# Prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem oporabe

**Zeba, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:472015

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-26**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Tomislav Zeba**

# Prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem oporabe

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Povratna logistika**

# DIPLOMSKI ZADATAK br. 4369

Pristupnik: **Tomislav Zeba (0135229602)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem uporabe**

Opis zadatka:

U radu će se istaknuti osnovne postavke povratnih sustava sa fokusom na prikupljanje otpada. Analizirati će se procesi tvrtke tržišta RH te će se predložiti mogućnosti optimizacije. U radu će se istaknuti i mogućnosti korištenja aktivnosti povratne logistike sa ciljem primarnog korištenja aktivnosti oporabe prikupljenih materijala.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

dr. sc. Ivona Bajor

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

# PRIKUPLJANJE OTPADA U SVRHU ISKORIŠTENJA SA CILJEM OPORABE

# WASTE COLLECTION FOR THE UTILIZATION OF RAW MATERIALS FOR RECOVERY

Mentor: dr. sc. Ivona Bajor
Student: Tomislav Zeba; 0135229602

Zagreb, rujan 2017.

# SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je Prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem oporabe. U uvodu je kratko opisano značenje logistike, povratne logistike i otpada. Uvod opisuje i uređenje hrvatskih zakona povezanih sa gospodarenjem otpadom. U drugom dijelu rada obrađuju se sustavi povratne logistike, aktivnosti povratne logistike i upravljanje otpadom u okvirima povratne logistike. Treća cjelina govori o zakonskim regulativama za prikupljanje otpadnih sirovina sa ciljem oporabe. U okviru treće cjeline obrađeno je održivo gospodarenje otpadom, zbrinjavanje i oporaba otpada. Četvrta cjelina obrađuje pojmove kao što su biootpad, bioplin i bioplinska postrojenja. Nastavno, analizira se sustav prikupljanja otpadnih sirovina na primjeru bioplinskog postrojenja Agroproteinka-Energija d.o.o. Peta cjelina rada prikazuje prijedlog reorganizacije prikupljanja otpadnih sirovina. Na kraju rada donosi se zaključak koji ukratko obuhvaća sve dijelove ovog diplomskog rada.

Ključne riječi: *povratna logistika, otpad, biootpad, održivo gospodarenje otpadom, prikupljanje otpada, zbrinjavanje otpada, oporaba otpada, bioplinsko postrojenje*

# SUMMARY

The topic of this master thesis is Waste collection for the utilization of raw materials for recovery. The introduction briefly describes the meaning of logistic, reverse logistic and waste. In introduction is also described regulation of Croatian law related to waste management. Second part of the work deals with reverse logistics systems, reverse logistics activities and waste management within reverse logistics. The third section deals with legal regulations for the collection of waste materials with a special emphasis to recovery of waste materials. Terms like sustainable waste management, disposal and recovery of waste are covered within the third section. The fourth section deals with concepts such as biowaste, biogas and biogas facilities. Additionally, a system for collecting waste materials is analyzed on the example of the biogas facility Agroproteinka-Energija d.o.o. The fifth section of work presents a suggestion for the reorganization of the collection of waste materials. At the end of the work is a conclusion which briefly covers all the parts of this master thesis.

Key words: *return logistics, waste, biowaste, sustainable waste management, waste collection, waste disposal, waste recovery, biogas facility*

# SADRŽAJ

1. UVOD ..... 1
2. SUSTAVI POVRATNE LOGISTIKE ..... 3
2.1. AKTIVNOSTI POVRATNE LOGISTIKE ..... 4
2.2. UPRAVLJANJE OTPADOM U OKVIRIMA POVRATNE LOGISTIKE ..... 8
3. ZAKONSKE REGULATIVE ZA PRIKUPLJANJE OTPADNIH SIROVINA SA CILJEM OPORABE ..... 10
3.1. ODRŽIVO GOSPODARENJE OTPADOM ..... 15
3.2. ZBRINJAVANJE OTPADA ..... 16
3.3. OPORABA OTPADA ..... 18
4. ANALIZA SUSTAVA PRIKUPLANJA OTPADNIH SIROVINA ..... 20
4.1. BIOOTPAD ..... 23
4.2. BIOPLIN ..... 25
4.2.1. Anaerobna digestija ..... 27
4.2.2. Primjena i uporaba bioplina ..... 28
4.3. BIOPLINSKO POSTROJENJE ..... 29
4.4. BIOPLINSKO POSTROJENJE AGROPROTEINKA-ENERGIJA d.o.o. ..... 32
4.5. SUSTAV PRIKUPLJANJA OTPADNIH SIROVINA AGROPROTEINKE-ENERGIJE d.o.o. ..... 34
4.5.1. Pregled sirovina za prikupljanje ..... 34
4.5.2. Teretno-manipulativne jedinice ..... 35
4.5.2. Prijevozna sredstva ..... 37
4.5.3. Organizacija transportnih ruta prikupljanja otpada ..... 38
5. PRIJEDLOG REORGANIZACIJE PRIKUPLJANJA OTPADNIH SIROVINA ..... 40
5.1. SKLADIŠTENJE TERETNO-MANIPULATIVNIH JEDINICA ..... 41
5.2. NAČIN PLANIRANJA RUTE PRIKUPLJANJA OTPADA ..... 42
5.2.1. Organizacija prikupljanja otpada s višom razinom usluge ..... 45
5.2.2. Organizacija prikupljanja otpada temeljem povijesnih podataka ..... 47
5.3. USPOREDBA NAČINA ORGANIZIRANJA RUTA PRIKUPLJANJA OTPADA ..... 51
6. ZAKLJUČAK ..... 56
LITERATURA ..... 57
POPIS SLIKA ..... 59
POPIS TABLICA ..... 60
POPIS GRAFIKONA ..... 61

# 1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada je prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem oporabe. Kako bi se objasnilo iskorištenje otpada s ciljem oporabe potrebno je definirati osnovne pojmove kao što su: logistika, povratna logistika, sirovina, otpad, održivo gospodarenje otpadom, zbrinjavanje i oporaba otpada te oporaba otpada s ciljem proizvodnje električne energije. U radu detaljno je opisan sustav povratne logistike te zakonske regulative vezane za gospodarenje otpadom s naglaskom na oporabi otpada. Jedan od važnijih zakona koji je korišten u radu je Zakon o održivom gospodarenju otpadom. Ovim se zakonom uređuju osnove gospodarenja otpadom te načini gospodarenja otpadom. U radu se referira i na „Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022.“ . Ovim planom se reguliraju dva najpoželjnija načina gospodarenja otpadom, a to su sprječavanje nastanka te ponovna uporaba otpada. Povratna logistika je poveznica u prikupljanju i oporabi otpada te je u nastavku ovog poglavlja ukratko opisan pojam logistike, otpada, prikupljanja i oporabe otpada.

Definicija logistike sukladno direktivama i preporukama Vijeća Europe glasi „Logistika predstavlja upravljanje tokovima robe i sirovina, procesima izrade, završenih proizvoda i pridruženim informacijama od točke izvora do točke krajnje uporabe u skladu s potrebama kupaca. U širem smislu logistika uključuje povrat i raspolaganje otpadnim tvarima.“[1] Povratna logistika je fokusirana na one proizvode od kojih je moguće ponovno dobiti određenu vrijednost i koje je moguće ponovno vratiti u opskrbni lanac.[2]

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike definira otpad na sljedeći način: „Otpad je 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]

[1] Krpan, Lj., Furjan, M., Maršanić, R.; Potencijali logistike povrata u maloprodaji, Technical journal 8, str. 182-191, 2014.
[2] Rogić, K., Autorizirana predavanja kolegija Povratna logistika, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
[3] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH, službena stranica : http://www.mzoip.hr/hr/otpad/otpadxx.html

Prije detaljnije razrade o zbrinjavanju i oporabi otpada sljede podaci iz „Plana gospodarenja otpadom za 2017.-2022.“ U 2014. godini ukupno evidentirane količine proizvedenog otpada (komunalnog i proizvodnog) iznosile su oko 3,7 milijuna tona što je za 10,5% više u odnosu na 2012. godinu. U ukupnoj količini otpada 97% čini neopasni otpad, dok preostalih 3% čini opasni otpad. S obzirom na porijeklo otpada, najveći udio nastaje u kućanstvima (31%), čime su obuhvaćene različite vrste otpada koje proizvode građani, od komunalnog otpada do drugih vrsta otpada kao što su npr. otpadna vozila.[4]

Svrha i cilj zakonskih regulativa i planova, prema redu prvenstva gospodarenja otpadom je sprječavanje nastanka otpada te priprema otpada za oporabu dok se pokušava izbjeći najmanje poželjan način - zbrinjavanje otpada odlaganjem.

U nastavku rada obrađuju se sustavi i aktivnosti povratne logistike te upravljanje otpadom u okviru povratne logistike. Zakoni i planovi koje regulira pravni poredak RH vezano za gospodarenje otpadom. Analizira se sustav prikupljanja otpadnih sirovina općenito i sustav prikupljanja otpadnih sirovina bioplinskog postrojenja Agroproteinka-Energija d.o.o. Prikazan je prijedlog reorganizacije prikupljanja otpadnih sirovina. Na kraju rada donesen je zaključak u kojem se ukratko sažima cjelokupni obrađeni rad.

[4] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. godine (NN 3/2017)

# 2. SUSTAVI POVRATNE LOGISTIKE

Povratna logistika potječe od pojmova „*Reverse channel*“ i „*Reverse flow*“ koji su se koristili u znanstvenoj literaturi sedamdesetih godina 20. stoljeća, a bili su vezani za procese recikliranja. Vijeće Europe (*Council of Logistic Management*) početkom devedesetih godina donosi formalnu definiciju povratne logistike koja glasi: „…pojam koji se odnosi za definiranje uloge logistike u procesima reciklaže, zbrinjavanja otpada te upravljanja opasnim otpadom; u širem smislu pojam obuhvaća sve logističke aktivnosti koje su vezane uz recikliranje, zamjenu i ponovno korištenje, kao i smanjenje materijala i otpada.“

Krajem devedesetih godina 20. stoljeća, Vijeće Europe donosi službenu definiciju povratne logistike definirajući je kao: „… proces planiranja, implementacije i kontrole obrnutog toka sirovina, od procesa proizvodnje, distribucije ili točke korištenja, do točke obnavljanja ili prikladnog zbrinjavanja.“[5] Preciznije, povratna logistika je proces premještanja robe iz njihove tipične krajnje destinacije u svrhu povećanja vrijednosti ili pravilnog odlaganja.

U poslovanju se do nedavno nije posvećivalo puno vremena upravljanju i razumijevanju povratne logistike. No ako određena tvrtka želi biti konkurentna na globalnom tržištu potrebno je da posebnu pozornost posveti povratnoj logistici kako bi smanjila svoje troškove ostvarujući dodatan profit. Tvrtke specijalizirane za povrat, izvor prihoda pronalaze u povratnoj logistici kao primarnoj djelatnosti svog poslovanja.[6] To je dijelom i posljedica prepoznavanja povećane vrijednosti proizvoda i tehnologije stvorene na kraju opskrbnih lanaca te utjecaja zelenih zakona, osobito u Europi. Problem i zabrinutost krajnjeg odlaganja otpada i smeća oduvijek je bio problem u funkciji urbanizacije i sve veće gustoće naseljenosti gradskih područja. Uz industrijsku revoluciju, problemi su se pojačali zbog pojave opasnih otpada i materijala, utjecaja na okoliš, rastuće potrebe za kontrolom i raspolaganjem ljudskim i životinjskim otpadom radi zaštite zdravlja te sigurnosti stanovništva. Te su odgovornosti bile u početku usredotočene na lokalne i regionalne vlade, a kasnije su ih dopunjavale nezavisne tvrtke koje pružaju usluge uklanjanja i recikliranja otpada

[5] Krpan, Lj., Furjan, M., Maršanić, R.; Potencijali logistike povrata u maloprodaji, Technical journal 8, str. 182-191, 2014.
[6] Rogers DS, Tibben-Lembke RS.; Going Backwards: Revers Logistics Trends and Practice. Reverse Logistics Executive Council. Pittsburgh, USA, 1998.

na temelju ugovora s vladinim organizacijama ili za dobit, temeljem nadoknadive vrijednosti smeća i otpada.[7]

Postoji niz razloga zašto se pozornost treba posvetiti procesima, dinamici i strukturi koji su uključeni u povrat robe i materijala na kraju opskrbnog lanca. Pored normalne situacije, gdje proizvodi i roba na kraju opskrbnog lanca više nisu željni, potrebni ili imaju malu vrijednost jer su zastarjeli ili ne funkcioniraju, postoji naravno zahtjev za odlaganje, koji se bavi specifičnim pitanjima koji uključuju kruti otpad, tekući otpad i opasne tvari. Ostali proizvodi i materijali imaju vrijednost koja bi se mogla oporaviti kroz popravak, odlaganje i recikliranje, tako da sigurno nije učinkovito, jednostavno ih otpisati. To može uključivati sljedeće vrste robe i proizvoda:

- Proizvodi koji nisu uspjeli te se trebaju popraviti ili postaviti na odgovarajući način,
- Dijelovi i dijelovi proizvoda koji se mogu ponovno upotrijebiti ili se mogu popraviti ili preraditi,
- Proizvodi koji su savršeno dobri, no ipak su vraćeni od strane kupca, kao i proizvodi koji se nalaze na policama trgovca koji nisu prodani,
- Proizvodi i materijali koji su opozvani ili zastarjeli, ali su još uvijek korisni,
- Proizvodi, materijali koji su bili bačeni, ali se mogu reciklirati i ponovno koristiti,
- Proizvodi na kraju najma, ali ne i na kraju života.[8]

## 2.1. AKTIVNOSTI POVRATNE LOGISTIKE

Aktivnosti povratne logistike su procesi koje tvrtka koristi za prikupljanje korištenih, oštećenih, neželjenih ili proizvoda kojima je istekao rok valjanosti, isto tako i ambalažu od strane krajnjeg potrošača ili pak dobavljača. Unutar pojedinih djelatnosti, aktivnosti povratne logistike mogu biti ključne za tvrtku. Općenito, u tvrtkama gdje je vrijednost proizvoda veća ili gdje je stopa povrata veća, puno je više

[7] Donald F. Blumberg; Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes-CRC Press , 2004.
[8] Ibid.

truda uloženo u poboljšanje povratnih procesa nego u proizvodima s nižim vrijednostima ili stopama povrata.[9]

Efikasnija manipulacija robom u procesu povrata od neizmjerne je važnosti zbog konstantnog pada cijene proizvoda. Funkcionalnost opskrbnog lanca, osim manjeg postotka vraćene robe, osigurava i brži protok robe u povratu.

Aktivnosti povratne logistike mogu se podijeliti na:

- Proizvode koji su u povratu od strane krajnjeg korisnika
- Proizvode koji su u povratu od strane dobavljača ili distributivnog centra
- Kategorizaciju materijala u povratu ambalaža ili proizvoda[10]

Pravilan izbor aktivnosti koje će se provesti bitno ovisi o vrsti proizvoda kojima tvrtka raspolaže te strategiji koja je postavljena kao primaran cilj tvrtki. Tvrtke koje su strateški usmjerene na zadovoljstvo kupca, na zaradu ili praćenje zakonskih regulativa prilagodit će aktivnosti za proizvode u povratu i samu organizaciju povratnog sustava svome strateškom cilju. Svaka kombinacija aktivnosti povratne logistike treba rezultirati jednim ili, kod tvrtki na najvišoj razini organizacije povratne logistike, svima od triju postavljenih cilja poslovanja.[11]

Osnovne aktivnosti za proizvode u povratu su:

- **Sakupljanje** − prva i obvezna aktivnost povratne logistike predstavlja procese vezane uz sakupljanje korištenih, oštećenih ili neželjenih proizvoda ili ambalaže. Osim sakupljanja u ovu aktivnost ulaze i pakiranje i transport robe od krajnjega korisnika ili od razine opskrbnoga lanca s koje se inicira povrat. Način sakupljanja najčešće ovisi o vrsti proizvoda te o materijalu od kojega je izrađen. Također, ovisi i o načinu poslovanja pojedinoga subjekta opskrbnoga lanca i poslovnim ugovorima
- **Provjera/selekcija/sortiranje** − nakon dopreme povrata na svaku razinu opskrbnoga lanca vrši se provjera koja se odvija na unaprijed određenoj lokaciji. Nakon provjere dokumentacije o statusu odobrenoga povrata, na temelju

[9] Rogers DS, Tibben-Lembke RS.; Going Backwards: Revers Logistics Trends and Practice. Reverse Logistics Executive Council. Pittsburgh, USA, 1998.
[10] Rogić, K., Autorizirana predavanja kolegija Povratna logistika, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
[11] Bajor, I.; Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska, 2014.

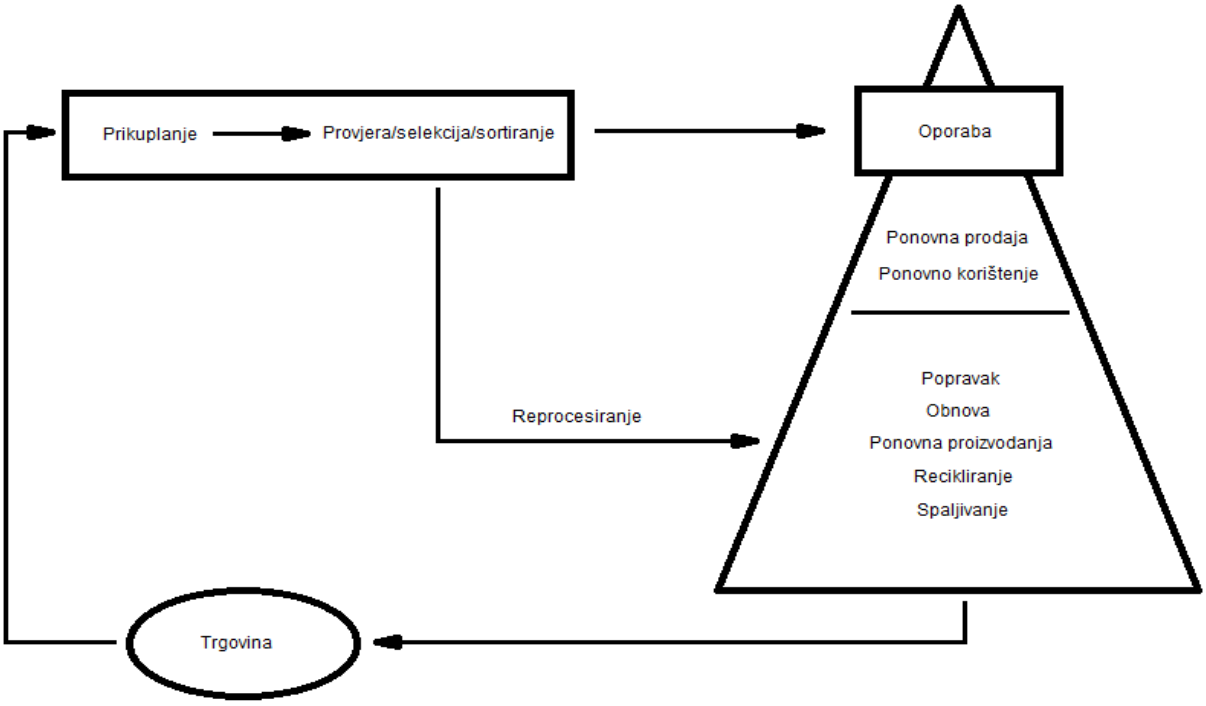
utvrđene kvalitete i stanja proizvoda, vrši se selekcija te sortiranje proizvoda ili ambalaže. Sortiranje proizvoda u povratu predstavlja jednu od najsloženijih aktivnosti u logističkim sustavima.

