice za ocenjivanje životnog ciklusa otpada	62
Tabela 3.2. Jedinični procesi koji se tretiraju kod životnog ciklusa otpada	63
Tabela 3.3 Kategorije uticaja, indikator i karakterizacija	66
Tabela 3.4. Klasifikacija čvrstog otpada koja je korišćena u integralnom sistemu upravljanja otpadom	72
Tabela 3.5. Tokovi otpada pri transportu i sakupljanju /mod.11./.....	73
Tabela 3.6. Obeležja sistema za sakupljanje otpada sa donošenjem i odnošenjem otpada	74
Tabela 3.7. Karakteristike transporta otpada	74
Tabela 3.8. Karakteristike sistema za sakupljanje	75
- Tabela 3.9. Karakteristike MRF sistema za sortiranje	78
Tabela 3.10. Karakteristike RDF sistema za sortiranje.....	79
Tabela 3.11. Karakteristike biološkog tretmana otpada	80
Tabela 3.12. Karakteristike insineracije otpada.....	81
Tabela 3.13. Karakteristike deponovanja otpada	83
Tabela 4.1. Generisana količina otpada po stanovniku dnevno i godišnje, za Gradu Sombor	86
Tabela 4. 2. Sastav komunalnog otpada, za ukupan broj stanovnika, takođe na osnovu Goranovih podataka ..	87
Tabela 4.3. Karakteristike zagadjujućih komponenti.....	91
Tabela 4.4. Emisije u vazduh	93
Tabela 4.5.Emisije u vodu	94
Tabela 4.6. Poredjenje scenarija kroz emisije u vodu i vazduh nastale prilikom odlaganja otpada (g)	96

PREGOVOR

Zbog obima, ovaj naučno-metodološki prikaz nije moguće saopštiti naučnoj javnosti u formi naučnog rada, već je autorima preporučeno monografsko izdanje rezultata do kojih su došli u svom višegodišnjem naučnoistraživačkom radu u oblasti životne sredine, koji uključuje, ali se ne ograničava, na rezultate dobijene u okviru:

I. Višegodišnjih predavanja na Fakultetu zaštite životne sredine, Univerziteta Educons, Sremska Kamenica i na Mašinskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, na Kursevima iz oblasti upravljanja otpadom i primene Analize životnog ciklusa proizvoda.

II. rada na projektima

1. *Uparedna analiza mogućnosti upotrebe različitih vidova obnovljivih izvora energije u Srbiji*, TD-7029, 2005 – 2007, finansiranom od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, gde je

- Mr Hristina Stevanović Čarapina učestvovala kao koordinator ispred instituta „Kirilo Savić“
- Dr Aleksandar Jovović učestvovao kao koordinator ispred Mašinskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu

2. *Ispitivanje mogućnosti primene reciklažnih tehnologija u okviru savremenih principa otpadom u Vojvodini I i II faza*. finansiranom od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj, gde:

- Mr Hristina Stevanović Čarapina učestvovala kao saradnik u timu Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad
- Dr Aleksandar Jovović učestvovao kao saradnik u timu Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

Monografija je interdisciplinarno postavljena, te stoga ne ulazi u detalje užih naučnih oblasti, već unosi jedan novi sistematizovan pristup.

Cilj ove monografije je da predstavi okvir za primenu Analize životnog ciklusa specifično na sektor upravljanja otpadom kroz 4 poglavlja, i to :

1. **Uvod** – u kome se predstavlja opšta politika upravljanja otpadom
2. **Poglavlje I** koje daje opšte postavke Analiza životnog ciklusa proizvoda ¹LCA kao analitičkog instrumenta za upravljanje životnom sredinom
3. **Poglavlje II** u kom se prezentiraju elementi integralnog upravljanja otpadom ²IWM
4. **Poglavlje III** u kom se analizira primena Analize životnog ciklusa kao instrumenta za strateško planiranje upravljanja otpadom
5. **Poglavlje IV** u kom se prikazuju rezultati primene LCA na upravljanje otpadom uz primenu kompjuterskog modela i programa IWM-2³ na selektovanim primerima u praksi u Srbiji

Primena LCA metodologije u procesu upravljanja otpadom u Srbiji je znatno manja u odnosu na ostatak Evrope.

Kako je upravljanje otpadom veliki problem U Srbiji, , to je pred stručnom javnošću postavlja ozbiljan zadatak da izabere opcije za izgradnju pouzdanog, ekonomski isplativog, održivog Integralnog sistema upravljanja otpadom koje ne ugrožava životnu sredinu i zdravlje stanovništva, Za ovu namenu, LCA se iskazuje kao prihvatljiv i primenljiv instrument za dostizanje navedenog cilja. .

¹ Analiza životnog ciklusa proizvoda- eng. Life cycle analysis LCA

² Integralno upravljanje otpadom - engl. Integrated waste management IWM

³ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Posebnu zahvalnost autori iskazuju mr Dunji Savić, čija je angazovanost značajno podigla kvalitet dobijenih rezultata.

Zbog konstruktivnog prilaza i značajnog doprinosa kvalitetu monografije, autori se iskreno zahvaljuju recenzentima: Dr Andjelki Mihajlov, redovnom profesoru, Fakultet zaštite životne sredine, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica, Dr Dragoslavi Stojiljković vanrednom profesoru, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Dr Miroslavu Stanojeviću, redovnom profesoru, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Autori

IZVOD IZ RECENZIJ

„Nacionalni i međunarodni projekti i istraživanja iz kojih je i proistekla monografija, fokusirani na održivo upravljanje čvrstim otpadom, rezultat su saradnje korisnika i stručnjaka sa Univerziteta, iz kompanija, industrije, administracije.

Monografijom su posebno obradjena dva izuzetno važna mehanizma:

1. Predviđanja nastajanje otpada – metodologija proračuna budućih količina otpada za gradove i regione
2. Ocena postupka upravljanja otpadom – podrška planiranju i oceni strategija upravljanja otpadom.

Ono što treba posebno istaći, a što predstavlja posebnu vrednost monografije, je to što jasno prikazuje i ukazuje na multidisciplinarnost samog problema upravljanja životnom sredinom, a posebno jednim od značajnijih problema, ali i resursa - otpadom.

Monografija će, pored inženjera i drugih struka u praksi, biti od velikog značaja studentima, posebnom onima koji slušaju predmete Osnovni principi zaštite životne sredine i Upravljanje otpadom i otpadnim vodama,

..... „Primenjeni pristup će sigurno znatno pomoći lakšem uključenju našeg društva u tokove svetskih dostignuća i dostizanja standarda razvijenijih zemalja „

TERMINI⁴⁵

životni ciklus – uzastopne i međusobno povezane faze sistema proizvoda, od nabavke sirovina ili dobijanja iz prirodnih sirovina do konačnog odlaganja

ocenjivanje životnog ciklusa - LCA – prikupljanje i vrednovanje podataka o ulazima, izlazima i mogućim uticajima sistema proizvoda na životnu sredinu tokom njegovog celokupnog životnog ciklusa

analiza inventara životnog ciklusa - LCI - faza ocenjivanja životnog ciklusa koja obuhvata prikupljanje i kvantitativno iskazivanje ulaza i izlaza za određeni sistem proizvoda tokom njegovog celokupnog životnog ciklusa

ocenjivanje uticaja životnog ciklusa - LCIA - faza ocenjivanja životnog ciklusa čiji je cilj razumevanje i vrednovanje veličine i značaja mogućih uticaja sistema proizvoda na životnu sredinu tokom njegovog celokupnog životnog ciklusa

interpretacija životnog ciklusa - faza ocenjivanja životnog ciklusa u kojoj se nalazi analize inventara ili ocenjivanja uticaja, ili oba, vrednuju u skladu sa utvrđenim ciljem i predmetom, radi donošenja zaključaka i preporuka

transparentnost -otvoreno, sveobuhvatno i razumljivo predstavljanje informacija

proizvod⁶ - bilo koje robe ili usluge

- Proizvod se može kategorizovati na sledeći način: usluge (na primer transport); softver (na primer kompjuterski program, rečnik); hardver (na primer mehanički deo mašine); procesni materijali (na primer sredstva za podmazivanje).
- Pružanje usluge može obuhvatiti, na primer: aktivnost koja se odvija na materijalnom proizvodu koji je isporučio korisnik , aktivnost koja se odvija na nematerijalnom proizvodu koji je isporučio korisnik ;isporuku nematerijalnog proizvoda ; stvaranje okruženja za korisnika .

proces - skup međusobno povezanih ili međusobno delujućih aktivnosti koji pretvara ulazne elemente u izlazne. [ISO 9000:2005, definicija 3.4.1 (bez napomena)]

osnovni tok - materijal ili energija koja ulazi u sistem koji se posmatra i koji potiču iz životne sredine bez prethodne prerade od strane čoveka, ili materijal ili energija koji izlaze iz sistema koji se posmatra i koji se odstranjuju u životnu sredinu bez naknadne prerade čoveka

tok energije - ulaz u jedinični proces ili sistem proizvoda, ili izlaz iz njih, izražen u jedinicama energije.

sirovina - primaran ili sekundaran materijal koji se koristi za proizvodnju proizvoda NAPOMENA Sekundarni materijal obuhvata reciklirane materijale.

alokacija - raspoređivanje/dodeljivanje ulaznih odnosno izlaznih procesa ili sistema proizvoda unutar sistema proizvoda koji se posmatra i jednog ili više drugih sistema proizvoda

kvalitet podataka - karakteristike podataka koje pokazuju njihovu sposobnost da zadovolje postavljene zahteve

funkcionalna jedinica -kvantitativno iskazan učinak sistema proizvoda koji se koristi kao referentna jedinica

ulaz - proizvod, tok materijala ili tok energije koji ulaze u jedinični proces, NAPOMENA Proizvodi i materijali obuhvataju sirovine, poluproizvode i ko-proizvode.

rezultati analize inventara životnog ciklusa - rezultati LCI - rezultat analize inventara životnog ciklusa obuhvata tokove koji presecaju granicu sistema i obezbeđuju polaznu osnovu za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa

izlaz -tok proizvoda, materijala ili energije koji napuštaju jedinični proces NAPOMENA Proizvodi i materijali obuhvataju sirovine, međuproizvode, koproizvode i ispuštanja.

⁴ SRPS ISO 14040, 2008

⁵ ZAKON O UPRAVLJANJU OTPADOM ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009 i 88/2010

⁶ Adaptirano iz ISO 14021:1999 i ISO 9000:2005

referentni tok- mera potrebnih izlaza iz procesa u datom sistemu proizvoda, koja se zahteva radi ispunjenja funkcije izražene pomoću funkcionalne jedinice

ispuštanja - emisije u vazduh i ispuštanja u vodu i zemljište

analiza osetljivosti sistematične procedure za procenu uticaja izbora odabranih metoda i podataka na ishod studije

granica sistema -skup kriterijuma koji utvrđuju koji od jediničnih procesa je deo sistema proizvoda
NAPOMENA Termin "granica sistema " se u ovom međunarodnom standardu ne vezuje za LCIA

jedinični proces - najmanji element razmatran u analizi inventara životnog ciklusa za koje su kvantifikovani podaci ulaza i izlaza

mehanizam zaštite životne sredine- sistem fizičkih, hemijskih i bioloških procesa za određenu kategoriju uticaja, koji povezuje rezultate analize inventara životnog ciklusa sa indikatorima kategorije i završecima kategorije

kategorija uticaja- klasa koja predstavlja pitanja iz oblasti životne sredine kojima se mogu pripisati rezultati analize inventara životnog ciklusa

indikator kategorije uticaja životne sredine- kvantitativni prikaz kategorije uticaja

provera kompletnosti- proces verifikacije da li su informacije iz (prethodnih) faza ocenjivanja životnog ciklusa dovoljne za donošenje zaključaka u skladu sa definisanim ciljem i predmetom

provera konzistentnosti- proces verifikacije da su pretpostavke, metode i podaci konzistentno primenjeni kroz studiju i u skladu sa definisanim ciljem i predmetom pre dostizanja zaključaka

provera osetljivosti- proces verifikacije da su informacije dobijene iz analiza osetljivosti relevantne za dostizanje zaključaka i za davanje preporuka

vrednovanje⁷ -element u okviru faze interpretacije životnog ciklusa u cilju uspostavljanja poverenja u rezultate ocenjivanje životnog ciklusa

kritičko preispitivanje - proces koji ima nameru da osigura konzistentnost između ocenjivanja životnog ciklusa i princip⁸a i zahteva⁹ međunarodnog standarda o ocenjivanju životnog ciklusa

zainteresovana strana - pojedinac ili grupa ljudi koji se bave ili su ugroženi učinkom sistema proizvoda na zaštitu životne sredine , ili rezultatima ocenjivanja životnog ciklusa

klasifikacija otpada - postupak svrstavanja otpada na jednu ili više lista otpada koje su utvrđene posebnim propisom, a prema njegovom poreklu, sastavu i daljoj nameni

komercijalni otpad- otpad koji nastaje u preduzećima, ustanovama i drugim institucijama koje se u celini ili delimično bave trgovinom, uslugama, kancelarijskim poslovima, sportom, rekreacijom ili zabavom, osim otpada iz domaćinstva i industrijskog otpada;

kompostiranje - tretman biorazgradivog otpada pod dejstvom mikroorganizama, u cilju stvaranja komposta, u prisustvu kiseonika i pod kontrolisanim uslovima;

komunalni otpad- otpad iz domaćinstava (kućni otpad), kao i drugi otpad koji je zbog svoje prirode ili sastava sličan otpadu iz domaćinstva

otpad - svaka materija ili predmet sadržan u listi kategorija otpada (Q lista) koji vlasnik odbacuje, namerava ili mora da odbaci, u skladu sa zakonom;

reciklaža - ponovna prerada otpadnih materijala u proizvodnom procesu za prvobitnu ili drugu namenu, osim u energetske svrhe;

sakupljanje otpada - aktivnost sistematskog sakupljanja, razvrstavanja i/ili mešanja otpada radi transporta

transport otpada - prevoz otpada van postrojenja koji obuhvata utovar, prevoz (kao i pretovar) i istovar otpada;

⁷ Vrednovanje obuhvata proveru kompletnosti, proveru osetljivosti, proveru konzistentnosti i bilo koju drugu validaciju koja može biti tražena u skladu sa ciljem i definisanim predmetom studije

⁸ Principi su opisani u ISO SRPS 14040 (vidi 4.1)

⁹ Zahtevi su opisani u ISO 14044

tretman otpada - obuhvata fizičke, termičke, hemijske ili biološke procese uključujući i razvrstavanje otpada pre tretmana, koji menjaju karakteristike otpada sa ciljem smanjenja zapremine ili opasnih karakteristika, olakšanja rukovanja sa otpadom ili podsticanja reciklaže i uključuje ponovno iskorišćenje i reciklažu otpada;

upravljanje otpadom- sprovođenje propisanih mera za postupanje sa otpadom u okviru sakupljanja, transporta, skladištenja, tretmana i odlaganja otpada, uključujući i nadzor nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom posle zatvaranja;

Skraćenice

LCA - ocenjivanje životnog ciklusa

LCI - analiza inventara životnog ciklusa

LCIA - ocenjivanje uticaja životnog ciklusa

DfE - Design for Environment

IPPC Direktive - integration pollution prevention control (direktiva o integralnoj prevenciji zagađenja i kontroli)

IPP- Integration product policy (integrisana politika proizvoda)

EC- Evropska Komisija

GWP - potencijal globalnog zagrevanja

Uvod

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

Društvo je postalo zabrinuto nad nekontrolisanim iskorišćavanjem prirodnih resursa i degradacijom životne sredine, te se poslednjih decenija sve više uočava porast interesa i brige društva za stanje životne sredine. U tom cilju, i industrija i biznis iskazuju sve veću potrebu i interes ka sprovođenju i izgradnji aktivnosti koje neće ugroziti stanje životne sredine., ka proizvodnji „zelenih proizvoda“ uz "zelenije" procese.

Moderne i uspešne kompanije prepoznaju da je zaštita životne sredinom ključ strateškog razvoja biznisa sa potencijalom dugotrajnog uticaja i na performanse same kompanije. Razvijanjem delatnosti na principima prevencije zagađenja i upravljanja zaštitom životne sredine, kompanije dobijaju značajnu prednost na tržištu.

Koncept Projektovanje (dizajniranje) za životnu sredinu (engl. Design for Environment- DfE) kao i instrumenti Analiza životnog ciklusa (engl. Life cycle analysis-LCA) i Produžena odgovornost proizvođača (engl. Extended producer responsibility EPR) pokazuju se kao ključni alati koje napredne kompanije koriste za razvoj novih i poboljšanje karakteristika postojećih proizvoda¹⁰

Svrha "zelenog projektovanja (dizajniranja) proizvoda" je da identifikuje, proceni i minimizuje uticaje na životnu sredinu proizvoda. To se postiže kroz sistemsko razmatranje performansi proizvoda kroz uticaja na životnu sredinu, zdravlje i bezbednost stanovnika tokom celokupnog njegovog životnog ciklusa, odnosno od faze dizajna, preko proizvodnje, korišćenja do konačnog odlaganja

Analiza životnog ciklusa (LCA) je analitički instrument koji postavlja okvir za analizu uticaja proizvoda na životnu sredinu. Ekodizajn je zapravo "alat" za praktičnu aplikaciju dobijenih rezultata. Standardi ISO¹¹ 14040 i 14044 daju principe, okvire, zahteve i uputstva za sprovođenje postupka ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i/ili usluga. Osnovni cilj ocene uticaja jeste da se identifikuju i uspostave veze između životnog ciklusa proizvoda i usluga i potencijalnih uticaja na životnu sredinu.

LCA proučava aspekte zaštite životne sredine i moguće uticaje na životnu sredinu (npr. korišćenje resursa i posledice emisija zagađujućih materija po životnu sredinu), tokom celokupnog životnog veka proizvoda od ekstrakcije sirovina, preko proizvodnje, upotrebe i postupanja na kraju životnog ciklusa, recikliranja i konačnog odlaganja tj. „od nastanka do kraja”¹² (engl- „from cradle to grave”).

Proizvodnja i upotreba proizvoda koji će produkovati 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.

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

- upotreba obnovljivih izvora materijala i energije,
- maksimalno korišćenje otpadnih materijala i otpadne energije u proizvodnim procesima,
- minimizacija produkcije otpada i smanjenje gubitaka energije u proizvodnji,
- razvoj novih industrijskih proizvodnih procesa koji proizvode sa minimumom materijala i energetske gubitaka u periodu eksploatacije i nakon toga

¹⁰ H. Stevanović Čarapina, A.Mihajlov. Metodologija za dizajn zelenih proizvoda Ene 10, Beograd, maj 2010g

¹¹ International Standards Organisation

¹² "Od kolenke do groba"

- odgovorno iskorišćenje prirodnih resursa, proizvoda i energije u oblasti industrije i potrošnje
- Tretman u skladu sa standardima

Poseban problem predstavlja otpad koji nastaje u svim oblastima ljudskih aktivnost kako u razvijenim tako i u zemljama u razvoju. Otpad je ozbiljan ekološki, socijalni i ekonomski problem za sve moderne razvojne ekonomije. Način na koji se otpad generiše i kako se sa njim postupa ima uticaj na svakoga građanina, mala i srednja preduzeća, na organe uprave i vlast, na međunarodno tržište

Otpad s jedne strane svojim nastajanjem i delovanjem izaziva zagađenje životne sredine, ali s druge strane otpad predstavlja veliki potencijal kao resurs sekundarnih sirovina i energije. Tretman otpada predstavlja veliki izazov za tehničku struku u cilju razvoja tehnoloških postupaka koji su prihvatljivi za životnu sredinu (environmentally friendly technique). S druge strane, tretman generiše nova radna mesta i otvara mogućnost za razvoj novog biznisa.

Uticaj otpada na životnu sredinu proističe iz zagađenja koje se emituje kroz ceo životni ciklus otpada, od nastanka (kada se „odbaci“¹³ proizvod koji nema više upotrebnu vrednost), preko sakupljanja, kroz postupke tretmana otpada kao što su sagorevanje, odlaganje na deponije, reciklaža itd. Opasnost po zdravlje stanovništva nastaje kroz različite nivoe emisija u medijume životne sredine (vazduh, podzemne vode, zemljište...) poreklom od otpada koji nije kontrolisan, odložen ili tretiran pravovremeno i u skladu sa zahtevima savremenih tehnologija.

Politika upravljanja otpadom se projektuje sa ciljem da se redukuje ukupni uticaj otpada na životnu sredinu i na korišćenje 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 rigidno imajući u vidu različite metode tretmana otpada i njihov uticaj na životnu sredinu.

Evropska strategija za prevenciju i reciklažu otpada poznata kao Tematska¹⁴ Strategija upravljanja otpadom, usvojena 2005 u Evropskoj Uniji, povezuje politiku upravljanja otpadom sa širom politikom upravljanja resursima, „opredelila“ je Evropu¹⁵ ka „reciklažnom društvu“. Politika upravljanja otpadom ima za cilj smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu od nekontrolisanog korišćenja prirodnih resursa kroz sprečavanje nastajanja otpada i promociju reciklaže i povraćaja korisnih komponenti iz otpada.

Stvaranje otpada i upravljanje otpadom je nesumnjivo u vezi sa načinom korišćenja prirodnih resursa – ekstenzivno stvaranje otpada je simptom neefikasnog korišćenja resursa¹⁶. Osnove *Tematske strategije EU o održivom korišćenju prirodnih resursa* su postavljene na tvrdnji da adekvatno upravljanje otpadom smanjuje *pritisak na prirodne resurse*. Na ovim postavkama je baziran i strateški dokument *Evropa 2020 (COM (2010)2020)*, u segmentu obezbeđivanja održivog rasta i obezbeđivanju uslova za nastajanjem manje gubitaka usled neodrživog korišćenja prirodnih resursa.

Kao preduslov dostizanja ciljeva proklamovanih kroz Tematsku strategiju otpada je i modernizovanje postojećeg regulatornog okvira za upravljanje otpadom (Directive 2008/98/EC) koji se ogleda kroz uvođenje Analize životnog ciklusa kao analitičkog instrumenta za donošenje odluka u politici upravljanja otpadom.

¹³ Videti "Rečnik termina"

¹⁴ Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste, Communication From The Commission To The Council, The European Parliament, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions, {Sec(2005), 1681}, {Sec(2005) 1682, Commission Of The European Communities, Brussels, 21.12.2005

¹⁵ H.Stevanovic-Carapina Tematska strategija za otpad – novi pogled na upravljanje otpadom Waste water, waste and hazardous waste". Krusevac april 2007

¹⁶ Tekst nacrt Nacionalne strategije održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, 2010

I. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA LCA I

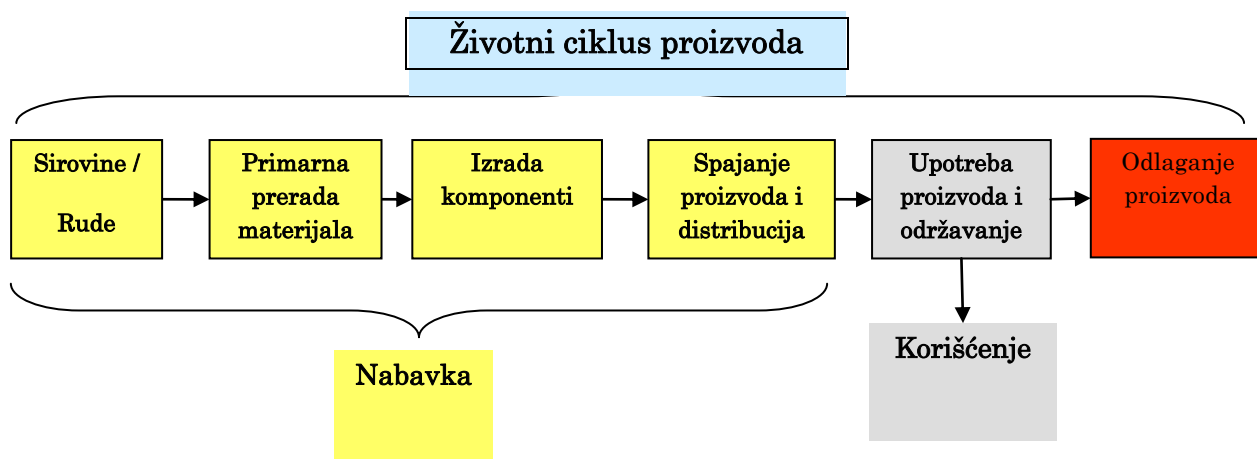
Ocenjivanje životnog ciklusa (*eng. life cycle assessment-LCA*) u daljem tekstu LCA – je alat za donošenje odluke o izradi ili kvalitetu određenog proizvoda uz identifikaciju njegovog uticaja na životnu sredinu imajući u vidu celokupan životni ciklus proizvoda, odnosno to je proces analize materijala,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

U osnovi, Ocenjivanje životnog ciklusa jeste analitički instrument u oblasti životne sredine koji pruža razumevanje i komparaciju različitih proizvoda ili usluga kroz tzv. pristup „od kreveta do groba“ (from cradle to grave)

LCA analizira sve i/ili više faza životnog ciklusa proizvoda, uzima u obzir različite uticaje tih faza na životnu sredinu i prirodne resurse , ocenjuje i analizira i interpretira rezultate Na ovaj način, LCA pomaže kompanijama da odluče do kog nivoa je potrebno „ugraditi“ problematiku zaštite životne sredine u proces odlučivanja o karakteristikama proizvoda koji se procesira odnosno o vrstama usluga koje kompanija vrši.

LCA daje odgovore na pitanja:

- koje proizvode proizvesti ,
- kako isprojektovati proizvod
- koje vrste sirovina koristiti
- koje izvore energije koristiti;
- kakav tip i koju ambalažu koristiti;
- kako upravljati generisanim otpadom ;
- kakav je sadržaj informacija koji se daje potrošačima ;
- koji su relevantni indikatori uticaja na životnu sredinu ;
- koja je odgovarajuća strategija marketinga.



Slika 1.1. Životni ciklus proizvoda¹⁷

¹⁷ UNEP

LCA pomaže donosiocima odluka

- da identifikuju i nenamerne uticaje aktivnosti (npr. Nenamena emisija gasova staklene bašte koja može ugroziti prednosti nove tehnologije)
- da obezbedi razmatranje svih medija životne sredine kroz ceo životni ciklus (npr. podjednako razmatranje emisija u vazduh, vodu i zemlju tokom izgradnje, rada i stavljanja van pogona postrojenja)
- da spreče "prenošenje " problema zagađivanje iz jedne faze u drugu, između geografskih prostora i između medijuma životne sredine (na pr. LCA obezbeđuje da se mere zaštite vazduha koje su primenjene na jednom mestu ne „pretvore“ u zagađenje voda na drugom)
- da identifikuju mogućnosti za poboljšanje ekonomskih i performansi zaštite životne sredine različitih tehnologija, projekata , proizvoda i usluga (na pr. kroz identifikaciju kritičnih tačaka tzv. "hotspots" koje je potrebno rešiti)
- da komuniciraju efikasnije sa različitim učesnicima koji su zainteresovani za informacije o eventualnim posledicama projekata i tehnoloških opcija (na pr. proces izrade LCA zahteva učešće različitih zainteresovanih strana čime se uspostavlja komunikacija i obezbeđuje informisanost o punom uticaju i/ili koristima koje određne promene ili novi proizvodni procesi i proizvodi donose)

LCA ¹⁸može da pomogne u:

- utvrđivanju mogućnosti za poboljšanje zaštite životne sredine od uticaja proizvoda u različitim fazama njihovog životnog ciklusa,
- informisanju različitih ciljnih grupa koje odlučuju u industriji, vladi i nevladinim organizacijama (npr. u cilju strateškog planiranja, utvrđivanju prioriteta, projektovanju ili izmeni projekta za proizvode ili procese)
- izboru odgovarajućih pokazatelja (indikatora) učinka zaštite životne sredine, uključujući i postupke merenja zagađenja , i
- marketingu (npr. primena sheme „eko“- obeležavanja, sačinjavanja izjave u vezi sa zaštitom životne sredine, ili proizvodnjom deklaracije proizvoda u vezi sa zaštitom životne sredine).

LCA tehnika daje pregled svake faze životnog ciklusa određenog proizvoda , od nabavke materijala, kroz proizvodnju, distribuciju, upotrebu, ako je moguće ponovnu upotrebu ili reciklažu da konačnog odlaganja. Kroz ovaj postupak analize se takođe identifikuju i svi koraci ili procesi između različitih faza i za svaki od tih koraka se definišu ulazi (materijali, resursi i energija) i izlazi (emisije u vodu, vazduh i čvrsti otpad) koji se uzimaju u obzir pri definisanju uticaja.

Identifikacija stanja životne sredine koja rezultira usled uticaja određenih ulaza, odnosno izlaza se ocenjuje kroz studiju ocenjivanja uticaja životnog ciklusa. Na osnovu ove studije se dobija opšta slika uticaja posmatranog sistema proizvoda ili usluga na životnu sredinu.

Dobijene informacije se mogu kombinovati sa drugim ocenjivačkim instrumentima u cilju ocene proizvoda ili usluge koje se produkuju kroz celokupan njihov životni ciklus. Sprovedenjem studije ocenjivanja životnog ciklusa za alternative proizvoda ili usluge omogućava se bolje razumevanje i mogućnost komparacije uticaja na životnu sredinu .

Ocenjivanje životnog ciklusa jeste kompilacija/kombinacija i evaluacija ulaza i izlaza i potencijalnih uticaja na životnu sredinu sistema proizvoda ili usluga kroz celokupan životni vek.

¹⁸ ISO SRPS 14040

1.1. Metodologija

Metodološka struktura studije ocenjivanja životnog ciklusa data je u seriji standarda **ISO 14040**:

- ISO 14040:2008¹⁹ – **Ocenjivanje životnog ciklusa – Principi i okvir** (eng. "Life Cycle Assessment – Principles and Framework")
- ISO 14044 ;2008²⁰ – **Ocenjivanje životnog ciklusa – Zahtevi i uputstva za primenu** (eng. ISO 14044 "Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines") koji zamenjuje
 - ISO 14041:1998 – Definisane cilja i predmeta i analiza inventara ,
 - ISO 14042: 2000 – Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa,
 - ISO 14043: 2000 – Interpretacija životnog ciklusa.²¹

U seriji standarda ISO 14040 uspostavljen je fleksibilan okvir pod kojim se LCA studija sprovodi na praktičan i tehnički pouzdan način. Jedinstvena metoda za sprovođenje LCA studije ne postoji. Organizacijama se pruža fleksibilnost prilikom sprovođenja LCA studije i koja zavisi od specifičnosti same aplikacije i zahteva korisnika.

ISO²² definiše studiju ocenjivanja životnog ciklusa kao: "tehniku koja proučava aspekte zaštite životne sredine i moguće uticaje na životnu sredinu tokom celokupnog životnog veka proizvoda"²³ kroz:

- izradu inventara relevantnih ulaza i izlaza datog sistema proizvoda
- vrednovanje potencijalnih uticaja na životnu sredinu datih ulaza i izlaza i
- interpretaciju rezultata inventara analize i faze procene uticaja u odnosu na postavljane ciljeve studije.

Standard **ISO 14040** pruža principe i okvire za ocenjivanje životnog ciklusa.

Ocenjivanje životnog ciklusa - tehnika ocenjivanje životnog ciklusa jeste instrument koji uzima u obzir sve operacije vezane za jedan proizvod ili uslugu. Studija LCA obuhvata četiri faze i zaključna razmatranja

1. Faza definisanja cilja, područja primene, i obima **LCA**
 2. Faza prikupljanje podataka i formiranja inventara **LCI** (engl. Life cycle inventory)
 3. Faza ocenjivanja uticaja životnog ciklusa - **LCIA** (engl. Life cycle impact assessment)
 4. Faza Interpretacije rezultata primene **LCA**
- Zaključna razmatranja

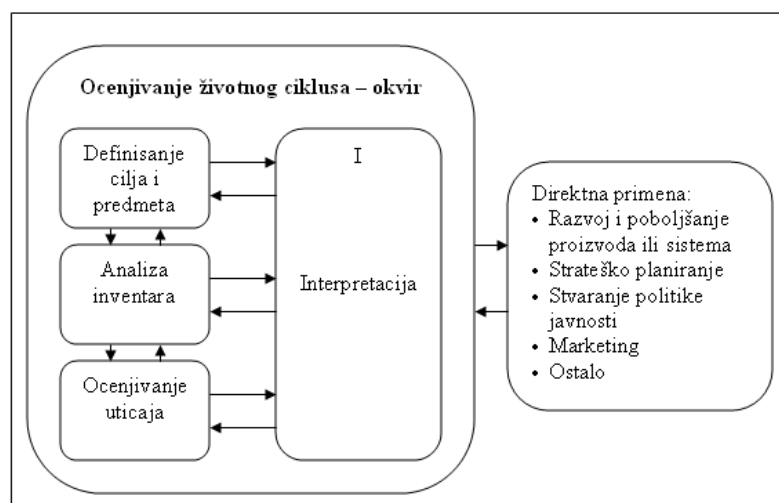
¹⁹ ISO SRPS 14040

²⁰ ISO SRPS 14044

²¹ Tehnički komitet ISO/TC 207, Upravljanje zaštitom životne sredine, Potkomitet SC 5, Ocenjivanje životnog ciklusa.

²² ISO International standard organisation

²³ ²³ ISO SRPS 14044



Slika 1.2. ²⁴Faze studije ocenjivanja životnog ciklusa

1.1.1. Definisanje cilja i predmeta studije

Prvi korak u planiranju izrade inventara životnog ciklusa, faze analize životnog ciklusa (LCA), je definisanje cilja i predmeta studije

Prilikom **definisanja cilja** ²⁵navodi se

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

Definisanjem cilja i razloga za izvođenje LCA određuju se opcije koje će se upoređivati kao i namena rezultata. Namena studije LCA određuje način sprovođenja Studije, tip i format zahtevanih podataka.

Definisanje cilja je osnova svakog LCA istraživanja. S obzirom da svaka faza LCA pruža različite mogućnosti za izbor i vrednovanje, to jasno i jednoznačno definisan cilj doprinosi kvalitetu rezultata.

LCA studija se mora sprovoditi transparentno što obuhvata praćenje pribavljanja podataka, sprovođenje kontrole i validacije. Finalni izveštaj Studije mora sadržati potpun i transparentan zapis o celokupnom toku studije.

Predmet ²⁶Studije LCA treba da bude dovoljno jasno definisan i da obezbedi širinu, dubinu i detalje o studiji koji su kompatibilni i dovoljni da bi se opravdao cilj.

Predmet Studije u osnovi opisuje parametre i mogućnosti studije koja se sprovodi.

Prilikom definisanja predmeta Studije, standard ISO 14040 zahteva da se odredi :

²⁴ ISO SRPS 14044

²⁵ ISO SRPS 14044

²⁶ ISO SRPS 14044

- funkcionalna jedinica,
- sistem proizvoda,
- granice sistema,
- alokacija procedure,
- tip indikatora,
- metodologija ocenjivanja životnog ciklusa,
- interpretacija životnog ciklusa,
- lista podataka , kvalitet podataka, pretpostavke, ograničenja,
- tip kritičke ocene²⁷ i
- forma zahteva izveštaja studije.

