

Planiranje logističkih procesa prikupljanja otpada

Hukman, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:717665>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikolina Hukman

PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA PRIKUPLJANJA OTPADA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2019.

Zagreb, 25. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Planiranje logističkih procesa**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5243

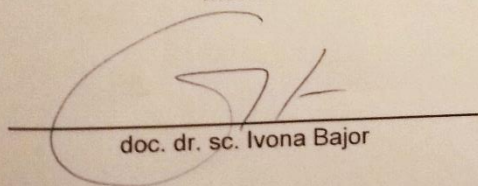
Pristupnik: **Nikolina Hukman (0119025721)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Planiranje logističkih procesa prikupljanja otpada**

Opis zadatka:

U radu je potrebno istaknuti osnovne postavke vezane za planiranje logističkih procesa, a vezane za specifičnosti prikupljanja otpada. Analizirati će se procesi i načini prikupljanja otpada te razina usluga tržišta RH. Istaknuti će se mogućnosti za unapređenje.

Mentor:


doc. dr. sc. Ivona Bajor

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA PRIKUPLJANJA OTPADA

WASTE COLLECTION LOGISTICS PROCESS PLANNING

Mentor: doc. dr. sc. Ivona Bajor

Student: Nikolina Hukman

JMBAG: 0119025721

Zagreb, rujan 2019.

PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA PRIKUPLJANJA OTPADA

SAŽETAK

Logistički procesi služe za upravljanje tokovima roba, a odvijaju se u svim granama gospodarstva. Planiranjem logističkih procesa osigurava se efektivno i efikasno odvijanje tih procesa unutar pojedinog sustava. Sustav gospodarenja otpadom reguliran je mnogim pravilnicima i zakonima koji daju upute za odabir sustava i modela planiranja. Sve vrste otpada, odnosno neželjene i odbačene proizvode, potrebno je zbrinuti na prihvatljiv način. Podizanje ekološke svijesti društva može se postići optimalnim planiranjem, što se postiže odabirom odgovarajućeg modela planiranja. Na primjeru poslovanja tvrtke CE-ZA-R d.o.o. koja se bavi prikupljanjem, reciklažom i oporabom glomaznog otpada dan je pregled načina organiziranja prikupljanja otpada.

KLJUČNE RIJEČI: planiranje logističkih procesa; prikupljanje otpada; gospodarenje otpadom

SUMMARY

Logistics processes are a product of logistics used to manage the flow of goods that are present in all economy areas. Logistics process planning ensures that the processes in one of the systems develop in an effective and efficient way. Waste management system is regulated by many rules and laws that help to build a basis for choosing the system and planning model. All types of waste, which include the unwanted and discarded products, have to be managed in an acceptable way. Optimal planning can raise the ecological awareness of the society, which can be achieved by choosing the most suitable planning model. Study case on waste management involves the company CE-ZA-R d.o.o. whose main activities are collection, recycling and reuse of bulk waste.

KEYWORDS: logistics process planning; waste collection; waste management

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. Planiranje logističkih procesa..... | 3 |
| 2.1. Definiranje pojma logistike..... | 3 |
| 2.2. Planiranje u logistici..... | 5 |
| 2.2.1. Strateško planiranje..... | 7 |
| 2.2.2. Taktičko planiranje..... | 7 |
| 2.2.3. Operativno planiranje..... | 8 |
| 2.3. Logistički procesi..... | 9 |
| 3. Osnove organizacije prikupljanja otpada..... | 10 |
| 3.1. Osnovni pojmovi..... | 10 |
| 3.2. Načela i red prvenstva u gospodarenju otpadom..... | 11 |
| 3.3. Prikupljanje, razvrstavanje i skladištenje otpada..... | 12 |
| 3.4. Logistika prikupljanja komunalnog krutog otpada i skladištenje..... | 16 |
| 3.5. Vozila za prikupljanje otpada i problem određivanja ruta..... | 18 |
| 4. Procesi prikupljanja otpada u tvrtki CE-ZA-R D.o.o..... | 23 |
| 4.1. Poslovanje tvrtke CE-ZA-R d.o.o..... | 23 |
| 4.2. Logistika nabave..... | 24 |
| 4.3. Logistika obrade..... | 27 |
| 4.4. Logistika distribucije..... | 29 |
| 4.5. Analiza prikupljenog otpada u RH i usporedba na razini EU..... | 30 |
| 4.6. Trgovinska razmjena sa zemljama izvan RH..... | 34 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 36 |
| POPIS LITERATURE..... | 37 |
| POPIS SLIKA..... | 39 |
| POPIS TABLICA..... | 40 |

1. UVOD

Otpad je s ekonomskim razvojem i rastom populacije čovječanstva postao sve izazovniji problem. Tradicionalno oduvijek prisutni organski otpad već dugo nije jedina vrsta otpada, jer druge vrste poput stakla, metala, plastike, kemikalije, elektroničke opreme zbog sve veće potrošnje rastu svojim udjelom u količinama. Potrošački mentalitet, u kojem je roba dostupna posvuda, sve raznolikija i gotovo uvijek upakirana, rezultira povećanom kupnjom i povećanjem stvorenog otpada. Kontinuirano se radi na osvješćivanju društva o ekološkim problemima i opasnostima nepravilnog odlaganja otpada.

U području logistike, gospodarenje otpadom ubraja se u takozvanu sekundarnu logistiku, koja prati tokove robe od korisnika prema reciklažnim centrima, odlagalištima ili možda rjeđe prema samim proizvođačima. Dva su koncepta sekundarne logistike, povratna i zelena. Povratna logistika je logistika iskorištenja i recikliranja, a zelena logistika stavlja naglasak na smanjenje negativnog utjecaja otpada na okoliš i traži optimalna logistička rješenja koja to mogu postići.

Cilj mnogih upravnih tijela je smanjenje otpada, često kroz manipulaciju cijena usluga prikupljanja. Odabir sustava gospodarenjem otpadom razlikuje se među državama, a i unutar država među jedinicama lokalne samouprave. U Republici Hrvatskoj, gospodarenje otpadom opisano je i zakonski regulirano putem nekoliko pravilnika, od kojih su najbitniji Zakon o održivom gospodarenju otpadom i Strategija gospodarenjem otpadom RH, koji su u skladu sa standardima i propisima Europske Unije. U skladu sa propisima i uputama iz zakonskih izvora, u radu će biti definirani osnovni pojmovi i opisane temeljne odrednice sustava gospodarenja otpadom, s ciljem približavanje tematike u području organizacije poslovanja prikupljanja otpada.

Predmet ovog rada je analiza logističkih procesa prikupljanja otpada, pri čemu se naglasak stavlja na komunalni otpad te krupni otpad koji se organizirano prikuplja i prevozi cestovnim prijevozom. Cilj je objasniti ključne logističke aktivnosti, opisati organizaciju prikupljanja otpada te na primjeru iz prakse prikazati odvijanje procesa.

Rad je podijeljen u tri cjeline. Prva cjelina pojašnjava pojmove logistike i logističkog planiranja. Objasnjene su razine planiranja i pripadajuće logističke aktivnosti. U drugom

poglavlju definirani su pojmovi otpada i napravljena je podjela otpada u skladu sa zadnjim dostupnim podacima. Pojašnjene su vrste otpada koje će se više spominjati u radu. Nadalje, navedene su postavke organizacije prikupljanja otpada i opisani su neki mogući pristupi pri odabiru sustava gospodarenja otpadom. Posebni naglasak stavljen je na analizu određivanja ruta vozila za prikupljanje otpada, gdje je dan pregled odabranog modela za izradu ruta.

U trećem poglavlju izložena je organizacija poslovanja tvrtke CE-ZA-R d.o.o., većim dijelom iz vlastite obrade podataka dobivenih izravno od upravnih tijela same tvrtke. Kroz faze logističkih aktivnosti koje se odvijaju pri recikliranju glomaznog otpada unutar smještajnih kapaciteta i postrojenja tvrtke prikazan je praktični sustav prikupljanja i oporabe otpada. Na kraju poglavlja dana je sažeta analiza količina prikupljenog i obrađenog otpada, s naglaskom na otpad koji tvrtka reciklira. Također, za usporedbu su izneseni podaci o prikupljenim količinama istih vrsta otpada za neke europske zemlje. U obliku tablica i grafova prikazane su količine izvezene i uvezene robe u kategoriji robe kojom tvrtka sudjeluje u robnoj razmjeni s inozemstvom.

2. PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA

Logistika kao praktična disciplina obuhvaća fizičke i informacijske tokove materijala i proizvoda u raznim oblicima i u mnogobrojnim stadijima unutar proizvodnog i distribucijskog lanca. Funkcije koje logistika obavlja su dinamične i raznovrsne te se često moraju prilagođavati mogućim ograničenjima i raznim zahtjevima koje okolina postavlja.

2.1. Definiranje pojma logistike

U literaturi se spominje mnoštvo različitih definicija logistike, a pritom se ne radi razlika između logistike kao aktivnosti i logistike kao znanosti. Nekoliko definicija prema [1] navedeno je u nastavku:

- Prva skupina definicija logistike u prvi plan stavlja tokove dobara. Prema tome, logistika „obuhvaća sve djelatnosti kojima se planira, upravlja, ostvaruje i kontrolira prostorno-vremenska transformacija dobara i sve transformacije u vezi s količinom, vrstom i svojstvom dobara, rukovanjem dobrima i logističkim određivanjem dobara“. Logistika osigurava povezivanje mjesta isporuke s mjestom primitka, a opskrba mora biti pravovremena, ispravna i uz minimalne troškove.
- Druga skupina definicija logistike naglasak stavlja na životni ciklus proizvoda ili usluge. Životni ciklus se može podijeliti u 4 faze: uvođenje (proizvoda na tržište), rast prihvaćanje proizvoda na tržištu i znatno povećanje profita), zrelost (usporavanje rasta prodaje) i opadanje (pad prodaje i profita). Prema temeljnim zakonitostima životnog ciklusa, Međunarodno logističko društvo definiralo je logistiku kao „podupirući menadžment koji za vrijeme trajanja jednoga proizvoda jamči učinkovitije korištenje servisa i odgovarajuće ostvarenje logističkih elemenata u svim fazama životnog ciklusa, tako da se pravodobnim posezanjem u sustav jamči efektivno upravljanje resursnom potrošnjom“.
- Treća skupina definicija logistike počiva na zamisli da se usluga može korisniku staviti na optimalno raspolaganje samo ako se koordinacijom ostvare sve aktivnosti za proizvodnju. Sukladno toj zamisli, logistika je „proces koordinacije svih nematerijalnih aktivnosti, koje se trebaju ispuniti da bi se jedna usluga ostvarila na efektivan način u pogledu troška i u odnosu na kupca (korisnika)“. Težište je pritom na kraćem vremenu

čekanja, na upravljanju kapacitetom usluga i dovršavanja usluge putem distribucijskog kanala.

Logistika se u zadnjim desetljećima sve više postupno i sustavno razvijala kao znanost. Tako definicija opće ili univerzalne logistike kao znanosti glasi: „opća logistička znanost je skup interdisciplinarnih i multidisciplinarnih znanja koja izučavaju i primjenjuju zakonitosti mnogobrojnih i složenih aktivnosti (tj. funkcija, procesa, mjera, poslova, pravila, operacija, radnji...) koje funkcionalno i djelotvorno povezuju sve djelomične procese svladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara, stvari, tvari, (polu)proizvoda, repromaterijala, živih životinja, kapitala, znanja, ljudi, informacija (...) u sigurne, brze i racionalne (tj. optimalne) jedinstvene logističke procese, tokove i protoke materijala (...), kapitala, znanja informacija (...) od točke isporuke preko točke ili točaka razdiobe, odnosno točke koncentracije do točke primitka, ali s ciljem da se uz minimalne uložene potencijale i resurse (ljudske, proizvodne, financijske...) maksimalno zadovolje zahtjevi tržišta (tj. kupaca robe, korisnika usluga, potrošača...)“.

