

Opinnäytetyö (YAMK)

Tekniikka, ympäristötekniologia

2019

Mirva Hautala

ELINKAARISELVITYS MUOVIPAKKAUSTEN ERILLISKERÄYKSESTÄ LAKEUDEN ETAPIN TOIMIALUEELLA

Mirva Hautala

ELINKAARISELVITYS MUOVIPAKKAUSTEN ERILLISKERÄYKSESTÄ LAKEUDEN ETAPIN TOIMIALUEELLA

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin muovipakkausten erilliskeräyksen ja käsittelyn aiheuttamat ilmastovaikutukset hiilidioksidiekvivalenteina kunnallisen jäteyhtiön Lakeuden Etapin toimialueella. Työ toteutettiin laatimalla elinkaariselvitys, jossa muovipakkausten erilliskeräyksestä ja käsittelystä aiheutuvia päästöjä verrattiin nykytilanteeseen. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa jäteyhtiölle ja jätehuoltoviranomaiselle päätöksentekoon muovipakkausjätteen keräyksen aloittamisesta ja sen laajuudesta.

Työssä tarkasteltiin erilliskeräyksen neljää eri skenaariota, joissa vaihtelivat keräysalueet ja huoneistomääriltään erikokoiset kiinteistöt. Mukana selvityksessä oli myös poltettavan jätteen mukana kerättävä muovipakkausjäte. Erilliskeräysskenaarioiden lisäksi selvitys sisälsi myös 0-skenaariota, joka kuvasi nykytilannetta, jolloin muovipakkausten erilliskeräystä ei ole järjestetty. Muovipakkausjätteiden käsittelyvaihtoehtoina huomioitiin kierrätys uusiomateriaaliksi ja energiana hyödyntäminen.

Selvityksen perusteella kaikki skenaariot aiheuttavat enemmän päästöjä, kuin niistä saatavat päästöhyvytykset ovat. Nykytilanne, eli muovipakkausjätteen kerääminen poltettavan jätteen mukana, aiheuttaa selvityksen perusteella vähiten päästöjä. Erilliskeräysvaihtoehdoista skenaariossa 4 aiheutetaan vähiten päästöjä verrattuna muihin skenaarioihin, kun muovipakkaukset kerätään isoimmista kiinteistöistä toimialueen neljän isoimman kunnan alueelta. Selvityksen herkkyyssanalyysissä tarkasteltiin kertyvän muovipakkausjätteen määrän ja tyhjennystiheyden vaikutusta syntyvien päästöjen määriin. Analyysin perusteella jäteastoiden tyhjennystiheydellä on suurempi vaikutus erilliskeräyksestä aiheutuvien päästöjen syntymiseen.

ASIASANAT:

muovipakkaukset, erilliskeräys, kierrätys, jätehuolto, elinkaariarviointi

Mirva Hautala

LIFE CYCLE SURVEY OF SEPARATE COLLECTION OF PLASTIC PACKAGING WASTE IN THE OPERATING AREA OF LAKEUDEN ETAPPI

In this thesis, the climate impacts of the separate collection and treatment of plastic packaging in carbon dioxide equivalents in the operating area of the municipal waste management company Lakeuden Etappi were investigated. The work was carried out by preparing a life cycle study comparing the emissions from separate collection and treatment of plastic packaging with the current situation. The purpose of this thesis was to provide information to the waste company and the waste management authority to decide on the collection of plastic packaging waste and its extent.

The study looked at four different scenarios of separate collection, with varying collection areas and properties of different apartment sizes. The survey also included plastic packaging waste collected with the incinerated waste. In addition to separate collection scenarios, the study also included a 0 scenario, which illustrated the current situation where separate collection of plastic packaging is not provided. Recycling and recovery of waste as energy were considered as alternatives for the treatment of plastic packaging waste.

According to the study, all scenarios generate more emissions than the emission credits they receive. The current situation, ie the collection of plastic packaging waste with incineration waste, has the lowest emissions according to the study. Separate collection options in scenario 4 generate the least emissions compared to other scenarios, where plastic packaging is collected from the largest properties in the four largest municipalities in the domain. The sensitivity analysis of the study looked at the effect of the amount of plastic packaging waste accumulating and the emptying density on the emissions generated. According to the analysis, the emptying density of the waste bins has a greater effect on the emissions from separate collection.

KEYWORDS:

plastic packaging waste, separate collection, recycling, waste management, life cycle assessment

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 2 MUOVIN KIERRÄTYKSEN TAUSTAA | 10 |
| 2.1 EU:n ohjaus jätealan lainsäädännössä | 10 |
| 2.2 Kansallinen lainsäädäntö | 11 |
| 2.3 Kierrätystavoitteet | 13 |
| 2.4 Toimenpiteitä muovin kierrätyksen lisäämiseksi | 15 |
| 3 MUOVIN KERÄYS JA KIERRÄTYS SUOMESSA | 18 |
| 3.1 Muovin kierrätyksen nykytila | 18 |
| 3.2 Kuluttajamuovipakkausten keräyksen toimintamalli | 19 |
| 3.3 Kuluttajamuovipakkausten kierrätettävyys | 20 |
| 4 ELINKAARIARVIOINTI JÄTEHUOLTORATKAISUJEN TUKENA | 22 |
| 4.1 Yleistä elinkaariarvioinneista | 22 |
| 4.2 Elinkaariarvioinnin standardit | 22 |
| 4.2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely | 23 |
| 4.2.2 Inventaarioanalyysi | 24 |
| 4.2.3 Vaikutusarviointi | 24 |
| 4.2.4 Tulosten tulkinta | 25 |
| 4.3 Elinkaariarviointi jätehuollossa | 25 |
| 5 TAUSTATIEDOT TOIMIALUEESTA | 28 |
| 5.1 Toimialueen esittely | 28 |
| 5.2 Jätteen keräys kotitalouksilta | 29 |
| 5.3 Asukas- ja kiinteistömäärät | 29 |
| 5.4 Toimialueella syntyvän muovipakkausjätteen määrä | 31 |
| 6 PÄÄSTÖLASKENNAN LÄHTÖTIEDOT | 33 |
| 6.1 Skenaariot | 33 |
| 6.2 Prosessin mallintaminen elinkaariselvitystä varten | 34 |
| 6.3 Päästöjen ja päästöhyvitysten laskentamenetelmät | 35 |
| 6.4 Muovipakkausten erilliskeräyskohteet ja jätekertymä | 36 |
| 6.5 Keräystapahtumat | 40 |
| 6.6 Siirtokuljetukset | 47 |

| | |
|--|----|
| 6.7 Käsittely | 48 |
| 6.7.1 Muovipakkausjätteen käsittely kierrätysmateriaaliksi | 49 |
| 6.7.2 Muovipakkausjätteen hyödyntäminen energiana | 50 |
| 6.8 Päästöhyvitykset | 51 |
| 6.8.1 Kierrätysmuovin hyödyntäminen | 51 |
| 6.8.2 Energiana hyödyntäminen | 51 |

7 PÄÄSTÖLASKENTA JA TULOSTEN TARKASTELU **54**

| | |
|--|----|
| 7.1 Muovipakkausten erilliskeräyksen päästöt ilmaan | 54 |
| 7.2 Jätteiden siirtovaiheen ilmastovaikutukset | 61 |
| 7.3 Muovipakkausten kierrätyksen ilmastovaikutukset | 64 |
| 7.4 Muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisen ilmastovaikutukset | 67 |
| 7.5 Yhteenveto tuloksista ja tulosten analysointi | 69 |
| 7.5.1 Herkkyystarkastelu | 75 |
| 7.5.2 Tulosten epävarmuustekijät | 76 |

8 JOHTOPÄÄTÖKSET **77**

LÄHTEET **78**

KAAVAT

| | |
|--|----|
| Kaava 1. Jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva aika (min/kiinteistö) | 41 |
| Kaava 2. Astioiden tyhjentämiseen kuluva kokonaisaika | 42 |
| Kaava 3. Kiinteistöjen välinen siirtymäaika | 43 |
| Kaava 4. Kiinteistöjen välisessä siirtymäajossa kuluva kokonaisaika | 43 |
| Kaava 5. Keräyspisteeltä kuorman purkupisteeseen kuluva ajoaika | 44 |
| Kaava 6. Kuorman purkamisen tonnikohtainen kokonaisaika muovipakkausjätteelle | 45 |
| Kaava 7. Päästökertoimen laskenta kuormapainolle | 55 |
| Kaava 8. Kulutuskertoimen laskenta kuormapainolle | 55 |
| Kaava 9. Keräyskaluston ominaispäästökerroin p_x . | 56 |
| Kaava 10. Keräyskaluston ominaiskulutuskerroin k_x . | 57 |
| Kaava 11. Keräystyössä polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt CO ₂ -ekv. | 58 |
| Kaava 12. Keräystyössä polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt CO ₂ -ekv. | 58 |
| Kaava 13. Päästökertoimen laskenta kuormapainolle | 62 |

KUVAT

| | |
|---|----|
| Kuva 1. Jätelain etusijajärjestys | 12 |
| Kuva 2. Elinkaariarvioinnin (LCA) vaiheet | 23 |
| Kuva 3. Lakeuden Etappi Oy:n toimialue | 28 |
| Kuva 4. Prosessimallinnus muovipakkausten erilliskeräyksestä ja käsittelystä. | 34 |
| Kuva 5. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 1 | 38 |
| Kuva 6. Keräyskohteiden sijainti skenaariossa 2 | 38 |
| Kuva 7. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 3 | 39 |
| Kuva 8. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 4 | 39 |

KUVIOT

| | |
|---|----|
| Kuvio 1. Jäteanalyysin tulokset 2017 | 31 |
| Kuvio 2. CO ₂ -ekv. -päästöt tonneina vuodessa. | 70 |
| Kuvio 3. Nettovaikutus tonnia vuodessa. | 71 |
| Kuvio 4. Erilliskerätyn muovipakkausjätteen aiheuttamat päästöt ja hyvitykset | 74 |

TAULUKOT

| | |
|--|----|
| Taulukko 1. Yhdyskuntajätteen kierrätysasteen nostotavoitteet jätedirektiivissä | 11 |
| Taulukko 2. Uudistetun pakkausjätedirektiivin erilliskeräysvelvoitteet paino-% | 11 |
| Taulukko 3. Muovilaatujen sopivuus laitosmaiseen lajitteluun, jatkokäsittelyyn sekä syntyvän uusiomuovin markkinatilanne | 20 |
| Taulukko 4. Pakkauksissa yleisimmin käytettyjen muovilaatujen käyttökohteita | 21 |
| Taulukko 5. Kuntien koko ja väestötiheys | 29 |
| Taulukko 6. Lakeuden Etapin toimialueen kiinteistö- ja asukastiedot | 30 |
| Taulukko 7. Etapin toimialueella syntyvän muovipakkausjätteen määrä 2017. | 32 |
| Taulukko 8. Elinkaariselvityksen skenaariot | 33 |
| Taulukko 9. Kiinteistöjen määrä, asukasmäärä ja jätekertymä kunnittain skenaarioissa 1-2. | 36 |
| Taulukko 10. Kiinteistöjen määrä, asukasmäärä ja jätekertymä kunnittain skenaarioissa 3-4. | 37 |
| Taulukko 11. Kiinteistöllä erilliskeräyksenä kertyvä muovipakkausjäte. | 40 |
| Taulukko 12. Jäteastoiden tyhjentämiseen kuluva aika kiinteistöllä. | 41 |
| Taulukko 13. Jäteastoiden tyhjentämiseen kuluva kokonaisaika T_{ta} (h/t). | 42 |
| Taulukko 14. Kiinteistöjen väliseen siirtymään kuluva aika kiinteistöittäin. | 43 |
| Taulukko 15. Kiinteistöjen välisessä siirtymäajossa kuluva kokonaisaika (T_{sa}). | 44 |
| Taulukko 16. Purkupisteelle ajoon kuluva aika (t_{ka}) skenaarioittain | 45 |

| | |
|--|----|
| Taulukko 17. Tyhjennys-, siirtymä- ja purkuaika erilliskerättyä muovipakkaustonnin kohti. | 46 |
| Taulukko 18. Siirtokuljetusten kuormapainot ja kuormien määrät vuodessa jätelajeittain. | 48 |
| Taulukko 19. Muovipakkausjätteen määrät poltettavassa jätteessä ja erilliskerättynä skenaarioittain. | 49 |
| Taulukko 20. Muovipakkausjätteen jakautuminen granulaateiksi, muoviprofiileiksi ja hävikkiin. | 50 |
| Taulukko 21. Päästölaskennassa käytetyt kuormapainot vaiheittain | 54 |
| Taulukko 22. Ajoneuvon päästö- ja kulutuskertoimet | 54 |
| Taulukko 23. Ajoneuvon CO ₂ -ekv. -päästöt ja kulutus tonnikipometriä kohden | 56 |
| Taulukko 24. Keräysajoneuvon ominaispäästö- ja ominaiskulutuskertoimet | 57 |
| Taulukko 25. Ajoneuvon kuluttaman polttoaineen valmistuksen ominaispäästökerroin p _{va} (g/h) | 58 |
| Taulukko 26. Keräysvaiheessa palamisesta ja valmistuksesta aiheutuvien päästöjen kokonaismäärä (kg) muovipakkaustonnin kohti skenaarioittain. | 59 |
| Taulukko 27. Muovipakkausten erilliskeräyksen aiheuttama päästö (t/a). | 59 |
| Taulukko 28. Poltettavan jätteen seassa olevan muovipakkausjätteen keräyksen päästöt. | 60 |
| Taulukko 29. Erilliskeräyksen ja poltettavan jätteen mukana kerättävän muovipakkausjätteen keräyksen päästöt yhteensä ja alueella syntyvää muovipakkausjätetonnin kohden. | 60 |
| Taulukko 30. Päästö- ja kulutuskertoimet siirtokuljetusten kalustolle | 61 |
| Taulukko 31. Yhdelle siirtokuljetukselle muodostuvat päästöt skenaarioittain, vaiheittain ja jätelajeittain. | 63 |
| Taulukko 32. Skenaarioittain siirtokuljetuksista aiheutuvat CO ₂ -ekv. -päästöt t/a ja kg/muovijätetonnin | 64 |
| Taulukko 33. Granulaattien ja muoviprofiilien valmistuksesta aiheutuvat CO ₂ -ekv. -päästöt | 65 |
| Taulukko 34. Päästöhyvitykset neitseellisen muovin tuotannon ja puun käsittelyn välttämiseksi. | 66 |
| Taulukko 35. Muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisen CO ₂ -ekv. -päästöt skenaarioittain | 67 |
| Taulukko 36. Energiatuotannon hyvitykset skenaarioittain | 68 |
| Taulukko 37. Vuoden aikana muovipakkausjätteiden keräyksestä ja käsittelystä aiheutuvat päästöt ja hyvitykset hiilidioksidiekvivalentteina vuodessa (CO ₂ -ekv./a). | 69 |
| Taulukko 38. Päästöt, erilliskerätty jätemäärä ja kiinteistöt skenaarioittain. | 72 |
| Taulukko 39. Skenaarioissa muodostuvat hiilidioksidipäästöt muovipakkausjätetonnin kohden vuodessa (CO ₂ -ekv. kg/muovipakkausjätetonnin). | 73 |
| Taulukko 40. Herkkyystarkastelu jätteen kertymän ja keräystiheyden vaihteluilla skenaarioittain. | 75 |

1 JOHDANTO

Jätealan alati kiristyvät kierrätystavoitteet saavat kunnalliset jäteyhtiöt miettimään uusia keräys- ja käsittelyratkaisuja yhdyskuntajätteelle. Toisaalta globaalit muoviongelmat ovat saaneet asukkaat kiinnittämään entistä enemmän huomiota omien jätteiden lajitteluun ja kierrätysmahdollisuuksiin ja esittämään toiveita jätehuollon toimijoille muovipakkausten erilliskeräyksen lisäämisestä. Viime vuosien aikana tapahtunut muovin kierrätystoiminnan kehitys on luonut edellytykset muovipakkausten erilliskeräykselle. Niinpä myös Lakeuden Etapin suunnitelmissa on aloittaa muovipakkausten erilliskeräys ja se halutaan toteuttaa kestävästi ympäristön kannalta parhaalla tavalla. Ennen keräyksen aloittamista haluttiin selvittää muovipakkausten erilliskeräyksen ja käsittelyn ilmastovaikutukset, ettei toiminnalla aiheutettaisi lisää kasvihuonekaasupäästöjä ja toisaalta saataisiin tukea keräysalueen määrittelyyn. Jäteyhtiön lisäksi alueellinen jätehuoltoviranomainen Lakeuden jätelautakunta saa tästä selvityksestä tietoa päätöksenteon tueksi keräyksen aloittamisesta ja sen kattavuudesta.

Lakeuden Etapin alueella asumisessa syntyvä muovipakkausjäte lajitellaan nykytilanteessa kiinteistöillä poltettavaan jätteeseen tai vaihtoehtoisesti asukkaat toimittavat muovipakkaukset omatoimisesti Suomen pakkauskierrätys Rinki Oy:n keräyspisteisiin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada selville muovipakkausten erilliskeräyksen ja käsittelyn aiheuttamat ilmastovaikutukset. Tämä toteutetaan laskemalla erilliskeräyksen ja eri käsittelyvaihtoehtojen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja päästöhyvitykset. Tuloksia verrataan nykyjärjestelmän päästöihin, eli muovipakkausten keräämiseen poltettavana jätteenä ja sen hyödyntämiseen energiana. Näin saadaan selville, missä laajuudessa erilliskeräys on ympäristön kannalta järkevä toteuttaa. Ratkaisevaa on, saadanko erilliskeräyksestä aiheutuvat päästöjen lisäykset kompensoitua kierrätyksestä saatavilla päästöhyvityksillä.

Käsittelyvaihtoehtoina huomioitiin tässä selvityksessä muovipakkausten kierrättäminen uusiomateriaaliksi tai hyödyntäminen energiana. Muovipakkausjätteen päätymistä loppusijoitettavaksi ei huomioitu päästöjen laskennassa, sillä käsittelytapa ei ole enää mahdollinen orgaanisen jätteen loppusijoituskiellon vuoksi.

Muovipakkausten erilliskeräyksen elinkaariselvityksen ympäristövaikutukset rajataan tässä työssä ilmastovaikutuksiin, mikä on tyypillistä vertailtaessa jätteiden keräys- ja käsittelymenetelmiä. Tulokset esitetään hiilidioksidiekvivalentteina kokonaispäästöinä tonneina vuodessa sekä kiloina toiminnallista yksikköä kohden. Toiminnallisena yksikkönä pidetään alueella syntyvää muovipakkausjätteen määrää.

Muovipakkausten erilliskeräyksessä ei huomioida tässä työssä kuntien palvelu- ja hallintotoiminnan kiinteistöjä, vaan ainoastaan asuinkiinteistöt. Elinkaariselvitykseen otetaan mukaan yhteensä viisi skenaariota. Skenaariot 1-4 perustuvat kiinteistökohtaisiin huoneistomääriin ja eri keräysalueisiin. 0-skenaariona pidetään nykytilannetta, eli kiinteistöiltä kerätään muovipakkaukset poltettavan jätteen mukana. Selvityksen skenaariot perustuvat realistisiin toteutettavissa oleviin keräysalueisiin. Keräysalueen määrittelyssä ei huomioitu entisen Jurvan kunnan aluetta. Jurva kuuluu nykyään Kurikan kaupunkiin, mutta jätehuollon hoitaa toistaiseksi naapurijäteyhtiö Oy Botniarosk Ab.

2 MUOVIN KIERRÄTYKSEN TAUSTAA

2.1 EU:n ohjaus jätealan lainsäädännössä

Euroopassa syntyy muovijätettä vuodessa noin 26 miljoonaa tonnia, josta kierrätetään vain alle 30 %. EU on ottanut kantaa muovijätteiden moninaisiin ympäristövaikutuksiin muovistrategiassaan. (European Commission 2018.)

Euroopan komissio julkaisi vuoden 2018 alussa muovistrategian, jonka tavoitteena on estää muovin päätyminen ympäristöön ja sitä kautta ihmisiin ja eläimiin. Lisäksi tavoitteena on tehdä muovin kierrättämisestä taloudellisesti kannattavaa ja edistää alan innovointia. Tämä aiotaan toteuttaa muun muassa sääntelemällä markkinoille saatettavien pakkausten kierrätettävyyttä. Suunnitelmassa on, että kaikkien Euroopan markkinoilla olevien muovipakkausten tulee olla kierrätettäviä vuoteen 2030 mennessä. Toisaalta EU:n pyrkii myös vähentämään muovijätteen määrää. Tähän keinona ovat lainsäädännölliset rajoitukset esimerkiksi muovisten kertakäyttöpakkausten myynnille sekä mikro-muovien käyttöön tuotteissa. Merten roskaantumista pyritään estämään sääntelemällä satamien vastaanottolaitteita, minkä tavoitteena on merellä ja satamissa syntyvien jätteen hallittu käsittely meriin päätyksen sijasta. (Euroopan komissio 2018.)

Komission tavoitteena on edistää investointeja ja innovaatioita antamalla ohjeistuksia eurooppalaisille yrityksille ja jäsenvaltioiden viranomaisille muovijätteen minimoimisesta sen syntyähteen. Innovointia tuetaan rahoittamalla älykkäämpien ja kierrätettävämpien muovimateriaalien kehittämiseen liittyviä hankkeita 100 miljoonalla eurolla. EU pyrkii myös edistämään toiminnallaan muovijätteiden ympäristövaikutusten ehkäisemisestä ja vähentämisestä myös Euroopan ulkopuolella. (Euroopan komissio 2018.)

Euroopan unioni ohjaa jäsenmaidensa muovinjätteisiin liittyvää säännöstelyä laatimalla direktiivejä ja asetuksia, jotka jäsenvaltioiden tulee saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöään. Muovin kierrätystä koskevat velvoittavat tavoitteet pohjautuvat myös EU:n direktiiveihin. EU on julkaissut vuoden 2018 kesällä kuusi jätealan uudistettua direktiiviä, jotka jäsenmaiden tulee saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä 5.7.2020 mennessä. Uudistusten tavoitteena on asettaa uudet, nykyistä kunnianhimoisemmat tavoitteet yhdyskuntajätteen ja pakkausjätteen uudelleenkäytön valmistelulle ja kierrätykselle sekä yhdyskuntajätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämiselle. (Ympäristöministeriö 2018.)

Yhdyskuntajätteen, joka sisältää myös muovijätteen, osalta jätedirektiivit ottavat kantaa erityisesti kierrätysasteen nostamiseen. Kierrätysasteen nostamista koskevat vaatimukset jätedirektiivin muutoksessa 2018/851 on esitetty taulukossa 1. Suomen nykyinen kierrätysaste on 41 %. (Salmenperä, Kauppila, Kautto, Sahimaa, Dahlbo, Kaitazis, Autio, Niskanen, Kemppi, Papineschi, Eye, Durrant, Tomes 2019, 7.)