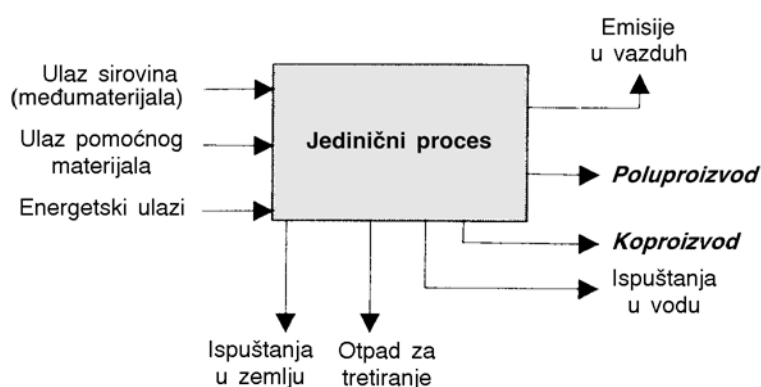
U ovoj fazi se postavljaju granica sistema (tehničke, geografske ili vremenske) kao procedura pribavljanja i korišćenja podataka. Za sva postavljena pravila i pretpostavke pri sprovođenju LCA mora postojati validna dokumentacija kojom se postavke dokazuju .

Sistem proizvoda je skup jediničnih procesa²⁸ sa elementarnim tokovima i tokovima proizvoda, koji realizuje jednu ili više definisanih funkcija i koji modelira životni ciklus proizvoda. Sistem proizvoda jeste niz unutrašnjih , povezanih operacija koje se dešavaju u životnom ciklusu proizvoda ili usluge. Sam sistem se nalazi unutar granica sistema.

LCA modelira životni ciklus proizvoda kao sistem proizvoda, koji sprovodi jedan ili više definisanih funkcija. Osnovna osobina sistema proizvoda je karakterisana njegovom funkcijom i ne može se pojedinačno definisati u odnosu na gotov proizvod.

Ova definicija obuhvata potrebu za definisanjem svih operacija koje se odnose i na tokove međuproizvoda i koje podrazumevaju jednu ili više definisanih funkcija.

Sistem proizvoda se deli na niz jediničnih procesa , a svaki jedinični proces obuhvata aktivnosti jedne operacije ili grupe operacija. Elementarni procesi povezani su jedan sa drugim tokovima međuproizvoda, tokovima otpada za tretman ili drugim sistemima proizvoda.



Slika1.3. ²⁹ jedinični proces

²⁷ ISO SRPS 4040

²⁸ Jedinični proces je najmanji element razmatran u analizi inventara životnog ciklusa za koje su kvantifikovani podaci ulaza i izlaza

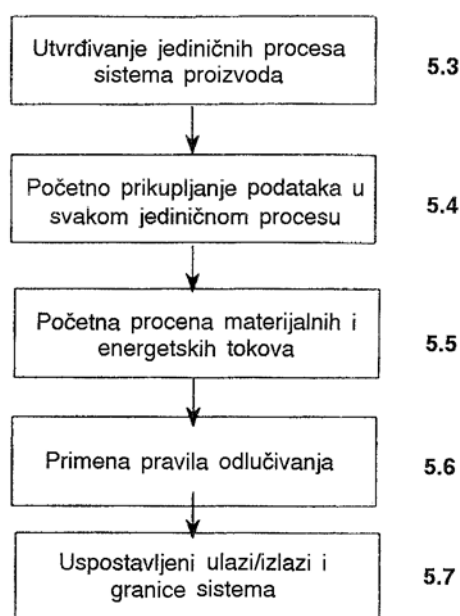
²⁹ ISO SRPS 14044

U okviru granica sistema, za formiranje inventara potrebno je sakupiti kvalitativne i kvantitativne podatke za sve ulaze i izlaze za svaki jedinični proces. Sakupljeni podaci se, bez obzira da li su dobijeni merenjem, izračunavanjem ili su procenjeni, koriste da kvantifikuju jedinične procese.

Funkcionalna jedinica je mera za funkcionalne izlaze sistema proizvoda. Funkcionalna jedinica se formira tako da je u skladu sa zahtevima postavljenog cilja i predmeta Studije. Osnovna svrha funkcionalne jedinice je da obezbedi referentni nivo za normalizaciju ulaznih i izlaznih podataka³⁰ u cilju daljeg poređenja rezultata LCA studije koje se sprovode za proizvode ili usluge. Zbog toga, funkcionalna jedinica treba da je jasno definisana i merljiva, i predstavlja "kamen temeljac" Studije. Faze i jedinični procesi vezane za funkcionalnu jedinicu predstavljaju sistem proizvoda.

Funkcionalna jedinica se često izražava po količini proizvoda (npr. kg ili l) i treba da je povezana sa funkcijom usluge proizvoda, po ekvivalentu/meri upotrebe.

Granice sistema definišu koje jedinične procese je potrebno uključiti u sistem. Modelovanje sistema proizvoda se bazira na postavci da su ulazi i izlazi na granicama sistema elementarni tokovi. Elementarni tok može da bude materijal ili energija koja ulazi u sistem i koja je uzeta iz životne sredine bez prethodne prerade ili materijal i/ili energija koja napušta sistem i koja se oslobađa u životnu sredinu, bez dodatne prerade.



Slika1.4.³¹ Identifikacija ulaza i izlaza

Prilikom postavljanja granica³² sistema treba uzeti u obzir nekoliko faza životnog ciklusa, jedinične procese i tokove:

- dobijanje sirovina;
- ulazi i izlazi u glavnom proizvodnom / procesnom nizu;
- distribucija/ transport;
- proizvodnju i upotrebu goriva, električne energije i toplote;
- korišćenje i održavanje proizvoda;

³⁰ Matematički postupak

³¹ ISO SRPS 14044

³² ISO SRPS 14040

- odlaganje procesnog otpada i proizvoda;
- regeneraciju korišćenih proizvoda (uključujući ponovno korišćenje energije);
- proizvodnju pomoćnih materijala;
- proizvodnju, održavanje i prestanak rada glavne opreme;
- dopunske operacije, kao što su osvetljavanje i grejanje.

Postavljanje granica sistema uključuje između ostalog, zahteve postavljene kroz cilj i predmet LCA Studije LCA , kao i sagledavanje uticaja na životnu sredinu koji su predmet istraživanja (klimatske promene, emisije zagađujućih komponenti i sl.).

1.1.2. Analiza inventara životnog ciklusa –³³LCI

Druga faza Studije LCA - Analiza inventara životnog ciklusa podrazumeva prikupljanje podataka i proceduru proračuna u cilju kvantifikovanja relevantnih ulaza i izlaza sistema proizvoda.

To je proces kojim se sakupljaju podaci za svaki jedinični proces u okviru granica sistema, koji se klasifikuju i uključuju:

- ulaze energije, ulaze sirovina, pomoćne ulaze, i druge fizičke ulaze,
- proizvode, koproizvode i otpad,
- emisije u vazduh, ispuštanja u vodu i zemljište, i
- druge aspekte životne sredine

U ovoj fazi određuju se svi materijalni i energetske ulazi i izlazi kroz celokupan životni ciklus proizvoda ili usluga, što obuhvata materijalne i energetske bilanse za svaki korak u životnom ciklusu.

Faza analize inventara životnog ciklusa se sastoji iz sledećih koraka:

- priprema za prikupljanje podataka
- prikupljanje podataka
- postupak obračuna
- raspodela-alokacija

Dve glavne kategorije podataka su potrebne za sprovođenje LCA:

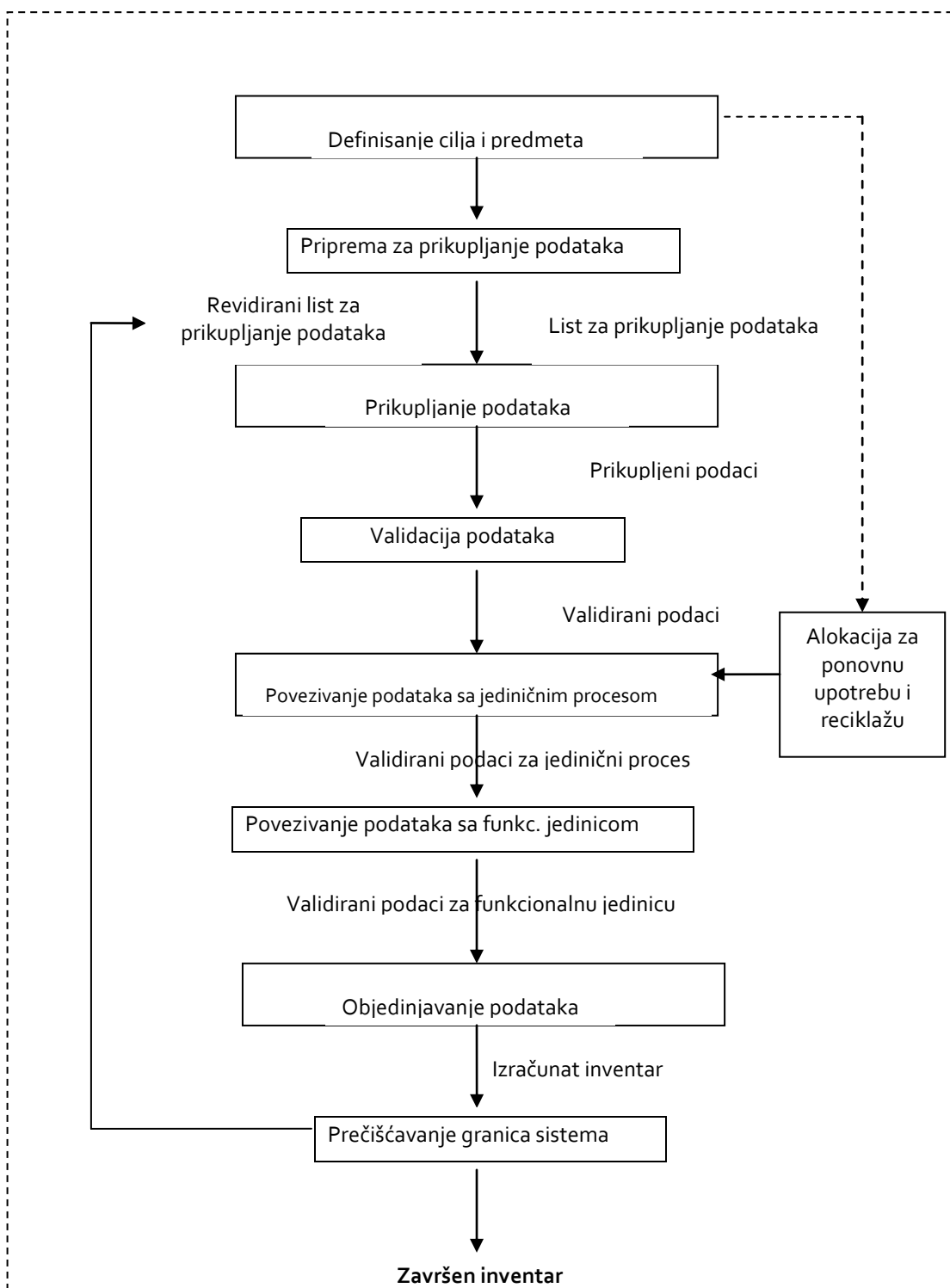
1. Specifični podaci vezani za proizvodnju, distribuciju i upravljanje
2. Opšti podaci vezani za energetske potrebe sistema , ekstrakciju sirovina i transport.

Karakteristike podataka koji se koriste za LCA Studiju su :

- vremenska pokrivenost: starost podataka i minimalni vremenski period za koji treba prikupljati podatke;
- geografska pokrivenost: geografska oblast sa koje treba prikupljati podatke za jedinične procese da bi se zadovoljio cilj studije;
- tehnološka pokrivenost: specifična tehnologija ili skup tehnologija;
- preciznost: mera promenljivosti vrednosti podataka za svaki podatak (npr. varijansa);
- potpunost: procenat toka koji se meri ili procenjuje;

³³ ISO SRPS 14040

- reprezentativnost: kvalitativna procena stepena do kog skup podataka odražava stvarnu populaciju interesa (npr. geografska pokrivenost, vremenski period i tehnološka pokrivenost);
- doslednost: kvalitativna procena o primenljivosti metodologije studije na komponente ;
- reproduktivnost: kvalitativna procena stepena reprodukcije rezultata u izveštaju studije;



Sika 1.5. ³⁴Pojednostavljeni postupak analize inventara

Po završetku procesa prikupljanja podataka podaci se obrađuju kroz procese koji obuhvataju:

³⁴ ISO SRPS 14044

- validaciju³⁵ prikupljenih podataka,
- povezivanje podataka sa jediničnim procesima, i
- povezivanje podataka sa referentnim tokovima funkcionalne jedinice.

Sprovođenje Studije se vrši kroz **transparentan pristup** kako u pribavljanju podataka tako i u prezentaciji podataka jer se na taj način osigurava korisnicima bolje razumevanje primenjenog pristupa i adekvatnu interpretaciju rezultata./11/

LCA studija može da izazove zainteresovanost i kod lica koje su izvan procesa izrade studije, npr. kod potrošača, nevladinih organizacija, lokalne uprave i industrije. Mišljenja zainteresovanih strana se moraju uzeti u obzir kao i **kritičko preispitivanje**. Kritičko preispitivanje obezbeđuje da metode koje su korišćene za LCI fazu budu naučno i tehnički ispravne a podaci da budu odgovarajući i jasni u odnosu na cilj Studije.

Izvori podataka

Dostupnost podataka za uspostavljanje inventara je preduslov za sprovođenje LCA.

Postoji veliki broj nacionalnih i međunarodnih projekata koji predstavljaju značajan izvor podataka za izrade LCA studija

Tabela1.1. : Lista projekata i baza podataka za LCA

Baze LCA koje se najviše koriste u praksi	EPS, GaBi, GEMIS, GREET, IdeMAT, KCL-Eco 3.0, LCAiT, LCAPix, MIET, REGIS, SimaPro 5.0, SPINE, TEAM, Umberto
Nacionalni projekti	Australija, Kanada, Nemačka, Italija, Japan, Švajcarsk, USA
Multinacionalni projekti	Cost action 530. eLCA
Nacionalne baze podataka	Argentina, Francuska, Holandija, Španija, Švedska, Malezija, Portugalija, Poljska, južna afrika, Kina, Danska, Estonija, Finska, Belgija, Brazil. KanDA, ČILE, Indija, Švedska, Norveška
LCI baza koja je javno dostupna, ali koja je razvijena za potrebe industrije	APME baza

Postoji nedostatak opšte, javno dostupne baze podataka. Takav portal sa javnim pristupom bazama podataka treba da budu organizovan kao dopuna, za proširenje važne inicijative primene i korišćanja LCA.

1.1.3. Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa – LCIA

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

- Organizovanje ili klasifikovanje ulaznih i izlaznih podataka LCI u specifične kategorije
- Svrstavanje ulaza i izlaza za svaku kategoriju na osnovu indikatora

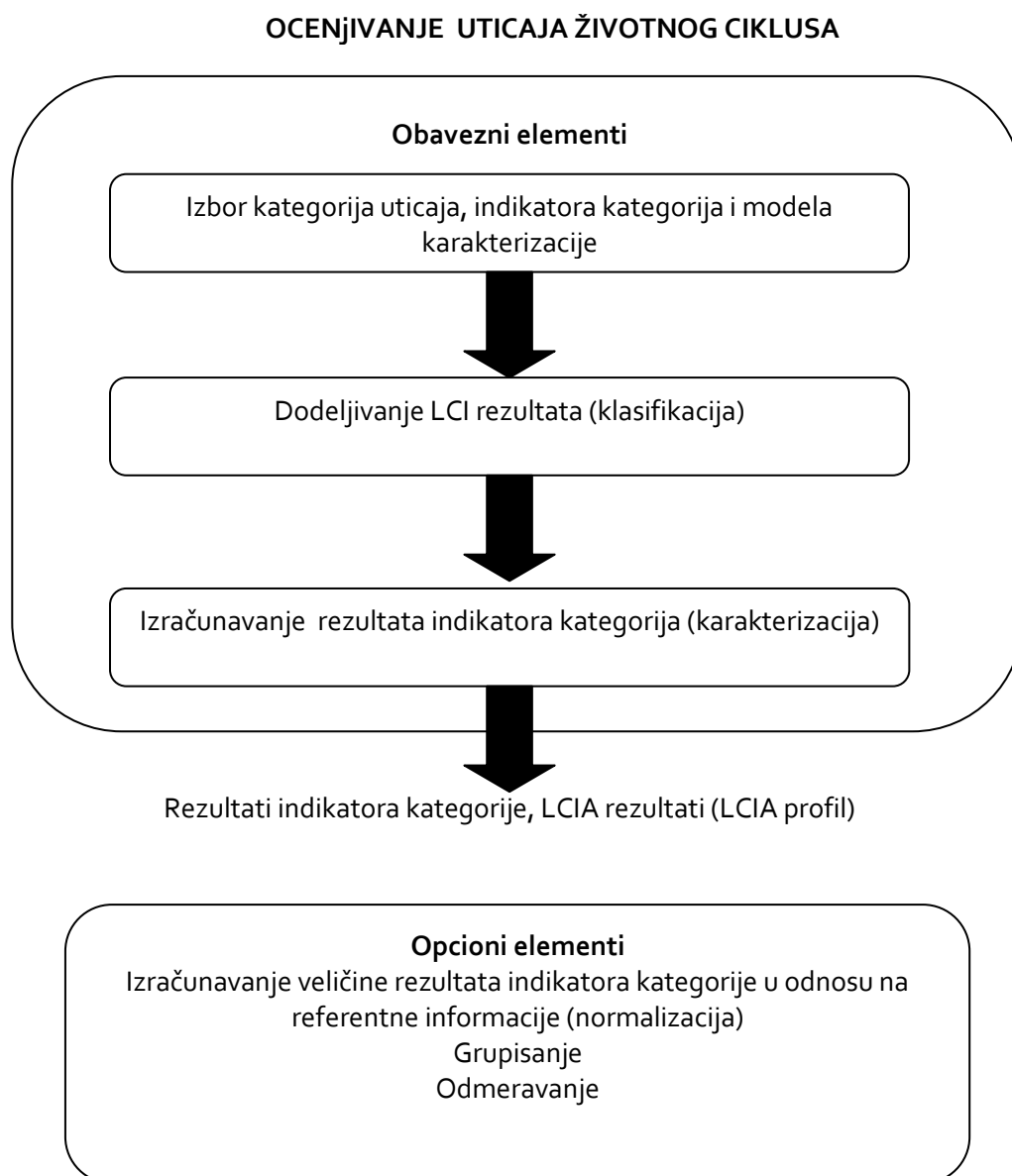
Cilj LCIA faze je ispitivanje sistema proizvoda iz perspektive uticaja na životnu sredinu koristeći kategoriju pokazatelja/indikatora izvedenih iz rezultata LCI faze.

³⁵ ISO SRPS 14040

Procena značaja potencijalnih efekata na životnu sredinu uz pomoć rezultata analize inventara vrši se u nekoliko koraka³⁶:

- izbor i definisanje kategorije uticaja, indikatora i modela
- klasifikacija uticaja
- karakterizacija
- normalizacija podataka
- agregacija i / ili težinsko odmeravanje podataka

Elementi faze LCIA su prikazani na slici 1.6.



Slika 1.6.³⁷ Elementi LCIA faze

³⁶ ISO SRPS 14044

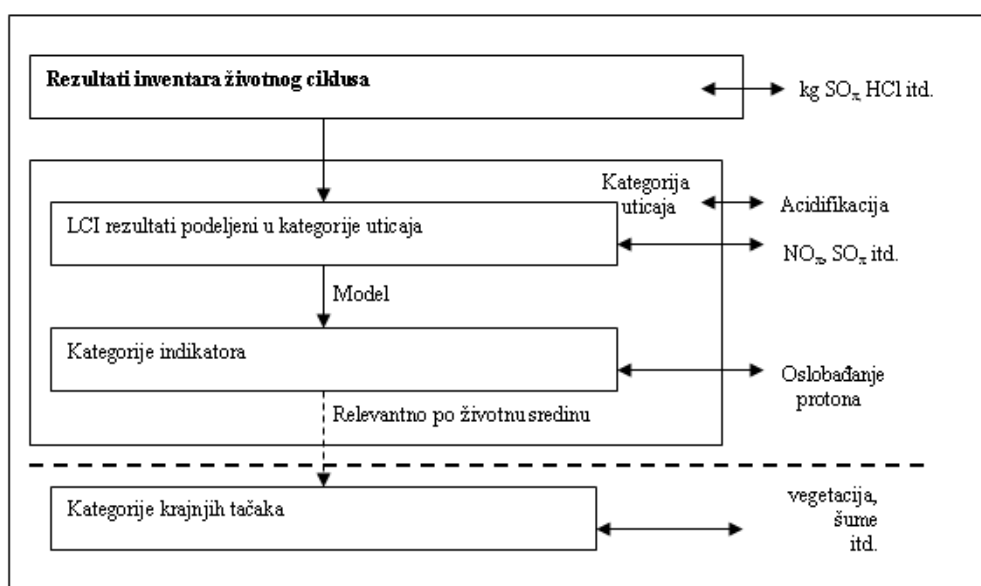
³⁷ ISO SRPS 14040

LCIA faza obezbeđuje informacije za fazu interperatacije. Takođe, pruža sveobuhvatni pregled problematike uticaja proizvoda ili usluga na životnu sredinu i resurse.

U ovoj fazi se rezultati LCI faze razvrstavaju u specifično selektovane kategorije uticaja. Kategorije uticaja se koriste za određene rezultate, rezultate koji su u vezi sa pitanjima životne sredine. Za svaku kategoriju uticaja postoje odgovarajući indikatori i koristi se karakterističan model za dobijanje rezultata /29/.

Izbor indikatora treba da je relevantan za određen uticaj koji se ispituje na životnu sredinu. Rezultati ocenjivanja uticaja su deo životnog ciklusa na osnovu kojih se sprovodi selekcije pitanja vezanih za životnu sredinu.

Na slici 1.7 je šematski prikazana procedura konvertovanja LCI rezultata u kategoriju indikator rezultata.



Slika 1.7.³⁸ Koncept indikatora

Klasifikacija zahteva identifikaciju relevantnih podataka inventara za svaku specifičnu kategoriju uticaja kao i određivanje odgovarajućih LCI rezultata. Podaci mogu da pripadaju više od jednoj kategoriji uticaja, npr. NO_x (oksidi azota) pripadaju i efektima globalnog zagrevanja i acidifikaciji./11/

Izbor kategorija uticaja se sprovodi na osnovu postavljenog cilja i predmeta LCA studije. U tabeli 1.2. predstavljeni su pojedini tipovi kategorije uticaja koji se obično ispituju.

Tabela 1.2. ³⁹Primeri pojava, kategorija i indikatora

Pojava	Krajnje tačke	Indikator	Rezultati inventara
Globalne klimatske promene	Uticaj na povećanje globalne temperature	Zbirna vrednost oslobođenih gasova sa efektom staklene bašte koji su izraženi preko CO ₂ ekvivalenta	Emisije gasova sa efektom staklene bašte kroz granice sistema; CO ₂ (ugljen dioksid), CH ₄ (metan), CFC (hlorofluoro ugljovodonic) i HCFC (hidrohlorofluoro ugljovodonic) itd.

³⁸ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

³⁹ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Acidifikacija	Gubitak akvatičnog sveta zbog smanjene vrednosti pH vode	Zbirna vrednost emisija u vodu i vazduh izraženih preko potencijala acidifikacije	Emisije kiselina ili supstanci koje imaju sposobnost da se konvertuju u kiseline; HCl (hlorovodonična kiselina), SO ₂ (sulfur dioksid), NO _x (oksidi azota) itd.
Eutrofikacija	Gubitak akvatičnog sveta zbog smanjenog nivoa rastvorenog kiseonika u vodi	Oslobađanje nutritivnih supstanci koje mogu da dovedu do eutrofikacije što može da utiče na smanjenje rastvorenog kiseonika	Emisije nutrijenata, kao što su fosfor i azot koji lako metabolišu organsku materiju

Cilj **karakterizacije** jeste da obezbedi objedinjavanje rezultata inventara u indikatore za svaku kategoriju uticaja

Primer - za globalno zagrevanje se najčešće koristi indikator pod nazivom potencijal globalnog zagrevanja – GWP izražen preko CO₂ ekvivalenta. Izračunavanje GWP se sprovodi u dva koraka. Prvo se svaki gas sa efektom staklene bašte preračuna u CO₂ ekvivalent na osnovu određenog faktora karakterizacije, a zatim se ukupni indikator izračunava kao suma svih CO₂ ekvivalent pojedinačnih gasova

1.1.4. Interpretacija životnog ciklusa

Četvrta faza, Interpretacija životnog ciklusa je sistematski postupak za identifikovanje, proveru, kvalifikovanje i ocenjivanje informacija dobijenih na osnovu rezultata analize inventara životnog ciklusa i/ili ocenjivanja uticaja životnog ciklusa sistema proizvoda. Faza interpretacije treba da donese rezultate koji su konzistentni sa definisanim ciljem i predmetom i koji dostižu zaključke, objašnjavaju ograničenja i obezbeđuju preporuke. To je zapravo proces balansiranja važnosti uticaja određenih efekata koje proizvod ili usluga produkuje na životnu sredinu .

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

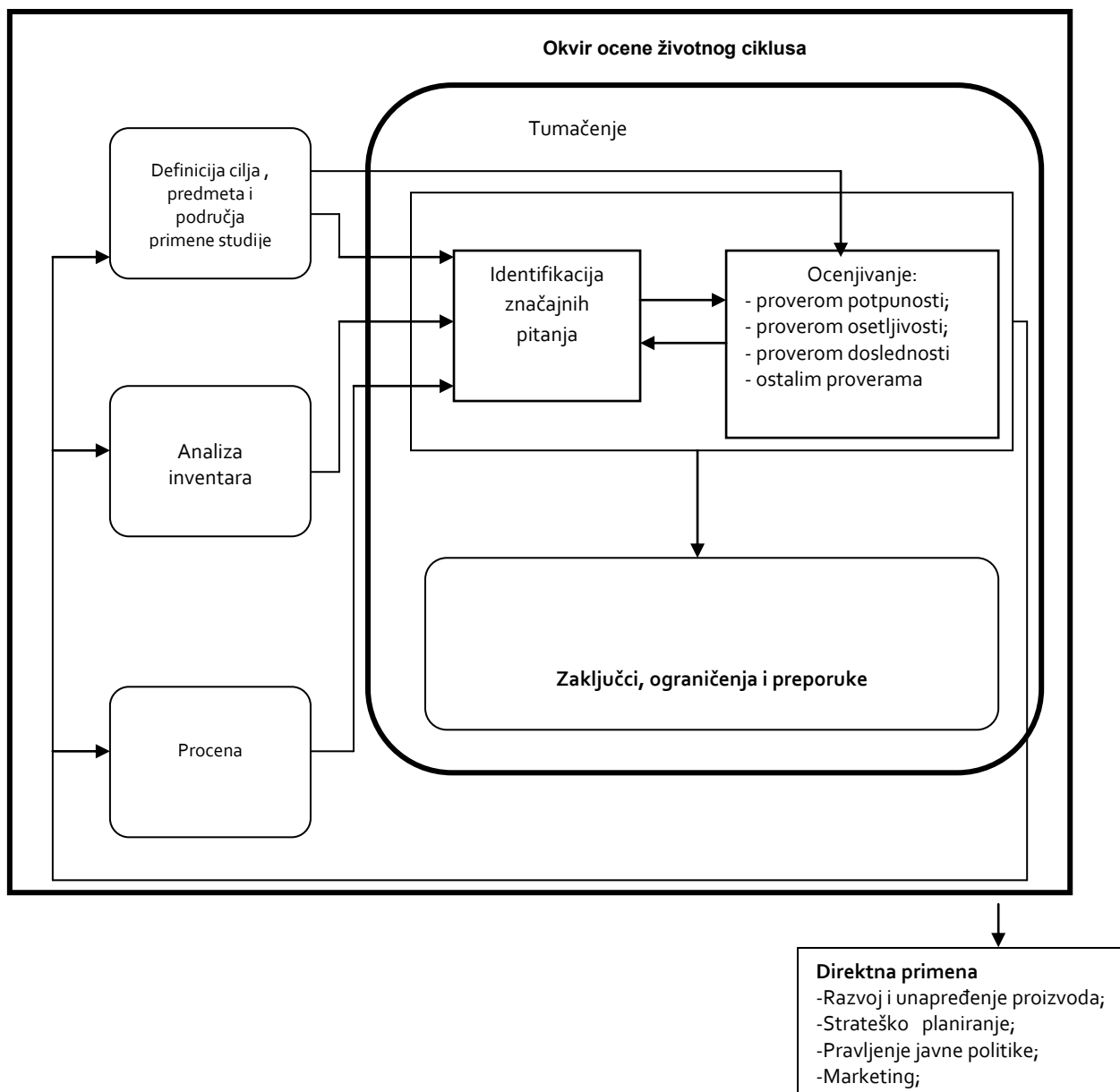
Faza interpretacije može da obuhvati iterativni proces preispitivanja i revidiranja predmeta LCA, kao i prirode i kvaliteta podataka prikupljenih na način koji je konzistentan sa definisanim ciljem.

Povezanost između Studije LCA i drugih instrumenata upravljanja životnom sredinom je neophodna da bi se istakle prednosti i ograničenja Studije LCA u odnosu na definisani cilj i predmet faze. Ova procedura, uključujući i transparentan izveštaj, je neophodna da bi rezultati mogli da posluže kao osnova za zaključak, preporuke i za donošenje odluka.

Postoje tri elementa u fazi ⁴⁰interpretacije životnog ciklusa:

1. Identifikovanje značajnih pitanja na osnovu LCI i LCIA faze
2. Ocenjivanje značajnih pitanja na osnovu kompletnosti, osetljivosti i konzistentnosti provere
3. Donošenje zaključaka, preporuka i pisanje izveštaja

⁴⁰ ISO SRPS 14044



Slika 1.8⁴¹. – Odnosi između elemenata LCA

Kroz **Identifikaciju značajnih pitanja** se strukturiraju rezultati LCI ili LCIA faze na takav način da je moguće utvrditi značajna pitanja.

Procedura **ocenjivanja** ⁴² potvrđuje pouzdanost rezultata LCA studije .

Zaključak, preporuke i izveštaj LCA Studije se rade interaktivno sa ostalim elementima u fazi interpretacije životnog ciklusa. /11/

Preporuke se baziraju na konačnom zaključku a konačan izveštaj predstavlja potpunu, nepristrasnu i transparentnu ocenu cele studije koji je u korelaciji sa nameravanom upotrebom.

Preporuke se saopštavaju donosiocima odluke i postaju jedan od alata za donošenje odluka!!!

⁴¹ ISO SRPS 14044

⁴² ISO 14043

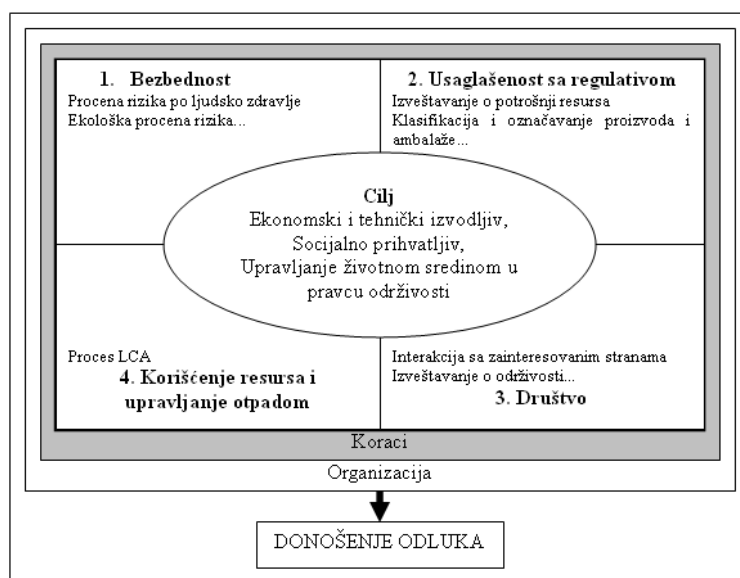
1.1.5. Ograničenja pristupa analize životnog ciklusa

LCA kao instrument obezbeđuje bilans ukupnog sistema i uzima u obzir funkcionalnu jedinicu za iskorišćenje resursa, nastali čvrst otpad i emisije zagađujućih materija kroz vreme i prostor. No, LCA nije u mogućnosti da prikaže trenutne efekte proizvoda, ambalaže i sistema usluga na stanje životne sredine /29/.

Dokumentom Internacionalne organizacije za standardizaciju (ISO) koji se naziva **Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa ISO/FDIS** donetim 1999 se naglašava da kroz LCA analizu se ne mogu definisati aktuelna stanja uticaja, procene bezbednosti i procene rizika niti trendovi i povećanja.

Drugi instrumenti, kao što je *procena rizika*, obezbeđuju određivanje verovatnoće nastanka efekata, ali ne pokrivaju sva pitanja životne sredine u životnom ciklusu niti vezu između efekata i funkcionalne jedinice.

Na slici 1.9. predstavljen je okvir za upravljanje životnom sredinom i mesto LCA studije u tom okviru.



Slika 1.9.⁴³ Pozicija LCA studije u okviru sistema upravljanja životnom sredinom

1.1.6. Zaključna razmatranja

Korist pristupa ocenjivanje životnog ciklusa ogleda se u obuhvatnosti ovog instrumenta.

Faza *inventara životnog ciklusa* utvrđuje procesne karakteristike sistema, masene i energetske bilanse. Unutar granica sistema se evidentiraju svi ulazi, izlazi i emisije u svim fazama i operacijama životnog ciklusa. Inventarizacijom su obuhvaćeni ne samo direktni ulazi i emisije proizvodnje, distribucije, upotrebe i odlaganja već i indirektni ulazi i emisije (na pr. od inicijalne proizvodnje energije koja se koristi) . Transparentna analiza se sprovodi za sve procese unutar granica sistema.

Inventarizacija je podležna i prostornoj raspodeli, tj. sprovodi se za sve delove prostora.

LCA tehnika obezbeđuje pregled tj. „mape“ energetskih i materijalnih tokova kao što su resursi, čvrst otpad i emisije za ukupan sistem. Komparacija „mapa“ različitih opcija ili scenarija pruža mogućnost da se identifikuje tačka u kojoj je moguće sprovesti poboljšanje životne sredine.

⁴³ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Značaj studije LCA je u tome što istovremeno može obuhvatiti više uticaja i obraditi više problema vezanih za životnu sredinu. Sistem mapa, takođe, obezbeđuje da se ostale informacije o životnoj sredini i instrumenti procene obuhvate i koriste u sprezi sa LCA.

Studija LCA jeste jedini instrument koji obuhvata celokupan životni ciklus i sva pitanja životne sredine povezana sa proizvodom, ambalažom ili sistemom usluga i jedini koji povezuje sve kroz funkcionalnu jedinicu. Ipak na osnovu ove studije se ne može predvideti stvarni uticaj na životnu sredinu.

Korišćenjem samo jednog analitičkog instrumenta nije moguće obuhvatiti sva pitanja od značaja koja povezuju proizvod i njegov uticaj na životnu sredinu. Za obezbeđivanje upravljanja zaštitom životne sredine neophodna je primena kombinacije različitih analitičkih instrumenata koji definišu uticaj određenog proizvoda ili usluga.

Vrednost LCA sastoji se u tome što je ona sposobna da mapira uticaj proizvoda kroz ceo životni ciklus proizvoda.