- **Popravak** (*engl. Recondition*) − predstavlja proces u kojem se istrošene ili disfunkcionalne komponente proizvoda ili ambalaže zamjenjuju novima u svrhu ponovnoga korištenja. Navedena aktivnost ne uključuje proizvodni proces.
- **Obnova** (*engl. Refurbish*) − predstavlja proces u kojem se proizvodi ili ambalaža vraćaju u prvobitno stanje provođenjem aktivnosti poput čišćenja, poliranja, bojanja itd. U navedenom procesu strukturni dijelovi ostaju nepromijenjeni.
- **Reprocesiranje** (*engl. Re-process*) − predstavlja proces proizvodnje ponovljen isključivo zbog neuspjeloga prvobitnoga procesa.
- **Ponovna proizvodnja** (*eng.Rremanufacture*) − predstavlja proces proizvodnje kreiran u svrhu izrade proizvoda sastavljenoga od novih i od korištenih komponenata.
- **Ponovno korištenje** (*engl. Reuse*) − predstavlja aktivnost koja pretpostavlja korištenje vraćenoga subjekta (ambalaže ili gotovih proizvoda) s malim ili nikakvim izmjenama.
- **Oporaba** (*eng. Recovery*) − prema Europskoj agenciji za zaštitu okoliša definirana je kao operacija gospodarenja otpadom kojom se određenim aktivnostima povratne logistike smanjuje količina otpada usmjerenoga na odlagališta s ciljem dobivanja sirovina i energije (energetska i materijalna oporaba), a u svrhu ekonomske i/ili ekološke koristi. Bitno je istaknuti kako oporaba i recikliranje nisu isti pojmovi te kako je oporaba širi pojam od recikliranja. Recikliranje predstavlja proces koji uključuje preradu otpadnih materijala u svrhu dobivanja sirovina (materijalna oporaba) za ponovnu uporabu u proizvodnom procesu s ciljem smanjenja količine otpada koji je usmjeren na odlagališta.
- **Odlaganje** (*engl. Disposal*) − predstavlja posljednju aktivnost povratne logistike koja se u što većoj mjeri pokušava izbjeći. Odlaganje otpada predstavlja organiziranu djelatnost trajnoga odlaganja otpada na odlagališta[12]

[12] Bajor, I.; Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska, 2014.

Izbor je osnovnih aktivnosti koje se provode nad subjektima u povratnoj logisitici različit za ambalažu i proizvode u povratu. Dok se proizvodi sastoje od različitih komponenata i imaju tendenciju brzog gubitka vrijednosti i složenije proizvodnje. Ambalaža u povratu zahtijeva manje složenosti pri organizaciji povrata i aktivnosti unutar sustava zbog ujednačenosti koje se odnosi na materijale od kojih se sastoji i ujednačenost izgleda. Stoga su aktivnosti za ambalažu u povratu:

- Sakupljanje
- Provjera/selekcija/sortiranje
- Popravak
- Obnova
- Reprocesiranje
- Ponovno korištenje
- Oporaba[13]




***Slika 1**: Procesi povratne logistike*

***Izvor**: Dekker R., Fleischmann M., Inderfurth K., Van Wassenhove Luk N.; Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004.*

[13] Bajor, I.; Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska, 2014.

## 2.2. UPRAVLJANJE OTPADOM U OKVIRIMA POVRATNE LOGISTIKE

Logističke aktivnosti povezane s povratom oštećenih, neprodanih ili vraćenih potrošačkih proizvoda podupiru opskrbni lanac, a konsolidacija, rukovanje i zbrinjavanje otpadnih proizvoda rezultira, da postaje sve veći interes za smanjenje troškova i povećanje učinkovitosti unutar sektora distribucije. Ovisno o vrsti povratnog postupka koji se koristi, proizvodi se ne moraju nužno vratiti u njihovu točku porijekla, već na drugu stranu za oporavak. Kako je razina složenosti u povratno logističkom poslovanju povećana, postoji sve veća potreba za rješavanjem pitanja održivosti i integracije u cjelokupnom opskrbnom lancu. Pošiljka materijala koja ide natrag na odlagališta i centre za oporavljanje prirodno je produljenje povratne logistike, a bolja integracija procesa gospodarenja otpadom u cjelokupnom povratnom procesu mogla bi pomoći smanjiti negativne učinke prometa.[14]

Uvođenjem povratne logistike u postojeće logističke sustave tvrtke mogu imati izravne ekonomske koristi osiguravajući povećanje vrijednosti sirovinama, dijelovima i proizvodima kojima bi u protivnom bilo namijenjeno usmjeravanje na odlagališta. Osim usmjeravanja takvih subjekata u povratu, pravilnim je odlukama pri procjeni trenutnoga stanja i kvalitetnim sustavom povratne logistike moguće odrediti procese kojima će proizvod u povratu ostvariti najveću moguću vrijednost na tržištu. Kako nakon provedenih aktivnosti određena količina proizvoda u povratu neće biti usmjerena na odlagališta, povećava se iskoristivost materijala i smanjuju se troškovi odlaganja. Osim logističkih tvrtka, procesima povratne logistike dobit mogu ostvariti i privatne tvrtke koje se bave prikupljanjem određenih sirovina. Nakon prikupljanja najčešće osiguravaju procese odvajanja, čišćenja, prerade i druge slične aktivnosti kojima se materijali pretvaraju u sirovine pripremljene za ponovno korištenje u proizvodnim procesima.[15]

Prikupljanje otpada je relevantna aktivnost u povratnoj logistici, a problem usmjeravanja vozila za ovu specifičnu aktivnost je područje koje treba analizirati jer pridonosi učinkovitijem povratno-logističkom sustavu. Pri prikupljanja otpada,

[14]McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., Whiteing, A.; Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics, Kogan Page, 2010.
[15] Bajor, I.; Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska, 2014.

organizacije moraju preuzeti otpad iz točke prikupljanja i poslati ih u objekte za obradu. Problem povratne logistike je prikupljanje sa više točaka nastanka otpada, a prihvat i obrada samo u jednoj točki isporuke, odnosno u odgovarajućem postrojenju za takve vrste otpada. Neki izvori složenosti, poput male predvidljivosti (teško je unaprijed znati brzinu punjenja spremnika za otpad), vremenskog ograničenja, zahtjeva u stvarnom vremenu, mješavina javnih i privatnih tvrtki i aktera uključeni u proces prikupljanja, mogu se identificirati kao izvori složenosti kada tvrtke rješavaju problem prikupljanja otpada. Poboljšanim načinom usmjeravanja vozila za prikupljanje otpada te pronalazak najprikladnijeg položaja odlagališta za odlaganje otpada, kao i smanjenje broja korištenih vozila pridonose smanjenju ukupnih troškova procesa prikupljanja.[16]

Buduća istraživanja usredotočuju se na pregledne mogućnosti za poboljšanje učinkovitosti sustava naplate; kao što je izmjena rasporeda isporuke tvrtki; optimizacija voznog parka; uključujući informacije o stanju u prometu kako bi se izbjeglo generiranje prometnih zagušenja. Nove tehnologije pomoći će i pridonijeti na taj način, budući da se stvarni podaci mogu pratiti i uzimati u obzir za prilagodbu rasporeda prikupljanja.[17]

[16] H. Han, E. Ponce-Cueto; Waste Collection Vehicle Routing Problem, Promet - Traffic & Transportation, Vol. 27, No. 4, 2015.
[17] Ibid.

# 3. ZAKONSKE REGULATIVE ZA PRIKUPLJANJE OTPADNIH SIROVINA SA CILJEM OPORABE

Prema osnovnoj definiciji iz Zakona o održivom gospodarenju otpadom, otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Razlog odbacivanja odnosno proglašavanje neke tvari ili predmeta otpadom može biti istek roka upotrebe, neupotrebljivost ili nefunkcionalnost. Kod fizičkih osoba je postupanje s tvarima ili predmetima prepušteno njihovoj savjesti odnosno hoće li otpad razdvajati i odvajati s namjerom predavanja za daljnju oporabu, dok se pravne osobe moraju ponašati u skladu sa zakonima i pravilnicima.[18]

Potencijalno najveće štetno djelovanje može izazvati otpad (uključujući i opasni otpad) koji se gomila kod proizvođača otpada zbog mogućeg rizika za okoliš i ljudsko zdravlje.[19]

Navedeno je potaknulo sve nadležne institucije u RH na određenje i promjenu ponašanja u smjeru izgradnje primjerenijeg sustava gospodarenja otpadom što je rezultiralo donošenjem ključnih dokumenata za planiranje i provođenje sustavnih aktivnosti u području gospodarenja otpadom. Tako je, temeljem Zakona o otpadu, Hrvatski sabor 14. listopada 2005. donio Strategiju gospodarenja otpadom RH (NN br. 130/05), a 2007. godine i njezin provedbeni dokument Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. (NN br. 85/07, 126/10, 31/11). Svrha ove strategije, a temeljeno na općim načelima EU u gospodarenju otpadom, bila je uspostaviti realan okvir unutar kojeg će Hrvatska moći smanjiti količinu nastalog otpada, a s otpadom koji je nastao održivo će gospodariti.[20]

Hrvatski sabor je na sjednici 15. srpnja 2013. godine donio odluku o proglašenju Zakona o održivom gospodarenju otpadom. Zakon o održivom gospodarenju otpadom utvrđuje mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljudsko zdravlje i okoliš na način smanjenja količina otpada u nastanku i/ili proizvodnji te se uređuje gospodarenje otpadom bez uporabe rizičnih postupaka po ljudsko zdravlje i okoliš, uz korištenje vrijednih svojstava otpada.

[18] Fuk B.; Nusproizvod, deklasifikacija i ukidanje statusa otpada, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Zagreb, Sigurnost 58 (4), str. 361 - 365, 2016.
[19] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.(NN 130/2005), 2005.
[20] Zakonski propisi iz područja gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, službena stranica: www.gospodarenjeotpadom.hr/zakonski propis

Odredbe ovoga Zakona utvrđuju sustav gospodarenja otpadom uključujući red prvenstva gospodarenja otpadom, načela, ciljeve i način gospodarenja otpadom, strateške i programske dokumente u gospodarenju otpadom, nadležnosti i obveze u gospodarenju otpadom, lokacije i građevine za gospodarenje otpadom, djelatnosti gospodarenja otpadom, prekogranični promet otpada, informacijski sustav gospodarenja otpadom te upravni i inspekcijski nadzor nad gospodarenjem otpadom.[21]

U siječnju 2017. godine RH donijela je Plan gospodarenja otpadom za razdoblje od 2017. do 2022. godine (NN 3/17). Plan sadrži niz mjera za ispunjavanje obveza koje RH mora ispuniti sukladno EU direktivama i Ugovoru o pristupanju, od kojih su prioritetne sljedeće obveze: uspostava sustava odvojenog prikupljanja korisnog otpada, zabrana odlaganja otpada na neusklađena odlagališta u 2018. godini, stopa od 50% recikliranja u 2020. godini, maksimalna količina odloženog biorazgradivog otpada od 264.661 tona u 2020. godini.

U Republici Hrvatskoj gospodarenje otpadom uređeno je strateško-planskim dokumentima, općim propisima za područje otpada, propisima za posebne kategorije otpada te ostalim propisima važnim za gospodarenje otpadom.

U strateško-planske dokumente se ubrajaju:

- Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske (NN 30/09)
- Nacionalna strategija zaštite okoliša (NN 46/02)
- Nacionalni plan djelovanja na okoliš (NN 46/02)
- Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05)
- Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. do 2015. godine (NN 85/07, 126/10, 31/11,46/15)
- Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. do 2022. godine (NN 3/2017)[22]

Opći propisi za područje otpada su:

[21] Zakonski propisi iz područja gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, službena stranica: www.gospodarenjeotpadom.hr/zakonski propis

[22] Agencija za zaštitu okoliša; Propisi iz područja gospodarenja otpadom, službena stranica: http://www.azo.hr/PropisiIzPodrucja

- Zakon o potvrđivanju Baselske Konvencije o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovu odlaganju (NN MU 3/94)
- Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17)
- Uredba o komunalnom otpadu (NN 50/17)
- Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15 )
- Uredba o graničnim prijelazima na području Republike Hrvatske preko kojih je dopušten uvoz otpada u Europsku uniju i izvoz otpada iz Europske unije (NN 6/14)
- Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN23/14, 51/14, 121/15, 132/15)
- Pravilnik o termičkoj obradi otpada (NN 75/16)
- Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15)
- Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14)
- Pravilnik o mjerilima, postupku i načinu određivanja iznosa naknade vlasnicima nekretnina i jedinicama lokalne samouprave (NN 59/06, NN 109/12)
- Naputak o glomaznom otpadu (NN 79/15)
- Odluka o stavljanju izvan snage Programa izobrazbe o gospodarenju otpadom (NN 20/16)

Propisi za regulaciju posebnih kategorija otpada su:

- Odluka o izmjeni naknade u sustavu gospodarenja otpadnim uljima (NN 97/15)
- Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži (NN 88/15)
- Pravilnik o izmjeni Pravilnika o ambalaži i otpadnoj ambalaži (NN 78/16)
- Uredba o gospodarenju otpadnom ambalažom (NN 97/15)
- Odluka o područjima sakupljanja neopasne otpadne ambalaže (NN 88/15)
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim gumama (NN 40/06, 31/09, 156/09, 111/11, 86/13, 113/2016)
- Odluka o dopuštenoj količini otpadnih guma koje se može koristiti u energetske svrhe (NN 64/06, 36/07)

- Pravilnik o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06, 121/08, 31/09, 156/09, 91/11 , 45/12, 86/13)
- Pravilnik o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15 )
- Uredba o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 105/15)
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim vozilima (NN 125/15, 90/16 )
- Uredba o gospodarenju otpadnim vozilima (NN 112/15)
- Odluka o izmjenama naknada u sustavima gospodarenja otpadnim vozilima i otpadnim gumama (NN 40/15)
- Pravilnik  građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)
- Naputak o postupanju s otpadom koji sadrži azbest (NN 89/08)
- Odluka o postupanju Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost za provedbu mjera radi unapređenja sustava gospodarenja otpadom koji sadrži azbest (NN 58/11)
- Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom (NN 50/15)
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 42/14, 48/14, 107/14, 139/14)
- Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/08)
- Pravilnik o gospodarenju otpadom iz proizvodnje Titan-dioksida (NN 117/14)
- Pravilnik o gospodarenju polikloriranim bifenilima i polikloriranim terfenilima (NN 103/14)
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim tekstilom i otpadnom obućom (NN 99/15)
- Pravilnik o gospodarenju otpadom od istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina (NN 128/08)[23]

Ostali propisi važni za gospodarenje otpadom su:

- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15)
- Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša (NN 87/15)

[23] Agencija za zaštitu okoliša; Propisi iz područja gospodarenja otpadom, službena stranica: http://www.azo.hr/PropisiIzPodrucja

- Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknada na opterećivanje okoliša otpadom (NN 71/04)
- Pravilnik o obliku, sadržaju i načinu vođenja očevidnika obveznika plaćanja naknade na opterećivanje okoliša otpadom (NN 120/04)
- Pravilnik o načinu i rokovima obračunavanja i plaćanja naknada na opterećivanje okoliša otpadom (NN 95/04)
- Zakon o kemikalijama (NN 18/13)
- Zakon o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07)
- Zakon o rudarstvu (NN 56/13, 14/14)
- Naputak o postupanju s otpadom koji nastaje pri pružanju zdravstvene zaštite (NN 50/00)
- Pravilnik o uvjetima, kriterijima i načinima doniranja hrane i hrane za životinje (NN 119/15)
- Pravilnik o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (NN 87/09)
- Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/14)
- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 3/16)
- Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (NN 125/14)
- Uredba o uvjetima te načinu zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora i izvora ionizirajućeg zračenja koji se ne namjeravaju dalje koristiti (NN 44/08)[24]

[24] Agencija za zaštitu okoliša; Propisi iz područja gospodarenja otpadom, službena stranica: http://www.azo.hr/PropisiIzPodrucja

## 3.1. ODRŽIVO GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju načela zaštite okoliša propisanih zakonom kojim se uređuje zaštita okoliša i pravnom stečevinom Europske unije, načelima međunarodnog prava zaštite okoliša te znanstvenih spoznaja, svjetske prakse i pravila struke. Osobito važna načela na kojima se temelji gospodarenje otpadom su:

1. "načelo onečišćivač plaća" – proizvođač otpada, prethodni posjednik otpada, odnosno posjednik otpada snosi troškove mjera gospodarenja otpadom, 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 što bližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš
3. "načelo samodostatnosti" – gospodarenje otpadom će se obavljati na samodostatan način omogućavajući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pri tom 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[25]

Gospodarenje otpadom se provodi na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš, a osobito kako bi se izbjeglo sljedeće:

- rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti
- pojava neugode uzorkovane bukom i/ili mirisom

[25] Ministarstva zaštite okoliša i energetike RH; Otpad – Održivo gospodarenje otpadom, službena stranica: http://www.mzoip.hr

- štetan utjecaj na područja kulturno-povijesnih, estetskih i prirodnih vrijednosti te drugih vrijednosti koje su od posebnog interesa
- nastajanje eksplozije ili požara

U svrhu sprječavanja nastanka otpada te primjene propisa i politike gospodarenja otpadom primjenjuje se red prvenstva gospodarenja otpadom, i to:

1. sprječavanje nastanka otpada
2. priprema za ponovnu uporabu
3. recikliranje
4. drugi postupci oporabe
5. zbrinjavanje otpada[26]

## 3.2. ZBRINJAVANJE OTPADA

Zbrinjavanje otpada je svaki postupak koji nije oporaba otpada, uključujući slučaj kad postupak kao sekundarnu posljedicu ima obnovu tvari ili energije.

Prema redu prvenstva gospodarenja otpadom postupak zbrinjavanja otpada, koji uključuje i odlaganje otpada, najmanje je poželjan postupak gospodarenja otpadom.