Taulukko 1. Yhdyskuntajätteen kierrätysasteen nostotavoitteet jätedirektiivissä (Euroopan unioni 2018).

| Yhdyskuntajätteen uudelleenkäytön valmistelu ja kierrätys (p-%) | |
|---|----|
| <i>Vuoteen 2025 mennessä</i> | 55 |
| <i>Vuoteen 2030 mennessä</i> | 60 |
| <i>Vuoteen 2035 mennessä</i> | 65 |

Muovipakkausten kierrätystavoitteet ovat olleet mukana jo aiemmassa pakkausjätedirektiivissä. Uudistetussa pakkausjätedirektiivissä on edelleen tiukennettu tavoitteita pakkausjätteiden kierrätykselle (taulukko 2). Pakkausjätteille on asetettu sekä yhteistavoite kierrätykselle että materiaaliokohtaiset kierrätystavoitteet. (Euroopan unioni 2018.)

Taulukko 2. Uudistetun pakkausjätedirektiivin erilliskeräysvelvoitteet paino-% (Euroopan unioni 2018).

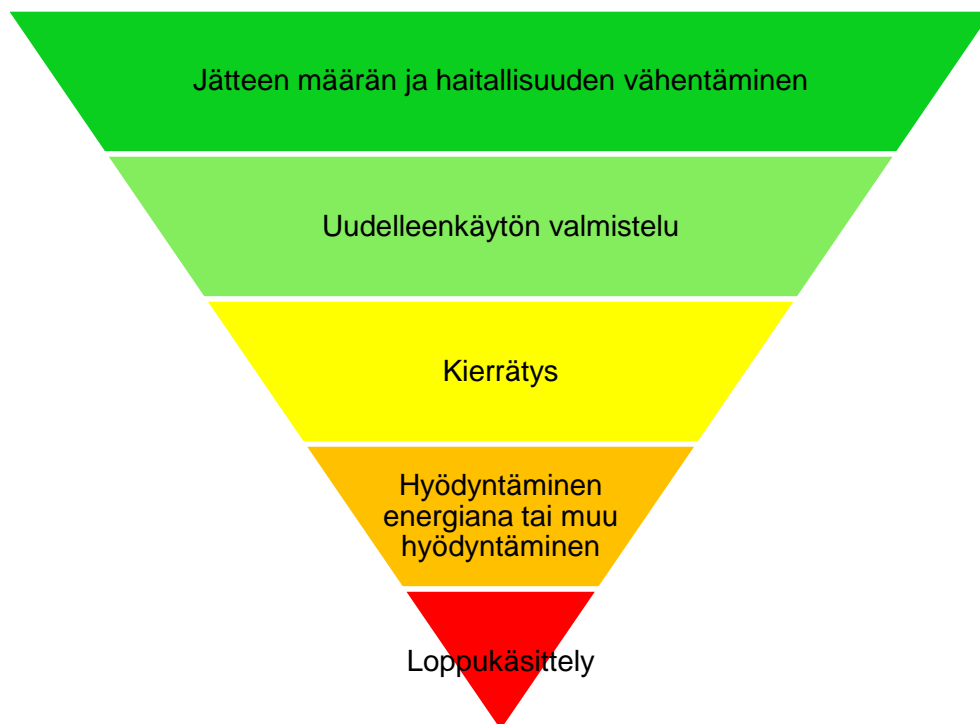
| Pakkausjätteiden materiaaliokohtaiset kierrätystavoitteet | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------------|------------|----------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|
| <i>Aikataulu</i> | kaikki pakkausjätteet | muovi | puu | rautame- tallit | alumiini | lasi | paperi ja kartonki |
| <i>viimeistään</i> <i>31.12.2025</i> | 65 % | 50 % | 25 % | 70 % | 50 % | 70 % | 75 % |
| <i>viimeistään</i> <i>31.12.2030</i> | 70 % | 55 % | 30 % | 80 % | 60 % | 75 % | 85 % |

2.2 Kansallinen lainsäädäntö

Kansallisessa lainsäädännössä jätehuoltoa ohjaavat erityisesti ympäristönsuojelulaki 527/2014 ja -asetus 713/2014, jätelaki 646/2011, valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012 sekä useat jätelajikohtaiset asetukset. Jätelainsäädännön tarkoituksena on

ehkäistä jätehuollosta ja jätteistä aiheutuvaa haittaa ympäristölle ja terveydelle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta. Lisäksi sen tavoitteena on edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista. (Ympäristöministeriö 2018.)

Suomessa jätehuollon periaatteena on jätedirektiiviin perustuva ja jätelain velvoittama etusijajärjestys, jonka mukaan jäte on ensisijaisesti uudelleenkäytettävä tai kierrätettävä ennen energiahyödyntämistä tai loppukäsittelyä (kuva 1). Jätelain mukaan etusijajärjestyksestä voi poiketa vain, jos jokin muu vaihtoehto on ympäristön kannalta järkevämpi. Etusijajärjestyksen mukaista jätehuoltovaihtoehtoa valittaessa huomioidaan jätteen elinkaari-vaikutukset, ympäristönsuojelu sekä jätehuollosta vastaavan tekniset ja taloudelliset edellytykset noudattaa etusijajärjestystä. (Ympäristöministeriö 2018.)



Kuva 1. Jätelain etusijajärjestys (Ympäristöministeriö 2018).

Kansallisessa lainsäädännössä muovijätteen keräys ja kierrätys on huomioitu yleisesti jätelaissa ja valtioneuvoston asetuksessa jätteistä. Niissä veloitetaan jätteen tuottajaa lajittelemaan vastuullaan olevan muovijätteen ja huomioimaan etusijajärjestys sen käsittelyssä. (Jätelaki 646/2011 & Vna jätteistä 179/2012.)

Muovipakkausten keräys ja kierrätys kuuluu jätelain 646/2011 mukaan tuottajien vastuulle. Valtioneuvoston asetuksella pakkauksista ja pakkausjätteistä on annettu tarkemmat velvoitteet pakkausten keräykselle ja kierrätykselle. Tuottajavastuu koskee asetuksen mukaan pakkauksia, joiden tuottajana pidetään tuotteen pakkaajaa tai pakatun tuotteen maahantuoja (Vna pakkauksista ja pakkausjätteistä 541/2014).

2.3 Kierrätystavoitteet

Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2018 valtioneuvoston hyväksymän strategisen suunnitelman Suomen jätehuollon sekä jätteen synnyn ehkäisyn tavoitteista ja toimenpiteistä vuoteen 2023. Kyseisessä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on esitetty jätehuollon tavoitetila vuoteen 2030 ja neljä painopistealuetta, joille esitettiin toimenpiteitä tavoitteisiin pääsemiseksi. Painopistealueiksi oli valittu rakentamisen jäte, biohajoava jäte, yhdyskuntajäte sekä sähkö- ja elektroniikkalaiteromu. Osa suunnitelmassa esitetyistä toimenpiteistä on jo aloitettu ja osa tullaan aloittamaan lähivuosina. (Ympäristöministeriö 2018.)

Yhdyskuntajätteen osalta tavoitteena on sen määrän kasvun hidastuminen suhteessa bruttokansantuotteeseen, ja että saavutetaan suhteellinen irtikytkentä. Yhdyskuntajätteen määrä on tunnetusti kasvanut taloudellisen tilanteen parantuessa, mikä johtuu kulutuksen kasvusta. Suunnitelman yhdyskuntajätteitä koskevat toimenpiteet liittyvät jakamistalouden kehittämiseen, erilaisiin taloudellisiin ohjauskeinoihin ja EU-lainsäädäntöön vaikuttamiseen (Ympäristöministeriö 2018.)

Yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteeksi asetettiin jätesuunnitelmassa 55 %. Toimenpiteiksi esitettiin jätelajikohtaisten kierrätystavoitteiden säätäminen jäteasetuksella ja erilliskeräysvelvoite-rajien asettaminen paperille, kartongille, lasille, metallille ja muoville. Lisäksi esitettiin jätehuoltokustannusten näkyvyyden vaikutusten selvittämistä kierrätyksen edistämiseksi sekä vero-ohjauksen vaikutusta kierrätystavoitteiden saavuttamisessa. Tarkoituksena oli myös selvittää mahdollisuuksia kieltää kierrätykseen erilliskerätyn materiaalin energiahyödyntäminen. Suunnitelman yhtenä toimenpiteenä esitettiin myös alueellisten tavoitteiden asettamista kierrätyksen edistämiseksi ja vastuutahojen asettaminen sekä yhteistyön parantaminen eri toimijoiden välillä. (Ympäristöministeriö 2018, 40-42.)

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on osoitettu yhdyskuntajätteen osalta toimenpide-ehdotuksia myös muille toimijoille kierrätyksen edistämiseksi. Näitä olisivat mm. valtakunnallisten kierrätyskampanjoiden järjestäminen, erilliskeräysvelvoitteiden huomioiminen jätehuoltomääräyksissä sekä palveluiden kehittäminen uudelleenkäytön ja kierrätyksen edistämiseksi. (Ympäristöministeriö 2018, 42-43.)

Jätesuunnitelmassa on huomioitu pakkausjätteiden kierrätyksen edistäminen erillisenä tavoitteena. Tavoitteena on vähintään pakkausjätedirektiivissä esitettyjen kierrätystavoitteiden saavuttaminen. Toimenpiteenä tälle oli arvioida tuottajavastuujärjestelmän toimivuutta palvelutason, kustannustehokkuuden ja ympäristövaikutusten sekä kierrätykseen ohjattujen jätemäärien näkökulmasta. Lisäksi tuottajayhteisöille ja Ringille ehdotettiin toimenpiteenä neuvonnan lisäämistä pakkausten kierrätyksen edistämiseksi. (Ympäristöministeriö 2018, 43.)

Valtakunnallisen jätesuunnitelman lisäksi jätedirektiivien muutokset tuovat osaltaan yhdyskuntajätteelle ja pakkausjätteelle yhä kunnianhimoisempia kierrätystavoitteita ja aiheuttavat jätehuollon lainsäädännön uudistamistarpeen, sillä uudet kierrätystavoitteet tulee saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä heinäkuun alkuun 2020 mennessä. EU pilotoi uudessa jätedirektiivissä olevaa ”early warning”-menettelyä maille, joilla ennakoitiin olevan ongelmia kierrätystavoitteisiin pääsemisessä. Suomi valikoi mukaan kierrätystä koskevien tilastotietojen perusteella. EU arvioi menettelyyn osallistuneiden jäsenmaiden ongelmat päästä jätteiden kierrätystavoitteisiin ja antoi toimenpide-ehdotukset tavoitteisiin pääsemiseksi. Arvion mukaan kierrätystavoitteiden saavuttamista vaikeuttaa Suomessa yhdyskuntajätehuollon vastuiden hajaantuneisuus. (Salmenperä ym. 2019, 13.)

EU antoi toimenpide-ehdotuksina kierrätysasteen nostamiseen Suomelle kaksi vaihtoehtoista etenemistapaa, joista toisessa kunnille asetettaisiin kierrätystavoitteet ja samalla niille siirrettäisiin vastuu myös pakkausjätteen keräyksestä. Toisessa vaihtoehdossa vastuiden hajautumista ratkottaisiin nykyistä tiiviimmillä yhteistyön malleilla. Raportissa esitettiin jätekeräyksen hankintaa ja kustannusten jakamista koskevaa sopimusjärjestelyä tuottajien, kuntien ja jätehuoltoalan yritysten välille. Toisaalta raportissa todettiin, etteivät nämä toimet yksinään riitä, vaan tarvitaan lisäksi esimerkiksi kierrätystä edistäviä taloudellisia ohjauskeinoja. Näitä voisivat olla esimerkiksi jätteenpolton verotus ja painoon perustuvat jätemaksut sekä

erilliskeräyksen merkittävää tehostamista sekä kotitalouksissa että hallinto-, palvelu- ja yritystoiminnassa. Myös neuvontaa tulisi lisätä lajittelun tehostamiseksi. (Salmenperä ym. 2019, 13.)

2.4 Toimenpiteitä muovin kierrätyksen lisäämiseksi

Ympäristöministeriö julkaisi vuoden 2018 syksyllä muovitiekartan, jonka tavoitteena oli löytää konkreettisia toimia, joilla voidaan vähentää muoveista aiheutuvia haittoja, välttää turhaa kulutusta, tehostaa muovien kierrätystä ja löytää korvaavia ratkaisuja. Tiekartan tarkoitus on osoittaa suuntaa uudentaloudelle. Osa muovitiekartan toimenpide-ehdotuksista on heti toteutettavissa ja osa vaatii pidemmän aikavälin toteuttamista ja lisäresursseja. Tiekartan laatimisessa oli mukana ympäristöministeriön asettama laajapohjainen työryhmä. Muovitiekartassa oli yhteensä kymmenen toimenpidettä, joille kaikille oli esitetty konkreettisia toimenpide-ehdotuksia. (Ympäristöministeriö 2018.)

Muovitiekartan yhtenä tavoitteena oli nostaa muovijätteen kierrätysastetta. Käytännön toimenpiteiksi ehdotettiin erilliskeräysvaatimusten uudistamista sekä muovipakkausjätteen talteenoton ja keräyspaikkojen merkittävää lisäämistä esim. laajentamalla kiinteistökohtaista ja alueellista keräysjärjestelmää sekä järjestämällä korttelikeräys pientaloille. Toisaalta ehdotettiin muovin kierrätysteknologioiden kehittämistä sekä useampien muovijätteen keräämistä samassa keräysastiassa. Lisäksi ehdotettiin uusien keinojen etsimistä kierrätettävyyden varmistamiseksi muovituotteiden ja komposiittien suunnittelussa. (Ympäristöministeriö 2018.)

Muovitiekartan toimeenpano on jo käynnistetty. Jokaiselle toimenpiteelle oli esitetty keskeiset toteuttajat ja yhteistyökumppanit. Esimerkiksi muovien talteenoton tehostamisessa on esitetty toteuttajiksi ja yhteistyötahoiksi ympäristöministeriötä, kuntia, jätehuoltoyrityksiä, tuottajavastuuorganisaatioita, Muoviteollisuutta, VTT:ta, Marttoja, WWF Suomea sekä muita järjestöjä ja alan toimijoita. Tiekartan toimenpiteiden toteutumisesta olisi tarkoitus tarkastella ensimmäisen kerran vuoden 2019 keväällä. Tiekartan odotetaan toimivan myös aivan uusien toimien kehittämisessä. (Ympäristöministeriö 2018.)

Suomen ympäristökeskus SYKE koordinoi vuonna 2018 kansallisen jätelainsäädännön uudistamisen taustaselvitykseksi Yhdyskuntajätteen kierrätyksellä vauhtia kiertotalouteen (JÄTEKIVA) -hanketta. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää, millaisilla ohjauskeinoilla kiristyvät jätedirektiivin yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteet voidaan saavuttaa ja arvioida early warning –tarkastelun ehdottamien keinojen vaikutuksia ja soveltuvuutta Suomen oloihin. Hankkeen raportti julkaistiin helmikuussa 2019. (Salmenperä ym. 2019, 14.)

JÄTEKIVA-hankkeessa arvioitiin yhdyskuntajätteen erilliskeräyksen ja kierrätyksen nykyjärjestelmää ja selvitettiin niiden tehostamisen keinoja. Lisäksi arvioitiin pakkausjätteiden tuottajavastuujärjestelmän toimivuutta. (Salmenperä ym. 2019, 14.) Hankkeen tuloksena ehdotettiin kiinteistökohtaisen erilliskeräyksen lisäämistä sekä tuottajien lajittelutehokkuuden kasvattamista. Erilliskeräyksen lisäys ehdotettiin toteutettavan jäteasetuksen määrittelemillä velvoiterajoilla. Niissä esitettiin käytettäväksi taajamarajausta, jolloin välttyttäisiin pitkiltä kuljetusmatkoilta. Neuvonnan lisäämisellä todettiin olevan myös iso merkitys lajittelun onnistumiseen kiinteistöillä. Kierrätysasteen nostossa merkityksellisimmiksi jätelajeiksi todettiin biojäte ja muovijäte. (Salmenperä ym. 2019, 7.)

Erilliskeräyksen lisäämisen todettiin lisäävän merkittävästi kuljetuksia ja niistä aiheutuvia päästöjä, joten jätehuollon käytäntöjä uudistamalla voitaisiin välttyä haitallisilta ympäristövaikutuksilta. Hankeraportissa ehdotettiin esimerkiksi monilokerokeräystä tai yhteiskeräysastioiden käyttöä kiinteistöillä. (Salmenperä ym. 2019, 7.)

Hankeraportissa esitettiin, että erityisesti muovipakkausjätteiden keräystä tulee lisätä kierrätystavoitteiden saavuttamiseksi. Lisäksi todettiin, että nykyisellään pakkausten keräysjärjestelmä toimii hyvin nykyiseen pakkausjätelainsäädäntöön nähden, mutta se ei välttämättä ole riittävä vastaamaan uusiin kierrätysvaatimuksiin. Komissio suosittelee early warning -menettelyssään Suomelle jätehuollon vastuun selkeyttämistä tai ainakin yhteistyön lisäämistä kuntien ja tuottajayhteisöjen välillä. (Salmenperä ym. 2019, 7.)

JÄTEKIVA-hankkeessa tarkasteltiin eri sääntelymalleja liittyen pakkausjätehuollon operatiiviseen ja kustannusvastuuseen. Raportissa todettiin, että kaikilla malleilla voidaan päästä kierrätystavoitteisiin. Niiden välillä todettiin olevan kuitenkin eroja liittyen muun ohella sääntelyn muutostarpeisiin ja siitä aiheutuviin kustannuksiin sekä tuottajien kustannusvastuun toteuttamiseen. (Salmenperä ym. 2019, 7.)

Erilliskeräyksen ja kierrätyksen lisäämisen arvioitiin lisäävän merkittävästi kustannuksia, joten olisi tärkeää, että kierrätysmarkkinat kehittyisivät merkittävästi nykyisestä. Raportissa todettiin, että laskennallisesti yhdyskuntajätteen 55 % kierrätystavoitteisiin päästäisiin, mikäli biojäte kerättäisiin kaikilta kiinteistöiltä ja paperia, kartonkia, lasia, metallia ja muovia kaikilta kiinteistöiltä taajamissa. Tämän lisäksi lajittelehokkuuden tulisi kasvaa merkittävästi. (Salmenperä ym. 2019, 8.)

3 MUOVIN KERÄYS JA KIERRÄTYS SUOMESSA

3.1 Muovin kierrätyksen nykytila

Muovien kestävä ja turvallisen kierrätyksen edistämistä tutkittiin vuosina 2014-2016 Materiaalien arvovirrat ARVI-tutkimusohjelmassa. ARVI:in osallistui useita yritystoimijoita ja tutkimus-/julkisorganisaatioita. Ohjelman muoviteemaa koordinoi Suomen ympäristökeskus. (Suomen ympäristökeskus 2015.)

Muovi-teemaan liittyvässä selvityksessä todettiin, että muovia käytetään yhä enemmän, joten myös muovijätteen määrä tulee edelleen kasvamaan. Toisaalta kiristynyt lainsäädäntö ja kiertotalouden toteutus edellyttävät muovin kierrätyksen tehostamista. Muovijätteen kierrätyksellä pystytään säästämään luonnonvaroja, kun kierrätysmateriaaleilla korvataan neitseellisiä raaka-aineita ja samalla minimoidaan kierrätysprosessista aiheutuva ympäristökuormitus. Muovijätteen kierrätyksellä saadaan vähennettyä myös muita ympäristövaikutuksia, kuten ympäristön roskaantumista. (Eskelinen, Haavisto, Salmenperä & Dahlbo 2016)

Suurimmat haasteet muovin kierrätykselle aiheuttavat muovilaatujen suuri määrä ja kuluttajaperäisten muovien likaisuus. Muoveja ei saada kierrätettyä ilman niiden lajittelua ja puhdistusta. Toisaalta myös haitalliset aineet aiheuttavat ongelmia kierrätysprosesseissa. Muovien kierrättäminen tulisi ottaa huomioon jo tuotteen suunnitteluvaiheessa varmistamalla esimerkiksi materiaalivalinnoilla sen kierrätettävyyden elinkaaren loppupäässä. (Eskelinen ym. 2016.)

Suomessa kierrätetään muoveista eniten kuluttajien ja yritysten muovipakkauksia, toiseksi eniten maatalouden muoveja ja kolmanneksi rakennusten muovijätettä. Kierrätysmuovia käytetään Suomessa pakkauksissa, maataloudessa, maarakentamisessa sekä muussa rakentamisessa ja teollisuudessa esimerkiksi muovituotteiden valmistuksessa. (Eskelinen ym. 2016.)

Suurin muovijätteen käsittelijä Suomessa on tällä hetkellä Fortum Oyj:n (ent. Ekokem Oy) muovijalostamo, joka aloitti toimintansa kesällä 2016. Muovijalostamossa tuotetaan uusioraaka-ainetta kotitalouksien muovipakkauksista sekä yrityksiltä ja maatalouksilta kerätystä muovista. Jalostamo käsittelee muovipakkausjätettä noin 20 000 tonnia vuodessa. (Fortum Oyj 2016.)

Muovipakkausten kierrätyksestä vastaa Suomessa tuottajayhteisö Suomen Uusiomuovi Oy. Se vastaa muovipakkausten vastaanottotermiinaaleista koko Suomessa ja ohjaa kerätyn muovin jatkojalostukseen Fortum Oyj:n muovinjalostuslaitokseen. Vuonna 2017 muovipakkauksia kierrätettiin yhteensä 20300 tn, joista kuluttajapakkauksia oli 7200 tn (35 %) ja yritysten muovipakkauksia 13100 tn (65 %) (P. Rasmussen, henkilökohtainen tiedonanto 19.9.2018).

3.2 Kuluttajamuovipakkausten keräyksen toimintamalli

Kuten jo edellä todettiin, muovipakkausten keräys ja käsittely kuuluu jätelain (646/2011) ja valtioneuvoston päätöksen pakkauksista ja pakkausjätteistä (962/1997) perusteella tuottajien vastuulle. Pakkausten tuottajavastuu koskee yrityksiä, jotka pakkaavat tuotteita tai tuovat maahan pakattuja tuotteita ja joiden liikevaihto on vähintään miljoona euroa (Ympäristö 2018).

Pakkausjätteiden keräystä hoitaa valtakunnallisesti Suomen kaupan ja teollisuuden omistama Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy (myöh. Rinki). Muovisia kuluttajapakkauksia on kerätty vuodesta 2016 alkaen. Ringin tehtävänä on ylläpitää Rinki-ekopisteverkostoa pakkausjätteille, eli vastata pakkausjätteiden aluekeräyksestä. (Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018b).

Muovipakkauksia kerätään Ringin toimesta 597 keräyspisteellä eri puolilla Suomea (Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018a). Pisteet on sijoitettu yli 4000 asukkaan kuntiin.

Jätelain mukaisesti tuottajayhteisö vastaa ensisijaisesti pakkausjätteiden keräyksestä. Mikäli se ei kerää pakkausjätteitä kiinteistöiltä, on kuntien mahdollista järjestää täydentävää keräystä ja osa kunnallisista jäteyhtiöistä onkin jo aloittanut erilliskeräyksen toimialueellaan. Myös yksityiset jätehuoltopalveluiden tarjoajat ovat lähteneet tarjoamaan pakkausjätteiden kiinteistökohtaista keräystä asuinkiinteistöille, mikäli kunta ei ole tarjonnut keräyspalvelua pakkausjätteille.