Logistika kao znanost pak predstavlja najvažniju osnovu za logistiku kao aktivnost. Pojam logistike kao aktivnosti definira se kako slijedi: „opća ili univerzalna logistika kao aktivnost je skup planiranih, koordiniranih i kontroliranih nematerijalnih aktivnosti (tj. funkcija, procesa, mjera, poslova, operacija, radnji...) kojima se funkcionalno i djelotvorno povezuju svi djelomični procesi svladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara, stvari, tvari, (polu)proizvoda, repromaterijala, živih životinja, kapitala, znanja, ljudi, informacija (...) u sigurne, brze i racionalne (tj. optimalne) jedinstvene logističke procese, tokove i protoke materijala (...), kapitala, znanja, informacija (...) od pošiljatelja (tj. točke isporuke: sirovinske baze, (polu)proizvođača, skladišta, terminala, prodavatelja, izvoznika...) preko točke ili točaka razdiobe, odnosno točke koncentracije do primatelja (tj. točke primitka: (polu)proizvođača, skladišta, terminala, kupca, uvoznika, korisnika, potrošača...), ali s ciljem da se uz minimalne uložene potencijale i resurse (ljudske, proizvodne, financijske...) maksimalno zadovolje zahtjevi tržišta (tj. kupca, korisnika, potrošača...)“.

Unutar područja logističke industrije, logističke aktivnosti se pojavljuju kao njeni nezamjenjivi proizvodi. To su funkcije, procesi, mjere, poslovi, operacije, manipulacije ili

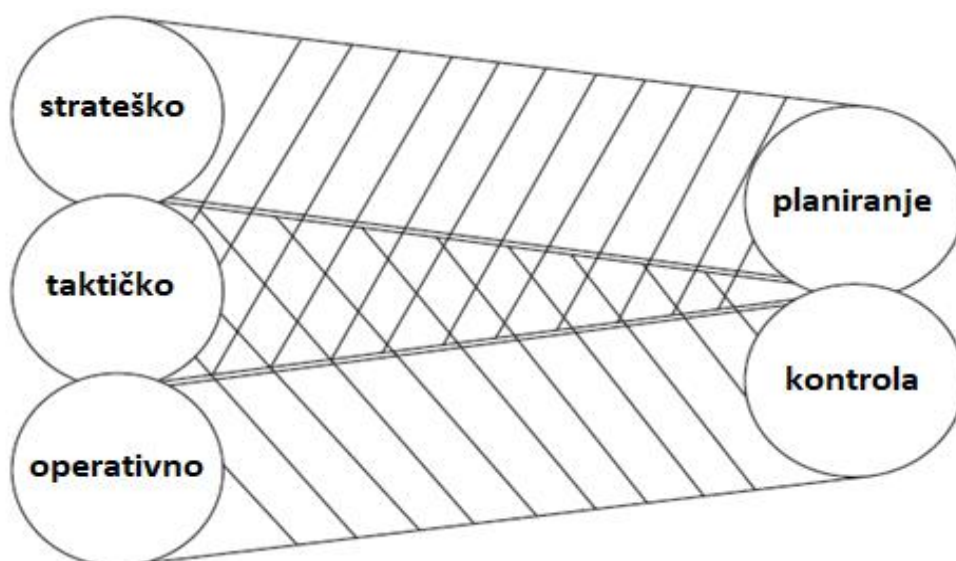
radnje, tj. nematerijalni logistički proizvodi. Aktivnosti mogu biti vrlo složene, zahtjevne pa čak i zamršene i temeljene na interdisciplinarnima i multidisciplinarnim znanjima.

„Logističke aktivnosti proizvode obrazovani, osposobljeni, vješti,iskusni logistički kreativni i operativni menadžeri te specijalizirani logistički stručnjaci u svim djelatnostima primarne, sekundarne, tercijarne, kvartarne i kvintarne logistike“.

Putem logističkih aktivnosti upravlja se materijalnim tokovima, odnosno logističkim i distribucijskim lancima i mrežama. Aktivnosti se proizvode u skladištima, terminalima, lukama, pristaništima, aerodromima, robno-trgovinskim centrima, robno-distribucijskim centrima, logističkim centrima, tijekom proizvodnje materijalnih dobara i usluga te proizvodnje transportnih, prometnih i manipulacijskih proizvoda, [1].

2.2. Planiranje u logistici

U planiranju distribucije i logistike potrebno je sagledati logistički sustav u cijelosti, kao i pripadne troškove. Za uspješnu logistiku, potrebno je ostvariti ravnotežu između ukupne logističke usluge i usluga korisnicima. Planiranje se provodi prema utvrđenom prvenstvu zamišljenih ciljeva u određenim vremenskim razdobljima. Prema [2], odluke, zadaci ili ciljevi dijele se na strateške, taktičke i operativne, a njihovo međusobno preklapanje predstavljeno je na slici 1.



Slika 1. Hijerarhija planiranja logističkih aktivnosti

Izvor: [2]

Između glavnih razina odluka prisutna je određena razina podudaranja, što znači da se mnogi čimbenici planiranja ubrajaju unutar više razina. Ovisno o području u kojem neka tvrtka posluje, stajališta u logistici i važnost nekih čimbenika u odnosu na druge se razlikuju. Primjerice, izbor oblika prijevoza za neku tvrtku može prvotno biti strateška odluka, ali također i taktička odluka koja iz nje proizlazi. Odluka je strateška za neku tvrtku koja tek postavlja temelje svog poslovanja i uspostavlja logističke lance, a za drugu tvrtku je taktička jer je ta tvrtka načelno dobavljač nekom lokalnom tržištu i rijetko dobavlja na veću udaljenost. Slika 1 također ukazuje na međuovisnost planiranja i kontrole unutar hijerarhije odlučivanja. Ta dva elementa, planiranje i kontrola, su oba nužna za provođenje efektivnih i efikasnih logističkih procesa. Razlika između njih može se opisati kako slijedi: planiranje se odnosi na to da se osigura pravilno provođenje procesa, odnosno priprema za efektivno izvršenje procesa; kontrola se pak odnosi na upravljanje procesima na pravilan način, odnosno osiguravanje da se procesi provode efikasno.

Nije značajno točno definirati koje se strateške, taktičke i operativne odluke ili zadaci unutar neke tvrtke klasificiraju kao planiranje ili kao kontrola. Nadalje, između razina odlučivanja može se ustanoviti nekoliko bitnih značajki i razlika. Hijerarhija planiranja znatno varira među tvrtkama i procesima, ovisno o području, vrsti i obujmu posla ili vrsti proizvoda. Glavne funkcije po razinama planiranja prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Glavne funkcije razina planiranja

| Strateško | Taktičko | Operativno |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · srednje do dugoročno (višegodišnje) vremensko razdoblje · cjelovite strukturne odluke · kompromisi u funkcijama tvrtke · kompromisi s drugim organizacijama · financijski planovi i politika tvrtke · političke odluke razvijene u strateški plan | <ul style="list-style-type: none"> · kratkoročno do srednje vremensko razdoblje (6 mjeseci do jedne godine ili više) · podsustavne odluke · godišnji proračun za temelj financijskih troškova · financijski planovi i politika tvrtke · strateški plan se provodi u operativni plan | <ul style="list-style-type: none"> · svakodnevne odluke · nadzor aktivnosti u neskladu sa standardima i pravilima · nadzor putem tjednih/mjesečnih izvješća · provedba operativnog plana |

Izvor: autor prema [2]

2.2.1. Strateško planiranje

Neki od elemenata koji karakteriziraju stratešku razinu planiranja su:

- korisnička podrška
- kanali distribucije
- točke opskrbe
- mjesta proizvodnje
- vrsta, broj i uređenje skladišta
- lokacije skladišta
- odabir oblika prijevoza
- izravna dostava
- na svoj račun ili za treću osobu
- razina zaliha.

Prema ovakvoj podjeli, prva faza strateškog planiranja neke tvrtke obuhvaća studiju okoline u kojoj tvrtka posluje. To uključuje ekonomsku klimu, regulative važeće u tom trenutku i moguće regulativne izmjene te bilo kakve značajne tehnološke promjene. Također, provodi se i analiza bitnih unutarnjih faktora, a tipična vrsta analize za to je SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities and threats*) analiza. Takav pristup omogućuje tvrtkama da procijene svoj položaj na tržištu. Završetkom te faze, tvrtka bi trebala biti u mogućnosti utvrditi svoje ciljeve i cjelovitu strategiju, a na temelju kojih se izrađuje funkcionalni strateški plan.

2.2.2. Taktičko planiranje

Neki od elemenata koji se vežu uz taktičku razinu planiranja su:

- vrsta, veličina, broj prijevoznih sredstava
- odabir ruta, ugovornih partnera
- raspored dostava
- izbor vozača
- objekti za podršku
- uređenje, iskorištenje skladišta i način skladištenja
- prekrcajne jedinice i sredstva

- informacijski sustav
- procedure nadzora
- sustav nadzora zaliha
- procesiranje narudžbi i dokumentiranje.

Na ovoj razini planiranja potrebno je osigurati da su logistički procesi iz strateškog plana međusobno usklađeni i organizirani, te da se izvršavaju bez prekida čak i u neočekivanim situacijama.

2.2.3. Operativno planiranje

Neki od elemenata karakteristični za operativnu razinu planiranja su:

- provjera, prihvata i smještaj robe
- prikupljanje robe prema narudžbi
- obnavljanje i ažuriranje stanja zaliha
- raspored ukrcaja
- povrati
- dostupnost osoblja
- potpunost dokumentacije
- održavanje vozila.

Jedan od najbitnijih čimbenika za logističko planiranje je sam proizvod ili usluga. Njegove karakteristike, što mogu biti vrsta, oblik, pakiranje, cijena, način rukovanja ili ostale fizičke karakteristike izuzetno su bitne u skladištenju. Utječu na iskorištenje i organizaciju skladišnih prostora te na odabir prekrcajnih sredstava.

Pristup planiranju u logistici je pod utjecajem raznih čimbenika koji stvaraju pritisak na tu disciplinu i potiču ju na razvoj. Napredniji informacijsko i komunikacijski sustavi i tehnologije te regulativne promjene i razvoji su samo neki od njih. Porast zahtjeva i očekivanja korisnika logističkih usluga ponajprije se osjeti u područjima poslovanja gdje logistika ima takav status da se na temelju uspješnosti neka tvrtka može uspoređivati s drugom. Tvrtke su pod stalnim pritiskom da poboljšavaju svoje financijske pokazatelje uspješnosti. S gledišta samih proizvođača ili usluga, do izražaja posebno dolazi njihov sve kraći životni vijek, posebno za visoko razvijene

tehnologije i modne proizvode. Tvrtke također moraju raditi na smanjenju broja skladišta i svih vezanih troškova, gdje god je to moguće i isplativo, a primjerice kroz bolje razvijen plan upravljanja skladištem ili prelaskom na koncept „točno na vrijeme“ (*Just in time*), [2].