Postupci zbrinjavanja otpada su:

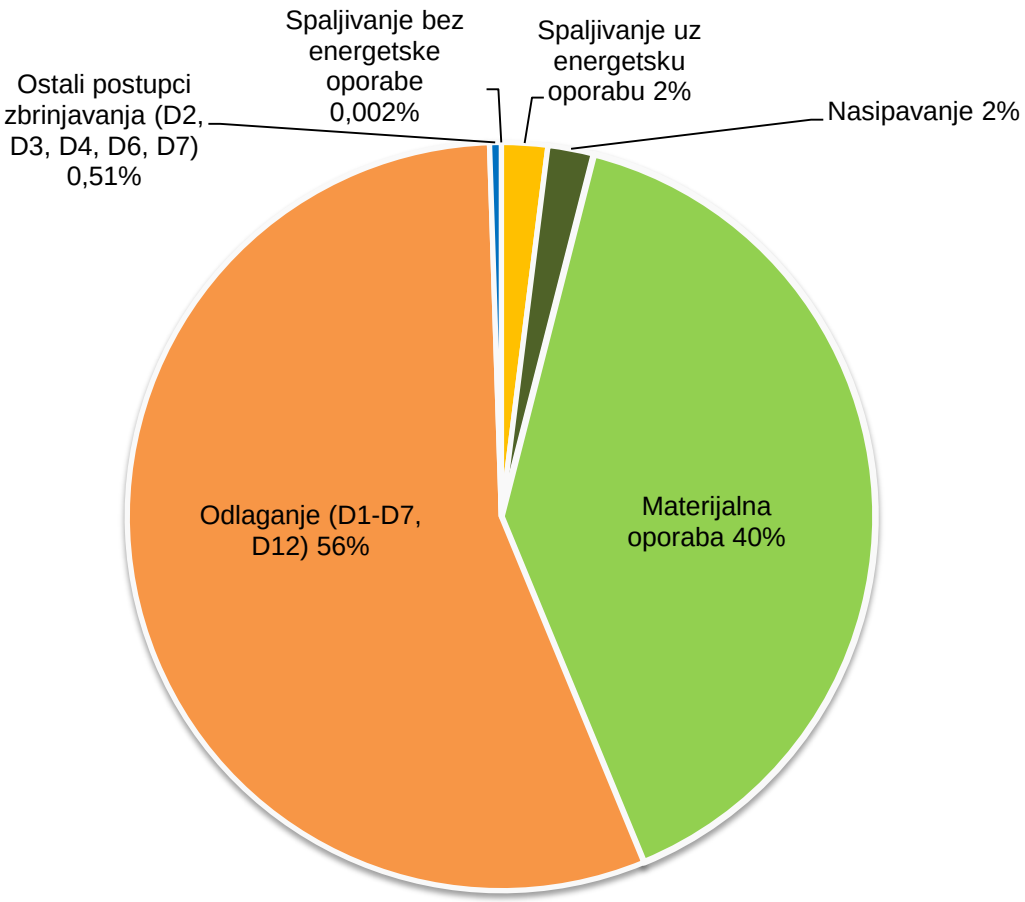
- D1 - Odlaganje otpada u ili na tlo (na primjer odlagalište itd.);
- D2 - Obrada otpada na ili u tlu (na primjer biološka razgradnja tekućeg ili muljevitog otpada u tlu itd.);
- D3 - Duboko utiskivanje otpada (na primjer utiskivanje otpada crpkama u bušotine, iscrpljena ležišta soli, prirodne šupljine itd.);
- D4 - Odlaganje otpada u površinske bazene (na primjer odlaganje tekućeg ili muljevitog otpada u jame, bazene, lagune itd.);

[26] Ministarstva zaštite okoliša i energetike RH; Otpad – Održivo gospodarenje otpadom, službena stranica: http://www.mzoip.hr

- D5 - Odlaganje otpada na posebno pripremljeno odlagalište (odlaganje u povezane komore koje su zatvorene i izolirane jedna od druge i od okoliša itd.);
- D6 - Ispuštanje otpada u kopnene vode isključujući mora/oceane;
- D7 - Ispuštanje otpada u mora/oceane uključujući i ukapanje u morsko dno;
- D8 - Biološka obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom navedenim pod D1 - D12;
- D9 - Fizikalno-kemijska obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom navedenim pod D1 - D12 (na primjer isparavanje, sušenje, kalciniranje itd.);
- D10 - Spaljivanje otpada na kopnu;
- D11 - Spaljivanje otpada na moru (Ovaj je postupak zabranjen zakonodavstvom EU-a i međunarodnim konvencijama);
- D12 - Trajno skladištenje otpada (na primjer smještaj spremnika u rudnike itd.);
- D13 - Spajanje ili miješanje otpada prije podvrgavanja bilo kojem postupku navedenim pod D1 - D12;
- D14 - Ponovno pakiranje otpada prije podvrgavanja bilo kojem od postupaka navedenim pod D1 - D13;
- D15 - Skladištenje otpada prije primjene bilo kojeg od postupaka zbrinjavanja navedenim pod D1 - D14 (osim privremenog skladištenja otpada na mjestu nastanka, prije sakupljanja).[27]

Prema prijavljenim podacima osoba koje obavljaju oporabu odnosno zbrinjavanje otpada, u 2014. godini je obrađeno ukupno oko 3,4 milijuna tona otpada (proizvodnog i komunalnog), od čega se 3,1 milijuna odnosi na otpad preuzet s područja Hrvatske, dok se 315.000 tona odnosi na uvezeni otpad. Podaci se odnose na završne postupke obrade iza kojih ne sljedi daljnje postupanje s otpadom.[28]

[27] Zakon o održivom gospodarenju otpadom; NN 94/13, Republika Hrvatska, 2013.
[28] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. godine (NN 3/2017)




***Slika 2**: Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja ukupnog otpada (proizvodnog i komunalnog) sa područja RH u 2014. godini prema prijavama obrađivača otpada (HAOP, 2016.)*

***Izvor**: Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. godine*

## 3.3. OPORABA OTPADA

Oporaba otpada je 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 kako bi ispunio tu svrhu u tvornici ili u širem gospodarskom smislu. Postupci oporabe otpada su:

- R1 - korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije;
- R2 - obnavljanje (regeneracija) otpadnog otapala;

- R3 - recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se ne koriste kao otapala (uključujući kompostiranje i druge procese biološke pretvorbe);
- R4 - recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala;
- R5 - recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala;
- R6 - regeneracija otpadnih kiselina i lužina;
- R7 - oporaba otpadnih sastojaka koji se koriste za smanjivanje onečišćenja;
- R8 - oporaba otpadnih sastojaka iz katalizatora;
- R9 - ponovna prerada otpadnih ulja ili drugi načini ponovne uporabe ulja;
- R10 - tretiranje tla otpadom u svrhu poljoprivrednog ili ekološkog poboljšanja;
- R11 - uporaba otpada nastalog bilo kojim postupkom od R1 do R10;
- R12 - razmjena otpada radi primjene bilo kojeg od postupaka oporabe navedenim od R1 do R12;
- R13 - skladištenje otpada predviđenog za bilo koji od postupaka od R1 do R12 (osim privremenog skladištenja, skladištenja otpada na mjestu nastanka prije prikupljanja).[29]

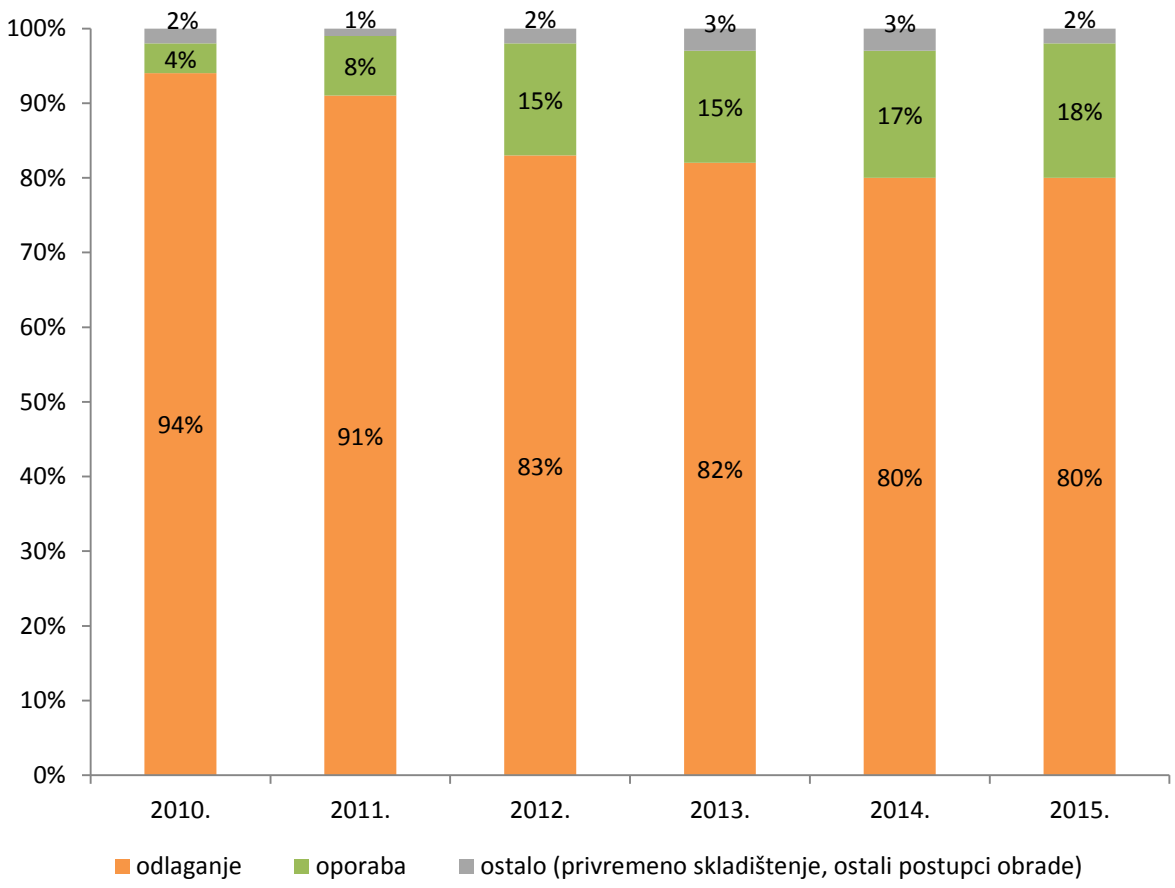
[29] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Dodatak II. – Postupci oporabe otpadom; NN 94/13, Republika Hrvatska, 2013.

# 4. ANALIZA SUSTAVA PRIKUPLANJA OTPADNIH SIROVINA

Opskrbni lanac počinje od primarne poljoprivredne faze, nastavlja s proizvodnjom i maloprodajom, a završava s potrošnjom u kućanstvu. Tijekom ovog životnog ciklusa hrana postaje otpad zbog tehnoloških, ekonomskih i društvenih razloga.[30] Biorazgradivi komunalni otpad definiran je kao otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, a koji u svom sastavu sadrži biološki razgradiv otpad. Biorazgradivi komunalni otpad uglavnom čine vrste otpada poput papira i kartona, biootpada, tekstila i drva, koje bi u što većoj mjeri trebale biti odvojeno sakupljene iz komunalnog otpada i zbrinute na način koji bi omogućio postizanje cilja propisanog prema kojem maksimalna odložena količina biorazgradivog komunalnog otpada do kraja 2016. ne bi smjela premašiti 378.088 tona.[31]

Prema posljednjim podacima za 2015. godinu, odvojeno sakupljanje pojedinih frakcija iz komunalnog otpada još uvijek ne provodi oko 1/3 jedinica lokalne samouprave. Oko 3/4 odvojeno sakupljenog komunalnog otpada izravno preuzimaju oporabitelji, dok preostalu količinu (npr. glomazni otpad) preuzmu odlagališta otpada gdje se eventualno još određena količina izdvoji za potrebe oporabe. U razdoblju od 2010. do 2015. godine bilježi se porast količina komunalnog otpada izravno upućenih na oporabu. U razdoblju od 2010. do 2015. godine bilježi se porast količina komunalnog otpada izravno upućenih na oporabu. Udio količina komunalnog otpada izravno upućenog na oporabu u 2010. godini iznosio je 4%, a u 2015. godini za 14% više, odnosno 18%.[32]

[30] Galanakis, C. Michael, Food waste recovery : processing technologies and industrial techniques, Academic Press, USA, 2015.
[31] Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (NN br. 94/13)
[32] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Izvješće o komunalnom otpadu za 2015. godinu, Zagreb




***Grafikon 1**: Udio komunalnog otpada usmjerenog na oporabu u RH*

***Izvor**: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Izvješće o komunalnom otpadu za 2015. godinu, Zagreb*

Budući da je važno povećati proizvodnju i optimizirati resurse koji se koriste kao hrana za sve veće populacije ljudi, također je važno učinkovito iskoristiti trenutno proizvedenu hranu. Sustav hrane okuplja sve elemente (okoliš, ljude, procese, infrastrukture, institucije itd.) te aktivnosti povezane s proizvodnjom, preradom, distribucijom, pripremom i konzumacijom hrane te njihovim socio-ekonomskim i ekološkim ishodima. Sustav hrane definiran je kao zbroj svih različitih elemenata i aktivnosti od proizvodnje do potrošnje hrane. Sustav hrane dodatno se povezuje sa širokim rasponom drugih sustava (energije, transporta, itd.) te se suočava s različitim ograničenjima. U sustavu hrane, održivost bi se mogla prikazati kroz koncept upravljanja proizvodima. Upravljanje proizvodom definira se kao zajednička odgovornost koju svi sudionici životnog ciklusa proizvoda imaju za smanjenje utjecaja na okoliš i zdravlje. Korištenje otpada od hrane moglo bi značajno smanjiti razinu

otpada hrane i stvoriti nove mogućnosti i pogodnosti za sve koji se bave proizvodnjom hrane. Smanjenje otpada od hrane kroz oporavak vrijednih komponenti važan je način povećanja održivosti sustava proizvodnje hrane. Organizacije i sustavi proizvodnje hrane ne mogu više zanemariti potrebu djelovanja na održiv način, a oporavak vrijednih komponenti otpada hrane mogao bi također pomoći u promicanju održivosti i raznolikosti seoskih i urbanih gospodarstava. Učinkovito gospodarenje otpadom ključno je za povećanje razine profitabilnosti svih članova opskrbnog lanca. Postojeće i nove metode uspješnog oporavka otpadnih materijala mogu stvoriti nove mogućnosti zapošljavanja. To je prilično novo područje i postoji mnogo potencijala u stvaranju inovativnih i održivih rješenja.[33]

***Slika 3**: Sustav održivosti*

***Izvor**: Galanakis, C. Michael, Food waste recovery : processing technologies and industrial techniques, Academic Press, USA, 2015*

[33] Galanakis, C. Michael, Food waste recovery : processing technologies and industrial techniques, Academic Press, USA, 2015.

## 4.1. BIOOTPAD

Biootpad je definiran kao biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i slični otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda.[34]

***Slika 4**: Biootpad*

***Izvor**: https://turkeycreeknp.com*

Porijeklom biootpad može biti komunalni, ali i proizvodni otpad. Ne uključuje ostatke iz šumarstva i poljoprivrede, uključujući gnoj, mulj iz uređaja za pročišćavanje ili ostali biorazgradivi otpad kao što je prirodni tekstil, papir ili prerađeno drvo. Također su isključeni oni nusproizvodi iz proizvodnje hrane koji imaju status neotpada. Često se pojam biootpada miješa sa širim pojmom biorazgradivog otpada, koji osim biootpada uključuje i druge vrste biorazgradivog otpada poput papira, kartona, tekstila i slično.

[34] Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN br.94/13)

Zbog svojih specifičnih svojstava i kontinuiranog priljeva iz raznih izvora, biorazgradljivi otpad predstavlja potencijalnu opasnost po okoliš i zdravlje ljudi. Njegov sastav predstavlja higijenski rizik za atmosferu, tlo i vodu. Problemi se javljaju s razvojem neugodnog mirisa, štetnih plinova i mikroorganizama, kao i s kontaminacijom površinskih i podzemnih voda i tla. Neugodni mirisi posebice privlače fekalnu muhu (*Scatophaga stercoria*), koja prenosi klice raznih bolesti, a također predstavlja idealno mjesto za razvoj mikroorganizama. To su razlozi za razvijanje različitih rješenja za obradu i kvalitetno zbrinjavanje ove vrste otpada. Anaerobna fermentacija je prikladan način pretvorbe biorazgradivog komunalnog otpada u obnovljivu energiju budući je taj proces isključivo bakterijski, a anaerobne bakterije djeluju najbolje u vodenom mediju ili vrlo vlažnim uvjetima. Upravo taj podatak čini proces anaerobne fermentacije vrlo važnim. Energetski potencijal biootpada je takav da se iz svake tone takvog otpada podvrgnutog biološkoj obradi može dobiti od 100 do 200 $m^3$ bioplina.

Niz je mogućnosti zbrinjavanja biorazgradivog komunalnog otpada, ali nisu svi jednako ekološki prihvatljivi. Odvojenim skupljanjem biootpada na mjestu nastanka dobiva se bolja kvaliteta samog supstrata uslijed manjeg udjela nečistoća, manje količine plastike, metala, stakla i sl. u odnosu na mehanički odvojen organski otpad iz ukupne mase komunalnog otpada, te je ono preduvjet efikasnije (jeftinije) daljnje obrade. Oblici zbrinjavanja biorazgradivog komunalnog otpada su:[35]

- **odlaganje na odlagalištima**: ekološki najmanje prihvatljiv način, neracionalno korištenja tla za odlaganje, povećanje emisije stakleničkih plinova budući da u tijelu odlagališta vladaju anaerobni uvjeti pa dolazi do stvaranja metana ($CH_4$) koji, ukoliko se ne prikuplja i energetski oporabljuje, odlazi u atmosferu; također je prisutno rasipanje energetskih potencijala biootpada[36];
- **toplinska obrada**: spaljivanje u postrojenjima za termičku obradu otpada donosi znatno smanjenje volumena otpada; nedostaci su da se proizvedena otpadna toplina često ne koristi, a nisu se iskoristili ni nutrijenti iz proizvedenog komposta, problem transporta zbog centraliziranih postrojenja te visoki investicijski troškovi,

[35] Voća, N., Kufrin, J., Ribić, B., Kričk, T., Kučar Dragičević, S., Požgaj, Đ.; Gospodarenje i energetska oporaba biorazgradljivog dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, Plenarno izlaganje (9. međunarodni simpozij agronoma), 2014.
[36] Službeni list Europske unije: Direktiva vijeća 1999/31/EZ o odlagalištima otpada, 1999.

- **kompostiranje**: razgradnja biogenog materijala uz pomoć mikroorganizama pri čemu nastaju ugljikov dioksid, voda, toplina i kompost. Biootpad koji se može kompostirati uključuje kuhinjski otpad (ostatke od pripreme hrane) i vrtni ili zeleni otpad. Sam proces odvija se pri aerobnim uvjetima te nema energetske oporabe pa stoga ne pridonosi smanjenju emisije stakleničkih plinova u atmosferu. Osnovna podjela je na kućno i industrijsko kompostiranje. Kod kućnog kompostiranja prednost je što se dobiveni kompost može odmah koristiti za vlastite potrebe u vrtovima i voćnjacima. Nedostaci su da sav biootpad nije pogodan za kompostiranje pa jedan dio još uvijek ostaje te nemogućnost provedbe u urbanim sredinama gdje građani ne raspolažu vlastitim vrtovima i voćnjacima.[37]

Uz navedene načini zbrinjavanja biorazgradivog otpada optimalan način gospodarenja organskog dijela otpada je anaerobna digestija koja je detaljnije opisana u poglavlju 4.2.1.

## 4.2. BIOPLIN

Bioplin nastaje truljenjem organske mase (stajski gnoj, gnojovka i gnojnica, žetveni ostaci, industrijski organski otpad, organska frakcija mulja iz otpadnih voda, organski otpad iz kućanstava i ugostiteljstva, energetski usjevi) bez prisustva zraka. Sastoji se od približno 65% metana, 30% ugljičnog dioksida, a ostatak čine vodik, dušik, amonijak, sumporovodik, ugljični monoksid, kisik i vodena para. Dobiveni bioplin ima značajnu energetsku vrijednost, a najčešće se koristi za dobivanje toplinske i električne energije, te nakon pročišćavanja u plinskoj mreži, u strojevima i vozilima.