3.3 Kuluttajamuovipakkausten kierrätettävyys

Kuluttajamuovipakkauksia kerätään valtakunnallisesti Ringin ohjeiden mukaan. Keräykseen käyvät kaikki kotitalouksissa käytettävät muovipakkaukset poisluettuna PVC-pakkaukset. Kuluttajamuovipakkausten keräykseen ei hyväksytä likaisia muovipakkauksia tai yritysten muovipakkauksia. (Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018c.)

Kuluttajamuovipakkausten valmistuksessa käytetään useita eri muovilaatuja ja niiden valinnalla on merkitystä muovipakkauksen kierrätettävyyteen. Helpoiten kierrätettävä muovipakkaus sisältää vain yhtä väritöntä muovilaatua ja on valmistettu polyeteenistä (LDPE tai HDPE) tai polypropeenista (PP). Toisaalta taas LDPE-kalvo on paremmin kierrätettävissä kuin PP-kalvo. Myös etikettien materiaaleilla ja muilla pakkausmerkinnöillä on vaikutusta pakkauksen kierrätettävyyteen. Taulukossa 3 on esitetty muovipakkausten kierrätettävyys ja kierrätysmateriaalin markkinatilanne materiaaleittain. Kolme ”OK”-merkintää taulukossa tarkoittaa, että kyseinen muovilaatu toimii läpi koko kierrätysprosessin. (Suomen Uusiomuovi Oy 2018.)

Taulukko 3. Muovilaatujen sopivuus laitosmaiseen lajitteluun, jatkokäsittelyyn sekä syntyvän uusiomuovin markkinatilanne (Suomen Uusiomuovi Oy 2018).

| Muovilaatu | Lajittelu | Jatkokäsittely | Markkinat |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <i>LDPE-kalvo (myös green PE)</i> | OK | OK | OK |
| <i>HDPE</i> | OK | OK | OK |
| <i>PP kovat pakkaukset</i> | OK | OK | OK |
| <i>PP-kalvo</i> | OK | rajoitetusti | - |
| <i>A-PET</i> | OK | OK | OK |
| <i>C-PET ja PET G</i> | rajoitetusti | - | - |
| <i>PS</i> | OK | rajoitetusti | - |
| <i>EPS</i> | - | - | - |
| <i>PVC ja PVDC</i> | OK | - | - |
| <i>PLA ja muut biohajoavat</i> | - | - | - |
| <i>OXO-hajoavat</i> | - | - | - |

Muovia hyödynnetään monipuolisesti pakkausten valmistuksessa ja materiaalivalinta riippuu yleensä käyttökohteesta. Taulukossa 4 on esitetty yleisimpien pakkausmuovilaatujen käyttökohteita.

Taulukko 4. Pakkauksissa yleisimmin käytettyjen muovilaatujen käyttökohteita (Suomen Uusiomuovi 2018).

| <i>Muovilaatu</i> | käyttökohde |
|----------------------------|--|
| <i>LDPE-kalvo</i> | muovipussit, kutiste- ja kiristekalvot |
| <i>HDPE</i> | kanisterit, pesuainepullot |
| <i>PP kovat pakkaukset</i> | rasiat |
| <i>PP-kalvo</i> | kirkkaat tuotepakkaukset |
| <i>A-PET</i> | kirkkaat elintarvikepullot |
| <i>PS</i> | rasiat |
| <i>EPS</i> | styroxpakkaukset |

Muovipakkausten kierrätettävyyttä heikentäviin tekijöihin voidaan vaikuttaa huomioimalla tällaiset asiat pakkausten suunnittelussa. Muovipakkausten kierrätyslaitoksen infrapunaan perustuvat erottelulaitteistot eivät esimerkiksi tunnista hiilimustaa väriä tai jos eri materiaalia oleva etiketti peittää koko pakkauksen. Myös muovin lisäaineet voivat olla haitaksi kierrätykselle. Pakkauksen painoväri vaikuttaa uusiomuovin sävyyn, joten on suositeltavaa käyttää vesiliukoisia värejä. (Suomen Uusiomuovi Oy 2018.)

4 ELINKAARIARVIOINTI JÄTEHUOLTORATKAISUJEN TUKENA

4.1 Yleistä elinkaariarvioinneista

Elinkaariarvioinneilla pyritään saamaan selville tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aiheuttama ympäristökuormitus ja sen vaikutukset ympäristölle. Elinkaariarviointi on tiedon keruu- ja analysointimenetelmä, jolla tunnistetaan ympäristökuormitus ja sen määrä sekä arvioidaan ja tulkitaan saatuja tietoja. Arviointien tuloksia voidaan hyödyntää ympäristöpoliittisissa ja liiketoiminnallisissa kysymyksissä. (Myllymaa & Dahlbo 2012, 30.)

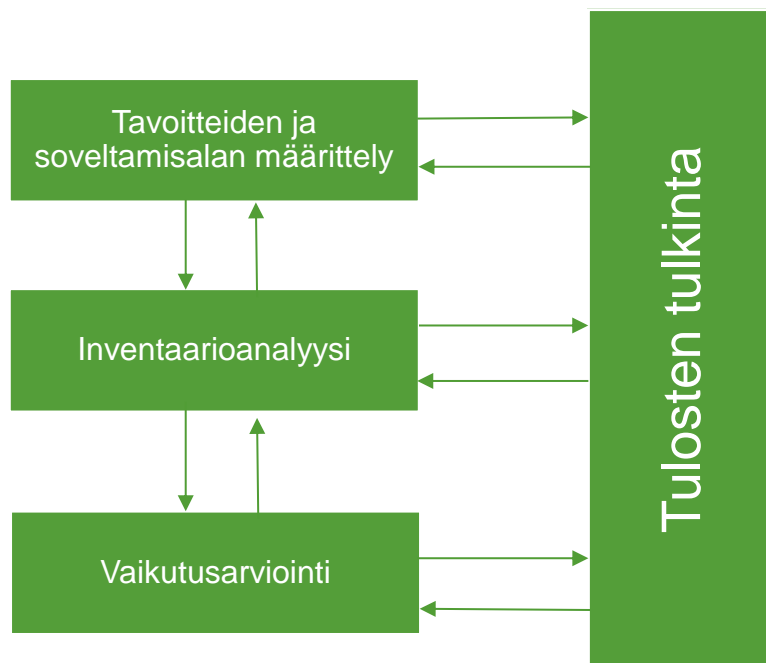
Elinkaariarviointimenetelmä huomioi kaikki elinkaaren aikana kulutettavat luonnonvarat, energian ja raaka-aineet, sekä eri toiminnoista ympäristöön vapautuvan kuormituksen. Tuloksena saadaan eri kuormitustekijöiden vaikutus ympäristöön. Tällaisia ympäristövaikutuksia ovat päästöjen aiheuttamat vaikutukset kasveille, vesistöille, eliöille, ihmisen terveydelle, ilmakehälle ja maaperälle. Lisäksi voidaan arvioida esimerkiksi ravinnekiertoa, uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymistä ja maankäytön muutosten aiheuttamia vaikutuksia sekä ympäristön biodiversiteetin muutoksia. (Myllymaa & Dahlbo 2012, 30.)

Elinkaariarviointi voidaan toteuttaa joko valmiiden mallinnusohjelmien avulla tai tapauskohtaisesti laadituilla ja sovelletuilla laskentamalleilla. Ulkomaisia elinkaariarviointiin tarkoitettuja ohjelmistoja on olemassa useita, mutta niitä ei yleensä voi suoraan soveltaa Suomen jätehuollon tarkasteluun erilaisten lähtötietojen vuoksi. Usein tapauskohtaisesti toteutettu mallinnus tuottaa parhaan näkemyksen tarkasteltavasta tilanteesta. (Hämäläinen & Nummela 2012.)

4.2 Elinkaariarvioinnin standardit

Elinkaariarviointimenetelmälle (LCA) on luotu kaksi ISO-standardia. Standardissa SFS-EN ISO 14040:2006 on kuvattu elinkaariarvioinnin periaatteet ja pääpiirteet. Standardissa SFS-EN ISO14044:2006/A1:2018 on esitetty tarkemmin elinkaariarviointia koskevat vaatimukset ja suuntaviivat. (SFS-EN ISO 14040:2006 & SFS-EN ISO14044:2006/A1:2018.)

Standardeissa on esitetty elinkaariarvioinnille neljä vaihetta, jotka tulisi sisältyä standardin mukaiseen elinkaariarviointiin. Vaiheet on esitetty kuvassa 2 (SFS-EN ISO 14040:2006, 24).



Kuva 2. Elinkaariarvioinnin (LCA) vaiheet (mukaillen SFS-EN ISO 14040:2006).

4.2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Standardin mukaisen elinkaariarvioinnin ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely. Tässä vaiheessa määritellään elinkaariarvioinnin laajuus, rajaukset ja yksityiskohtaisuuden taso. Tavoitteissa ilmaistaan elinkaariarvioinnin aiottu käyttötarkoitus, syyt selvityksen tekemiselle sekä kerrotaan kohdeyleisö, jolle tuloksista viestitään. Tavoitteissa kerrotaan myös, onko tuloksia tarkoitus käyttää julkisesti esitettävissä vertailuväitteissä. (SFS-EN ISO 14040:2006.)

Soveltamisalan määrittely on tärkeä osa elinkaariarviointia, jotta selvityksen laajuus, syvyys ja yksityiskohtaisuus vastaisivat ja olisivat riittäviä määriteltujen tavoitteiden suhteen. Soveltamisalan määrittelyssä kuvataan tutkittava tuotejärjestelmä sekä siihen liittyvät toiminnot. Vertailuselvityksissä esitellään vertailtavien tuotejärjestelmien toiminnot. Toiminnallinen yksikkö ilmaisee elinkaariselvityksissä tunnistetut toiminnot määrällisessä muodossa. Sen ensisijaisena tarkoituksena on antaa vertailuyksikkö, johon syötteitä ja tuloksia suhteutetaan. (SFS-EN ISO 14040:2006.)

Järjestelmän rajojen määrittelyvaiheessa päätetään, mitkä yksikköprosessit otetaan mukaan elinkaariarvointiin. Tähän vaikuttaa merkittävästi arvioinnille asetetut tavoitteet. Järjestelmän kuvaamista selkeyttävät prosessikaaviot, joissa kuvataan yksikköprosessit ja niiden väliset suhteet. Prosesseihin kuvataan syötteet ja tuotokset. Soveltamisalaan liittyvät myös kaikki olettamukset, vaikutusarviointimenetelmät sekä lähtötietojen laatuvaatimusten määrittely. (SFS-EN ISO14044:2006/A1:2018.)

4.2.2 Inventaarioanalyysi

Elinkaariarvioinnin toinen vaihe on inventaarioanalyysi (LCI). Tähän vaiheeseen kuuluu tiedon keruu ja laskennan menettelytavat, joilla tuotejärjestelmän asiaankuuluvat syötteet ja tulokset saadaan määrälliseen muotoon. Tämä selvityksen vaihe saattaa tuoda myös esille sellaisia tietovaatimuksia tai -rajoituksia, jotka edellyttävät tiedonkeruun menettelytapojen muuttamista siten, että määritellyt tavoitteet saavutetaan. Toisaalta tiedonkeruun vaihe voi tuoda esille sellaisia asioita, jotka edellyttävät selvityksen tavoitteiden tai soveltamisalan uudelleen määrittelyä. (SFS-EN ISO 14040:2006, 32.)

Inventaarioanalyysissä kerätään tietoa yksikköprosessien syötteistä, tuotteista, päästöistä ja muista ympäristönäkökohdista. Tiedonkeruun jälkeen tulee laskentavaihe, jossa tietoa varmennetaan sekä suhteutetaan sitä yksikköprosesseihin ja toiminnallisen yksikön vertailuvirtaan. Tietojen avulla saadaan inventaariotulokset jokaisesta yksikköprosessista ja mallinnettavan tuotejärjestelmän toiminnallisesta yksiköstä. (SFS-EN ISO 14040:2006, 34.)

4.2.3 Vaikutusarviointi

Vaikutusarviointivaiheen (LCIA) tarkoituksena on arvioida potentiaalisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä inventaarioanalyysin tulosten perusteella. Tähän vaiheeseen kuuluu kolme pakollista osaa. Ensimmäiseksi tehdään vaikutusluokkien, vaikutusindikaattoreiden ja karakterisointimallien valinta. Seuraavassa vaiheessa tehdään inventaarioanalyysin tulosten luokittelu. Viimeiseen osaan kuuluu vaikutusluokan indikaattoritulosten laskeminen. Tuloksena saadaan vaikutusarvioinnin tulokset, eli LCIA-profiili. SFS-EN ISO 14040:2006, 36.)

Vaikutusarvioinnissa käsitellään vain niitä ympäristökysymyksiä, jotka on määritetty sille tavoitteissa ja soveltamisalassa. Tämän vuoksi vaikutusarvioinnissa ei käsitellä kaikkia tutkittavana olevan tuotejärjestelmän ympäristökysymyksiä. (SFS-EN ISO 14040:2006, 38.)

4.2.4 Tulosten tulkinta

Tulosten tulkintavaiheessa tarkastellaan inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tuloksia yhdessä. Tulkintavaiheen tulosten tulisi olla määriteltyjen tavoitteiden ja soveltamisalan mukaisia. (SFS-EN ISO 14040:2006, 38.)

Tulosten tulkinnan tarkoituksena on merkittävien asioiden tunnistaminen ja niiden arviointi, joka käsittää täydellisyyden, herkkyyden ja johdonmukaisuuden tarkistukset. Arvioinnilla pyritään tarkistamaan elinkaariarviointiselvityksen tulosten luotettavuus ja parantaa luottamusta niihin. Tulosten tulkintavaiheen lopuksi tehdään elinkaariarvioinnin johdopäätöksiä, tunnistetaan rajoituksia ja annetaan suosituksia elinkaariarvioinnin aiotulle kohderyhmälle. (SFS-EN ISO14044:2006/A1:2018.)

4.3 Elinkaariarviointi jätehuollossa

Kuten aiemmin todettiin kierrätykseen liittyy runsaasti uusia lainsäädännöllisiä tavoitteita. Suomessa on kuitenkin tiettyjä erityispiirteitä, jotka voivat vaikuttaa jätteiden kierrätyksen ympäristöhyötyihin. Suomessa asukastiheys on huomattavasti pienempi kuin monessa muussa maassa Euroopan unionin alueella ja lisäksi asukkaat ovat jakaantuneet epätasaisesti eri osiin maata. Tietyissä tilanteissa kierrätyksestä saatava ympäristöhyöty voi kääntyä jopa negatiiviseksi, jos jätteiden kierrätys edellyttää kuljetusten huomattavaa lisäämistä. Jätelain etusijajärjestyksen noudattaminen ei siis välttämättä aina tarkoita ympäristön kannalta parasta ratkaisua ja siksi päätöksenteon tukena on hyvä käyttää elinkaariarviointeja.

Jätehuoltoon liittyvissä elinkaariselvityksissä vertaillaan yleensä kierrätyksen ja energiana hyödyntämisen ympäristövaikutuksia. Jätteiden energiana hyödyntäminen yleistyi jätteiden loppusijoituksen korvaajana 2010-luvulla, joten se on yhdyskuntajätteen pääasiallinen käsittelyratkaisu koko maassa tällä hetkellä. Orgaanisen jätteen loppusijoituskielto on vaikuttanut siihen, että yhdyskuntajätteen loppusijoittaminen ei ole enää mahdollista, joten sitä ei huomioida enää käsittelyvaihtoehtona jätehuollon elinkaariselvityksissä.

Jätelaitosyhdistys ry (nyk. Suomen kiertovoima ry) on antanut vuonna 2012 omat suosituksensa elinkaaritarkastelun toteuttamiseksi. Ohjeistuksessa on otettu selkeästi kantaa siihen, että elinkaaritarkasteluiden tulisi olla keskeinen osa uusien jätehuoltoratkaisujen suunnittelua ja päätöksentekoa. Elinkaariarviointia voitaisiin soveltaa erityisesti silloin, kun tehdään päätös tietyn jätelajin sisällyttämisestä kunnan jätehuoltomääräyksiin. Ohjeistuksessa on otettu kantaa myös elinkaaritarkastelun moniulotteisuuteen ja haasteellisuuteen, ja todettu, että menetelmän soveltaminen edellyttää riittävän laaja-alaista ja syvällistä ymmärtämystä jätehuollosta. Yleisimmin tarkasteltu vaikutusluokka jätehuollon elinkaariselvityksissä on ilmastomuutos. Lisäksi voidaan tarkastella esimerkiksi energiankulutusta ja luonnonvarojen ehtymistä. (Hämäläinen & Nummela 2012.)

Hämäläinen & Nummela (2012) suosittelivat ohjeistuksessaan etusijajärjestyksen noudattamista toteuttamalla vaihtoehtojen vertailu elinkaaritarkasteluna. Jätehuoltoratkaisun ympäristövaikutusten arviointia voidaan täydentää arvioimalla sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. (Hämäläinen & Nummela 2012.)

Viime vuosien aikana on laadittu useita jätehuoltoon liittyviä elinkaariselvityksiä sekä opinnäytetöinä että konsulttiyritysten tekeminä. Lisäksi mm. Suomen ympäristökeskus on laatinut ohjeistusta elinkaariselvitysten laadintaan ja selvittelyt jätehuollon elinkaari-vaikutuksia sekä alueellisesti että jätelajikohtaisesti.

Pääosa kunnallisten jäteyhtiöiden aiemmin teettämistä elinkaariselvityksistä on keskittynyt biojätteen erilliskeräyksen ja käsittelyn aiheuttamiin ilmastovaikutuksiin. Viime aikoina on tehty myös laajempia useampaa jätelajia koskevia selvityksiä. Muovipakkausjäte on tullut mukaan elinkaariselvityksiin vasta muovipakkausten tuottajavastuun myötä.

Lappeenrantalainen elinkaariselvityksiin erikoistunut yritys LCA Consulting Oy on laatinut elinkaariselvityksiä kunnallisista jätehuoltoyhtiöistä ainakin Pirkanmaan jätehuolto Oy:lle, Turun seudun jätehuollolle, Jätekuukko Oy:lle, Pohjois-Suomen alueelle sekä Jyväskylän seudulle. Näistä ainoastaan Jyväskylän seudulle toteutettu elinkaariselvitys on julkinen. (Niskanen, A. & Kemppi, J. 2018.)

H. Knuutila on laatinut Turun ammattikorkeakoulussa YAMK-opinnäytetyönä vuonna 2012 elinkaariselvityksen Turun seudun biojätehuollosta (Knuutila 2012). E. Koistinen on toteuttanut vuonna 2018 Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa diplomityön muovipakkausjätteen käsittelyvaihtoehtojen ilmastomuutosvaikutuksista ja kustannuksista Puhas Oy:n toimialueelta (Koistinen 2018). H. Dahlbo on tehnyt väitöskirjan vuonna 2018 Aalto yliopistossa elinkaariselvitysten hyödyntämisestä jätehuoltovaihtoehtojen arviointiin Suomessa (Dahlbo 2018).

Lakeuden Etapin jätehuoltotoiminnan kasvihuonekaasupäästöjä on selvitetty aikaisempina vuosina kahdessa eri opinnäytetyössä. J. Mattola on selvittänyt vuonna 2010 AMK-opinnäytetyönään Lakeuden Etapin alueen biojätteen erilliskeräyksen ilmastovaikutuksia Vaasan ammattikorkeakoulussa ja koko toiminnan kasvihuonekaasupäästöjä K. Säippä YAMK-opinnäytetyönään Mikkelin ammattikorkeakoulussa vuonna 2011 (Mattola 2010; Säippä 2011).

Jätehuoltoalalla tehtyjen elinkaariselvitysten perusteella voidaan todeta, että alueellisilla erityispiirteillä on suuri merkitys tuloksiin. Siksi onkin tärkeää, että jätehuollon ympäristövaikutuksia tutkitaan alueellisesti. Elinkaariselvitysten vertailtavuuteen vaikuttavat myös tutkimuksen rajaukset, tutkimusmenetelmät sekä eroavaisuudet lähtötiedoissa. Karkeana yleistysenä jo toteutuneista elinkaariselvityksistä voidaan todeta, että isommissa kaupungeissa erilliskeräyksellä ja kierrätyksellä energiahyötykäyttöön verrattuna saavutetaan ympäristöhyötyjä ja harvempaan asutuilla seuduilla erilliskeräyksen laajentaminen pienikiinteistöihin saattaa jopa lisätä hiilidioksidipäästöjä. Täten elinkaariselvitysten laatiminen aluekohtaisesti on hyvin suositeltavaa.

5 TAUSTATIEDOT TOIMIALUEESTA

5.1 Toimialueen esittely

Lakeuden Etappi Oy on kahdeksan kunnan omistama jätehuolto-yhtiö Etelä-Pohjanmaalla. Yhtiö vastaa jätelakiin perustuen kuntien vastuulla olevan jätehuollon käytännön toteutuksesta. Alueella on asukkaita noin 130 000. Asiakkaina ovat asuinkiinteistöt, vapaa-ajan asunnot sekä kuntien palvelu- ja hallintotoiminnan kiinteistöt. Koko toimialueella (kuva 3.) on käytössä kunnan järjestämä jätteen kuljetus, jolloin jäteyhtiö kilpailuttaa jätteen kuljetukset säännöllisesti urakka-alueittain.



Kuva 3. Lakeuden Etappi Oy:n toimialue (Lakeuden Etappi 2017)

5.2 Jätteiden keräys kotitalouksilta

Jätteiden keräys ja käsittely perustuu Lakeuden Etapin alueella syntypaikkalajitteluun. Asumisessa syntyvä jäte lajitellaan kiinteistöillä poltettavaan jätteeseen, biojätteeseen sekä tuottajavastuun alaisiin jätteisiin, eli kartonki-, metalli- ja lasipakkausjätteisiin sekä paperiin. Jätteitä kerätään sekä kiinteistökohtaisella keräyksellä että Ringin ja Lakeuden Etapin omissa keräyspisteissä. Jätehuoltomääräysten mukaan kaikilla toimialueen kiinteistöillä tulee olla vähintään poltettavan jätteen astia. Vähintään 5 huoneiston kiinteistöiltä kerätään lisäksi biojätettä. Vähintään 10 huoneiston kiinteistöiltä kerätään myös metallia ja lasipakkauksia. Taloyhtiöt voivat liittyä vapaasti kartonkipakkausten kiinteistökohtaiseen keräykseen. Kiinteistöt, joilla ei ole omaa keräysastiaa, toimittavat metallin sekä kartonki- ja lasipakkaukset yleisiin keräyspisteisiin. Vaarallisia jätteitä ja muita kiinteistökohtaiseen keräykseen kokonsa puolesta sopimattomia jätteitä vastaanotetaan jäteasemilla jokaisessa toimialueen kunnassa. Näiden lisäksi asukkaat ovat voineet toimittaa muovipakkausjätteet osassa toimialueen kunnissa Ringin keräyspisteisiin.