2.3. Logistički procesi

Ključni element logističkog planiranja je utvrđivanje potrebnih logističkih procesa. Ti procesi odnose se na metode koje u tijeku poslovanja omogućuju efektivno izvršavanje svih predviđenih ciljeva. Proces su često međusobno povezani s drugim funkcionalnim elementima poslovanja te je stoga izazovno uskladiti ih da se odvijaju neprekidno. Najčešće spominjani ključni logistički procesi su sljedeći:

- Ispunjenje naloga- vjerojatno najprisutniji. Podrazumijeva ispunjenje obveze prema naručitelju usluge (korisniku) kako bi se njegov zahtjev iz naloga ispunio. Proces uključuje informacijske tokove tijekom primitka i dokumentiranja naloga ili narudžbe sve do fizičkog ispunjenja zahtjeva, odnosno manipulaciju robom ili uslugom iz naloga te konačnu dostavu korisniku.
- Uvođenje novih proizvoda ili usluga, uz koje se vežu mnoge poteškoće pri plasiranju na tržište. Jedan od mogućih problema je nemogućnost brze prilagodbe procesa proizvodnje, a ovisi o razini potražnje za tim proizvodom.
- Razvoj novih proizvoda ili usluga, čiji je cilj ponuditi takav proizvod koji će brzo postati dostupan korisniku nakon oblikovanja početnog plana.
- Povrat proizvoda, koji mnoge tvrtke moraju osigurati.
- Logistika opreme i dijelova, kojom se osigurava potpora za kontinuiranu upotrebu prvotnog proizvoda.
- Upravljanje informacijskim tokovima, koje zbog napretka tehnologije omogućuje sakupljanje i praćenje velikih količina podataka. Za upravljanje tim podacima potrebno je razviti prikladne procese da se sve provede na organiziran način.

Još neki procesi koji se spominju prema [2] su: koordinacija ili usklađivanje dobavljača, razina kvalitete, strateško upravljanje, održavanje, upravljanje ljudskim resursima, upravljanje okolišem.

3. OSNOVE ORGANIZACIJE PRIKUPLJANJA OTPADA

3.1. Osnovni pojmovi

Otpad se prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19) Republike Hrvatske definira kao „svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa“, [3]. Bitno je primijetiti kako se osoba kod koje se prvotno nalazi otpad ne smatra vlasnikom, već posjednikom otpada.

Prema istom izvoru, dalje se definiraju pojedine vrste otpada, kao što su biološko razgradivi otpad, biootpad, građevni, inertni, krupni (glomazni) komunalni, komunalni, miješani komunalni, morski, neopasni, opasni, problematični, proizvodni otpad te otpadna ulja. Za daljnje potrebe, definirat će se još krupni komunalni, komunalni, miješani komunalni otpad, proizvodni otpad te otpadna ulja.

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na sljedeće kategorije:

- komunalni otpad i
- proizvodni otpad.

„Krupni (glomazni) komunalni otpad je predmet ili tvar koju je zbog zapremnine i/ili mase neprikladno prikupljati u sklopu usluge prikupljanja miješanog komunalnog otpada. Komunalni otpad je otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva. Miješani komunalni otpad je otpad iz kućanstava i otpad iz trgovina, industrije i ustanova koji je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstava, iz kojeg posebnim postupkom nisu izdvojeni pojedini materijali (kao što je papir, staklo i dr.). Proizvodni otpad je otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada. Proizvodnim otpadom se ne smatraju ostaci iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača. Otpadna ulja su mineralna ili sintetička ulja za podmazivanje ili industrijska ulja koja su postala neprikladna za uporabu za koju su prvotno namijenjena, primjerice ulja iz motora s unutarnji izgaranjem i ulja reduktora, ulja za podmazivanje, ulja za turbine i hidraulička ulja“, [3].

Djelatnosti sakupljanja, prijevoza, oporabe i zbrinjavanja i druge obrade otpada, što uključuje nadzor nad tim postupcima te nadzor i mjere koje se provode na lokacijama nakon zbrinjavanja otpada, te radnje koje poduzimaju trgovac otpadom ili posrednik spadaju u gospodarenje otpadom. Građevine namijenjene tim djelatnostima mogu biti skladišta otpada, prekrcajne stanice, reciklažna dvorišta u kojima se otpad sakuplja te ostale građevine za obradu otpada i centar za gospodarenje otpadom. Tim se djelatnostima bave pravne ili fizičke osobe (obrtnici), koji prema Zakonu imaju dozvolu za obavljanje određene djelatnosti. Osoba koja je ishodila dozvolu za postupak sakupljanja i/ili interventnog sakupljanja otpada može tu djelatnost obavljati na čitavom teritoriju RH.

Gospodarenje otpadom odvija se kroz određene tehnološke procese, koji su određene funkcionalno-tehnološke cjeline gospodarenja otpadom kojima se opisuje materijalni tok otpada. Procesi uključuju prikupljanje, prihvata, skladištenje, prethodno razvrstavanje i razvrstavanje, miješanje otpada, pakiranje, popravaka, čišćenje, provjeru budućeg proizvoda i u slučaju oporabe ili zbrinjavanja otpada tehnološke procese koje je odredio podnositelj zahtjeva za dozvolu za gospodarenjem otpadom sukladno smjernicama, [3].

3.2. Načela i red prvenstva u gospodarenju otpadom

Prema Članku 6. Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19), gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju načela zaštite okoliša iz nekoliko zakona i stručnih područja, a izdvajaju se sljedeća načela:

1. načelo „onečišćivač plaća“ - troškove mjera gospodarenja otpadom snosi proizvođač, prethodni posjednik odnosno posjednik otpada, te je financijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad;
2. načelo blizine - obrada otpada mora se obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada;
3. načelo samodostatnosti - gospodarenje otpadom će se obavljati na samodostatan način omogućavajući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada;

4. načelo sljedivosti - utvrđivanje porijekla otpada s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača tog proizvoda kao i posjed tog otpada uključujući i obradu.

Uvažavanje navedenih načela bitno je za poboljšanje cjelokupnog sustava gospodarenja otpada, što ide u korist i davateljima i korisnicima usluga. Može se reći da je gospodarenje otpadom potrebno provoditi na takav način da se ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i da ne dolazi do štetnih utjecaja na okoliš. Posebno se more težiti tome da se izbjegne rizik od onečišćenja, mora, voda tla i zraka. Također treba izbjeći pojave neugode uzrokovane bukom i/ili mirisom, štetan utjecaj na područja posebnih vrijednosti i interesa te nastajanje požara ili eksplozije.

U sustavu gospodarenja otpadom definiran je i red prvenstva koji se sastoji od sljedećeg: sprječavanje nastanka otpada, pripreme za ponovnu uporabu, recikliranja, drugih postupaka uporabe, kao što je energetska uporaba i zbrinjavanje otpada. Red prvenstva gospodarenja otpadom primjenjuje se u svrhu sprječavanja nastanka otpada, primjene propisa i politike gospodarenja otpadom. Primjenu reda prvenstva obavljaju nadležna tijela državne vlasti, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave i pravne osobe s javnim ovlastima koje obavljaju djelatnosti u vezi s okolišem i pravne osobe koje prema posebnim propisima obavljaju poslove zaštite okoliša.

Otpad se mora oporabiti, a to podrazumijeva svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe kada otpad zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo uporabiti za tu svrhu ili otpad koji se priprema da bi ispunio tu svrhu, u tvornici ili u širem gospodarskom smislu. Tvar koja nastaje ne smije biti opasnija za okoliš ili zdravlje ljudi nego što je bila kod primarne sirovine. Zbog toga je u nekim slučajevima bolje da se otpad zbrine nego oporabi. Primjerice, kada otpad ili njegove dijelove nije moguće više upotrijebiti, ako je zbrinjavanje otpada jeftinije od njegove uporabe te kada uporaba djeluje štetnije na okoliš nego zbrinjavanje, [4].

3.3. Prikupljanje, razvrstavanje i skladištenje otpada

Prikupljanje otpada je višeznačni problem i može se promatrati na više razina. S najviše upravne/strateške razine ili sa gledišta planiranja, to su primjerice određivanje lokacija postrojenja, definiranje područja prikupljanja, vrste materijala koji će se prikupljati te

učestalost prikupljanja. Na nižim razinama planiranja, taktičkim ili operativnim, donose se odluke kao što su: kada će vozila za prikupljanje unutar jednog izlaska obići mjesto odlaganja otpada te kojom rutom će se kretati da izbjegnu prometna zagušenja. Prema [5], glavna područja na koja treba obratiti pozornost pri planiranju prikupljanja komunalnog otpada su sljedeća:

- 1) Postrojenja za gospodarenje otpadom - obuhvaća lokacije stalnih i privremenih odlagališta otpada, prekrcajnih mjesta, depoa vozila, reciklažne centre, i ostale objekte za pružanje usluge prikupljanja otpada.
- 2) Podjela područja prikupljanja u manje cjeline ili okruge - svakom okrugu se može pristupiti pojedinačno, u skladu s njegovim obilježjima. Takav pristup pojednostavljuje optimizaciju procesa prikupljanja. Podjela na okruge je jedan od čestih modela poslovanja privatnih i lokalnih samouprava u području prikupljanja otpada.
- 3) Definiranje točaka prikupljanja - pošto je broj kućanstava unutar područja jednog okruga obično velik, teži se grupiranju kućanstava kako bi se smanjio broj točaka prikupljanja.
- 4) Planiranje ruta i rasporeda vozila - moguć je velik broj pristupa i modela. Neki čimbenici koje pritom treba uzeti u obzir su: izbjegavanje glavnih ulica tijekom najvećih prometnih opterećenja, uzeti u obzir zabrane i ograničenja kretanja na cestama, način ulaska u ulicu gdje je to primjenjivo (npr. za jednosmjerne ulice), izbjegavanje neobičnih okretnih pokreta, kretanje po usponima, vremenska ograničenja.

Preduvjet za izradu modela prikupljanja otpada su prije svega podaci o količinama otpada, prema volumenu ili masi otpada, zatim vrijeme potrebno za ukrcaj i iskrcaj otpada te vrijeme putovanja između točaka prikupljanja. Podatke o volumenu i masi otpada primarno prikupljaju upravna tijela koja se bave prikupljanjem otpada za potrebe planiranja i statističku obradu. Vrijeme potrebno za prikupljanje složena je funkcija ovisna o raznim varijablama, a to mogu biti objekti na točki prikupljanja, broj spremnika, vreća ili drugih oblika pakiranja otpada, volumen otpada, udaljenost između vozila i spremnika otpada. Ta se vremena ne mjere izravno, nego se procjenjuju na temelju svojstava varijabli. Vremena putovanja između dvije lokacije prikupljanja te vremena putovanja između područja za prikupljanje do odlagališta otpada mogu se procijeniti na temelju prosječne brzine kretanja vozila za prikupljanje. Moguće

je za izradu modela koristiti i složeniji pristup koji uključuje stvarne i pravovremene podatke iz stanja prometa, [5].

Odabir sustava prikupljanja otpada odluka je davatelja usluge prikupljanja. Sustav se oblikuje prema podacima sakupljenim tijekom faze razvoja modela. Unutar pojedinog sustava, prikuplja se raznovrsni otpad svih kategorija. Šira kategorizacija sustava prikupljanja može se prema [6] podijeliti u tri skupine:

- 1) prikupljanje „od vrata do vrata“ (*door-to-door*)
- 2) stanice za prikupljanje, sa spremnicima za odvojeno prikupljanje
- 3) centri za gospodarenje otpadom (reciklažni centri).