Korišćenje LCA kao instrumenta ekodizajna⁴⁴

- Identifikuje se uticaj performansi postojećih proizvodnih procesa na životnu sredinu
- Postavljaju se ciljevi zaštite životne sredine kao projektni zadatak za tim koji razvija i dizajnira proizvod
- Obezbeđuje se alat kojim se vrši procena "u toku rada" i pomoću koje se razmatra uticaj na životnu sredinu razvojnog koncepta i detaljnog dizajna
- Olakšava se donošenje odluke o izboru i korišćenju materijala i komponenta za razvojni tim
- Identifikuje uticaj proizvoda i pratećih potrošnih materijala na životnu sredinu.

LCA započinje mapiranje životnog ciklusa proizvoda, počevši od proizvodnje sirovina i kreće se kroz različite faze proizvodnje, korišćenja i konačnog odlaganja. Na svakoj poziciji životnog ciklusa proizvoda kreira se inventar koji identifikuje uticaj na životnu sredinu u toj fazi, uključujući i emisije zagađenja kao i stepen iskorišćenja resursa. Podaci o uticaju određenih operacija su pod direktnom kontrolom kompanije (tj. tipično proizvodnje ili sklapanja proizvoda i možda distribucije) te je njihovo izračunavanje relativno jednostavno.

Međutim, tačno izračunavanje uticaja na životnu sredinu drugih faza životnog ciklusa, kao što je proizvodnja sirovina ili upotreba samih proizvoda, nije uvek moguće. Takve kalkulacije zahtevaju pristup informacijama kroz baze podataka, projekte ili kroz rad drugih organizacija.

⁴⁴ H. Stevanović Čarapina, A. Mihajlov. Metodologija za dizajn zelenih proizvoda Ene 10, Beograd, maj 2010g

II. INTEGRALNO PLANIRANJE UPRAVLJANJA OTPADOM

Pravilan tretman otpada je od velikog interesa za očuvanje zdravlja stanovništva i ekosistema, te neutralizacija štetnih efekata proizašlih iz nekontrolisanog odlaganja postaje imperativ tehničke, socijalne i ekonomske prirode. U tom kontekstu, tretman komunalnog otpada zahteva primenu celokupnog sistema mera koje treba sprovesti u cilju racionalnog i bezbednog postupanja i to od momenta nastajanja do konačnog odlaganja otpada, tj. moderan sistem menadžmenta otpadom uključuje primenu različitih naučnih, socijalnih, inženjerskih i ekonomskih principa.

Poslednjih 30 godina tretman otpada u zemljama EU predstavljao je jedan od osnovnih problema zaštite životne sredine. Ovaj period karakteriše značajan napredak u tretmanu otpada:

- najveći broj najzagađenijih deponija je očišćen
- zatvoreni su zastareli insineratori
- razvijene su nove tehnologije za tretman komunalnog otpada
- razvijene su nove tehnologije za prečišćavanje otpadnih gasova i otpadnih voda koje nastaju pri procesima tretmana otpada
- razvijene su nove tehnologije za tretman opasnog otpada
- opasne materije se otklanjaju iz vozila i električne opreme
- nivo emisije dioksina i drugih zagađujućih komponenti iz insineratora je znatno redukovano kroz razvoj sistema za sagorevanje i prečišćavanje gasova
- otpad je sagledan kao značajan izvor resursa za industriju
- hijerarhija upravljanja otpadom, kao što je ponovna upotreba, reciklaža i iskorišćenje u energetske svrhe je uvedena u zakonodavstvo velikog broja zemalja
- uvedeni su zahtevi za postupanje sa posebnim tokovima otpada kroz direktive o pakovanju, iskorišćenim vozilima, otpadu od elektronske i električne opreme, biodegradabilnom otpadu i otpadnim gumama.

I pored neospornih uspeha i promena koje su se poslednjih godina odigrale na polju tretmana otpada, otpad i dalje ostaje veliki problem. U EU se otpad odlaže na deponijama (49%), tretira termički (18%), reciklira i kompostira (33%)⁴⁵. Količina otpada i dalje raste. Zakonodavstvo se i dalje lošije i sporije implementira i postoje značajne razlike od zemlje do zemlje.

Trend u neodrživom generisanju otpada (u nekim zemljama je zabrinjavajući), predstavlja simptom neefikasnog korišćenja resursa uz nedostatak brige o zagađenju životne sredine. S druge strane, upravljanje otpadom generiše emisije u vazduh, vodu i zemljište, buku i druge vidove zagađenja i neprijatnosti, što prouzrokuje probleme u životnoj sredini, a njihovo otklanjanje visoku ekonomsku cenu.

Integralno upravljanje otpadom⁴⁶ (engl. Integrated waste management - IWM) je koncept upravljanja otpadom koji ima za cilj da se minimizuju uticaji koji nastaju zbog tehnologija tretmana otpada uspostavljanjem optimizovanog sistema upravljanja otpadom u društvu. Koncept je baziran na razmatranju raspoloživih opcija tretmana i /ili kombinacija opcija, uz uvažavanje specifičnosti životne sredine, energetskih kapaciteta, ekonomskog potencijala i društveno-političkih karakteristika društva.

⁴⁵ www.eea.europa.eu

⁴⁶ The European Resource Recovery Association (ERRA)

Integralno upravljanje otpadom je sveobuhvatan koncept koji uključuje i projektovanje (dizajniranje) proizvoda koji koriste manje materijala, koriste tehnike proizvodnje koje proizvode manje otpada, koje nastali otpad koriste ponovo kroz adekvatne procese kao što su reciklaža, kompostiranje ili sagorevanje uz iskorišćenje energije

Relacija između

koncepta "Hijerarhija upravljanja otpadom" i koncepta "Integralno upravljanje otpadom"

Cilj oba koncepta je da se minimizuje proizvodnja otpada

Ipak, ovi pristupi imaju veoma različit sistem dostizanja cilja

Hijerarhija upravljanja otpadom predstavlja upravljanje otpadom koje se vrši u skladu sa redosledom prioriteta za opcije upravljanja otpadom, koji polaze od sprečavanja i smanjenja nastajanja otpada ka poslednjoj opciji – odlaganju. Hijerarhija postulira :

1. Smanjenje nastajanja otpada
2. Ponovnu upotrebu
3. Oporavak (reciklaža, kompostiranje, dobijanje energije)
4. Odlaganje otpada

Hijerarhija upravljanja otpadom predstavlja praktičan pristup selekcije opcija po prioritetu koji je postavljen sa ciljem da se izbor sprovodi na jednostavan način i ne zahteva dalje analize.

Integralno upravljanje otpadom ima za cilj uspostavljanje upravljanja otpadom na način koji je bezbedan po životnu sredinu i ekonomski isplativ. Ovaj koncept uključuje korišćenje raspoloživih sredstava i mogućnosti tretmana otpada na lokalnom i regionalnom nivou, kao i primenu različitih tehnika i procesa i njihovih kombinacija a sve u cilju postizanje održivog i efikasnog upravljanja otpadom. Evropska asocijacija za oporavak resursa (ERRA) definiše *integralno upravljanje otpadom kao "upravljanje resursima i otpadom na optimizovan način, uzimajući u obzir zaštitu životne sredine, ekonomski i socijalni aspekt"*. Integralno upravljanje otpadom je praktičan koncept, ali koji je baziran na analitičkom pristupu, tj. zahteva i brojne kvantitativne analize

2.1. Tematska strategija za otpad EU ⁴⁷

U cilju smanjenja uticaja otpada na životnu sredinu i zdravlje stanovništva, kroz promociju efikasnog i održivog korišćenja prirodnih resursa, Evropska unija je 2006. godine donela novi dokument – "Tematsku Strategiju prevencije i reciklaže otpada" (u daljem tekstu – Tematska strategija za otpad). Strategija je izrađena u sklopu izrade 6 tematskih strategija proizašli na osnovu obaveza definisanih u EU kroz „VI Akcioni plan za zaštitu životnu sredinu“, donet 2006 g.

Cilj Tematske Strategije za otpad je sprečavanje nastajanja otpada i korišćenje otpada kao resursa, pre svega kao sekundarne sirovina ili za dobijanje energije. S druge strane, zahteva se i uspostavljanje takvog tržišta koje će obezbediti razvoj i aktivnosti na polju reciklaže i povraćaja otpada uz postavljanje visokih standarda zaštite životne sredine.

Kao jedan od uslova proklamovanih kroz Tematsku strategiju za otpad, naglašena je i potreba za **uvođenjem novog analitičkog instrumenta za donošenje odluka u politici upravljanja otpadom kao što je Analiza životnog ciklusa**.

⁴⁷ Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste, Communication From The Commission To The Council, The European Parliament, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions, {Sec(2005), 1681}, {Sec(2005) 1682, Commission Of The European Communities, Brussels, 21.12.2005

2.1.1. Uvođenje pristupa životnog ciklusa u politiku upravljanja otpadom

Politika zaštite životnu sredine se tradicionalno fokusira na početnu i završnu fazu životnog ciklusa proizvoda; polazi od ekstrakcije, preko procesiranja i izrade sa jedne strane, a upravljanje otpadom se tretira sa druge strane. Praksa je pokazala da postoji uticaj na životnu sredinu svih procesnih faza proizvoda koje sve treba uzeti u obzir kroz primenu LCA. Pristup analize životnog ciklusa je inkorporiran u propise EU koji definišu upravljanje otpadom kroz nadogradnju Okvirne direktive o otpadu (Waste Framework Directive⁴⁸).

Razmišljanje o životnom ciklusu otpada (LCT life-cycle thinking) zahteva korišćenje znanja o uticaju iskorišćavanja samih resursa (impact of resource use), generisanju i načinu upravljanja otpadom kao i sistematično prognoziranje i modelovanje celokupnog sistema. Sprovođenje LCA se omogućava kroz mehanizme opisane u Tematskoj strategiji o održivom korišćenju prirodnih resursa⁴⁹ i kroz preduzete inicijative u kontekstu novih inicijativa postavljenih kroz Integrisanu politiku proizvoda (Integrated Product Policy).

Evropska agencija za zaštitu životne sredine⁵⁰, Evropska agencija za statistiku⁵¹ i drugi pridruženi centri su zaduženi za izgradnju naučne i ekonomske baze informacija neophodnih za uspostavljanje politike upravljanja otpadom.

2.1.2. Promocija politika za upravljanje otpadom

U cilju postizanja zahteva Tematske strategije za otpad, zemlje članice moraju da:

- razviju javno dostupne programe za prevenciju stvaranja otpada
- promovišu upotrebu IPPC Direktive, IPP i drugih alata uz obavezno širenje i razmenu iskustava iz prakse,
- postaviti minimum standarda za aktivnosti vezane za reciklažu i karakteristike recikliranih materijala
- obezbede pravilno funkcionisanje internog tržišta reciklaže
- stvore preduslove za primenu različitih opcija upravljanja otpadom
- smanje tokove otpada za odlaganje na deponijama kroz promovisanje visokih tehničkih zahteva za odlaganje i obezbeđenja ekonomskih instrumenata koji bolje reflektuje pravi uticaj deponovanog otpada na životnu sredinu
- smanje količine otpada na deponijama i kroz promociju izdvajanja biodegradabilnog otpada i njegovo kompostiranje ili energetske iskorisćenje.
- uvedu standarde kvaliteta za reciklabilne komponente koji će stimulisati potražnju i prihvatljivost recikliranih materijala. Poboľšano interno tržište za reciklabine materijale, bazirano na EU standardima će dodatno omogućiti promociju reciklaže i njenu efikasnu primenu.

2.1.3. Ključne koristi i pozitivni uticaji

Tematska strategija za otpad ima za cilja da poboljša ekonomsku isplativost politike upravljanja otpadom, da donese značajnu socijalnu korist i da doprinese boljoj zaštiti životne sredine:

- politika upravljanja otpadom se više fokusira na uticaj na životnu sredinu, tako postajući efikasnija i ekonomski isplativa

⁴⁸ DIRECTIVE 2008/98/EC

⁴⁹ EU Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources (TSURE).

⁵⁰ EEA

⁵¹ EUROSTAT

- kroz novi regulativni okvir, aktivnosti u upravljanju otpadom će se poboljšati dovodeći do snižavanja cena i otklanjanje smetnji za primenu reciklaže otpada i druge aktivnosti bazirane na ponovnom korišćenju otpada;
- politike prevencije nastajanja otpada će se implementirati na nacionalnom nivou, obezbeđujući najvišu ekonomsku efikasnost i efikasnost u zaštiti životne sredine i promovišući aktivnosti na lokacijama gde se generiše otpad;
- povećanje ponovnog korišćenja otpada će smanjiti emisije iz odlagališta otpada, kao što je smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte.
- razdvajanje komunalnog otpada u cilju kompostiranja, reciklaže i korišćenja kao energenta će dodatno smanjiti emisije gasova sa efektom staklene bašte i do 40 Gt CO₂ ekvivalenta godišnje;
- povećano recikliranje povećava zaposlenost kroz otvaranje novih radnih mesta : (recikliranje 10 000 tona otpada omogućava otvaranje 250 radnih mesta , insineracija iste količine o do 40, a deponovanje samo 10 radnih mesta).

2.2. Principi upravljanja otpadom

Ključni principi upravljanja otpadom⁵² su :

- Princip održivog razvoja
- Princip blizine i regionalni pristup upravljanju otpadom
- Princip predostrožnosti
- Princip zagadivač plaća
- Princip hijerarhije u upravljanju otpadom
- Princip primene najpraktičnijih opcija za životnu sredinu
- Princip odgovornosti proizvođača.

2.2.1. Princip održivog razvoja

Održivi razvoj je uskladjeni sistem tehničko-tehnoloških, ekonomskih i društvenih aktivnosti u ukupnom razvoju u kome se na principima ekonomičnosti i razumnosti koriste prirodne i stvorene nacionalne vrednosti sa ciljem da se sačuva i unapredi kvalitet životne sredine za sadašnje i buduće generacije.

Dakle, potrebno je uspostaviti takav sistem upravljanja otpadom koji uvažava zahteve razvoja ali zahteva povećanu integraciju interesa za životnu sredinu u ostale sektorske politike, prihvatanje veće pojedinačne odgovornosti za životnu sredinu i aktivnije učešće javnosti u procesima donošenja odluka.

2.2.2. Princip prevencije

Princip prevencije postulira obezbeđenje očuvanje prirode i prirodnih resursa, putem smanjenja proizvedenih količina otpada

2.2.3. Princip blizine i regionalni pristup upravljanju otpadom

Princip blizine znači da otpad treba tretirati ili odložiti što je moguće bliže mestu njegovog nastajanja. – To znači da je potrebno obezbediti adekvatnu infrastrukturu putem osnivanja

⁵² Strategija upravljanja otpadom sa elementima pridruživanja EU, (2003) Srbija

integralnog i adekvatnog sistema i mreže postrojenja za tretman i odlaganje otpada zasnovanog na principu blizine i brige o sopstvenom otpadu

Intencija je da se minimizira neželjeni uticaj transporta otpada na životnu sredinu. Medjutim, taj uticaj zavisi od lokalnih uslova kao i od karakteristika i količine otpada, potencijalnom uticaju na životnu sredinu, načina njegovog odlaganja i načina transporta, odnosno potrebno je uspostaviti ravnoteža između principa blizine i ekonomičnosti.

2.2.4. Princip predostrožnosti

Princip predostrožnosti zahteva da se obezbedi smanjenje uticaja otpada na zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i smanjenje količina opasnih supstanci u otpadu. To znači da "ukoliko postoji mogućnost ozbiljne ili nepovratne štete, odsustvo pune naučne pouzdanosti ne može biti razlog za nepreduzimanje mera sprečavanja degradacije životne sredine u slučaju mogućih ili postojećih značajnih uticaja na životnu sredinu".

2.2.5. Princip zagađivač plaća

Princip zagađivač plaća obezbeđuje da proizvođači otpada i zagađivači životne sredine snose troškove i odgovornost za svoje postupke. To znači da zagađivač mora da snosi ukupne troškove nastale ugrožavanjem životne sredine. Potencijalni troškovi proizvodnje, tretmana i odlaganja otpada se moraju reflektovati u ceni proizvoda i naplatama vezanim za upravljanje otpada. - Princip „zagađivač plaća” -

2.2.6. Princip hijerarhije u upravljanju otpadom

Hijerarhija otpada predstavlja redosled prioriteta u upravljanju otpadom:

- Prevencija stvaranja otpada i redukcija - minimizacija korišćenja resursa i smanjenje količina i/ili opasnih karakteristika nastalog otpada
- Ponovna upotreba - ponovno korišćenje proizvoda za istu ili drugu namenu
- Reciklaža - ponovni tretman otpada radi korišćenja kao sirovine u proizvodnji istog ili različitog proizvoda
- Iskorišćenje - iskorišćenje vrednosti otpada primenom različitih tehnologija tretmana
- Odlaganje otpada - ukoliko ne postoji drugo odgovarajuće rešenje, odlaganje otpada deponovanjem.

2.2.7. Princip najpraktičnijih opcija za životnu sredinu

Princip najpraktičnijih opcija za životnu sredinu je sistematski i konsultativni proces donošenja odluka koji obuhvata zaštitu i očuvanje životne sredine. Proces najpraktičnijih opcija za životnu sredinu ustanovljava, za date ciljeve i okolnosti, opciju ili kombinaciju opcija koja daje najveću dobit ili najmanju štetu za životnu sredinu u celini, uz prihvatljive troškove, kako dugoročno, tako i kratkoročno.

2.2.8. Odgovornost proizvođača

Ovaj princip znači da proizvođači, uvoznici, distributeri i prodavci proizvoda koji utiču na porast količine otpada, treba da snose kolektivnu odgovornost za nastali otpad. Značenje reči proizvođač u ovom kontekstu je mnogo šire od uobičajenog. U životnom ciklusu proizvoda, na stvaranje otpada utiče više činilaca. Medjutim, proizvođač je sigurno najznačajniji, obzirom na to da utiče na sastav i osobine proizvoda. Ovaj princip ukazuje da proizvođači otpada treba da utiču na: minimizaciju stvaranja otpada, razvoj proizvoda koji su reciklabilni i razvoj tržišta za ponovno korišćenje i reciklažu njihovih proizvoda.

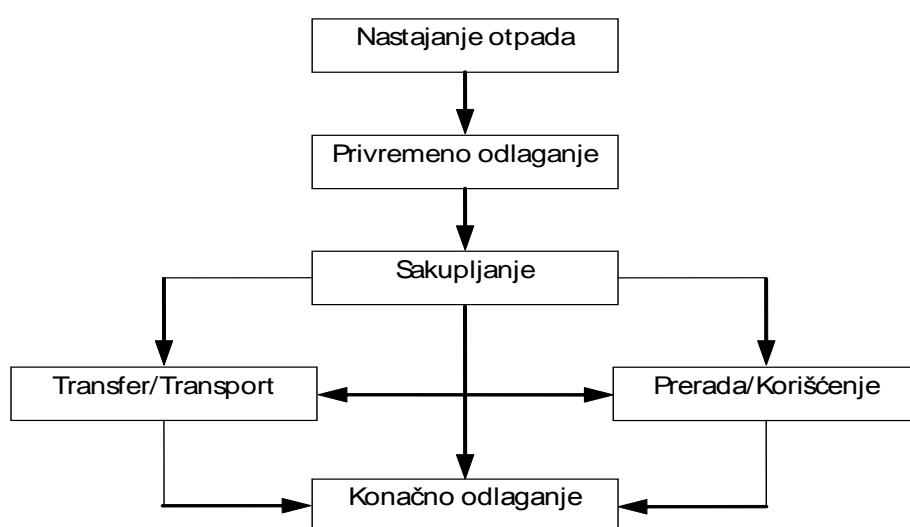
2.2.9. Ostali principi

Pored navedenih principa, za razvoj i implementaciju sistema upravljanja otpadom neophodno je uzeti u obzir i :

- Uspostavljanje i održavanje efektivne ravnoteže između ekonomskog razvoja i zaštite životne sredine
- Stvaranje otvorenog i fleksibilnog tržišta za usluge upravljanja otpadom
- Uvek kad je moguće, koristiti ekonomske instrumente, pre nego pravne, u cilju iniciranja i podsticanja promena koje su u skladu sa strateškim ciljevima.

2.3. Elementi integralnog sistema upravljanja otpadom

Sistem upravljanja otpadom se sastoji iz šest funkcionalnih elemenata: nastajanje otpada, odlaganje i čuvanje na mestu izvora, sakupljanje, transport, prerada (uklanjanje) i trajno odlaganje



Slikaz.1. Elementi sistema upravljanja čvrstim komunalnim otpadom

Razmatranje svakog elementa posebno omogućava:

- a) identifikaciju fundamentalnih aspekata i uzajamnih veza između elemenata sistema,
- b) utvrđivanje neophodnih karakteristika otpada (masa, maseni i zapreminski protok, zapremina, nasipna gustina, morfološki, elementarni i frakcioni sastav i dr.) koji omogućavaju inženjerima komparaciju, analizu i izbor (evaluaciju) pojedinih ili kompleksnih sistema za tretman otpada.

Nastajanje otpada je faza u kojoj određeni materijal prestaje da služi svojoj svrsi i postaje balast korisniku.

Privremeno odlaganje je faza odbacivanja korišćenog materijala, koja se sastoji od rukovanja, odlaganja i eventualne prerade (sortiranje ili neka druga operacija na mestu nastajanja).

Sakupljanje predstavlja operaciju u kojoj nadležne službe ili sami građani odnose privremeno odloženi otpad na dalju preradu ili konačno odlaganje.

Prerada je najsloženija operacija sistema i sastoji se od sortiranja, pripreme, prerade (recikliranja, insineracija sa ili bez iskorišćenja toplote, kompostiranje itd.) i ponovnog korišćenja.

Konačno odlaganje je poslednja faza sistema, pri čemu se može odlagati ostatak od prerade ili početni otpad. Konačno odlaganje podrazumeva i eventualnu eksploataciju odloženog otpada (deponijski gas).

Sistem za prikupljanje, preradu i konačno odlaganje komunalnog čvrstog otpada zasniva se na sledećoj hijerarhiji⁵³:

1. preduzimanje svih akcija u cilju minimiziranja otpada na mestu nastajanja
2. sakupljanje i transport otpada
3. obnavljanje materijalnih resursa na mestima nastajanja otpada kroz primarnu i/ili sekundarnu selekciju i reciklaža tako izdvojenih sekundarnih sirovina (često korišćena pod zajedničkim imeniteljem –reciklaža otpada);
4. izgradnja transfer stanica u kojima se, osim pretovara iz transportnih vozila u vozila za transfer, vrši i sabijanje otpada;
5. prerada otpada
 - u postrojenju za obnavljanje materijalnih resursa
 - i. MRF (eng. Material recovery facility)
 - ii. Kompostiranje
 - u postrojenju za iskorišćenje energetskih resursa
 - i. Insineracija,
 - ii. Sagorevanje RDF (eng. refuse derived fuel)
 - iii. Drugi termički tretmani u cilju dobijanja odgovarajućih goriva za dalje korišćenje
6. Konačno odlaganje preostalogotpada na sanitarnu deponiju;
 - konačno odlaganje inertnog ostatka i pepela na sanitarnu deponiju i opasnog otpada na deponiju opasnog otpada ;
7. tretman opasnog otpada iz domaćinstva

Savremenu opremu za obnavljanje materijalnih, a pogotovo energetskih resursa, koja funkcioniše bez nepovoljnog uticaja na životnu sredinu karakterišu velika tehničko-tehnološka složenost i visoka investiciona ulaganja. Pri projektovanju ovakvih postrojenja isključen je bilo kakav generalizovan pristup, budući da svako pojedinačno postrojenje mora biti u visokom stepenu prilagođeno specifičnim lokalnim uslovima, a pre svega raspoloživoj količini otpada i potrebama industrija koja treba da koristi izdvojene sekundarne sirovine i energiju.

Integralno upravljanje otpadom podrazumeva sagledavanje otpada od njegovog nastajanja, minimizacije, preko sakupljanja, transporta, reciklaže, povraćaja energije, tretmana kroz i odlaganja na ekonomičan način konzistentan sa zdravljem stanovništva i životnom sredinom.

Integralno upravljanje otpadom⁵⁴ zahteva široko društveno angažovanje različitih učesnika sa različitim interesima u procesu nastajanja otpada i obuhvata :

- politiku razvoja novih materijala - koju sprovodi industrija i čiji je cilj razvoj proizvoda i ambalaže u kojima je smanjena upotreba materijala koji će na kraju upotrebnog veka biti odbačeni kao otpad ;

⁵³ H.Stevanović Čarapina:Infrastruktura za preradu otpada, TEHNIČKI PRIRUČNIK, Program podsticaja, ekonomskom razvoju opština, (USAID), implementaciona agencija Urban Institut (UI), Beograd 2007

⁵⁴ <http://www.iswa.org/> Version 5. Approved Jan 11, 2007 *ISWA Technical Policy No. 1: Integrated Waste Management*

- redukciju količine otpada – koju sprovode generatori otpada, preduzeća, institucije, vlada i pojedinci sa ciljem smanjenja količine generisanog otpada;
- uspostavljanje planiranja – koju sprovode lokalne vlasti sa ciljem sveobuhvatnog upravljanja otpadom za otpad koji se nalazi na njihovoj teritoriji ;
- uspostavljanje finansiranja, tj obezbeđivanja odgovarajućih sredstava potrebna za realizaciju planova upravljanja otpadom, upravljanja i održavanja integralnog sistema
- upravljanje sistemima i objektima, kao i upravljanje privatnim sektorom koji je takođe angažovan za pružanje usluga
- inicijative i korake preduzete za skladištenje, prikupljanje i transport generisanog otpada u sistemu upravljanja otpadom;
- Procesiranje otpada koje uključuje :
 - reciklažu materijala ,
 - biološki tretman organskih frakcija otpada
 - termički tretman uz dobijanje energije
 - sanitarno deponovanje

Izbor najpogodnije metode se bazira na zahtevima zaštite životne sredine, ekonomije i stava javnosti u lokalnoj samoupravi .

U okviru regulative i planskih dokumenata EU promoviše se smanjenje nastajanja otpada, što bi smanjilo problem otpada na samom izvoru. Postoji, međutim, značajna razlika u primeni ovog principa u zemljama članicama EU. Nivo reciklaže otpada se kreće od 10 do 65%, a učešće odlaganja na deponije od 10% do 90%. Princip smanjenja količine otpada obuhvata inicijative za uvođenje čistije proizvodnje, i sveobuhvatne kampanje širenja javne svesti stanovništva, u školama i sl.

Politika EU o otpadu naglašava razvoj mera za smanjenje otpada kao što su:

- promovisanje čistije proizvodnje;
- uklanjanje opasnih karakteristika otpada odgovarajućim tretmanima;
- uspostavljanje tehničkih standarda koji bi ograničili sadržaj određenih opasnih materija u proizvodima;
- promovisanje ponovnog korišćenja i reciklaže otpada;
- primenu ekonomskih instrumenata, tj. podsticajnih mera;
- primenu analize životnog ciklusa proizvoda;
- razvoj sistema eko-obeležavanja

2.3.1. Prognoza količina

Utvrđivanje sastava i količine otpada je polazna osnova za planiranje i monitoring u oblasti uspostavljanja integralnog, održivog sistema upravljanja otpadom.

Utvrđivanje jedinstvene metodologije predstavlja preduslov za sakupljanje pouzdanih i uporedivih podataka o stanju otpada na određenoj teritoriji, državi (npr. u Republici Srbiji koji će se koristiti za unutrašnje potrebe, tj utvrđivanje stanja i uspostavljanje održivog sistema upravljanja otpadom), ali i za zadovoljenje statističkih zahteva kao i zahteva o izveštavanju , pre svega o stanju životne sredine prema međunarodnim organizacijama, kao što je i Evropskoj agenciji za životnu sredu itd.

Pod kvantitativnom analizom otpada se podrazumeva utvrđivanje ukupne količine otpada koji nastaje na određenoj teritoriji za određeno vreme. Količina otpada zavisi od :

- porekla

- broj stanovnika
- način stanovanja
- način sakupljanja
- mogućnosti izdvajanja sekundarnih sirovina „in situ“ tj. na mestu nastanka
- godišnjeg doba
 - ekonomskog razvoja
- kvalitativna analiza podrazumeva utvrđivanje masenog ili zapreminskog udela pojedinih vrsta otpada u karakterističnom uzorku. Na morfološki sastav utiče: broj stanovnika i stepen razvoja naselja,
 - godišnje doba, klima geografski položaj
 - načina stanovanja
 - Za planiranje vrsta, kapaciteta i broja sudova i vozila, kao i dinamike sakupljanja i transporta, ali i odluke o izboru tehnologije tretmana i/ili prostora za konačno odlaganje komunalnog čvrstog otpada potrebno je poznavanje količine čvrstog otpada koji se produkuje u određenim prostornim celinama u toku određenog vremenskog perioda.

2.3.2. Sakupljanje i transport

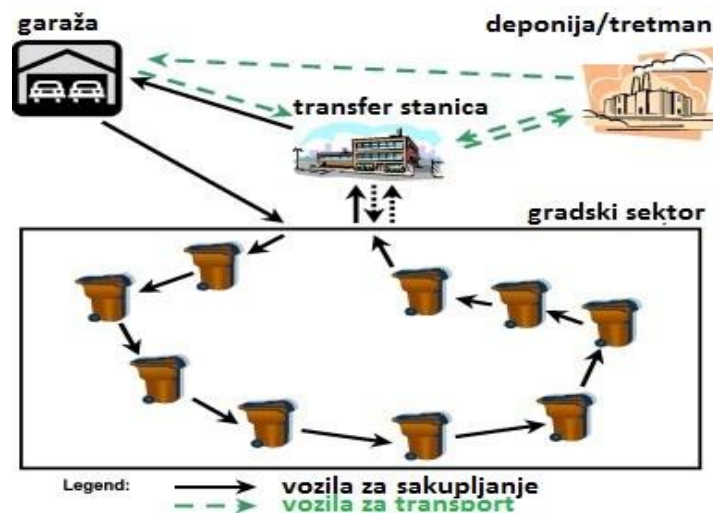
Pod terminom *sakupljanje otpada*⁵⁵ podrazumeva se ne samo sakupljanje otpada iz različitih izvora, već i njegov transport do lokacije na kojoj će obaviti pražnjenje vozila za transport.

Rukovanje na mestu nastanka otpada predstavlja iznošenje otpada (čvrstog i tečnog) iz privrednih, ne privrednih i komunalnih objekata korišćenjem posuda za otpad i plastičnih vreća, i odlaganje u odgovarajuće veće posude. Te posude se koriste za odlaganje otpada pre organizovanog sakupljanja i odnošenja.

Imajući u vidu raznovrsnost izvora otpada (domaćinstva, komercijalna preduzeća, industrijska preduzeća, javne površine, itd.) kako po karakteristikama, tako i po količinama i sastavu, sakupljanje otpada u urbanim oblastima predstavlja kompleksnu i veoma zahtevnu aktivnost sa organizacionog, tehničkog i finansijskog aspekta. Poseban problem za sistem sakupljanja otpada predstavljaju gradska predgrađa, ali i delovi samih centara urbanih naselja koji su formirani neplanski, kao i seoska naselja udaljena od centara urbanih naselja.

U mnogim razvijenim zemljama 50-70 % od ukupnih troškova upravljanja čvrstim otpadom čini upravo segment sakupljanja i transporta otpada.

⁵⁵ H.Stevanovic Carapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007



Slika 2.2. Opšta šema sakupljanja i transporta

Sakupljanje otpada se vrši u posebnim, namenskim posudama. Elementi koji se razmatraju pri izboru posuda za sakupljanje su:

- ◆ tip posude koja se koristi,
- ◆ lokacija posude,
- ◆ bezbednost po životnu sredinu i ljudsko zdravlje,
- ◆ zahtevani način odnošenja.

Lokacija posude zavisi od raspoloživog prostora u blizini stambenih i komercijalnih objekata. U savremenijim objektima, obično je predviđen prostor za smeštaj posuda (kontejnera).

I. Podzemni kontejneri od 3m³ i 5m³

Tehnologija odlaganja otpada u podzemnim posudama je već prisutna u evropskim metropolama i pokazala se kao pogodno rešenje za centralne delove grada . Prednosti ovakvog sistema su

- higijensko –sanitarna bezbednost
- vizuelno-estetske pogodnosti
- obezbeđenje većeg broja parking mesta, kao i pešačkih prolaza u centralnim zonama grada
- veliki kapacitet (veća zapremine, samosabijanja smeća usled gravitacije
- zamenjuju i do pet standardnih kontejnera od 1,1 m³
- omogućeno ređe pražnjenje, jer će ih nadležne službe prazniti samo jednom dnevno, i to noću, čime će se umnogome rasteretiti saobraćaj.
- Smanjene emisija iz otpada i uticaj na klimatske promene
- Onemogućeno rasipanje i širenje neprijatnih mirisa

Postoje dve mogućnosti za postavljanje podzemnih kontejnera

1. podzemni kontejneri koji se prazne pomoću vozila na kojim a je ugrađena dizalica (Slika 2.3.)
2. podzemni kontejneri koji su postavljeni na podiznoj platformi i koji se prazne vozilima sa bočnim utovarom (slika 2.3)



Slika 2.3.⁵⁶ Podzemni kontejneri sa pražnjenjem dizalicom i vozilima sa bočnim ili zadnjim utovarom

II. Kontejneri 1,1m³

Kontejneri 1,1m³ se najviše koriste za odlaganje otpada u široj gradskoj zoni, tj. gradskim naseljima.



Slika 2.4.; Kontejner 1,1m³

III. Kante 120, 240 litara

Kante su posude koje su najviše zastupljene za odlaganje otpada. One su korisne jer se mogu primeniti za sakupljanje otpada iz individualnih domaćinstva u gradskim i prigradskim naseljima, i na taj način uvesti naplata po količinama nastalog otpada.



Slika 2.5. Kante 240 litara

⁵⁶ <http://www.iswa.org>

IV. Kесе

Plastične i papirne kese imaju niz prednosti: jednokratna upotreba, mala mogućnost rasipanja materijala, lako sakupljanje, utovar i transport, pri čemu su plastične kese pogodnije od papirnih. Međutim, zbog lakog cepanja i nemogućnosti ponovnog korišćenja, potrebno ih je češće odnositi, čime se povećavaju troškovi sakupljanja.

Sakupljanje otpada zavisi od:

- tipa opreme za privremeno odlaganje i sakupljanje (engl. *collection service*),
- tipa sistema sakupljanja (engl. *collection system*),
- opšte metodologije sakupljanja otpada.

Postoje više **sistema za sakupljanje otpada** :

- sistem direktnog transporta velikih kontejnera autopodizačima,
- sistem stacionarnih kontejnera,
- sistem kanti,
- sistem kesa i
- kombinovani sistem.

Sistem sakupljanja kojim se posude za privremeno odlaganje otpada odvoze do mesta za obradu, dalji transfer ili deponovanje, i zatim vraćaju na svoju ili drugu lokaciju naziva se **pokretni sistem sakupljanja, odnosno sistem direktnog transporta**. Sakupljač je odgovoran za prevoz, utovar, istovar i pražnjenje posuda na mestu za preradu ili odlaganje. Pokretni sistem se najčešće koristi u okviru velikih komercijalnih i industrijskih objekata, u kojima se predviđeni veliki kontejneri, u sklopu kojih se nalaze i uređaji za sabijanje otpada (kompaktori). Kompaktorima se otpad sabija u posude ili balira i smešta u posebne posude.