5.3 Asukas- ja kiinteistömäärät

Lakeuden Etapin toimialueen suurin asumiskeskittymä on Seinäjoella ja muutamassa lähikunnassa. Kuntien pinta-ala, väkiluku ja väestötiheys on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kuntien koko ja väestötiheys (Tilastokeskus 2018a).

| | Maapinta-ala km ² | Väkiluku 1.1.2018 | Väestötiheys / km ² |
|-------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <i>Seinäjoki</i> | 1431.77 | 62676 | 43.78 |
| <i>Ilmajoki</i> | 576.79 | 12205 | 21.16 |
| <i>Lapua</i> | 738.18 | 14494 | 19.63 |
| <i>Kurikka</i> | 1724.42 | 21203 | 12.30 |
| <i>Alavus</i> | 1087.23 | 11713 | 10.77 |
| <i>Kuortane</i> | 462.16 | 3637 | 7.87 |
| <i>Ähtäri</i> | 805.84 | 5906 | 7.33 |
| <i>Kihniö</i> | 357.11 | 1967 | 5.51 |

Tätä työtä varten Tilastokeskukselta tilattiin tiedot toimialueen kiinteistöistä ja asukkaista kiinteistötyypeittäin. Taulukossa 6 esitettyjen asukas- ja kiinteistömäärien perusteella voidaan todeta, että alue on hyvin pientalovaltaista, sillä 1-4 huoneiston kiinteistöissä asuu 69,1 % alueen asukkaista. Vähintään kymmenen huoneiston kiinteistöissä asuu 22,6 % alueen asukkaista. Kurikan asukasmäärässä ei ole huomioitu ent. Jurvan kunnan asukasmäärää, sillä Etappi ei hoida toistaiseksi sen jätehuoltoa.

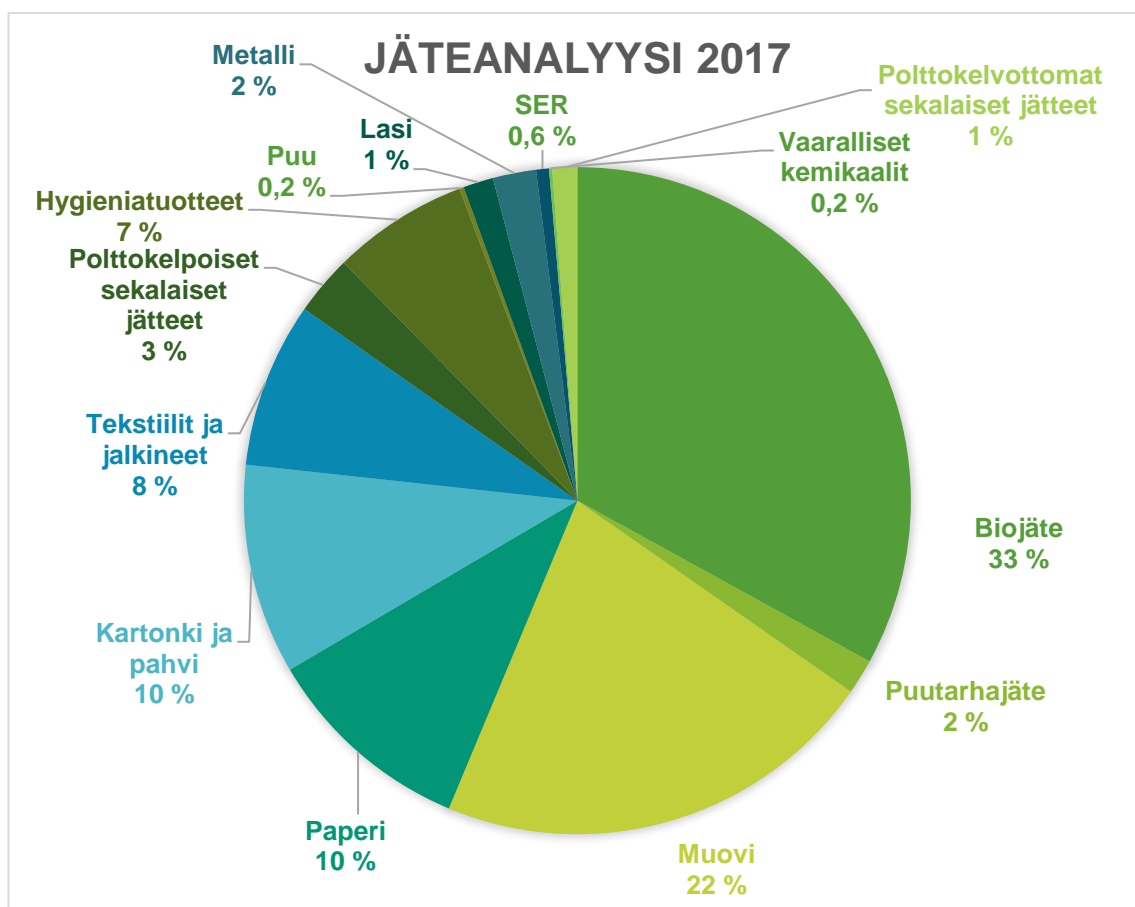
Taulukko 6. Lakeuden Etapin toimialueen kiinteistö- ja asukastiedot (Tilastokeskus 2018).

| | 1-4 huoneistoa | | 5-9 huoneistoa | | 10-19 huoneistoa | | ≥ 20 huoneistoa | |
|------------------|------------------|--------------|----------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|
| <i>Kunta</i> | Kiinteis- töt | Asukkaat | Kiinteistöt | Asukkaat | Kiinteistöt | Asukkaat | Kiinteistöt | Asukkaat |
| Alavus | 3756 | 9192 | 92 | 779 | 67 | 1039 | 17 | 444 |
| Ilmajoki | 3986 | 10248 | 83 | 740 | 47 | 725 | 14 | 333 |
| Kihniö | 755 | 1636 | 13 | 94 | 6 | 104 | 2 | 50 |
| Kuortane | 1300 | 3009 | 26 | 211 | 15 | 197 | 3 | 117 |
| Kurikka | 5858 | 13758 | 115 | 980 | 81 | 1320 | 38 | 1052 |
| Lapua | 4359 | 11081 | 104 | 1064 | 70 | 1162 | 28 | 870 |
| Seinäjäki | 12534 | 35077 | 541 | 6103 | 363 | 6798 | 333 | 13902 |
| Ähtäri | 1938 | 4341 | 76 | 638 | 35 | 497 | 10 | 277 |
| <i>Yhteensä</i> | 34486 | 88342 | 1050 | 10609 | 684 | 11842 | 445 | 17045 |
| <i>%</i> | 94.1 | 69.1 | 2.9 | 8.3 | 1.9 | 9.3 | 1.2 | 13.3 |

Kiinteistökohtaisen keräyksen kiinteistömäärien laskennassa ei huomioitu kuntien palvelu- ja hallintotoiminnan kiinteistöjä, vaan ainoastaan asuinkiinteistöt. Kuntien palvelu- ja hallintotoiminnassa syntyvä muovipakkausjätteestä osa on kuluttajapakkauksiksi luokiteltavia ja osa luokitellaan yrityspakkauksissa. Nämä pakkaukset tulee pitää erillään keräysvaiheessa ja niiden osuudet syntyvästä muovipakkausjätteestä ei ole tiedossa, joten kyseiset toiminnot rajattiin pois. Kuntien omistamat asuinkiinteistöiksi luokiteltavat kiinteistöt ovat mukana tämän selvityksen kiinteistömäärissä.

5.4 Toimialueella syntyvän muovipakkausjätteen määrä

Lakeuden Etappi tutkii säännöllisesti poltettavan jätteen koostumusta jätteenalyysin avulla. Analyysia varten otetaan näytteitä eri puolilta toimialuetta toimitetuista poltettavan jätteen kuormista. Näytteet jaotellaan materiaaleittain ja niiden punnitustulokset ilmoitetaan eriteltyinä jätelajeittain. Vuoden 2017 jätteenalyysin mukaan poltettavassa jätteessä oli muovia n. 22 %, josta muovipakkauksia 19,7 % (Lakeuden Etappi oy 2017). Jätteenalyysin jätelajikohtainen erittely on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Jätteenalyysin tulokset 2017 (Lakeuden Etappi Oy 2017).

Ringillä on Etapin toimialueella yhteensä 13 muovipakkausten keräyspistettä. Pisteet sijaitsevat Alavudella, Ilmajoella, Kurikassa kantakaupungin ja Jalasjärven alueella, Lapualla, Seinäjoella ja Ähtärissä. (H. Patana, henkilökohtainen tiedonanto 28.9.2018.) Muovipakkausten keräystä ei ole järjestetty Kihniöllä ja Kuortaneella, eikä Seinäjoella Peräseinäjoen ja Ylistaron alueilla. Etapin toimialueella syntyvän muovipakkausjätteiden määrä on arvioitu vuoden 2017 jäteanalyysin ja Ringin ilmoittamien vuoden 2017 tietojen pohjalta. Määrät on esitetty kunnittain taulukossa 7.

Taulukko 7. Etapin toimialueella syntyvän muovipakkausjätteen määrä 2017.

| | Poltettavan jätteen määrä t/a * | Muovipakkauksia sekajätteessä arvio** t/a | Muovipakkaus-ten kertymä RINKI-pisteissä*** | Muovipakkaus-ten määrä yhteensä t/a |
|------------------|---------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| <i>Alavus</i> | 1299 | 256 | - | 256 |
| <i>Ilmajoki</i> | 2573 | 507 | 10 | 517 |
| <i>Kihniö</i> | 48 | 9 | - | 9 |
| <i>Kuortane</i> | 982 | 193 | - | 193 |
| <i>Kurikka</i> | 2504 | 493 | 17 | 510 |
| <i>Lapua</i> | 2495 | 492 | 8 | 500 |
| <i>Seinäjoki</i> | 12963 | 2554 | 86 | 2640 |
| <i>Ähtäri</i> | 773 | 152 | - | 152 |
| Yhteensä | 23637 | 4657 | 121 | 4778 |

* Poltettavan jätteen määrä perustuu kuormien punnitukseen jätehuoltokeskuksessa

** Muovipakkausten osuus poltettavasta jätteestä on 19,7 % (jäteanalyysi 2017)

*** RINKI-pisteiden keräysmäärä perustuu kuormien punnitukseen tyhjennysten yhteydessä tai vastaanottoterminalissa

Tämän selvityksen päästölaskennassa ei huomioitu Ringin keräämän muovipakkausten määrää. Työssä oletettiin, että kiinteistökohtaisesta erilliskeräyksestä kertyvä muovipakkausjätteen määrä on peräisin nykytilanteessa kiinteistöllä poltettavaan jätteeseen lajitelluista muovipakkauksista.

6 PÄÄSTÖLASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

6.1 Skenaariot

Tässä opinnäytetyössä laskettiin ilmastovaikutukset viidelle eri skenaariolle, joissa vaihtelivat muovipakkausten erilliskeräyksen keräysalue ja kiinteistöjen huoneistomäärä. Skenaariot valittiin toteutettavissa olevien keräysaluekokonaisuuksien perusteella. Skenaariot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Elinkaariselvityksen skenaariot

| | Kiinteistöt | Erilliskeräysalue | Käsittely |
|--------------------|--|--|-------------------------------------|
| Skenaario 0 | kaikki | ei erilliskeräystä | energiana hyödyntäminen |
| Skenaario 1 | erilliskeräys \geq 10 huoneistoa, muista poltettava jätteenä | koko toimialue | kierrätys + energiana hyödyntäminen |
| Skenaario 2 | erilliskeräys \geq 20 huoneistoa, muista poltettava jätteenä | koko toimialue | kierrätys + energiana hyödyntäminen |
| Skenaario 3 | erilliskeräys \geq 10 huoneistoa, muista poltettava jätteenä | yli 12 000 asukkaan kunta ja sen keskustaajama | kierrätys + energiana hyödyntäminen |
| Skenaario 4 | \geq 20 huoneistoa, muista poltettava jätteenä | yli 12 000 asukkaan kunta ja sen keskustaajama | kierrätys + energiana hyödyntäminen |

Skenaario 0 kuvaa nykytilaa, eli kiinteistökohtaista muovipakkausten erilliskeräystä ei tehdä, vaan muovipakkaukset lajitellaan asuinkiinteistöillä poltettavaan jätteeseen. Skenaariossa 1 kerättäisiin muovipakkaukset vähintään 10 huoneiston kiinteistöiltä koko toimialueelta ja skenaariossa 2 vähintään 20 huoneiston kiinteistöiltä koko toimialueelta.

Skenaariossa 3 muovipakkaukset kerättäisiin vähintään 10 huoneiston kiinteistöiltä yli 12 000 asukkaan kuntien keskustaajamissa (Seinäjoki, Lapua, Ilmajoki ja Kurikka) ja skenaariossa 4 vähintään 20 huoneiston kiinteistöiltä samalta keräysalueelta kuin skenaariossa 3. Skenaarioissa 3 ja 4 kiinteistökohtainen erilliskeräys rajattiin Seinäjoella ja Kurikassa keskustaajamiin, eli entisten Peräseinäjoen, Ylistaron ja Jalasjärven entisten kuntien alueet rajattiin pois keräysalueesta.

Tämä isoimpiin kuntiin rajattu keräysalue otettiin mukaan selvitykseen, koska haluttiin vertailla eri keräysalueiden asukastiheyksien vaikutukset kiinteistökeräyksestä aiheutuviin hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin ja kierrätysmateriaalin kertymään.

Skenaariossa 1-4, muilta kuin erilliskeräykseen kuuluvilta kiinteistöiltä, muovipakkausjätteen keräyksestä aiheutuvat päästöt laskettiin massaperusteisesti poltettavan jätteen kuljetuksen päästöistä. Työssä oletettiin, että erilliskeräys ei tule vähentämään poltettavan jätteen keräystarvetta, vaan sillä olisi vaikutusta vain polttoon ohjatun muovipakkausjätteen määrään.

6.2 Prosessin mallintaminen elinkaariselvitystä varten

Tässä selvityksessä ei huomioida muovipakkauksen valmistusta tai käyttöä ennen pakkauksen päättymistä jätteeksi, vaan jäte on ns. 0-päästöinen keräysvälineessä. Toisaalta ei myöskään huomioida muovipakkauksista valmistetun kierrätysmateriaalin kuljetuksia tai jatkokäyttöä. Tässä työssä huomioitua muovipakkausjätteen elinkaaren vaiheet, on esitetty kuvan 4 prosessikuvauksessa.



Kuva 4. Prosessimallinnus muovipakkausten erilliskeräyksestä ja käsittelystä.

6.3 Päästöjen ja päästöhyvitysten laskentamenetelmät

Muovipakkausten erilliskeräyksen ilmastovaikutusten laskemista varten tässä työssä ei ollut käytettävissä elinkaaren mallinnusohjelmia, joten laskennassa hyödynnettiin Suomen ympäristökeskuksen koordinoiman tutkimusryhmän Myllymaa, Dahlbo, Ollikainen, Peltola ja Melanen laatimaa LCA-WASTE-menettelyä ympäristövaikutusten elinkaaritarkasteluun. Kyseisessä menettelyssä keräyksen eri vaiheille lasketaan aikasuoritteet ja niille lasketaan päästöt. (Myllymaa, Dahlbo, Ollikainen, Peltola, Melanen 2005.) Laskennassa hyödynnettiin myös reititysohjelma TCS Optin avulla laadittuja reittimallinnuksia soveltuvien osien. Poltettavan jätteen sekaan kerättävän muovipakkausjätteen päästöt on laskettu massaperusteisesti hyödyntäen aiemman päästöselvityksen tuloksia kyseisen jätteen erilliskeräyksestä.

Tässä työssä hyödynnettiin erityisesti taulukoinnin ja laskennan vaiheistuksen tukena Koistisen vuonna 2018 laatimaa LCA-WASTE-menettelyyn perustunutta diplomityötä (Koistinen 2018). Päästölaskennassa on hyödynnetty sekä primäärisiä että sekundaarisia lähtötietoja.

Siirtokuljetukset, eli muovipakkausjätteen ja poltettavan jätteen siirrot välivarastopaikoista käsittelylaitoksiin, laskettiin VTT:n Lipasto-päästötietokannan päästökertoimien avulla. Laskennassa huomioitiin kilometrit molempiin suuntiin. Paluumatkan päästöjen laskennassa oletettiin, että kuljetuskalusto palaa lähtöpaikkaan tyhjänä.

Muovipakkausjätteen käsittelyssä huomioitiin käsittely Fortumin muovinjalostamolla sekä se, että osa sinne toimitetusta muovista päätyy energiana hyödynnettäväksi Fortumin jätteenpolttolaitokseen. Muovijalostamon päästöt syntyvät muovipakkausjätteen käsittelyn eri vaiheista. Päästöhyvityksiä syntyy silloin, kun kierrätysmuovilla korvataan neitseellistä muovia. Energiantuotannossa hiilidioksidipäästöjä syntyy muovipakkausten polttamisesta ja hyvityksiä siitä, että jättemateriaalilla korvataan muita polttoaineita.

Muovipakkausjätteen käsittelyn päästöjen laskennassa hyödynnettiin muovipakkausjätteen jalostuksen energiankulutustietoja, sähköntuotannon keskimääräisiä päästökertoimia sekä jäteperäisille polttoaineille määriteltäviä lämpöarvoja ja päästökertoimia. Päästöhyvitysten laskennassa hyödynnettiin käsittely- ja voimalaitosten hyötysuhteita materiaalien sekä sähkö- ja lämmön tuotannossa.

6.4 Muovipakkausten erilliskeräyskohteet ja jätekertymä

Muovipakkausjätteen keräykseen osallistuvien kiinteistöjen määrä saatiin selville Tilastokeskuksen kuntakohtaisen kiinteistöluokituksen avulla. Kyseisen tilaston avulla saatiin myös selville huoneistomääriltään eri kokoisten kiinteistöjen asukasmäärät kunnittain.

Skenaarioissa 1 ja 2 keräykseen osallistuvien kiinteistöjen ja asukaisen määrä, sekä oletettu Muovipakkausjätteen jätekertymä on esitetty kuntakohtaisesti taulukossa 9.

Taulukko 9. Kiinteistöjen määrä, asukasmäärä ja jätekertymä kunnittain skenaarioissa 1-2.

| | Skenaario 1 | | | Skenaario 2 | | |
|------------------|---|-------------------|-------------------------|---|-------------------|-------------------------|
| | Kiinteistökohtainen keräys ≥10 huoneistoa | | | Kiinteistökohtainen keräys ≥20 huoneistoa | | |
| | Kiinteistöjen lukumäärä (kpl) | Asukasmäärä (kpl) | Arvioitu kertymä* (t/a) | Kiinteistöjen lukumäärä (kpl) | Asukasmäärä (kpl) | Arvioitu kertymä* (t/a) |
| <i>Alavus</i> | 84 | 1483 | 8.9 | 17 | 444 | 2.7 |
| <i>Ilmajoki</i> | 61 | 1058 | 6.3 | 14 | 333 | 2.0 |
| <i>Kihniö</i> | 8 | 154 | 0.9 | 2 | 50 | 0.3 |
| <i>Kuortane</i> | 18 | 314 | 1.9 | 3 | 117 | 0.7 |
| <i>Kurikka</i> | 119 | 2372 | 14.2 | 38 | 1052 | 6.3 |
| <i>Lapua</i> | 98 | 2032 | 12.2 | 28 | 870 | 5.2 |
| <i>Seinäjoki</i> | 696 | 20700 | 124.2 | 333 | 13902 | 83.4 |
| <i>Ähtäri</i> | 45 | 774 | 4.6 | 10 | 277 | 1.7 |
| Yhteensä | 1129 | 28887 | 173.3 | 445 | 17045 | 102.3 |

* oletuskertymä 6 kg/as/a (Suomen Kiertovoima ry 2018)

Skenaarioissa 3 ja 4 erilliskeräykseen osallistuvien kiinteistöjen määrä, asukasmäärä sekä jätekertymä on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Kiinteistöjen määrä, asukasmäärä ja jätekertymä kunnittain skenaarioissa 3-4.

| | Skenaario 3 | | | Skenaario 4 | | |
|--------------------|---|---------------------------|-------------------------------|---|---------------------------|--------------------------------|
| | Kiinteistökohtainen keräys ≥10 huoneistoa | | | Kiinteistökohtainen keräys ≥20 huoneistoa | | |
| | Kiinteistö- jen luku- määrä (kpl) | Asukas- määrä (kpl) | Arvioitu kertymä* (t/a) | Kiinteistö- jen luku- määrä (kpl) | Asukas- määrä (kpl) | Arvioitu kertymä** (t/a) |
| <i>Ilmajoki</i> | 61 | 1058 | 6.3 | 14 | 333 | 2.0 |
| <i>Kurikka**</i> | 80 | 1595 | 9.6 | 21 | 581 | 3.5 |
| <i>Lapua</i> | 98 | 2032 | 12.2 | 28 | 870 | 5.2 |
| <i>Seinäjoki**</i> | 667 | 19837 | 119.0 | 325 | 13568 | 81.4 |
| Yhteensä | 906 | 24522 | 147.1 | 388 | 15352 | 92.1 |

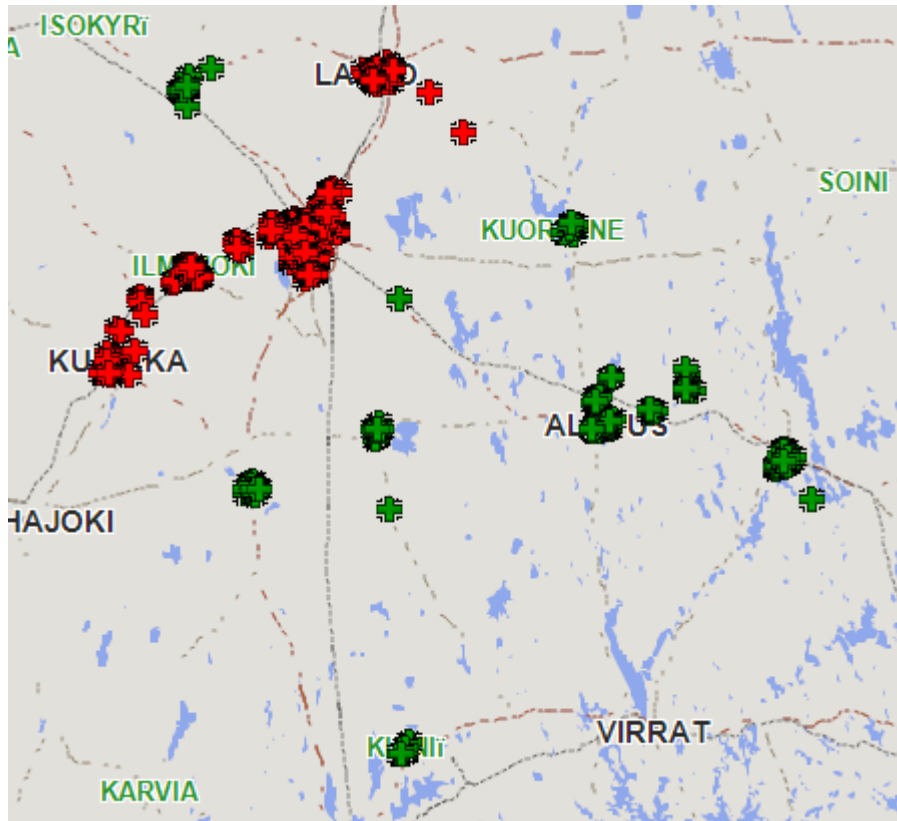
* oletuskertymä 6 kg/as/a (Suomen Kiertovoima ry 2018)

** keräysalue rajoittuu keskustaajamaan

Tutkimusta varten Etapin asiakasrekisterin avulla selvitettiin vähintään 10 huoneistoa ja vähintään 20 huoneistoa käsittävien kiinteistöjen kiinteistökohtainen astiamäärä. Selvityksessä oletettiin, että 10-19 huoneiston kiinteistöistä muovipakkausjäte kerätään yhdellä 660 litran jäteastialla ja se tyhjennetään kerran viikossa. Vähintään 20 huoneiston kiinteistöillä 660 litraisten astioiden määrä laskettiin periaatteella yksi astia 10 huoneistoa kohden ja astioiden tyhjennykset oletettiin tehtävän kerran viikossa.