Aktivnosti u području gospodarenja otpadom se mogu slikovito prikazati na primjeru komunalnog otpada. Prema [4], jedan od osnovnih preduvjeta za iskorištavanje otpada je odvojeno prikupljanje pojedine vrste otpada i to na samom mjestu njegovog nastanka. Ako se pomiješaju različite vrste otpada, zbog otežanog recikliranja ono postaje smeće. Stoga bi se na svakom mjestu nastanka otpada trebalo osigurati odvojeno prikupljanje svih iskoristivih otpadnih tvari i njihovo odvajanje odlaganje u posebne spremnike. Odvojenim prikupljanjem potiče se održavanje kružnog toka tvari i energije čime se smanjuje onečišćenje okoliša. Odvojeno odlaganje otpada postiže se korištenjem posebnih posuda i spremnika postavljenih na javne površine i u reciklažnim dvorištima. Za svaku vrstu otpada predviđena je određena veličina, vrsta i boja spremnika.

Uspješan i održiv sustav prikupljanja otpada vezan je uz identifikaciju onečišćivača i njemu dodjeljivane naknade na mjestu nastanka otpada. Sa svrhom uspostave takvog sustava, prema [4], sustav se projektira u tri osnovna koraka. Za slučaj komunalnog otpada to su:

- Korak 1 - Identifikacija zagađivača
- Korak 2 - Mjerenje/kvantifikacija zagađenja
- Korak 3 - Određivanje cijene, odnosno naknade za prikupljanje.

Prvi korak temelji se na identifikaciji onečišćivača, odnosno dionika koji produciraju otpad. Pristup, princip i opis modela prikazan je u tablici 2. Adekvatnom identifikacijom osigurava se primjena načela „onečišćivač plaća“, što je preduvjet za primjenu ostalih alata

koji potiču primjenu općeprihvaćenog razmišljanja u gospodarenju otpadom prema prvenstvu gospodarenja otpadom.

Tablica 2. Korak 1 - Identifikacija onečišivača

| Pristup | Bazni princip | Model identifikacije |
|---|---|---|
| Identifikacija onečišivača | Identifikacija putem elektroničkih ključeva, pametnih kartica, čipova. | Specijalna instalacija sprječava neovlašteno odlaganje otpada u spremnike. Odlaganje je dozvoljeno samo onima koji imaju ovlašteni pristup. |
| Identifikacija spremnika za prikupljanje otpada | Identifikacija spremnika na način da je povezan s kućanstvom. Zajedno se dodjeljuje identifikacijski kod. | ID-kod može biti memoriran u čipu ili spremnik može biti obilježen bar kodom. |
| | Kućanstva kupuju na mjesečnoj/godišnjoj bazi specijalne „kupone“. | Pružatelji usluge prikupljanja komunalnog otpada preuzimaju samo spremnike označene posebnim „kuponima“. |
| | Kućanstva kupuju posebne vrećice u koje se odlaže otpad (najčešće za reciklabilni otpad). | Tijekom prikupljanja otpada preuzimaju se samo adekvatne vrećice, odnosno one koje su predviđene za prikupljanje otpada. |

Izvor: [4]

Korak 2 obuhvaća dva pristupa, vaganje i volumen otpada. Princip i model mjerenja opisani su u tablici 3.

Tablica 3. Korak 2 - Mjerenje/kvantifikacija onečišćenja

| Pristup | Bazni pristup | Model mjerenja |
|---------|--|--|
| Vaganje | Važe se u nadogradnju na vozilima, zasebno za svaki ukrcaj ili za cijelu rutu. | Posebna instalacija omogućava točno vaganje svakog spremnika. Nakon vaganja punog spremnika, važe se prazan spremnik radi utvrđivanja neto vrijednosti, ili je već u računalno unesena masa svakog spremnika unutar sustava prikupljanja. Rezultati se automatski obrađuju ili se evidentiraju dolaskom vozila u bazu (automatski, sustavom ili očitanjem) |
| Volumen | Posebne nadogradnje na ukrcajnom prostoru spremnika za prikupljanje otpada. | Svaki put kad se otpad ubacuje u spremnik registrira se volumen ukrcaja. |
| | Dodjeljivanje spremnika određenog volumena kućanstvu na bazi terenskih anketa i programa praćenja produkcije otpada. | Svako kućanstvo/onečišćivač evidentira se sukladno spremniku koji mu je dodijeljen za odlaganje produciranog otpada. |

Izvor: [4]

Korak 3 odnosi se na odabir sustava naplate, prema volumenu ili masi otpada. Sukladno sustavu potrebno je utvrditi odnos fiksnih i varijabilnih troškova poslovanja. Udio fiksnog troška naplaćuje se svim dionicima jednako jer osigurava dostupnost usluge. Varijabilni udio vezan je za produkciju, odnosno generiranje otpada pa se stoga razlikuje između korisnika usluge, [4].

3.4. Logistika prikupljanja komunalnog krutog otpada i skladištenje

Tehnološki proces prikupljanja otpada, komunalna oprema, proces skladištenja, kao i uloga reciklažnog dvorišta, definirani su Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17 , 14/19) i Pravilnikom o gospodarenju otpadom (NN 117/17).

Prema [3] i [4], prikupljanje otpada treba se osigurati:

- vozilom koje je opremljeno opremom koja onemogućava rasipanje, proljevanje, odnosno ispuštanje otpada te širenje prašine i neugodnih mirisa
- vozilom koje može biti opremljeno opremom kojom se smanjuje volumen otpada pri čemu se ne mijenja masa i vrsta otpada.

Primarni spremnik označava sljedeće: posudu, kantu, kanistar, kontejner, bačvu, kutiju, vreću ili drugi odgovarajući spremnik koji sprječava rasipanje, razlijevanje i/ili ispuštanje otpada u okoliš, a oni se popularno nazivaju komunalna oprema. Ta se oprema postavlja u neposrednoj blizini mjesta produkcije otpada da bi se osigurala dostupnost usluge dionicima koji stvaraju otpad.

Tehnološki proces skladištenja otpada mora se obavljati na način da se otpad skladišti odvojeno po svojstvu, vrsti i agregatnom stanju. Skladište u kojem se obavlja tehnološki proces skladištenja opasnog otpada mora biti pod neprekidnim nadzorom. Skladište mora biti opremljeno primarnim spremnicima za skladištenje otpada koji moraju biti:

- izrađeni od materijala otpornog na djelovanje uskladištenog otpada
- izrađeni na način koji omogućava sigurno punjenje, pražnjenje, odzračivanje, uzimanje uzoraka te po potrebi osiguravaju nepropusno zatvaranje
- označeni čitljivom oznakom koja sadrži podatke o nazivu posjednika otpada, ključni broj i naziv otpada, datum početka skladištenja otpada, naziv proizvođača otpada te u slučaju opasnog otpada, oznaku odgovarajućeg opasnog svojstva otpada.

Ako proces skladištenja otpada uključuje samo skladištenje krutog otpada, skladište ne mora biti opremljeno primarnim spremnicima, već se takav otpad može skladištiti u rasutom stanju. Reciklažno dvorište nadzirani je ograđeni prostor namijenjen odvojenom prikupljanju i privremenom skladištenju manjih količina posebnih vrsta otpada. U svom radu mora udovoljiti sljedećim uvjetima:

- mora biti označeno
- mora biti opremljeno odgovarajućom vagom

- mora biti opremljeno videonadzorom ako se u reciklažnom dvorištu obavlja trgovanje otpadom.

Obveze jedinica lokalne samouprave u sustavu gospodarenja otpadom definirane su Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19) i Pravilnikom o gospodarenju otpadom (NN 117/17). Na svom su području obvezne osigurati javnu uslugu prikupljanja komunalnog i biorazgradivog komunalnog otpada. Davatelj usluge dužan je obračunati cijenu javne usluge razmjerno količini predanog otpada u obračunskom razdoblju. Kao kriterij za obračun je masa predanog otpada ili volumen spremnika otpada i broj pražnjenja spremnika. Javnu uslugu prikupljanja miješanog komunalnog otpada i prikupljanja biorazgradivog komunalnog otpada može obavljati:

- trgovačko društvo koje osniva jedinica lokalne samouprave i u kojem drži većinski dio dionica, odnosno udjela
- javna ustanova koju osniva jedinica lokalne samouprave
- pravna i fizička osoba na temelju ugovora o koncesiji na rok do 10 godina, [4].

3.5. Vozila za prikupljanje otpada i problem određivanja ruta

Pronalazak optimalne rute vozila za prikupljanje otpada često je korišten pristup u planiranju prikupljanja otpada. Osim što izravno utječe na smanjenje troškova poslovanja, teži se i skraćanju vremena putovanja i zadržavanja vozila na lokacijama za prikupljanje. U velikom broju sustava prikupljanja otpada, prikupljanje otpada iz kućanstava i od vlasnika nekretnina obavlja se prema fiksnom rasporedu. To je često primjetno kod prikupljanja komunalnog otpada, a posebno na području gradova i njihove okolice. Bilo kakve promjene u datumima i vremenima prikupljanja očituju se kao nedostaci u sustavu prikupljanja. Stoga je cilj planiranja prikupljanja organizirati takav sustav da se minimiziraju udaljenosti koju vozila trebaju prijeći pri prikupljanju komunalnog otpada iz kućanstava na odabrani dan u tjednu.

Za rješavanje stvarnih logističkih problema u području distribucije i određivanja ruta vozila primjenjuju se mnogi modeli i pristupi. Unutar skupa problema kojima je zadatak odrediti optimalne rute vozila, najjednostavniji i osnovni je problem usmjeravanja vozila (*Vehicle Routing Problem*, kratica VRP), [7]. Problem VRP koristi vozila kao objekte, a ta vozila počinju svoj rad u terminalu. Zatim putuju određenim individualnim rutama i posjećuju

predviđene lokacije da bi se na kraju opet vratila u terminal. Dodavanjem detalja i dodatnih podataka varijablama koje čine VRP, problem se može dodatno proširiti. Pregled različitih problema koji su najzastupljeniji i često spominjani s naznačenim karakteristikama dan je u tablici 4. Neke od karakteristika koje pojedini problem uključuje su: kapacitet vozila (ograničenje kapaciteta), vremenski okvir (vremensko ograničenje), heterogenost voznog parka i povratne aktivnosti (povratno prikupljanje).