Osnovne prednosti primjene bioplina su smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima, smanjene količine otpada te emisija stakleničkih plinova. Korištenjem bioplina stvara se manje neugodnih mirisa i insekata, smanjena je potrošnja vode, zatvara se ciklus hranjivih tvari uz visoku energetsku učinkovitost i rentabilnost. Uz sve navedeno mogu se iskoristiti i korisni nusproizvodi (gnojivo iz krutih ostataka) te

[37] Voća, N., Kufrin, J., Ribić, B., Kričk, T., Kučar Dragičević, S., Požgaj, Đ.; Gospodarenje i energetska oporaba biorazgradljivog dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, Plenarno izlaganje (9. međunarodni simpozij agronoma), 2014.

je osigurana energetski i ekološki održiva proizvodnja hrane, a sam postupak proizvodnje je jednostavan. Osim proizvodnje energije za vlastitu proizvodnju važna je i mogućnost prodaje proizvedene električne energije javnoj električnoj mreži. S obzirom na postojeći tarifni sustav u RH za ulagače je najpovoljnija veličina postrojenja 1 MW, makar i manji sustavi imaju svoju ulogu u dodatnom iskorištenju resursa i povećanju energetske učinkovitosti gospodarstva.[38]

Energetski sadržaj bioplina ovisi o količini metana koja se nalazi u njemu. Metan se može prevesti u toplinsku i/ili električnu energiju korištenjem standardnih kogeneracijskih tehnika. Idealan je za kogeneracijska postrojenja, ali se može koristiti i kao gorivo u motorima. Pogodan je za motore s unutarnjim izgaranjem koji, u kombinaciji s generatorom, mogu proizvoditi električnu energiju. U tablici 1. prikazan je kemijski sastav bioplina.

***Tablica 1**. Kemijski sastav bioplina*

| **Gorivi sastojci bioplina** | | **Negorivi sastojci bioplina** | |
|---|---|---|---|
| **Plin** | **Volumni udio %** | **Plin** | **Volumni udio %** |
| Metan ($CH_4$) | 55 - 75 | Ugljikov dioksid ($CO_2$) | 25-45 |
| Vodik ($H_2$) | 0 - 1 | Dušik ($N_2$) | 0 - 2 |
| Sumporovodik ($H_2S$) | 0 - 1 | Kisik ($O_2$) | 0 - 0,5 |
| | | Vodena Para ($H_2O$) | 0 - 2 |
| | | Amonijak ($NH_3$) | 0 - 2 |

***Izvor**: Voća, N., Kufrin, J., Ribić, B., Kričk, T., Kučar Dragičević, S., Požgaj, Đ.; Gospodarenje i energetska oporaba* biorazgradivog *dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, Plenarno izlaganje (9. međunarodni simpozij agronoma), 2014.*

[38] Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja; Brošura - Projekt kontrole onečišćenja u poljoprivredi: Dobra poljoprivredna praksa - Bioplin

### 4.2.1. Anaerobna digestija

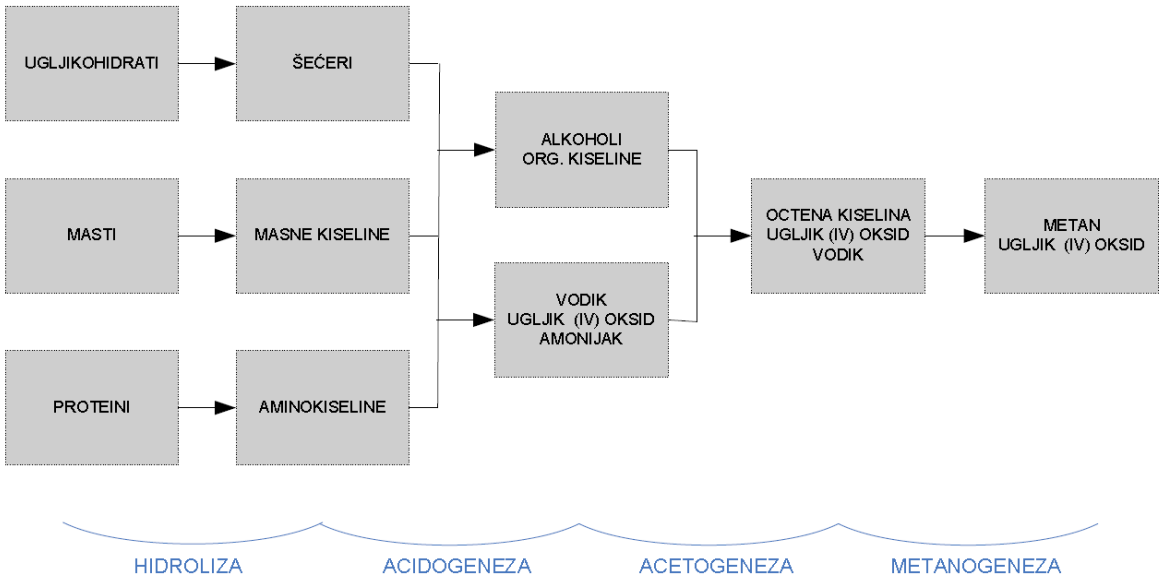
Anaerobna digestija je biokemijski proces u kojem se kompleksni organski spojevi razgrađuju djelovanjem različitih vrsta bakterija u anaerobnim uvjetima (bez prisustva kisika). Anaerobna razgradnja prirodan je proces koji se svakodnevno događa u prirodi npr. u morskom sedimentu, u probavi ili prilikom nastanka treseta. Kod bioplinskih postrojenja, rezultati anaerobne digestije su bioplin i digestat. U slučajevima kada se za proces anaerobne digestije koristi homogena mješavina iz dvaju ili više različita supstrata, kao na primjer gnojnica i organski otpad iz prehrambene industrije, postupak se naziva kodigestija. Kodigestija je najčešći način proizvodnje bioplina.

Za supstrat anaerobne digestije radi proizvodnje bioplina mogu poslužiti različiti tipovi biomase. Najčešće se koriste sljedeće kategorije supstrata:

- stajski gnoj i gnojnica
- ostaci i nusproizvodi iz poljoprivredne proizvodnje
- razgradivi organski otpad iz poljoprivredne i prehrambene industrije (ostaci biljnog i životinjskog porijekla)
- organski dio komunalnog otpada i otpada iz ugostiteljstva (ostaci biljnog i životinjskog porijekla)
- otpadni muljevi i energetski usjevi

Proces nastanka bioplina rezultat je niza povezanih procesnih koraka tijekom kojih se inicijalni supstrat razlaže na sve jednostavnije spojeve, sve do nastanka bioplina. U pojedinim fazama proizvodnje bioplina djeluju specifične grupe mikroorganizma. Proces anaerobne digestije odvija se u fermentoru u strogo kontroliranim uvjetima (bez kisika) no zbog kompleksnosti mikrobnih interakcija, koje se odvijaju pri anaerobnoj digestiji, proces je vrlo teško kontrolirati. Brzina anaerobne digestije ovisi o temperaturi pri kojoj se proces odvija, a uvjeti mogu biti psihrofilni (do 20°C), mezofilni (30-44°C) ili termofilni (45-55°C). U praksi, bioplinska postrojenja koriste mezofilni proces, a razlog je što se proces odvija zadovoljavajućom brzinom uz mali utrošak energije.[39]

[39] Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R.; Priručnik za bioplin, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.




***Slika 5**: Proces razgradnje organskog materijala tijekom anaerobne digestije*

***Izvor**: Voća, N., Kufrin, J., Ribić, B., Kričk, T., Kučar Dragičević, S., Požgaj, Đ.; Gospodarenje i energetska oporaba* biorazgradivog *dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, Plenarno izlaganje (9. međunarodni simpozij agronoma), 2014.*

Na slici 4. prikazan je dijagram procesa razgradnje organskog materijala tijekom anaerobne digestije. Prikazane su četiri glavne faze u procesu nastanka bioplina: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza.

### 4.2.2. Primjena i uporaba bioplina

Bioplin se može koristiti za različite energetske potrebe ovisno o prirodi izvora i lokalnom potražnjom za specifičnim vrstama energije. Bioplin se najčešće koristi za proizvodnju toplinske energije direktnim izgaranjem, proizvodnju električne energije putem energetskih ćelija ili u mikro turbinama te proizvodnju topline i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima ili pak kao pogonsko gorivo za vozila.

U zemljama sa značajnom poljoprivrednom proizvodnjom, kontinuirano postrožavanje propisa koji se odnose na skladištenje i oporabu stajskog gnoja i otpada organskog porijekla, potaknulo je rast interesa za postupak anaerobne digestije. S druge strane, razvoj tržišta bioplina tijekom posljednjih godina potaknuo je interes poljoprivrednika za podizanje usjeva na kojima će se uzgajati žitarice i uljarice za proizvodnju bioplina. Anaerobna digestija glavna je tehnologija za

stabilizaciju primarnog i sekundarnog otpadnog mulja pri obradi otpadnih voda organske, prehrambeno-prerađivačke i fermentacijske industrije, kao i pri recikliranju frakcije krutog komunalnog otpada organskog porijekla.[40]

## 4.3. BIOPLINSKO POSTROJENJE

Republika Hrvatska je ulaskom u EU postavila cilj da do 2020. proizvodi minimalno 13,6% električne energije iz obnovljivih izvora energije. U isto vrijeme EU ima cilj najmanje 20% ukupne potrošnje energije osigurati iz obnovljivih izvora. EU potiče razvitak tehnologija za korištenja otpada kao naročito vrijednog resursa. Početkom novog milenija EU provodi veliki broj projekata za materijalno i energetsko iskorištenje otpada. Odlaganje otpada se izričito zabranjuje, a otpad je sirovina za inovativna tehnološka rješenja.[41]

U nastavku ovog poglavlja opisani su neophodni resursi i procesi koji se koriste u bioplinskim postrojenjima.

Voda je najvažniji uvjet života, pa tako i za biološke procese, koji se prema uvjetima odvijaju na dva načina: aerobno (uz prisustvo kisika), anaerobno (bez prisustva kisika). Biološki procesi se prirodno razvijaju i održavaju. Kad nestaje kisika odumiru aerobni mikroorganizmi i postupno nastaju anaerobni i obrnuto. Za obje vrsta bioloških procesa voda je uvjet opstanak.

- **Aerobni proces** jamči bržu razgradnju i u prirodi je učestaliji. Lakše se provodi i manje je osjetljiv na promjene uvjeta. Veliki dio biorazgradive mase (otpada) pretvara se u toplinsku energiju koja se može iskoristiti za sušenje i dezinfekciju otpada. Nema proizvodnje plina, a proizvedena toplina se najčešće gubi u okolini. Ostatak aerobne obrade je, ovisno od sadržaja štetnih tvari, stabilat (koji se odlaže) ili vrlo vrijedan kompost.
- **Anaerobni proces** (digestija, fermentacija, hidroliza) temelji se na razvoju i održavanju uvjeta bez kisika (zraka). To su temeljni uvjeti za preživljavanja anaerobnih mikroorganizama. Zato se anaerobni procesi odvijaju u zatvorenom spremniku - takozvanom digestoru. Anaerobna razgradnja je vrlo

[40] Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R.; Priručnik za bioplin, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.
[41] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.

osjetljiva na promjene temperature, osobito na niže temperature, te se digestor u pravilu toplinski izolira. Proizvod anaerobnih procesa je bioplin, koji se akumulira u spremniku i zatim se može energetski iskoristiti. U anaerobnima procesima također se proizvodi toplinska energija, ali značajno manje nego kod aerobnih procesa. Kruti ostatak anaerobnih procesa (digestat), može se izravno iskoristiti kao gnojivo ili aerobno stabilizirati i kompostirati (ovisno od sadržaja štetnih tvari).

Bilance energije kod aerobne i anaerobne za razgradnju 1 kg glukoze ($C_6H_{12}O_6$) je takav da se tijekom aerobne proizvede 9300 kJ toplinske energije, a tijekom anaerobne 632 kJ toplinske energije i bioplin.

**Digestat** tj. ostatak anaerobne biološke razgradnje se može iskoristiti za oplemenjivanje tla (gnoj). Ostatak anaerobne razgradnje može se upotrijebiti ili u tekućem ili nakon dehidracije i aerobne biološke obrade kao stabilizirani čvrsti materijal - kompost. Na taj se način maksimalno iskorištavaju energetske i materijalne vrijednosti otpada. To je tehnički vrlo složen proces, koji jamči najpovoljnije učinke glede zaštite zdravlja ljudi i životinja te očuvanja okoliša.[42]

Uz vodu temperatura je za anaerobni biološki proces od osobite važnosti. Razina temperature digestora koja omogućuje bakterijama brzo razlaganje materijala, određuje koncept bioplinskog postrojenja. Digestori postrojenja za proizvodnju bioplina se obično dijele prema sljedećim temperaturnim razinama:

- psihrofilni: ispod 25°C,
- mezofilni: 25°C – 45°C,
- termofilni: 45°C – 70°C.[43]

Tijekom bioloških procesa proizvodi se toplina, koja je specifično manja kod anaerobnih procesa. Zato su anaerobni procesi osjetljiviji na promjene temperature okolice (osobito na snižavanje temperature). S druge je strane sastav biorazgradive mase (otpada) najvažniji parametar za učinkovito odvijanje anaerobnih procesa.

[42] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.
[43] Rutz, D. ; Priručnik : „Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja“, WIP Renewable Energies, München, Savezna Republika Njemačka, 2012.

Prioritet je u digestoru stalno održavati i optimalne iznose vrijednosti pH te sadržaj hlapivih masnih kiselina.

Za održavanje anaerobnih mikroorganizama nužno je u svakom trenutku održavati optimalne uvjete života. Primjerice, previsoka ili preniska vrijednost pH uzrokuje odumiranje mikroorganizama. Međutim tijekom biološke razgradnje prirodno se mijenja vrijednost pH, te u svakoj fazi razgradnje treba održavati optimalne uvjete.

Kod anaerobne mješavine različitih materijala tj. različitih otpadnih tvari, važno je održavati optimalni sastav substrata u digestoru. To je naročito složena zadaća kod projektiranja urbanih bioplinskih postrojenja koja rabe vrlo različite proizvodne i potrošačke ostatke.

Retencijsko vrijeme je sljedeća upravljačka odrednica za biološke anaerobne procese. U uvjetima nižih temperatura anaerobni mikroorganizmi rade sporije, te je sporija proizvodnja bioplina. Uobičajno retencijsko vrijeme u mezofilne procesu iznosi između 30 i 40 dana. Termofilni proces se odvija brže i retencijsko vijeme je 10 do 20 dana. Međutim termofilni proces troši više toplinske energije i manje je stabilan. Postoji veliki broj različitih tehnički izvedenih anaerobnih postrojenja koji se odvijaju u mezofilnim ili termofilnim uvjetima. Termofilni uvjeti jamče viši stupanj biorazgradnje, ali zahtijevaju u praksi često teško ostvarive uvjete. Postrojenja s termofilnim uvjetima su sigurnija i jamče veću raspoloživost. Anaerobni procesi biološke razgradnje ubrzavaju se s porastom tempertaure od 0°C do 32°C, kada počinje područje mezofilne razgradnje. Područje temperatura između 42°C i 48°C je izrazito nepovoljan, jer u tom području je temperatura previsoka za mezofilne procese, a preniska za termofilne. Kad dolazi do porasta temperature iznad 48°C dolazi do vrlo snažnog ubrzanja, a teoretski vrhunac (155 %) se dostiže kod 62°C.[44]

Prosječna veličina tipičnog postrojenja za proizvodnju i korištenje bioplina u većini drugih europskih zemalja iznosi približno 450 kWel. Međutim, veličine bioplinskih postrojenja kreću se u rasponu od 1-2 kW (3-4 m³ digestora) za korištenje kućanskog otpada, kakva se često primjenjuju u mnogim zemljama u razvoju, do sofisticiranih višemegavatnih postrojenja za proizvodnju bioplina. Veličina postrojenja utječe na količinu i dostupnost proizvodnje toplinske energije. U bioplinskom

[44] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.

postrojenju s motornom kogeneracijskom jedinicom učinkovitost dosiže čak do 90 posto, od čega oko 35 % električne i 65 % toplinske energije.

Toplinska energija je potrebna za grijanje digestora u svim suvremenim bioplinskim postrojenjima u Europi. Vrsta tehnologije utječe na količinu potrebne topline, budući da su temperaturna razina i izolacija različite. Obično je kontinuirana opskrba toplinskom energijom potrebna za sva bioplinska postrojenja, kako za kontinuirane tako i za šaržne reaktore te i za suhu i za mokru digestiju. Na opskrbu toplinskom energijom u najvećoj mjeri utječe sezonska temperatura okoliša. Dobra izolacija digestora preduvjet je za učinkovit i stabilan proces.[45]

## 4.4. BIOPLINSKO POSTROJENJE AGROPROTEINKA-ENERGIJA d.o.o.

U ostvarivanju ciljeva Europske unije korištenjem obnovljivih izvora energije te oporabe otpada s ciljem očuvanja okoliša, tvrtka Agroproteinka d.d. poduzela je niz mjera, od kojih je najznačajnija izgradnja urbanog bioplinskog postrojenja Agroproteinka-Energija d.o.o.[46]

Za bioplinsko postrojenje Agroproteinka-Energija d.o.o. odabran je mezofilni proces s retencijskim vremenom od 34 dana. Kroz to će vrijeme biološka anaerobna obrada polako razgraditi biološki razgradive organske tvari. U prethodnom poglavlju su navedene osobitosti i prednosti mezofilnog procesa u odnosu na termofilni. Nastavno će se još analizirati dodatne prednosti:[47]

- ulazni materijal se treba razrijediti vodom da se dobije odgovarajući viskozitet supstrata, te da se smanji sadržaj amonijaka u supstratu,
- nakon higijenizacije na 70°C i sterilizacije (samo dijela supstrata) na 133°C supstrat se mora ohladiti na 35°C, a hlađenje se jednostavno postiže dovođenjem vode za razrjeđivanje (nije kao kod termofilnog procesa potrebna energija za zagrijavanje u hidrolizi na 55°C),

[45] Rutz, D. ; Priručnik : „Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja“, WIP Renewable Energies, München, Savezna Republika Njemačka, 2012.
[46] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.
[47] Ibid.

- manja potrošnja energije kod mezofilnog procesa, jer nema potrošnje energije ni za zagrijavanje ni za hlađenje,
- mezofilni proces je zbog većeg obujma digestora, stabilniji.[48]

Bioplinsko postrojenje projektirano je za proizvodnju i prodaju električne energije snage 1 MW. Ulazni godišnji kapacitet je 20000 do 30000 tona biorazgradivog otpada (ovisno od vrste otpada).

U postrojenju se u procesu anaerobne fermentacije prerađuju raznovrsni organski otpaci. Iz procesa izlazi bioplin, koji je mješavina metana ($CH_4$) 50 - 70%, ugljikovog dioksida ($CO_2$) 30 - 50% i ispod 1% kisika ($O_2$), vodika ($H_2$), dušika ($N_2$) i sumporvodika ($H_2S$). Bioplin se upotrebljava za pogon jedinice za kogeneraciju električne i toplinske energije. U procesu se iskorištava – pretvara u metan iznad 95% organske suhe tvari.