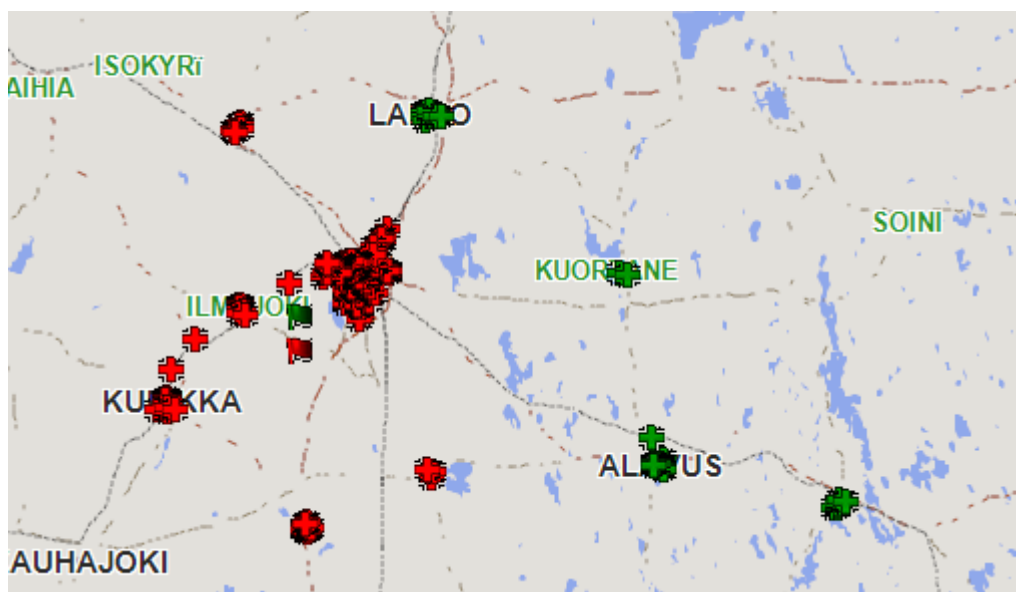
Muovipakkausjätteen keräysreitit mallinnettiin Ecomond Oy:n TCS OPTI-ohjelman avulla, jolloin saatiin selville erilliskeräyksen piiriin kuuluvien kiinteistöjen sijainti. Muovipakkausten erilliskeräys oletettiin toteutettavan omilla tyhjennysreiteillä, eikä muiden jätelajien keräystä samanaikaisesti huomioitu tässä selvityksessä.

Skenaarion 1 keräyskohteet on esitetty kuvan 5 kartassa. Keräysalueeseen kuuluu kaikki toimialueen kahdeksan kuntaa.



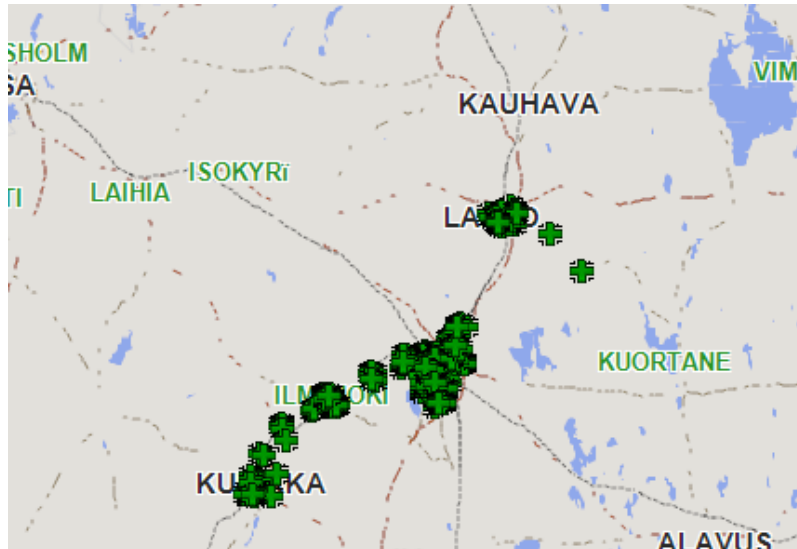
Kuva 5. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 1 (TCS Opti 2019).

Skenaarion 2 keräyskohteet on esitetty kuvan 6 kartassa. Keräysalueeseen kuuluu kaikki toimialueen kahdeksan kuntaa.



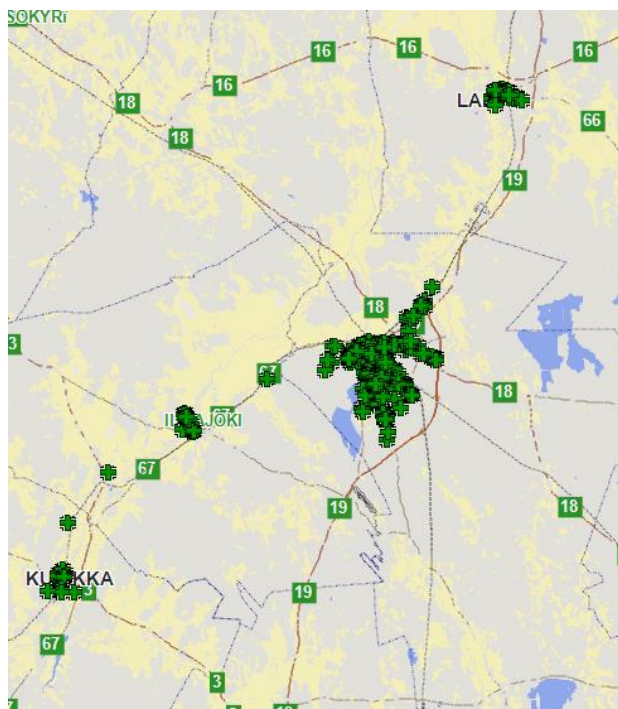
Kuva 6. Keräyskohteiden sijainti skenaariossa 2. (TCS Opti 2019).

Skenaarion 3 keräyskohteet on esitetty kuvan 7 kartassa. Keräysalueeseen kuuluu toimialueen yli 12 000 asukkaan kunnat ja niiden keskustaajamat, eli Seinäjoki, Lapua Ilmajoki ja Kurikka.



Kuva 7. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 3 (TCS Opti 2019).

Skenaarion 4 keräyskohteet on esitetty kuvan 8 kartassa. kuuluu toimialueen yli 12 000 asukkaan kunnat ja niiden keskustaajamat, eli Seinäjoki, Lapua Ilmajoki ja Kurikka.



Kuva 8. Keräyskohteiden sijainti kartalla skenaariossa 4 (TCS Opti 2019).

Muovipakkausten kertymä kiinteistöillä tyhjennystiheydellään laskettiin käyttäen Suomen kiertovoima ry:n (myöh. KIVO) 2017 jätekertymätilastoa ja Tilastokeskuksesta saatuja kunta- ja kiinteistötyyppikohtaisia asukasmääriä. KIVO:n mukaan muovipakkauksia kertyi vuonna 2017 kiinteistökohtaisessa keräyksessä 6 kg/as/a (Suomen Kiertovoima ry 2018). Kertymätiedot skenaarioittain on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kiinteistöllä erilliskeräyksenä kertyvä muovipakkausjäte.

| Skenaario | Skenaarion alue | jätelaji | kg/kiinteistö/vko* | tn/kiinteistö/vuosi | Tyhjennysten määrä/vuosi |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| <i>Skenaario 1</i> | koko alue | muovi | 2.99 | 0.155 | 52 |
| <i>Skenaario 2</i> | koko alue | muovi | 4.45 | 0.231 | 52 |
| <i>Skenaario 3</i> | isot kunnat | muovi | 3.16 | 0.164 | 52 |
| <i>Skenaario 4</i> | isot kunnat | muovi | 4.50 | 0.234 | 52 |
| <i>*laskettu keskiarvo/kiinteistö</i> | | | | | |

6.5 Keräystapahtumat

LCA-WASTE -menettelyssä lasketaan keräyskaluston kuluttaman polttoaineen palamisesta ja valmistuksesta aiheutuvat CO₂-ekv.-päästöt ajoneuvon työajan suhteessa. Työajan laskenta tehdään kiinteistökohtaisesti työvaiheittain, eli erikseen keräykselle T_{ta}, kiinteistöjen väliselle siirtymille T_{sa} ja kuorman purkamiselle T_{ka}. (Myllymaa ym. 2005, 36.)

Erilliskeräyksen on oletettu toteutettavan pakkaavalla jäteautolla, jonka on oletettu vastaavan päästöluokituksestaan EURO V-luokan jakelukuorma-autoa, jonka kokonaismassa on 15 tonnia. Kuljetuskaluston lähtöpaikkana on laskennassa pidetty Lakeuden Etapin jätehuoltokeskusta, jonne jäteauton on oletettu myös palaavan keräyskierroksen jälkeen. Todellisuudessa muovipakkausjätteen vastaanottotermiinaali sijaitsee Seinäjoen Ylistarossa, mutta tällä ei oleteta olevan vaikutusta kuljetusmatkojen kokonaispituuteen.

Tässä työssä oletettiin, että muovipakkausjäte kerätään kaikilla kiinteistöillä 660 litran jäteastiaan. 10-19 huoneiston kiinteistöllä oletettiin olevan yksi jäteastia ja vähintään 20 huoneiston kiinteistöllä yksi 660 litran jäteastia kymmentä huoneistoa kohden. Jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva aika kiinteistöllä 660 litran jäteastialle t_{ta} lasketaan kaavalla 1.

$$t_{ta,600} = 0,9488 * n_{600} + 0,9517 \quad (1)$$

jossa t_{ta} = astioiden tyhjentämiseen kuluva aika (min/kiinteistö)

n = astioiden lukumäärä

600 = 600 litrainen jäteastia

Kaava 1. Jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva aika (min/kiinteistö) (Myllymaa ym. 2005, 98).

Koska skenaarioiden sisällä kiinteistökohtainen huoneistojen lukumäärä ja sitä kautta myös jäteastioiden määrä vaihtelee, esitetään jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva aika kiinteistökohtaisena keskiarvona skenaarioittain. Tulokset on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva aika kiinteistöllä.

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $t_{ta,600}$ (min/kiinteistö) | 2.40 | 3.15 | 2.46 | 3.16 |

Astioiden tyhjentämiseen kuluva tonnikohtainen kokonaisaika T_{ta} laskettiin taulukon 12 arvoja käyttäen kaavalla 2.

$$T_{ta} = \frac{(t_{ta} * f)}{60 \text{ min} * a} * \frac{(100 + \varphi)}{100} \quad (2)$$

jossa T_{ta} = astioiden tyhjentämisessä kuluva kokonaisaika [h/t]

f = tyhjennysten määrä vuodessa, tyhjennystiheys [a-1]

a = kiinteistöllä tuotetun jätejakeen määrä [t/a, kiinteistö]

φ = tyhjäkäyntiä kuvaava hukkakerroin (20%)

Kaava 2. Astioiden tyhjentämiseen kuluva kokonaisaika (Myllymaa ym. 2005.)

Tulokset jäteastioiden tyhjentämiseen kuluvasta ajasta skenaarioittain on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva kokonaisaika T_{ta} (h/t).

| Skenaario | Skenaarion alue | jätelaji | T_{ta}, astioiden tyhjentäminen (h/t) |
|--------------------|------------------------|-----------------|---|
| <i>Skenaario 1</i> | koko alue | muovi | 16.03 |
| <i>Skenaario 2</i> | koko alue | muovi | 14.11 |
| <i>Skenaario 3</i> | isot kunnat | muovi | 15.56 |
| <i>Skenaario 4</i> | isot kunnat | muovi | 14.06 |

Kiinteistöjen väliseen siirtymään kuluva ajoajan laskennassa arvioitiin TCS OPTI-reititysohjelman avulla kiinteistöjen välimatkan olevan 300 m, kun ei oteta huomioon samalla keräysreitillä olevien taajamien välisiä siirtymiä. Todellisuudessa samalla reitillä olevien taajamien välinen siirtymämatka on jopa kymmeniä kilometrejä. Taajamien väliset siirtymät otettiin huomioon myöhemmin purkupisteelle ajon (T_{ka}) kilometrimäärän laskennassa, sillä se on pääasiassa maantieajoa.

Kiinteistöjen väliseen siirtymäajoon kuuluva aika laskettiin kaavalla 3.

$$t_{sa} = 10^{-9} * d^3 - 4 * 10^{-6} * d^2 + 0,0058 * d + 0,3375 \quad (3)$$

jossa t_{sa} = keräyspisteiden väliseen siirtymäajoon kuluva aika [min/kiinteistö]

d = keräyspisteiden välinen etäisyys [m]

Kaava 3. Kiinteistöjen välinen siirtymäaika (Myllymaa ym. 2005, 99).

Tulokset kiinteistöjen väliseen siirtymään kuluvasta ajasta on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Kiinteistöjen väliseen siirtymään kuluva aika kiinteistöittäin.

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| t_{sa} | 1.74 | 1.74 | 1.74 | 1.74 |

Kiinteistöjen väliseen siirtymiseen kuluva kokonaisaika muovipakkaustonnin kohti on laskettu LCA-WASTE -menettelyn mukaisesti kaavalla 4.

$$T_{sa} = \frac{(t_{sa} * f)}{60 \text{ min} * a} * \frac{(100 + \varphi)}{100} \quad (4)$$

jossa T_{sa} = kiinteistöjen välisessä siirtymäajossa kuluva kokonaisaika [h/t]

f = tyhjennysten määrä vuodessa, tyhjennystiheys [a-1]

a = kiinteistöllä tuotetun jätėjakeen määrä [t/a, kiinteistö]

φ = tyhjäkäyntiä kuvaava hukkakerroin (20%)

Kaava 4. Kiinteistöjen välisessä siirtymäajossa kuluva kokonaisaika (Myllymaa ym. 2005, 100).

Kiinteistöjen välisiin siirtymiin kuluva tonnikohtainen työaika (T_{sa}) on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Kiinteistöjen välisessä siirtymäajossa kuluva kokonaisaika (T_{sa}).

| | Skenaarion alue | jätelaji | T_{sa}, siirtymäaika (h/t) |
|--------------------|----------------------------|-----------------|--|
| <i>Skenaario 1</i> | koko alue | muovi | 11.67 |
| <i>Skenaario 2</i> | koko alue | muovi | 7.84 |
| <i>Skenaario 3</i> | isot kunnat | muovi | 11.04 |
| <i>Skenaario 4</i> | isot kunnat | muovi | 7.75 |

Jäteauton yhdellä keräyskierroksella saatavan kuorman tyhjentämisessä purkupisteeseen kuluva aika t_{ka} lasketaan keskimääräisen tyhjennysajon etäisyyden ja keskinopeuden suhteena (kaava 5). Laskennassa on huomioitu kilometrimääränä alkuperäisestä menettelystä poiketen siirtymä ensimmäiselle pisteelle, siirtyminen taajamien välillä ja siirtymä viimeiseltä taajama-alueelta purkupisteeseen. Tämä johtuu usean kunnan yhdistävästä reittimallista, jossa yhteen reittiin on yhdistetty useamman kunnan taajama-alueet. Toisaalta myös taajamien väliset siirtymät ovat luonteeltaan lähimpänä purkupisteelle ajoa, joka on pääasiassa maantieajoa.

$$t_{ka} = \frac{h}{s} \quad (5)$$

jossa t_{ka} = keräyspisteeltä kuorman purkupisteeseen kuluva ajoaika [h]

h = keräyspisteen ja purkupisteen välinen etäisyys [km]

s = keräysajoneuvon keskinopeus [km/h]

Kaava 5. Keräyspisteeltä kuorman purkupisteeseen kuluva ajoaika (Myllymaa ym. 2005, 100).

Purkupisteelle ajon on tässä työssä oletettu olevan 20 % katuajoa, jonka keskinopeus on 30 km/h ja 80 % maantieajoa, jonka keskinopeuden on oletettu olevan 80 km/h. Kuorman purkupisteeseen kuluva ajoaika lasketaan katu- ja maantieosuuksille erikseen. Kun nämä tulokset lasketaan yhteen, saadaan kokonaisaika yhdelle ajolle. Tulokset on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Purkupisteelle ajoon kuluva aika (t_{ka}) skenaarioittain

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| t_{ka} | 2.95 | 2.92 | 0.98 | 1.17 |

Kuorman purkamisen jätetonnikohtainen kokonaisaika T_{ka} saadaan laskettua kaavalla 6. Kuorman purkamisajan on oletettu olevan kaikissa skenaarioissa 0,17 tuntia (10 minuuttia). Kuormakokona on laskennassa käytetty puolta täydestä kuormasta, sillä reitillä ajettavan kuorman keskiarvona se kuvaa parhaiten koko reitin ajoa ja vaikutusta keräysajoneuvon kulutukseen.

$$T_{ka} = \frac{t_{ka} * \lambda}{l} * \frac{(100 + \varphi)}{100} \quad (6)$$

jossa T_{ka} = kuorman purkupisteelle tapahtuvan kuljetusajon kokonaisaika [h/t]

λ = kuorman purkuaika yhdelle kuormalle [h]

l = kuorman koko [t]

Kaava 6. Kuorman purkamisen tonnikohtainen kokonaisaika muovipakkausjätteelle (Myllymaa ym. 2005, 100).

Purkuajoon kuluva tonnikohtainen kokonaisaika (T_{ka}) on esitetty skenaarioittain taulukossa 17.

Taulukko 17. Tyhjennys-, siirtymä- ja purkuaika erilliskerättyä muovipakkaustonnin kohti.

| | Skenaarion alue | jätelaji | T_{ka} , purkamiseen kuluva aika (h/t) |
|--------------------|-----------------|----------|--|
| <i>Skenaario 1</i> | koko alue | muovi | 6.81 |
| <i>Skenaario 2</i> | koko alue | muovi | 7.56 |
| <i>Skenaario 3</i> | isot kunnat | muovi | 2.94 |
| <i>Skenaario 4</i> | isot kunnat | muovi | 3.51 |

Keräys- ja siirtokuljetuksissa kulutetun polttoaineen valmistuksesta aiheutuvat päästöt lasketaan polttoaineen kulutuskertoimen ja valmistuksen päästökertoimen avulla. Dieselin valmistuksen CO_{2-ekv.}-päästökertoimenä käytetään tässä työssä 648 g/kg_{diesel} (Edwards, R., Hass, H., Larive, J., Lonza, L., Maas, H. & Rickeard, D. 2014; Koistinen 2018).

Poltettavan jätteen mukana kerättävän muovipakkausjätteen keräyksestä aiheutuvien CO_{2-ekv.}-päästöjen laskennassa hyödynnettiin LCA-WASTE-menettelyn sijaan Säipän vuonna 2011 selvittämiä Etapin kasvihuonekaasupäästötuloksia kaatopaikkajätteen kiinteistökohtaiselle keräykselle (Säippä 2011). Selvityksessä saatiin kaatopaikkajätteen (nyk. poltettava jäte) keräyksen päästoksi 25,02 kg CO_{2-ekv.}/t. Selvityksen jälkeen kyseisen jätteen käsittelymenetelmä on muuttunut energiana hyödyntämiseksi, joten jätelajista käytettävä termi on muuttunut poltettavaksi jätteeksi. Vaikka Säipän laatimien laskelmien jälkeen poltettavan jätteen keräysreiteissä ja keräysalueessa on tapahtunut muutoksia, niiden vaikutusten oletetaan kumoavan toisensa ja siten poltettavan jätteen keräyksestä aiheutuvaa päästötulosta voidaan pitää riittävän tarkkana. Laskennassa oli myös huomioitu päästöluokan EURO V kuljetuskalusto, mikä on edelleen käytössä suurimmalla osalla jätekuljetusurakoitsijoista.

Poltettavan jätteen kuljetuspäästöjen määrä on saman suuruinen verrattuna pariin muihin päästöselvitykseen. Esimerkiksi Joensuun alueella sekajätteen kuljetuksesta aiheutuva päästö oli E. Koistisen laatiman selvityksen mukaan 31 kg CO_{2-ekv.}/t ja Kymenlaakson alueella LCA Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan 20 kg CO_{2-ekv.}/t (Koistinen 2018; Penttinen 2017).

6.6 Siirtokuljetukset

Siirtokuljetuksiin luetaan tässä työssä poltettavan jätteen kuljetukset Ilmajoen jätehuoltokeskuksen ja Mustasaarella olevan jätteenpolttolaitos Westenergyn välillä sekä muovipakkausjätteen kuljetukset Seinäjoella sijaitsevan muovipakkausjäteterminaalin ja Riihimäellä sijaitsevan Fortumin muovijalostamon välillä. Etapin jätehuoltokeskuksen ja Westenergyn välinen yhdensuuntainen matka on 87 kilometriä. Seinäjoen terminaalin ja muovijalostamon etäisyys on 304 kilometriä. Tässä työssä oletetaan, että siirtokuljetukset tehdään Euro V -päästöluokan täysperävaunullisella yhdistelmäajoneuvolla.

Kuormapainot poltettavalle jätteelle on saatu Lakeuden Etapin kuljetustilastoista ja muovipakkausjätteen kuljetustiedot Suomen Uusiomuovilta (henkilökohtainen tiedonanto V.Soini 3.4.2019). Poltettavan jätteen seassa kuljetettavalle muovipakkausjätteelle siirtokuljetusten määrä on laskettu massaperusteisesti poltettavan jätteen kuormapainoja hyödyntäen, olettaen että kuljetustarve pysyy samana. Eri skenaarioissa kuljetettavat kuormapainot ja kuormien määrät on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Siirtokuljetusten kuormapainot ja kuormien määrät vuodessa jätelajeittain.

| | jätelaji | kuljetettava jättemäärä vuodessa (t) | Kuormapaino jätteelle (t) | Ajettavien kuormien määrä (krt) |
|--------------------|---|---|--------------------------------------|--|
| <i>Skenaario 0</i> | Poltettava jäte* | 4657 | 34 | 137 |
| <i>Skenaario 1</i> | Poltettava jäte* | 4484 | 34 | 132 |
| | Erilliskerätty muovipakkaus- jäte | 173 | 28 | 6 |
| <i>Skenaario 2</i> | Poltettava jäte* | 4555 | 34 | 134 |
| | Erilliskerätty muovipakkaus- jäte | 102 | 28 | 4 |
| <i>Skenaario 3</i> | Poltettava jäte* | 4510 | 34 | 133 |
| | Erilliskerätty muovipakkaus- jäte | 147 | 28 | 5 |
| <i>Skenaario 4</i> | Poltettava jäte* | 4565 | 34 | 134 |
| | Erilliskerätty muovipakkaus- jäte | 92 | 28 | 3 |

*poltettavan jätteen seassa oleva muovipakkausjäte

6.7 Käsittely

Käsittelyvaihtoehtoina huomioitiin selvityksen tekohetkellä olemassa olevat muovipakkausjätteen käsittelymenetelmät. Elinkaariselvityksessä huomioitiin erilliskerätyn ja Fortumin muovinjalostamolle toimitetun muovipakkausjätteen käsittely kierrätysmateriaaliksi, sekä osan päätyminen poltettavaksi Fortumin arinakattilassa. Westenergylle toimitettavan poltettavan jätteen seassa olevan muovipakkausjätteen käsittely on kokonaisuudessaan energiana hyödyntämistä. Westenergyn polttotekniikka perustuu myös arinakattilaan. Jätteenpolttamisesta syntyvän pohjakuonan ja savukaasujen puhdistuksessa syntyvän jätteen käsittelyn ilmastovaikutukset on rajattu pois tästä elinkaariselvityksestä.