Primena sistema direktnog transporta velikih kontejnera (najčešće 5 i 7 m³) je pogodna u reonima sa specifičnim zahtevima (grupisna velika produkcija otpada, udaljena naselja čiji otpad se ne sakuplja svakodnevno, specifični otpadi, kao što je građevinski otpad i sl.). Upotreba velikih kontejnera smanjuje vreme potrebno za rukovanje manjim kontejnerima (podizanje i pražnjenje), a zbog različitih kapaciteta i povoljnosti za upotrebu svih kategorija čvrstog otpada (posebno industrijskog) su izuzetno fleksibilni. Prednost sistema velikih kontejnera je i u tome što je za zatvoren ciklus sakupljanja i transporta otpada dovoljno jedno vozilo i jedan vozač, za razliku od sistema stacionarnih kontejnera, što je od velikog značaja sa ekonomskog aspekta. Ekonomske prednosti su očigledne i u slučajevima kada se rukuje sa otpadom koji se može dobro sabijati, a koji je potrebno transportovati na veće udaljenosti.

Kod sistema sa direktnim transportom velikih kontejnera razlikuju se 2 modela⁵⁷:

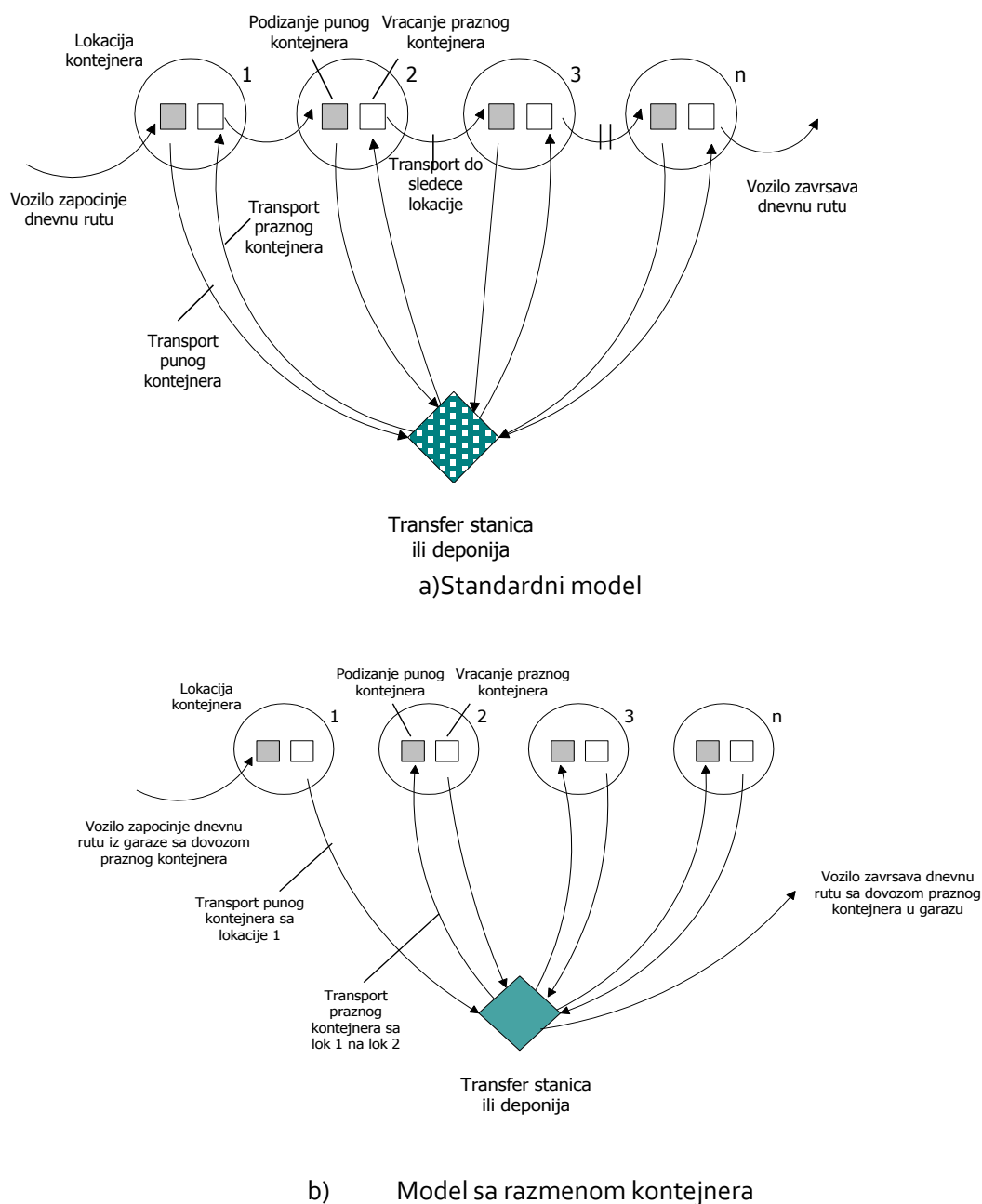
- a) Standardni model
- b) Model sa razmenom kontejnera.

Standardni model podrazumeva preuzimanje punog kontejnera na određenoj lokaciji, transport do transfer stanice ili deponije, pražnjenje i vraćanje praznog kontejnera na lokaciju sa koje je uzet.

Model sa razmenom kontejnera podrazumeva početak radnog dana sa donošenjem praznog kontejnera na početnu lokaciju, ostavljanje praznog kontejnera na toj lokaciji i preuzimanje punog kontejnera, transport do transfer stanice ili deponije, pražnjenje i transport praznog kontejnera do sledeće lokacije na kojoj se prazan kontejner praktično zamenjuje punim.

⁵⁷ H.Stevanovic Carapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

Šematski prikaz standardnog modela direktnog transporta velikih kontejnera i modela sa razmenom kontejnera dat je na sledećoj slici (br.2.6.).



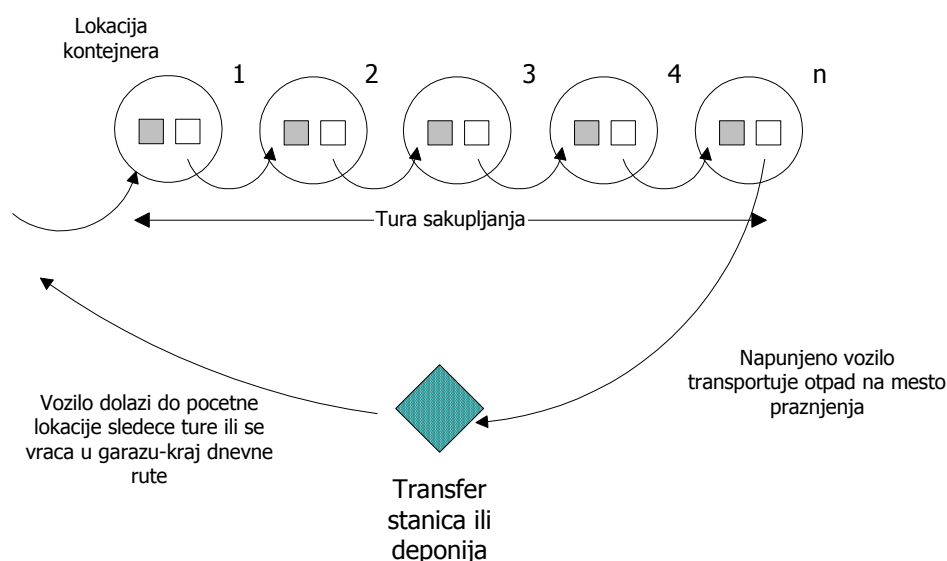
Slika 2.6.⁵⁸ . Šematski prikaz modela direktnog transporta velikih kontejnera

Sistem stacionarnih kontejnera, tzv nepokretni sistem je pogodan za sakupljanje pretežno otpada iz domaćinstava koja koriste manje posude i vreće za privremeno odlaganje otpada. Posude ili kese se zatim prazne ili utovaruju (mehanički ili ručno) u posebna vozila za transport. Ovaj sistem sakupljanja primenjuje se u gradskim sredinama gde zbog uslova saobraćaja i konfiguracije ulica nije moguće pristupiti vozilima većih gabarita.

Za razliku od sistema direktnog transporta velikih kontejnera, sistem stacionarnih kontejnera zahteva veću radnu ekipu koja doprema kontejnere do mehanizma za podizanje na vozilima, ili koja ručno prazni kontejnere, a zatim, u oba slučaja, vraća kontejnere na prvobitnu poziciju.

⁵⁸ H.Stevanovic Carapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

Šematski prikaz sistema stacionarnih kontejnera dat je na sledećoj slici (br.2.



Slika 2. 7.59 Šematski prikaz sistema stacionarnih kontejnera

Sistem posuda za odlaganje gde su najviše zastupljene kante (najčešće 120, 140 lit) funkcioniše na isti način kao i sisteme kontejnera, tj. kante se prazne u transportno vozilo, a nakon popunjenosti vozila, otpad se odvozi na odlagalište. Primena ovog sistema se pokazala dobrim kod individualnih domaćinstava, gde je naplata otpada na masenom/težinskom principu, ili po broju popunjenih kanti. Sistem sa kantama se dobro pokazao u brdsko-planinskim područjima, u područjima gde nema svakodnevnog odnošenja otpada, kao i u naseljima gde je već organizovana odgovarajuća separacija otpada u domaćinstvima (zelene i plave kante).

Optimalne rute

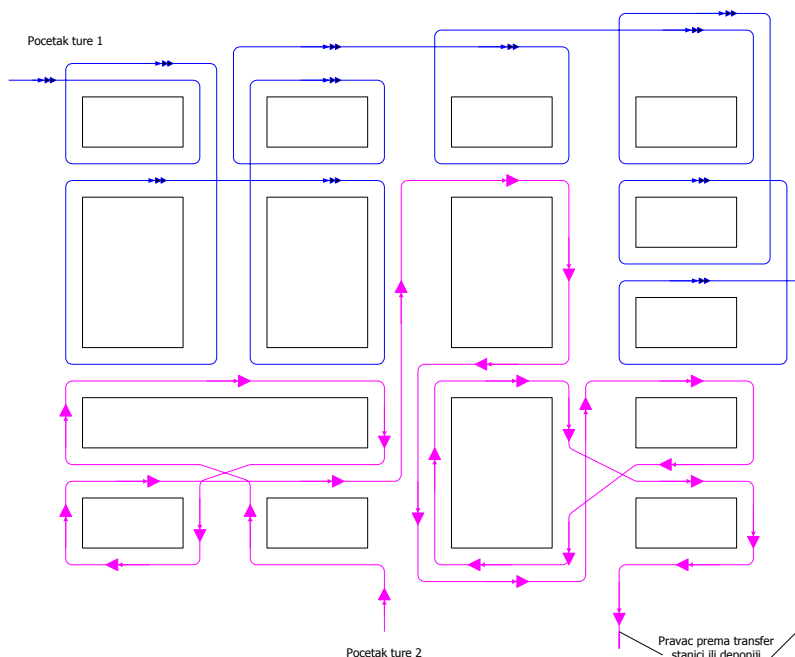
Optimalne rute za sakupljanje otpada unutar gradskih reona se određuju sagledavanjem karakteristika sredine iz koje se otpad sakuplja, karakteristika otpada, sistema posuda i transportnih sredstava sa kojim se raspolaže. Pravila koja se primenjuju pri planiranju ruta su:

- rute se ne smeju prekidati i međusobno preklapati; svaka ruta treba da je jedinstvena, tj da obuhvata stambene blokove u jednoj geografskoj celini,
- otpad u ulicama opterećenim intenzivnim saobraćajem ne bi trebalo sakupljati u vreme saobraćajnog "špica".
- aktivnosti u „slepim“ ulicama treba obavljati u okviru aktivnosti u ulicama koje seku; u cilju maksimalnog izbegavanja skretanja ulevo, u „slepe“ ulice treba ulaziti kada su one sa desne strane regularnih ulica.
- otpad u strmim ulicama treba da se sakuplja istovremeno sa obe strane, a vozilo treba da se kreće naniže; ovakav način povećava bezbednost i efikasnost radnika, ali i smanjuje zamor vozila i potrošnju goriva i maziva.
- više krajeve naselja treba opsluživati na početku rute.
- kada se otpad sakuplja na jednoj strani ulice, poželjni smer kretanja treba da bude u pravcu kretanja kazaljke sata; ovo umanjuje broj skretanja ulevo, koja su generalno teža i zahtevaju više vremena od skretanja udesno.

⁵⁹ H.Stevanovic Carapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

- kada se otpad sakuplja na obe strane ulice, preporučuje se da ruta bude što duža i po mogućstvu prava.

Primer planiranja rute vozila prikazan je na slici (br.2.8.).

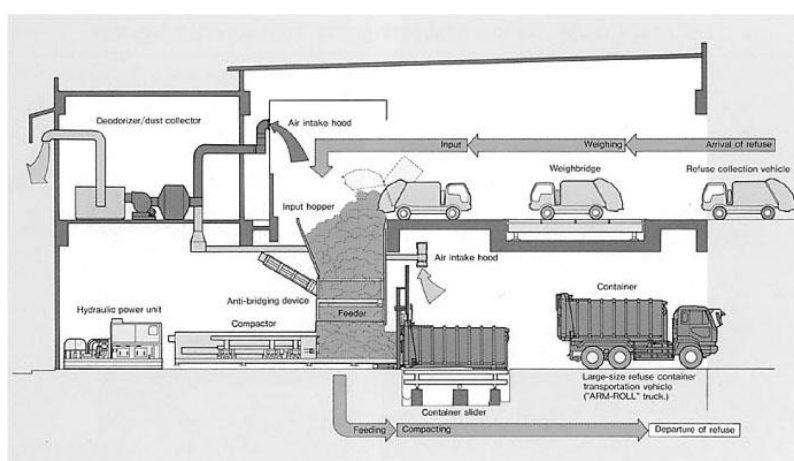


Slika 2.8.⁶⁰ - Planiranje rute vozila

Vrsta vozila za sakupljanje i transport zavisi od karakteristika otpada i rastojanja do sabirnog centra. Savremene tendencije separacije na izvoru zahtevaju primenu specijalnih vozila, koje bi u svom sastavu imala posebne odeljke za pojedine komponente otpada - reciklabile .

2.3.3. Transfer sakupljenog čvrstog komunalnog otpada

Pod transferom otpada se podrazumeva pretovar otpada iz manjih vozila u veće i transport na udaljene lokacije za tretman ili konačno odlaganje. Pretovar otpada se vrši na lokacijama transfer stanica.



Slika 2.9. Šema transfer stanica

⁶⁰ H.Stevanovic Carapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

Transfer postaje neophodni deo integralnog sistema upravljanja otpadom kada zbog velikog rastojanja između mesta nastajanja otpada i lokacije korišćenja ili trajnog odlaganja, direktan transport vozilima za sakupljanje postaje ekonomski neprihvatljiv.

Osnova postupaka pretovara i daljeg transporta je transfer stanica, čija koncepcija zavisi od tipa pretovara, zahtevanog kapaciteta pretovara, raspoložive opreme i propisa o zaštiti životne sredine.

Za dalji transport otpada koriste se motorna vozila (kamioni), železnica i rečni i pomorski transport.

Pri transportu motornim vozilima, neophodno je zadovoljiti sledeće zahteve:

- otpad se mora transportovati uz minimalne troškove,
- otpad mora biti zaštićen tokom transporta,
- vozila moraju biti tako projektovana da se mogu kretati savremenim saobraćajnicama (autoputevi i sl.),
- kapacitet ne sme doći u suprotnost sa dozvoljenom nosivošću vozila,
- postupci koji se koriste za utovar i istovar vozila moraju biti jednostavni i bezbedni.

2.3.4. Opcije upravljanja otpadom

Integralno upravljanje⁶¹ otpadom podrazumeva sagledavanje otpada od njegovog nastajanja, minimizacije, preko sakupljanja, transporta, tretmana do odlaganja. Uspostavljanje održivog sistema za upravljanje otpadom zahteva i sagledavanje svih opcija tretmana otpada. Odluka o izboru najpogodnije opcije za tretman se donosi kroz Analizu životnog ciklusa otpada.

Reciklaža otpada

*Reciklaža*⁶² je ponovna prerada otpadnih materijala u proizvodnom procesu za prvobitnu ili drugu namenu, osim u energetske svrhe.

Reciklaža je značajna opcija u domenu tretmana industrijskog ili komunalnog otpada, budući da se, i u jednom i u drugom slučaju ostvaruju izuzetno značajni tehnički, ekološki i ekonomski efekti. Svakako najznačajniji od njih su: drastično smanjenje količina industrijskog i opštinskog otpada koji se moraju odložiti na sanitarne deponije, čime se vek korišćenja postojećih deponija produžava i značajno usporava proces iscrpljivanja prirodnih resursa.

Značaj uvođenja reciklaže u sistem upravljanja otpadom je višestruk:⁶³

- Reciklažom se smanjuje količina komunalnog otpada koji treba odložiti na deponiju i vrši se valorizacija sekundarnih sirovina iz komunalnog otpada
- Uvođenjem reciklaže se smanjuje korišćenje organskih prirodnih resursa.
- Reciklažom se smanjuje količina otpada koja treba da se odloži na deponiju i samim tim se povećava vek trajanja, odnosno eksploatacije deponije.
- Reciklažom se ostvaruje ekonomska dobit (direktna prodaja i posredno učešće u ostalim proizvodnim granama).

⁶¹ Strategija upravljanja otpadom 2010-2019g, Republika Srbija

⁶² Zakon o upravljanju otpadom, Sl.gl.36/2009

⁶³ Ilić, M; Stevanović-Čarapina, H; Jovović, A; Pešić, R; Tanasković, M; Jovanović, S; Petković, G: Strateški okvir za politiku upravljanja otpadom, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, Kancelarija u Jugoslaviji, Beograd, 2002.

- Izdvojene korisne komponente otpada predstavljaju sekundarne sirovine u mnogim proizvodnim delatnostima (proizvodnja papira, stakla i sl.), čime se smanjuje potreba za uvozom sekundarnih sirovina i čuvaju se postojeći resursi.
- Korišćenjem sekundarnih sirovina se štedi energija (značajno manje energije se troši prilikom proizvodnje iz sekundarnih sirovina).
- Prilikom prerade sekundarnih sirovina smanjuju se troškovi proizvodnje u odnosu na preradu sirovina.
- Uvođenjem reciklaže se pruža mogućnost za otvaranje novih radnih mesta.
- Primenom reciklaže se doprinosi zaštiti i očuvanju životne sredine.
- Primenom reciklaže se ostvaruje približavanje zakonodavstvu Evropske unije u pogledu postupanja sa otpadom.

Tipične komponente sistema reciklaže otpada u cilju povraćaja materijala i izdvajanja korisnog otpada su⁶⁴:

- Izdvajanje različitih komponenti na izvoru nastajanja otpada - iz domaćinstva, radnji, institucija, sakupljanje na ulici ili u centrima gde se sakuplja reciklabilan otpad.
- Izdvajanje reciklabila iz ukupne mase otpada na posebnim postrojenjima za reciklažu.
- Priprema izdvojenih reciklabila na linijama za baliranje (papir, plastika), presovanje (metal), mlevenje (staklo).
- Sakupljanje i izdvajanje organskih komponenti (kuhinjski otpad i otpad iz bašti) za kompostiranje u velikim postrojenjima.

Posle separacije otpada, izdvojeni reciklabilni materijali transportuju se do fabrika u kojima se prerađuju. Danas se skoro svi otpadni materijali mogu ponovo koristiti, pri čemu su sa stanovišta ekonomije i zaštite životne sredine najinteresantniji metali, staklo, papir, veštački materijali. Veoma mnogo se koristi i otpad organskog porekla i gradjevinski otpad.



Slika2.9. Sortiranje reciklabila otpada

Osnovni način za sakupljanje sekundarnih sirovina je izgradnja mreže postrojenja za reciklažu i sakupljanje otpada kojom bi se sakupila najveća količina dostupnog papira, stakla, plastike i metala iz otpada iz domaćinstava, komercijale, industrije i vratila nazad u proces prerade. Regionalna postrojenja za sortiranje moraju biti izgrađena za završno sortiranje selektivno sakupljenih

⁶⁴ Ilić, M; Stevanović-Čarapina, H; Mladenović, A; Milovanović, D; Todorović, M; Gucić, M: Regionalni plan upravljanja komunalnim otpadom, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, Kancelarija u Srbiji i Crnoj Gori, Beograd, 2004

materijala. Ova postrojenja takođe služe i za pripremu materijala za transport (baliran otpad ili izdrobljen).

Organizovanje separacije može biti :

I. Na mestu nastajanja (On-site.eng., in-situ.lat)

pri čemu stanovnici u posebne, namenjene posude odlažu već sortirani otpad



Slika 2.10. ⁶⁵ posude za sakupljanje reciklabila

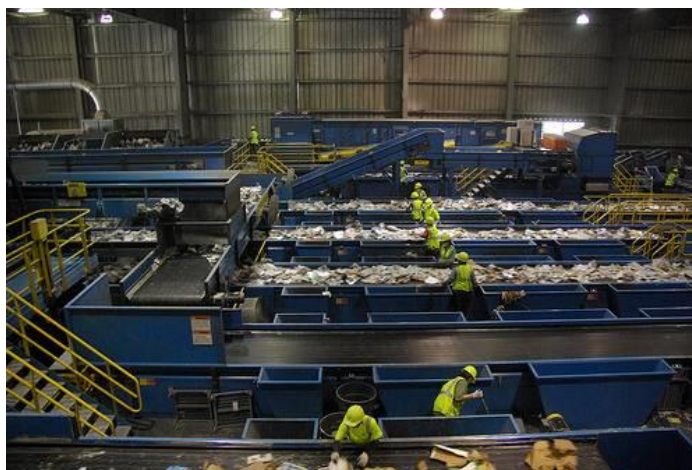
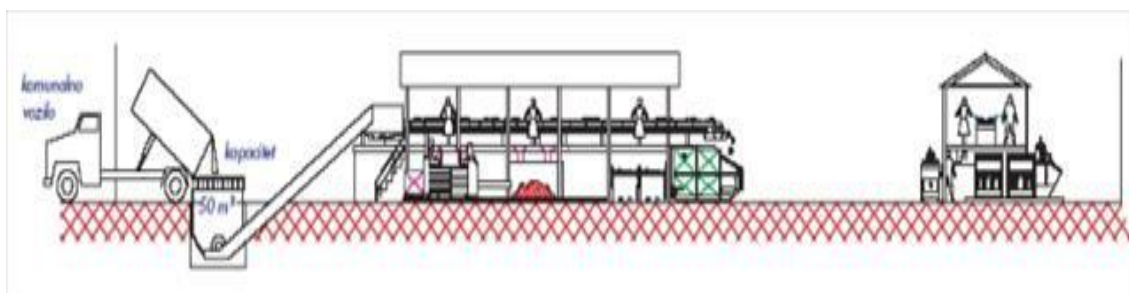
II. Izvan mesta nastajanja, tj.na centralizovanim mestima za izdvajanje i tretman (Off-site.eng., ex-situ.lat).

Na centralizovanim postrojenjima se vrši razdvajanje komponenti .

U postupku separacije materijala ručno i/ili različitim postupcima vrši se klasifikacija materijala.

Ručno sortiranje predstavlja najstariji tip separacije. Današnji sistemi ručnog sortiranja podrazumevaju kretanje materijala na pokretnim trakama

⁶⁵ A. Mihajlov, H. Stevanović – Čarapina, Lj. Ćurčić, D. Savić: UPRAVLJANJE OTPADOM I ENERGIJOM Materijal u pripremi - Interni materijal za studente , EDUCONS Univerzitet, Fakultet zaštite životne sredine, Januar 2010



Slika .2.11. ⁶⁶ - Postrojenje za sortiranje iz ukupne mase otpada

Najefikasniji, a time ujedno i najrentabilniji postupak sakupljanja i prerade već izmešanog otpada predstavlja postupak centralnog sortiranja. Gradske komunalne službe organizuju sakupljanje otpada i transportuju ga u centralnu obradnu stanicu u okviru koje je instaliran sistem za sortiranje (od ručnog do potpuno automatizovanog).

Pri automatizovanom sortiranju se za kriterijum klasifikacije koristi promene vrednosti inercionih, optičkih, električnih i drugih karakteristika materijala, uz korišćenje postupka prosejavanja.

U postupku mehaničkog sortiranja razlikuju se sledeći postupci:

- mehaničko vizuelno odabiranje,
- sortiranje izmešanog i isitnjenog otpada magnetnim, elektrostatičkim, elektrodinamičkim ili aerodinamičkim silama, pri čemu se materijali odvajaju jedan za drugim,
- sortiranje materijala po komadima, sve dok se ne postigne dovoljan stepen jednorodnosti, ili dok sav dovedeni otpad ne bude sortirani po najboljim kategorijama.

Kompostiranje

Kompostiranje se definiše kao brzo, ali delimično, razlaganje vlažne, čvrste organske materije, prvenstveno otpada od hrane i zelenila, pomoću aerobnih mikroorganizama i pod kontrolisanim uslovima. Kao proizvod dobija se koristan materijal, sličan humusu, koji nema neprijatan miris i koji se može koristiti kao sredstvo za kondicioniranje zemljišta ili kao đubrivo.

Teorijski gledano, prednosti kompostiranja su sledeće: krajnji proizvod ima izvesnu tržišnu vrednost koja treba da rezultira u vraćanju dela uloženi sredstava; prostor koji je potreban za lokaciju

⁶⁶ H. Stevanović Čarapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

postrojenja je relativno mali i cene transporta obično nisu značajne. Sa druge strane, ovakva postrojenja mogu zahtevati i velika kapitalna ulaganja. Tržište za dobijeni proizvod nije uvek osigurano, a i skladištenje krajnjeg proizvoda ima određene zahteve i ograničenja.

U principu, kompostiranje se sprovodi u dva nivoa:⁶⁷

- sakupljanje i izdvajanje organskih komponenti (kuhinjski otpad i otpad iz bašti) za kompostiranje na kompostnim poljima ili u posebnim postrojenjima (najčešće regionalnog tipa)
- promocija samostalnog kompostiranja "u svom dvorištu" kroz edukaciju i uspostavljanje malih „bunkera“ za kompostiranje

S obzirom na zahteve Direktive o deponijama i zabranu odlaganja biodegradabilnog otpada na deponije, kompostiranje je dobilo na značaju kao alternativna opcija tretmana biodegradabilnog otpada. Kompostiranje je potpuno prirodan postupak. Tehnički sistemi unutar postrojenja za kompostiranje nastoje da na što bolje mogući način stvore okvirne uslove kako bi postupci razgrađivanja i pretvaranja jedne materije u drugu tekli što brže i kako bi se emisija štetnih materija zadržala na što manjem nivou.

Kompostiranje se može organizovati na različite načine shodno materijalnim mogućnostima i potrebama:

- Kućno kompostiranje, u dvorištima individualnih domaćinstava ili u blokovima zgrada



Slika 2.12.⁶⁸ - Kompostiranje u individualnim domaćinstvima (Čačak)



Slika .2.13.⁶⁹ - Kompostiranje u stambenim blokovima (Švajcarska)

⁶⁷ Nacionalna strategija upravljanja otpadom 2009. - 2018. godine

⁶⁸ H.Stevanović Čarapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

⁶⁹ H.Stevanović Čarapina &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007

- Kompostna polja-kompostane, za manje gradove ili posebne namene



Slika 2.14. - Kompostno polje

- Industrijska postrojenja za gradove ili regione sa velikim brojem stanovnika (oko 1.000.000 stanovnika)



Slika 2.15.⁷⁰ postrojenje za kompostiranje , Augzburg

Anaerobna digestija

Anaerobno razlaganje ili anaerobna fermentacija je razlaganje organskog dela čvrstog otpada pri čemu nastaje gas sa visokim sadržajem metana i kompostni ostatak, uz određeni udeo vode.

Mehaničko-biološki tretman

Mehanički i biološki tretman je namenjen za tretman mešanog otpada (otpad koji preostaje nakon primarne separacije) i vrši se na posebnim postrojenjima. Mešani otpad se prvo podvrgava procesu biološke stabilizacije, nakon koga sledi mehanički tretman.

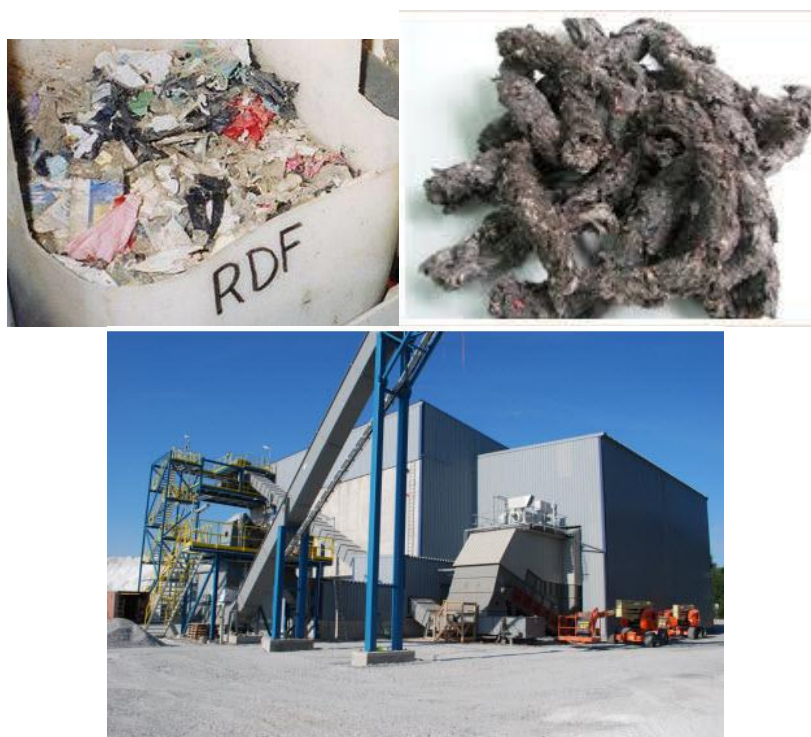
⁷⁰ H.Stevanović Čarapina Lična dokumentacija

Mehaničkim tretmanom se iz biološki stabilizovanog otpada izdvajaju laka i teška frakcija otpada. Laka frakcija se daljom mehaničkom preradom pretvara u gorivo pod nazivom RDF (refuse derived fuel), koje se koristi u postojećim termoenergetskim ili industrijskim postrojenjima, ili posebno gradjenim postrojenjima za termički tretman. RDF može biti isporučivan i kao pelet ili briket. Teška frakcija, ostatak nakon izdvajanja se odlaže na lokalnu deponiju

Proces MBT mešanog otpada se sastoji iz sledećih faza :

- prijem otpada u prijemnoj zoni ,
- usitnjavanje,
- biološki tretman mase (biostabilizacija ili biosušenje),
- mehanički tretman i izdvajanje lake, sagorljive frakcije.

U procesu na postrojenju za MBT, zapremina otpada koji treba da se odloži na deponiju (teška frakcija) se smanjuje na gotovo 1/3 od početne. Jedna trećina se gubi u procesu biološkog tretmana , a preostala trećina se pretvara u standardizovano gorivo.



Slika 2.16. postrojenje za proizvodnju RDF

Postrojenje za mehaničko-biološki tretman otpada doprinosi smanjenju količine odloženog otpada, uz minimalan uticaj na životnu sredinu. Ta manja količina biološki inertnog materijala, koja se odlaže na deponiju imaće znatno manji uticaj u odnosu na dosadašnji uticaj deponovanja celokupne količine netretiranog otpada.

Prema tome, direktni pozitivni efekti na životnu sredinu su:

- smanjenje količine otpada koja se odlaže na deponiju,
- smanjenje biološke aktivnosti otpada na deponiji.

Međutim, ne sme se zanemariti uticaj samog mehaničko-biološki tretman na životnu sredinu. Iz tog razloga, projekat predviđa odgovarajuće mere zaštite koje se odnose na odvođenje nastalih gasova na tretman u visokoefikasnom biološkom filtru, pre emitovanja u atmosferu. Osim gasova, tretiraju se i otpadne vode na postrojenju u okviru objekta.

Termički tretmani

Korišćenje otpada ili goriva od otpada kao energenta (engl. *waste-to-energy*)

Tehnologija sagorevanja (insineracije) otpada predstavlja oksidaciju organskih/sagorljivih komponenata sadržanih u otpadu. Insineracija otpada se primenjuje u cilju smanjivanja zapremine otpada, a energija koja se oslobađa iz procesa sagorevanja se može iskoristiti za dobijanje toplotne ili električne energije. Međutim, ekonomska opravdanost iskorišćenja energije nije uvek prihvatljiva na prvi pogled, i treba znati da su investicioni i operativni troškovi insineratora u skladu sa propisima EU visoki, generalno mnogo viši od troškova odlaganja otpada na sanitarne deponije komunalnog otpada.

Insineracija je značajan i koristan način redukcije otpada, i dugoročno se mogu izbeći problemi koji prate odlaganje otpada na deponije. Insineracija otpada se primenjuje u cilju smanjivanja njegove količine i iskorišćenja dobijene energije. Insineracija otpada sa iskorišćenjem energije mora biti razmatrana u kontekstu integralnog pristupa upravljanju otpadom koji predstavlja redukciju, ponovnu upotrebu i reciklažu.

Karakteristike insineracije su:

- insineracija otpada je tehnički veoma zahtevan proces, i time zahteva veće investicione i eksploatacione troškove u odnosu na klasično deponovanje,
- insineracija je isplativa za gradove i regione sa velikim brojem stanovnika (u mnogim slučajevima i iznad milion stanovnika),
- insineracija ne eliminiše potrebu odlaganja otpada, s obzirom da 25 - 30% ostatka insineracije čini pepeo i šljaka koji se moraju odlagati, ali znatno produžavaju vek trajanja deponija,



Slika 2.17. - insinerator u Šangaju, Kina

Evropska unija je u cilju postizanja održivog razvoja opredeljena ka smanjenju emisija CO₂, a jedan od načina je povećanje učešća energije iz obnovljivih izvora. Svaka država članica EU je u obavezi da poveća udeo obnovljivih izvora u sopstvenoj proizvodnji električne energije, i takođe da postavi svoj cilj - koliko obnovljivih izvora u odnosu na ukupnu potrošnju želi da postigne u 2020. godini. Uvođenje ekonomskih instrumenata radi podsticaja investicijama u obnovljive izvore energije je bila ključna stvar za države EU u dostizanju definisanih ciljeva. Neke države su odabrale sistem privilegovanih nabavnih cena, takozvane feed-in tarife, gde su utvrđene otkupne cene za električnu energiju proizvedenu iz svakog od obnovljivih izvora, dok su druge uvele sistem trgovine zelenih sertifikata u kombinaciji sa obavezanim kvotama. Praksa EU je da se za proizvodnju električne energije iz OIE daju podsticajne finansijske mere (garantovana viša cena otkupa proizvedene energije, subvencije u investicijama itd), čime se omogućava da projekti korišćenja OIE postanu ekonomski opravdani.

Sistem povlašćenih tarifa predstavlja najefikasniji način za brzo postizanje održivih ciljeva u pogledu energije iz obnovljivih izvora – uspeh koji dobro ilustruju nemačka postignuća u proizvodnji struje iz vetroelektrana. Ovaj sistem je najbrojniji u primeni, što opet ne znači da je ekonomski najefikasniji u pristupu, ali je prepoznat od strane investitora kao znak sigurnosti jer je transparentan, lak za administraciju i fleksibilan.

Nemačka je primenom zakona o povlašćenim cenama u 2007. godini proizvela 14,2% ukupne električne energije od obnovljivih izvora, a Vlada Nemačke je izračunala da je u 2007. godini uštedela 57 miliona tona CO₂ i to zahvaljujući direktno feed-in tarifama (ukupna emisija GHG sa teritorije RS je približno 80 miliona tona, a samo iz sektora otpada oko 2 miliona tona)⁷¹. Cena struje po kWh je stalna za postrojenja koja su priključena na sistem, ali se određuje prema godini početka rada. Što je postrojenje duže priključeno na sistem, cena je niža (prema prikazanoj stopi opadanja). Ideja je da se podstakne što brže investiranje i da se uračunaju uštede od tehnološkog progresa.

Iz navedenih razloga, Vlada Republike Srbije je početkom decembra 2009. godine (Službeni glasnik Republike Srbije 99/2009 od 11.12.2009), u skladu sa Zakonom o energetici donela uredbu o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, kojom se bliže propisuju mere Univerzitet EDUKONS – Fakultet zaštite životne sredine podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i za otkup te energije. Tako se ovim aktom definiše tzv. «feed-in tariff», balansiranje i očitavanje, preciziraju energetske objekti koji proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora, uređuje sadržina ugovora o otkupu električne energije po merama podsticaja, kao i naknada troškova kupcu tako proizvedene energije. Mere podsticaja, u smislu ove uredbe, obuhvataju otkupne cene prema vrsti elektrane u kojoj se proizvodi električna energija korišćenjem obnovljivih izvora energije i prema instalisanoj snazi (R) izraženoj u MW. Vrsta elektrane i instalisana snaga određuju se aktom o sticanju statusa povlašćenog proizvođača električne energije.

Piroliza

Piroliza je proces tokom kojeg dolazi do razlaganja organskog otpada pri povišenoj temperaturi i u odsustvu vazduha. Tokom procesa dolazi do termičkog razlaganja organskih materija u otpadu, pri čemu nastaju pirolitički gas, tečno gorivo i čvrsta faza bogata ugljenikom. Prema rasponu temperatura pri kojima se odvijaju, mogu se razlikovati tri varijante pirolize:

- niskotemperaturna do 500°C;
- srednetemperaturna od 500°C do 800°C;
- visokotemperaturna viša od 800°C.

Porastom temperature reakcije povećava se i udeo pirolitičkog gasa u produktima reakcije, a smanjuje udeo čvrste i tečne faze. Pirolitički gas se dalje sagoreva i koristi kao i druga gasovita goriva.

Gasifikacija

Gasifikacija je visokotemperaturni proces tretmana otpada u prisustvu manje količine vazduha ili vodene pare u cilju dobijanja sagorljivih gasova. Tehnologija je zasnovana na poznatom procesu proizvodnje gasa iz uglja. Proizvod reakcije je mešavina gasova. Gas dobijen na ovaj način se može sagorevati i dalje koristiti na različite načine. Zbog visoke temperature procesa dolazi do vitifikacije šljake nastale u procesu. Gasifikacija još nije raširen postupak tretmana otpada, iz razloga što gorivo mora biti relativno homogenog sastava, što znači da je za komunalni otpad potreban predtretman.

⁷¹ Stefanović, P. Jovović, A., i dr., Први извештај Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе, Министарство животне средине и про, Београд, 2010

Plazma proces

Procesom sagorevanja u plazmi (energija koja se oslobađa električnim pražnjenjem u inertnoj atmosferi) otpad se tretira pri temperaturama od nekoliko hiljada stepeni Celzijusa.

Usled visoke temperature dolazi do razlaganja organskih materija iz otpada i topljenja neorganskih materija. U gasovitoj fazi intenzivno se razlažu organski molekuli, što gotovo u potpunosti eliminiše štetne emisije u fazi termičkog procesa. To je ujedno i glavna prednost plazma postupka.

Neorganske materije se nakon topljenja vitrifikuju, tako da se mogu upotrebiti kao dodatak građevinskom materijalu ili se mogu bezbedno odložiti.

Ovakav sistem je izuzetno skup i još uvek je vrlo malo u primeni.

Odlaganje otpada na deponije

Deponije se mogu klasifikovati na osnovu otpada koji se odlaže, forme koja je definisana lokacijom i njenom topografijom, kao i na osnovu tehničke opremljenosti, odnosno načina rada deponije. Tri vrste deponija, koje su navedene u Direktivi EU, čine grubu podelu deponija na sledeće kategorije:

- deponija za opasan otpad
- deponija za bezopasan otpad
- deponija za inertan otpad

Sanitarne deponije predstavljaju objekte/postrojenja za dugoročno odlaganje (uklanjanje) otpada. Deponije predstavljaju suštinsko infrastrukturno postrojenje svakog savremenog industrijskog društva. Pri izgradnji ovakvih objekata, neophodno je preduzimanje mera kako bi se minimizirala opterećenja i opasnosti koje potiču od deponija:

- emisija neprijatnih mirisa i prašine
- raznošenje materijala usled uticaja vetra
- buka i saobraćaj
- uticaj ptica, štetočina i insekata
- stvaranja aerosola
- nastajanje požara i emisija toksičnih zagadjujućih komponenata.

U cilju zaštite životne sredine, pre svega zemljišta i voda, na deponijama moraju da budu ispunjeni sledeći uslovi:

- Zaštita podzemnih voda i zemljišta se obezbeđuje postavljanjem kombinacije geoloških barijera i sistema za izolovanje donje površine deponije tokom aktivne faze (faze eksploatacije deponije), kao i kombinacijom barijere i sistema za izolovanje površinskog sloja deponije tokom pasivne faze, tj. nakon zatvaranja deponije.
- Geološku barijeru određuju geološki i hidrogeološki uslovi koji postoje na datom terenu. Iz toga proizilazi uslov da se za deponiju za odlaganje neopasnog otpada zahteva izolacija od $k_f = 1,0 \times 10^{-9}$ m/sec pri debljini izolacionog sloja od preko 1,0 m
- Ukoliko geološka barijera na nekoj lokaciji na osnovu svog prirodnog sastava ne zadovoljava pomenute zahteve, postoji mogućnost da se veštačkim sredstvima izvrše određena poboljšanja. Veštački stvorena geološka barijera mora biti debljine najmanje 0,5 m.



Slika 2.18. Sanitarna deponija⁷²

Kako bi se onemogućio pristup neovlašćenim licima i neovlašćeno odlaganje otpada, neophodno je postavljanje ograde.

Sanitarne deponije su neophodne u svakoj izabranoj opciji tretmana, jer uvek postoji jedan deo otpada koji se mora odložiti. Nekontrolisana smetlišta se moraju napustiti uz nužnu sanaciju ili sanirati pa iskoristiti za dalje odlaganje putem deponovanja, što je čest slučaj u praksi.

Sve to zahteva poznavanje niza različitih pojmova, postupaka i aktivnosti, koji treba da omoguće pravilno planiranje, projektovanje, izvodjenje, eksploatacije i finansiranje deponija i kontrolu njihovog uticaja na životnu sredinu.

Uredjena deponija je sanitarno tehnički uredjeni prostor na kome se vrši kontrolisan prijem otpada, njegovo plansko odlaganje, razastiranje, sabijanje i prekrivanje inertnim materijalom, kontrolisano sakupljanje otpadnih (procednih) voda i njihovo prečišćavanje pre konačnog ispuštanja u recipijent i kontrolisano usmeravanje, odvodjenje i korišćenje deponijskog gasa.

Kontrolisana deponija se planira na rok ne kraći od 20 godina, u skladu sa odgovarajućim prostornim i urbanističkim planom.

Na pripremljenoj deponiji otpad se razastire i sabija u slojevima, debljine 30÷50 cm, preko kojih se odlažu novi slojevi iste debljine, tako da visina etaže ne predje 2.5 m, uključujući i prekrivku. Debljina prekrivke (obično zemlja ili pesak) je 10÷30 cm.

Razastiranje i sabijanje otpada obavlja se buldožerima ili posebnim vozilima, kompaktorima (vozilima sa raonikom i točkovima sa šiljcima).

Deponija prestaje da se koristi kada je ispunjen predviđeni kapacitet ili kada počne da ugrožava životnu sredinu, bez mogućnosti sanacije. Zatvorena deponija se rekultiviše.

Kao posledica procesa anaerobnog razlaganja organskih komponenata otpada nastaje deponijski gas. Deponijski gas se odsisava sa deponija kako u cilju zaštite životne sredine, tako i za komercijalnu upotrebu. Glavni sastojak deponijskog gasa je metan (45÷75 %, zapr.udeo) i ugljen-dioksid (i do 40 %), uz mali procenat kiseonika i azota. Sastav gasa značajno varira u zavisnosti od starosti otpada i stepena mikrobiološke aktivnosti u njemu, dok manje zavisi od morfološkog sastava.

Deponijski gas nastaje tokom više faza razgradnje otpada, ali su najznačajnije faza intenzivnog stvaranja metana uz odgovarajuće smanjenje ugljen-dioksida, i faza nakon uspostavljanja približno stalnog odnosa mešavine CH₄-CO₂ (engl. *steady-state*), koja nastavlja da se stvara u narednom periodu.

72 Hangzhou Tianziling No.1 MSW Sanitary Landfill Site, located in Tianziling, Hangzhou City of China

Pri udelu metana od 55 %, donja toplotna moć gasa iznosi 20 MJ/m³ (pri 1.013·10⁵ Pa i 0 °C).

Da bi se gas mogao eksploatisati sa deponija neophodno je:

- obezbediti dobru zaptivenost deponija (postavljanje nepropusnih pregrada na dnu i sa strana deponije),
- postavljanje sistema za degazaciju pre izgradnje deponije ili na već izgradjenoj deponiji (gasni bunari i gasne sonde),
- postavljanje cevovoda za odvod kondenzata,
- instaliranje strujnih mašina (ventilatora, kompresora i pumpi),
- instaliranje merno-regulacione opreme,
- instaliranje rezervoara za sakupljanje gasa (u rezervoarima zapremine 150 m³ i pri unutrašnjem pritisku od 10 bar, može se skladištiti oko 1400 m³ gasa /103/),
- instaliranje gasnih motora, kotlova, gorionika, baklji i gasnih rampi.

Za eksploataciju deponijskog gasa instaliraju se gasne centrale, koje sadrže:

- gasni motor, kao pogonsku jedinicu,
- generator naizmjenične struje,
- izmenjivač toplote za rashladnu vodu motora, ulja za podmazivanja i izduvnih gasova,
- sistem za upravljanje i kontrolu procesa.

Takodje, deponijski gas se može koristiti i kao ostala gasovita goriva u termoenergetskim postrojenjima.

III. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA I UPRAVLJANJE OTPADOM

Otpad je neizbežan „proizvod“ društva. Praksa upravljanja otpadom pretežno se bazira na izbegavanju negativnog uticaja otpada na javno zdravlje, ali uvažavanjem činjenice da je otpad zapravo RESURS različitih materijala, od društva se zahteva da otpadom upravlja na efikasan način.

Brutlandov izveštaj⁷³ postulira da se održivi razvoj postiže samo ako se celokupno društvo, a posebno industrija, nauči da primenjuje koncept „više od manjeg“ tj. da proizvodi manje količine otpada; više dobara i usluga uz manju potrošnju prirodnih resursa, manje zagađenje i manje otpada. Koncept „Zelena potrošnja“ se više odnosi na industriju i obuhvata npr. smanjenje transportne ambalaže, promene u proizvodima, recikliranje materijala kao deo šeme minimizacije nastajanja čvrstog otpada.

U oblasti upravljanja otpadom održivi sistem podrazumeva izgradnju sistema koji je ekonomičan, bezbedan po životnu sredinu i sa socijalnog aspekta prihvatljiv:

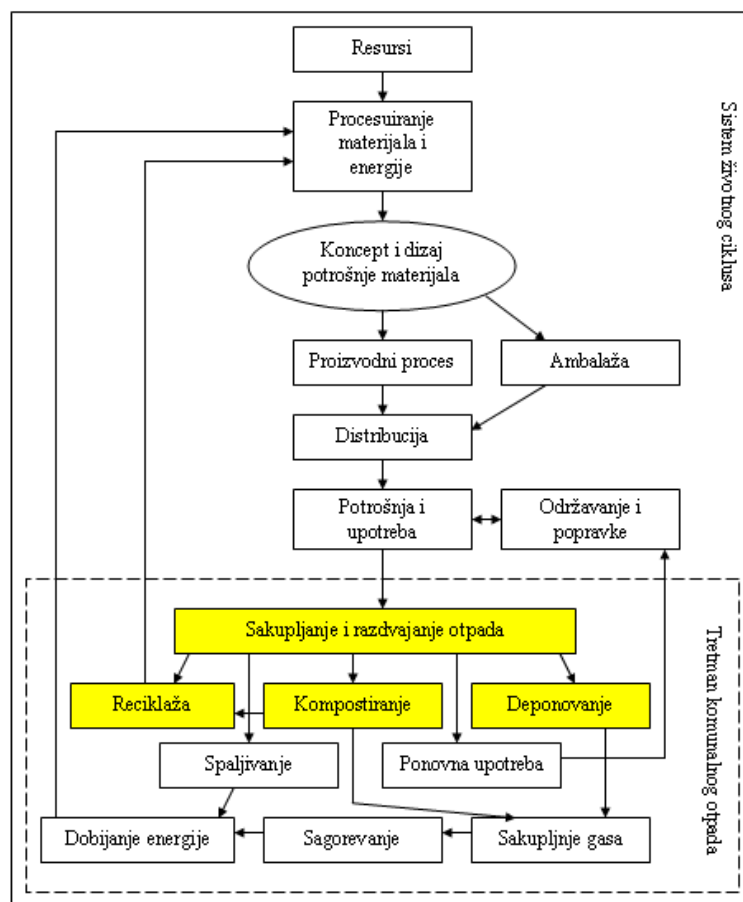
- Ekonomičan sistem zahteva da su troškovi upravljanja otpada prihvatljivi za ceo sektor društvenih usluga, uključujući i domaćinstvo, komercijalni sektor, institucije, industrije i sl.
- Efikasan sistem po životnu sredinu podrazumeva da su njegovom implementacijom smanjena opterećenja životne sredine usled upravljanja otpadom (emisije u vodu, vazduh i zemljište), redukovana potrošnja materijalnih resursa i energije
- Društveno prihvatljiv podrazumeva da sistem upravljanja otpadom poznaje potrebe lokalne zajednice i prioritete društva te da je prihvatljiv za većinu ljudi u zajednici, što zahteva dijalog sa mnogim različitim grupama u cilju informisanja i edukacije, sticanja poverenja i podrške./11/

Analiza životnog ciklusa (LCA) proizvoda i usluga se pokazala kao koristan instrument u procesu donošenja odluka o proizvodu i/ili sistemu.

Ocenjivanje životnog ciklusa donosi odluka pomaže da uzmu u obzir sve doprinose, bez obzira u kojim fazama životnog ciklusa proizvoda oni nastaju, tj. da li je to ekstrakcija sirovina, nabavka energije, proizvodnja, upotreba, ponovna upotreba, reciklaža ili konačno odlaganje.

Na slici 3.1. dat je šematski prikaz opšteg sistema životnog ciklusa proizvoda. Posebno je obeležen deo životnog ciklusa proizvoda u kome proizvod gubi upotrebnu vrednost i postaje otpad.

⁷³ United Nations : Report on the World Commission of Environment and Development A/42/427 avg. 1987



Slika 3.1.⁷⁴ Opšti sistem životnog ciklusa proizvoda

U poslednje vreme je porastao interes o primeni LCA u sektoru upravljanja otpadom. Imajući u vidu različite opcije upravljanja otpadom, pred donosiocima odluka postavlja se pitanje izbora prave alternative za upravljanje otpadom koja će biti optimalna i održiva za primenu i u skladu sa njihovim mogućnostima. Odgovore na ove dileme treba uz ekonomske i tehničke parametre potražiti i uz razmatranje emisija koje određene tehnologije proizvode kao i i potrošnje resursa koje su sa ovim procesima povezane, na primer, da li je bolje „trošiti“ sirovine ili reciklirati materijale i sl. Da bi se kvantifikovale koristi po životnu sredinu koje se javljaju na lokalnom/ili regionalnom nivou treba razmotriti i uticaj predloženih rešenja na klimatske promene, smanjivanje stratosferskog ozona, formiranja (smoga), nastajanje eutrofikacije, acidifikacije, emisije kancerogenih materija, iscrpljivanje resursa uključujući i korišćenje zemljišta i buke.

Studija LCA može da se koristi u svrhu upoređivanja uticaja na životnu sredinu, raznih alternativnih tretmana otpada i pomoću nje se identifikuju ključne oblasti u sistemu u kojima je moguće sprovesti poboljšanje.

Održivo upravljanje resursima podrazumeva uvažavanje problematike koju predstavlja otpad. To zahteva uključivanje principa „razmišljanje o životnom ciklusu“ (life cycle thinking – LCT), koji mora biti podržan izgrađenim sistemom usluga „na kraju životnog veka“, znanjem i obrazovanjem. Strategija prevencije i reciklaže otpada (Tematska strategija za otpad⁷⁵) naglašava kako je prihvatanje „razmišljanja o životnom ciklusu“ otpada od suštinskog značaja za održivo upravljanje otpadom. Ovakav pristup je primenjen i u relevantnim strategijama: Strategiji održivog korišćenja

⁷⁴ Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).

⁷⁵ COM (2005), 666 final

prirodnih resursa⁷⁶ kao i u predloženoj reviziji Okvirne direktive za upravljanje otpadom (COM (2005) 667 final).

Razmišljanje o životnom ciklusu otpada u procesu donošenja odluka o određenoj tehnologiji vezanoj za integralno upravljanje otpadom je od suštinskog značaja da bi se izbeglo nenamerno prebacivanje opterećenja između različitih vrsta uticaja na društvo i životnu sredinu, između različitih regiona, kao i između različitih faza životnog ciklusa nastajanja proizvoda ili pružanja određenih usluga. To se postiže kroz korišćenje kvantitativnog alata kao što Ocenjivanje životnog ciklusa (LCA). LCA podjednako pomaže pri kvantifikaciji uticaja ali i pri upoređivanju različitih strategija upravljanja otpadom.

3.1. Komponente sistema integralnog upravljanje otpadom

Razvojem koncepcije Integralnog upravljanja otpadom (*eng. IMW-Integrated Waste Management*) koja predstavlja sistem upravljanja svim tokovima otpada od njihovog nastajanja, preko sakupljanja, primenjenih metoda tretmana do konačnog odlaganja otpada, prešlo se na nov cilj postizanja koristi po životnu sredinu, ekonomsku optimizaciju i društvenu prihvatljivosti.

U cilju vrednovanja opcija za održivo upravljanje otpadom koriste se različiti instrumenti, pri čemu se poslednjih godina izuzetno koristi Analiza životnog ciklusa.

Hijerarhija upravljanja otpadom je kritički ocenjena sa stanovišta primene u analizi celokupnog toka upravljanja otpadom i nakon usvajanja Tematske strategije o otpadu sugerise se holistički pristup koji daje procenu ukupnog opterećenja životne sredine i ekonomskih troškova za ceo sistem.

Integralno upravljanje otpadom jeste pristup koji obuhvata različite tretmane različitih tokova otpada. Integralni sistem uključuje optimizaciju sistema sakupljanja otpada i efikasno sortiranje otpada praćeno različitim tehnologijama tretmana ili kombinacijom ovih opcija /11,/:

1. Recikliranje materijala podrazumeva izdvajanje korisnih materija iz otpada i njihovu ponovnu preradu. Ovom opcijom se omogućava zamena sirovina izdvojenim obnovljenim materijalima iz otpada tzv. sekundarnim sirovinama.
2. Biološkim tretmanom organskih komponenti iz otpada dobija se kompost koji ima tržišnu vrednost i služi za obogaćivanje karakteristika zemljišta. S druge strane, izdvajanjem ove frakcije smanjuje se količina otpada za odlaganje i emisija gasova poreklom od fermentacije ovog otpada.
3. Termički tretmani, kao što je insineracija uz dobijanje energije, sagorevanje goriva dobijenog preradom otpada i dr. su opcije kojima se redukuje zapremina otpada, dobija inertni ostatak i oslobađa energija koja se može dalje koristiti.
4. Deponovanje – Opcija koja služi za konačno odlaganje otpada. Glavni nedostatak je što zauzima zemljište i „oduzima“ prostor od stanovništva. Uz izgradnju sanitarnih deponija, koje podrazumevaju sanitarno-tehnički uređen prostor može se kontrolisati i smanjiti zagađenje koje deponovanje izaziva. Deponovanje generisanog otpada je opcija koja zahteva veliki prostor. Korišćenjem drugih opcija tretmana otpada koje prethode konačnom odlaganju na deponijama u značajnoj meri može da se smanji zapremina otpada i obezbedi fizičku i hemijsku stabilnost konačnog ostatka. Na ovaj način se postiže redukcija potrebnog prostora i opterećenja životne sredine usled deponovanja.

3.2. Ocenjivanje životnog ciklusa otpada

Studija LCA u sektoru upravljanja otpadom, gde se otpad tretira kao „proizvod“ koristi se u svrhu izbora najbolje i najpovoljnije opcije za tretman kroz upoređivanja uticaja na životnu sredinu raznih tretmana otpada i /ili za identifikaciju ključnih oblasti u sistemima u kojima može da se sprovede poboljšanje i ublaži uticaj na životnu sredinu.

⁷⁶ COM (2005) 670 final),

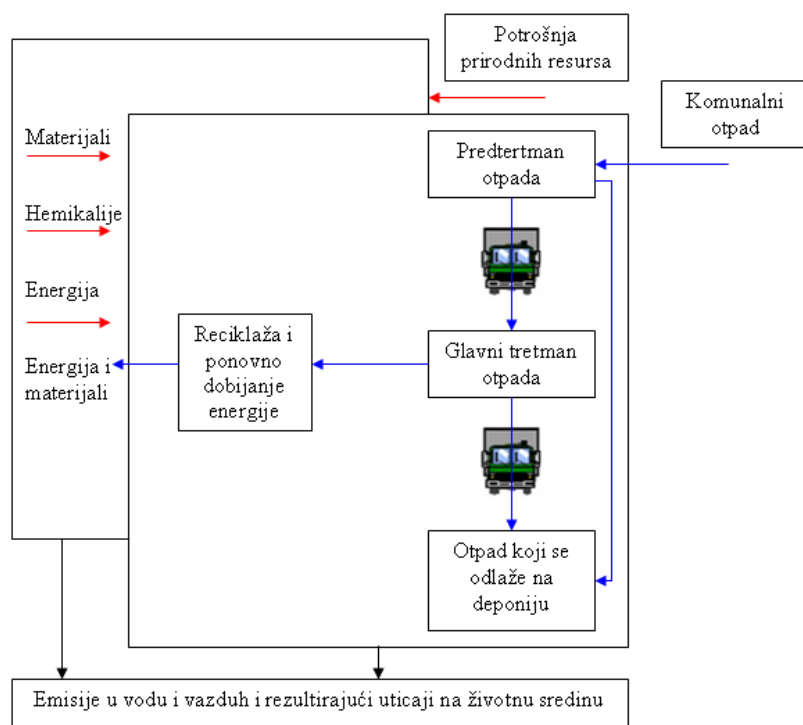
Sve navedena razmatranja mogu se sprovesti kroz analizu životnog ciklusa čvrstog otpada. Pod pretpostavkom da je sastav otpada fiksni i da su detalji o sastavu otpada poznati, za kućni otpad se može utvrditi kako će različite opcije upravljanja otpadom da utiču na karakteristike životne sredine

Uticaj otpada na životnu sredinu zavisi od 3 različite karakteristike sistema

1. **Koncepta i dizajna proizvoda**, što znači da kvalitet i kvantitet otpada zavisi od tipa i količine materijala koji je upotrebljen za određeni proizvod, trajnosti proizvoda, mere do koje se proizvod može reciklirati, i do kog stepena se može demontirati na reciklabilne frakcije .
2. **Način potrošnje**, koji definiše tokove otpada na taj način što zapravo potrošač koji kupuje određenu robu „odlučuje“ delimično o trajnosti određene robe .
3. **Način tretmana komunalnog otpada**, koji definiše do kog nivoa se nastali otpad „raspodeljuje“ između određenih alternativnih tretmana, karakteristika i efikasnosti same tehnologije prerade

Životni ciklus otpada počinje kada se proizvod odbaci, a završava kada otpadni materijal degradira ili se vraća u tehnološki sistem kroz reciklažu i zamenjuje druge proizvode.

Na slici 3.2. je ilustrovan opšti sistem, tj. granice sistema za opcije tretmana otpada.



Slika 3.2.⁷⁷. Granice sistema za opcije tretmana otpada

3.2.1. Definisane cilja i predmeta, funkcionalne jedinice

Cilj inventara životnog ciklusa čvrstog otpada jeste da što tačnije predvidi opterećenje životne sredine do kog dolazi usled integralnog sistema upravljanja otpadom, a cilj integralnog upravljanja otpadom jeste zbrinjavanje otpada na način koji je održiv po životnu sredinu, ekonomski i društveno prihvatljiv .

Tehnika Analize životnog ciklusa otpada se koristi za komparaciju različitih opcija upravljanja otpadom, kao i za ocenjivanje kompletnog sistema integralnog upravljanja otpadom

⁷⁷ Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).

Definisanje **cilja** obuhvata:

- određivanje opcija koje će se upoređivati
- svrha korišćenja rezultata
- određivanje funkcionalne jedinice
- određivanje granice sistema

Pri izradi LCA za komunalni otpad, **funkcionalna jedinica** je vezana za količinu otpada iz domaćinstva i komercijalnog sektora sa određenog geografskog područja koje je obuhvaćeno Studijom. Geografsko područje i proizvodnja otpada se definišu na osnovu broja i karakteristika korisnika. Ulazni podaci o otpadu za datu oblast su konstantni a na osnovu Studije ocenjuju se karakteristike životne sredine kao i troškovi različitih sistema upravljanja otpadom.

Ključna razlika između LCA studije za proizvod i LCA studije za otpad je razlika u funkcionalnoj jedinici, načinu korišćenja ili potencijalnim korisnicima. LCA za proizvod obuhvata vreme koje određeni proizvod "provodi" u sistemu upravljanja otpadom dok LCA za otpad obuhvata faze upravljanja otpadom za svaki proizvod ili ambalažu koja je sastavni deo otpada. LCA proizvoda se koristi za optimizaciju životnog ciklusa proizvoda u infrastrukturi sistema, dok LCA čvrstog otpada ima za cilj da optimizuje infrastrukturu sistema upravljanja datom količinom i sastavom otpada /11/.

Na osnovu studije LCA mogu se sagledati posledice upravljanja otpadom čak i prilikom promena u sastavu otpada i koje mere prevencije se koriste ali se ne može identifikovati kako i gde bi trebalo da se sprovedu mere prevencije vezane za otpad.

Definisanje granice sistema za životni ciklus otpada je složen i zahtevan proces koji je u direktnoj vezi sa ciljem i predmetom LCA studije.

Kao osnovni zadatak Studije životnog ciklusa je utvrđivanje početka. Početni korak u slučaju otpada jeste tačka kada korisnik otpad odbacuje, tj. kada više nema upotrebu vrednost (za otpad iz domaćinstva početna tačka je posuda za smeće). Na sam tok otpada velik uticaj ima redukcija otpada na izvoru, minimizacija otpada i drugi procesi koji se odnose na unapređenje sistema životne sredine.

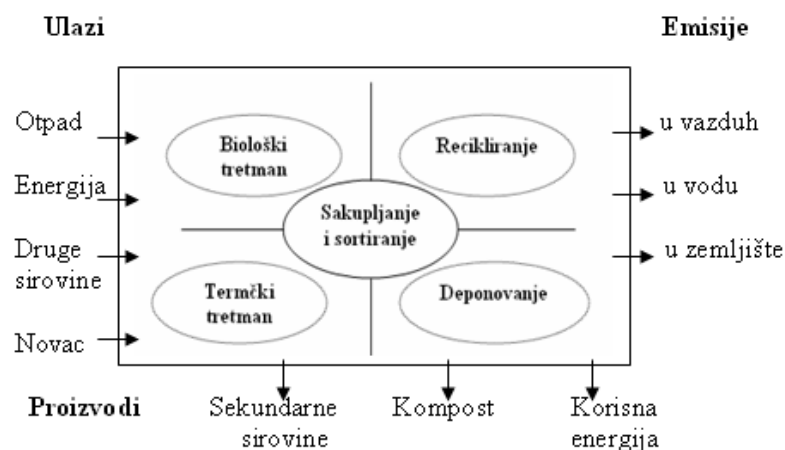
Konačna tačka u životnom ciklusu otpada podrazumeva konačan tretman i/ili odlaganje u životnu sredinu. Insineracija i deponovanje su oblici konačnog odlaganja.

Insineracija zahteva odlaganje ostatka iz procesa sagorevanja, često kroz proces deponovanja, a s druge strane deponovanje nije konačno „odlagalište“ za gasovite i /ili tečne emisije.

Otpad može ponovo dobiti vrednost kroz proces kompostiranja kao kompost, kroz reciklažu kao sekundarni materijal ili gorivo (RDF) ili sagorevanjem kao energent. Definisanje tačke u kojoj otpad prestaje da bude otpad i dobija upotrebnu vrednost je od velikog značaja za proces LCA:

Studija LCA za otpad obuhvata obnovljive materijale koji se izdvajaju iz otpada i njihov dalji tretman kao sekundarne sirovine u različitim industrijskim procesima. Studije za otpad najčešće ne obuhvataju uštede do kojih dolazi preradom sekundarnih sirovina kroz manju potrošnju energije i sirovih materijala.

Opšte granice sistema za integrisani sistem upravljanja otpadom šematski su prikazane na slici 3.3.



Slika 3.3⁷². Granice sistema za ocenjivanje životnog ciklusa čvrstog otpada.

Ulazi i izlazi u sistem otpada prikazani su u tabeli 3.1.

Tabela 3.1⁷⁸ Definisane granice za ocenjivanje životnog ciklusa otpada

	Granice sistema	Jedinica
Ulaz: Otpad	Tačka u kojoj otpad napušta domaćinstvo	t
Ulaz: Energija	Ekstrakcija resursa goriva za potrebe sistema	GJ
Izlaz: Energija	Električni napojni kabl koji napušta postrojenje za dobijanje energije iz otpada (količina generisane električne energije se oduzima se od ukupno utrošene energije)	GJ
Izlaz: Obnovljivi materijali	<ul style="list-style-type: none"> ○ Firme ili preduzeća koji se bave sakupljanjem i kupovinom obnovljivih materijala, ○ Izlaz iz postrojenja iz MBT prerade ○ Izlaz iz postrojenja za dobijanje goriva iz otpada (RDF Refuse-Deliverd Fuel) ○ Izlaz iz postrojenja za biološki tretman 	t
Izlaz: Kompost	Izlaz iz postrojenja za biološki tretman	t
Izlaz: Emisije u vazduh	Izduvni gasovi iz transportnih vozila I iz dimnjaka postrojenja za termičkih tretmana	kg
Izlaz: Emisije u vodu	Izlazi/ispusti iz postrojenja za biološki tretman, iz postrojenja za termički tretman, iz postrojenja za proizvodnju električne energije ili iz postrojenja za tretman procednih voda	kg
Izlaz: Konačno odlaganje otpada	Sadržaj deponije na kraju biološki aktivnog perioda	t ili m ³ materijala

⁷⁸ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Problematika korišćenja energije u sistemu upravljanja otpadom zahteva posebna razmatranja. Ulaz u sistem otpada predstavlja i gorivo koje je potrebno za transport (benzin, dizel, gas), ali i električnu energiju koja se koristi u postrojenjima za potrebe raznih procesa prerade. LCA studija otpada uključuje i opterećenja životne sredine nastala usled potrošnje resursa i emisije nastale proizvodnjom potrebne energije koju koristi sistem otpada.

Tabela⁷⁹ 3.2. Jedinični procesi koji se tretiraju kod životnog ciklusa otpada

Jedinični procesi	Komentari /preporuke za sprovođenje LCA studije za otpad
Distribucija kućnog i/ili industrijskog otpada na prijemnim postrojenjima /lokacijama	Kontejneri za otpad – uzimaju se u obzir kada otpad ima različite destinacije prikupljanja i/ili tretmana Može se isključiti iz LCA studije ukoliko isti sistem prikupljanja važi za sve alternative koje će biti razmatrane
Sakupljanje i transport	Poželjno je uključiti u razmatranje procese transporta otpada do postrojenja za tretman, kao i transport produkata iz tretmana otpada do konačnih potrošača . Iz Studije se može se isključiti uticaj transporta pomoćnih materijala LCA razmatra transport i sakupljanje otpada .
Proizvodnja i upotreba goriva, električne energije i toplote	Veoma važno da budu uključeni u LCA Videti komentare u sledećem redu
Prerada pomoćnih materijala	Razlikuju se primarni i sekundarni materijalni tokovi . Primarni materijali su oni iz kojih je proizvod izgrađen . Sekundarni tokovi su pomoćni materijali i energija koji omogućuju da se neka aktivnost sprovede. Analitičar koji sprovodi LCA treba da donese odluku koje će pomoćne materijale tretirati i na koji način .
Procesi prerade otpada	Sistem za tretman otpada se sastoji iz sistema za njegovu degradacije, I drugih procesnih postrojenja kao što su pumpe, oprema za sečenje, pregrevanje itd. Važno je uključiti sve uticaje koje glavni i sporedni procesi vrše na životnu sredinu .
Reciklaža/povraćaj materijala i/ili energije	Važno je uključiti . 1. Dobijanje energije iz procesa insineracije 2. Dobijanje energije iz bio-gasa iz procesa anaerobne digestije. 3. Dobijanje energije iz deponijskog gasa . 4. dobijanje komposta kao fertilizatora za zemljište iz procesa kompostiranja I anaerobne digestije . 5. Dobijanje korisnih materijala iz procesa reciklaže
Proizvodnja, održavanje i stavljanja van pogona kapitalne opreme	Uobičajeno je od malog značaja za sprovođenje LCA . Uključuje se po zahtevu naručioca LCA.
Dodatne operacije ugradnja osvetljenja i grejanja	Uobičajeno je od malog značaja za sprovođenje LCA . Uključuje se po zahtevu naručioca LCA.

Ekonomski ulazi za sistem upravljanja otpadom obuhvataju troškove:

⁷⁹ Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).

- sakupljanja otpada,
- sortiranja,
- raznih opcija tretmana,
- transporta i
- konačnog odlaganja otpada na deponije.

Prihodi vezani za sistem ostvaruju se od prodaje:

- materijala sa obnovljivim karakteristikama,
- komposta ili
- energije.

Oduzimanjem prihoda od troškova dobijaju se iznos neto troškova rada sistema.

Napomena: pri upotrebi sekundarnih sirovina koje zamenjuju primarne sirovine ostvaruje se određena ušteda materijala i energije, te je cena proizvodnje i energetske potrebe uz korišćenje sekundarnih materijala niža od cene proizvodnje sa primarnim sirovinama.

3.2.2. Analiza inventara

U skladu sa zahtevima ISO 14040, **Faza inventara** obuhvata sve ulaze i izlaze životnog ciklusa otpada. Prvi korak je naravno definisanje samog životnog ciklusa, a zatim cilja LCA.

Studija LCA daje podatke o sistemu upravljanja otpadom, postojeće, planirane ili moguće procese kao i tehnički izvodljive mogućnosti procesa.

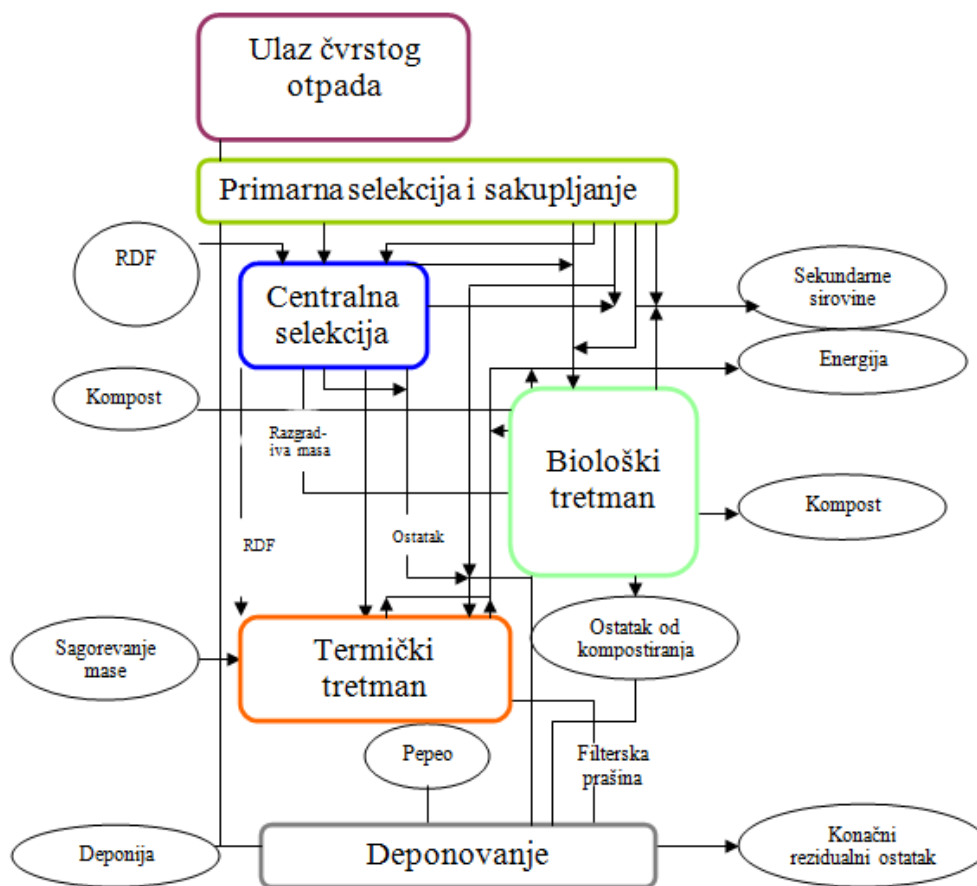
Inventar životnog ciklusa za upravljanje čvrstim otpadom se sastoji od dva glavna koraka:

1. Opis integralnog sistema upravljanja otpadom; koji podrazumeva opis i izbor između različitih opcija tretmana otpada. Za definisanje tretmana otpada u sistemu je potrebno pribaviti veliki broj različitih podataka, koji prikazuju način tretmana otpada kao i sam "tok" materijala kroz sistem, npr. koja količina otpada iz domaćinstva je selektovana u posebnim posudama za otpad, koliki je udeo otpada koji se sagoreva u odnosu na otpad koji se odlaže na deponiju itd.
2. Proračun ulaza i izlaza izabranih procesa uz korišćenje istih podataka za svaki proces. Ovi podaci zavise od karakteristika opreme i primenjenih tehnologijai i izraženi su u odnosu na količinu tretiranog materijala, npr. generisana energija i emisije su date po toni otpada koji se sagoreva.

Nedostatak pouzdanih podataka predstavljao je dugi niz godina glavni problem za sprovođenje Studije LCA. Danas su dostupne određene baze podataka (videti poglavlje I ove monografije) koje olakšavaju sprovođenje studije LCA. Danas su lakše dostupni podaci o procesima tretmana otpada, kompostiranju, insineraciji i ulazi i izlazi izraženi po toni tretiranog otpada, ali koji ne uključuju varijacije u količinama i sastavu otpada.

Glavne faze i njihovi međusobni odnosi u životnim ciklusu čvrstog otpada šematski su prikazane na slici 3.4.

Sistem integralnog upravljanja otpadom prikazan na slici se sastoji od primarne selekcije, sakupljanja, sortiranja/selekcije, biološkog tretmana otpada, termičkog tretmana otpada i deponovanja. Pri izradi Studije LCA, uzimaju se u obzir svi ulazi i izlazi u svim fazama svih procesa koji su sastavni deo integralnog upravljanje otpadom.



Slika 3.4.⁸⁰ Komponente integralnog sistema upravljanja otpadom

Inventar se može uraditi sa opštim i specifičnim podacima.

Opšti podaci su uopšteni, tipski i bazirani na proseku, a daju približne mere i podatke vezane za opterećenje životne sredine. Svaki pojedinačan proces definišu specifični podaci koji se zahtevaju, konkretna merenja koja se sprovode u aktuelnom sistemu, a što zahteva vreme i finansijska sredstva.

Sakupljanje podataka za izradu inventara životnog ciklusa uz korišćenje specifičnih podataka može da potraje i više godina, te se zbog toga podaci koji se koriste za LCA studije uglavnom opšti, jer su najčešće samo oni i dostupni.

3.2.3. Ocenjivanje uticaja otpada

Kroz fazu **ocenjivanja uticaja** dobijaju se indikatori za tumačenje podataka inventara koji su povezani sa kategorijama uticaja na životnu sredinu. Ukupni rezultati indikatora, u ovoj fazi, daju kumulativni prikaz različitih kategorija uticaja, sažetih u vremenu i prostoru. Za razliku od nekih drugih pristupa ovi rezultati indikatora obično ne prikazuju rizik i uticaj u tačno određenom trenutku ili mestu. Rezultati se odnose na upotrebu resursa, emisije, stvaranje otpada i slične česte pojave u životnom ciklusu proizvoda na više mesta u više regiona, u različitom vremenskom intervalu.

Za procenu analizu uticaja na životnu sredinu Studija LCA koja se primenjuje na upravljanje otpadom koristi iste kategorije uticaja koje se primenjuju na sve studije.

⁸⁰ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Kategorije uticaja koje se najčešće koriste pri LCA otpada date su u tabeli 3.3.

Tabela 3.3⁸¹ Kategorije uticaja, indikator i karakterizacija

Kategorija uticaja	Indikator	Karakterizacija
Globalno zagrevanje	Potencijal globalnog zagrevanja ⁸² (GWP) = CO ₂ -equivalents..	GWP za supstance je definisao Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
Oštećenje ozonskog omotača	Potencijal oštećenja omotača ⁸³ (ODP) =CFC ₁₁ -equivalents.	ODP za supstance je definisala World Meteorological Organization (WMO)
Formiranje foto-oksidaanata	Potencijal formiranja fotohemijskog ozona ⁸⁴ (POCP) = C ₂ H ₄ - equivalents..	POCP za supstance za relevantan nivo koncentracije NO _x
Acidifikacija	Potencijal generisanja vodoničnog jona (H ⁺) izražen kao SO ₂ - equivalents.	Potencijal generisanja H ⁺ uzima u obzir regionalni/nacionalni kapacitet recipijenta (nitrati koje koriste biljke)
Eutrofikacija	Obogaćivanje zemljišta i vode nutrijentima .	Ograničenje recipijenta za prihvatanje azota . Ograničenje recipijenta za prihvatanje azota za fosfora Ograničenje za prihvatanje kombinovanog azota i fosfora
Toksičnost za ekosisteme i stanovništvo		Videti ⁸⁵ 3.6.2.
Potrošnja abiotičkih resursa	masa (t) zapremina (m ³)	Resursi se dele na obnovljive i neobnovljive resurse . LCI rezultati se transformišu iz težine u zapreminu i obratno korišćenjem gustine materijala
Potrošnja biotičkih resursa	masa(t) zapremina (m ³)	LCI rezultati se transformišu iz mase u zapreminu i obratno korišćenjem gustine materijala
Potrošnja sveže vode	masa(t) zapremina (m ³)	LCI rezultati se transformišu iz mase u zapreminu i obratno korišćenjem gustine materijala
Korišćenje zemljišta	površina, m ²	Kategorizacija zauzimanja zemljišta se vrši prema postojećoj nameni i eksploataciji
Materijal koji se ne analiziraju do "početka "	masa(t)	masa(t)
Energija koja se analizira do "početka "	Količina energije (MJ)	Pri LCA se vrši agregacija svih selektovanih formi energije

⁸¹ Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).

⁸² Engl. Global warming potential (GWP)

⁸³ Engl. Ozone depletion potential (ODP)

⁸⁴ Engl. Photochemical ozone creation potential (POCP)

⁸⁵ Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).

		Agregacija ⁸⁶ se vrši između obnovljive i neobnovljive forme energije
Mirisi	Potencijalno ugrožen prostor (m ²)	Ugroženi prostori se definišu na bazi iskustva i modelovanja disperzija kombinovanim sa vrednošću koncentracije mirisa
Buka	Potencijalno ugrožen prostor (m ²)	Ugroženi prostor se definiše na bazi iskustava modeovanja širenja buke kombinovanim sa kriterijumima prihvatljivog nivoa buke ..

cela tabela je malo nejasna i rogobatna i malo grubo prevedena sa engleskog, da je malo pojednostaviš?

3.2.4. Interpretacija

Standard ISO SRPS 14044 definiše Fazu Interpretacije LCA . Interpretacija rezultata je Faza životnog ciklusa u kojoj se nalazi inventara ili procene uticaja, ili obe, kombinuju u skladu sa definisanim ciljem i obimom studije , kako bi se formirao zaključak i dale preporuke.

U procesu izrade LCA za upravljanje otpadom glavna pitanja na koja LCA može da da preporuke su:

- Koji deo sistema za tretman otpada treba unaprediti u cilju poboljšanja zaštite životne sredine?
- U slučaju da postoji nekoliko mogućnosti za rešavanje unapređenja, potrebno je utvrditi koliko svako od tih rešenja doprinosi zaštiti životne sredine ?
- Koji je ukupan uticaj na životnu sredinu različitih alternativnih konceptualnih rešenja tretmana otpada i kako oni međusobno mogu uporediti ?

Interpretacija se odvija u svakoj fazi ocenjivanja životnog ciklusa. Rezultati interpretacije mogu da budu u obliku preporuka, za donosioca odluka, u skladu sa ciljem i predmetom studije.

3.3. Model- IWM -2⁸⁷ za sprovođenje LCA za otpad

Imajući u vidu složenost LCA Studije i mnogobrojnost podataka inventara, danas su razvijeni programski paketi sa bazama podataka koji znatno olakšavaju sprovođenje LCA:

Model za integralno upravljanje otpadom IWM-2 je jednostavno primenljiv softverski paket projektovan za korišćenje za izradu LCA studija za otpad. Ovaj model inicijalno olakšava uvođenje integralnog upravljanja otpadom i razumevanje životnog ciklusa otpada , pre svega, kroz demonstraciju i obuku istraživača/menadžera i donosioca odluka.

IWM-2 model zahteva minimalni broj podataka koji se odnose na količine sastav otpada i posebne informacije o sastavu.

Program daje procene uticaja na životnu sredinu različitih opcija za upravljanje otpadom. Procene se baziraju na emisijama koje nastaju tokom životnog ciklusa otpada i potrošnji resursa za različite varijante opcija upravljanja otpadom , uključujući i sakupljanje otpada, sortiranje, recikliranje različitih materijala, biološki tretman, termički tretman i odlaganje otpada. Rezultati ovog programa su prezentirani u vidu emisija u vazduh, vodu i kao inertan materijal koji se deponuje , ali kroz korisne proizvode u obliku sekundarnih sirovina , komposta i energije.

⁸⁶ ISO SRPS 14040

⁸⁷ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Cilj ovog modela je da, što je moguće tačnije, predvidi opterećenja životne sredine i ekonomske troškove koji nastaju usled uvođenja određenog sistema upravljanja otpadom

Predmet ovog modela je sprovođenje Inventara životnog ciklusa sistema za upravljanje otpadom koji se analizira.

Jedinični procesi⁸⁸ koje obrađuje IWM-2 model su stvaranje otpada, sakupljanje otpada, sortiranje, biološki tretman, termički tretman, deponovanje i generisanje energije

Drugi nivo opterećenja koji je vezan sa procesom izgradnje i /ili zatvaranjem postrojenja za tretman otpada, kao i sa proizvodnjom opreme za tretman nije uključen u model, iako bi trebalo da bude uključen u ekonomsku analizu.

U Priručniku za rad na programu, navedene su i detaljno objašnjene sve pretpostavke i ograničenja modela.

Kvalitet sakupljenih podataka je najveći nedostatak ovog modela, kao što je slučaj sa svim modelima za upravljanje otpadom. Iako se određeni podaci podrazumevaju, potrebno je shvatiti da što su kvalitetniji podaci koji se „ubacuju“ u program, to će i rezultati modela biti kvalitetniji i precizniji

Funkcionalna jedinica u ovom modelu je odgovarajuće upravljanje otpadom u ukupnom čvrstom komunalnom otpadu koje nastaje u definisanom geografskom regionu tokom definisanog vremenskog perioda (npr. godinu dana).

Inventar u ovom programu⁸⁹ uzima u obzir celokupni životni vek svakog materijala i energije u sistemu upravljanja otpadom.

U izradi LCA studije za otpad, uvedenu su neke pretpostavke:

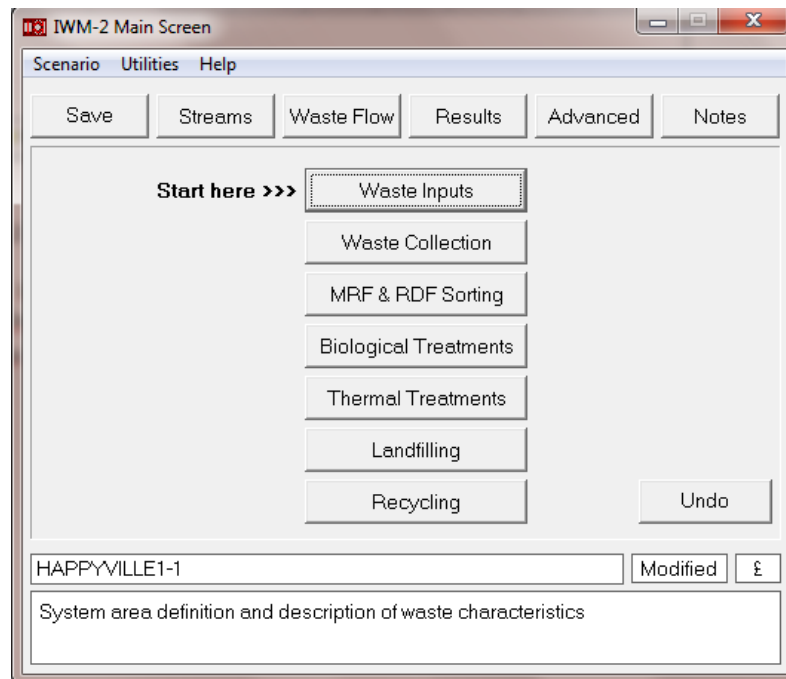
- Programom se uvodi pretpostavka da se sva energija koja se dobija iz sistema upravljanja otpadom, kao korisna energija pretvara u električnu energiju.
- Ovako dobijena energija (iz insineracije, kompostiranja, degazacije deponija sl.) služi za interne potrebe (ili ide u sistem "zelene energije") te se na taj način dodatno smanjuju emisije koje nastaju od transporta i dobijanje energije iz drugih izvora.
- Neto iznos utrošene električne energije za sistem upravljanje otpadom, se dobija oduzimanjem proizvedene količine električne energije postupcima prerade otpada od ukupno unete energije u sistem.

IWM-2 Model postavlja model integralnog upravljanja otpadom koji uključuje napredni sistem upravljanja komunalnim otpadom i obuhvata sledeće jedinične procese :

- generisanje otpada, sakupljanje otpada,
- sortiranje otpada,
- biološki tretman,
- termički tretman,
- deponovanje i
- generisanje energije.

⁸⁸ ISO SRPS 14040

⁸⁹ Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part I – Data collection and preliminary assessments for life cycle thinking pilotstudies European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2007



Slika 3.5. Glavni/ulazni okvir IWM-2 software

Granice sistema⁹⁰ koje postavlja IWM-2 model obuhvataju:

1. Ulaz (otpad): tačka u kojoj otpad napušta domaćinstvo
2. Ulaz (energija): ekstrakcija resursa
3. Izlaz (energija): električna energija tj. izlazna energija koja je nastala iz sagorevanja otpada ili energija nastala sagoravanjem deponijskog gasa (generisana energija pri procesu tretmana se oduzima od utrošene energije potrebne za ceo sistem, tako da se efikasno koristi u sistemu)
4. Izlaz (obnovljene sirovine):
 - a. sirovine sakupljene u posebnim posudama
 - b. sirovine sakupljene na postrojenju za separaciju materijala
 - c. sagorljivi materijali iz postrojenja za proizvodnju goriva od otpada (RDF⁹¹)
 - d. sekundarne sirovine izdvojene u postrojenju za mehaničko-biološki tretman otpada. MRF⁹²
5. Izlaz (kompost): postrojenja za biološki tretman
6. Izlaz (emisije u vazduh):
 - a. emisije iz transportnih vozila,
 - b. iz postrojenja za termički tretman otpada,
 - c. iz termoelektrane za dobijanje električne energije za potrebe postrojenja za tretman

⁹⁰ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

⁹¹ eng. Refuse-Derived Fuel, koristi kao alternativno gorivo, pretežno u cementarama i drugoj industriji.

⁹² eng. Material Recovery Facility

- d. iz deponije.
7. Izlaz (emisije u vodu): Otpadne vode iz
 - a. iz postrojenja za biološki tretman
 - b. termički tretman otpada i
 - c. elektrane. za dobijanje električne energije za potrebe postrojenja za tretman
 - d. Deponije
 8. Izlaz (čvrsti ostatak): sadržaj deponije na kraju biološki aktivnog perioda.

Raspodela je definisana kao ulazni i izlazni tokovi niza jediničnih procesa sistema upravljanja otpadom koji se analiziraju na osnovu standarda ISO 14040. Izlazi i ulazi svakog jediničnog procesa (sakupljanje otpada, sortiranje otpada, biološki tretman, termičku tretman i deponovanje) se izražavaju kao maseni protoci.

Na slici 3.7. predstavljen je tok čvrstog otpada kroz životni ciklus kako je tretiran kroz IWM-2 program . Svaka etapa u životnom ciklusu otpada predstavljena je u obliku okvira/prozora.

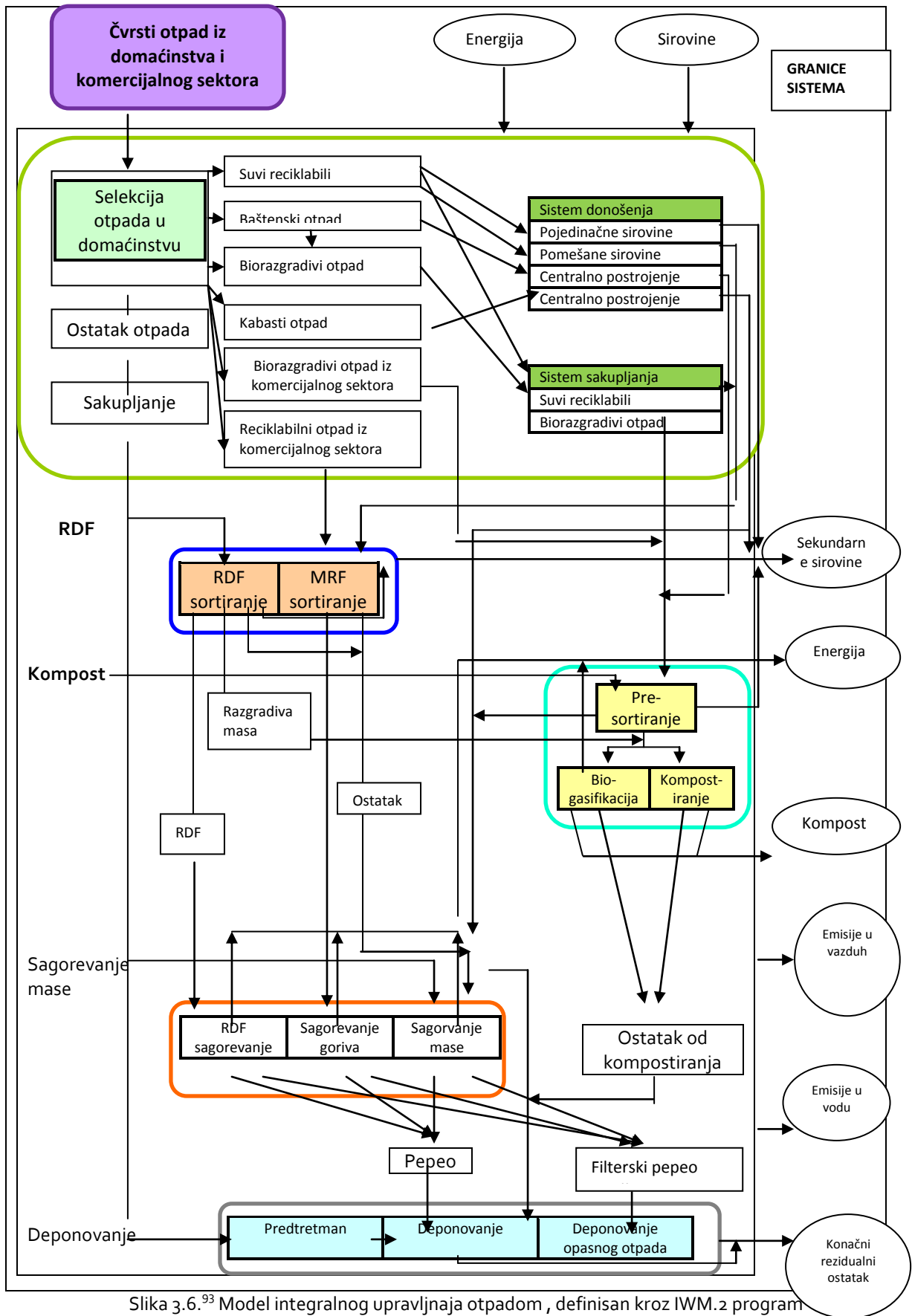
Model koji koristi IWM-2 program predstavljen na slici 3.8. obuhvata definisanje;

- ulaza; količine i sastava otpada, iz domaćinstava i komercijalnog sektora, koji ulazi u sistem upravljanja otpadom. Efikasnost bilo kog tretmana otpada zavisi od karakteristika ulaznog toka otpada, stoga je neophodno kao prvi korak utvrditi tačan sastav i količine otpada,
- razvrstavanja/sortiranja i reciklaže sirovina,
- biološkog i
- termičkog tretmana otpada i
- deponovanja.

Materijali koji su obnovljeni oduzimaju se od rezidualnog toka i ulaze u materijalni tok. Na kraju životnog ciklusa svi materijali "napuštaju" rezidualni tok i ulaze u materijalni tok ili odlaze na deponiju.

Indikatori obuhvaćeni modelom su:

- Utrošena/ušteđena energija
- Gasovi sa efektom staklene bašte
- Kiseli gasovi
- Uzročnici smoga
- Emisija teških metala
- Emisija isparljivih organskih jedinjenja
- BPK vode
- Masa čvrstog ostatka



Slika 3.6.⁹³ Model integralnog upravljanja otpadom, definisan kroz IWM.2 program

⁹³ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

3.3.1. Količine otpada- Ulaz otpada

Definisanje količine i sastava otpada koji se generiše u domaćinstvu i u komercijalnom sektoru je prioritetan zadatak za:

- koncipiranje integralnog sistema upravljanja otpadom
- za dimenzionisanje potrebne infrastrukture
- za sprovođenje LCA studije
- za rad sa IMW_2 modelom

Kvalitet i kvantitet otpada iz domaćinstva zavisi od gustine naseljenosti, standarda stanovništva, tipa stanovanja, dok sastav komercijalnog otpada zavisi od vrste i nivoa lokalne komercijalne aktivnosti.

Najčešće, lokalni izvori podataka ne postoje dok opšte podatke treba koristiti sa oprezom. .

Za potrebe IMW-2 programa korišćena je klasifikacija koju je predložila Evropska asocijacija za reciklažu i obnavljanje materijala.

Tabela 3.4.⁹⁴ Klasifikacija čvrstog otpada koja je korišćena u integralnom sistemu upravljanja otpadom

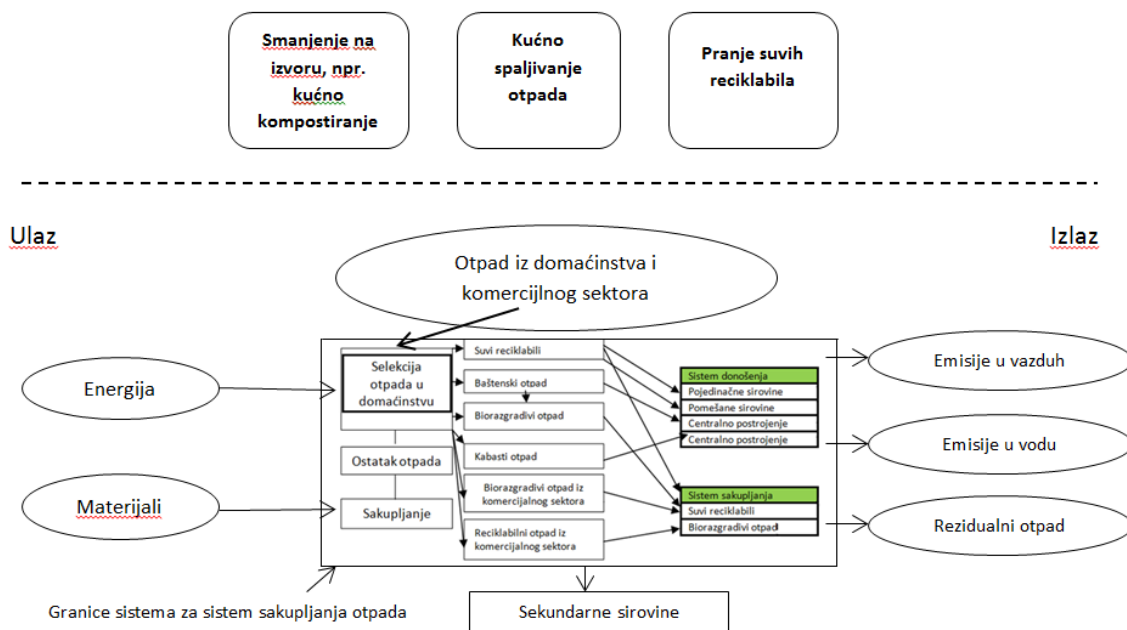
Kategorija	Opis
Frakcije komunalnog čvrstog otpada	
Papir PA	Papir, karton, papirni proizvod
Staklo GL	Staklene boce i tegle svih boja, staklene pločice
Metal ME	Svi metali uključujući i konzerve, koji se dalje dele na fero-metale i obojene metale
Plastika PL	Sve vrste plastike, boce, filmovi, laminati, tvrde plastike, plastične folije
Tekstil TE	Sve tkanine, sintetičke, prirodne
Organski otpad OR	Kuhinjski otpad, otpad iz bašte, otpaci od hrane
Ostali otpad	Svi ostali materijali, fini materijali, koža, guma, drvo...
Ostaci od tretmana otpada	
Ostatak od kompostiranja CO	Ostatak od biološkog tretmana (kompostiranje ili anaerobna digestija) koji nema tržišnu vrednost
Pepeo AS	Pepeo, šljaka, šljaka iz termičkog tretman

3.3.2. Sakupljanje otpada

Sakupljanje otpada produkuje zagađenje životne sredine i to :

- zagađenje koje produkuju transportna vozila svojim emisijama u vazduh
- korišćenje resursa kroz potrošnju energije (goriva) za transport

⁹⁴ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)



Slika 3.7.⁹⁵ Granice sistema za transport i sakupljanje

Funkcija sistema sakupljanja otpada između ostalog jeste transportovanje otpada iz domaćinstva i otpada iz komercijalnog sektora do postrojenja za sortiranje ili tretman otpada.

Granice sistema za sektor sakupljanja otpada prikazane su na slici 3.9.

Tabela 3.5. Tokovi otpada pri transportu i sakupljanju /mod.11,/

Ulaz/izlaz	Tokovi
Ulaz	sirovine, energija i otpad u tački gde napušta domaćinstvo ili komercijalni sektor
Izlaz	emisije u vodu i vazduh, preostali otpad i sekundarne sirovine koje ulaze u druge procese (centralno sortiranje, biološki tretman, termički tretman i reciklaža).

U skladu sa okvirom rada IMW-2 programa, otpad se sakuplja kroz 2 sistema/11,/

- sistem donošenja otpada⁹⁶, gde stanovnici sami donose mešani otpad i/ili reciklabile na definisana mesta (reciklabilne sirovine dostavljaju na reciklažna dvorišta)
- sistem odnošenja otpada⁹⁷, u kom stanovnici ostavljaju otpad i/ili reciklabile u kontejneru ili kesi, određenog dana, na trotaru ili ulici

⁹⁵ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

⁹⁶ Engl. Bring collectio

⁹⁷ Engl. kerbside

Tabela 3.6. ⁹⁸ Obeležja sistema za sakupljanje otpada sa donošenjem i odnošenjem otpada

Sistem	Stanovnici donose otpad	Organizovano odnošenje otpada
Definicija	Stanovnici dostavljaju otpad u sakupljačke centre ili dvorišta	Otpad direktno sakupljen iz domaćinstva
Sortiranje	Sortiranje u domaćinstvu. Otpad može i ne mora biti sortiran na centralnom postrojenju.	Sortiranje u domaćinstvu. Otpad može biti sortiran u ovom sistemu ili na centralnom postrojenju.
Sakupljene sirovine	Odvojene sirovine ili pomešane sirovine	Odvojene sirovine ili pomešane sirovine
Posude/ kontejneri	Komunalni kontejneri	Individualni kante, kese
Nivo kontaminacije	Nizak: sakupljanje odvojenih frakcija Visok: sakupljanje pomešanih frakcija	Nizak: sakupljanje odvojenih frakcija Visok: sakupljanje pomešanih frakcija

U Modelu su postavljena određena ograničenja :

- kućno kompostiranje se ne uzima u obzir, tj odvija se izvan granica sistema
- sagorevanje otpada u domaćinstvu se ne uzima u obzir
- pranje i čišćenje suvih reciklabila (npr. staklenih boca i tegli, plastičnih posuda ili metalnih konzervi) nije obuhvaćeno
- podrazumeva se da je vlasnik pravilno izdvojio reciklabilni materijal.

Opterećenje životne sredine usled transporta

Transport koji spada u sistem sakupljanja otpada obuhvata korišćenje dve vrste vozila; individualna vozila i vozila javnog komunalnog preduzeća u zavisnosti od sistema sakupljanja.

Tabela 3.7. Karakteristike transporta otpada

Sistem	Stanovnici donose otpad	Organizovano odnošenje otpada
Vozila	individualna prevozna sredstva za transport od mesta nastajanja do reciklažnog centra	vozila javnog komunalnog servisa ili servisa koji je zadužen za ovu vrstu delatnosti.
Vozila	posebna vozila za transport sirovina od reciklažnog centra do postrojenja za dalje procesuiranje tih materijala	vozila javnog komunalnog servisa ili servisa koji je zadužen za ovu vrstu delatnosti.
Emisije u vazduh Potrebni podaci	- prosečan broj individualnih vozila - prosečna udaljenosti (lokacije za prikupljanje i domaćinstva) za vremenski period od godinu dana.	Potrošnja goriva zavisi: - od broja domaćinstva, - količine sakupljenog otpada, - gustine naseljenosti, - udaljenost zone u kojoj se sakuplja otpad od postrojenja za sortiranje ili tretman otpada,

⁹⁸ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

		- prosečne pređene kilometraža vozila za sakupljanje otpada po domaćinstvu i prosečne potrošnje goriva po zoni sakupljanja
Komentar	Podaci nisu lako dostupni, ali se mogu lako pribaviti kroz istraživanje i komunikaciju sa korisnicima usluga.	Izračunavanje emisija i potrošnje energije je složeno

Različita goriva daju različite emisije , te inventar i interpretacija konačnih rezultata o uticaju nekog sistema transporta na LCA studiju zavisi i od karakteristika goriva.

Opterećenje usled rukovanja sa otpadom

Posude i/ili kese za sakupljanje otpada, u kojima se odlaže otpad na mestu nastajanja predstavljaju sastavni element sistema sakupljanja i transporta otpada. Posude su potrebne za transportovanje otpada od tačke „odbacivanja“ do sakupljačkog centra. Kese i ostale posude (kante ili kontejneri) predstavljaju dodatna opterećenja životne sredine, pa ih je neophodno uzeti u razmatranje.

Tabela 3.8. Karakteristike sistema za sakupljanje

Posuda	Karakteristike
Kese za sakupljanje otpada plastične ili papirne,	<ul style="list-style-type: none"> - služe za jednokratno sakupljanje otpada - same u procesu postaju otpad - potrebno konačno zbrinjavanje tj. tretman - iz opštih podataka o proizvodnji kesa dobijaju se karakteristike ulaza i izlaza za potrebne materijale i energiju, emisije i otpad - dostupni podaci o potrošnji kesa po domaćinstvu - broj kesa varira u zavisnosti od količine otpada, veličine kesa, stepena sortiranja otpada u domaćinstvu
Kante i kontejneri za sakupljanje otpada	<ul style="list-style-type: none"> - ne smatraju potrošnim materijalom već kapitalnom opremom. - relativno dugog veka korišćenja - na kraju životnog ciklusa postaju takođe čvrsti otpad. - Određivanje odgovarajućeg opterećenja usled proizvodnje kanti za sakupljanje otpada moguće je izračunati iz opštih podataka o materijalima, težini materijala po kanti/kontejneru i očekivanom životnom veku.. - Pranje kanti predstavlja opterećenje vodnih recipijenata - Podaci o učestalosti pranja i potrošnji vode i energije u ove svrhe su teško dostupni. - Prilikom pranja koriste se i sredstva za čišćenje koja su takođe opterećenje

3.3.3. Sortiranje , MBT i RDF

Sortiranje je bitna faza životnog ciklusa svakog otpada i može da predstavlja početnu fazu mnogih procesa tretmana otpada.

Čvrsti otpad uglavnom predstavlja mešavinu različitih materijala, pa tako i otpad poreklom iz domaćinstva predstavlja tok veoma heterogenog sastava. Separacija različitih sirovina u otpadu jeste suštinski deo za svaku dalju opciju tretmana otpada. Sortiranje može da se sprovede u domaćinstvu, kao primarno sortiranje, ili nakon sakupljanja otpada tj. sortiranje na centralnom postrojenju.

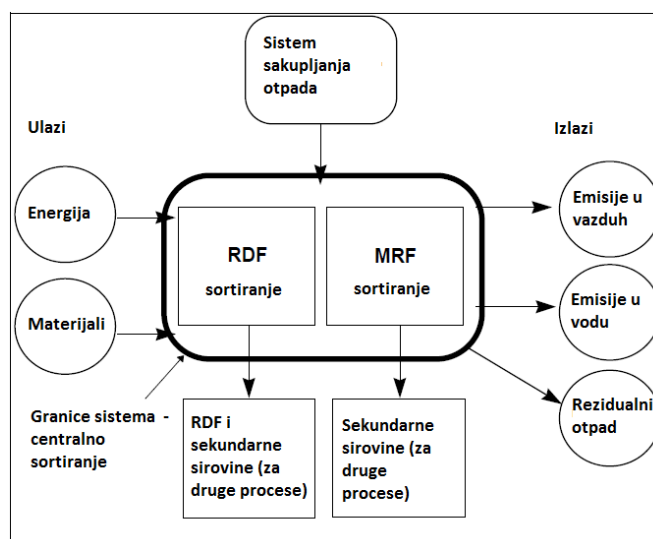
Sortiranje na centralnom postrojenju može da bude ručno ili mehaničko. Najjednostavnija tehnika sortiranja je ručno sortiranje i izdvajanje željenih/ciljanih materijala sa pokretne trake.

Međutim, postoji zabrinutost kada je u pitanju zdravlje i bezbednost radnika koji opslužuju ovakvo postrojenje i iz tih razloga pogodnije je mehaničko sortiranje. Postoje tri opšte kategorije mehaničkih operacija: mašinsko razdvajanje (fizičko odvajanje komponenti), sepracija na osnovu veličine, oblika ili težine čestice i separacija na osnovu osobina materijala (magnetizam, boja...). Neke od brojnih tehnologija su: vazдушna klasifikacija, flotacija, magnetna separacija, elektromagnetna sepracija, elektrostatička separacija itd.

Proces centralnog sortiranja opisan u IWM-2 modelu, podrazumeva dva tipa sortiranja:

- izdvajanje sirovina sa obnavljajućim karakteristikama (*MRF, eng. Materijal Recovery Facility*) i
- sirovina iz koji može da se dobije gorivo (*RDF, eng. Refuse-Derived Fuel*).

Granice sistema za sistem sortiranja date su na slici 3.10.



Slika 3.8⁹⁹. Granice sistema za centralno sortiranje

Sortiranje materijala sa obnovljivim karakteristikama – MRF sortiranje

Cilj MRF sortiranja je izdvajanje korisnih materijala iz otpada u svrhu daljeg korišćenja.

Postoje različite konstrukcije MRF. MRF može da bude projektovano tako da prihvata kompletan neselektovan otpad iz domaćinstva, pomešane reciklabile i sl.

Koncepcija tehnološkog postupka izdvajanja na MRF zavisi od :

- ulaznih karakteristika otpada (karakteristike sistema sakupljanja),
- željenih izlaza (karakteristike raspoloživog tržišta),
- stepena mehanizacije,

⁹⁹ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

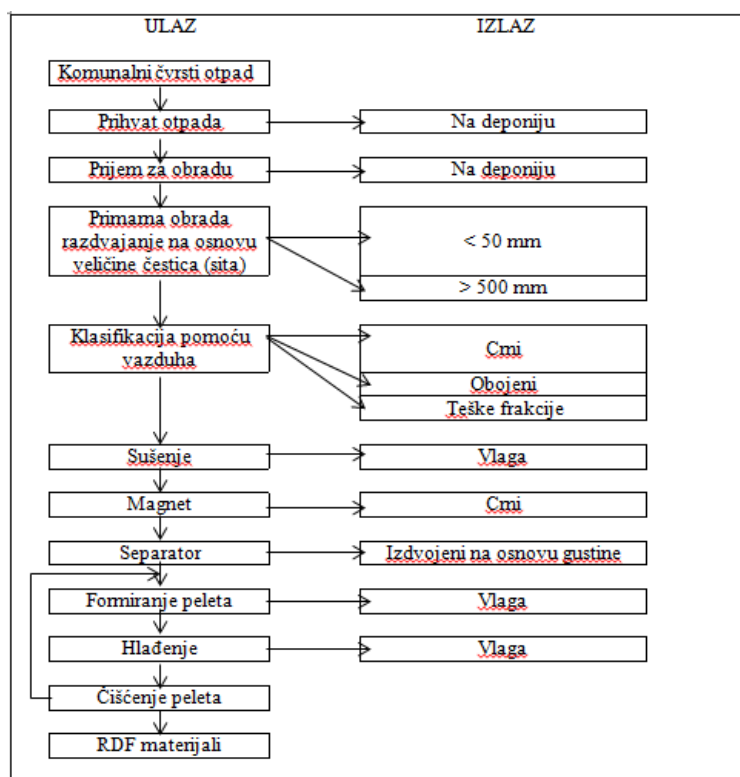
- stepena efikasnosti manualnog ili mehaničkog sortiranja i
- ekonomske cene celog procesa.

Tabela 3.9. Karakteristike MRF sistema za sortiranje

	Karakteristike sistema
Ulaz	<ul style="list-style-type: none"> - energija, - materijali/sirovine i - otpad iz sistema za sakupljanje otpada.
Izlazi	<ul style="list-style-type: none"> - emisije u vodu i vazduh, - preostali otpad - sekundarne sirovine (papir, staklo, metal, plastika, organski materijali za biološki tretman) - RDF koji se direktno sagoreva ili od koga se izradjuju peleti i koji se dalje odvođe u druge procese.
Energija – ulaz	<p>Potrošnja energije raste sa porastom broja i zahteva za kvalitetom razdvojenih materijala mehaničkim sortiranjem</p> <p>Potrošnja energije se definiše na bazi potrebne energije za sortiranje svakog pojedinačnog toka otpada.</p>
Komentar	RDF ostaci moraju zadovoljavati standarde da bi bili tretirani kao RDF

Izdvajanje materijala/sirovina iz kojih se dobija gorivo – RDF sortiranje

RDF sortiranje jeste mehaničko razdvajanje sagorivih i nesagorivih frakcija u čvrstom otpadu.



Slika 3.9¹⁰⁰ Detaljna analiza ulaza izlaza za proizvodnju RDF goriva

¹⁰⁰ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Izdvojene sagorive komponente mogu da se:

- prerade usitnjavanjem i direktno sagorevaju u postrojenju za dobijanje energije (toplotne ili električne)
- procesiraju u formi peleta i prodaju na tržištu za dalje korišćenje

Tabela 3.10. Karakteristike RDF sistema za sortiranje

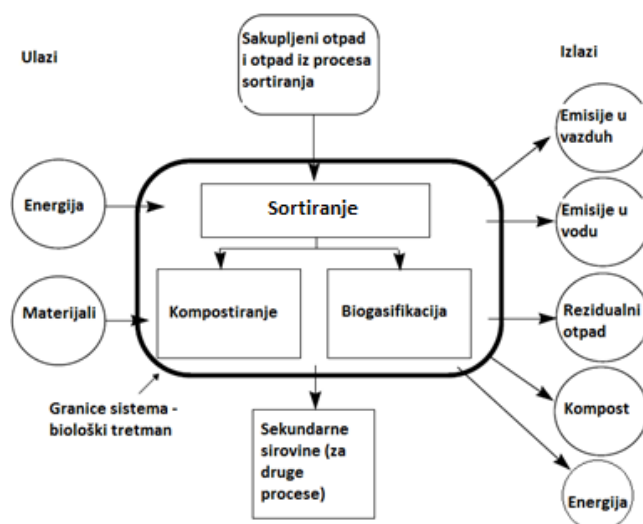
	Karakteriatike
Ulaz	nesortiran otpad
Izlazi	<ul style="list-style-type: none"> - sagorivi materijali, - sekundarne sirovine, - emisije u vazduh, - fine čestice i - ostatak za deponiju .
Energija – ulaz	Pojedine operacije u RDF procesu zahtevaju značajnu potrošnju električne (npr. primarno sitnjenje ili formiranje peleta) i toplotne energije (npr. proces sušenja peleta).
Komentar	U nekim postrojenjima potrebe za toplotnom energijom se podmiruju sagorevanjem RDF na samoj lokaciji postrojenja

3.3.4. Biološki tretman

Poslednjih godina je odvojeno sakupljanje organskog otpada iz kućnog otpada postalo značajno u Evropi. Egzaktni sastav ovog toka varira zavisno od šema sakupljanja otpada u nekoj sredini, ali se generalno sastoji iz kuhinjskog i baštenskog otpada, a često i ne recikliranog papira i papirnih produkata. I pored toga , tamo gde se organski otpad separatno sakuplja kao već sortirana komponenta, postoji dodatna potreba za njegov pregled u cilju obezbeđenja čiste komponente na ulazu u postrojenje.

S druge strane , mešani, nesortirani otpad zahteva ekstenzivno sortiranje u cilju otklanjanja nečistoća.

Granice sistema za biloški tretman u IWM- programu su definisane kao fizičke granice postrojenja za kompostiranje ili anaerobnu stabilizaciju



Slika 3.10.¹⁰¹ Granica sistema za biološki tretman otpada

Proces biološkog tretmana se obavlja u postrojenjima za kompostiranje ili biogasifikaciju. Ova postrojenja zahtevaju i izgradnju postrojenja za prethodnu pripremu i sortiranje bioloških materijala koji ulaze u sistem.

Tabela 3.11. Karakteristike biološkog tretmana otpada

	Karakteristike
Ulaz	<p>Poreklo otpada za biološki tretman je iz najmanje 3 izvora</p> <ul style="list-style-type: none"> - sortirani sakupljeni organski /papirni materijal - mehanički izdvojene lake frakcije iz RDF procesa - mešan i nesortirani otpad
Izlazi	<ul style="list-style-type: none"> - kompost, - sekundarni materijal koji se izdvaja , - ostaci – (deo koji preostaje iz procesa sortiranja i kompostiranja) - emisije u vodu ili vazduh
Energija – ulaz	<ul style="list-style-type: none"> - električna energija iz mreže ili gorivo - potrošnja u procesu predtretmana zavisi od karakteristika sirovina koje se koriste (mešani otpad zahteva veće sortiranje po toni ulaza, a time i veću potrošnju energije nego što zahteva mehanički razdvojeni otpadni tok kakav je deo RDF procesa,. - za sprovođenje kompostiranja potrebna je energije - proces biogazifikacija uključuje i potrošnju energije u toku obrade, ali tokom procesa se i proizvodi korisna energija u vidu biogasa.
Energija – izlaz	<p>U slučaju biogasifikacije , deo energije se dobija iz biogasa</p>

¹⁰¹ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

Komentar	<p>U slučaju biogasifikacije ,</p> <ul style="list-style-type: none"> - deo energije koji se dobija iz biogasa se troši na samoj lokaciji za potrebe grejanja digestora - ostatak biogasa se sagoreva na lokaciji u gasnoj turbini za proizvodnju električne energije (koja se može prodavati kao „zelena“ energija)
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.3.5. Insineracija otpada

Granice procesa sagorevanja otpada su prikazane na slici 3.12.

Emisije gasovitih komponenti pri sagorevanju zavise od tipa instalirane opreme i efikasnosti rada.

Podaci o emisijama za ranije izgradjena i moderna postrojenja za potrebe IWM-2 Programa su uglavnom dostupni korisnicima i obrađivačima LCA iz raznih baza podataka.

Količine čvrstog i tečnog otpada koji se generišu pri procesu insineracije zavise i od tipa sistema za prečišćavanje gasova :

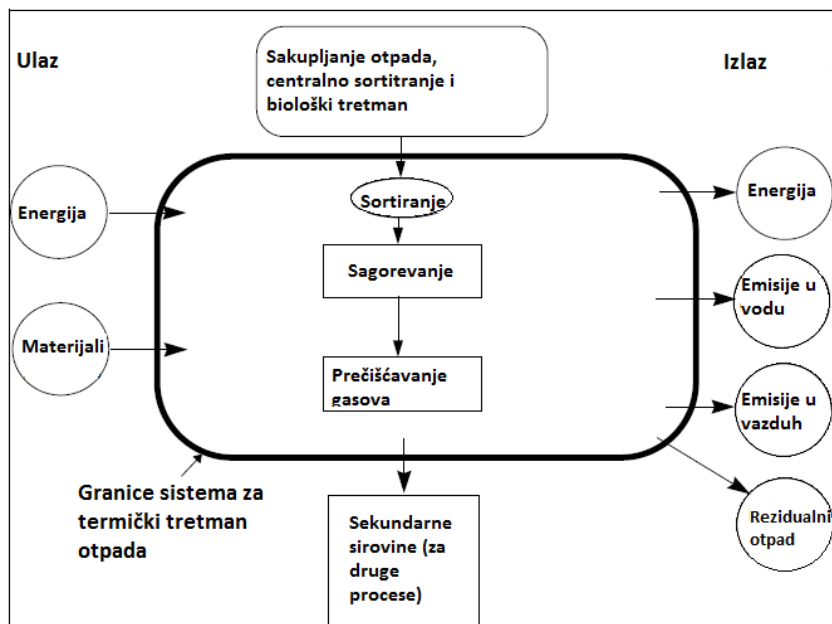
- suvi procesi prečišćavanja će generisati dodatne čvrste otpadne tokove,
- vlažni/mokri postupci prečišćavanja će generisati i tečni otpad.

Tabela 3.12. Karakteristike insineracije otpada

	Karakteristike
Ulaz	<ul style="list-style-type: none"> - mešani otpad - RDF ili - separisani papir i plastika na izvoru , zavisno od tehnoloških zahteva
Izlazi	<ul style="list-style-type: none"> - Energija - Emisije u vodu , vazduh - preostali otpad
Energija – ulaz	<p>Za svrhu IMW-2 programa usvaja se :</p> <ul style="list-style-type: none"> - da je potrošnja električne energije 70 kWh/t koja se sagoreva - da je potrošnje prirodnog gasa 0.23 m³/t otpada koji se sagoreva. - Za sagorevanje RDF i alternativnog goriva (papir/plastika) usvaja se da se troši određena energija za potrebe sistema za prečišćavanje gasova . Za svrhu IWM programa usvaja se da je potrošnja energije 20 kWh/t RDF ili sagorelog papira i plastike
Energija – izlaz	<p>Energija koja se oslobađa pri sagorevanju koristi se za</p> <ul style="list-style-type: none"> - proizvodnju toplote i pare, - generisanje električne energije
Komentar	<p>Za potrebe IMW -2 Programa se usvaja da se oslobođena energija koristi za dobijanje električne energije</p> <p>Toplotna moć otpadnog toka, i njena promenljivost su od presudnog značaja pri odlučivanju i planiranju termičkog tretmana komunalnog otpada.</p>

Karakteristike ulaza u klasična postrojenja za termički tretman komunalnog otpada, koji se pretežno sastoji od preostalog mešanog otpada i ostataka iz ostalih faza tretmana otpada, je veoma promenljiv, i zavisi od sastava samog otpada, koji opet zavisi od mnogih faktora.

Za potrebe IMW-2 toplotna moć otpada se izračunava iz sastava otpada koristeći vrednosti toplotne moći za svaku komponentu morfološkog sastava ulazne struje otpada.



Slika 3.11.¹⁰². Granica sistema termičkog tretmana otpada

Termički tretman, kao i manipulacija otpadom su značajni potrošači energije. Energija se koristi za pokretanje kranova, rešetki za sagorevanje, fluidizaciju mase, rad ventilatora, opreme za kontrolu emisije, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, grejanje i osvetljavanje.

Takođe, postoji potreba za dodatnim gorivom (npr. prirodnim gasom) prilikom pokretanja procesa sagorevanja.

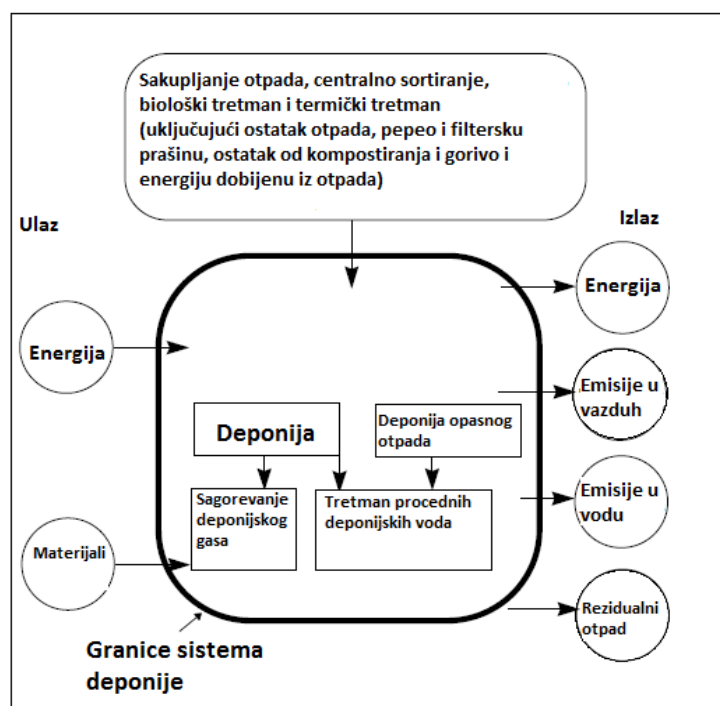
Za svrhu LCA koja se sprovodi kroz IWM 2 program, korisnik može način korišćenja nastale toplote, tj. da li se dobijena toplota koristi za proizvodnju električne energije ili vodene pare odgovarajućih karakteristika.

3.3.6. Deponovanje

Opasnosti po životnu sredinu koje nastaju pri deponovanju otpada vezane su za generisanje procednih voda, deponijskog gasa i sl. S tim u vezi, pri odlaganju otpada na deponijama, otvara se neophodnost dodatnog tretman ovih otpadnih tokova.

Granice sistema su prikazane na slici 3.13.

¹⁰² McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)



Slika 3.12.¹⁰³ Granica sistema za deponovanje otpada

Opterećenje životne sredine usled deponovanje otpada zavisi od

- koncepta deponije ,
- metode odlaganje i rada, kao i od
- prirode i karakteristika deponovanog otpada .

Iako se velika pažnja posvećuje detaljima oko izbora lokacije deponije i različitim projektima za sakupljanje i korišćenje gasa, kao i za tretman otpadnih voda , nedovoljan pažnje se poklanja uticaju budućih promena u sastavu otpadnih materijala koji će biti namenjeni za deponovanje. Kako se sve više materijala izdvaja reciklažom i ponovnim korišćenjem, to se očekuju značajne promene u sastavu i količinama kućnog i komercijalnog otpada za odlaganje na deponije.

Tabela 3.13. Karakteristike deponovanja otpada

	Karakteristike
Ulaz	<ul style="list-style-type: none"> - Ostali otpad (može biti i ukupni komunalni otpad) - Ostaci iz procesa sortiranja - Biološki tretirani materijali - Ostaci iz termičke prerade otpada (pepeo i šljak, leteći pepeo i drugi ostaci iz procesa prečišćavanja gasova)
Izlazi	Deponijski gas iz: <ul style="list-style-type: none"> - Biorazgradive frakcije komunalnog čvrstog otpada 250 Nm³/t - Biološki tretiranih materijala 100 Nm³/t

¹⁰³ McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)

	<p>Procedne vode 150 l/t otpada</p> <p>Inertni otpad iz deponovanog otpada</p> <p>Čvrsti ostatak iz tretmana procednih voda</p>
Energija – ulaz	<p>Proces odlaganja na deponiji koristi energiju</p> <ul style="list-style-type: none"> - u obliku potrebnog goriva za - transportna sredstva - za rad mašina na deponiji - u obliku električne energije - za rad postrojenja za preradu otpadnih voda - za osvetljenje
Energija – izlaz	<p>Energija sakupljenog gasa koja se koristi za potrebe grejanja ili proizvodnju električne energije</p>
Komentar	<p>Ulaz u deponiju (dovoz otpada) se vrši u ograničenom vremenskom periodu - u suštini u toku radnog veka deponije</p> <p>Izlazi iz sistema deponije - se dešavaju kroz znatno duži vremenski period, što podrazumeva i više desetina godina.</p>

IV. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Deponovanje predstavlja najzastupljeniji metod za konačno odlaganje komunalnog otpada u Republici Srbiji. S obzirom da se u domaćinstvima uglavnom ne vrši primarna, niti sekundarna selekcija pojedinih frakcija otpada, sav otpad završava na neuređenim odlagalištima negativno utičući na sve činioce životne sredine (voda, vazduh, zemljište i biota).

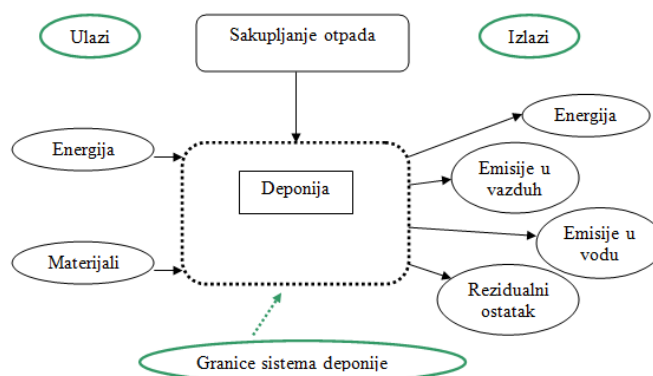
Nasuprot neuređenim odlagalištima, koja ne poseduju mere sanitarne zaštite, sanitarna deponija, kao prihvatljiv način tretmana, predstavlja sanitarno-tehnički uređen prostor sa sistemima za kontrolu, sakupljanje i tretman deponijskog gasa i procednih deponijskih voda. Deponovanje jeste jedina opcija konačnog odlaganja otpada, jer svi ostali tretmani, kao što su recikliranje, kompostiranje i termički tretman za sobom ostavljaju ostatak koji se na kraju opet mora odložiti.

Kao prikaz primene i mogućnosti LCA na definisanje uticaja određenih opcija tretmana otpada na životnu sredinu, u ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja urađeni primenom Programa IWM-2 na određivanju uticaja opcija tretmana otpada na primeru grada Sombora.

Za potrebe istraživanja, urađena je Studija ocenjivanja životnog ciklusa različitih opcija upravljanja komunalnim otpadom u Gradu Sombor .

Jedina metoda upravljanja otpadom u Somboru je odlaganje netretiranog otpada na gradskom odlagalištu (tzv. Deponiji), koje je u većoj ili manjoj meri neuređeno.

Granice sistema za tretman otpada deponovanjem prikazane su na slici 4.1.



Slika 4.1. Granice sistema za tretman otpada-deponovanje

IV.1. Osnovni podaci o Gradu Sombor

Po popisu stanovništva iz 2002. godine u Gradu Somboru ukupno živi 97 263 stanovnika, pri čemu udeo gradskog stanovništva iznosi 53%. Broj domaćinstava iznosi 34 140, a prosečan broj članova po domaćinstvu iznosi 2,84. [15]

Javno-komunalno preduzeće "Čistoća" Sombor opslužuje ukupno 56 734 stanovnika, što čini 58% od ukupnog broja stanovnika, koji žive na teritoriji Grada Sombor.

Trenutno je organizovanim sistemom sakupljanja otpada je obuhvaćeno oko 90% naselja, odnosno celokupno gradsko naselje Sombor. [15]

Vrednost dnevne količine otpada po stanovniku, usvojena za potrebe Studije, preuzete su iz Studije utvrđivanje sastava i količine otpada /16/. Na osnovu usvojene vrednosti dnevne količine otpada po stanovniku i vrednosti masenog udela pojedinih vrsta otpada, dobijenih za stanovništvo obuhvaćeno

organizovanim sistemom sakupljanja otpada, preračunate su vrednosti za ukupnu količinu otpada koju generišu stanovnici Grada Sombora. Podaci su predstavljeni sledećim tabelama.

Za svrhu ovog istraživanja komunalni otpad je definisan kao :

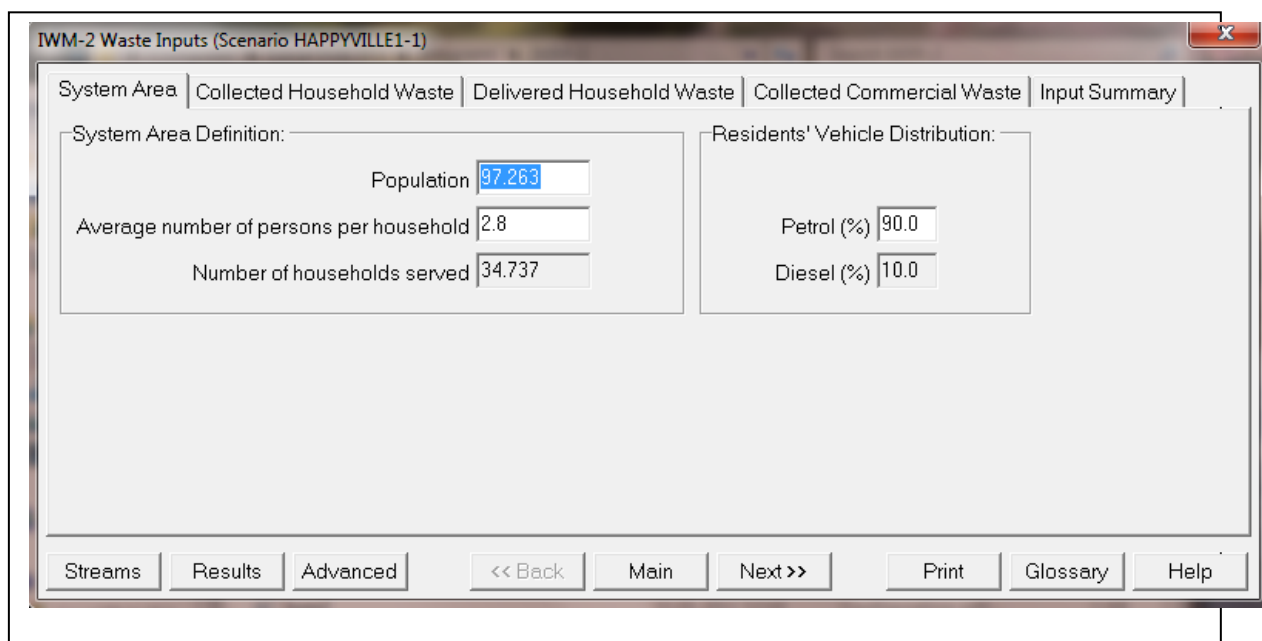
- Otpad iz domaćinstva – otpad koji se generiše u domaćinstvima uključujući i baštenski otpad (kućni otpad prikupljen od strane preduzeća za prikupljanje otpada)
- Otpad iz komercijalnog sektora – otpada od privrednih subjekata, kao što su prodavnice, restorani i kancelarije, koji se skuplja zajedno sa kućnim otpadom.

Tabela 4.1. Generisana količina otpada po stanovniku dnevno i godišnje, za Gradu Sombor

Grad	Broj stanovnika	Sakupljena količina otpada (kg/st/dan)	Projekcija generisane količine na godišnjem nivou (t/god)	Količina generisanog otpada po stanovniku godišnje (kg/st/god)
Sombor	97 263	0,67 kg	23 785,66 t	244,55 kg

Ulazni podaci koji su korišćeni za IWM-2 model. Dati su na slici 4.3.:

- broj stanovnika
- broj domaćinstava
- prosečan broj članova domaćinstva

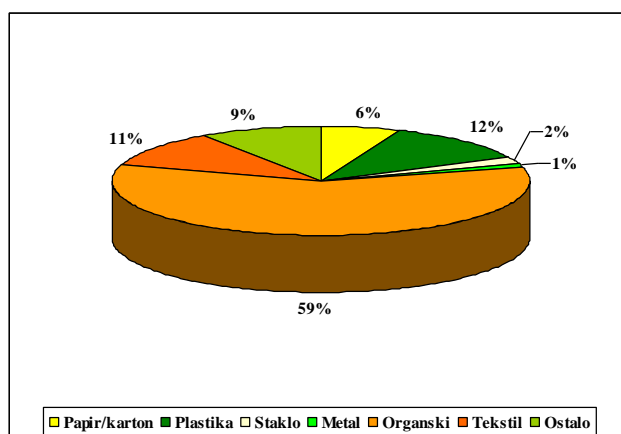


Slika 4.3. Ulaz otpada- oblast sistema

Maseni udeo otpada i količina otpada po frakcijama su prikazani u Tabeli 4.2. i na slici 4.2.

Tabela 4. 2. Sastav komunalnog otpada, za ukupan broj stanovnika, takođe na osnovu Goranovuh podataka

Vrsta otpada	Količina t/god	Udeo u %
Papir/karton	1 443,79	6,07
Plastika	2 763,89	11,62
Staklo	549,45	2,31
Metal	166,50	0,7
Organski	14 024,03	58,96
Tekstil	2 604,53	10,95
Ostalo	2 233,47	9,39
Ukupno	23 785,66	100



Slika 4.2.. Maseni udeo svih kategorija otpada za grad Sombor

IWM-2 Waste Inputs (Scenario HAPPYVILLE1-1)

System Area: Collected Household Waste | Delivered Household Waste | Collected Commercial Waste | Input Summary

Household Waste Generation And Composition:

Amount generated (kg/person/year)

	Paper	Glass	Metal	Plastic	Textiles	Organics	Other	Total
Composition (% by weight)	<input type="text" value="6.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="12.0"/>	<input type="text" value="11.0"/>	<input type="text" value="59.0"/>	<input type="text" value="9.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>

Data Source:

Click the "Advanced" button to select an Energy Grid for this scenario

Detailed Metal Composition: (% by weight) Ferrous Non ferrous

Detailed Plastic Composition: (% by weight) Film Rigid

Streams | Results | **Advanced** | << Back | Main | Next >> | Print | Glossary | Help

Slika 4.4. Količina otpada data u kg/stan/god i morfološki sastav otpada

Za potrebe istraživanja, urađene su analize uticaja životnog ciklusa procesa upravljanja otpadom otpada koji nastaje u Somboru

Studija LCA je urađena za tri scenarija:

I. scenario "1" – uticaj postojećeg sistema upravljanja otpadom u Somboru pri čemu se

- sakuplja celokupna količina generisanog otpada
- odlaganje sakupljanog otpada vrši se na gradskoj deponiji, koja nije uređena u saglasnosti sa postavljenim tehničkim standardima.

II. scenario "2" – uticaj poboljšanog sistema upravljanja otpadom, pri čemu se

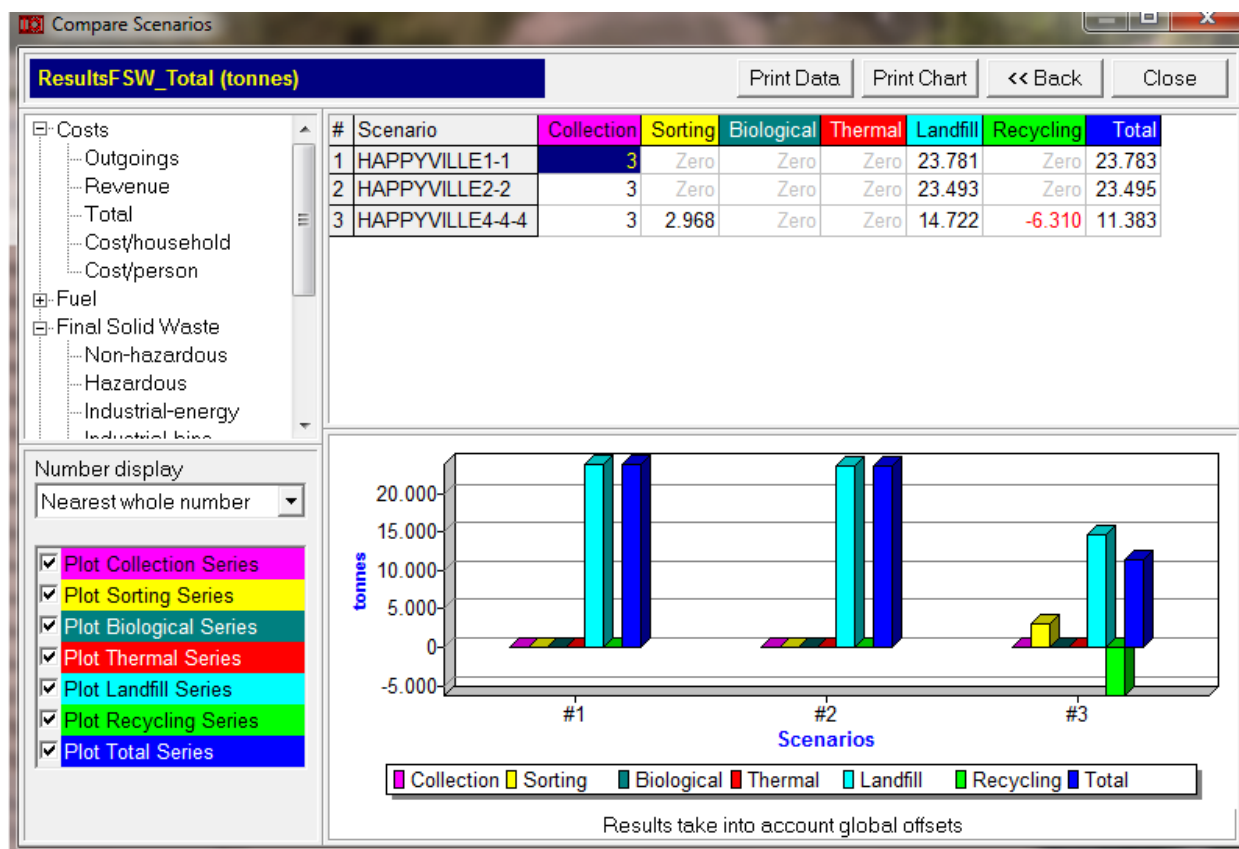
- sakuplja celokupna količina otpada
- odlaganje otpada se obavlja na sanitarnoj uređenoj deponiji koja je opremljena sistemom za sakupljanje deponijskog gasa uz dobijanje energije i sistemom za sakupljanje i tretman procednih voda.

III. scenario "3" – Uticaj reciklaže, pri čemu se

- sakuplja mešani otpad
- sakuplja sortirani otpad 35%
- reciklira 35% ukupnog otpada
- ostali otpad sakuplja i odlaže na deponiju koja **nije** uređena u saglasnosti sa svim postavljenim tehničkim standardima.

Rezultati dobijeni na osnovu IWM-2 modela prikazani su u narednim poglavljima

Početni korak u programu je ubacivanje osnovnih podataka. Pri postavljanju početnog stanja za svaku opciju, na sl. 4.5. se uočava da se kod scenarija 1 i scenarija 2 ukupan otpad odlaže na deponiji



Slika 4.5. Komparacija scenarija, ukupan čvrsti otpad koji nastaje i koji se odlaže na deponiju (t)

Kod scenarija 3, deo otpada se izdvaja sortiranjem, pri čemu se na deponiji smanjuje količina otpada za odlaganje. Sortirani otpad se reciklira, čime je doprinos recikliranih komponenti označen zelenom bojom

IV.2. Rezultati istraživanja uticaja na globalno zagrevanje¹⁰⁴

Dok mnogi instrumenti za ocenu životnog ciklusa daju rezultate bazirane na potencijalnom doprinosu različitog uticaja na životnu sredinu, IWM-2 program uglavnom daje rezultate na bazi osnovnih podataka inventara (emisija i potrošnje resursa). Ovakva obrada je dovoljna kada se tumačenja direktno zasnivaju na podacima iz inventara i saznanjima koja će emisija verovatno biti najznačajnija

Za potrebe istraživanja za ovu Monografiju, razmatran je uticaj različitih opcija tretmana otpada na životnu sredinu kroz analizu indikatora; Potencijal globalnog zagrevanja GWP (*eng. GWP-Global Warming Potential*).

Sa stanovišta životnog ciklusa otpada, uticaj na klimatske promene se definiše kroz Potencijal globalnog zagrevanja GWP [tona CO₂ ekvivalenta]. Emisije gasova koje doprinose globalnom zagrevanju su CO₂, CH₄ i N₂O. Da bi mogao da se obračuna ukupan potencijal, svi gasovi koji učestvuju u procesu se izražavaju kao CO₂ ekvivalent. Relacije za gasove CO₂, CH₄ i N₂O se obračunavaju preko odnosa datih u izveštaju Internacionalnog Panela za klimatske promene (1 tona CH₄ je ekvivalentna 21 toni CO₂ a 1 tona N₂O azotsuboksida je ekvivalentna 310 tona CO₂)

U procesu razlaganja komunalnog otpada na deponiji oslobađa se značajna količina metana (CH₄). Metan u velikoj meri utiče na globalno zagrevanje. GWP j

Emisije gasova koje doprinose globalnom zagrevanju se mogu u velikoj meri redukovati korišćenjem naprednih sistema upravljanja otpadom. Ovo se odnosi pre svega na regione sa visokim procentom biorazgradivog otpada. Dodatne prednosti ostvaruju se putem reciklaže, proizvodnje komposta i sl. Studija ocenjivanja životnog ciklusa pre svega ističe prednosti naprednih sistema upravljanja otpadom, koji bitno utiču na redukciju emisija i potrošnju resursa.

U kontekstu procene klimatskih promena, Indikator GWP "potencijal globalnog zagrevanja" se može odrediti korišćenjem IWM -2.

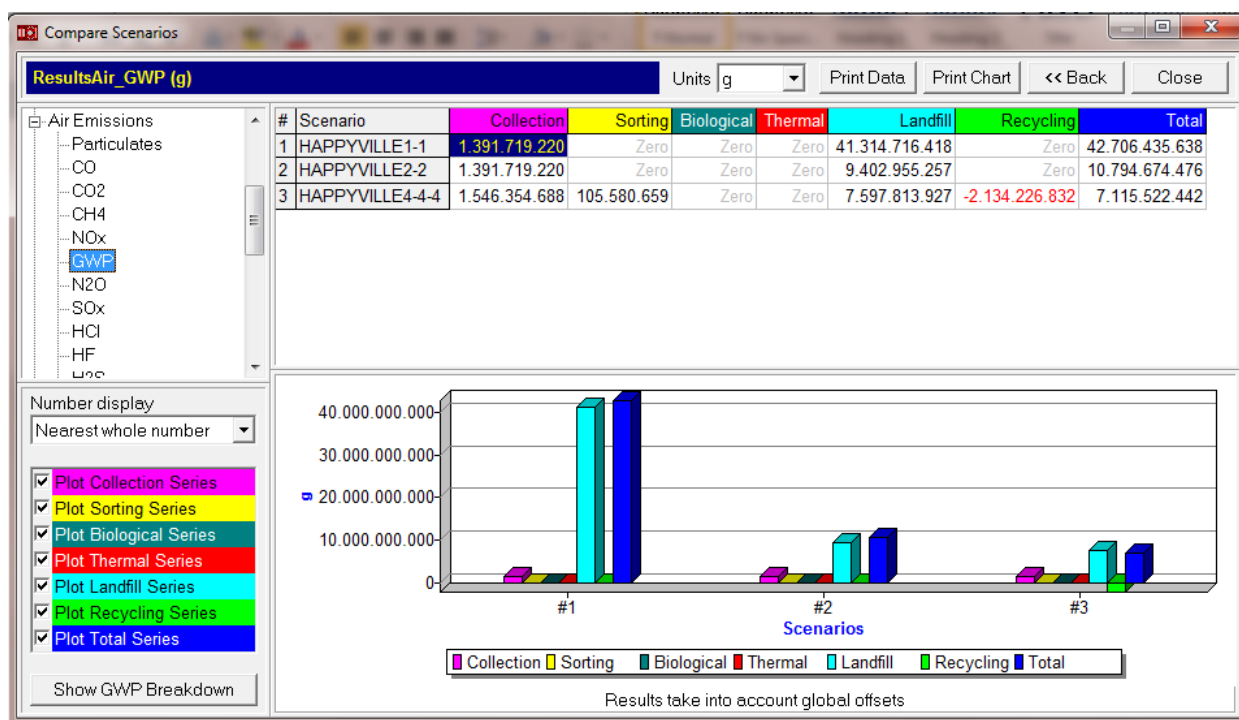
Uticaj na globalno zagrevanje je razmatran za sledeće sva 3 scenarija, uključujući uticaje različitih faze životnog ciklusa otpada

Scenario I- uticaj emisija iz transporta i odlaganja na nesanitarnoj deponiji

Scenario II- uticaj emisija iz transporta i odlaganja na sanitarnoj deponiji

Scenario III- uticaj emisija iz transporta mešanog otpada, sortirano otpada, rada reciklažnog postrojenja, uštede pri korišćenju reciklabila, odlaganja na nesanitarnu deponiju

¹⁰⁴ H. Stevanović Čarapina, A. Mihajlov, J. Stepanov, D. Savić, Uspostavljanje održivog sistema upravljanja otpadom - primena koncepta ocenjivanje životnog ciklusa, plenarno predavanje, Zbornik radova 5. simpozijuma Reciklažne tehnologije i održivi razvoj, Tehnički fakultet u Boru, Soko Banja, 2010, pp. 29-35.



Slika 4.6. Poredjenje scenarija kroz emisije gasova koje doprinose globalnom zagrevanju GWP (g).

Rezultati dobijeni primenom IWM-2 modela na tri opcije upravljanja otpadom pokazuju da se uticaj na globalno zagrevanje

- smanjuje za 75% u slučaju odlaganja otpada na sanitarno uređenu deponiju u odnosu na odlaganje na neuredjenu deponiju,
- smanjuje za čak za 85% u slučaju uvođenja odvojenog sakupljanja i reciklaže 35% ukupnog otpada, iako se preostali otpad odlaže na sanitarno neuređenu deponiju.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da:

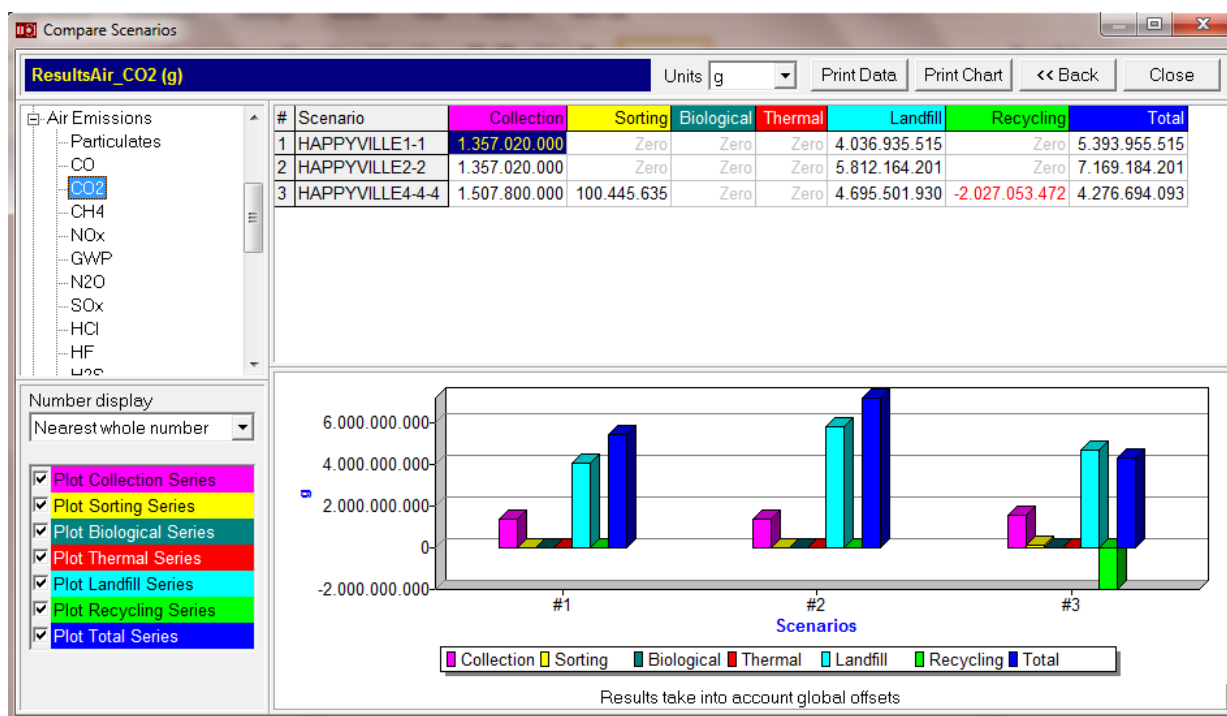
- se doprinos globalnom zagrevanju značajno smanjuje uvođenjem reciklaže i opremanjem deponije tehnikama za kontrolisano sakupljanje i odvođenje gasa i preradu otpadnih voda
- je u cilju poboljšanja uslova zaštite životne sredine neophodno uvoditi odvojeno sakupljanje reciklabila, uz izgradnju sanitarne deponije
- bi se uticaji upravljanja otpadom i dalje smanjivali, mora se pristupiti uvođenju i drugih opcija upravljanja otpadom

IV.3. Rezultati istraživanja emisija zagađujućih komponenti ¹⁰⁵

Princip rada Programa IMW-2 se bazira na obračunu pojedinačnih emisija zagađujućih materija u vodu ili vazduh .

Tako na primer , u tabli 4.7. su prikazane emisije CO₂ za sva scenarija (1-3) pojedinačno.

¹⁰⁵ H. Stevanović Čarapina, J. Stepanov, D. Savić, A. Mihajlov, Emission of toxic component as a factor of the best practice options for waste management – application of LCA (life cycle assessment), 10th Congress of Toxicologists of Serbia with international participation, Palic, Serbia, 2010.



Slika 4.7. Emisije CO₂ iz različitih opcija

Pri deponovanju otpada emituju se zagadjujuće komponente u vazduh i vodu.

U Tabeli 4.3. su date osobine najčešće zastupljenih zagadjujućih komponenti sa toksičnim karakteristikama pri deponovanju otpada.

Tabela 4.3. Karakteristike zagadjujućih komponenti

Zagadjujuća komponenta	Toksikološki efekti
Arsen	Putevi unosa: inhalacija, ingestija
	Toksičnost po životinje: akutna oralna izloženost (LD ₅₀): 145 mg/kg (miš)
	Efekti na ljude: kancerogeni efekti; izaziva oštećenja bubrega, pluća i nervnog sistema; veoma opasan u slučaju ingestije, inhalacije, blago opasan u slučaju dodira sa kožom (iritant)
Živa	Putevi unosa: inhalacija, ingestija
	Toksičnost po životinje: Ribe: kalifornijska pastrmka (LC ₅₀): 0.16-0.90 mg/l; som (LC ₅₀): 0.35 mg/l
	Efekti na ljude: razni neuropsihijatrijski poremećaji; udisanjem pare prodire u krv i sistematski se transportuje do tkiva, uključujući mozak; kratkotrajno izlaganja koncentraciji od 1,2 mg/m ³ izaziva bol u grudima, kašalj, a kasnije i stomatitis; u kontaktu sa kožom i očima izaziva iritaciju
Azot dioksid (NO ₂)	Putevi unosa: inhalacija, kontakt sa kožom i očima
	Toksičnost po životinje: nivo LC ₅₀ se menja u zavisnosti od ekspozicije: <ul style="list-style-type: none"> - 5 minuta izloženosti: inhalacija pare (LC₅₀): 790 mg/m³ (pacov) - 30 minuta izloženosti: inhalacija pare (LC₅₀): 310 mg/m³ (pacov) - 60 minuta izloženosti: inhalacija pare (LC₅₀): 220 mg/m³ (pacov)
	Efekti na ljude: para je jak iritant plućnog trakta; inicijalni simptomi prilikom udisanja: iritacija očiju i grla, stezanje u grudima, glavobolja, mučnina, postepeni gubitak snage;

	odloženo dejstvo nakon 5 do 7 sati uključujuje: cijanozu, otežano disanje, nepravilno disanje; ukoliko se ne leči, usled akutnog edema pluća, dolazi do smrtnog ishoda
Vodonik sulfid (H ₂ S)	Putevi unosa: inhalacija, kontakt sa kožom i očima
	Toksičnost po životinje: nivo LC ₅₀ se menja u zavisnosti od ekspozicije: <ul style="list-style-type: none"> - 4 sata akutne izloženosti: inhalacija pare (LC₅₀): 700 mg/m³ (pacov) Veoma je toksičan za akvatične organizme: <ul style="list-style-type: none"> - 96 sati akutne izloženosti u svežoj vodi: (LC₅₀) < 2µg/l (ribe)
	Efekti na ljude: <u>Akutni:</u> <ul style="list-style-type: none"> - pri koncentraciji od 0,13 do 30 ppm, javlja se neprijatan miris - pri koncentraciji od 50 ppm, javlja se sušenje i iritacija nosa i grla, a ukoliko se izloženost prolongira moguće su sledeće pojave: curenje nosa, kašalj, promuklost, pneumonija - pri koncentraciji od 100 do 150 ppm javlja se postepeni gubitak čula mirisa - pri koncentraciji od 200 do 250 ppm javlja se glavobolja, mučnina, povraćanje i vrtoglavica, a ukoliko se izloženost prolongira moguće je oštećenje pluća, a nakon 4 do 8 sati nastupa smrt - pri koncentraciji od 500 ppm smrt nastupa nakon 30 minuta do sata <u>Hronični</u> <ul style="list-style-type: none"> - oštećenje pluća, respiratornog trakta, očiju, centralnog nervnog sistema
Polihlorovani bifenili (PCB)	Putevi unosa: inhalacija pregrejale pare, ingestija, apsorpcija preko kože u radnoj sredini
	Toksičnost po životinje: Rezultati proučavanja na glodarima govore da neki PCB kongeneri mogu biti kancerogeni i da mogu uvećati kancerogenost drugih hemikalija. Akutna oralna izloženost (LD ₅₀): 8,65 g/kg za 42% hlorovane i 11,9 g/kg za 54% hlorovane (pacov)
	Efekti na ljude: <ul style="list-style-type: none"> - PCB-i se talože u masnom tkivu ljudi i izazivaju toksične efekte, posebno ako se radi o višestrukoj izloženosti - najviše utiču na jetru i kožu, ali takođe i na gastrointestinalni trakt, imunološki i nervni sistem

Napomena: Smrtna doza 50%, LD_{50r}, je doza pri kojoj nastaje smrtni ishod kod 50% populacije. Obeležava se simbolom LD_{50r}, ako je supstanca uneta u organizam preko kože ili hranom, i LC₅₀ ako je ona uneta vodom ili vazduhom.

Za potrebe rada¹⁰⁶ su vršena istraživanja izabranih emisija toksičnih materija u vodu i vazduh koje nastaju pri 2 scenarija odlaganja otpada (scenario I i scenario II)

Program IWM-2 je dao podatke o pojedinačnim emisijama toksičnih materija u vazduh i vodu pojedinačno .

Kumulativni rezultati emisija u vodu i vazduh su prikazani u tabelama 4.4. i 4.5.

¹⁰⁶ H. Stevanović Čarapina, J. Stepanov, D. Savić, A. Mihajlov, Emission of toxic component as a factor of the best practice options for waste management – application of LCA (life cycle assessment), 10th Congress of Toxicologists of Serbia with international participation, Palic, Serbia, 2010.

Tabela 4.4. Emisije u vazduh

Jedinica (g)	Scenario 1			Scenario 2		
	Sakupljanje i transport otpada (12 vozila)	Deponovanje	Ukupno	Sakupljanje i transport otpada (12 vozila)	Deponovanje	Ukupno
Čestice	559.440	17.739	577.179	559.440	-3.083	-2.523.902
CO	7.446.600	292.594	7.739.194	7.446.600	3.127.246	10.573.846
CO ₂	1.357.020.000	4.036.935.515	5.393.955.515	1.357.020.000	5.812.164.201	7.169.184.201
CH ₄	1.651.860	1.775.132.409	1.776.784.269	1.651.860	171.363.071	173.014.931
NO _x	24.418.800	774.265	25.193.065	24.418.800	-4.436.220	19.982.580
N ₂ O	33	3	34	33	-25.269	-25.236
SO _x	2.044.980	64.842	2.109.822	2.044.980	-13.617.163	-11.572.183
HCl	2.775	293.781	296.555	2.775	-386.468	-383.694
HF	0	58.739	58.739	0	-39.707	-39.707
H ₂ S	0	903.671	903.671	0	91.709	91.709
Ukupan ugljovodonici	0	9.036.705	9.036.705	0	1.147.662	1.147.662
Hlorovani ugljovodonici	0	158.142	158.142	0	56.478	56.478
Amonijak	0	0	0	0	-7.384	-7.384
Kadmijum	0	25	25	0	-52	-52
Hrom	0	3	3	0	0	0
Magnezijum	0	0	0	0	-241	-241
Živa	0	0	0	0	-74	-74
Nikl	1	0	1	1	-3.489	-3.488
Cink	0	339	339	0	-770	-770

Tabela 4.5. Emisije u vodu

Jedinica (g)	Scenario 1			Scenario 2		
	Sakupljanje i transport otpada (12 vozila)	Deponovanje	Ukupno	Sakupljanje i transport otpada (12 vozila)	Deponovanje	Ukupno
BPK	2	8.585.774	8.585.776	2	836.501	836.502
HPK	61	8.585.776	8.585.837	61	824.905	824.966
Suspendovane čestice	1.179.360	40.962	1.220.322	1.179.360	-814.148	365.212
TOC ¹⁰⁷	190	7.140	7.330	190	-190.862	-190.671
AOX ¹⁰⁸	0	7.134	7.134	0	662	662
Hlorovani ugljovodonici	0	3.674	3.674	0	348	348
Fenoli	0	1.356	1.356	0	-1.263	-1.263
Aluminijum	45	1	47	45	-1.106.963	-106.918
Amonijak	5.443	75.082	80.525	5.443	-13.915	-8.472
Aresen	0	50	50	0	-2.207	-2.207
Barijum	52	2	54	52	-110.810	-110.758
Kadmijum	0	50	50	0	-67	-67
Hlorid	11.037.600	560.437	11.598.037	11.037.600	-11.821.184	-783.584
Hrom	0	214	214	0	-10.990	-10.990
Bakar	0	193	193	0	-5.425	-5.425
Cijanid	0	0	0	0	-73	-73
Fluorid	0	1.391	1.391	0	136	136
Gvožđe	11.605	339.244	350.849	11.605	-1.448.841	-1.437.237

¹⁰⁷ Total organic carbon¹⁰⁸ AOX Adsorbable organic halogen compounds

Olovo	0	225	225	0	-6.668	-6.668
Živa	0	2	2	0	-2	-2
Nikl	0	606	606	0	-5.476	-5.476
Nitrati	14	0	14	14	-32.453	-32.439
Fosfati	1	0	1	1	-65.145	-65.145
Sulfati	389.340	12.345	401.685	389.340	-12.478.855	-12.089.515
Sulfidi	0	0	0	0	-327	-327
Cink	0	2.426	2.426	0	-10.877	-10.877

Rezultati primene IWM -2 softvera za analizu dve opcije upravljanja otpadom pokazuju da se količine emitovanih toksičnih zagadjujućih komponenti, usled sanitarnog deponovanja, znatno smanjuju, čime se redukuje negativan uticaj na životnu sredinu i ljudsko zdravlje.

Samo opremanjem odlagališta u gradu Somboru sistemima za sakupljanje deponijskog gasa i procednih deponijskih voda i njihov tretman, smanjuju se emisije toksičnih komponenti, i to:

- $\text{NO}_x \approx 20\%$
- $\text{H}_2\text{S} \approx 90\%$
- hlorovanih ugljovodonika $\approx 75\%$

Sanitarnim odlaganjem otpada bi se takođe potpuno eliminisale emisije arsena i žive u vodu.

Rezultati prikazni u ovom radu i izraženi kroz primenu studije LCA na dva scenarija upravljanja otpadom u gradu Somboru pokazuju sledeće:

- za određenu količinu otpada i sistem sakupljanja otpadom, manji negativan uticaj na životnu sredinu, iskazan kroz emisije NO_x , H_2S , hlorovanih ugljovodonika, arsena i žive, pokazuje odlaganje na sanitarnu deponiju sa kontrolisanim sakupljanjem i odvođenjem gasa i preradom otpadnih voda nego odlaganje na neuređeno odlagalište
- U poređenju sasadšnjim stanjem odlaganja na gradskom odlagalištu, u slučaju izgradnje sanitarne deponije u Somboru, emisije NO_x , H_2S i hlorovanih ugljovodonika bi se značajno smanjile, a emisije arsena i žive bi se potpuno eliminisale
- u cilju poboljšanja uslova zaštite životne sredine i sprečavanja uticaja emisije zagadjujućih komponenti neophodna je izgradnja sanitarne deponije
- U cilju smanjenja negativnog uticaja upravljanja otpadom na životnu sredinu, u Somboru se, mora se pristupiti uvođenju i drugih opcija upravljanja otpadom

Tabela 4.6. Poredjenje scenarija kroz emisije u vodu i vazduh nastale prilikom odlaganja otpada (g)

Emisije u vazduh	Scenario 1	Scenario 2	Razlika
NO_x	25.193.065	19.982.580	5.210.685
H_2S	903.671	91.709	995.380
Hlorovani ugljovodonici	158.142	56.478	101.664
Emisije u vodu	Scenario 1	Scenario 2	Razlika
Arsen	50	-2.207 (korist)	2.257
Živa	2	- 2 (korist)	4
Hlorovani ugljovodonici	3.674	346	3.328

V. LITERATURA

1. Stevanović Čarapina.H, Mihajlov.A: Metodologija za dizajn zelenih proizvoda, Ene 10, Beograd , maj 2010g
2. <http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/index.htm>
3. Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste, Communication From The Commission To The Council, The European Parliament, The European Economic And Social Committee And Thhe Committee Of The Regions, {Sec(2005), 1681}, {Sec(2005) 1682, Commission Of The European Communities, Brussels, 21.12.2005
4. Stevanović Čarapina.H:Infrastruktura za preradu otpada, TEHNIČKI PRIRUČNIK, Program podsticaja, ekonomskom razvoju opština, (USAID), implementaciona agencija Urban Institut (UI), Beograd 2007
5. <http://www.iswa.org/>
6. Strategija upravljanja otpadom sa elementima pridruživanja EU, (2003) Srbija
7. Stevanovic Carapina.H &all, Plan upravljanja opštinom Kraljevo, Miteco, Beograd 2007
8. Mihajlov.A, Stevanović – Čarapina.H, Ćurčić.Lj., Savić.D, : UPRAVLJANJE OTPADOM I ENERGIJOM Materijal u pripremi - Interni materijal za studente , EDUCONS Univerzitet, Fakultet zaštite životne sredine, Januar 2010
9. Ilić, M; Stevanović-Čarapina, H; Jovović, A; Pešić, R; Tanasković, M; Jovanović, S; Petković, G: Strateški okvir za politiku upravljanja otpadom, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, Kancelarija u Jugoslaviji, Beograd, 2002.
10. Ilić, M; Stevanović-Čarapina, H; Mladenović, A; Milovanović, D; Todorović, M; Gucić, M: Regionalni plan upravljanja komunalnim otpadom, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, Kancelarija u Srbiji i Crnoj Gori, Beograd, 2004
11. McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2008)
12. Savić, D., Evropske ekološke vrednosti za dobrobit građana Srbije, sa posebnim osvrtom na praksu postupanja sa otpadom, Evropski standardi u Srbiji, Zbornik radova, Centar za demokratiju (2009), p.p. 64-77.
13. Bjarnadottir, H., G. Friðriksson, T. Johnsen, H. Stetsen, Guidelines for the use of LCA in the waste management sector, Nordtest, Finland, (2002).
14. Koneczny, K., V. Dragusanu, R. Bersani, D. Pennington, Environmental Assessment of municipal Waste Management Scenarios, Part I, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability (2007).
15. Savić, D., Magistarski rad: Doprinos regionalnom planiranju upravljanja čvrstim komunalnim otpadom za Region Sombor, Apatin, Odžaci i Bač, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka (2008).
16. Grupa autora, Utvrđivanje sastava i količine otpada na teritoriji Autonomne Pokrajine Vojvodine, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, Novi Sad, 2008
17. Savić, D; Stepanov, J; Stevanović Čarapina H: Doprinos regionalnom planiranju upravljanja čvrstim komunalnim otpadom u Zapadno – bačkom Regionu i Opštini Bač, Zbornik radova Međunarodne konferencije "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad", Zlatibor, 6.– 9. aprila 2009, str. 203-207, ISBN 13978-86-82931-28-7
18. Stevanovic Carapina,H., Ilic,M., Jovovic,A., Mihajlov,A.: Establishment of Regions for Solid Waste / Best Options for Sustainable Waste Management (Case Study Serbia) , Proc.X International Waste Management and Landfill Symposium Sardinia 2005, pp.233-234
19. Stevanovic-Carapina.H., Tematska strategija za otpad – novi pogled na upravljanje otpadom Waste water, waste and hazardous waste". Krusevac april 2007

20. Stevanović Čarapina.H., Mihajlov.A.,Stepanov.J.,, Savić.D., Uspostavljanje održivog sistema upravljanja otpadom - primena koncepta ocenjivanje životnog ciklusa, plenarno predavanje, Zbornik radova 5. simpozijuma Reciklažne tehnologije i održivi razvoj, Tehnički fakultet u Boru, Soko Banja, 2010, pp. 29-35.
21. www.sciencelab.com
22. Mihajlov.A., Osnove analitičkih instrumenata u oblasti životne sredine, Monografija, Univerzitet Educons, Fakultet zaštite životne sredine, Sremska Kamenica, 2010.
23. Grupa autora, Analitički instrumenti u oblasti životne sredine, Tematski zbornik radova, Univerzitet Educons, Fakultet zaštite životne sredine, Sremska Kamenica, 2010.
24. Mihajlov, A, H. Stevanović Čarapina, Strategic Waste Management Opportunities within SE Europe waste market, Plenary lecture, Proceedings ISWA Beacon Conference Strategic Waste Management Planning in South East European, Middle East and Mediterranean Region, Novi Sad, 2009, pp. 15.
25. Mihajlov, A, Strateško planiranje reciklaže u Srbiji u svetlu približavanja EU, plenarno predavanje, Zbornik radova 5. simpozijuma Reciklažne tehnologije i održivi razvoj, Tehnički fakultet u Boru, Soko Banja, 2010, pp. 3-11.
26. Stevanović-Čarapina, H, Stepanov, J, Savić,D., Mihajlov, A, Emission of toxic component as a factor of the best practice options for waste management – application of LCA (life cycle assessment), 10th Congress of Toxicologists of Serbia with international participation, Palic, Serbia, 2010.
27. Stevanović-Čarapina, H; Analiza životnog ciklusa proizvoda, radni materijal za predavanja i vežbe , Fakultet zaštite životne sredine, Univerzitet Edicons, šk 2010-2011
28. Stepanov, J: Analiza životnog ciklusa proizvoda, Radni materijal za predavanja i vežbe , Fakultet zaštite životne sredine, Univerzitet Edicons, šk 2010-2011
29. Stepanov, J: Metodologija ocenjivanja životnog ciklusa komunalnog otpada na primeru Grada Sombor, Magistarska teza - radni materijal , Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
30. Stepanov, J; Stevanović-Čarapina, H; Mihajlov, A: Vrednovanje reciklaže kroz primenu tehnike ocenjivanje životnog ciklusa (LCA studija) – primer grad Sombor, "Uloga reciklaže u hijerarhiji upravljanja komunalnim otpadom", Društvo hemičara, tehnologa i metalurga opštine Požarevac, Narodna tehnika Požarevac, Požarevac, 2010, str. 11-19, ISBN 978-86-911159-1-3
31. Stevanović-Čarapina, H, Stepanov, J, Savić,D, Mihajlov, A, "Emisija toksičnih komponenti kao faktor izbora najbolje opcije za upravljanje otpadom primenom koncepta ocenjivanja životnog ciklusa", prihvaćen za publikovanje u časopisu Hemijska industrija, doi:10.2298/HEMIND101006072S
32. Tekst nacрта Nacionalne strategije održivog koriscenja prirodnih resursa i dobara, Ministarstvo zivotne sredine i prostornog planiranja, 2010
33. LIFE CYCLE ASSESSMENT: PRINCIPLES AND PRACTICE, EPA/600/R-06/060 , May 2006
34. Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part I – Data collection and preliminary assessments for life cycle thinking pilotstudies European Commission ,Joint Research Centre , Institute for Environment and Sustainability, 2007
35. Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part II – Detailed Life Cycle Assessments , European Commission ,Joint Research Centre , Institute for Environment and Sustainability, 2007
36. www.unep.org/pc/sustain/lcinitiative
37. UNEP/ SETAC Life Cycle Initiative.:Life Cycle Approaches The road from analysis to practice, UNEP 2005
38. **Yasuhiko Wada · Takuma Okumoto · Nariaki Wada** Evaluating waste disposal systems J Mater Cycles Waste Manag (2008) 10:173–187 2008 DOI 10.1007/s10163-008-0209-1, © Springer

39. Tamas Benko, Agnes Szanyi, Peter Mizsey, Zsolt Fonyo : Environmental and economic comparison of waste solvent treatment options, Central European Journal of Chemistry DOI: 10.1007/s11532-005-0007-8, Research article, CEJC 4(1) 2006 92–110
40. Todorović M., Stevanović-Janezić, T., Kosi, F., Kuburović, M., Koldžić, G., Jovović, A.: Forestry, municipal and agricultural wastes for fuels and chemical production in Yugoslavia - resources and engineering data, in: Solid Waste Management / Ed. Grover, V., Guha, B.K., Hogland, W., McRae, S.G., Oxford&IBH Publishing Co.Pvt.Ltd., New Delhi, 2000. - chapter 20, p.273-295, ukupan broj strana 324, ISBN 81-204-1384-9
41. Jovović, A., Karan, M., Petrović, A.: Process and equipment in waste treatment systems, in: Developments of equipment in process and environmental engineering / Ed. Kuburović, M. et al., Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade and Mechanical Engineering, Timisoara, 2000. - chapter 6, p. 97-122, ukupan broj strana 173, ISBN 86-7083-385-9
42. Kuburović, M., Jovović, A., Karan, M., Stanojević, M., Radić, D., Obradović, M., Milovanović, Đ.: Granične vrednosti emisija za vazduh, Ministarstvo inostranih poslova Reublike Finske, Ministarstvo spoljnih poslova Srbije i Crne Gore, Ramboll-Finconsult Oy, Espoo, Finska, Ramboll-Natura AB, Stokholm, Švedska, REC-Regionalni centar za životnu sredinu, Beograd, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije, Ministarstvo za zaštitu životne sredine i uređenje prostora Republike Crne Gore, str. 161., 2005., ISBN 86-755-030-0
43. Stanojević, M., Simić, S., Radić, D., Jovović, A., Aeracija otpadnih voda, teorija i proračuni, Eta, Beograd, 2006., str. 116., ISBN 86-85361-07-9.
44. Kuburović, M., Jovović, A.: Municipal wastes and landfill gases utilization – renewable resource of energy and materials, in: Environmental Recovery of Yugoslavia / Ed. Antić, P., Vujić, J., Vinča Institute of Nuclear Science, Belgrade, 2002. - chapter 6, p. 761-774, ukupan broj strana 845, ISBN 86-7306-054-0,
45. Klarin, M., Milanovic, D.D., Misita, M., Spasojevic-Brkic, V., Jovovic, A., A method to assess capacity utilisation in short cycle functional layouts, Journal of process mechanical engineering, part E, (2010) vol. 224, No E1, 49-58, ISSN 0954-4089
46. Jovovic, A., Kovacevic Z., Radic, D., Stojiljkovic, D., Obradovic, M., Todorovic, D., Stanojevic, M, The Emission of particulate matters and heavy metals from cement kilns – case study: Co-incineration of tires in Serbia, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly CI&CEQ (2010) vol. 16, DOI:10.2298/CICEQ090902010J, ISSN 1451-9372
47. Stefanović, P. Jovović, A., i dr., Prvi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime, Ministarszvo životne sredine i pp, Beograd, 2010

Beleška o autorima

HRISTINA STEVANOVIĆ ČARAPINA, Diplomirala je i magistrirala na odseku hemijsko inženjerstvo, na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Od 2008 godine je zaposlena na EDUCONS Univerzitetu – Fakultetu za zaštitu životne sredine, sa sedištem u Sremskoj Kamenici. Učestvuje u nastavi na predmetima; Analiza životnog ciklusa proizvoda, Upravljanje otpadom, Analitički instrumenti u oblasti životne sredine, Upravljanje projektima iz životne sredine, Održivo korišćenje prirodnih resursa. Ima više od 100 objavljenih naučnih i stručnih radova u nacionalnim i međunarodnim časopisima i izlaganih na nacionalnim i međunarodnim konferencijama.

Značajne rezultate postigla je u radu na izgradnji sistema zaštite životne sredine i održivog razvoja u Republici Srbiji radom na koncipiranju nacionalne zakonodavne osnove iz oblasti životne sredine, izgradnji institucija i podizanju kapaciteta u njima. Član je naučnog saveta Ministarstva zaštite životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije. Član je tehničke komisije za procene uticaja Ministarstva i Gradskog sekretarijata za zaštitu životne sredine Beograda

Učestvovala kao ekspert na nacionalnim i međunarodnim projektima iz oblasti održivog razvoja, upravljanja otpadom, klimatskih promena, čistije proizvodnje, politika zaštite životne sredine i evropske integracije, upravljanje životnom sredinom, *ekološke* bezbednosti, finansiranim od strane međunarodnih organizacija i fondov: EAR; IPA; USAID; GTZ; UNDP; INIDO, Worl bank, EBRD itd.

Član Inženjerske komore Srbije i licencirani inženjer-projektant.,

Volonterski podpredsednica i jedan od osnivača organizacije „Ambasadori životne sredine“- Više godišnja volenterska predsednica SESWA (Srpske asocijacije za upravljanje otpadom), sada na poziciji Predsednice Nacionalnog saveta.

DR ALEKSANDAR JOVOVIĆ je zaposlen je kao vanredni profesor na Univerzitetu u Beogradu, Mašinski fakultet u Beogradu, Odsek za procesnu tehniku i zaštitu životne sredine. Rukovodilac je Centra za procesnu tehniku i zaštitu životne sredine. U novom studijskom programu uvedenom na Mašinskom fakultetu u Beogradu održava nastavu za predmete Uvod u procenu tehniku i inženjerstvo životne sredine, Prosesi i oprema u zaštiti životne sredine, Osnovni principi zaštite životne sredine, Upravljanje otpadom i otpadnim vodama, Sušare. Predaje i na doktorskim studijama, kao i na drugim fakultetima. Član je naučnog saveta Ministarstva zaštite životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije. Član je tehničke komisije za procene uticaja Ministarstva i Gradskog sekretarijata za zaštitu životne sredine Beograda. Učesnik i rukovodilac međunarodnih i nacionalnih naučnoistraživačkih, edukativnih i investicionih projekata, strateških nacionalnih dokumenata, studija o proceni uticaja projekata na životnu sredinu. Objavljuje u časopisima, na skupovima i monografskim izdanjima međunarodnog i nacionalnog značaja. Osnivač je i član predsedništva Srpske asocijacije za upravljanje otpadom (SESWA).

STEPANOV JASNA - diplomirani inženjer inženjerstva zaštite životne sredine-master. Diplomirala na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2005 godine. Od oktobra 2008. godine je zaposlena na EDUCONS Univerzitetu u Sremskoj Kamenici, Fakultetu zaštite životne sredine, kao asistent za užu naučnu oblast Zaštita životne sredine. Ima objavljene naučne radove iz oblasti upravljanja otpadom i klimatskih promena. Tokom 2009. i 2010 godine je, kao ekspert i istraživač, učestvovala u realizaciji više projekta iz oblasti životne sredine, bezbednosti životne sredine i upravljanja otpadom. U fazi izrade Magistarske teze na temu; Metodologija ocenjivanja životnog ciklusa komunalnog otpada na primeru Grada Sombor Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.