Oporaba otpada se odvija postupkom R3 - Recikliranje/dobivanje organskih tvari, koje se ne upotrebljavaju kao otapala (uključujući kompostiranje ili druge procese biološkog preoblikovanja).[49] Navedeni otpaci organskog izvora će se preraditi u bioplinsko blato (digestorski talog), koji je namijenjen upotrebi u poljoprivredi kao gnojivo.

Postupak se dijeli na tri dijela da bi se osigurao ravnomjeran biološki stabilan i siguran proces mezofilni proces pri temperaturi 35°C:

- prva faza je predpriprema,
- druga faza je zadržavanje (30 - 40 dana) pri anaerobnim uvjetima (digestori),
- treća faza hlađenje na 30°C (rezervoar hlađenja).

Bioplinsko postrojenje Agroproteinka-Energija d.o.o. pogodno je za učinkovitu i za okoliš sigurnu oporabu biorazgradivih ostataka iz naseljenih područja. Moguće je maksimalno, uz održive uvjete za okoliš, iskoristiti sve vrste biorazgradivih frakcija otpada. Na taj način smanjuje se problem odlaganja otpada, a otpad se iskorištava kao vrijedan resurs.[50]

---

[48] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.
[49] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Dodatak II. – Postupci oporabe otpadom; NN 94/13, Hrvatska, 2013.
[50] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.

## 4.5. SUSTAV PRIKUPLJANJA OTPADNIH SIROVINA AGROPROTEINKE-ENERGIJE d.o.o.

U sustav prikupljanja otpadnih sirovina Agroproteinke-Energije d.o.o. ubrajaju se sljedeći elementi: otpadna sirovina, teretno-manipulativne jedinice, manipulacijska sredstva, prijevozna sredstva te infrastruktura za preradu i zbrinjavanje takvog otpada. Prilikom početka prikupljanja otpada prazno vozilo s transportnom ambalažom kreće iz tvornice koje se nalazi na adresi Strojarska cesta 11 u Sesvetskom Kraljevcu. Prilikom prikupljanja obilaze se ugostiteljski objekti, restorani, vrtići, škole i ostali objekti za pripremu ili proizvodnju prehrambenih proizvoda.

Proces započinje zaprimljenom narudžbom nakon koje disponent prijevoza odlučuje koje od prijevoznih sredstva treba za takav prijevoz robe, koju teretno-manipulativnu jedinicu treba i u kojem najkraćem vremenskom roku može organizirati prijevoz otpadne sirovine.

### 4.5.1. Pregled sirovina za prikupljanje

Osobitost bioplinskog postrojenja Agroproteinke-Energije d.o.o. je mogućnost prihvata svih vrsta biorazgradivih ostataka, kao primjerice ostataka kuhane hrane svih vrsta. Prilikom sakupljanja te prilikom prijevoza do Agroproteinke-Energije d.o.o. treba uvažavati propise zaštite zdravlja ljudi i životinja, te zaštite okoliša.[51]

U nastavku se nalazi tablica ključnih brojeva otpada koje Agroproteinka-Energija d.o.o. može oporabiti.

[51] Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.

***Tablica 2**. Ključni brojevi otpada*

| Vrsta otpada | Naziv |
|---|---|
| **02 01 01** | muljevi od ispiranja i čišćenja |
| **02 01 03** | otpadna biljna tkiva |
| **02 02 01** | muljevi od ispiranja i čišćenja |
| **02 02 03** | materijali neprikladni za potrošnju ili preradu |
| **02 02 04** | muljevi od obrade efluenata na mjestu njihova nastanka |
| **02 02 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **02 03 01** | muljevi od ispiranja, čišćenja, guljenja, centrifugiranja i separacije |
| **02 03 04** | materijali neprikladni za potrošnju ili preradu |
| **02 03 05** | muljevi od obrade efluenata na mjestu njihova nastanka |
| **02 03 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **02 05 01** | materijali neprikladni za potrošnju ili preradu |
| **02 05 02** | muljevi od obrade efluenata na mjestu njihova nastanka |
| **02 05 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **02 06 01** | materijali neprikladni za potrošnju ili preradu |
| **02 06 03** | muljevi od obrade efluenata na mjestu njihovog nastanka |
| **02 06 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **02 07 01** | otpad od ispiranja, čišćenja i mehaničke obrade sirovina |
| **02 07 02** | otpad od destilacije alkohola |
| **02 07 04** | materijali neprikladni za potrošnju ili preradu |
| **02 07 05** | muljevi od obrade efluenata na mjestu njihova nastanka |
| **02 07 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **19 08 05** | muljevi od obrade urbanih otpadnih voda |
| **19 08 09** | mješavine masti i ulja iz separatora koje sadrže samo jestivo ulje i masnoće |
| **19 08 99** | otpad koji nije specificiran na drugi način |
| **20 01 08** | biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina |
| **20 01 25** | jestiva ulja i masti |
| **20 02 01** | biorazgradivi otpad |
| **20 03 02** | otpad s tržnica |

***Izvor**: Prilagodio autor prema elaboratu gospodarenja otpadom tvrtke Agroproteinka-Energija d.o.o*

### 4.5.2. Teretno-manipulativne jedinice

Teretno-manipulativne jedinice vrlo su važan dio svakog sustava prikupljanja otpadnih sirovina. One omogućavaju manipulaciju sa otpadom pri ukrcaju i iskrcaju te prekrcaju otpada, služe i za manipulacije pri skladištenju. Ovisno o vrsti otpada, njegovoj masi, volumenu i dimenzijama koriste se različiti tipovi teretno-manipulativnih jedinica. Organizacija unutrašnjeg transporta tvrtke ima veoma važnu ulogu u povećanju efikasnosti tvrtke te u smanjenju njezinih troškova.

Osnovna teretno-manipulativna jedinica za otpad je spremnik (a) za ugostiteljski otpad zapremine do 60 kg. Koriste se i plastične kante (b) zapremnine od 120 L i 240 L za otpisanu otpadnu sirovinu u ambalaži. Za otpisane mliječne proizvode u ambalaži koriste se drvene Euro palete (c) dimenzija 1200 mm × 800 mm, te plastični Pall-Box spremnik (d) za ostali otpad.

a)

b)

c)

d)

***Slika 6**: a) spremnik za ugostiteljski otpad (60 kg), b) plastična kanta (120 L i 240 L), c) Euro paleta, d) Pall-Box spremnik*

***Izvor**: Prilagodio autor prema teretno-manipulativnim jedinicama s kojima raspolaže Agroproteinka-Energija d.o.o.*

Skladištenje i evidencija teretno-manipulativnih jedinica od velike je važnosti jer svaki spremnik, kanta, Pall-Box ili paleta ima svoju cijenu. Ukoliko se vodi evidencija tih jedinica uvelike se olakšava pronalazak problema i troškova u samom poslovanju. Naravno da i spremnici i ostale teretno-manipulativne jedinice imaju određeni vijek svog trajanja te da se s njima manipulira svakodnevno, ali odgovornim načinom postupanja i manipulacije sa spremnicima zasigurno se mogu smanjiti njihova oštećenja, nestanci i ostalo. Prema poznatim podatcima primijećeni su sljedeći nedostatci:

- podatci o stanju skladišta i izdanih spremnika nisu u ravnoteži (npr. nije izdan zapisnik za izdavanje spremnika klijentu, a spremnik je isporučen. Stanje na skladištu se smanjilo, a kako prateće dokumentacije tog spremnika nema, nije moguće ni ažuriranje podataka)
- neprikladno postupanje s otpisanim teretno-manipulativnim jedinicama (nema ažurne evidencije otpisanih spremnika koji više nisu za upotrebu)
- papirnata dokumentacija vođenja stanja skladišta (kod predaje zapisnika o predaji spremnika događa se da zapisnik nije predan krajnjoj osobi unutar tvrtke koja ažurira tablicu stanju skladišta)

Prema dobivenim podatcima trenutno stanje spremnika na raspolaganju za područje grada Zagreba iznosi oko 400 spremnika koji se učestalo izmjenjuju (prazni spremnici za pune). Nakon pražnjenja, spremnici se dezinficiraju i peru te su ponovno spremni za upotrebu. Isto to vrijedi za ostale teretno-manipulativne jedinice.

### 4.5.2. Prijevozna sredstva

Bioplinsko postrojenje nedavno je započelo sa radom te se vozni park tvrtke Agroproteinka-Energije d.o.o. trenutno sastoji od jednog lako teretnog vozila nosivosti do 2 t. Vozilo je opremljeno ukrcajnom hidrauličnom rampom za prikupljanje otpadne sirovine kako bi se pojednostavila manipulacija ukrcaja i iskrcaja spremnika.

Uslugu prijevoza ostalog otpada izvršava sestrinska tvrtka Agroproteinka d.d. sa svojim vozilima.

***Slika 7**: Prikaz ukrcaja otpada u prijevozno sredstvo*

***Izvor**: Snimio i prilagodio autor*

### 4.5.3. Organizacija transportnih ruta prikupljanja otpada

Organizacijsko osoblje zaduženo je za zaprimanje narudžbi i organizaciju rute kretanja vozila. Kod organiziranja transportne rute važno je da organizacijsko osoblje zna vrstu, stanje, količinu i način pakiranja robe radi rute kretanja vozila uz optimalne troškove. Što se više segmenata narudžbe zna, bilo to da se odnosi na pojedinu rutu, načina pakiranja sirovine ili mjesto gdje se otpad nalazi lakše će se organizirati plan rute, prikupljanja i manipulacije otpadom. Organizaciju transportnih ruta prikupljanja otpada za bioplinsko postrojenje trenutno provodi sektor transporta tvrtke Agroproteinke d.d. usporedno sa svojom organizacijom prikupljanja otpada. Slika 8. prikazuje raspored prikupljanja odnosno dnevni plan rute prikupljanja prema kojem se vozačko osoblje usmjeruje na dnevni zadatak. Prikazan je broj spremnika i kanti kojih je potrebno zamijeniti te broj paleta kojih treba prikupiti na kojem su otpisani proizvodi iz maloprodajnog objekta. Objekti prikupljanja prikazani su pod različitim brojevima radi zaštite privatnosti Agroproteinke d.d. Prvi broj označava objekt, a drugi broj njegovu podružnicu. Bolnica 1.1., 1.2. i 1.3. je bolnica u istom vlasništvu, samo su

podružnice na drugom mjestu prikupljanja otpada. Tako vrijedi za sve objekte prikupljanja.

| AGROPROTEINKA d.d. | | Plan obilaska-dnevni | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DAN: ČETVRTAK | VOZILO | M-Sprinter | ZADUŽIO | | RAZDUŽIO | | VOZAČ | pol | dol |
| ZAGREB | | | spremnik | kante | spremnik | kante | | 6 | 14 |
| Maloprodajni lanac 2.1. (2) ulje | | | 2 | | | | | | |
| Ugostiteljski objekt 2.1. (19) napoj | | | 19 | | | | | | |
| Bolnica 1.1. (13) napoj | | | 13 | | | | | | |
| Bolnica 1.3. (3) napoj | | | 3 | | | | | | |
| Bolnica 1.2. (4) napoj | | | 4 | | | | | | |
| Bolnica 4. (6) napoj | | | 6 | | | | | | |
| Maloprodajni lanac 6.4. (100 kg povrata) | | | | 2 | | | | | |
| Maloprodajni lanac 2.2. (2) ulje | | | 2 | | | | | | |
| Maloprodajni lanac 1.2. (1 paleta mliječnog povrata) | | 1 paleta | | | | | | | |
| Bolnica 7.1. (1) napoj | | | 1 | | | | | | |
| Ugostiteljski objekt 2.2. (7) napoj | | | 7 | | | | | | |
| Maloprodajni lanac 4.3. (1 paleta mliječnog povrata) | | 1 paleta | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | 57 | 2 | | | | | |

***Slika 8**: Prikaz plana obilaska*

***Izvor**: Prilagodio autor prema podacima sektora transporta*

U sljedećem poglavlju prikazat će se načini prikupljanja sirovina isključivo onih koji su potrebni bioplinskom postrojenju za proizvodnju bioplina te električne energije, odnosno prikupljanje ugostiteljskog otpada (napoj i ostatci od hrane), mliječni i mesnih proizvoda u ambalaži te ostalog otpada koji se može iskoristiti za proizvodnju bioplina.

# 5. PRIJEDLOG REORGANIZACIJE PRIKUPLJANJA OTPADNIH SIROVINA

Veliki dio današnje distribucije tereta obavljaju cestovna vozila. Raspoređivanje kupaca po vozilima, praćenje njihovih ruta i rokova isporuke, uključuje niz odluka koje mogu imati značajan utjecaj na troškove i razinu pružene usluge. To se naziva problem planiranja i rutiranja vozila. Smanjenje troškova može se postići kada se skup klijenata i njihovi zahtjevi malo mijenjaju. Iskustvo može dovesti do dobro organiziranih ruta koje zadovoljavaju ograničenja u odnosu na vozila (kapacitet vozila), te zahtjeve klijenata (npr. vremenski okviri za isporuku). Međutim, kada se kupci i zahtjevi mijenjaju, upotreba računala uvelike olakšava rješavanje problema. Danas su dostupni različiti programski alati koji omogućuju planiranje ruta i rasporeda. Smatra se da korištenje programskih alata za planiranje distribucijskog procesa može dovesti do značajnih ušteda (od 5 do 20 %) u globalnim troškovima prijevoza.[52]

Do smanjenja troškova dolazi se smanjenjem nepotrebne putne udaljenosti korištenjem prikladnijih ruta. To samo po sebi može dovesti do smanjenja potrošnje goriva, a time i smanjenja emisije štetnih plinova. Međutim, postoje i dodatni čimbenici koji se uzimaju u obzir u cilju smanjenja utjecaja vozila na okoliš. Ne samo da se svaki put mora voziti na učinkovit način koristeći najprikladniju rutu, nego i planove obilaska treba izraditi na takav način da se zahtjevne rute (npr. u zagušeni gradski centar) zakazuju za vrijeme kada će njihov utjecaj biti minimalan. Problem rutiranja vozila je u tome što je potrebno prikupiti različita mjesta isporuke s time da je vozni park ograničen kapacitetom vozila i nalazi se u centralnom skladištu. Problem se može opisati tako da su poznate udaljenosti između svakog kupca, kao i udaljenosti od i do skladišta. Također su poznate sve stavke i količine isporuke kao i kapacitet svakog vozila. Cilj problema je minimizirati ukupnu prijeđenu udaljenost vozila zadovoljavajući sve narudžbe kupaca te optimirati veličinu voznog parka.[53]

Uz planirane rute i raspored vozila, čimbenici koji doprinose utjecaju vozila na okoliš su dimenzije vozila te gorivo. Praktične mjere, kao što je način vožnje vozila,

[52] Toth, P., Vigo, D.; The Vehicle Routing Problem, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia, 2001.
[53] McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., Whiteing, A.; Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics, Kogan Page, 2010.

također mogu utjecati na emisije štetnih plinova. Danas postoje programi uštede i sigurne vožnje koji pružaju trening vozačima i na taj način potiču sigurnu i ekonomičnu vožnju kroz širok raspon čimbenika. Program uključuje aerodinamiku i opterećenje, tehniku kočenja, izmjena brzina, korištenje tempomata i određivanje optimalnih brzina vožnje. Npr. tvrtke mogu nagrađivati učinkovitost vozača koji postižu ciljeve kao što je smanjenje potrošnje goriva. Pokazalo se da ove mjere uz smanjenu potrošnju goriva osiguravaju i sigurniju vožnju.[54]

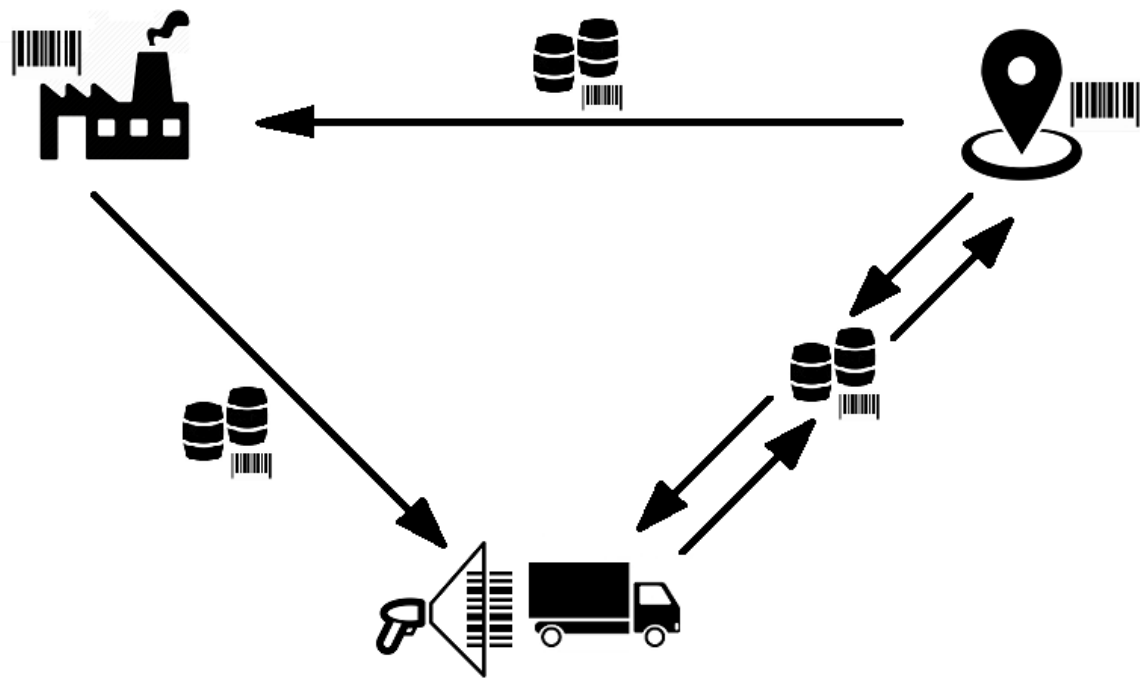
Pri samoj optimizaciji potrebno je naglasiti da je osnovni fokus optimizacije troškova – sniziti, optimizirati ili eliminirati one troškove koji nisu strateški opasni, odnosno koji neće naškoditi kvaliteti sakupljanja sirovine i bez kojih će se moći i dalje planirati rast i razvoj poslovanja. Da bi se tako nešto moglo dogoditi, važno je da se krene od samog početka planiranja rute do iskrcaja sirovine u tvrtci te načina skladištenja teretno-manipulativnih jedinica.

## 5.1. SKLADIŠTENJE TERETNO-MANIPULATIVNIH JEDINICA

Preporuka za efikasnije ažuriranje podataka te uvid u stanje skladišta u realnom vremenu je implementacija sustava s bar kod oznakama. Potrebno je dodijeliti bar kod oznake skladištu, svakom spremniku, lokacijama subjekata te vozilima koji se koriste za otpremu i dostavu navedenih spremnika. Pri ukrcaju spremnika u vozilo potrebno je bar kod čitačem skenirati spremnike te ih dodijeliti vozilu koje ima svoju bar kod oznaku. Spomenuti sustav automatski ažurira stanje spremnika na skladištu te se broj ukrcanih spremnika oduzima sa stanja skladišta. Prilikom dolaska na lokaciju skeniraju se predani spremnici te se bar kod čitačem dodjeljuju trenutnoj lokaciji. Također se i puni spremnici skeniraju i dodjeljuju vozilu. Povratkom u skladište, nakon svih obavljenih narudžbi, spremnici se razdužuju te bar kod čitačem ponovno dodjeljuju skladištu. Ovakva implementacija sustava prema tvrtci CAEN RFID S.r.l. je besplatna ukoliko je integrirana u postojeći programski sustav koje tvrtka posjeduje (npr. Microsoft Excel). Trošak ovog sustava su bar kod čitači čija je cijena 2600 kn za jedan uređaj te bar kod oznake čija je cijena 3kn po komadu.