Muovipakkausjätteen loppusijoittamista ei ole huomioitu käsittelyvaihtoehtona päästöjen laskennassa, sillä orgaanisen jätteen loppusijoittaminen ei ole enää mahdollista nyky-lainsäädännön perusteella. Muovipakkausjättemäärät poltettavan jätteen seassa ja erilliskerättynä on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Muovipakkausjätteen määrät poltettavassa jätteessä ja erilliskerättynä skenaarioittain.

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Poltettavassa jätteessä olevat muovipakkaukset (t/a)</i> | 4657 | 4484 | 4555 | 4510 | 4565 |
| <i>Erilliskerättävät muovipakkaukset (t/a)</i> | 0 | 173 | 102 | 147 | 92 |

Muovipakkausjätteen loppusijoittamista ei ole huomioitu käsittelyvaihtoehtona päästöjen laskennassa, sillä orgaanisen jätteen loppusijoittaminen ei ole enää mahdollista nyky-lainsäädännön perusteella.

6.7.1 Muovipakkausjätteen käsittely kierrätysmateriaaliksi

Muovijalostamolle toimitetusta muovipakkausjätteestä päätyy kierrätettäväksi noin 70 %, josta 40 prosenttiyksikköä päätyy muovigranulaateiksi ja 30 prosenttiyksikköä muoviprofiilien valmistukseen (Fortum Oyj 2018). Muovijalostamon prosessiin kuuluu jätteen murskaus, pesu, kuivaus ja granulointi tai profiilin valmistus. Myllymaan ym. (2008a) arvion mukaan koko prosessi kuluttaa energiaa noin 3200-3400 MJ/tonni (Myllymaa, Moliis, Tohka, Rantanen, Ollikainen & Dahlbo 2008a). Tässä työssä muovipakkausjätteen käsittelyprosessin energiankulutuksen on oletettu olevan 3350 MJ/t, eli noin 930 kWh/t.

Granuloinnissa ja profiilien valmistusprosesseissa on oletettu olevan materiaalihäviötä 0,6 % (Myllymaa, Moliis, Tohka, Isoaho, Zevenhoven, Ollikainen & Dahlbo 2008, 58). Käsittelyprosessin eri vaiheiden materiaalimäärät ja -häviöt on esitetty taulukossa 20.

Taulukko 20. Muovipakkausjätteen jakautuminen granulaateiksi, muoviprofiileiksi ja hävikkiin.

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Erilliskerättävä muovi- pakkausjäte (t)</i> | 173.3 | 102.3 | 147.1 | 92.1 |
| <i>Granulaattien valmistuk- seen 40 % (t)</i> | 69.3 | 40.9 | 58.8 | 36.8 |
| <i>Materiaalihäviö 0,6 % josta valmista granulaat- tia (t)</i> | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| <i>Profiilien valmistukseen 30 % (t)</i> | 52.0 | 30.7 | 44.1 | 27.6 |
| <i>Materiaalihäviö 0,6 % josta valmista muovipro- fiilia (t)</i> | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 |
| <i>Energiahyödyntämiseen muovijalostamolla 30 % ja muu valmistusrejekti *</i> | 49.1 | 29.0 | 41.7 | 26.1 |
| | 52.7 | 31.1 | 44.7 | 28.0 |

* suoraan polttoon päätyvä erilliskerätty muovipakkausjäte ja kierrätysmuovin valmis-
tusrejekti

6.7.2 Muovipakkausjätteen hyödyntäminen energiana

Muovijalostamolle päätyvästä muovipakkausjättemäärästä päätyy energiana hyödynnet-
täväksi 30 prosenttia (Fortum Oyj 2018). Tässä työssä on oletettu, että muovipakkaus-
jätteen polttaminen tapahtuu Fortumin jätteenpolttolaitoksissa Riihimäellä. Vuoden 2018
ympäristötarkkailun vuosiraportin mukaan Fortumin polttolinja 1 sekä voimala 1 ja 2 tuot-
tivat yhteensä kaukolämpöä Riihimäelle ja Hyvinkäälle yhteensä 489,46 GWh ja sähköä
omaan käyttöön 46,08 GWh. Näissä laitoksissa poltettiin vuoden aikana yhteensä 318
452 tonnia tavanomaisia ja vaarallisia jätteitä. (Fortum Waste Solutions Oy 2019.)
Vuonna 2015 laitokset tuottivat 489 GWh lämpöä ja 102 GWh sähköä, joten kaukoläm-
män tuotannon voidaan todeta olevan melko tasaista ja sähkön tuotantomäärä vaihtelee
(KauppaSuomi, 2015).

6.8 Päästöhyvitykset

Päästöhyvityksiksi on tässä elinkaariselvityksessä huomioitu muovipakkausjätteen hyödyntämisestä toisissa tuotejärjestelmissä syntyvät säästöt. Selvityksessä tarkastelluissa prosesseissa muodostuu päästöhyvityksiä, kun jäteperäisillä raaka-aineilla korvataan tuotannossa neitseellisiä materiaaleja tai muovipakkausten energiahyödyntämisellä korvataan energian tuotannossa muita polttoaineita (Myllymaa ym. 2005).

6.8.1 Kierrätysmuovin hyödyntäminen

Myllymaan ym. (2008a) mukaan kierrätysmuovilla pystytään korvaamaan tyypillisesti 30-60 % neitseellisiä muoveja muovituotteiden valmistuksessa. Toisaalta osassa muovituotteita voidaan neitseellinen muovi korvata kokonaisuudessaan kierrätysmuovilla (Myllymaa ym. 2008a, 35). Tässä työssä korvattavuussuhteena on pidetty 60 %. Päästöhyvitys lasketaan vältetyn neitseellisen muovin tuotannon energiankulutuksen mukaan käyttämällä Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästöarvoa. Tässä työssä on oletettu, että muovin valmistus muovilaadusta riippumatta kuluttaa energiaa 20 GJ/muovitonni (Myllymaan ym. 2008a).

Muoviprofiileilla korvataan yleensä puisia materiaaleja, kuten aitaelementtejä. Puun käsitteleminen vastaavaan käyttötarkoitukseen kuin muoviprofiileja käytetään, kuluttaa 64 kWh puutonnilta (Astrup ym. (2009) Koistisen 2018, 60 mukaan). Käsittelyn energiankulutus lasketaan sähköenergian kulutuksen mukaan käyttämällä Suomen keskimääräistä sähköntuotannon päästökerrointa. (Astrup ym. 2009, Koistinen 2018.)

6.8.2 Energiana hyödyntäminen

Energiantuotannon päästöhyvitykset syntyvät, kun jätemateriaalia polttamalla vältetään muiden polttoaineiden käyttöä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Kaikissa skenaarioissa osa muovipakkauksista päättyy polttoon. Tässä työssä on oletettu, että muovijätteen polttamisella jätevoimalassa tuotettu sähkö ja lämpö korvaavat Suomen keskimääräistä sähkön- ja lämmöntuotantoa. Hyvitysten määrä riippuu siitä, kuinka paljon sähköstä ja lämmöstä päättyy hyötykäyttöön laitosten ulkopuolelle, sekä korvattavan sähkön- ja lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöistä. Suomessa käytetään sähkön- ja lämmöntuotannossa

sekä fossiilisia että uusiutuvia polttoaineita (Tilastokeskus 2018c). Vuonna 2017 sähkön-
tuotannon keskimääräiset hiilidioksidipäästöt olivat 158 kg CO₂/MWh ja lämmöntuotannon
164 kg CO₂/MWh (Motiva 2019).

Erilliskerätyn muovipakkausjätteen polttamisesta aiheutuvien päästöjen laskennassa on
hyödynnetty Tilastokeskuksen vuodelta 2018 julkaisemaa polttoaineluokitusta, jonka
mukaan muovijätteen lämpöarvo on saapumistilassa 25 MJ/kg ja päästökerroin 74.1
kg/TJ (Tilastokeskus 2018b). Poltettavan jätteen seassa poltettavan muovipakkausjät-
teen lämpökertoimen ja päästökertoimen määrittelyssä on hyödynnetty VTT:n tutkimusta
Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksista. Tutkimuksen mukaan kuluttajilta
kerättävän muovipakkausjätteen lämpöarvon on saapumistilassa 19.4 MJ/kg, eli muovi-
pakkausjätteen kerääminen poltettavan jätteen joukossa alentaa sen lämpöarvoa (Ala-
kangas, Hurskainen, Laatikainen-Luntama & Korhonen 2016). Päästökerrointa ei ollut
saatavilla, joten tässä työssä on hyödynnetty Koistisen (2018) laskemaa päästökerrointa
61 kg/TJ (Koistinen 2018, 55).

Fortum Waste Solution Oy:n ympäristötarkkailun vuosiraportista ei ollut löydettävissä lai-
tosten kokonaishyötysuhdetta. Kyseiset jätteenpolttolaitokset hyödyntävät arinatekniik-
kaa, jolloin niiden hyötysuhde on kirjallisuuden mukaan 80 % tai enemmän ja sähkön-
tuotannon hyötysuhde on 20-25% (Vesanto 2006, 53-54). Vilenius (2014) on selvittänyt
diplomityössään voimalaitos 2:n hyötysuhdetta ja saanut tulokseksi 85,8 %. Työssä ei
ollut selvitetty erikseen voimalaitos 1:n ja polttolinja 1:n hyötysuhteita. (Vilenius 2014.)

Arinalaitostekniikkaan ja edellä mainittuun diplomityöhön perustuen, Fortumin polttolai-
tosten kokonaishyötysuhteena voidaan pitää 85,8 %. Päästöhyvityksen laskentaa varten
tarvitaan kuitenkin tieto laitoksen ulkopuolelle toimitetun lämmön ja sähkön osuuksista.
Jos kaikki tuotettu lämpö saataisiin hyödynnettyä laitoksen ulkopuolella, lämmöntuotan-
non hyötysuhde olisi 78,4 %. Vuodessa poltettuun jätemäärään suhteutettuna se kuiten-
kin tarkoittaisi, että poltettavan jätteen lämpöarvo olisi vain 7,06 MJ/kg, joka on melko
alhainen yhdyskuntajätteen keskimääräiseksi lämpöarvoksi. Mikäli hyötysuhteen lasken-
nassa käytetään yhdyskuntajätteen keskimääräisenä lämpöarvona 10 MJ/kg, ulos toimi-
tetun lämmöntuotannon hyötysuhde olisi 55,3 %. Vileniuksen (2014) mukaan Fortumin
jätteenpolttolaitoksella poltetun jätteen lämpöarvo vaihtelee välillä 8-12 MJ/kg (Vilenius
2014).

Edellä mainittuihin seikkoihin perustuen tässä työssä päädyttiin käyttämään Fortumin polttolaitoksen päästöhyvitysten laskennassa lämmöntuotannon hyötysuhdetta 55,3 %, eli osa tuotetusta lämpöenergiasta jää hyödyntämättä. Tätä olettamusta tukee Ekokemin vuonna 2010 ympäristöluvassa mainittu tieto, että laitoksen tuottamasta lämpöenergiasta pystytään hyödyntämään vuoden aikana keskimäärin 60-65 % (Ekokem Oyj 2010, 15). Sähköntuotannon hyötysuhteena energian tuotannon hyvityksissä on käytetty 0 %, sillä vuosiraportoinnin perusteella kaikki tuotettu sähkö käytetään omassa prosessissa (Fortum Waste Solutions Oy 2019).

Westenergyn jätteenpolttolaitos perustuu myös arinatekniikkaan. Laitoksen kokonaishyötysuhde on 89.1 %, josta lämmöntuotannon hyötysuhde on 63,5 % ja sähköntuotannon 20,6 %. Osa sähkön- ja lämmön tuotannosta menee laitoksen omaan käyttöön, joten tässä selvityksessä käytetään päästöhyvitysten laskennassa hyötysuhteina lämmölle 62 % ja sähkölle 17.8 %. (T.Västi, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2019.)

7 PÄÄSTÖLASKENTA JA TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Muovipakkausten erilliskeräyksen päästöt ilmaan

Keräysvaiheen hiilidioksidiekvivalenttipäästöt on laskettu LCA-WASTE -menettelyä soveltaen. Päästöjen laskennassa on hyödynnetty kappaleessa 6.5 esitettyjä tuloksia keräysvaihekohtaisista työajoista. Keräysvaiheen päästöjen laskennassa käytetyt työvaihekohtaiset kuormapainot skenaarioittain on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Päästölaskennassa käytetyt kuormapainot vaiheittain

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>T_{ta}-astioiden tyhjentäminen, kuorma (t)</i> | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>T_{sa}-kiinteistöjen välinen siirtymä, kuorma (t)</i> | 0.55 | 0.49 | 0.47 | 0.44 |
| <i>T_{ka}-purkupisteelle ajo, kuorma (t)</i> | 0.55 | 0.49 | 0.47 | 0.44 |

Päästölaskennassa keräyskaluston päästö- ja kulutuskertoimina on hyödynnetty VTT:n LIPASTO -yksikköpäästötietokannan tietoja, jotka on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Ajoneuvon päästö- ja kulutuskertoimet (VTT LIPASTO 2017).

Suuri jakelukuorma-auto, kokonaismassa 15 t

| | | Päästö- ja kulutuskertoimet | | | |
|-------------------|---------|-----------------------------|-------|----------------|-------|
| | | CO2-ekv. (g/km) | | Kulutus (g/km) | |
| <i>Päästötaso</i> | Ajo | tyhjä | täysi | tyhjä | täysi |
| <i>EURO V</i> | Maantie | 379 | 450 | 129 | 154 |
| | Katu | 472 | 681 | 162 | 235 |

Ajoneuvon tuottama päästö (E_x) tonnikipometriä kohden on laskettu jokaiselle keräysvaiheelle erikseen kaavalla 7. Laskennassa on hyödynnetty taulukon 19 kuormapainoja ja taulukon 20 päästö- ja kulutuskertoimia.

$$E_{x\ ta,\ sa,\ ka} = (e_a + ((e_b - e_a) / l_c * l_{x\ ta,\ sa,\ ka})) / l_{x\ ta,\ sa,\ ka} \quad (7)$$

jossa

E_x = Päästö tonnikipometriä kohden kuormalla x [g/tkm]

e_a = Tyhjän auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

e_b = Täyden auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

l_c = Auton kantavuus [t]

l_x = Kuormapaino [t]

Kaava 7. Päästökertoimen laskenta kuormapainolle (VTT-Lipasto 2017).

Ajoneuvon polttoaineenkulutus (K_x) tonnikipometriä kohden on laskettu jokaiselle keräysvaiheelle erikseen kaavalla 8. Laskennassa on hyödynnetty taulukon 19 kuormapainoja ja taulukon 20 päästö- ja kulutuskertoimia.

$$K_{x\ ta,\ sa,\ ka} = (b_a + ((b_b - b_a) / l_c * l_{x\ ta,\ sa,\ ka})) / l_{x\ ta,\ sa,\ ka} \quad (8)$$

jossa

K_x = Päästö tonnikipometriä kohden kuormalla x [g/tkm]

b_a = Tyhjän auton kulutus ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

b_b = Täyden auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

l_c = Auton kantavuus [t]

l_x = Kuormapaino [t]

Kaava 8. Kulutuskertoimen laskenta kuormapainolle (VTT LIPASTO 2017)

Ajoneuvon tuottama päästö ja kulutus tonnakilometriä kohden on esitetty skenaarioittain taulukossa 23.

Taulukko 23. Ajoneuvon CO₂-ekv. -päästöt ja kulutus tonnakilometriä kohden

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Ajoneuvon tuottama päästö tonnakilometriä kohden Ex (g/tkm)</i> | | | | |
| <i>E_{ta} (g/tkm)</i> | 495.2 | 495.2 | 495.2 | 495.2 |
| <i>E_{sa} (g/tkm)</i> | 881.4 | 986.5 | 1027.5 | 1095.9 |
| <i>E_{ka} maantie (g/tkm)</i> | 697.0 | 781.4 | 814.3 | 869.3 |
| <i>E_{ka} katuajo (g/tkm)</i> | 881.4 | 986.5 | 1027.5 | 1095.9 |
| <i>Ajoneuvon kulutus tonnakilometriä kohden Kx (g/tkm)</i> | | | | |
| <i>K_{ta} (g/tkm)</i> | 170.1 | 170.1 | 170.1 | 170.1 |
| <i>K_{sa} (g/tkm)</i> | 302.7 | 338.7 | 352.8 | 376.3 |
| <i>K_{ka} maantie (g/tkm)</i> | 237.3 | 266.0 | 277.2 | 296.0 |
| <i>K_{ka} katuajo (g/tkm)</i> | 302.7 | 338.7 | 352.8 | 376.3 |

Keräysajoneuvon ominaispäästökertoimet saadaan laskettua taulukon 23 tietoja hyödyntäen kaavalla 9. Päästökertoimet lasketaan erikseen kuljetusnopeuden mukaan. Katuajon keskinopeudeksi on oletettu tässä työssä 30 km/h ja maatieajon 80 km/h.

$$p_{ta,sa,ka} = E_{ta,sa,ka} * S_{ta,sa,ka} * I_{x\ ta,sa,ka} \quad (9)$$

josta p = ominaispäästökerroin (g/h)

S = nopeus (km/h)

Kaava 9. Keräyskaluston ominaispäästökerroin p_x .

Polttoaineen valmistuksen päästöjen laskentaa varten tarvitaan ominaiskulutuskertoimia. Keräysajoneuvon ominaiskulutuskertoimet saadaan laskettua edellisen taulukon 21 tietoja hyödyntäen kaavalla 10.

$$k_{ta,sa,ka} = E_{ta,sa,ka} * S_{ta,sa,ka} * I_{x\ ta,sa,ka} \quad (10)$$

josta k = ominaiskulutuserroin [g/h]

S = nopeus [km/h]

Kaava 10. Keräyskaluston ominaiskulutuserroin k_x .

Keräysajoneuvon ominaispäästö- ja ominaiskulutuskertoimien laskennan tulokset on esitetty taulukossa 24.

Taulukko 24. Keräysajoneuvon ominaispäästö- ja ominaiskulutuskertoimet

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Ajoneuvon ominaispäästökerroin p_x (kg/h)</i> | | | | |
| p_{ta} | 14.9 | 14.9 | 14.9 | 14.9 |
| p_{sa} | 14.5 | 14.5 | 14.5 | 14.5 |
| $p_{ka,maantie}$ | 30.7 | 30.6 | 30.6 | 30.6 |
| $p_{ka,katuajo}$ | 14.5 | 14.5 | 14.5 | 14.5 |
| <i>Ajoneuvon kulutus tonnikipometriä kohden k_x (kg/h)</i> | | | | |
| k_{ta} | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.1 |
| k_{sa} | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| $k_{ka, maantieajo}$ | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 |
| $k_{ka, katuajo}$ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |

Keräysajoneuvon kuluttaman polttoaineen valmistuksesta aiheutuvat päästöt saadaan kertomalla kulutetun polttoaineen määrä polttoaineen valmistuksesta aiheutuvalla CO₂-ekv. -päästökertoimella 648 g/kg polttoainetta ja tulokset on esitetty taulukossa 25 (Edwards ym. 2014; Koistinen 2018).

Taulukko 25. Ajoneuvon kuluttaman polttoaineen valmistuksen ominaispäästökerroin p_{va} (g/h)

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Ajoneuvon kuluttaman polttoaineen valmistuksen ominaispäästökerroin p_{va} (g/h)</i> | | | | |
| $p_{va,ta}$ | 3307 | 3307 | 3307 | 3307 |
| $p_{va,sa}$ | 3236 | 3227 | 3223 | 3219 |
| $p_{va,ka,maantie}$ | 6767 | 6758 | 6755 | 6751 |
| $p_{va,ka,katuajo}$ | 3236 | 3227 | 3223 | 3219 |

Muovipakkausjätteen keräysvaiheiden päästöjen jätetonnikohtainen kokonaismäärä lasketaan palamisesta ja valmistuksesta aiheutuville päästöille erikseen kaavoilla 11 ja 12.

$$P_{palaminen} = T_{ta} * p_{ta} + T_{sa} * p_{sa} + T_{ka} * p_{ka} \quad (11)$$

josta

P = jätteiden keräyksessä yhteensä syntyvät päästöt CO₂-ekv. [g/t]

$p_{palaminen}$ = polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt

p = ominaispäästökerroin (Myllymaa ym. 2005, 97).

Kaava 11. Keräystyössä polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt CO₂-ekv. (Myllymaa ym. 2005, 97).

$$P_{valmistus} = T_{ta} * p_{va,ta} + T_{sa} * p_{va,sa} + T_{ka} * p_{va,ka} \quad (12)$$

josta

P = jätteiden keräyksessä yhteensä syntyvät päästöt CO₂-ekv. [g/t]

$p_{valmistus}$ = polttoaineen valmistuksesta aiheutuvat päästöt

p = ominaispäästökerroin

Kaava 12. Keräystyössä polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt CO₂-ekv. (Myllymaa ym. 2005, 97).

Keräysvaiheen päästöjen kokonaismäärä muovipakkaustonnin kohti skenaarioittain on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26. Keräysvaiheessa palamisesta ja valmistuksesta aiheutuvien päästöjen kokonaismäärä (kg) muovipakkaustonnin kohti skenaarioittain.

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $P_{\text{palaminen}}$ (kg/t) | 715 | 665 | 524 | 518 |
| $P_{\text{valmistus}}$ (kg/t) | 159 | 147 | 116 | 115 |
| $P_{\text{yhteensä}}$ (kg/t) | 874 | 812 | 640 | 633 |

Muovipakkausten erilliskeräyksen aiheuttama päästö on laskettu edellisessä taulukossa esitettyjen tonnikohtaisen päästöjen ja muovipakkausjättemäärän tulona. Tulokset on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 27. Muovipakkausten erilliskeräyksen aiheuttama päästö (t/a).