Tablica 4. Pregled različitih problema usmjeravanja vozila i neke karakteristike

| Problem | Kapacitet vozila | Vremenski okvir | Heterogenost voznog parka | Povratne aktivnosti |
|---------|------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|
| VRP | | | | |
| CVRP | ✓ | | | |
| VRPTW | ✓ | ✓ | | |
| SDVRP | ✓ | | ✓ | |
| VRPSD | ✓ | | | |
| VRPB(M) | ✓ | | | ✓ |

Izvor: [7]

Spomenuti problemi su:

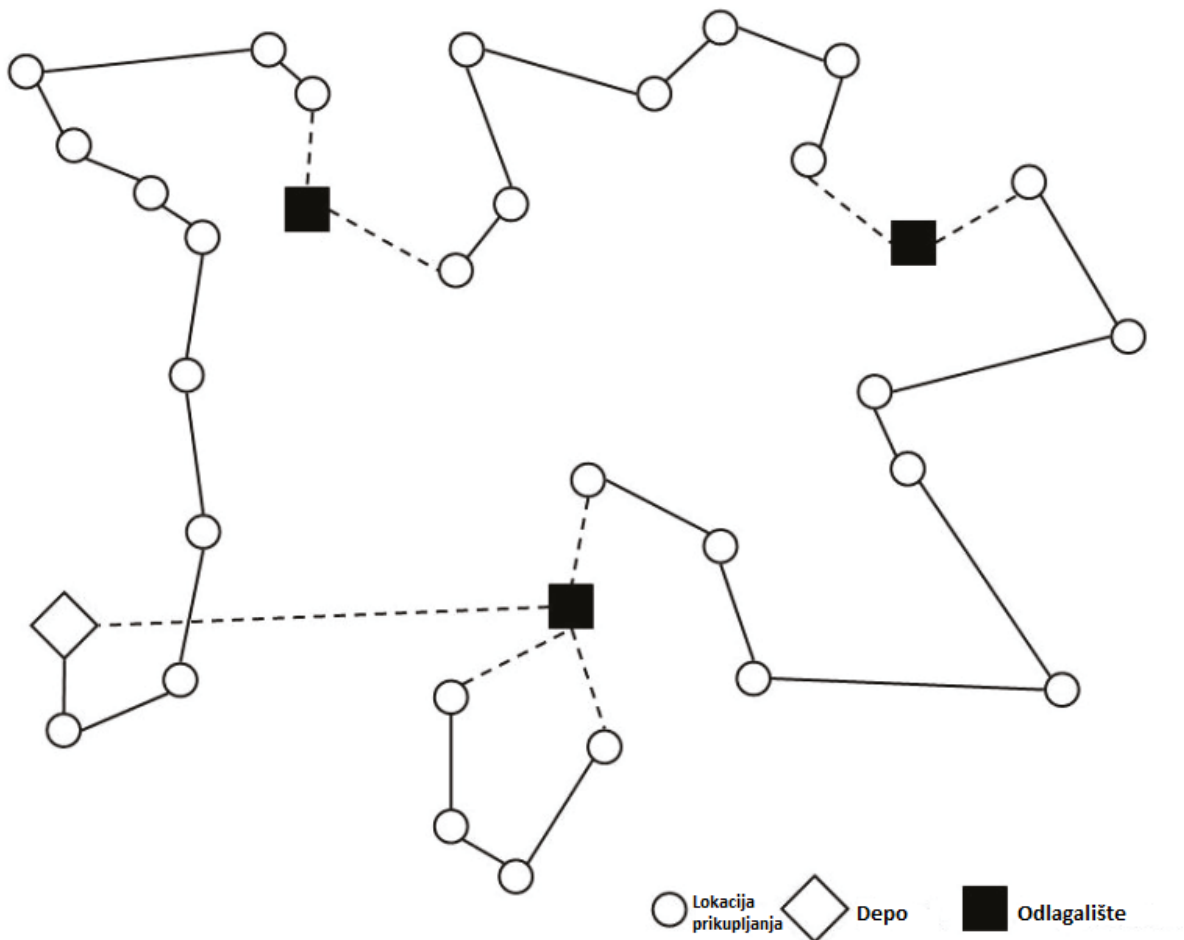
- problem usmjeravanja s ograničenjem kapaciteta (*Capacitated Vehicle Routing Problem*, kratica CVRP)
- problem usmjeravanja s vremenskim okvirom (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*, kratica VRPTW)
- problem usmjeravanja ovisan o lokaciji (*Site Dependent Vehicle Routing Problem*, kratica SDVRP)

- problem usmjeravanja s višestrukim posjetima (*Vehicle Routing Problem with Split Deliveries*, kratica VRPSD)
- problem usmjeravanja s povratnim aktivnostima (*Vehicle Routing Problem with Backhauls*, kratica VRPB)
- problem usmjeravanja s povratnim aktivnostima i mješovitim teretom (*Vehicle Routing Problem with Backhauls and Mixed Loads*, kratica VRPBM).

Jedan od pristupa u usmjeravanju vozila za prikupljanje otpada koji se koristi je problem periodičnog određivanja rute vozila (*Periodic Vehicle Routing Problem*, kratica PVRP), [8]. To je pristup u planiranju koji se dijeli na tri faze:

- 1) određivanje zona za svako vozilo
- 2) određivanje vrsta otpada za prikupljanje za svaki dan
- 3) odabir lokacija za obilazak i njihov slijed.

Složeniji sustav određivanja ruta je onaj s vremenskim okvirom (*Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows*, kratica WCVVRPTW). Problem se sastoji u određivanju ruta vozila za prikupljanje otpada od posjednika unutar zadanog vremenskog okvira uz minimalne troškove prijevoza. Sustav se može opisati mrežnim dijagramom (mrežni plan). Dijagram sačinjavaju čvorovi i lukovi. Čvorovi su u ovom slučaju terminali s kojih vozila kreću i na koje se vraćaju, zatim odlagališta otpada ili reciklažni centri te lokacije posjednika otpada, odnosno adrese korisnika usluge prikupljanja i vlasnika zgrada. Lukove ili veze među čvorovima su rute koje vozila koriste za obilazak. Prikaz jednostavnog mrežnog dijagrama za sustav s jednim vozilom za prikupljanje i više odlagališta prikazan je na slici 2. Terminal je samo jedan, tri su odlagališta, a ostalo su lokacije s kojih se otpad prikuplja, [8].



Slika 2. Mrežni dijagram ruta jednog vozila za prikupljanje otpada

Izvor: [8]

Različite vrste čvorova predstavljaju zasebne skupove, a svakom čvoru se dodjeljuju vrijeme i vremenski okvir za prikupljanje, te se bilježi prikupljena količina otpada. Definira se skup vozila i njihov pretpostavljeni kapacitet. Ostale komponente za izradu modela su vremena vožnje vozila i troškovi vezani uz pojedine lukove koji spajaju čvorove. Cilj je pronaći takvu rutu da troškovi budu minimalni, a da se kapaciteti vozila maksimalno iskoriste te da se svaki čvor koji predstavlja posjednika otpada obiđe točno jednom i to unutar njegovog vremenskog okvira.

Zahtjevi koji se pritom stavljaju na model mogu se sažeti kako slijedi:

- sva vozila izlaze i vraćaju se u terminal ili depo (početni i krajnji čvor dijagrama)
- sve korisnike treba obići točno jednom
- ulazni tokovi moraju biti jednaki izlaznima, osim za terminale

- prikupljanje je potrebno obaviti unutar vremenskih okvira
- prikupljanje mora zadovoljiti određenu razinu usluge
- vozila koja izlaze i ulaze u depo moraju biti ispražnjena i punog kapaciteta.

Ovdje se pod pojmom terminal ili depo podrazumijevaju čvorovi u kojima vozila obnavljaju svoj kapacitet, kao i na odlagališnim mjestima. U model je moguće dodati velik broj vozila, više terminala, velik broj korisnika što dovodi do porasta broja veza među svim čvorovima. Složeniji modeli imat će vremenski okvir prikupljanja, ograničenja pristupa nekim lokacijama (posebno izraženo u gradovima) i time više kruženja vozila. Za potrebe modela, moguće su izmjene kapaciteta vozila, radna vremena te druga ograničenja koja se javljaju u stvarnoj eksploataciji.

Problem se oblikuje tako da se određuju dnevni rasporedi vozila za niz predefiniраниh obilazaka prikupljanja. Vozila prikupljanju kruti otpad na fiksnim rutama i prazne ga u jednom od operativnih postrojenja u sustavu. WCVRPTW je složen i težak problem čije rješavanje se provodi koristeći heurističke metode. To podrazumijeva pristup koji koristi praktične metode za rješavanje problema, pa nema garancije da će rješenje biti optimalno ili savršeno, no dovoljno je i potpuno zadovoljavajuće uz izravne rezultate, [8].

4. PROCESI PRIKUPLJANJA OTPADA U TVRTKI CE-ZA-R D.O.O.

Tvrtka CE-ZA-R (Centar za reciklažu) d.o.o. je jedna od tvrtki na tržištu RH u sektoru gospodarenja otpadom. Glavna djelatnost CE-ZA-R-a d.o.o. je prikupljanje, oporaba i trgovanje metalnim otpadom i ostalim otpadnim materijalima, pretežito metalnom komponentom. Tvrtka CE-ZA-R d.o.o. djeluje na 17 lokacija suvremeno opremljenih radnih jedinica/reciklažnih centara, u kojima je zaposleno više od 300 radnika, [8]. Lokacije posjeduju sve potrebne dozvole za gospodarenje opasnim i neopasnim otpadom. Sjedište tvrtke je u Gradu Zagrebu u naselju Jankomir, a tvrtka je članica grupe C.I.O.S d.o.o., koja je jedna od grupa u sektoru gospodarenja otpadom na području RH.

4.1. Poslovanje tvrtke CE-ZA-R d.o.o.

Za poslovanje gospodarenja otpadom tvrtka CE-ZA-R d.o.o. temeljem ispunjavanja uvjeta iz Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19) i Zakona o koncesijama (NN 69/17) RH posjeduje sljedeće koncesije za obavljanje djelatnosti gospodarenja otpadom koje su izdala nadležna tijela:

- Koncesija za obavljanje djelatnosti sakupljanja otpadnih vozila na području RH,
- Koncesija za obavljanje djelatnosti obrade i oporabe otpadnih vozila na području RH,
- Koncesija za obavljanje djelatnosti sakupljanja električnih i elektrotehničkih uređaja i opreme - velikih kućanskih aparata na području Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko - zagorske županije
- Koncesija za obavljanje djelatnosti obrade otpadnih električnih i elektrotehničkih uređaja i opreme velikih kućanskih aparata na području RH, [9].

Osnovna djelatnost tvrtke je reciklaža, odnosno skupljanje, obrada i oporaba metalnog i ostalog otpada te posebnih kategorija u koje se ubrajaju:

- ambalaža i ambalažni otpad,
- otpadni električni uređaji i oprema,
- otpadna vozila,
- otpadne gume.

Reciklažni centri za automobilski otpad pod nadzorom tvrtke, osim u Gradu Zagrebu, nalaze se još u sljedećim gradovima/naseljima RH: Karlovcu, Varaždinu, Koprivnici, Osijeku, Vukovaru, Vinkovcima, Đurđenovcu, Slavonskom Brodu, Sisku, Šibeniku, Kistanjima i Splitu, brojeći ih ukupno 13. Korisnicima su još dostupni i centri tvrtke C.I.O.S. d.o.o. u Sesvetama, Kašteli, Kutini, Rijeci, Kukuljanovu, Crikvenici, Krku, Puli, Ogulinu i Otočcu.

Proces recikliranja otpadnih vozila može se prema [10] opisati sljedećim tehničkim manipulacijama:

- 1) sakupljanje i prijevoz otpada u reciklažni centar
- 2) prihvata materijala i privremeno skladištenje
- 3) pregled metalnog otpada prije pripreme za recikliranje
- 4) odstranjivanje opasnih komponenti, otpadnih motornih ulja, hidrauličnih ulja, uljnih filtera, tekućina za kočnice, antifriz tekućine, akumulatora, izolacijskog materijala
- 5) sortiranje metalnog materijala
- 6) recikliranje metalnog otpada u sekundarne sirovine.

Unutar poslovanja tvrtke i cjelokupnog procesa reciklaže, prema [11], izdvajaju se tri veće cjeline logističkih procesa: logistika nabave, logistika obrade i logistika distribucije. Tijekom procesa može se pratiti pomoću dijagrama toka, na slici 3.

4.2. Logistika nabave

Nabava robe podrazumijeva sve aktivnosti u vezi sakupljanja i dopreme otpada do reciklažnog centra. To uključuje sve korake od komunikacije s posjednikom otpada, izrade naloga za preuzimanje otpada i organizacije dopreme otpada u reciklažni centar, gdje će zatim biti preuzet na daljnju obradu. Zbog specifičnosti vrste robe koju tvrtka sakuplja, nemaju potrebu korištenja modela izrade itinerara za prikupljanje. Sakupljanje se stoga obavlja pojedinačno po posjedniku/nalogu u propisanim rokovima.

Tvrtka korisnicima (fizičkim i pravnim osobama) nudi besplatni odvoz otpadnih vozila i velikih kućanskih uređaja s područja cijele RH. Prijava odvoza otpada obavlja se pozivom na besplatni telefon svaki radni dan od 7 do 17 sati, a moguća je i prijava odvoza ispunjavanjem

on-line obrasca tvrtke C.I.O.S. d.o.o. U obrascu je osim osobnih podataka potrebno odabrati regiju s kojeg će se odvoz obaviti te vrstu otpada koji je podijeljen u 16 kategorija, [9].

Posjednikom otpada smatra se bilo koja fizička ili pravna osoba koja nekim od navedenih puteva naruči odvoz otpada sa naznačenog mjesta, ali također i svaka osoba koja samostalno doveze otpad na prostor centra za reciklažu vlastitim prijevoznim sredstvom. Pritom se takva vrsta otpada smatra izravnim ulazom robe u skladište, čime se radi razlika između otpada koji je prethodno najavljen i za koji je potrebno izraditi nalog i organizirati prikupljanje.

Nakon prijave odvoza od strane korisnika, interna logistika obrađuje narudžbe i izrađuje naloge za organizaciju prikupljanja. Nalozi se izdaju pojedinačno, što znači da jedno sakupljanje otpada odgovara jednom nalogu. Razlog tome je specifičnost djelatnosti kojom se tvrtka bavi i vrsta otpada koju preuzimaju, pošto je pri prikupljanju potrebno napraviti razliku između otpada koji je bio kod različitih posjednika. Za slučaj rasutog tereta, organizacija prikupljanja planira se pojedinačno po subjektima. Glavni razlog stoji u tome što je sav ulazni otpad prije obrade potrebno vagati, što je posebno bitno u sljedećem logističkom procesu kada taj otpad dolazi u obradu. Prema tome se također izdaju naknade korisnicima za predani otpad, a obračunska jedinica je kilogram otpada.

Nalozi mogu biti trajni ili povremeni. Trajni su primjerice za stalne korisnike, poput većih tvrtki i industrijskih postrojenja za koje je poznato da će na duže vrijeme koristiti usluge centra za reciklažu. Povremeni nalozi se primjerice izdaju korisnicima koji jednom ili ponekad žele odvoz i zbrinjavanje otpada. Poštuje se rok za sakupljanje otpada nakon izdavanja naloga u rasponu od 24 do 72 sata.

Pri odvozu otpadnog vozila, građani cijele RH za cjelovite auto-olupine s urednom dokumentacijom dobivaju od C.I.O.S. grupe d.o.o. veće naknade od onih osiguranih postojećom regulativom. U skladu s [9], do daljnjega CE-ZA-R d.o.o. za takva otpadna vozila plaća najmanje 1 kunu po kilogramu (ovisno o situaciji na tržištu, moguća je i veća naknada). To se odnosi za vozila preuzeta na lokaciji posjednika kao i za vozila dostavljena u reciklažni prostor tvrtke. Redovite propisane naknade su kako slijedi:

- 0,10 kn po kilogramu cjelovitog otpadnog vozila s urednom dokumentacijom i preuzeta na lokaciji posjednika,
- 0,40 kn po kilogramu za vozila predana u reciklažni centar CE-ZA-R d.o.o.

Sakupljanje otpada na lokaciji posjednika obavlja se vlastitim prijevoznim sredstvima tvrtke. Ukupno na raspolaganju imaju 67 aktivnih vozila, kojima je prijevozni kapacitet 13 tona [11]. Glavno vozilo za sakupljanje otpada je troosovinsko teretno vozilo (teretni automobil-kamion) s čeličnim ukrcajnim sandukom i hidrauličnom dizalicom marke Man. Kamion (slika 4) je još opremljen grabilicom s poluotvorenim polipom. Oblik karoserije je rol kiper s dizalicom, takav da omogućuje samoiskrcavanje, a osnovna (proizvodna) namjena mu je prijevoz kontejnera. Sanduk kamiona samopodizača je otvorenog tipa, a najveća dopuštena nosivost vozila je 10 300 kg, [11], [12].



Slika 3. Troosovinsko teretno vozilo marke Man

Izvor: [12]

Ukrcaj otpada obavlja se pomoću hidraulične dizalice ugrađene na kamion. Kuka dizalice na sebe navlači i spušta sa sebe otpad. Na stražnjoj strani sanduka (kontejnera) se također nalaze vrata čijim je otvaranjem moguć ukrcaj tereta. U upotrebi je još i samopodizač rol kiper s dizalicom i prešom. To je teretno vozilo iste namjene kao i samopodizač rol kiper s dizalicom, no on uz velike mobilne kontejnere vlastitom hidrauličnom kukom ima mogućnost na sebe navući posebno za njega namijenjenu prešu. Takav prešani otpad zatim prenosi na mjesto rada.

Prikupljanje i doprema, odnosno nabava otpada moraju biti brzi i učinkoviti. To je presudno za kontrolu količine otpada na tržištu, jer je kontrola izvora nabave jedan od ključnih procesa tvrtke koja se bavi recikliranjem.

4.3. Logistika obrade

Obrada sakupljenog otpada uključuje sve aktivnosti manipulacije otpadom unutar reciklažnog centra. Ulazne sirovine su metalni ostaci i otpaci, koje je potrebno obraditi prema potrebama i zahtjevima krajnjih kupaca izlaznih sirovine, koje su sekundarni čelici određene granulacije. Na primjeru procesa recikliranja otpadnih vozila bit će prikazan korak logistika obrade.

Reciklažni centar tvrtke CE-ZA-R d.o.o. u Gradu Zagrebu mjesečno prikupi oko 15 000 tona otpada. Skladišne kapacitete čine otvoreni prostor te dio zatvorenog skladišta. Proizvodni kapaciteti centra prema podacima iz izvješća iz 2008. godine [10] iznosili su 150 000 tona sekundarnog čelika godišnje. Udio ostalih sekundarnih metala bio je 15 000 tona, automobilske otpada 65 000 tona, a otpada od električne i elektronske opreme 65 000 tona godišnje.

Objekti i postrojenja smješteni su na zemljištu veličine 55 000 m². Proizvodni kapacitet centra iznosi 150 000 tona sekundarnog čelika svih vrsta i klasa i oko 15 000 tona ostalih sekundarnih metala, koji su precizno klasificirani i kategorizirani u skladu s tehničkim uputama i uvjetima prijema od strane metalurških tvrtki na način da zadovolje njihove tehnološke, gospodarske i ekološke zahtjeve. Instalirani su kapaciteti obrade automobilske otpada oko 65 000 tona, uz jednaku količinu elektroničkog i električnog otpada, [10].

Primarne procese u obradi čini kontrola, a sekundarne sortiranje otpada. Kontrola otpada koji čini ulaz u skladište obavlja se na ulazu u skladište. Klasificiranje i razdvajanje otpada odvija se mehanički i ručno. U slučaju auto olupina, koje je prije razdvajanja potrebno isušiti, veliki dio razdvajanja dijelova obavlja se ručno, nakon čega čelični dio odlazi u uređaj za usitnjavanje, odnosno drobilicu.

Sav materijal prije same pripreme za recikliranje treba proći pregled. Nakon tog koraka, radi se odstranjivanje opasnih komponenti, poput ulja, antifriz tekućine, akumulatora i izolacijskog materijala. Dalje se vrši sortiranje metalnog materijala koji se može reciklirati u sekundarne sirovine. Centar od opreme za obradu raspolaže sljedećim uređajima:

- linija za isušivanje automobila
- uređaj za drobljenje kotača
- uređaj za demontažu guma
- postrojenje za drobljenje i separaciju
- proizvodni pogon za separaciju (dodatno razdvaja ulazne sirovine miješanog materijala).

U drobilici se metalni otpaci obrađuju do određene razine granulacije. Granulacija se određuje prema zahtjevima kupaca, jer drukčiji kupci ovisno o vlastitoj proizvodnji i kvaliteti svojih proizvoda zahtijevaju različitu kvalitetu izlazne sirovine centra. U skladu s tim, razlikuje se složenost procesa, kvaliteta i pripadne cijene pojedinih izlaznih sirovina. Usitnjavanjem čeličnih dijelova prikupljenih auto olupina u drobilici, rezultat je sirovina klase E40, koja se često koristi za izradu proizvoda u brodogradnji. Stupanj obrade auto olupina doseže i 95%. Neobrađeni i neiskorišteni ostatak čini inertni otpad, koji na kraju procesa obrade mora biti bezopasan za okoliš i ne smije imati negativnih učinaka.

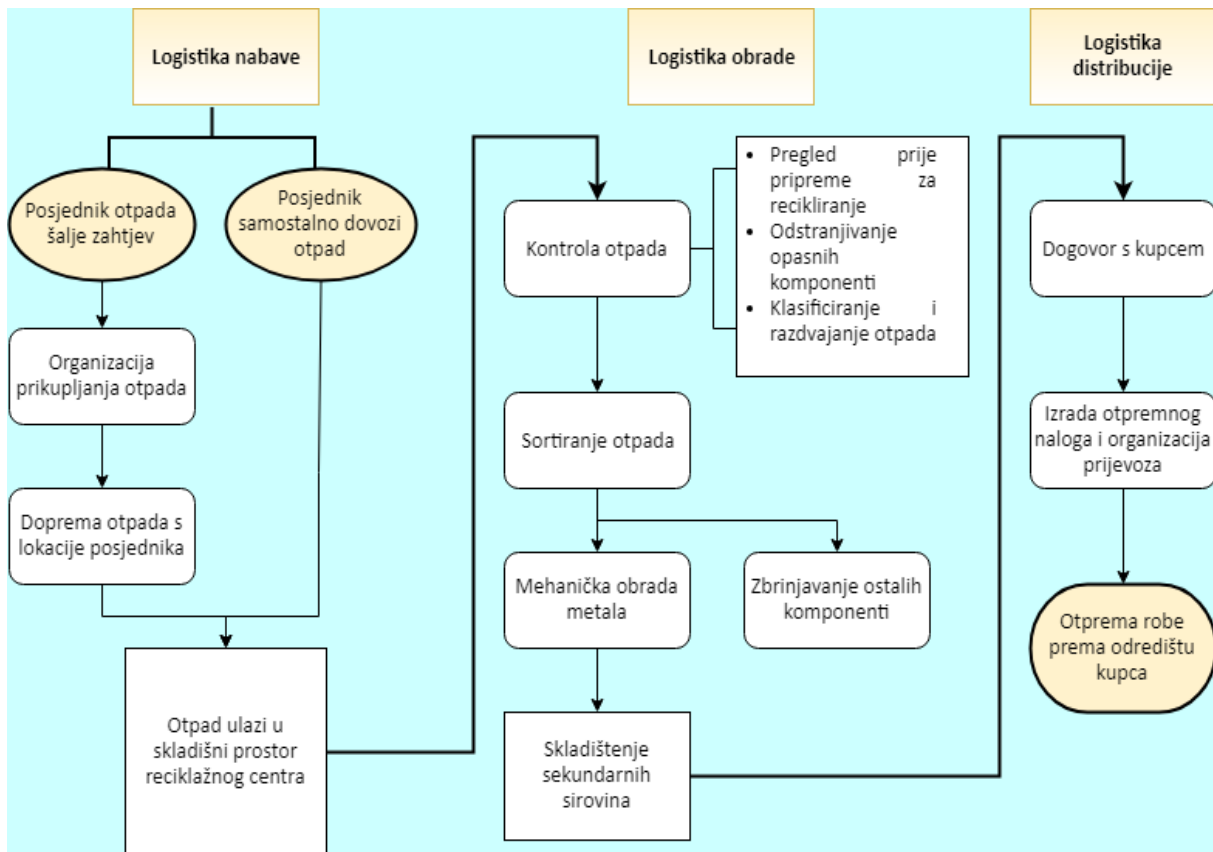
Sav izdvojeni - proizvedeni opasni otpad nakon izdvajanja skuplja se u odgovarajuće spremnike koji su postavljeni u prostoru namijenjenom za takve potrebe, a izgrađenom u skladu s važećim propisima. Spremnici na sebi moraju imati natpis „opasni otpad“ i naziv vrste otpada, ključni broj otpada i oznaku kategorije ulja. Jednom godišnje radi se i analiza fizikalno-kemijskih svojstava. Sav proizvedeni opasni i neopasni otpad privremeno se skladišti na reciklažnom pogonu do predaje ovlaštenim skupljačima odnosno obrađivačima. Osim toga,

ostaci od drobljenja - mješavine materijala od mehaničke obrade glomaznog metalnog otpada privremeno se skladište na reciklažnom pogonu CE-ZA-R d.o.o. na otvorenom u boksovima i spremnicima.

4.4. Logistika distribucije

Rezultat obrade je sekundarna sirovina koju tvrtka nudi na tržištu svojim kupcima. Tu se ubrajaju sekundarno željezo, čelik, obojeni metali određene granulacije, a pripremljeni za korištenje u metalurškim procesima. Koriste se za izradu gotovih željeznih proizvoda (od tamnih metala). Obojeni metali podvrgavaju se daljnjoj preradi. Nakon što se s kupcem sirovine ugovori kupoprodaja, organizira se otprema prema otpremnom nalogu. Otprema gotove sirovine koja je pretežno u rasutom obliku, a dijelom i u obliku bala, obavlja se najčešće kamionima raznih tipova koji imaju mogućnost samostalnog iskrcaja robe.

Kupci su željezare iz RH i gospodarskog okruženja. Prema njihovim zahtjevima, odnosno traženoj kvaliteti, čistoći i udjelu metala u sirovini centar može prilagoditi svoje procese obrade otpada. Za željezare izvan RH, potrebno je organizirati prijevoz do luke Rijeka, odakle se dalje brodovima za rasuti teret otpremaju do lokacije kupca. Neki od tih kupaca su primjerice su ABS: Acciaierie Bertoli Safau SPA i Feriere Nord SPA iz Talijanske Republike te neke željezare iz Republike Turske, [11].



Slika 4. Tijek logističkih procesa u tvrtki CE-ZA-R d.o.o.

Izvor: autor

4.5. Analiza prikupljenog otpada u RH i usporedba na razini EU

Najveći dio prikupljenog otpada u poslovanju tvrtke čine auto olupine. Za svako otpadno vozilo koje posjednik zajedno s preslikom prometne dozvole vozila predaje na otkup, od Fonda za zaštitu okoliša i prirode (dalje u tekstu: Fond) dobiva Potvrdu o obrađivanju otpadnog vozila, [13]. U slučaju da je vlasnik vozila nepoznat, posjednik takvog vozila obavezan je priložiti zapisnik komunalnog redarstva. Na taj se način osigurava da je vozilo odjavljeno kao otpadno tek kada se za njega izda Potvrda o obrađivanju vozila. Temeljem broja izdanih Potvrda može se približno odrediti količina otpadnih vozila.

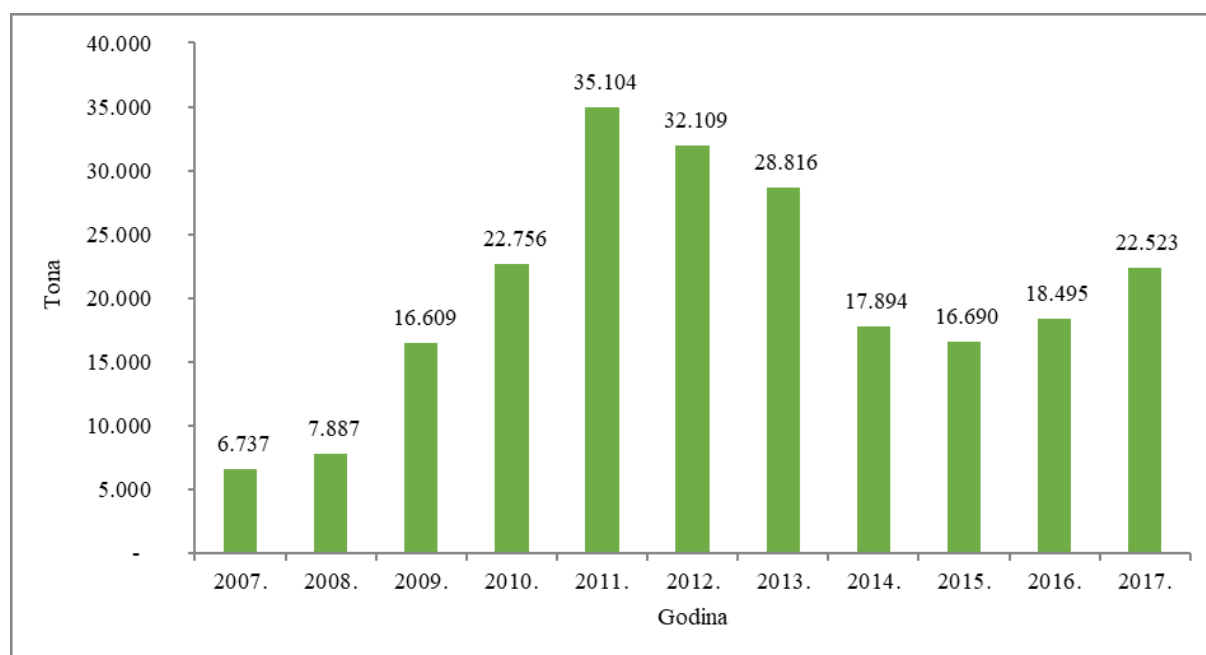
Na razini RH, od 2007. godine do 2017. godine, prema prijavama u Fond, do 2011. godine uočava se kontinuirano povećanje ukupnih godišnjih količina sakupljenih cjelovitih otpadnih vozila, nakon čega se bilježi pad. Količine vozila u tonama i njihov međusobni odnos po godinama prikazan je na slici 5. Prema zadnjim dostupnim podacima, u 2017. godini sakupljači su u Fond prijavili ukupno 22 523,35 tona cjelovitih otpadnih vozila. U tablici 5

prikazan je popis sakupljača otpadnih vozila u RH i sakupljene količine u 2017. godini. Tvrtka CE-ZA-R d.o.o. prednjači pred ostalima sa sakupljenih 19 214,03 tone, [13].

Tablica 5. Popis sakupljača otpadnih vozila u RH i sakupljene količine cjelovitih otpadnih vozila u 2017. godini

| Broj | Naziv tvrtke | Sjedište tvrtke | Sakupljene količine otpadnih vozila (t) |
|---------|-----------------------------|-----------------|---|
| 1. | CE-ZA-R d.o.o. | Zagreb | 19 214,03 |
| 2. | KAIROS d.o.o. | Osijek | 114,90 |
| 3. | METIS d.d. | Kukuljanovo | 3 054,04 |
| 4. | ODLAGALIŠTE SIROVINA d.o.o. | Zadar | 140,38 |
| UKUPNO: | | | 22 523,35 |

Izvor: [13]



Slika 5. Količine sakupljenih cjelovitih vozila u RH prema prijavama sakupljača od 2009. do 2017. godine

Izvor: [13]

Statistički podaci o generiranom otpadu u EU prema Eurostatu [14] dijele se prema izvoru u 19 ekonomskih područja i po kategorijama otpada. Sve vrijednosti izražavaju se u tonama otpada i u kilogramima po stanovniku, temeljem godišnjeg prosjeka populacije. Prema podacima iz 2016. godine, broj prikupljenih i rastavljenih otpadnih vozila iznosio je prosječno 12 vozila na 1 000 stanovnika, [15]. Podaci o broju otpadnih vozila na 1 000 stanovnika za

članice EU te Republiku Island, Kneževinu Lihtenštajn i Kraljevinu Norvešku grafički su prikazani na slici 6. U razdoblju od 2015. do 2016. godine članice su bile obvezne ostvariti razinu oporabe i recikliranja veću od 85 %, a s obzirom na masu vozila veću od 95 %. Prema [15], 4 članice nisu zadovoljile prvi zahtjev, a 13 članica 2. zahtjev., od toga 3 članice oba.



(*) Eurostat procjena za 2008. i 2016. godinu

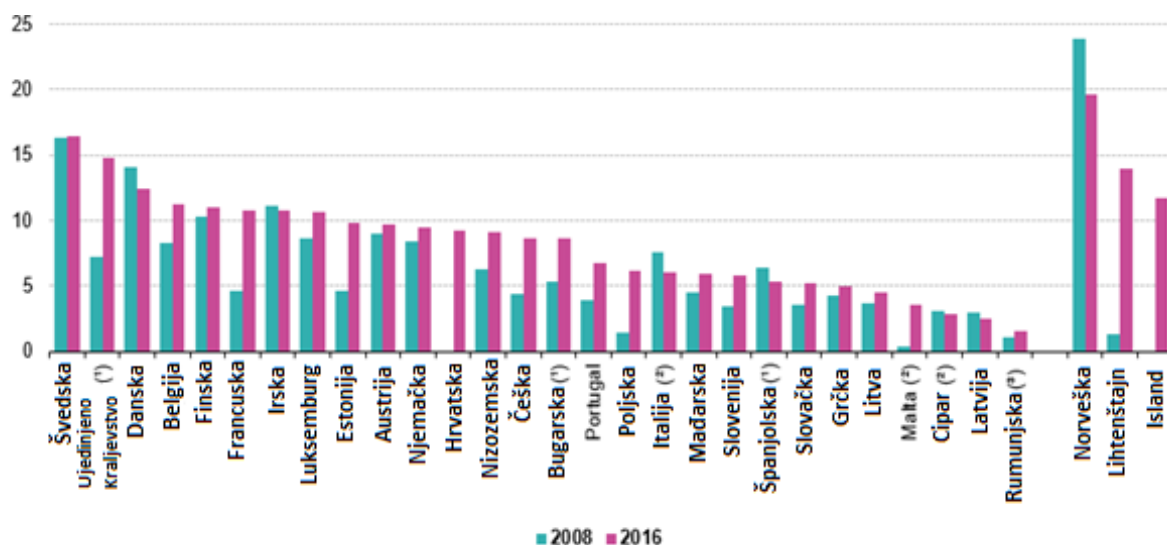
(*) Eurostat procjena za 2016. godinu

Slika 6. Broj rastavljenih otpadnih vozila na 1 000 stanovnika u državama članicama EU i Kraljevini Norveškoj, Republici Island i Kneževini Lihtenštajn

Izvor: [15]

Druga po zastupljenosti vrsta otpada koju tvrtka prikuplja je električna i elektronička oprema. Tvrtka CE-ZA-R d.o.o. je jedna od dvije tvrtke u RH koja posjeduje dozvolu za finalni postupak uporabe EE otpada. U ovom slučaju, tvrtka CE-ZA-R d.o.o. je ovlaštenu obrađivač 1. kategorije EE otpada, u koje se ubrajaju veliki kućanski uređaji. Prema Izvješću o gospodarenju otpadom električnom i elektroničkom (EE) opremom [16] prikazano je stanje o sakupljenim i oporabljenim količinama otpada. Na razini RH, prema zadnjim dostupnim podacima, u 2017. godini sakupljeno je ukupno 36 434 tona EE otpada. Stopa odvojenog sakupljanja je pritom dosegla 81.6%, a to je omjer sakupljenih količina u promatranoj godini u prosjeka količina stavljenih na tržište u prethodnoj godini. Od ukupno 10 kategorija u koje se dijeli EE otpad, najzastupljeniji su veliki kućanski uređaji te oprema široke potrošnje za razonodu.

Slika 7 prikazuje količine prikupljenog EE otpada za europske države izražene u kilogramima po stanovniku za 2008. i 2016. godinu. Uočljive su značajne razlike u količinama, što može biti odraz razine potrošnje u pojedinoj državi, ali i pokazatelj učinkovitosti postojećih sustava prikupljanja EE otpada. Većinu posjednika EE otpada čine kućanstva u gotovo svim državama, no takvi podaci ne odražavaju nužno stvarno stanje prikupljenog otpada jer su dostupni podaci o drugim izvorima otpada nepotpuni, [15].



(*) 2008 Eurostat procjena
 (*) 2016: Podaci iz 2015. godine
 (*) 2016: Podaci iz 2014. godine

Slika 7. Ukupno prikupljene količine EE opreme u kilogramima po stanovniku za 2008. i 2016. godinu na razini EU

Izvor :[15]

4.6. Trgovinska razmjena sa zemljama izvan RH

Glavna sirovina s kojom tvrtka CE-ZA-R d.o.o. sudjeluje u trgovinskoj razmjeni na tržištu RH i sa zemljama Europe je sekundarni čelik klase E40. Takav čelik je usitnjen do određene granulacije, a kupci ga koriste za vlastitu proizvodnju. Prema kombiniranoj tarifnoj nomenklaturi EU, proizvodi od željeza i čelika u obliku granula imaju oznaku 7205, a ostali proizvodi od željeza i čelika koji se ne mogu svrstati u tu skupinu imaju oznaku 7326, [17]. Prema tim oznakama i dostupnim statističkim podacima na razini EU, prikazan je odnos uvoza i izvoza takve vrste robe između RH i dvije europske države: Talijanske Republike i Republike Turske. Te dvije države odabrane su jer čine izvozno tržište tvrtke CE-ZA-R d.o.o.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku [18], izvoz/uvoz po tarifnim brojevima Kombinirane nomenklature i zemljama namjene/podrijetla, dobivena je tablica 6. Tablica prikazuje ukupne količine izvezene i uvezene robe pod tarifnim brojevima 7205 i 7326 za Talijansku Republiku i Republiku Tursku za 2018. godinu. Vrijednosti količina izražene su u

kilogramima, a ukupna vrijednost robe izražena je u kunama i eurima. Iz podataka se može procijeniti da se osim primarnim proizvodima od željeza i čelika, sekundarnim sirovinama željeza i čelika se pretežno trguje pod tarifnom oznakom 7326. Za obje odabrane države izvoz robe je bitno veći nego uvoz.

Tablica 6. Izvoz/uvoz po tarifnim brojevima Kombinirane nomenklature i zemljama namjene/podrijetla

| Država | Tarifni broj | Izvoz/uvoz | Količina u kg | Vrijednost u kn | Vrijednost u eurima |
|---------------------------------|--------------|------------|---------------|-----------------|---------------------|
| TALIJANSKA REPUBLIKA | 7205 | Izvoz | 0 | 0 | 0 |
| | | Uvoz | 208 900 | 1 269 174 | 170 726 |
| | 7326 | Izvoz | 7 261 217,81 | 116 938 044 | 15 753 659 |
| | | Uvoz | 4 130 644,97 | 83 275 488 | 11 222 505 |
| REPUBLIKA TURSKA | 7205 | Izvoz | 10 055 | 884 161 | 119 247 |
| | | Uvoz | 0 | 0 | 0 |
| | 7326 | Izvoz | 776 600,74 | 7 755 010 | 1 043 896 |
| | | Uvoz | 470 353,80 | 6 135 163 | 826 305 |

Izvor: [18]

5. ZAKLJUČAK

Planiranje logističkih procesa unutar bilo kojeg logističkog sustava ključni je čimbenik poslovanja kojim se osigurava efikasno i efektivno provođenje logističkih aktivnosti. Procesi služe za upravljanje tokovima robe, a provodi ih stručno i za to osposobljeno osoblje. Sve veća potrošnja raznih vrsta robe dovodi i do povećanja količine otpada. Sav je otpad nužno zbrinuti na pravilan način, što se postiže primjenom modela za gospodarenje otpadom. Jedan dio sustava gospodarenjem otpadom je prikupljanje otpada.

Otpad se može podijeliti na dvije glavne vrste: komunalni i proizvodni otpad. Prikupljanje otpada planira se na temelju tri koraka, pomoću kojih se odabire sustav prikupljanja. Prvo se identificira zagađivač, odnosno odredi vrsta otpada. Zatim se odabire mjera prikupljanja, temeljem mase ili volumena otpada i/ili pripadajućeg spremnika. Sukladno tome nabavljaju se potrebna vozila i mehanizacija te ostali kapaciteti za prikupljanje, obradu i skladištenje otpada. Na kraju je potrebno odrediti način naplate usluge prikupljanja. Važan čimbenik u planiranju prikupljanja otpada je priprema i izrada ruta za vozila za prikupljanje. U slučaju komunalnog otpada, može se koristiti model odabira ruta s vremenskim okvirom. To je složeni problem čijim se rješavanjem dolazi do optimalne rute vozila, uz minimalne troškove prijevoza i uz poštivanje svih vremenskih okvira prikupljanja.

Tvrtka CE-ZA-R koja se bavi prikupljanjem, reciklažom i oporabom glomaznog otpada nema tipičan način poslovanja kao neke druge organizacije za prikupljanje otpada. Razlog tome je upravo vrsta otpada koju prikupljaju, pa je samo planiranje prikupljanja specifično. Obrada naloga za prikupljanje obavlja se pojedinačno po posjedniku otpada, te se na temelju toga određuje ruta vozila za prikupljanje. Doprema otpada organizira se na takav način da je jedan obilazak vozila izlazak s terminala, odlazak do posjednika i povrat u terminal. U rjeđim slučajevima, ovisno o količini i vrsti otpada, moguć je obilazak i nekoliko posjednika u jednom obilasku, ako se takav otpad može prikupiti u obliku bale ili pakiran u vreće. Količine prikupljenog otpada od strane tvrtke značajne su u odnosu na ukupno prikupljene količine pojedinih vrsta otpada na području RH. Visoka stopa uporabe prikupljenih otpadnih vozila pokazatelj je učinkovitog procesa recikliranja unutar raspoloživih kapaciteta tvrtke CE-ZA-R d.o.o.

POPIS LITERATURE

1. Zelenika, R.: Logistički sustavi, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005.
2. Rushton, A., Croucher, P., Baker, P.: The Handbook of Logistics & Distribution Management, The Chartered Institute of Logistics and Transport, 4. izdanje, Velika Britanija, 2010.
3. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17 , 14/19); dostupan na: <https://www.zakon.hr/z/657/Zakon-o-odr%C5%BEivom-gospodarenju-otpadom> (20.5.2019.)
4. Kiš, D., Kalambura, S.: Gospodarenje otpadom I, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2018.
5. Letcher, T., Vallero, D., McLeod, F.: Waste: A Handbook for Management, Academic Press, Burlington, Sjedinjenje Američke Države, 2011.
6. Gibbs, A., Elliot, T., Ballinger, A., Vergunst, T., Hogg, D.: Development of a Modelling Tool on Waste Generation and Management, Eunomia Research & Consulting Ltd, Bristol, Velika Britanija, 2014.
7. Lutz, R.: Adaptive Large Neighborhood Search, Faculty of Engineering and -Computer Science, Ulm University, Njemačka, 2014.
8. Buhrkal, K., Larsen, A. Ropke, S.: The waste collection vehicle routing problem with time windows in a city logistics context; Procedia - Social and Behavioral Sciences, br. 39, Department of Transport, Technical University of Denmark, 2012., p. 241 - 254
9. <http://www.cezar-zg.hr/> (19.6.2019.)
10. http://www.cezar-zg.hr/izvjestaj/izvjestaj_o_zastiti_okolisa_2008_godina.pdf (28.6.2019.)
11. Podaci dobiveni od tvrtke CE-ZA-R d.o.o.
12. Knezović, H.: Logistički procesi zbrinjavanja sekundarnih sirovina, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2009.
13. http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_Izvjescie_otpadna_vozila_gume_2017.pdf (30.8.2019.)
14. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/env_wasgt_esms.htm (30.8.2019.)
15. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste> (30.8.2019.)

16. http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/lzvjesca/ostalo/OTP_Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20EE%20otpadu_2017_final_WEB.PDF
(30.8.2019.)
17. <https://carina.gov.hr/UserDocslImages//dokumenti/CTVP//KN%202019.pdf>
(30.8.2019.)
18. <https://www.dzs.hr/> (30.8.2019.)

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Hijerarhija planiranja logističkih aktivnosti..... | 5 |
| Slika 2. Mrežni dijagram ruta jednog vozila za prikupljanje otpada | 21 |
| Slika 4. Troosovinsko teretno vozilo marke Man | 26 |
| Slika 3. Tijek logističkih procesa u tvrtki CE-ZA-R d.o.o..... | 30 |
| Slika 5. Količine sakupljenih cjelovitih vozila u RH prema prijavama sakupljača od 2009. do 2017. godine..... | 31 |
| Slika 6. Broj rastavljenih otpadnih vozila na 1 000 stanovnika u državama članicama EU i Kraljevini Norveškoj, Republici Island i Kneževini Lihtenštajn | 32 |
| Slika 7. Ukupno prikupljene količine EE opreme u kilogramima po stanovniku za 2008. i 2016. godinu na razini EU..... | 34 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Glavne funkcije razina planiranja | 6 |
| Tablica 2. Korak 1 - Identifikacija onečišćivača | 15 |
| Tablica 3. Korak 2 - Mjerenje/kvantifikacija onečišćenja | 16 |
| Tablica 4. Pregled različitih problema usmjeravanja vozila i neke karakteristike | 19 |
| Tablica 5. Popis sakupljača otpadnih vozila u RH i sakupljene količine cjelovitih otpadnih vozila u 2017. godini..... | 31 |
| Tablica 6. Izvoz/uvoz po tarifnim brojevima Kombinirane nomenklature i zemljama namjene/podrijetla | 35 |



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **Planiranje logističkih procesa prikupljanja otpada**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 04/09/2019 _____

Student/ica:

Nikolina Huberman

(potpis)