[54] McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., Whiteing, A.; Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics, Kogan Page, 2010.

Na slici 9. prikazan je shematski prikaz sustava evidencije s bar kod čitačem.



***Slika 9**: Shematski prikaz sustava evidencije s bar kod čitačem*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

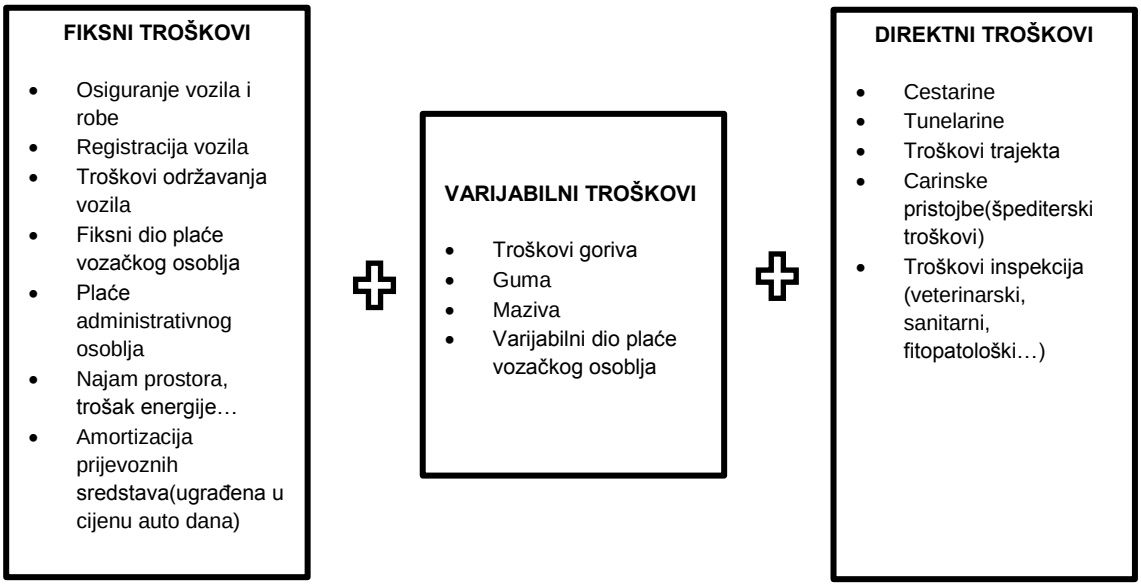
## 5.2. NAČIN PLANIRANJA RUTE PRIKUPLJANJA OTPADA

Prikupljanje otpada organizirano je planskim rasporedom prema kojem se vozačko osoblje šalje na teren u prikupljanje biootpada i ostalih sirovina potrebnih bioplinskom postrojenju. Lokacije prikupljanja raspoređene su po cijelom gradu te su određene svojim zahtjevima kao što su rokovi prikupljanja, vrijeme prikupljanja te učestalost prikupljanja. Gradska distribucija vrlo je zahtjevan i kompleksan dio logistike jer je grad Zagreb kao područje distribucije često opterećen stalnom gustoćom prometa, a povećanje koncentracije populacije u urbanim područjima generira dodatne probleme. Primljenom narudžbom organizacijsko osoblje prema poznatim podacima, vezanih uz mjesto prikupljanja, organizira rutu prikupljanja.

Prilikom zaprimanja narudžbi važno je da se zna točno mjesto, naziv i adresa lokacije te vrsta i količina odnosno broj spremnika potrebnih za prikupljanje otpada. Netočnim podatcima količine ili adrese otežava se sam proces poslovanja te se

troškovi u realizaciji prikupljanja povećavaju te se na taj način ne može organizirati popunjavanje teretnog prostora, a uz to dolazi i do nepotrebnog zadržavanja vozača na takvim lokacijama što se uračunava u dodatni trošak.

Poznavanje strukture troškova nužno je za izradu cijene prijevozne usluge i omogućuje efikasnu kontrolu koje izravno utječu na profitabilnost u poslovanju tvrtke. Sumiranje prisutnih troškova osnova je za određivanje prodajne cijene odnosno prijevozne usluge.[55]



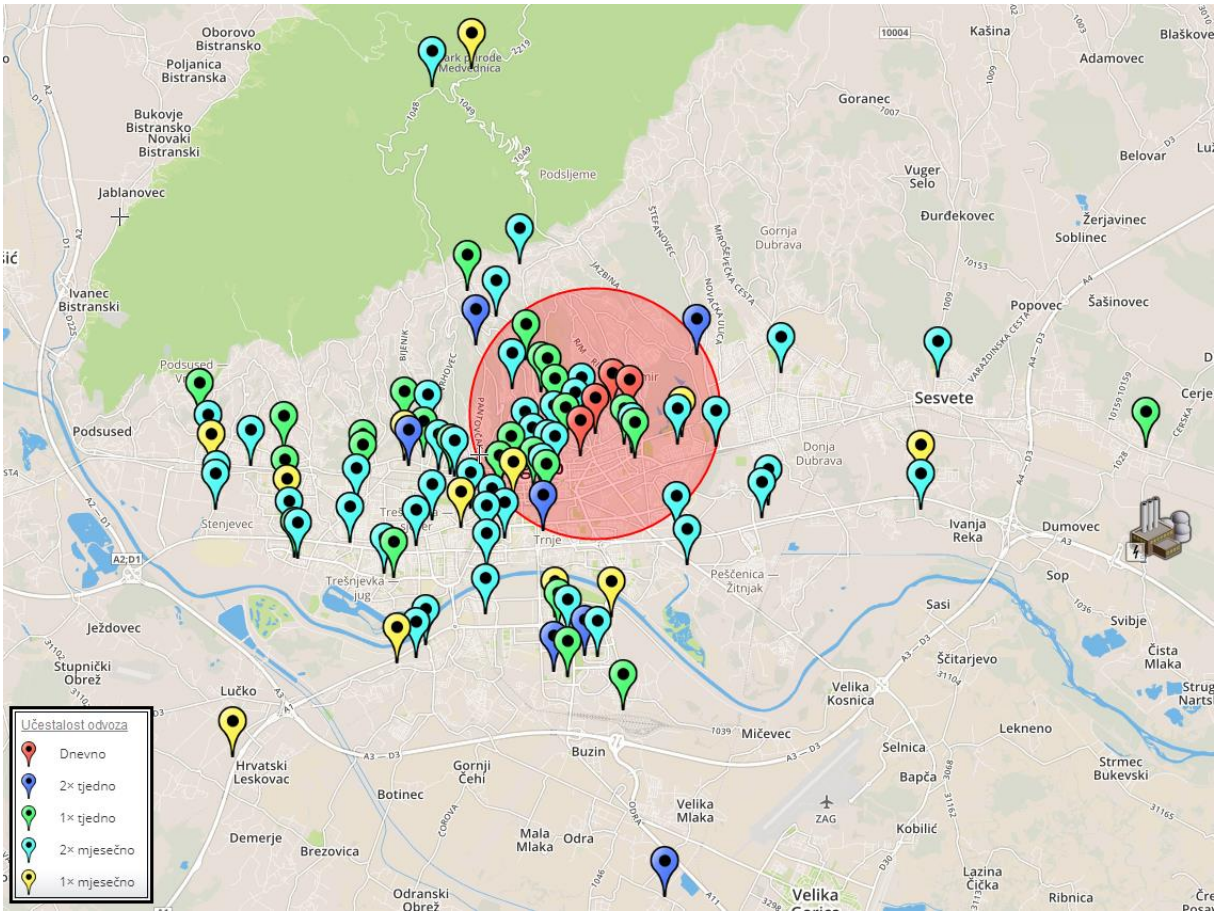

***Slika 10**: Vrste transportnih troškova*

***Izvor**: Šafran, M.; Autorizirana predavanja kolegija Prijevozna logistika I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb*

Kako bi se izračunali troškovi prikupljanja otpadnih sirovina dobiveni su podaci o zaprimljenim narudžbama u vremenskom periodu od 90 dana na području grada Zagreba za laka teretna vozila. U nastavku, na temelju dobivenih podataka, prikazana je usporedba dvaju načina prikupljanja otpadnih sirovina. Usporedba je prikazana na temelju zadnjih 28 dana dobivenih podataka. U promatranom periodu od 28 dana prikupljeno je 1144 spremnika biorazgradivog otpada, 75 kanti otpisa u ambalaži, 18 euro paleta mliječnog otpisa te 9 pall box-eva ostalog otpisa. Ukupna količina prikupljenog otpada u promatranom periodu iznosi 70500 kg. Kako je nosivost vozila 2t i ako vozilo samostalno obavlja prijevoz svih 28 dana s punim

[55] Šafran, M.; Autorizirana predavanja kolegija Prijevozna logistika I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

kapacitetom ukupna količina prikupljenog otpada iznosi 56000kg. To znači da ukupnu količinu od 70500kg nije moguće prikupiti samo jednim vozilom u određenom radnom vremenu jer se prikupljanje otpada odvija svakim radim danom samo u jednoj smjeni. Prema izračunatim podatcima preporuča se aktivacija još jednog teretnog vozila nosivosti do 2t određenim danima, kako bi se prikupljanje moglo obavljati u skladu sa zakonskim regulativama vezanih uz nosivost vozila i u jednoj smjeni.




***Slika 11**: Koncentracija lokacija subjekata posjednika otpada na području grada Zagreba*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Slika 11. prikazuje koncentraciju lokacija subjekata posjednika otpada na području grada Zagreba. Oznake lokacija označene su različitim bojama prema učestalosti odvoza otpada. Lokacije označene crvenom bojom (dnevni odvoz) generator su organizacije svakodnevne rute prikupljanja otpada.

### 5.2.1. Organizacija prikupljanja otpada s višom razinom usluge

Svrha i cilj ovakvog načina organizacije prikupljanja otpada je odgovoriti na zahtjeve kupaca u što je moguće bržem roku. Na taj način osigurava se zadovoljstvo klijenata jer je narudžba koja je zaprimljena tekućeg dana izvršena sljedeći dan. Prednost ovakvog načina organizacije prikupljanja otpada je jednostavniji način izrade plana rute prikupljanja. Nedostatak ovakvog načina prikupljanja otpada je nemogućnost maksimalne iskoristivosti vozila na dnevnoj razini.

Tablica 4. prikazuje način organizacije prikupljanja otpada s višom razinom usluge. Za ovaj plan rute korištena su dva laka teretna vozila. Iz navedenog, može se zaključiti kako u drugom vozilu nije iskorišten maksimalan kapacitet vozila, odnosno iskorišteno je 50,5% nosivosti vozila za određeni dan.

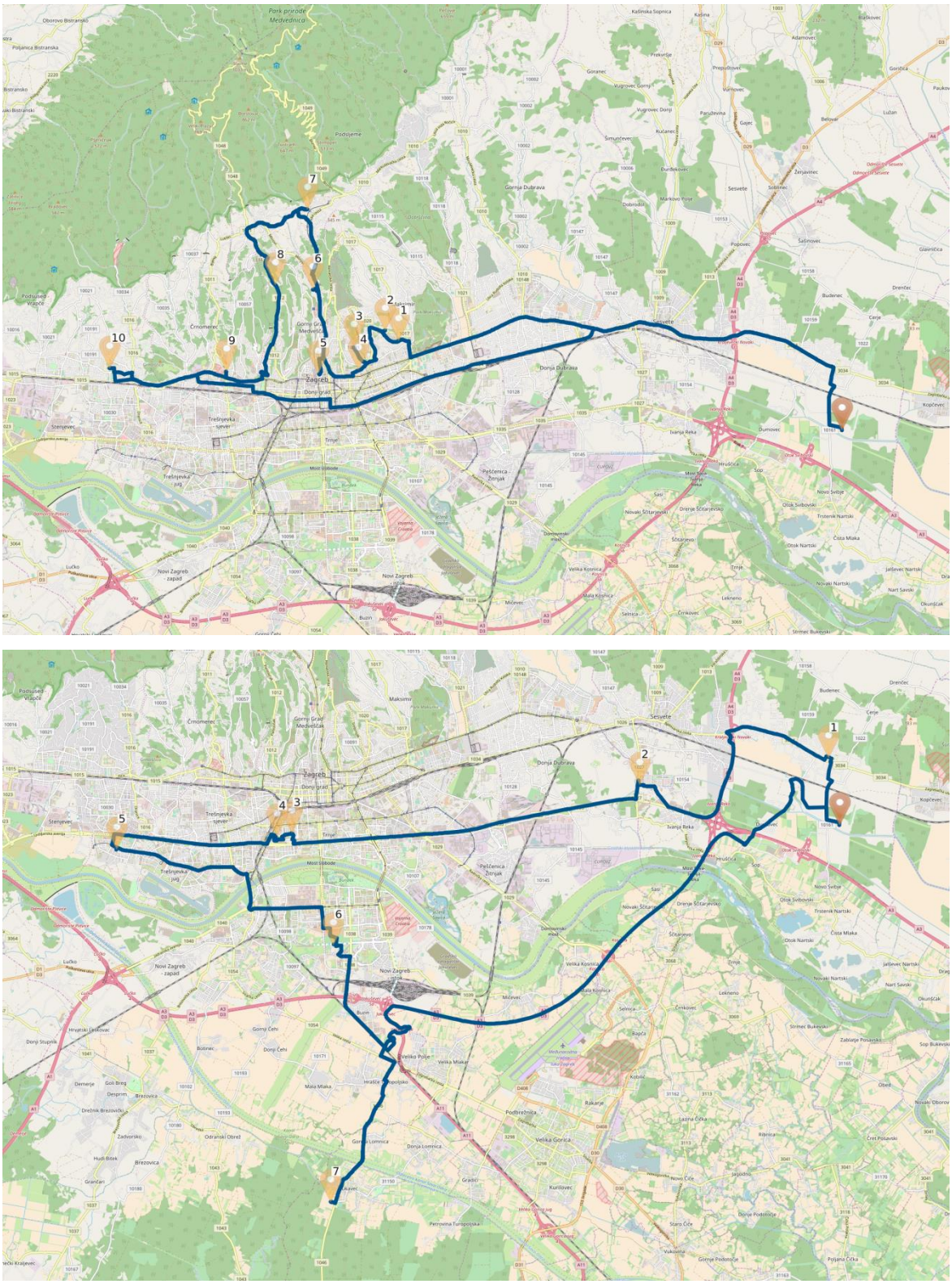
***Tablica 3**. Prikaz načina organizacije prikupljanja otpada s višom razinom usluge*

| **DAN**: 2. | | **PRIJEĐENI PUT (km)** | | | 68 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **RELACIJA** | **A: Zagreb** | Vozilo 1 | **MAX N.(kg)** | 2000 | **MAX P.(m2)** | 7 | | |
| **PLAN RUTE** | **NAZIV I ADRESA ODREDIŠTA** | **SPREMNIK** | **M. KANT.** | **V. KANT.** | **PAL./BOX.** | **MA. P./B.(kg)** | **UK. MASA(kg)** | **POPU.(m2)** |
| A1 | Bolnica 1.1. | 13 | | | | | **650** | **2,08** |
| A2 | Bolnica 1.3. | 3 | | | | | **150** | **0,48** |
| A3 | Maloprodajni lanac 6.9. | | 1 | | | | **70** | **0,25** |
| A4 | Bolnica 1.2. | 4 | | | | | **200** | **0,64** |
| A5 | Maloprodajni lanac 3.3. | | 1 | | | | **70** | **0,25** |
| A6 | Bolnica 7.2. | 1 | | | | | **50** | **0,16** |
| A7 | Maloprodajni lanac 6.12. | | 2 | | | | **140** | **0,5** |
| A8 | Ugostiteljski objekt 3. | 3 | | | | | **150** | **0,48** |
| A9 | Osnovna škola 5. | 4 | | | | | **200** | **0,64** |
| A10 | Bolnica 5. | 4 | | | | | **200** | **0,64** |
| **UKUPNO** | | **32** | **4** | **0** | **0** | **0** | **1880** | **6,12** |
| | | | | | | | | |
| **DAN**: 2. | | **PRIJEĐENI PUT (km)** | | | 75 | | | |
| **RELACIJA** | **B: Zagreb** | Vozilo 2 | **MAX N.(kg)** | 2000 | **MAX P.(m2)** | 7 | | |
| **PLAN RUTE** | **NAZIV I ADRESA ODREDIŠTA** | **SPREMNIK** | **M. KANT.** | **V. KANT.** | **PAL./BOX.** | **MA. P./B.(kg)** | **UK. MASA(kg)** | **POPU.(m2)** |
| B1 | Restoran 1. | 2 | | | | | **100** | **0,32** |
| B2 | Maloprodajni lanac 3.2. | | 2 | | | | **140** | **0,5** |
| B3 | Dječji vrtić 1.2. | 3 | | | | | **150** | **0,48** |
| B4 | Dječji vrtić 1.1. | 2 | | | | | **100** | **0,32** |
| B5 | Maloprodajni lanac 6.9. | | 1 | | | | **70** | **0,25** |
| B6 | Bolnica 7.1. | 2 | | | | | **100** | **0,32** |
| B7 | Proizvodna tvrtka 1. | | | | 1 | 350 | **350** | **0,96** |
| **UKUPNO** | | **9** | **3** | **0** | **1** | **350** | **1010** | **3,15** |

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Prijeđeni kilometri navedenog dana iznose 143 km za oba vozila. Na slici 12. prikazane su rute kretanja vozila 1 i vozila 2 izrađena u programu Route4Me™ Route Planner u kojoj su izračunati prijeđeni kilometri za svaku rutu svakog vozila unutar 28

dana. Ukupni prijeđeni kilometri unutar 28 dana iznosi 2887 km. Prijeđeni kilometri prvog vozila iznose 1686 km, a drugog vozila 1201 km.



***Slika 12**: Rute kretanja vozila 1 i vozila 2 prema organizaciji s višom razinom usluge*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor pomoću programa Route4Me™ Route Planner*

### 5.2.2. Organizacija prikupljanja otpada temeljem povijesnih podataka

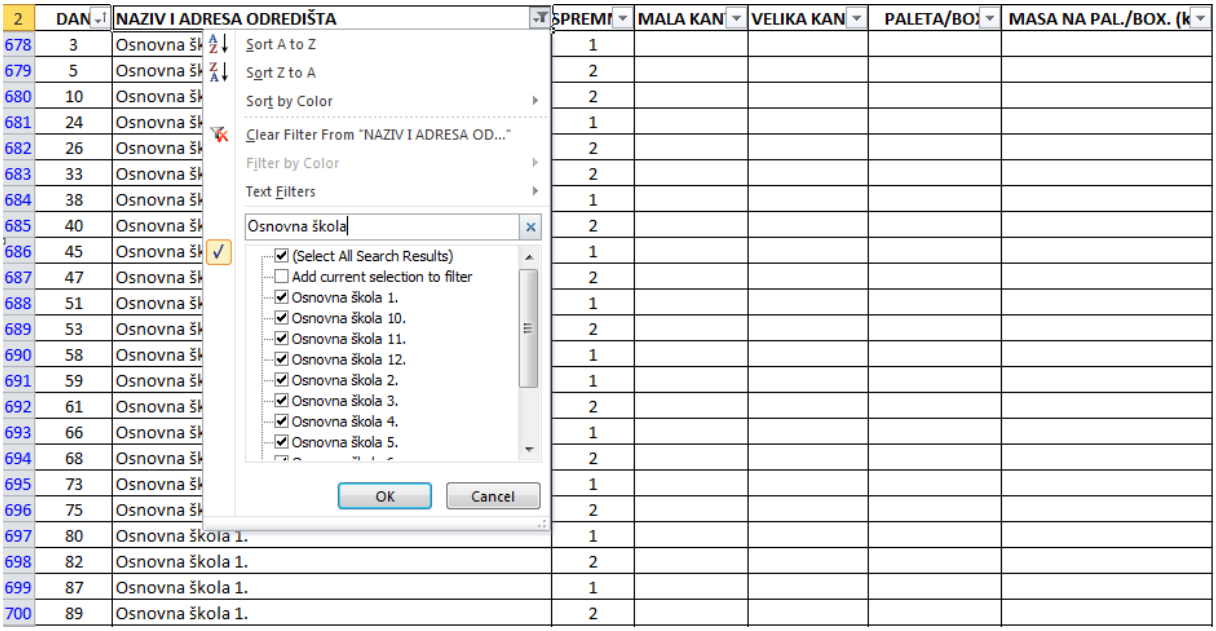
Raspored i plan putovanja važan je dio optimizacije transportnih troškova te stoga treba biti precizno izrađen. U cilju je ovakvog sustava maksimalno popunjavanje odnosno iskorištenje teretnog prostora prijevoznog sredstva uz optimalan broj prijeđenih kilometara. Plan putovanja potrebno je unaprijed izraditi, što se može postići prema povijesnim podatcima prikupljanja uz manje prilagodbe dnevnim potrebama. Plan se formira prema generatorima ruta odnosno lokacijama koje su svakodnevne ili imaju učestalu potrebu za prikupljanje otpada. Na temelju tih učestalih lokacija prikupljanja pridružuju se ostale lokacije koje su u prihvatljivoj zoni prikupljanja uz optimalno prijeđene kilometre. U nastavku je prikazana tablica partnera prema uzetom uzorku od 90 dana. Za prikaz odabrano je nekoliko dana te su zabilježeni partneri koji se ponavljaju u tom periodu.

***Tablica 4.*** *Popis narudžbi prema danima*

| DAN | NAZIV I ADRESA ODREDIŠTA | SPREMI | MALA KAN | VELIKA KAN | PALETA/BO | MASA NA PAL./BOX. (k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bolnica 1.1. | 13 | | | | |
| 1 | Bolnica 1.2. | 4 | | | | |
| 1 | Bolnica 1.3. | 3 | | | | |
| 1 | Bolnica 7.1. | 2 | | | | |
| 1 | Dječji vrtić 2. | 2 | | | | |
| 1 | Maloprodajni lanac 1.5. | | | 1 | | |
| 1 | Osnovna škola 2. | 2 | | | | |
| 1 | Uč. dom 1. | 3 | | | | |
| 1 | Ugostiteljski objekt 2.1. | 19 | | | | |
| 17 | Bolnica 1.1. | 13 | | | | |
| 17 | Bolnica 1.2. | 4 | | | | |
| 17 | Bolnica 1.3. | 3 | | | | |
| 17 | Distribucijski centar 1. | | | 2 | | |
| 17 | Dječji vrtić 1.3. | 2 | | | | |
| 17 | Hotel 1. | 7 | | | | |
| 17 | Maloprodajni lanac 1.2. | | | | 1 | 300 |
| 17 | Maloprodajni lanac 1.5. | | | | 1 | 300 |
| 17 | Maloprodajni lanac 2.2. | | | | 1 | 300 |
| 17 | Maloprodajni lanac 6.4. | | | 1 | | |
| 17 | Maloprodajni lanac 6.7. | | | 1 | | |
| 17 | Maloprodajni lanac 6.9. | | 1 | | | |
| 57 | Bolnica 1.1. | 13 | | | | |
| 57 | Bolnica 1.2. | 4 | | | | |
| 57 | Bolnica 1.3. | 3 | | | | |
| 57 | Maloprodajni lanac 3.1. | | 1 | | | |
| 57 | Maloprodajni lanac 4.2. | | 1 | | | |
| 57 | Maloprodajni lanac 6.1. | | 1 | | | |
| 57 | Maloprodajni lanac 6.10. | | | 2 | | |
| 57 | Osnovna škola 2. | 2 | | | | |
| 57 | Ugostiteljski objekt 2.2. | 7 | | | | |
| 57 | Ugostiteljski objekt 2.4. | 2 | | | | |
| 57 | Ugostiteljski objekt 3. | 3 | | | | |
| 91 | Bolnica 1.1. | 13 | | | | |
| 91 | Bolnica 1.2. | 4 | | | | |
| 91 | Bolnica 1.3. | 3 | | | | |

***Izvor****: Izradio i prilagodio autor*

Na vrhu tablice dodani su filteri koji omogućuju pretraživanje prema datumu prikupljanja, subjektu, teretno manipulativnim jedinicama i masi na paletama ili pall box-u.




***Slika 13**: Prikaz filtriranja prema subjektu*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Filtriranjem željenog subjekta moguće je uočiti učestalost odvoza tog subjekta unutar 91 dana te prema tome izraditi unaprijed planirani raspored. U tablici 6. prikazan je raspored prikupljanja otpada na gore spomenuti način. Prijedlog je da se lokacije koje su generatori rute, koje bi se inače prikupljale svaki dan, prema ovome načinu organizacije prikupljaju svaki drugi dan radi maksimalne iskoristivosti vozila. Korištenjem povijesnih podataka može se doći do saznanja koliko otpada generira pojedini subjekt. Na temelju toga može se odrediti da li subjektu potrebno više ili manje spremnika kako bi regulirali organizaciju rute. Time se postiže grupiranje određenih lokacija i znatno smanjuje broj prijeđenih kilometara. Na primjer, Bolnica 2. unutar 90 dana ima 180 prikupljenih spremnika što znači da u prosjeku na dnevnoj bazi imaju 2 spremnika. Potrebno je organizirati prikupljanje otpada ovog subjekta 2 puta tjedno na način da se 1. dan u tjednu preuzme 8 spremnika, a 4. dan u tjednu 6 spremnika. Ovim prijedlogom smanjuje se učestalost odlaska na ovu lokaciju, a broj preuzetih spremnika ostaje isti.

Kao primjer mogu se uzeti i lokacije Bolnica (1.1., 1.2. i 1.3.) čiji je ukupna količina proizvedenog otpada u razdoblju od 90 dana 1800 punih spremnika biorazgradivog otpada što je 20 spremnika po danu. Radi postizanja punog kapaciteta vozila koji iznosi 40 spremnika odnosno 2 tone otpadne sirovine, predlaže se prikupljanje otpada svaki drugi dan umjesto na dnevnoj bazi. Sukladno tome broj mjesečnih odvoza smanjuje se sa 28 na 14 odvoza mjesečno.

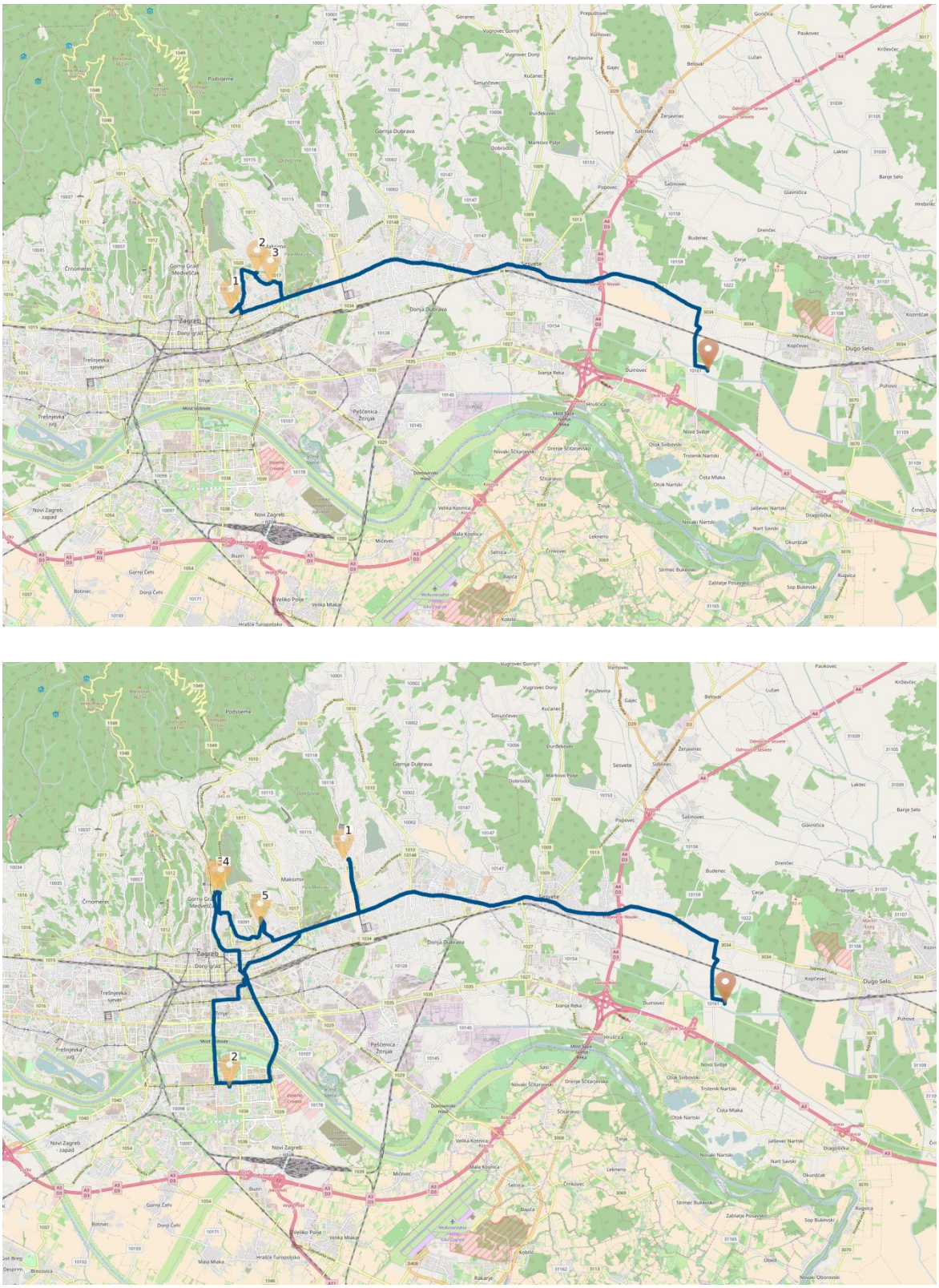
Daljnjim slaganjem rasporeda prema povijesnim podacima izračunava se količina otpada po danu na pojedinoj lokaciji. Ako se lokacije reorganiziraju na način da se pojedine lokacije sakupljaju prema unaprijed određenom rasporedu i u točno određenoj količini, dolazi se do podatka da je 65% ukupno prikupljenog otpada u razdoblju od 28 dana može se planski prikupiti dok je ostali dio prikupljen prema narudžbi. Tablica 5. prikazuje maksimalnu popunjenost oba dva vozila.

***Tablica 5**: Prikaz načina organizacije prikupljanja temeljem povijesnih podataka*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **DAN**: 8. | | **PRIJEĐENI PUT (km)** | | | 37 | | | |
| **RELACIJA** | **A: Zagreb** | Vozilo 1 | **MAX N.(kg)** | 2000 | **MAX P.(m2)** | 7 | | |
| **PLAN RUTE** | **NAZIV I ADRESA ODREDIŠTA** | **SPREMNIK** | **M. KANT.** | **V. KANT.** | **PAL./BOX.** | **MA. P./B.(kg)** | **UK. MASA(kg)** | **POPU.(m2)** |
| A1 | Bolnica 1.2. | 8 | | | | | **400** | **1,28** |
| A2 | Bolnica 1.3. | 6 | | | | | **300** | **0,96** |
| A3 | Bolnica 1.1. | 26 | | | | | **1300** | **4,16** |
| **UKUPNO** | | **40** | **0** | **0** | **0** | **0** | **2000** | **6,4** |
| | | | | | | | | |
| **DAN**: 8. | | **PRIJEĐENI PUT (km)** | | | 55 | | | |
| **RELACIJA** | **B: Zagreb** | Vozilo 2 | **MAX N.(kg)** | 2000 | **MAX P.(m2)** | 7 | | |
| **PLAN RUTE** | **NAZIV I ADRESA ODREDIŠTA** | **SPREMNIK** | **M. KANT.** | **V. KANT.** | **PAL./BOX.** | **MA. P./B.(kg)** | **UK. MASA(kg)** | **POPU.(m2)** |
| B1 | Ugostiteljski objekt 2.1. | 18 | | | | | **900** | **2,88** |
| B2 | Dječji vrtić 2. | 2 | | | | | **100** | **0,32** |
| B3 | Bolnica 3. | 6 | | | | | **300** | **0,96** |
| B4 | Bolnica 4. | 6 | | | | | **300** | **0,96** |
| B5 | Bolnica 2. | 8 | | | | | **400** | **1,28** |
| **UKUPNO** | | **40** | **0** | **0** | **0** | **0** | **2000** | **6,4** |

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Prijeđeni kilometri navedenog dana iznose 92 km za oba vozila. Na slici 14. prikazani su primjeri rute kretanja vozila 1 i vozila 2 izrađena u programu Route4Me™ Route Planner. Ukupni prijeđeni kilometri unutar 28 dana uz organizaciju prema povijesnim podacima iznose 2238 km. Prijeđeni kilometri prvog vozila iznose 1347 km, a drugog vozila 891 km.



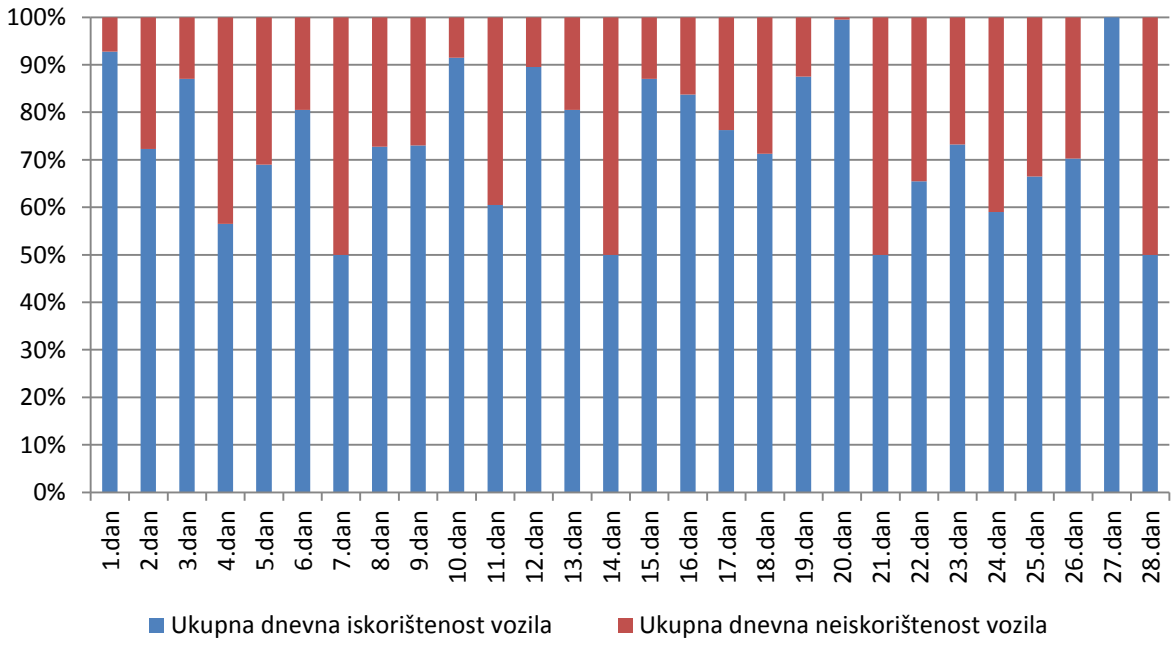

***Slika 14**: Rute kretanja vozila 1 i vozila 2 organiziranih na temelju povijesnih podataka*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor pomoću programa Route4Me™ Route Planner*

## 5.3. USPOREDBA NAČINA ORGANIZIRANJA RUTA PRIKUPLJANJA OTPADA

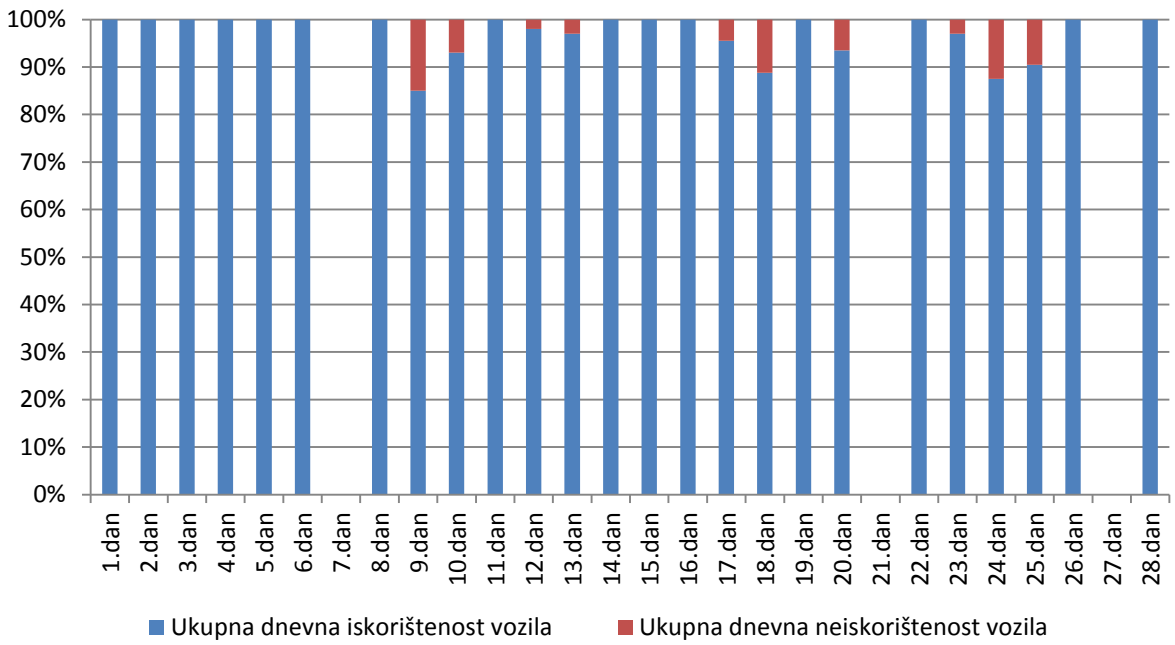
Kako bi se usporedila dva spomenuta načina organiziranja ruta prikupljanja otpada potrebno je izračunati transportne troškove. U izračun se uzima prosjek potrošnje goriva lakog teretnog vozila nosivosti do 2 tone te cijena goriva. Trenutna cijena goriva je 8,5 kn po litri te ovakvo vozilo u prosjeku troši 15 L/100 km dobivamo da trošak 1 prijeđenog kilometra iznosi 1,27 kn. Množenjem prijeđenih kilometara s cijenom goriva po kilometru dobivamo iznos varijabilnog troška. Fiksni troškovi uključuju održavanje vozila, osiguranja i registraciju vozila te se prema povijesnim podacima o vozilu dolazi do podatka da navedeni troškovi iznose oko 65 kn po danu.

Da bi se izračunali ukupni troškovi potrebno je također promotriti popunjenost teretnog prostora stoga je na grafikonu 2. i grafikonu 3. prikazana popunjenost teretnog prostora u ovisnosti o načinu organiziranja rute te je vidljiva razlika između ova dva načina sakupljanja otpada.




***Grafikon 2**: Prikaz popunjenosti teretnog prostora s višom razinom usluge*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*



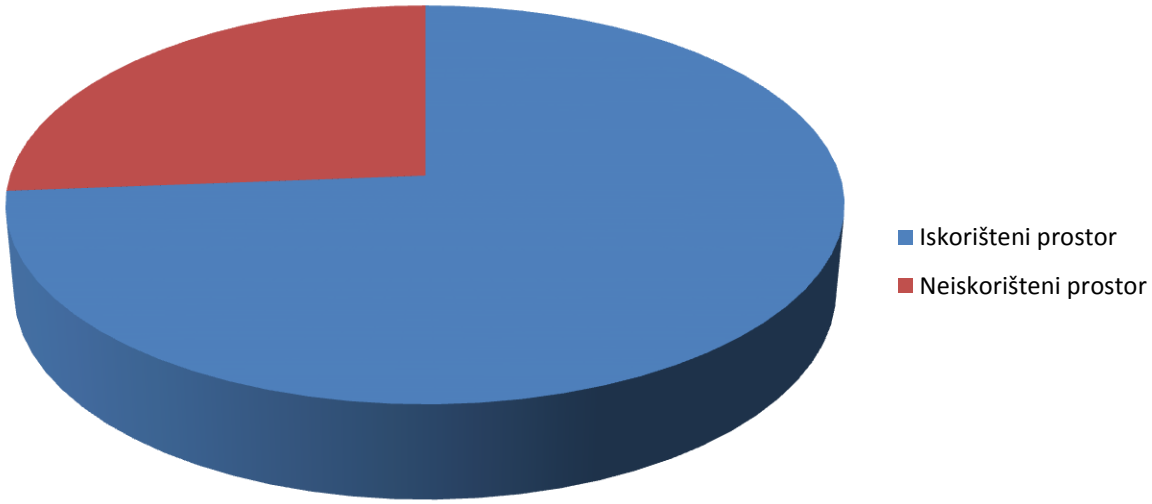

***Grafikon 3**: Prikaz popunjenosti teretnog prostora temeljem povijesnih podataka*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Na grafikonu 3. moguće je vidjeti da 7., 21. i 27. dan nije bilo potrebe za prikupljanjem otpada zbog unaprijed planiranog rasporeda. Također jasno je vidljivo da je popunjenost teretnog prostora znatno veća nego kod organizacije s višom razinom usluge.

Za promatrano razdoblje od 28 dana organizacije s višom razinom usluge zabilježeni su sljedeći podatci:

- 28 radnih dana
- 47 organiziranih ruta prikupljanja
- 47 puta korišten resurs vozačkog osoblja
- ukupna popunjenost za sva vozila 73,77% (grafikon 4.)
- 2887 km ukupno prijeđenih kilometara svih vozila




***Grafikon 4**: Prikaz ukupne popunjenosti teretnog prostora s višom razinom usluge*

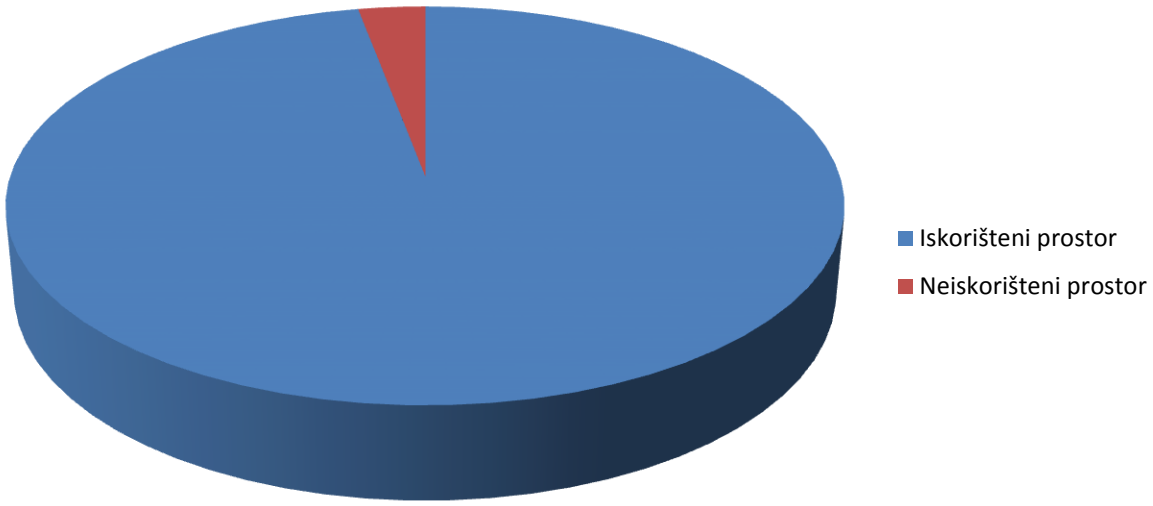
***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Uz prethodno prikazane podatke moguće je izračunati ukupne troškove organizacije rute s višom razinom usluge. Potrebno je udvostručiti fiksne troškove transporta jer su za prikupljanje unutar 28 dana potrebna 2 laka teretna vozila. Fiksni trošak iznosi 65 kn po danu po vozilu. Kada se pomnože radni dani s fiksnim troškom dolazi se do iznosa od 3640 kn. Varijabilni trošak izračunava se množenjem 2887 prijeđenih kilometara s 1,27 kn troška po kilometru što iznosi 3666,5 kn. Za obavljanje organiziranih ruta na ovaj način 47 puta korišteni su resursi vozačkog osoblja. U prosijeku cijena vozačkog osoblja po danu iznosi 300 kn. Iznos dnevnice pomnožen s 47 puta dobiva se iznos od 14100 kn. Ukupni trošak u 28 dana za prikupljanje otpada na način organiziranja rute s višom razinom usluge iznosi 21406,5 kn.

Za promatrano razdoblje od 28 dana organizacije s višom razinom usluge zabilježeni su sljedeći podatci:

- 25 radnih dana
- 36 organiziranih ruta prikupljanja

- 36 puta korišten resurs vozačkog osoblja
- ukupna popunjenost za sva vozila 97,03% (grafikon 5.)
- 2238 km ukupno prijeđenih kilometara svih vozila

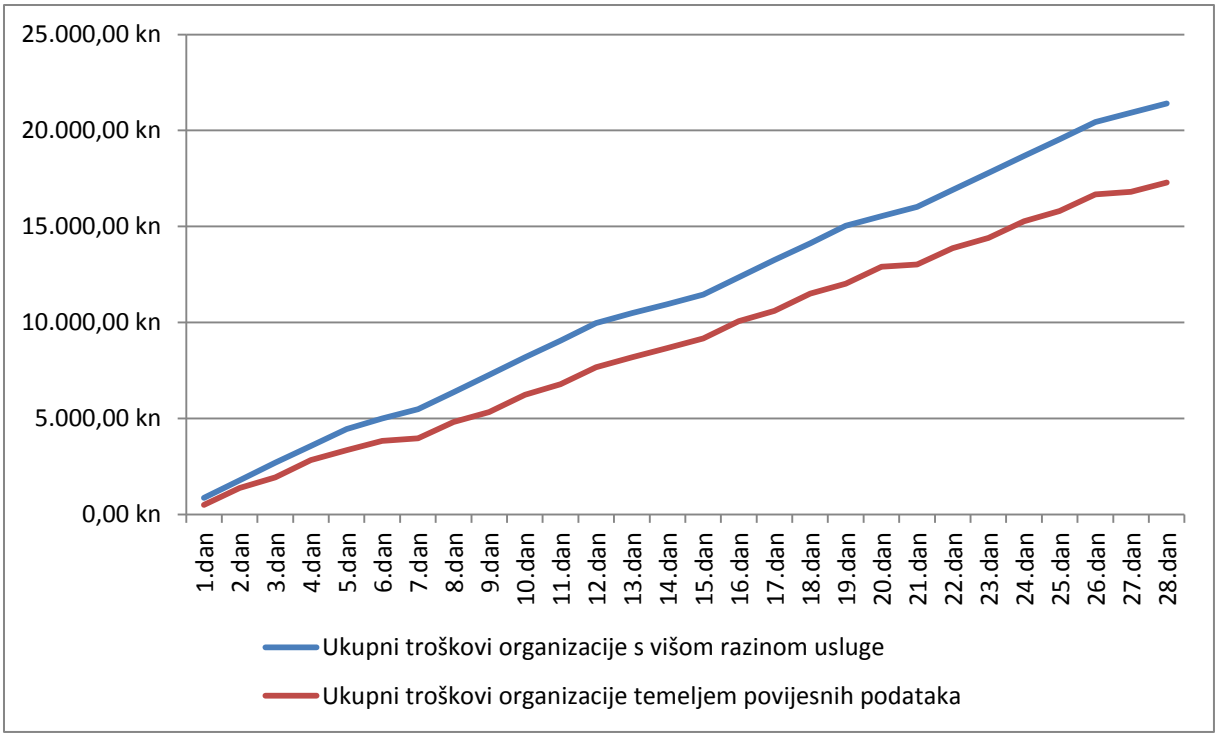



***Grafikon 5**: Prikaz ukupne popunjenosti teretnog prostora temeljem povijesnih podataka*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Također je moguće izračunati ukupne troškove organizacije rute temeljem povijesnih podataka. Fiksne troškove transporta također je potrebno udvostručiti jer su za prikupljanje unutar 28 dana potrebna 2 laka teretna vozila. Fiksni troškovi iznose 3640 kn. Varijabilni trošak izračunava se množenjem 2238 prijeđenih kilometara s 1,27 kn troška po kilometru što iznosi 2842,26 kn. Za obavljanje prikupljanja otpada temeljem povijesnih podataka resursi vozačkog osoblja korišteni su 36 puta. Iznos dnevnica osoblja je 10800 kn. Ukupni trošak u 28 dana za prikupljanje otpada temeljem povijesnih podataka iznosi 17282,26 kn.

Iz izračunatih podataka vidljiva je razlika ukupnih troškova transporta. Na grafikonu 6. prikazan kumulativ ukupnih troškova kroz 28 promatranih dana za oba načina prikupljanja otpada.




***Grafikon 6**: Kumulativ transportnih troškova*

***Izvor**: Izradio i prilagodio autor*

Razlika ukupnih troškova između ova dva sustava prikupljanja u promatranom razdoblju iznosi 4124,24 kn, što bi na godišnjoj razini iznosilo 49490,88 kn manje sustavom organizacije temeljem povijesnih podataka.

# 6. ZAKLJUČAK

Opskrbni lanac započinje od poljoprivredne faze, nastavlja s proizvodnjom, distribucijom te završava s potrošnjom. Tijekom životnog ciklusa hrana postaje otpad zbog tehnoloških, ekonomskih ili društvenih razloga. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa. Gospodarenje otpadom jedna je od ključnih stvari koja se tiče pojedinaca, ali i svakog poslovnog subjekta. U RH upravljanje otpadom regulirano je brojnim zakonima, zakonskim regulativama te planovima za učinkovito gospodarenje otpadom. Svrha i cilj zakonskih regulativa i planova gospodarenja otpadom koje donosi pravni poredak RH je sprječavanja nastanka otpada u prvom redu te priprema otpada za oporabu. Najmanje poželjan način gospodarenja otpadom je zbrinjavanje odnosno odlaganje otpada. Određenim aktivnostima povratne logistike smanjuje se količina otpada usmjerenog na odlagališta s ciljem oporabe za dobivanje energije. Bioplinska postrojenja namijenjena su oporabi otpadne sirovine, a krajnji cilj im je dobivanje toplinske i električne energije. U cilju smanjenja transportnih troškova analiziraju se sustavi prikupljanja otpadnih sirovina u bioplinsko postrojenje. Važno je utvrditi na koje se načine i uz koje troškove prikuplja otpad.

Transportni troškovi su neizbježni u transportnom lancu, ali se na njih može djelovati jedino uz promjene koje neće štetno djelovati na buduće poslovanje tvrtke. Spremnim odgovorima na dinamičnost prometnog i logističkog problema može se smanjiti varijabilne troškove na nisku razinu, dovoljnu da se osjeti poboljšanje i pojednostavljenje organizacijskog, a samim time i transportnog problema. Preciznijim načinom zaprimanja narudžbi olakšati će se slaganje plana ruta, popunjavanja vozila te definiranje plana putovanja. Svaka tvrtka bira strategiju upravljanja na temelju koje se obavlja transportna usluga. U ova dva slučaja moguće je primijetiti da ukoliko se tvrtka odluči za strategiju s višom razinom usluge rezultat je povećanje kako transportnih tako i ukupnih troškova dok se od pružatelja transportne usluge očekuje brz i efikasan odgovor. U drugom slučaju, ukupni troškovi znatno se smanjuju, iskoristivost vozila je na visokoj razini, a razina usluge neznatno se smanjuje. Ukoliko postoji mogućnost dogovora prikupljanja otpada prema unaprijed određenom planu prikupljanja preporuča se organiziranje ruta takvim načinom.

# LITERATURA


1. Rogers DS, Tibben-Lembke RS.; Going Backwards: Revers Logistics Trends and Practice. Reverse Logistics Executive Council. Pittsburgh, USA, 1998.
2. McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., Whiteing, A.; Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics, Kogan Page, 2010.
3. Krpan, Lj., Furjan, M., Maršanić, R.; Potencijali logistike povrata u maloprodaji, Technical journal 8, str. 182-191, 2014.
4. Donald F. Blumberg; Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes-CRC Press , 2004.
5. Bajor, I.; Model organizacije sabirnih centara u sustavu povratne logistike, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska, 2014.
6. Rogić, K., Autorizirana predavanja kolegija Povratna logistika, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
7. Šafran, M.; Autorizirana predavanja kolegija Prijevozna logistika I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
8. H. Han, E. Ponce-Cueto; Waste Collection Vehicle Routing Problem, Promet - Traffic & Transportation, Vol. 27, 2015, No. 4, 345-358
9. Fuk B.; Nusproizvod, deklasifikacija i ukidanje statusa otpada, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Zagreb, Sigurnost 58 (4), str. 361 - 365, 2016.
10. Galanakis, C. Michael, Food waste recovery : processing technologies and industrial techniques, Academic Press, USA, 2015.
11. Voća, N., Kufrin, J., Ribić, B., Kričk, T., Kučar Dragičević, S., Požgaj, Đ.; Gospodarenje i energetska oporaba biorazgradljivog dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, Plenarno izlaganje (9. međunarodni simpozij agronoma), 2014.
12. Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R.; Priručnik za bioplin, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.
13. Milanović, Z.; Urbano bioplinsko postrojenje, Tehnoeko - stručni časopis za tehnologije u ekologiji, broj 65., str. 18-22, 2016.

14. Rutz, D. ; Priručnik : „Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja“, WIP Renewable Energies, München, Savezna Republika Njemačka, 2012.
15. Toth, P., Vigo, D.; The Vehicle Routing Problem, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia, 2001.
16. Zakon o održivom gospodarenju otpadom; NN 94/13, Hrvatska, 2013.
17. Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.(NN 130/2005), 2005.
18. Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. godine (NN 3/2017)
19. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Izvješće o komunalnom otpadu za 2015. godinu, Zagreb
20. Službeni list Europske unije: Direktiva vijeća 1999/31/EZ o odlagalištima otpada, 1999.
21. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja; Brošura - Projekt kontrole onečišćenja u poljoprivredi: Dobra poljoprivredna praksa - Bioplin
22. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH, službena stranica : http://www.mzoip.hr/hr/otpad/otpadxx.html
23. Zakonski propisi iz područja gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, službena stranica: www.gospodarenjeotpadom.hr/zakonski propis
24. Agencija za zaštitu okoliša; Propisi iz područja gospodarenja otpadom, službena stranica: http://www.azo.hr/PropisiIzPodrucja

# POPIS SLIKA

Slika 1: Procesi povratne logistike ..... 7
Slika 2: Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja ukupnog otpada (proizvodnog i komunalnog) sa područja RH u 2014. godini prema prijavama obrađivača otpada (HAOP, 2016.) ..... 18
Slika 3: Sustav održivosti ..... 22
Slika 4: Biootpad ..... 23
Slika 5: Proces razgradnje organskog materijala tijekom anaerobne digestije ..... 28
Slika 6: a) spremnik za ugostiteljski otpad (60 kg), b) plastična kanta (120 L i 240 L), c) Euro paleta, d) Pall-Box spremnik ..... 36
Slika 7: Prikaz ukrcaja otpada u prijevozno sredstvo ..... 38
Slika 8: Prikaz plana obilaska ..... 39
Slika 9: Shematski prikaz sustava evidencije s bar kod čitačem ..... 42
Slika 10: Vrste transportnih troškova ..... 43
Slika 11: Koncentracija lokacija subjekata posjednika otpada na području grada Zagreba ..... 44
Slika 12: Rute kretanja vozila 1 i vozila 2 prema organizaciji s višom razinom usluge ..... 46
Slika 13: Prikaz filtriranja prema subjektu ..... 48
Slika 14: Rute kretanja vozila 1 i vozila 2 organiziranih na temelju povijesnih podataka ..... 50

# POPIS TABLICA

Tablica 1. Kemijski sastav bioplina ..... 26
Tablica 2. Ključni brojevi otpada ..... 35
Tablica 3. Prikaz načina organizacije prikupljanja otpada s višom razinom usluge .. 45
Tablica 4. Popis narudžbi prema danima..... 47
Tablica 5: Prikaz načina organizacije prikupljanja temeljem povijesnih podataka .... 49

# POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Udio komunalnog otpada usmjerenog na oporabu u RH ..... 21
Grafikon 2: Prikaz popunjenosti teretnog prostora s višom razinom usluge ..... 51
Grafikon 3: Prikaz popunjenosti teretnog prostora temeljem povijesnih podataka.... 52
Grafikon 4: Prikaz ukupne popunjenosti teretnog prostora s višom razinom usluge. 53
Grafikon 5: Prikaz ukupne popunjenosti teretnog prostora temeljem povijesnih podataka..... 54
Grafikon 6: Kumulativ transportnih troškova ..... 55

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski 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 diplomskog rada pod naslovom **Prikupljanje otpada u svrhu iskorištenja sirovine sa ciljem oporabe** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 14.9.2017

Student/ica:

*(potpis)*