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Muovipakkausten erilliskeräys t/a</i> | 173 | 102 | 147 | 92 |
| <i>Päästö (t/a)</i> | 152 | 83 | 94 | 58 |

Poltettavan jätteen seassa kuljetettavien muovipakkausten aiheuttama päästö on laskettu Säipän (2011) selvittämän Lakeuden Etapin toimialueella erilliskerättävän poltettavan jätteen (ent. kaatopaikkajäte) tonnikohtaisen päästön perusteella kertomalla se kuljetuksessa kuljetettavan muovipakkausjättemäärän kanssa (Säippä 2011). Poltettavan jätteen seassa kerätyn muovipakkausjätteen keräyksestä aiheutuvat päästöt vuodessa on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Poltettavan jätteen seassa olevan muovipakkausjätteen keräyksen päästöt.

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Poltettavassa jät- teessä olevat muo- vipakkaukset (t/a)</i> | 4657 | 4484 | 4555 | 4510 | 4565 |
| <i>Päästö (CO₂-ekv kg/t)</i> | 25.02 | 25.02 | 25.02 | 25.02 | 25.02 |
| <i>Päästö (CO₂-ekv t/a)</i> | 117 | 112 | 114 | 113 | 114 |

Muovipakkausjätteen erilliskeräysvaiheen ja poltettavan jätteen mukana kerätyn muovipakkausjätteen keräysvaiheen päästöjen määrät on laskettu yhteen ja tulokset on esitetty taulukossa 29.

Taulukko 29. Erilliskeräyksen ja poltettavan jätteen mukana kerättävän muovipakkausjätteen keräyksen päästöt yhteensä ja alueella syntyvää muovipakkausjätetonnin kohden.

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Päästöt yh- teensä CO₂-ekv. t/a</i> | 117 | 264 | 197 | 207 | 173 |
| <i>CO₂-ekv. kg/muovijäte- tonni</i> | 25 | 57 | 42 | 44 | 37 |

7.2 Jätteiden siirtovaiheen ilmastovaikutukset

Tässä työssä siirtokuljetukset on oletettu tehtävän Euro V päästöluokan täysperävaunullisella yhdistelmäajoneuvolla, jonka kokonaismassa on 60 tonnia. Menomatkan päästölaskennassa on huomioitu jätelajikohtaiset kuormapainot. Paluukuormien päästöt on laskettu erikseen tyhjälle kalustolle. Päästölaskennassa käytetyt päästökertoimet on esitetty taulukossa 30.

Taulukko 30. Päästö- ja kulutuskertoimet siirtokuljetusten kalustolle (VTT LIPASTO 2017).

| Päästötaso | | CO₂-ekv. [g/km] | |
|----------------------------|----------|-----------------------------------|---------------------|
| EURO (2009-2014) | V | tyhjä | täysi kuorma (40 t) |
| | | 801 | 1207 |
| | | Kulutus [g/km] | |
| | | tyhjä | täysi kuorma (40 t) |
| | | 276 | 419 |
| | | | |

Siirtokuljetusten aiheuttamien päästöjen laskennassa on hyödynnetty taulukossa 16 esitettyjä kuormapainoja ja kuormamääriä. Laskennan aluksi on laskettu kuljetussuorite kuormapainon ja etäisyyden tulona. Kuljetuksista aiheutuva päästö on laskettu erikseen meno- ja paluumatkalle kuljetussuoritteen ja päästökertoimen tulona. Siirtokuljetuspäästöjen laskennassa on tässä työssä hyödynnetty VTT:n julkaisemaa LIPASTO -yksikköpäästötietokantaa ja sen laskentaohjetta eri kuormapainojen päästökertoimille. Päästökertoimet lasketaan siirtokuljetuksen eri vaiheille kaavalla 13. (VTT LIPASTO 2017.)

$$e_x = (e_a + ((e_b - e_a) / l_c * l_x)) / l_x \quad (13)$$

jossa

e_x = Päästö tonnikilometriä kohden kuormalla x (g/tkm)

e_b = Täyden auton päästö ajoneuvokilometriä kohden (g/km)

e_a = Tyhjän auton päästö ajoneuvokilometriä kohden (g/km)

l_c = Auton kantavuus (t)

l_x = Kuormapaino (t)

Kaava 13. Päästökertoimen laskenta kuormapainolle (VTT LIPASTO 2017).

Yhden edestakaisten siirtokuljetuksen aiheuttama päästö skenaarioittain, vaiheittain ja jätelajeittain on esitetty taulukossa 31.

Taulukko 31. Yhdelle siirtokuljetukselle muodostuvat päästöt skenaarioittain, vaiheittain ja jätelajeittain.

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------|
| | poltettava | poltet-tava | muovi | poltet-tava | muovi | poltet-tava | muovi | poltet-tava | muovi |
| Kuljetuk-sissa olevan muovin määrä yhteensä (t) | 4657 | 4484 | 173 | 4555 | 102 | 4510 | 147 | 4565 | 92 |
| Yhden suun-tainen matka (km) | 87 | 87 | 319 | 87 | 319 | 87 | 319 | 87 | 319 |
| Kuorman paino (t) | 34 | 34 | 28 | 34 | 28 | 34 | 28 | 34 | 28 |
| Kuljetussuo-rite (tkm) | 2958 | 2958 | 8932 | 2958 | 8932 | 2958 | 8932 | 2958 | 8932 |
| Päästöker-roin e_x (g/tkm) | 34 | 34 | 39 | 34 | 39 | 34 | 39 | 34 | 39 |
| Kulutusker-roin k_x (g/tkm) | 12 | 12 | 13 | 12 | 13 | 12 | 13 | 12 | 13 |
| Osakuor-malla ajo, päästö (kg) | 100 | 100 | 346 | 100 | 346 | 100 | 346 | 100 | 346 |
| Osakuor-malla ajo, kulutus (kg) | 35 | 35 | 120 | 35 | 120 | 35 | 120 | 35 | 120 |
| Tulomatka (auto tyhjä) päästö (kg) | 70 | 70 | 255 | 70 | 255 | 70 | 255 | 70 | 255 |
| Tulomatka (auto tyhjä) kulutus (kg) | 24 | 24 | 88 | 24 | 88 | 24 | 88 | 24 | 88 |
| Polttoaineen valmistuk-sesta aiheu-tuva päästö (kg) | 38 | 38 | 135 | 38 | 135 | 38 | 135 | 38 | 135 |

Siirtokuljetuksista vuodessa aiheutuvat päästöt on laskettu yhden siirtokuljetuksen päästön ja siirtokuljetusten määrän tulona. Siirtokuljetuksista aiheutuvat päästöt skenaarioittain on esitetty taulukossa 32.

Taulukko 32. Skenaarioittain siirtokuljetuksista aiheutuvat CO₂-ekv. -päästöt t/a ja kg/muovijätetonne

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Päästöt yhteensä CO₂-ekv. t/a</i> | 28 | 32 | 30 | 31 | 30 |
| <i>kg/muovijätetonne</i> | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 |

7.3 Muovipakkausten kierrätyksen ilmastovaikutukset

Muovipakkausten käsittelystä aiheutuvien hiilidioksidiekvivalenttipäästöjen laskennassa hyödynnettiin Myllymaan ym. (2005) esittämiä arvioita muovipakkausjätteen käsittelyn energiankulutuksesta. Myllymaan ym. (2005) mukaan muovin jalostusprosessi kuluttaisi kokonaisuudessaan 3350 MJ/tn, eli 930 kWh/t. (Myllymaa ym. 2005.) Muovipakkausten käsittelyn päästöt on laskettu hyödyntäen vuoden 2018 Suomen keskimääräistä sähkön tuotannon päästökerrointa 158 kg/MWh (Motiva 2019). Tarkemmat tiedot päästölaskennan taustatiedoista, kuten esimerkiksi muovigranulaattien ja muoviprofiilien osuudet, on esitetty luvussa 6.7.1.

Muovipakkausten kierrätysprosessista aiheutuvat päästöt on laskettu energiankulutuksen ja päästökertoimen tulona. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33. Granulaattien ja muoviprofiilien valmistuksesta aiheutuvat CO₂-ekv. -päästöt

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Erilliskerättävä muovipakkausjäte (t)</i> | 173.3 | 102.3 | 147.1 | 92.1 |
| <i>Granulaattien valmistukseen (t)</i> | 69.3 | 40.9 | 58.8 | 36.8 |
| <i>Granuloinnin vaatima energia (MWh)</i> | 64.5 | 38.1 | 54.7 | 34.3 |
| <i>Profiilien valmistukseen (t)</i> | 52.0 | 30.7 | 44.1 | 27.6 |
| <i>Profiloinnin vaatima energia (MWh)</i> | 48.4 | 28.5 | 41.0 | 25.7 |
| <i>Granuloinnin aiheuttama päästö (t/a)</i> | 10.2 | 6.0 | 8.6 | 5.4 |
| <i>Profiloinnin aiheuttama päästö (t/a)</i> | 7.6 | 4.5 | 6.5 | 4.1 |
| <i>Granuloinnin tonnikohmainen päästö (kg/alueella vuodessa syntynyt muovipakkausjäte)</i> | 2.2 | 1.3 | 1.9 | 1.2 |
| <i>Profiloinnin tonnikohmainen päästö (kg/alueella vuodessa syntynyt muovipakkausjäte)</i> | 1.6 | 1.0 | 1.4 | 0.9 |

Neitseellisen muovin tuotannon ja puun käsittelyn välttämisestä saavutettavien päästöhvytysten laskennassa on hyödynnetty luvussa 6.8.1 esitettyjä tietoja. Hyvitysten määrä on laskettu neitseellisen muovin tuotannon ja puun käsittelyn aiheuttaman energian kulutuksen ja vuoden 2018 keskimääräisen sähköntuotannon päästökertoimen 158 kg/MWh tulona (Motiva 2019). Tulokset on esitetty seuraavalla sivulla taulukossa 34.

Taulukko 34. Päästöhyvitykset neitseellisen muovin tuotannon ja puun käsittelyn välttämistä.

| | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Valmista granulaattia (t)</i> | 68.9 | 40.7 | 58.5 | 36.6 |
| <i>Valmista muoviprofiilia (t)</i> | 51.7 | 30.5 | 43.9 | 27.5 |
| <i>Vältettävän neitseellisen muovin määrä</i> | 41.3 | 24.4 | 35.1 | 22.0 |
| <i>Vältettävän käsittelyn puun määrä</i> | 49.1 | 29.0 | 41.7 | 26.1 |
| <i>Neitseellisen muovin valmistuksen energiankulutus (MWh)</i> | 229.5 | 135.4 | 194.8 | 121.9 |
| <i>Puun käsittelyn energiankulutus (MWh)</i> | 3.1 | 1.9 | 2.7 | 1.7 |
| <i>Neitseellisen muovin valmistuksen välttämistä aiheutuvat hyvitykset (t/a)</i> | 36.3 | 21.4 | 30.8 | 19.3 |
| <i>Puun käsittelyn välttämistä aiheutuvat hyvitykset (t/a)</i> | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| <i>Neitseellisen muovin valmistuksen välttämistä muodostuvat tonnikohdaiset hyvitykset (kg/muovipakkausjätetonne)</i> | 7.8 | 4.6 | 6.6 | 4.1 |
| <i>Puun käsittelyn välttämistä muodostuvat tonnikohdaiset hyvitykset (kg/a muovipakkausjätetonne)</i> | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

7.4 Muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisen ilmastovaikutukset

Energiana hyödyntämisen päästöjen laskennassa on hyödynnetty luvussa 6.8.2 esitettyjä lähtötietoja jätelajikohtaisista lämpöarvoista ja päästökertoimista. Tulokset energiana hyödyntämisen päästöistä on esitetty taulukossa 35.

Taulukko 35. Muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisen CO₂-ekv. -päästöt skenaarioittain

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Westenergyllä poltettava muovijättemäärä (t/a)</i> | 4657 | 4484 | 4555 | 4510 | 4565 |
| <i>Muovijalostamolla poltettava jättemäärä (t/a)</i> | 0 | 59 | 35 | 50 | 31 |
| <i>Saatava energia WE (GJ)</i> | 90346 | 86984 | 88361 | 87492 | 88559 |
| <i>Saatava energia Fortum (GJ)</i> | 0 | 1470 | 868 | 1247 | 781 |
| <i>WE poltosta aiheutuva päästö (t/a)</i> | 5511 | 5306 | 5390 | 5337 | 5402 |
| <i>Fortumilla poltosta aiheutuva päästö (t/a)</i> | 0 | 109 | 64 | 92 | 58 |
| <i>Polton päästöt yhteensä (t/a)</i> | 5511 | 5415 | 5454 | 5429 | 5460 |
| <i>Poltosta aiheutuvat päästöt/ muovipakkausjätetonni (kg/tn)</i> | 1183 | 1163 | 1171 | 1166 | 1172 |

Energiantuotannon hyvitykset on laskettu Suomessa tuotetun sähkön ja lämmön keskimääraisten päästökertoimien ja energiantuotantomäärän tulona (Motiva 2019). Laskenta perustuu kappaleessa 6.8.2 esitettyihin energiantuotannon hyötysuhteisiin. Tulokset energiantuotannon hyvityksistä on esitetty taulukossa 36.

Taulukko 36. Energiantuotannon hyvitykset skenaarioittain

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Tuotettu sähkön määrä WE (GJ)</i> | 16082 | 15483 | 15728 | 15574 | 15764 |
| <i>Tuotettu sähkön määrä Fortum (GJ)</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Käyttöön päätyvän lämmön määrä WE (GJ)</i> | 56014 | 53930 | 54784 | 54245 | 54907 |
| <i>Käyttöön päätyvän lämmön määrä Fortum (GJ)</i> | 0 | 813 | 480 | 690 | 432 |
| <i>Skenaarioissa yhteensä tuotettu sähkö (GJ)</i> | 16082 | 15483 | 15728 | 15574 | 15764 |
| <i>Skenaarioissa yhteensä käyttöön päätyvä lämpö (GJ)</i> | 56014 | 54743 | 55264 | 54935 | 55339 |
| <i>Päästöhyvitykset (t/a)</i> | 3284 | 3199 | 3234 | 3212 | 3239 |
| <i>Hyvitykset keräysalueella syntynyttä muovipakkausjätetonnina kohti (kg/t)</i> | 705 | 687 | 694 | 690 | 695 |

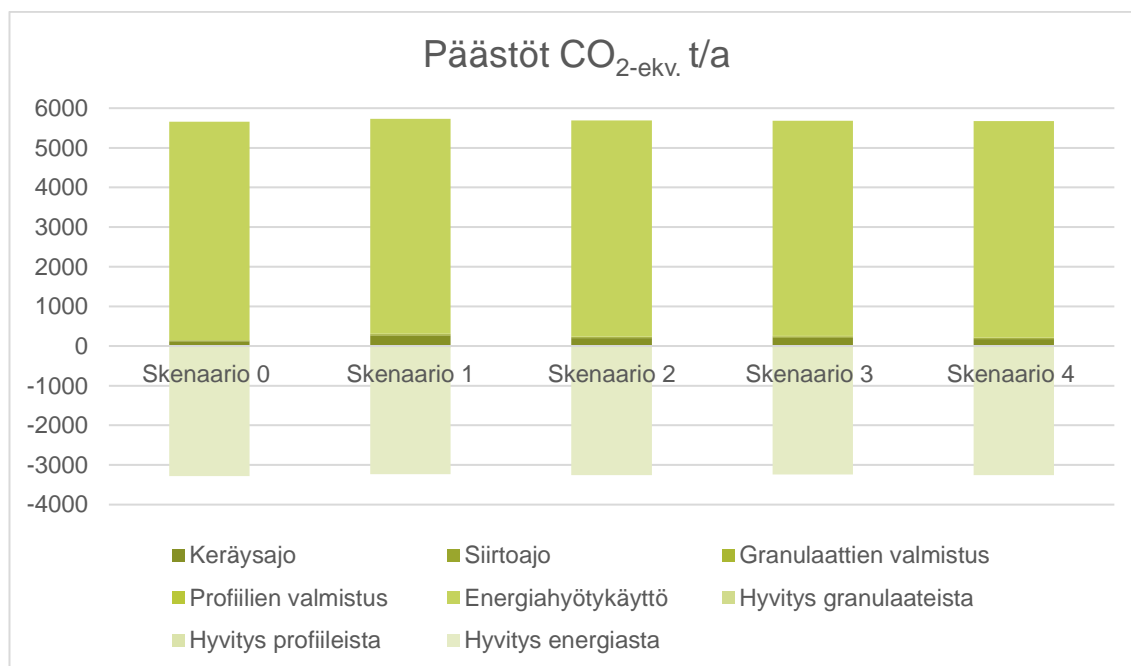
7.5 Yhteenveto tuloksista ja tulosten analysointi

Muovipakkausjätteen elinkaaren eri vaiheissa vuoden aikana muodostuvat päästöt ja päästöhyvitykset on esitetty kootusti taulukossa 37. Taulukossa on kuvattu Etapin koko toimialueella syntyvän muovipakkausjätteen aiheuttamat päästöt ja hyvitykset skenaarioittain. Taulukon alimmalla rivillä on esitetty muovipakkausjätteen tässä työssä tarkastellun elinkaaren nettovaikutus vuodessa.

Taulukko 37. Vuoden aikana muovipakkausjätteiden keräyksestä ja käsittelystä aiheutuvat päästöt ja hyvitykset hiilidioksidiekvivalenteina vuodessa (CO₂-ekv./a).

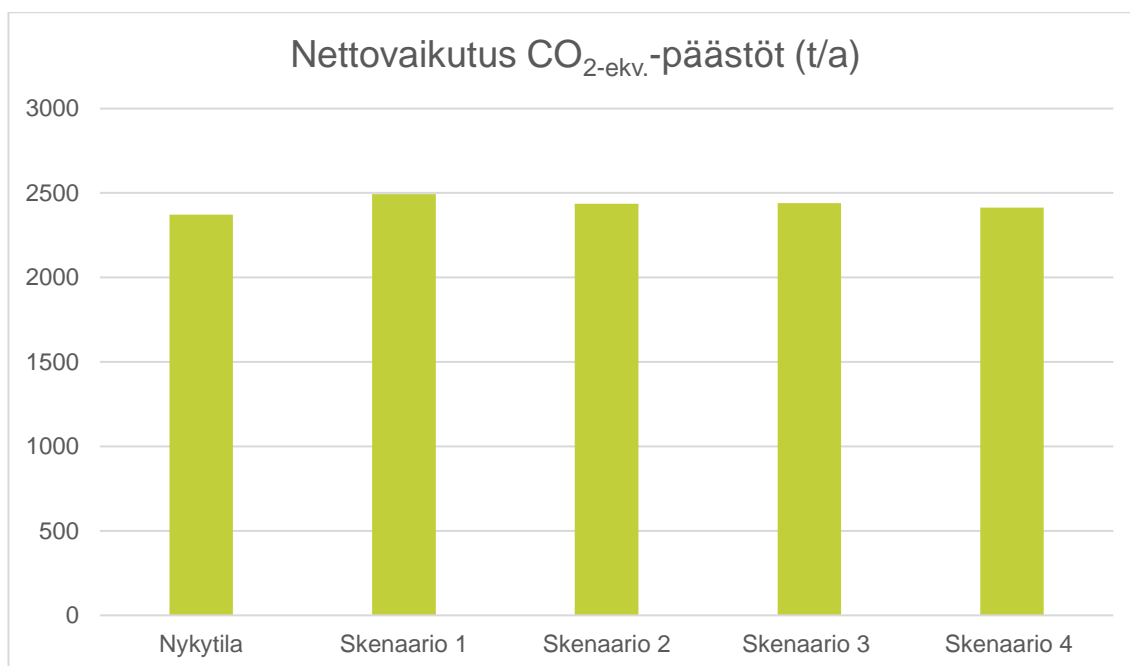
| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Keräysajo</i> | 117 | 264 | 197 | 207 | 173 |
| <i>Siirtoajo</i> | 28 | 32 | 30 | 31 | 30 |
| <i>Granulaattien valmistus</i> | 0 | 10 | 6 | 9 | 5 |
| <i>Profiilien valmistus</i> | 0 | 8 | 5 | 6 | 4 |
| <i>Energiahyötykäyttö</i> | 5511 | 5415 | 5454 | 5429 | 5460 |
| <i>Yhteensä päästöt (t/a)</i> | 5656 | 5728 | 5692 | 5683 | 5672 |
| <i>Hyvitys granulaa-teista</i> | 0 | -36 | -21 | -31 | -19 |
| <i>Hyvitys profiileista</i> | 0 | -0.5 | -0.3 | -0.4 | -0.3 |
| <i>Hyvitys energiasta</i> | -3284 | -3199 | -3234 | -3212 | -3239 |
| <i>Yhteensä hyvitykset (t/a)</i> | -3284 | -3236 | -3255 | -3243 | -3258 |
| <i>Nettovaikutus (t/a)</i> | 2372 | 2493 | 2437 | 2440 | 2414 |

Kuviossa 2 on esitetty vuositasolla muodostuvien päästöjen jakautuminen elinkaaren eri vaiheiden kesken. Kuviosta on huomattavissa, että suurimmat päästöt ja hyvitykset muodostuvat Lakeuden Etapin alueella muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisestä. Tämä johtuu pääosin siitä, että suurin osa muovipakkausjätteestä päättyy energiana hyödynnettäväksi. Muovipakkausjätteen kierrätysprosessin aiheuttamat päästöt ja hyvitykset jäävät niin pieniksi, että ne näkyvät vain kapeana viivana kuviossa käytetyllä skaalauksella.



Kuvio 2. CO₂-ekv. -päästöt tonneina vuodessa.

Kuviossa 3. on esitetty skenaarioittain alueella syntyvän muovipakkausjätteen keräyksen ja kierrätyksen aiheuttama nettovaikutus CO₂-ekv. -päästöinä vuodessa. Eri skenaarioiden välinen ero nettovaikutusten suhteen ei ole merkittävä johtuen erilliskerätyn muovipakkausjätteen pienestä määrästä verrattuna poltettavan jätteen seassa kerättävään muovipakkausjätteeseen. Kuvioista on kuitenkin luettavissa, että nykytila aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin muovipakkausten erilliskeräys ja käsittely.



Kuvio 3. Nettovaikutus tonnia vuodessa.

Skenaario 1, jonka keräysalue ulottuu koko toimialueelle ja vähintään 10 huoneiston kiinteistöön, aiheuttaa eniten päästöjä verrattuna muihin skenaarioihin. Vähiten päästöjä verrattuna nykytilaan aiheuttaa skenaario 4, jossa keräys rajoittuu vähintään 20 huoneiston kiinteistöihin Seinäjoen, Lapuan, Kurikan ja Ilmajoen keskustaajamissa. Skenaarioiden 2 ja 3 välillä ei ole vuosittaisissa päästömäärissä juurikaan eroa.

Skenaarioiden nettovaikutuksia voidaan tarkastella myös kerätyn muovipakkausjätteen määrän ja erilliskeräyspalvelun piiriin kuuluvien kiinteistöjen määrän perusteella. Taulukossa 38 on esitetty hiilidioksidiekvivalenttipäästöjen jakautuminen skenaarioittain suhteessa erilliskerättävään muovipakkausjätteeseen ja kiinteistöjen lukumäärään. Huomioitavaa on vertailu skenaarioiden 2 ja 3 välillä. Päästöt ovat niissä melkein samansuuriset, mutta skenaariolla 3 saadaan erilliskerättyä jätemäärää kasvatettua n. 44 % ja keräyksen piiriin kuuluvien kiinteistöjen lukumäärä kasvaa n. 104 %.

Taulukko 38. Päästöt, erilliskerätty jätemäärä ja kiinteistöt skenaarioittain.

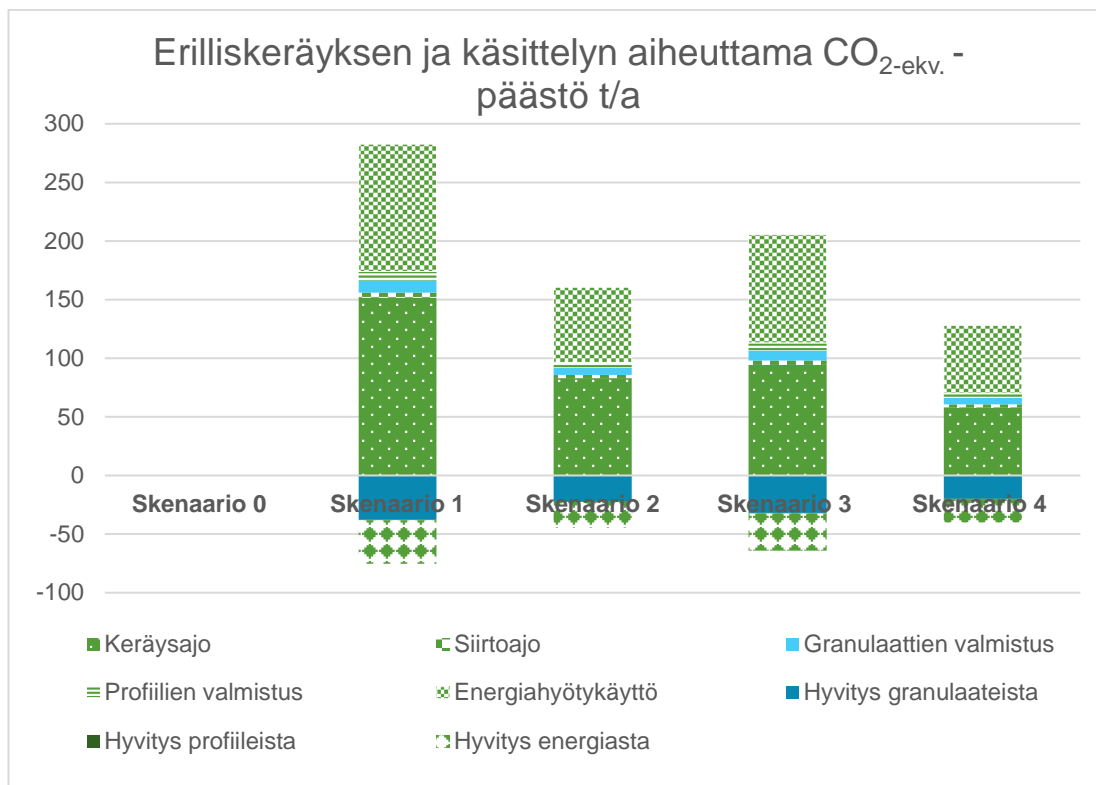
| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Nettovaikutus (CO₂-ekv. t/a)</i> | 2372 | 2493 | 2437 | 2440 | 2414 |
| <i>Jättemäärä (t/a)</i> | 0 | 173.3 | 102.3 | 147.1 | 92.1 |
| <i>Kiinteistöjen määrä (kpl)</i> | 0 | 1129 | 445 | 906 | 388 |

Muovipakkausjätteen elinkaaren eri vaiheissa alueella syntyvää muovipakkausjätetonnin kohden muodostuvat päästöt ja päästöhyvitykset on esitetty kootusti taulukossa 39. Taulukon alimmalla rivillä on esitetty muovipakkausjätteen tässä työssä tarkastellun elinkaaren nettovaikutus kiloina muovipakkausjätetonnin kohden.

Taulukko 39. Skenaarioissa muodostuvat hiilidioksidipäästöt muovipakkausjätetonna kohden vuodessa (CO₂-ekv. kg/muovipakkausjätetonna).

| | Skenaario 0 | Skenaario 1 | Skenaario 2 | Skenaario 3 | Skenaario 4 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Keräysajo</i> | 25 | 57 | 42 | 44 | 37 |
| <i>Siirtoajo</i> | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 |
| <i>Granulaattien valmistus</i> | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Profiilien valmistus</i> | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Energiahyötykäyttö</i> | 1183 | 1163 | 1171 | 1166 | 1172 |
| <i>Yhteensä päästöt</i> | 1215 | 1230 | 1222 | 1220 | 1218 |
| <i>Hyvitys granulaateista</i> | 0 | -8 | -5 | -7 | -4 |
| <i>Hyvitys profiileista</i> | 0 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 |
| <i>Hyvitys energista</i> | -705 | -687 | -694 | -690 | -695 |
| <i>Yhteensä hyvitykset</i> | -705 | -695 | -699 | -696 | -700 |
| <i>Nettopäästö CO₂-ekv. kg/muovitonni</i> | 509 | 535 | 523 | 524 | 518 |

Mikäli tarkasteluun otetaan ainoastaan muovipakkausjätteen erilliskeräys ja sen tuloksena saatavan muovipakkausjätteen hyödyntämisestä aiheutuvat päästöt ja hyvitykset, saadaan paremmin näkyviin eri vaiheiden päästö- ja hyvitysmäärien osuudet. Tulokset on esitetty skenaarioittain kuviossa 4.



Kuvio 4. Erilliskerätyn muovipakkausjätteen aiheuttamat päästöt ja hyvitykset

Päästöjä syntyy muovipakkausjätteen elinkaaren aikana eniten erilliskeräyksestä ja energiana hyödyntämisestä. Päästöhyvityksiä saadaan eniten granulaattien valmistuksesta ja muovipakkausjätteen energiana hyödyntämisestä. Vähiten päästöjä aiheutuu granulaattien ja muoviprofiilien valmistuksesta. Hyvityksiä muodostuu vähiten muoviprofiileista. Kuviosta näkyy myös selkeästi eri keräysalueiden ja keräystiheyksien vaikutus erilliskeräyksen aiheuttamiin päästöihin skenaarioittain.

Kuvion 4. esitettyjen tulosten perusteella ei pidä kuitenkaan arvioida eri skenaarioiden välistä paremmuutta. Poltettavassa jätteessä olevan muovipakkausjätteen vaihtelulla on suuri merkitys kokonaispäästöjen määräytymiseen. Kun otetaan vertailuun skenaarioiden 2 ja 3 päästöt, voidaan todeta, että lopullisissa tuloksissa niiden päästöt ovat samalla tasolla, vaikka kuviossa 4 niiden välinen ero on nähtävissä selkeästi.

7.5.1 Herkkyystarkastelu

Oleellisena osana elinkaariselvityksiin kuuluu tulosten herkkyysanalyysi, jolla selvitetään lähtötietojen merkittävyys suhteessa elinkaariselvityksen tuloksiin.

Tässä elinkaariselvityksessä tarkasteltiin tuloksia kahden lähtötietomuuttajan avulla. Toisena muuttuja tarkasteltiin keräystiheyden vaikutusta lopputuloksiin ja toisena muuttujana tarkasteltiin oletuskertymän muutoksen vaikutusta. Taulukossa 40 on esitetty herkkyystarkastelun tulokset skenaarioritain. Taulukossa on esitetty tummennettuna tulokset, jotka saatiin alkuperäisessä selvityksessä ja tämän alla on vertailutulokset, jotka saatiin keräystiheyden ja oletuskertymätietojen muutoksilla.

Taulukko 40. Herkkyystarkastelu jätteen kertymän ja keräystiheyden vaihteluilla skenaarioritain.

| | Nettovaikutus (t/a) | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Skenario 0 | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 | Skenario 4 |
| 6 kg/as/a + 52 krt/a | 2372 | 2493 | 2437 | 2440 | 2414 |
| 6 kg/as/a + 26 krt/a | 2372 | 2448 | 2416 | 2404 | 2395 |
| 10 kg/as/a + 52 krt/a | 2372 | 2519 | 2455 | 2441 | 2418 |
| 10 kg/as/a + 26 krt/a | 2372 | 2474 | 2434 | 2404 | 2400 |

Herkkyystarkastelun perusteella voidaan todeta, että päästöjen kannalta merkityksellisempi muuttuja on keräystiheyden harventaminen. Oletuskertymän muutoksilla ei taas todettu olevan merkittävää vaikutusta päästöjen muodostumiseen. Tulokset osoittavat, että tehokkaalla keräyslogistiikalla voidaan saada aikaan muovipakkausten erilliskeräyksen ja kierrätyksen aiheuttamien päästöjen vähenemistä.

7.5.2 Tulosten epävarmuustekijät

Elinkaariselvityksen tuloksiin vaikuttavat useat epävarmuustekijät. Suurimman epävarmuustekijän aiheuttaa oletettujen lähtötietojen oikeellisuus. Laskennassa hyödynnettiin todellisia tietoja mahdollisuuksien mukaan, mutta esimerkiksi muovipakkausten erilliskeräyksellä saavutettava jätekertymä perustuu olettamukseen. Myös erilliskerätyn muovipakkausjätteen hyödyntämisaste perustui kirjallisuudesta saatuihin tietoihin. Hyödyntämisasteen muutoksilla on suuri merkitys päästöjen syntymiseen käsittelyvaiheessa ja sitä kautta erilliskeräyksen hyötyihin.

Päästöjen ja päästöhyvitysten laskennassa hyödynnettiin tässä työssä Suomen keskimääräisiä sähkön- ja lämmöntuotannon päästökertoimia. Uusiutuviin polttoaineisiin siirtyminen energiantuotannossa vähentää jätteenpoltosta saatavia päästöhyvityksiä, kun päästökertoimet pienenevät. Toisaalta tässä työssä ei huomioitu jätteen polttamisesta muodostuvan kuonan käsittelyä, mikä todellisuudessa aiheuttaa sekä päästöjä kuonan käsittelyn että päästöhyvityksiä käsitellyn kuonan hyötykäytön kautta.

Oman epävarmuustekijänsä selvityksessä saatujen tulosten oikeellisuuteen aiheuttaa taulukkolaskentaohjelman käyttö mallinnusohjelmien sijaan. Toisaalta taulukkolaskennassa pystytään huomioimaan yleensä paremmin paikalliset olosuhteet.

Muovipakkausten erilliskeräyksestä todellisuudessa aiheutuvien päästöjen määriin tulee vaikuttamaan erilliskerätyn muovipakkausjätteen kierrätyskelpoisuus ja sitä kautta mahdollinen hyödyntämisaste. Toisaalta myös erilliskeräyksessä käytettävän kuljetuskaluston käyttämällä polttoaineella on vaikutusta päästöjen määrään. Selvityksessä oletettiin kuljetuskaluston kulkevan dieselpolttoaineella ja siirtymällä uusiutuviin polttoaineisiin, pystytään vähentämään kuljetuksista aiheutuvia päästöjä. Useamman jätelajin erilliskeräminen samanaikaisesti jakaa myös kuljetuksista aiheutuvia päästöjä eri jätelajien kesken.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää elinkaariarvioinnin avulla muovipakkausten erilliskeräyksen ja käsittelyn ilmastovaikutukset Lakeuden Etapin toimialueella päätöksenteon tueksi. Selvitys laadittiin neljälle erilliskeräysskenaariolle ja huomioitiin muovipakkausten olemassa olevat käsittelyvaihtoehdot. Laskennassa huomioitiin myös poltettavan jätteen seassa kerättävän muovipakkausjätteen keräys ja käsittely. Laskennan lopputuloksena saatiin alueella syntyvän muovipakkausjätteen aiheuttamat ilmastovaikutukset hiilidioksidiekvivalenteina eri skenaarioissa.

Selvityksen perusteella kaikissa skenaarioissa muovipakkausjätteen keräyksestä ja käsittelystä aiheutuu enemmän päästöjä kuin niistä saatavat päästöhyvitykset ovat. Nykytilanne, eli muovipakkausjätteen kerääminen poltettavan jätteen mukana, aiheuttaa selvityksen perusteella vähiten päästöjä. Erilliskeräysvaihtoehdoista skenaariossa 4 aiheutetaan vähiten päästöjä verrattuna muihin skenaarioihin, kun muovipakkaukset kerätään vähintään 20 huoneiston kiinteistöistä toimialueen neljän isoimman kunnan alueelta.

Tehtyyn elinkaariselvitykseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, jotka tulee ottaa huomioon tulosten tulkinnassa. On myös huomioitava, että selvitys rajattiin koskemaan muovipakkausjätteen erilliskeräystä vähintään 10 huoneiston ja vähintään 20 huoneiston kiinteistöistä, joten saatuja tuloksia voidaan hyödyntää vain niiden kiinteistöjen erilliskeräyksen vaikutusten arvioinnissa. Nyt toteutettua elinkaariselvitystä on suositeltavaa täydentää selvittämällä ilmastovaikutukset erilliskeräyksen laajentamisesta pienempiin kiinteistöihin, mikäli keräyksen kattavuutta halutaan lisätä. Jätehuoltoratkaisujen arvioinnissa on syytä ottaa huomioon myös taloudelliset vaikutukset, joten ne on hyvä selvittää ympäristövaikutusten lisäksi.

Jätteenkeräyksen uusilla teknisillä ratkaisuilla, kuten monilokerokeräyksellä ja uusiutuvien polttoaineiden käytöllä, voidaan vaikuttaa erilliskeräyksestä aiheutuvien päästöjen syntymiseen. Muovipakkausjätteenkäsittelyn tehostumisella ja kierrätysmuovin markkinoiden kehittämisellä on myös merkitystä muovipakkauksista aiheutuviin ilmastovaikutusten vähenemiseen.

LÄHTEET

Alakangas, E.; Hurskainen, M.: Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Energia. Saatavilla <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Astrup, T., Fruergaard, T. & Christensen, T.H., 2009. Recycling of plastic: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27(8).s. 763–772.

Dahlbo, H. 2018. Life cycle based approaches in assessing waste management options in the Finnish context, Aalto yliopisto. Helsinki:Unigrafia OY. Saatavilla <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/31299>

Edwards, R., Hass, H., Larive, J., Lonza, L., Maas, H. & Rikeard, D. 2014. WELL-TO-WHEELS Report version 4.a : JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS, Publications Office of the European Union. Saatavilla http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85329/wtw_report_v4a%20march%202014_final.pdf

Ekokem Oyj 2010. Ympäristölupapäätös Nro 56/2010/1. Dnro ESAVI/81/04.08/2010. Viitattu 29.5.2019. http://www.avi.fi/documents/10191/56820/esavi_paatos_56_2010_1-2010-11-25.pdf

Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. & Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. <https://www.syke.fi/hankkeet/arvi>

Euroopan komissio 2018. Muovijäte: Eurooppalainen strategia maapallon, kansalaisten ja yritysten hyväksi. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-5_fi.htm

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851, jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta, Annettu Luxembourgiissa 30.5.2018. Saatavilla <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=FI>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/852, pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta, Annettu Luxembourgiissa 30.5.2018. Saatavilla <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0852&from=FI>

European Commission 2018. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, Luxembourg. <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>

Fortum Oyj 2016. Muovijalostamo aloittaa kierrätyksen etuajassa. Viitattu 16.2.2019 <https://www.fortum.fi/media/2016/01/muovijalostamo-aloittaa-kierrätyksen-etuajassa>

Fortum Oyj 2018. Suomalaisten kannattaa kerätä muovipakkaukset kierrätykseen. Viitattu 12.4.2019. <https://www.fortum.fi/media/2018/07/suomalaisten-kannattaa-kerata-muovipakkaukset-kierrätykseen>

Fortum Waste Solutions Oy 2019. Ympäristön tarkkailun vuosiraportti 2018. Viitattu 27.5.2019. Saatavilla [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Valvonta/Jatteenpoltto_ja_rinnakkaispolttolaitoks\(32028\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Valvonta/Jatteenpoltto_ja_rinnakkaispolttolaitoks(32028))

Hämäläinen, T. & Nummela, E. 2012. Jätehuollon etusijajärjestyksen noudattaminen – Suositus elinkaaritarkastelun toteutukseen, Jätelaitosyhdistys ry. Viitattu 10.2.2019. Saatavilla http://vanha.jly.fi/jatehuollon_lca_ohje.pdf

Jätelaki 646/2011. Annettu Helsingissä 17.6.2011. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646#L2P15>

KauppaSuomi 2015. Ekokem hyödyntää jopa savukaasujen lämmön. <https://kauppasuomi.fi/artikkelit/206/ekokem-hyodyntaa-jopa-savukaasujen-lammon/>

Knuutila, H. 2012. Turun seudun biojätehuollon elinkaariselvitys. Kasvihuonekaasupäästöjen vertailu. Turun ammattikorkeakoulu. Saatavilla <https://www.lsjh.fi/wp-content/uploads/opinnaytetyo-henna-knuutila.pdf>

Koistinen, E. 2018. Muovipakkausjätteen käsittelyvaihtoehtojen ilmastomuutosvaikutusten ja jätehuoltoyhtiölle muodostuvien kustannusten arviointi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavilla: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158893/Diplomityo_Koistinen_Emilja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lakeuden Etappi oy 2017. Jäteanalyysi poltettavasta jätteestä.

Mattola, J. 2010. Biojätteen erilliskeräyksen ilmastovaikutukset Lakeuden Etappi Oy:n alueella. Vaasan ammattikorkeakoulu. Saatavilla <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201004277033>

Motiva 2019. CO₂-päästökertoimet. Viitattu: 24.3.2019. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto-suomessa/co2-laskentaohje_energian kulutuksen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet

Myllymaa, T., Dahlbo, H., Ollikainen, M., Peltola, S. & Melanen, M. 2005. Menettely jätehuolto-vaihtoehtojen ympäristö- ja kustannusvaikutusten elinkaaritarkasteluun. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40559/SY_750.pdf?sequence=1

Myllymaa, T. & Dahlbo, H. 2012. Elinkaariarviointien käyttö Suomen jätehuollon ympäristö- vaikutusten tarkastelussa. Yhteenveto Suomen jätehuollon elinkaariarvioinneista ja ohjeita päätöksentekoa varten. Ympäristöministeriö, Helsinki. Saatavilla <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/41347>

Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Zevenhoven, M., Ollikainen, M. & Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset - jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta, Suomen ympäristökeskus. Saatavilla <http://hdl.handle.net/10138/38383>

Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M. & Dahlbo, H. 2008a. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Inventaarioraportti. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla <http://hdl.handle.net/10138/39792>

Niskanen, A. & Kemppi, J. 2018. Yhdyskuntajätteen kierrätyksellä vauhtia kiertotalouteen (JÄTE-KIVA). Työpaketti 1.4. Analyysi biojätteen erilliskeräyksen ja käsittelyn kestävyystarkasteluista näkökulmana mahdollisuudet kestävyuden tehostamiseksi. Viitattu: 26.6.2019 Saatavilla https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/85fbfe98-39cb-487d-8378-66075baa9202/fa0e7448-e8f7-4151-8ff7-1c1a49cf0982/MUISTIO_20181001081245.pdf

Penttinen, P. Toimintamalli jätteenkuljetusten ympäristöpäästötietojen keräämiseen ja arviointiin sekä päästöjen vähentämiseen. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. Saatavilla: http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/143394/Diplomityo_Penttinen_Petri.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Salmenperä, H., Kauppila, J., Kautto, P., Sahimaa, O., Dahlbo, H., Kaitazis, N., Autio, I., Niskanen, A., Kemppi, J., Papineschi, J., von Eye, M., Durrant, C. & Tömes, T. 2019. Yhdyskuntajätteen kierrätyksen lisääminen Suomessa – toimenpiteet ja niiden vaikutukset, Valtioneuvoston kanslia. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161378>

SFS-EN ISO 14040:2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. 2. Painos. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 14044:2006/A1:2018. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. 2. Painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen Kiertovoima ry. 2018. Tietoa kotitalouksien jätehuollosta 2017. Viitattu 28.10.2018. Saatavilla <http://kivo.fi/wp-content/uploads/KIVO-jatemaksut2017.pdf>

Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018a. Kotitalouksien pakkausjätteet Rinki-ekopisteisiin. Viitattu 26.1.2019 <https://rinkiin.fi/kotitalouksille/rinki-ekopisteet/>

Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018b. Pakkauskierrätys Suomessa. Viitattu 22.10.2018 <https://rinkiin.fi/kotitalouksille/pakkauskierratys-suomessa/>

Suomen pakkauskierrätys RINKI Oy 2018c. Lajitteluohjeet. Muovipakkaukset. Viitattu 26.1.2019 <https://rinkiin.fi/kotitalouksille/lajitteluohjeet/>

Suomen Uusiomuovi Oy 2018. Opas kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun. Viitattu 20.6.2019. Saatavilla http://www.uusiomuovi.fi/fin/yritykselle/kierratyskelpoinen_muovipakkaus/

Suomen ympäristökeskus 2015. Materiaalien arvovirrat (ARVI) -tutkimusohjelma. Viitattu 26.1.2019 <https://www.syke.fi/hankkeet/arvi>

Säippä, K. 2011. Lakeuden Etappi Oy:n kasvihuonekaasupäästöt, Mikkelin ammattikorkeakoulu. Saatavilla <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011090212815>

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. Viitattu 12.3.2019. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm>

Tilastokeskus 2018. Lakeuden Etapin toimialueen kiinteistö- ja asukasmäärät 2017.

Tilastokeskus 2018a. Väestötiheys 1.1.2018 muuttujina Vuosi, Alue ja Tiedot. Viitattu 23.2.2019.

Tilastokeskus 2018b. Polttoaineluokitus 2018. Saatavilla https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html.

Tilastokeskus 2018c. Sähkön ja lämmön tuotanto [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-5072. Helsinki. Viitattu: 24.2.2019. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/salatuo/2017/salatuo_2017_2018-11-01_tie_001_fi.html

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. Annettu Helsingissä 19.4.2012. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>

Vilenius, S. 2014. Arinakatilan hyötysuhteen määrittäminen jätteen energiahyödyntämisessä, Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 28.5.2019 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tti-201502201106>

Ympäristö 2018. Pakkausten tuottajavastuu. Viitattu 22.10.2018 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteen_ja_jatehuolto/Tuottajavastuu/Pakkaukset

Ympäristöministeriö 2018a. Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja. Viitattu 26.1.2019 https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto

Ympäristöministeriö 2018b. Kansainvälinen yhteistyö ja EU-asiat – jätteet. Viitattu 24.10.2018 [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteen_ja_jatehuolto/Kansainvalinen_yhteisty_ja_EUasiat/Kansainvalinen_yhteisty_ja_EUasiat_jat\(1747\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteen_ja_jatehuolto/Kansainvalinen_yhteisty_ja_EUasiat/Kansainvalinen_yhteisty_ja_EUasiat_jat(1747))

Ympäristöministeriö 2018c. Kierrätyksestä kiertotalouteen - Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2023. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Ympäristöministeriö 2018d. Vähennä, vältä, kierrätä ja korvaa – muovitiekartta Suomelle. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa_muov\(48210\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa_muov(48210))

Ympäristöministeriö 2018e. Ympäristö – jätteet. Viitattu 26.1.2019 <http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet>